

Pubblicazione speciale
Recherche Agronomique Suisse | Giugno 2017



PRIC 2017

Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera

Coordinatori

Sokrat Sinaj e Walter Richner

Autori principali

Christoph Carlen, René Flisch, Céline Gilli, Olivier Huguenin-Elie,
Thomas Kuster, Annett Latsch, Jochen Mayer, Reto Neuweiler,
Walter Richner, Sokrat Sinaj e Jean-Laurent Spring



Impressum

Editore	Agroscope Schwarzenburgstrasse 161, Liebefeld 3003 Berna, Svizzera Telefono +41 58 463 84 18 www.agroscope.ch
Coordinatori	Sokrat Sinaj e Walter Richner
Autori e autrici	André Ançay, Thomas Anken, Alice Baux, Guillaume Blanchet, Daniel Bretscher, Selma Cadot, Christoph Carlen, Claude-Alain Carron, Raphaël Charles, Brice Dupuis, Othmar Eicher, René Flisch, Céline Gilli, Jürg Hiltbrunner, Olivier Huguenin-Elie, Bernard Jeangros, Willy Kessler, Jürgen Krauss, Thomas Kuster, Annett Latsch, Lucie Leumann, Lilia Levy, Andreas Lüscher, Jochen Mayer, Harald Menzi, Eric Mosimann, Urs Müller, Reto Neuweiler, Hansrudolf Oberholzer, Didier Pellet, Josef Poffet, Jeanne Poulet, Volker Prasuhn, Walter Richner, Reto Rutishauser, Joachim Sauter, Patrick Schlegel, Sokrat Sinaj, Jean-Laurent Spring, Thibaut Verdenal, Hans Peter Wegmüller, Regula Wolz e Michael Zähler
Redazione	Giovanni D'Adda, Patrizia Singaram, Alain Valsangiacomo e Sibylle Willi
Traduzione	Regula Wolz, Marina Bonavia D'Adda, Giovanni D'Adda e Patrizia Singaram
Realizzazione	Ursus Kaufmann e Blaise Demierre
Foto di copertina	Carole Parodi
Stampa	Stämpfli SA, Berna
Prezzo	Versione cartacea CHF 21.-; versione elettronica CHF 11.-
Ordinazione	Ufficio federale delle costruzioni e della logistica UFCL, Berna www.publicationsfederales.ch
Internet	www.pric.ch
Referenza bibliografica	Edizione integrale Sinaj S. & Richner W., 2017. Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017). Recherche Agromique Suisse 8 (6), Pubblicazione speciale, 276 pp. Capitolo specifico Neuweiler R. & Krauss J., 2017. 10/ Concimazione in orticoltura. In: Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017) (Ed. S. Sinaj & W. Richner). Recherche Agromique Suisse 8 (6), Pubblicazione speciale, 10/1–10/16.
Copyright	© Agroscope 2017

La concimazione razionale delle colture agricole costituisce un elemento centrale della produzione vegetale che acquisisce ulteriore valenza nei sistemi di coltivazione sostenibili, quali la produzione integrata e l'agricoltura biologica. L'aggiornamento costante delle raccomandazioni in materia di concimazione contribuisce ad ottimizzare l'apporto di sostanze nutritive alle colture e consente di ottenere prodotti di elevata qualità, preservando la fertilità del suolo e rispettando l'ambiente.

Dal 1964 le stazioni di ricerca pubblicano e aggiornano documenti di riferimento, che forniscono una panoramica sullo stato delle conoscenze più recenti in materia di concimazione nelle condizioni di coltivazione svizzere. In questo ambito, i «Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera» (PRIC 2017), pubblicati nel 2017, costituiscono una pietra miliare. Per la prima volta, infatti, un documento a struttura modulare raggruppa le attuali



conoscenze in materia di concimazione e sostanze nutritive per tutti i gruppi di colture coltivati in Svizzera: colture erbacee da pieno campo, superfici prative e diverse colture speciali. La nuova forma di pubblicazione consente di eliminare i doppietti precedenti e di uniformare i concetti di concimazione e le raccomandazioni tra vari gruppi di colture.

Questa revisione è stata l'occasione per introdurre una nuova struttura dei PRIC e per aggiornarne importanti contenuti, quali: l'adeguamento di alcune norme di concimazione, l'approntamento e l'aggiornamento di nuovi strumenti per la misurazione delle norme e delle esigenze di

concimazione, l'armonizzazione dell'interpretazione dell'analisi del suolo tra diversi gruppi di colture e l'adeguamento dei valori di riferimento relativi alla produzione di elementi nutritivi e al consumo di foraggio grezzo di diverse categorie di animali.

I PRIC 2017 sono pubblicati in formato cartaceo in tedesco, francese e italiano. Inoltre da quest'anno è disponibile anche una versione elettronica che, se necessario, potrà essere aggiornata in modo più efficiente e rapido rispetto a quella cartacea.

Sono convinto che, con i PRIC 2017, i consulenti agricoli, gli agricoltori, i ricercatori e gli amministratori avranno a disposizione uno strumento aggiornato e completo, calibrato sugli aspetti della concimazione e dell'apporto di nutrienti alle colture agricole. Rivolgo i miei più sentiti ringraziamenti agli esperti che hanno concepito questo nuovo documento di riferimento, agli autori di Agroscope e di altre istituzioni (BBZ Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg/TG, FiBL, Hauert HBG Dünger AG, JardinSuisse, LBZ Liebegg/AG, Ökohum GmbH, Union fruitière lémanique), ai redattori e ai traduttori, nonché ai rappresentanti di varie istituzioni che, nel quadro della procedura di consultazione, hanno fornito preziose indicazioni per il miglioramento dei PRIC.

A handwritten signature in blue ink, consisting of a stylized 'M' and 'G' followed by a long horizontal stroke.

Michael Gysi, CEO di Agroscope



1/	Introduzione	1
2/	Caratteristiche e analisi del suolo	2
3/	Analisi delle piante	3
4/	Caratteristiche e utilizzo dei concimi	4
5/	Tecniche di distribuzione di concimi aziendali, concimi ottenuti dal riciclaggio e concimi minerali	5
6/	Concimazione in agricoltura biologica	6
7/	Concimazione e ambiente	7
8/	Concimazione delle colture erbacee da pieno campo	8
9/	Concimazione delle superfici prative	9
10/	Concimazione in orticoltura	10
11/	Concimazione nell'orticoltura su substrato	11
12/	Concimazione in viticoltura	12
13/	Concimazione in frutticoltura	13
14/	Concimazione dei piccoli frutti	14
15/	Concimazione delle piante aromatiche e medicinali	15
16/	Concimazione delle piante ornamentali	16
17/	Allegati	17



1/ Introduzione

Sokrat Sinaj¹, René Flisch² e Walter Richner²

¹ Agroscope, 1260 Nyon, Svizzera

² Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

Contatto: sokrat.sinaj@agroscope.admin.ch

Indice

1. Destinatari dei «Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera»	1/3
2. Obiettivi e principi di una concimazione razionale	1/3
3. Bibliografia	1/5

In copertina: fotografia realizzata da Carole Parodi, Agroscope.

1. Destinatari dei «Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera»

Agroscope assicura la revisione periodica dei «Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera» (PRIC), già «Dati di base per la concimazione» (DBC). Ciò consente di aggiornare le norme e i valori di riferimento, sulla base dei risultati delle prove più recenti, di rivalutare i risultati delle prove più datate, alla luce delle nuove conoscenze acquisite, e di tenere conto della sperimentazione svolta in paesi terzi, nella misura in cui tali risultati si possono applicare alla realtà agricola svizzera.

I PRIC sono principalmente destinati ai servizi di consulenza agricola, ma sono un documento di riferimento anche per i docenti e per gli uffici federali e cantonali confrontati con la problematica della concimazione delle colture agricole. Infine, non va dimenticata la loro utilità per gli agricoltori, che possono utilizzarli come supporto decisionale nel campo della concimazione.

La sempre più veloce evoluzione delle tecniche e dei mezzi di produzione, unita alla grande diversificazione delle colture agricole, implica che non tutte le domande trovino risposta all'interno dei PRIC. In caso d'incertezza, è opportuno cercare soluzioni adeguate in collaborazione con Agroscope e/o con i servizi di consulenza agricola.

I dati su cui si basano i PRIC si fondano sul metodo scientifico e sono validi per tutti i sistemi di produzione agricola.

2. Obiettivi e principi di una concimazione razionale

Le piante prelevano gli elementi nutritivi dal suolo. Una frazione quantificabile di questi nutrienti lascia l'azienda sotto forma di prodotti vegetali e/o animali.

L'obiettivo principale di una concimazione razionale consiste nel mantenere il ciclo aziendale degli elementi nutritivi il più chiuso possibile (figura 1), ottimizzando la produzione vegetale, il tutto senza impoverire le riserve del suolo né arricchirle inutilmente.

La nozione di concimazione comprende qualsiasi apporto di elementi nutritivi indispensabili per la crescita delle piante. In funzione del loro tenore nella sostanza secca (SS) dei vegetali, gli elementi nutritivi si dividono in macroelementi (N, P, K, Mg, Ca, S) e microelementi o oligoelementi (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo, ecc.) (Schilling 2000). La concimazione deve assicurare alle piante una nutrizione minerale che permetta loro di crescere in modo armonioso e garantisca rese ottimali di qualità ineccepibile. Gli obiettivi produttivi devono tenere conto delle esigenze colturali e, nel contempo, cercare di ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente.

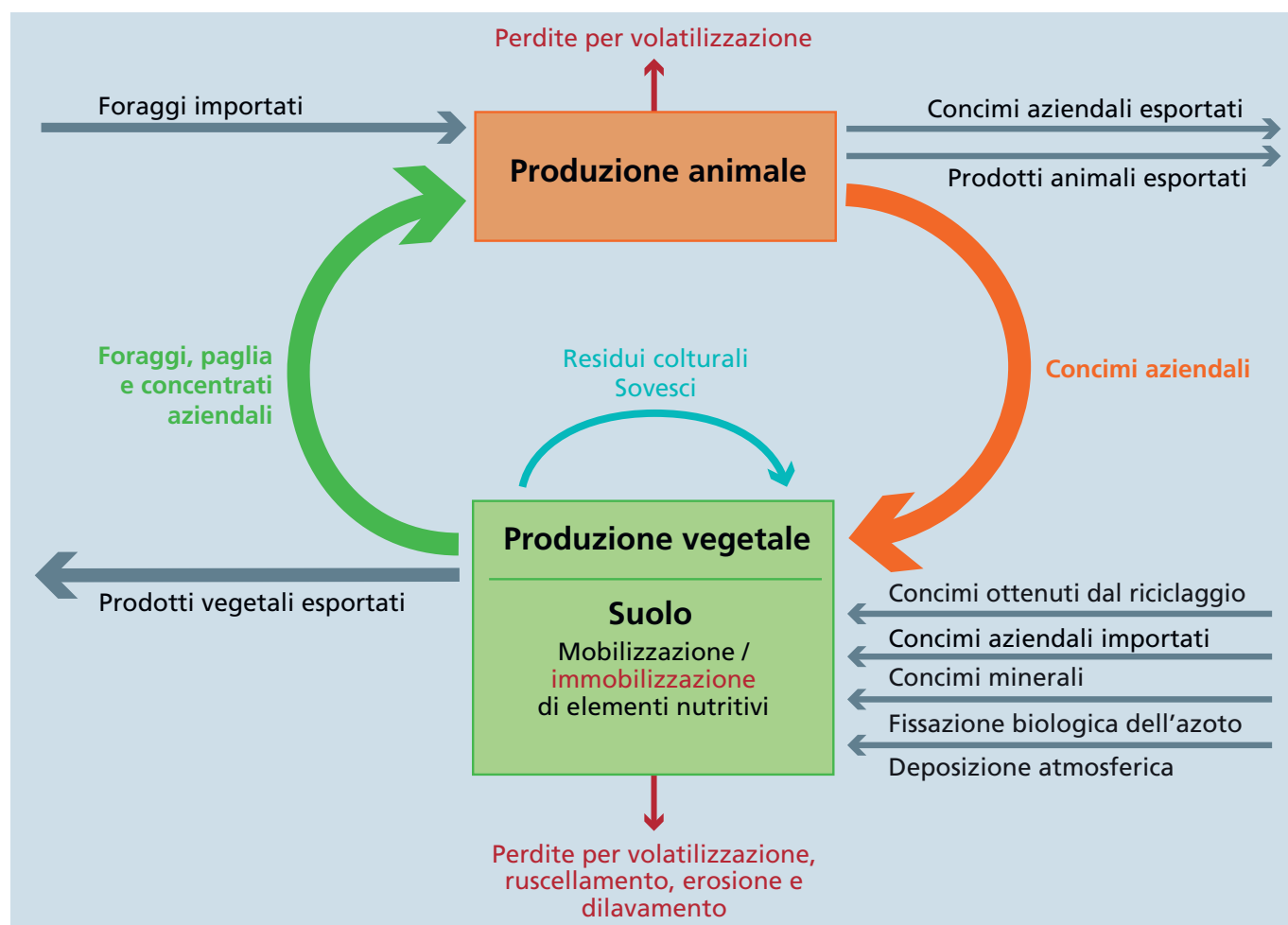


Figura 1. Schema del ciclo degli elementi nutritivi in un'azienda agricola.

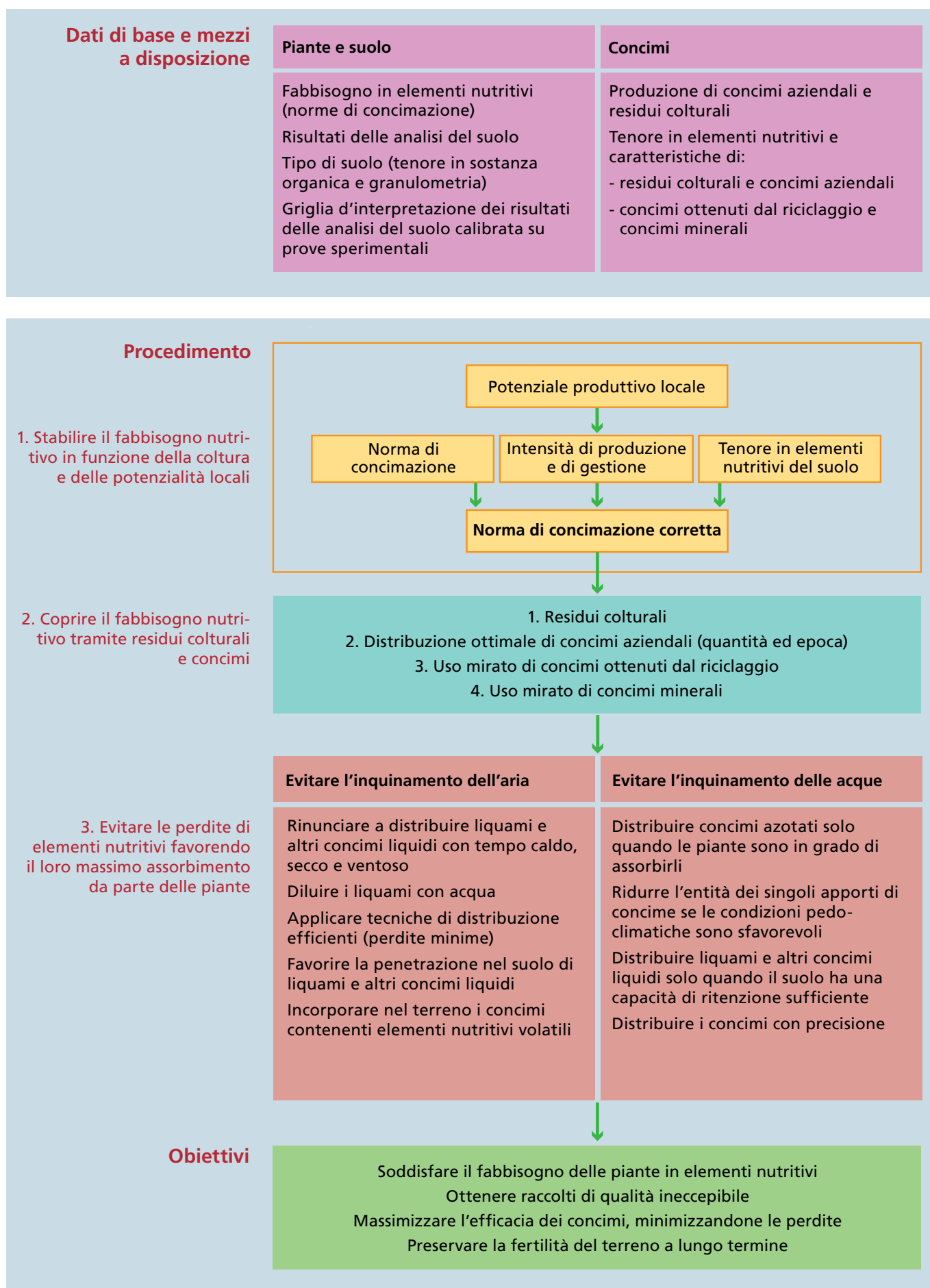


Figura 2. Concetto di concimazione in agricoltura legato all'utilizzo sostenibile del suolo.

I parametri su cui si basa una concimazione conforme alle esigenze delle piante e rispettosa dell'ambiente sono elencati nel «Concetto di concimazione in agricoltura» (figura 2). Un tale modello di concimazione richiede la valutazione dei fattori seguenti:

- fabbisogno (complessivo e istantaneo) delle piante in elementi nutritivi;
- stato degli elementi nutritivi nel suolo (tenore e disponibilità);
- restituzione degli elementi nutritivi tramite residui colturali;
- quantità e qualità degli elementi nutritivi forniti tramite concimi aziendali, concimi ottenuti dal riciclaggio e altri ammendamenti organici;
- quantità e qualità degli elementi nutritivi forniti tramite concimi minerali;
- comportamento degli elementi nutritivi nel sistema suolo-pianta-ambiente (aria, acqua);
- economicità della concimazione.

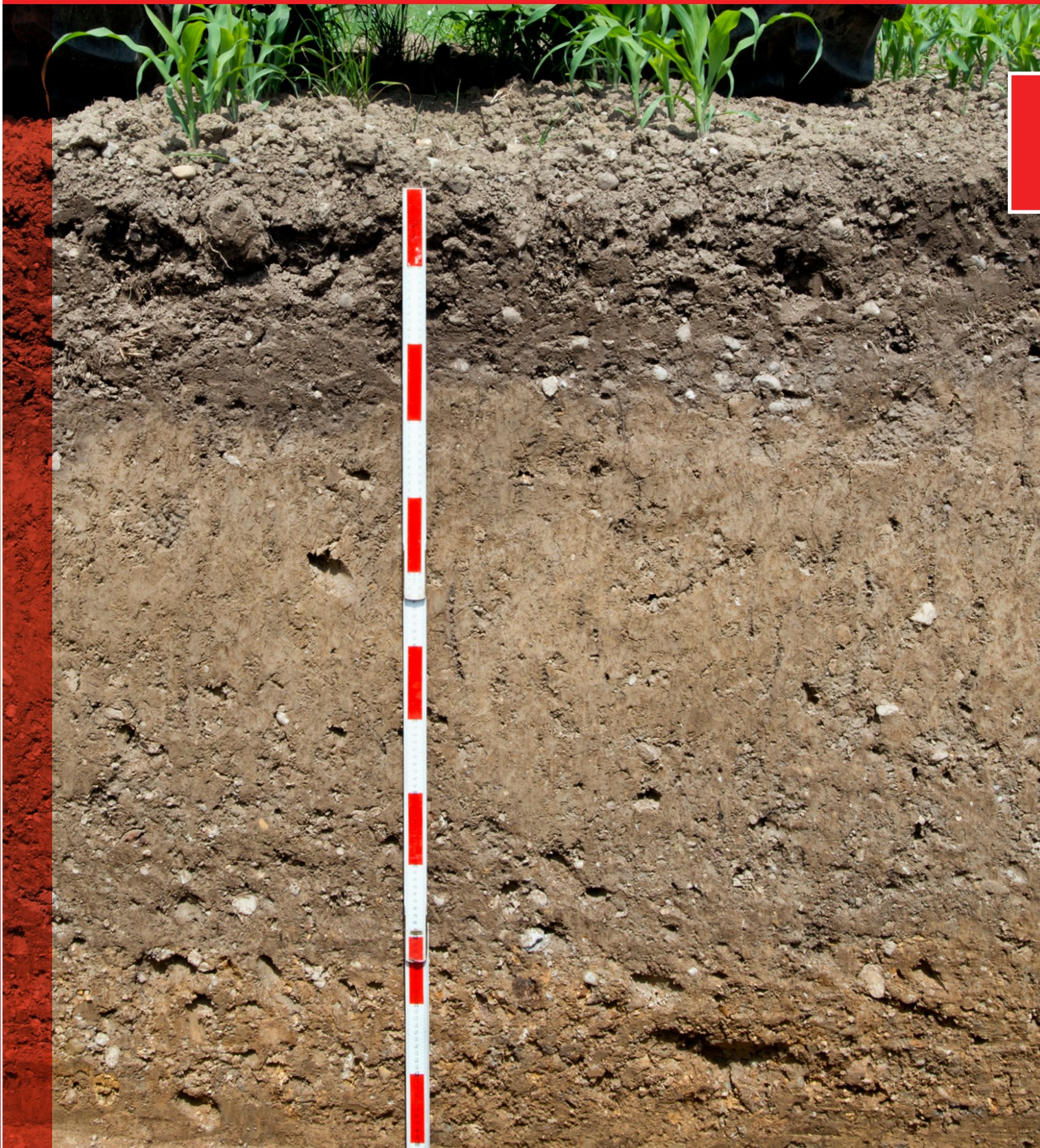
In questo contesto, vanno rispettate due leggi fondamentali, particolarmente importanti per la concimazione.

1. **La legge dei fattori limitanti** (Liebig, 1855) afferma che la resa e la qualità del raccolto dipendono dal fattore di crescita disponibile in minore quantità rispetto alle esigenze della coltura (elementi nutritivi, acqua, luce, temperatura). Nel caso della concimazione, l'analisi del suolo permette, generalmente, di individuare l'elemento nutritivo limitante.
2. **La legge degli incrementi di resa decrescenti** (Mitscherlich, 1909) dimostra che la resa di una coltura non aumenta proporzionalmente alla distribuzione di dosi crescenti di un elemento nutritivo. Questa legge si esprime con una linea curva, il cui apice rappresenta la massima resa possibile. Il livello di resa ottimale si raggiunge quando il guadagno generato dall'ultimo incremento di resa equivale al costo della concimazione supplementare.

L'obiettivo finale della concimazione consiste nell'ottenere le migliori rese possibili dalle colture, tenendo in debito conto gli altri fattori di produzione (caratteristiche pedoclimatiche locali, potenziale genetico della coltura, mezzi di produzione a disposizione), ricavando raccolti di qualità ineccepibile e riducendo il più possibile i costi. Tutto ciò, utilizzando razionalmente le risorse a disposizione, gestendo in modo sostenibile la fertilità del suolo e limitando al massimo l'impatto sull'ambiente.

3. Bibliografia

- Liebig J. von, 1855. Die Grundsätze der Agricultur-Chemie mit Rücksicht auf die in England angestellten Untersuchungen. Vieweg und Sohn, Braunschweig, 107 pp., Allegato 134 pp.
- Mitscherlich E. A., 1909. Das Gesetz des Minimums und das Gesetz des abnehmenden Bodenertrages. Landwirtsch. Jahrb. 38, 537–552.
- Schilling G., 2000. Pflanzenernährung und Düngung. UTB, Stuttgart, 464 pp.



2/ Caratteristiche e analisi del suolo

René Flisch¹, Reto Neuweiler², Thomas Kuster², Hansrudolf Oberholzer¹,
Olivier Huguenin-Elie¹ e Walter Richner¹

¹ Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

² Agroscope, 8820 Wädenswil, Svizzera

Contatto: rene.flisch@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	2/3
2. Caratterizzazione del sito	2/3
2.1 Granulometria e tipo di suolo	2/3
2.2 Tenore in humus	2/4
2.3 pH (reazione)	2/5
2.4 Tenore in calcare	2/5
3. Analisi del suolo e interpretazione dei risultati	2/6
3.1 Raccomandazioni per le analisi del suolo	2/6
3.2 Metodi d'analisi del suolo	2/7
3.3 Scelta del metodo d'analisi di base	2/7
3.4 Interpretazione dei risultati delle analisi del suolo per fosforo, potassio e magnesio per determinare il fabbisogno in concime	2/9
4. Approvvigionamento del suolo in elementi nutritivi	2/11
4.1 Correzione della concimazione fosfatica e potassica secondo il metodo CO_2	2/11
4.2 Correzione della concimazione magnesiacca secondo il metodo CaCl_2	2/12
4.3 Correzione della concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca secondo il metodo $\text{H}_2\text{O}10$	2/13
4.4 Correzione della concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca secondo il metodo AAE10	2/16
4.5 Determinazione del fabbisogno in concime fosfatico, potassico e magnesiacco	2/20
4.6 Aspetti particolari della concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca	2/20
4.7 Altri elementi nutritivi (macro- e microelementi)	2/21
5. Ammendamento calcareo	2/24
5.1 Determinazione dell'entità della calcitazione in funzione del pH del suolo	2/25
5.2 Determinazione dell'entità della calcitazione in funzione della capacità di scambio cationico e del tasso di saturazione in basi del suolo	2/26
5.3 Consigli pratici	2/26
6. Fertilità del suolo e gestione dell'humus	2/28
6.1 Fertilità del suolo	2/28
6.2 Funzioni e proprietà del suolo	2/28
6.3 Mantenimento del tenore in humus a lungo termine – supporto decisionale e interventi opportuni	2/28
7. Bibliografia	2/30
8. Indice delle tabelle	2/32
9. Indice delle figure	2/33

In copertina: profilo di un suolo agricolo (fotografia: Gabriela Brändle, Agroscope).

1. Introduzione

In agricoltura, il suolo è uno dei principali fattori di produzione, in quanto ospita l'apparato radicale delle piante e le rifornisce d'acqua ed elementi nutritivi. Affinché le piante coltivate possano crescere, assicurare rese soddisfacenti e produrre alimenti e foraggi di qualità ineccepibile, occorre che il suolo sia ben strutturato e sufficientemente provvisto in elementi nutritivi, disponibili e presenti in rapporto equilibrato, quali: azoto (N), fosforo (P), potassio (K), magnesio (Mg), zolfo (S) e diversi microelementi.

Una concimazione razionale consente di creare condizioni ideali per la crescita e la produzione delle piante coltivate e, nel contempo, di ridurre al minimo l'impatto sull'ambiente. Per massimizzare l'efficacia degli elementi nutritivi distribuiti, a tutto vantaggio di piante e ambiente, oltre alle esigenze nutritive delle piante occorre considerare anche lo stato nutrizionale del suolo (figura 2, modulo 1).

Le analisi del suolo consentono di quantificarne le proprietà fisiche e chimiche, nonché di stimarne le riserve in elementi nutritivi. Per determinare il fabbisogno in concime, bisogna scegliere metodi d'analisi appropriati, che permettano di valutare la disponibilità degli elementi nutritivi presenti nel suolo (stato nutrizionale del suolo). Deve essere possibile stabilire una valutazione attendibile dei risultati delle analisi del suolo in relazione agli obiettivi di produzione (p.es. resa e qualità). Di regola, questo tipo di relazione si può determinare solo tramite prove in campo aperto di lunga durata. Il metodo d'analisi è legato indissolubilmente all'interpretazione dei suoi risultati. Capita che, in funzione delle loro caratteristiche, metodi d'analisi diversi diano risultati differenti, né intercambiabili né, in generale, sufficientemente correlati tra loro.

2. Caratterizzazione del sito

Crescita e sviluppo delle colture non dipendono solo dalle proprietà chimiche del suolo, ma anche dalle sue caratteristiche fisiche e da altri suoi parametri, quali: profondità fisiologica (volume di suolo utilizzabile dalle radici), scheletro (percentuale di pietre >2 mm), struttura e stabilità dei glomeruli. La struttura determina le percentuali d'aria e acqua presenti nel suolo che, a loro volta, influenzano indirettamente, ma in modo decisivo, lo sviluppo dell'apparato radicale. Ne consegue che, nei suoli mal strutturati e compattati, la mancanza d'ossigeno e i saltuari periodi di saturazione idrica aumentano la pressione delle malattie radicali. Se, in seguito ai problemi appena descritti, l'apparato radicale risulta indebolito, la sua capacità di assorbire elementi nutritivi si riduce notevolmente. In questi casi, la carenza di elementi nutritivi che colpisce la coltura non si può compensare aumentando la concimazione.

Specialmente laddove si intende impiantare una coltura perenne si raccomanda vivamente di valutare preventivamente il profilo del suolo (figura 1). La valutazione del profilo consente di verificare l'idoneità del suolo per la coltura prevista e di capire se è necessario procedere con misure di

risanamento e colturali specifiche, quali: drenaggi, lavorazioni profonde e scelta del portinnesto, nel caso si preveda di piantare un vigneto o un frutteto. Le analisi fisiche e chimiche dei diversi orizzonti danno informazioni sulla loro stabilità strutturale, sulla dinamica degli elementi nutritivi nel sottosuolo, nonché sulla loro mobilità orizzontale e verticale.



Figura 1. Valutazione del profilo del suolo (fotografia: Andreas Naef, Agroscope).

Il termine «attività biologica del suolo» comprende e riassume tutti i processi di origine biologica che avvengono sotto terra. È un indicatore importante della fertilità del suolo (capitolo 6).

2.1 Granulometria e tipo di suolo

La granulometria, o tessitura, della terra fine ($\varnothing \leq 2$ mm) si definisce come la percentuale in peso delle particelle di diverso calibro che la compongono (argilla, silt e sabbia). Granulometria e tenore in humus del suolo (capitolo 2.2) determinano il tipo di suolo (p.es. limo-sabbioso umifero). Il tipo di suolo influenza:

- la disponibilità potenziale in elementi nutritivi;
- la dinamica degli elementi nutritivi;
- la sensibilità al compattamento;
- la stabilità della struttura e, di conseguenza, i rischi di erosione e ruscellamento;
- la permeabilità;
- la lavorabilità.

La granulometria è importante per la comprensione di molte funzioni del suolo, perciò la si prende in considerazione per interpretare i risultati dell'analisi di numerosi suoi parametri. Essa è una proprietà praticamente fissa del suolo, quindi basta una sola determinazione rappresentativa per parcella. La granulometria si può determinare per via analitica o tramite test tattile. Quest'ultimo metodo d'indagine è comunque meno preciso dell'esame analitico.

Tabella 1. Relazione tra classe di tessitura (classe d'argilla) e alcune caratteristiche del suolo.

Caratteristiche del suolo	Valori limite per l'interpretazione delle analisi degli elementi nutritivi del suolo				
	Suolo sabbioso	Suolo sabbio-limoso ¹	Suolo limoso ¹	Suolo limo-argilloso ¹	Suolo argilloso
	< 10 % d'argilla	10–19,9 % d'argilla	20–29,9 % d'argilla	30–39,9 % d'argilla	≥ 40 % d'argilla
Permeabilità	molto buona	buona	buona	media	scarsa
Ritenzione idrica	scarsa	media	elevata	elevata	molto buona ²
Aerazione	molto buona	buona	buona	media	scarsa
Ritenzione degli elementi nutritivi	scarsa	medio-scarsa	media	buona	molto buona ²
Lavorabilità	facile	facile	media	medio-difficile	difficile
Penetrazione delle radici	molto buona	molto buona	buona	mediocre	scarsa

¹ In Svizzera, «limo» e «limoso» sono le traduzioni ufficiali dal tedesco dei termini «Lehm» e «lehmig» e identificano suoli di medio impasto.

² Limitatamente alla disponibilità per le piante coltivate.

La tabella 1 riporta la classificazione dei suoli e le loro caratteristiche in funzione del loro tenore in argilla.

2.2 Tenore in humus

Per «sostanza organica del suolo» si intende l'insieme di tutte le componenti di origine vegetale e animale presenti in un suolo. L'humus, inteso come insieme di tutte le forme di sostanza organica morta, ne è il costituente principale. La parte restante è rappresentata da organismi viventi (radici delle piante, animali e microrganismi tellurici). Tuttavia, le analisi con le quali si caratterizza il suolo e si definisce la concimazione raccomandata non riescono a distinguere queste due componenti. Ne consegue che tutta la sostanza organica presente nel campione di suolo analizzato si considera come se fosse humus.

Quantità e natura della sostanza organica influenzano in maniera decisiva numerosi processi nel suolo.

- Per mineralizzazione dell'humus si intende la sua decomposizione completa, con liberazione di anidride carbonica, acqua ed elementi nutritivi, tra i quali si riscontrano soprattutto l'N e quantità minori di P e S. La mineralizzazione può essere influenzata da diversi fattori. Temperature relativamente elevate e un rapporto equilibrato tra l'aria e l'acqua del suolo stimolano la mineralizzazione dell'humus. Nell'ottica di salvaguardare la fertilità del suolo a lungo termine, il consumo di humus (mineralizzazione) deve essere regolarmente compensato dall'equivalente formazione di nuovo humus (umificazione) (capitolo 6).

Tabella 2. Valutazione pedologica del tenore in humus (SSP 2010).

Tenore in humus ¹ (%)	Valutazione
< 2 %	povero di humus
2–5 %	leggermente umifero
5–10 %	umifero
10–30 %	ricco di humus
≥ 30 %	molto ricco di humus

Tabella 3. Valutazione agronomica del tenore in humus in relazione al potenziale di liberazione di N nel suolo.

Valutazione del tenore in humus ¹ (%) in funzione del tenore in argilla del suolo				Potenziale di liberazione di N
< 10 % argilla	10–19,9 % arg.	20–29,9 % arg.	≥ 30 % argilla	
< 1,2	< 1,6	< 2,0	< 2,5	scarso
1,2–2,9	1,6–3,4	2,0–3,9	2,5–5,9	sufficiente
3,0–4,9	3,5–6,9	4,0–7,9	6,0–9,9	buono
5,0–19,9	7,0–19,9	8,0–19,9	10,0–19,9	elevato
≥ 20,0	≥ 20,0	≥ 20,0	≥ 20,0	molto elevato

¹ Il tenore in humus del suolo si calcola moltiplicando il tenore di carbonio legato organicamente (C_{org}) per 1,725.

- Il tenore in humus gioca un ruolo centrale nella strutturazione del suolo, in quanto contribuisce alla formazione di complessi argillo-umici che, a loro volta, favoriscono la creazione di glomeruli e aggregati stabili. La struttura glomerulare che ne risulta assicura una buona porosità del suolo, che diventa permeabile e ben aerato. Una buona stabilità della struttura glomerulare riduce, inoltre, il pericolo di danni da erosione. Nella maggior parte dei casi, questi suoli hanno buone capacità di assorbire l'acqua piovana, anche in presenza di precipitazioni intense. Le radici delle piante colonizzano diffusamente i suoli con tenori in humus da medi a elevati.

Il tenore in humus del suolo si suddivide in 5 classi, che si possono valutare dal punto di vista sia pedologico (proprietà chimico-fisiche) (tabella 2) sia agronomico (influenza sulla dinamica dell'N nel suolo) (tabella 3). La valutazione agronomica tiene conto del fatto che il tenore ideale in humus aumenta con l'aumentare del tasso d'argilla. Se la gestione del suolo rimane costante negli anni, il tenore in humus varia molto lentamente, anche se si distribuiscono quantità elevate di sostanza organica.

2.3 pH (reazione)

La reazione del suolo si descrive attraverso il pH. Essa può risultare acida, neutra oppure alcalina (basica). Il pH esprime la concentrazione di ioni idrogeno (H^+) in una sospensione costituita da acqua distillata e un campione di suolo. I possibili risultati si suddividono in sei classi (tabella 4). Il pH del suolo varia poco nel corso degli anni. Tuttavia, si raccomanda di verificarne il valore a cadenza regolare, specialmente in suoli acidi oppure neutri.

Il pH influenza sia l'attività biologica del suolo sia la disponibilità di alcuni elementi nutritivi, quali P, Mg e gran parte dei microelementi (figura 2). La disponibilità di P è maggiore nei suoli con pH da leggermente acido a neutro, perché nei suoli alcalini una quota elevata di P si lega al calcio (Ca) sotto forma di fosfati di Ca poco solubili. Maggiore è il pH, minore è la disponibilità di ferro (Fe), manganese (Mn), zinco (Zn) e boro (B), mentre per il molibdeno (Mo) vale l'esatto contrario. In un ambiente acido, invece, aumenta considerevolmente la solubilità di Mn e alluminio (Al). pH estremi (troppo acidi oppure troppo alcalini) possono determinare carenze nutrizionali in colture sensibili oppure, specialmente in alcune colture orticole, fenomeni di fitotossicità.

Il pH dà indicazioni approssimative sulla presenza di calcare nel suolo, è importante nella scelta dei concimi, specialmente quelli fosfatici, e consente di stabilire se è necessario impiegare un ammendante calcareo. Il capitolo 5 è dedicato alla valutazione del tenore in calcare del suolo e alla sua eventuale calcitazione.

2.4 Tenore in calcare

Il calcare influenza in modo rilevante la gestione agricola sostenibile del suolo. La sua presenza dipende principalmente dalla tipologia della roccia madre dalla quale ha origine il suolo, dall'andamento delle precipitazioni e dal tipo di gestione agricola. Il tenore in calcare gioca un ruolo centrale nei processi chimici, fisici e biologici che si svolgono nel suolo. L'elenco che segue riporta quelli maggiormente influenzati dalla decomposizione e dalla migrazione del calcare.

Tabella 4. Valutazione del pH del suolo e del suo eventuale fabbisogno in calcitazione.

pH(H_2O)	Valutazione	Test HCl	Valutazione	Calcitazione ¹
< 5,3	molto acido	–	CaCO ₃ assente	necessaria
5,3–5,8	acido	–	CaCO ₃ assente	necessaria
5,9–6,7	leggermente acido	–	CaCO ₃ assente	di mantenimento
6,8–7,2	neutro	–	CaCO ₃ assente	di mantenimento
		+	CaCO ₃ presente	di mantenimento ²
7,3–7,6	leggermente alcalino	+	CaCO ₃ presente	inutile
> 7,6	alcalino	++	CaCO ₃ molto presente	inutile

¹ Prima di procedere con una calcitazione bisogna considerare le esigenze specifiche delle colture. In particolare, in foraggicoltura occorre tener conto della composizione botanica e delle piante foraggere adattate alle condizioni ambientali locali (capitolo 5.3.2).

² Solo se si nota una diminuzione di pH.

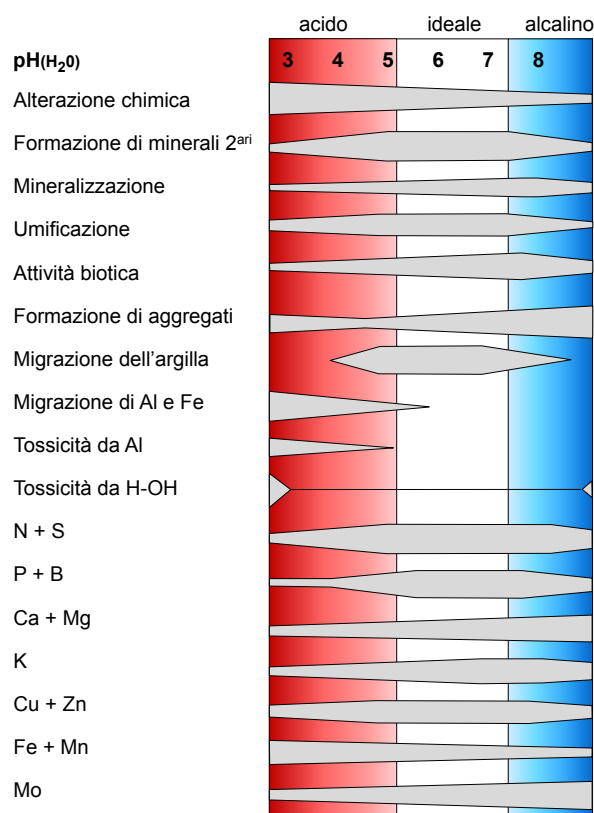


Figura 2. Influenza del pH su pedogenesi e fattori ecologici. Lo spessore della banda grigia indica l'intensità del processo considerato o la disponibilità degli elementi nutritivi corrispondenti (Schröder 1984, modificato).

- **Processi chimici:** il tenore in calcare (CaCO₃) influenza il pH e, di conseguenza, anche la disponibilità di elementi nutritivi del suolo.
- **Processi fisici:** gli ioni Ca²⁺, che si liberano in seguito alla decomposizione del CaCO₃, esercitano un'influenza positiva sulla formazione degli aggregati (formazione di legami tra le particelle d'argilla e quelle di humus) e, di conseguenza, sulla stabilità della struttura del suolo; nei suoli pesanti e in quelli soggetti al rischio di erosione, la calcitazione si esegue principalmente proprio per migliorare la struttura, in modo da favorire l'aerazione e la ritenzione idrica del suolo e, indirettamente, lo sviluppo radicale delle colture.
- **Processi biologici:** in questo caso, si tratta d'influenza indiretta. Un pH ideale e una buona circolazione di acqua e aria stimolano l'attività degli organismi tellurici; ne beneficiano la metabolizzazione dei residui colturali, la sintesi di humus stabile e la mineralizzazione di elementi nutritivi.

Pur essendo il Ca un elemento essenziale per le piante, il CaCO_3 riveste un ruolo di secondaria importanza dal punto di vista nutrizionale, in quanto, nella maggior parte dei casi, suoli acidi compresi, i tenori in Ca solubile e scambiabile sono sufficienti per coprire il fabbisogno delle colture. Solo in suoli molto poveri in Ca ha senso eseguire una calcitazione oppure distribuire concimi contenenti Ca a fini nutrizionali.

Le perdite di CaCO_3 nel suolo sono principalmente dovute al dilavamento, al fabbisogno intrinseco del suolo per la sua neutralizzazione e ai prelievi da parte delle colture. Le perdite annuali possono ammontare a diverse centinaia di chili di CaCO_3 per ettaro. Spesso, per determinare il fabbisogno in ammendante calcareo non è sufficiente conoscere il tenore in CaCO_3 totale del suolo, ma bisogna anche tenere in considerazione la sua capacità di scambio cationico (CSC) e il suo tasso di saturazione in basi (SB) (capitolo 5).

3. Analisi del suolo e interpretazione dei risultati

L'analisi del suolo è un tassello indispensabile nella definizione di un piano di concimazione calibrato sulle esigenze delle piante coltivate, che tenga conto sia delle riserve in elementi nutritivi disponibili del suolo sia delle esigenze in fatto di protezione ambientale. A questo scopo il suolo va analizzato a intervalli regolari (tabella 5).

3.1 Raccomandazioni per le analisi del suolo

Per concimare razionalmente le colture è indispensabile conoscere il loro fabbisogno in nutrienti e le caratteristiche del suolo in cui crescono. Alcune proprietà fisiche del suolo, quali la granulometria, si determinano generalmente una sola volta, a condizione di non eseguire interventi che possano modificare significativamente la natura del suolo. Nel caso di colture perenni, si raccomanda di eseguire questo tipo d'analisi prima dell'impianto e di ogni reimpianto successivo. In questo ambito, prima di impiantare un nuovo vigneto o un nuovo frutteto è utile conoscere il volume di suolo utilizzabile per le radici. Tale stima richiede il campionamento di suolo e sottosuolo. Le ulteriori analisi periodiche che scandiscono la vita dell'impianto si effettuano solo nello strato superiore del suolo, a meno che si verifichino problemi di crescita o di qualità del raccolto. La tabella 5 riporta le profondità e le frequenze di campionamento raccomandate per categoria di colture.

L'analisi delle caratteristiche fisico-chimiche e dello stato nutrizionale del suolo, utilizzata, tra l'altro, per redigere le raccomandazioni di concimazione, si esegue su un campione di suolo ottenuto miscelando più prelievi da una superficie rappresentativa. L'affidabilità dei risultati dipende principalmente dalla qualità del campionamento, visto che l'entità degli errori legati al prelievo e alla miscelazione del suolo può essere molto maggiore rispetto a quella di tutti i possibili errori di laboratorio. Il campionamento ideale presuppone la scelta di una superficie rappresentativa, la ripartizione omogenea dei singoli prelievi e la scelta corretta dell'epoca di prelievo.

3.1.1 Scelta di una superficie rappresentativa

Il campionamento si può definire rappresentativo solo se i singoli prelievi di suolo che lo compongono provengono da una superficie omogenea sia dal punto di vista delle caratteristiche del suolo sia da quello della crescita della coltura. Se questa omogeneità interessa la totalità della parcella è possibile riunire tutti i prelievi in un unico campione. Se, invece, il metodo di coltivazione e l'aspetto delle colture segnalano un'eterogeneità significativa del suolo, oppure se da un prelievo all'altro il suolo cambia colore e aspetto, si raccomanda di suddividere le parcelle in superfici omogenee e di campionarle separatamente.

3.1.2 Modalità di campionamento

Indipendentemente dalla dimensione della parcella, per comporre un campione di suolo rappresentativo bisogna partire da 20–25 prelievi, distribuiti omogeneamente su tutta la superficie interessata (Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Volume 1, Agroscope 1996). Ci vuole circa 1 kg di terra affinché il laboratorio possa preparare e analizzare agevolmente il campione nel rispetto delle prescrizioni esistenti (figura 3). Occorre evitare di inviare al laboratorio soltanto una parte dei campioni prelevati, poiché è estremamente difficile miscelare il materiale per poi estrarne una frazione omogenea. In taluni casi (come per esempio: filari di alberi da frutto inerbiti oppure lavorati, concimazioni localizzate in frutticoltura e viticoltura, ecc.), il metodo di campionamento del suolo va adeguato di conseguenza. I moduli delle colture riportano queste particolarità.



Figura 3. Preparazione dei campioni di suolo per le analisi di laboratorio: setaccio con maglie di 2 mm per separare lo scheletro dalla terra fine (fotografia: René Flisch, Agroscope).

3.1.3 Frequenza delle analisi del suolo

La frequenza con cui è necessario procedere alle analisi del suolo dipende, tra le altre cose, dal tipo di pianta coltivata (tabella 5). Analizzare il suolo con regolarità consente di ottimizzare la concimazione che si eseguirà e di verificare l'effetto di quella eseguita in passato.

Tabella 5. Raccomandazioni per il prelievo di campioni di suolo in differenti categorie di colture agricole.

L'epoca ideale per effettuare il campionamento dipende dalla categoria di colture considerata. Di solito, si esegue dopo la raccolta della coltura principale oppure, per le superfici prative, dopo l'ultimo sfruttamento annuale. In tutti i casi, il campionamento va effettuato prima di una nuova concimazione (capitoli 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3 e 3.1.4).

Categoria di colture	Profondità di prelievo (cm)	Intervallo ¹	Note
Colture erbacee da pieno campo	0–20	4–6 anni	preferibilmente sempre nel medesimo stadio della rotazione
Prati e pascoli permanenti	0–10	5–10 anni	evitare le superfici coperte da deiezioni e da resti non pascolati, gli accessi ai pascoli, nonché le zone di riposo e quelle circostanti gli abbeveratoi
Colture orticole in campo aperto	0–20	4–6 anni	preferibilmente durante l'ultima coltura dell'anno
Colture orticole protette	0–20	2 anni	preferibilmente durante l'ultima coltura dell'anno
Vite	2–25 (suolo)	5–10 anni	prima di nuovi impianti/reimpianti e, periodicamente, per la valutazione dello stato nutrizionale del suolo; dopo importanti cambiamenti di concimazione in suoli poveri o molto ricchi ogni 5 anni; negli altri casi ogni 10 anni
	25–50 (sottosuolo)	<i>una tantum</i>	prima di nuovi impianti/reimpianti e in vigneti con problemi di crescita o di qualità del raccolto
Alberi da frutto	2–25 (suolo)	5–10 anni	prima di nuovi impianti/reimpianti e, periodicamente, per la valutazione dello stato nutrizionale del suolo; adattare il metodo di campionamento al tipo di gestione colturale e alla tecnica di concimazione
	25–50 (sottosuolo)	<i>una tantum</i>	prima di nuovi impianti/reimpianti e in frutteti con problemi di crescita o di qualità del raccolto
Piccoli frutti	0–20	4–6 anni	piccoli frutti annuali: preferibilmente durante la coltura precedente
	2–25	5–10 anni	piccoli frutti perenni: prima dell'impianto e, periodicamente, per la valutazione dello stato nutrizionale del suolo
Piante aromatiche e medicinali	0–20	4–6 anni	preferibilmente durante la coltura precedente.
Colture diverse	0–20	ca. 5 anni	

¹ Se si modifica la superficie in modo importante, se le ultime analisi hanno evidenziato uno stato nutrizionale del suolo insufficiente oppure se la coltura si sviluppa irregolarmente, si raccomanda di scegliere l'intervallo più corto.

3.1.4 Indicazioni generali concernenti le analisi del suolo

È possibile monitorare l'evoluzione dello stato nutrizionale del suolo a lungo termine, tenendo conto dei concimi distribuiti e dei prelievi effettuati dalle colture, solo se i campionamenti si eseguono correttamente (omogeneità della superficie, numero e distribuzione dei singoli prelievi, frequenza e profondità di prelievo, stadio della rotazione, ecc.) e le modalità di prelievo sono confrontabili. Per questo motivo, si raccomanda di prelevare i campioni di suolo nello stesso periodo dell'anno, dopo avere raccolto la medesima coltura e, soprattutto, prima di qualsiasi concimazione. Per i prati, l'epoca ideale di campionamento è l'autunno, subito dopo l'ultimo sfalcio. Nei pascoli bisogna evitare di campionare le superfici coperte da deiezioni e/o da resti di pascolo.

La pubblicazione «Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope» (Agroscope 1996; disponibile in tedesco e in francese) illustra dettagliatamente come procedere per campionare il terreno correttamente in funzione delle diverse categorie di colture. I laboratori certificati e i servizi di consulenza agricola forniscono, su richiesta, la documentazione necessaria in merito.

3.2 Metodi d'analisi del suolo

La tabella 6 riassume i principali metodi d'analisi utilizzati attualmente da Agroscope. Le metodologie descritte sono state messe a punto nel corso di numerosi esperimenti svolti in campo aperto sull'arco di più decenni.

3.3 Scelta del metodo d'analisi di base

Alcune proprietà di un sito, quali la granulometria, restano praticamente costanti nel tempo se, nel corso della normale gestione agricola, non si interviene significativamente sulla natura del suolo. Ne consegue che, per determinarle, è sufficiente eseguire un'analisi *una tantum*. Nello specifico caso della granulometria, è preferibile usare il metodo analitico (sedimentazione) piuttosto che affidarsi al metodo di stima (test tattile), dato che le percentuali d'argilla e silt sono importanti per l'interpretazione dei tenori e del comportamento degli elementi nutritivi.

In Svizzera, per determinare il tenore in P, K e Mg del suolo si utilizzano diversi metodi d'analisi. Alcuni tra essi si basano su mezzi d'estrazione cosiddetti «dolci», mentre altri fanno capo a mezzi d'estrazione più «aggressivi». Tra i

Tabella 6. Principali metodi d'analisi del suolo utilizzati da Agroscope per ottimizzare la concimazione.

La pubblicazione «Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope» (Agroscope 1996; disponibile in tedesco e in francese) descrive dettagliatamente i metodi d'analisi riportati in questa tabella.

Parametro da analizzare (elemento nutritivo o caratteristica del suolo)	Mezzo / metodo d'estrazione	Rapporto tra suolo e mezzo d'estrazione	Tempo d'agitazione e d'estrazione	Unità di misura del calcolo
P (metodo CO ₂)	Acqua satura di CO ₂	1:2,5	1 h	Indice P 1 = 0,0356 mg P ₂ O ₅ per 100 g di terra fine (o 0,155 mg P per kg di terra fine)
K (metodo CO ₂)	Acqua satura di CO ₂	1:2,5	1 h	Indice K 1 = 1 mg K ₂ O per 100 g di terra fine (o 8,3 mg K per kg di terra fine)
Mg	0,0125 M CaCl ₂	1:10	2 h	Indice Mg 1 = 1 mg Mg per 100 g di terra fine (o 10 mg Mg per kg di terra fine)
Mn, scambiabile	1 M acetato d'ammonio	1:10	30 min.	mg Mn per kg di terra fine
Mn, riducibile	1 M acetato d'ammonio + idrochinone	1:10	30 min.	mg Mn per kg di terra fine
B	Acqua calda	1:5	5 min. (raffreddamento tramite condensatore a riflusso)	mg B per kg di terra fine
H ⁺	Acqua distillata	1:2,5	12 h	Valore pH (pH(H ₂ O))
CaCO ₃ (calcare totale)	HCl concentrato, diluizione 1:1 (in volume)			% volume di CaCO ₃ g CaCO ₃ per 100 g di terra fine
P, K, Mg (metodo H ₂ O10)	Acqua distillata	1:10	1 h	mg P, K o Mg per kg di terra fine
P, K, Mg, Ca (metodo AAE10)	0,5 M acetato d'ammonio + 0,5 M acido acetico + 0,025 M EDTA	1:10	1 h	mg P, K, Mg o Ca per kg di terra fine
Granulometria ¹ - argilla - silt - sabbia	Sedimentazione Sedimentazione Calcolo			g per 100 g di terra fine g per 100 g di terra fine g per 100 g di terra fine
Humus ¹	Calcinazione umida con K ₂ Cr ₂ O ₇ e titolazione			% C organico (C _{org}) % humus = % C _{org} × 1,725
Humus, argilla, silt (metodo di stima)	Test tattile			%
Capacità di scambio cationico (CSC) K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ H ⁺	In suoli con pH(H ₂ O) ≤ 5,9 0,05 M HCl + 0,0125 M H ₂ SO ₄ pH per differenza	1:4 1:1	5 min 5 min	CSC = (H ⁺ + K ⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺) cmol+ per 100 g di terra fine (unità desueta: meq/100 g di terra fine)
Capacità di scambio cationico (CSC) K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ H ⁺	In suoli con pH(H ₂ O) > 5,9 0,1 M cloruro di bario + 2 M trietanolamina Titolazione	1:25	15 h a 45 °C, poi agitare per 1 h	CSC = (H ⁺ + K ⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺) cmol+ per 100 g di terra fine (unità desueta: meq/100 g di terra fine)
Tasso di saturazione in basi (SB)	Calcolo		–	SB (%) = (K ⁺ + Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + Na ⁺) cmol+ × 100 / CEC
N-NO ₃ N-NH ₄ ⁺	0,0125 M CaCl ₂	1:4	1 h	kg N _{min} per ha

¹ Granulometria della terra fine: somma delle percentuali d'argilla, silt, sabbia e humus = 100%.

mezzi d'estrazione «dolci» ci sono: l'acqua satura di CO₂, per la determinazione di P e K (metodo CO₂), il cloruro di calcio, per misurare il Mg (metodo CaCl₂) e l'acqua distillata, utilizzabile per dosare P, K e Mg (metodo H₂O10). Tra quelli più «aggressivi», si usa comunemente l'acetato di ammonio + acido etilendiamminotetraacetico (EDTA) per estrarre P, K e Mg (metodo AAE10).

I mezzi d'estrazione «dolci» rilevano prevalentemente gli elementi nutritivi solubili e facilmente disponibili per la pianta; il cosiddetto fattore «intensità», che corrisponde all'attività delle forme ioniche dei nutrienti nella soluzione del suolo (Frossard *et al.* 2004). Quando, invece, si utilizza un estraente più «aggressivo», si parte dal principio che gli elementi estratti siano potenzialmente utilizzabili dalle piante; in questo caso si parla di fattore «quantità», che definisce gli elementi nutritivi in grado di passare, prima o poi, nella soluzione circolante e diventare così disponibili per le piante (Frossard *et al.* 2004).

La valutazione del fattore «quantità» con il metodo d'estrazione AAE10 varia in funzione del tipo di suolo e non sempre si rivela valida. È possibile che, in talune situazioni, questo metodo estragga anche una quota di elementi nutritivi non realmente disponibili per le piante. Ciò accade in particolare per il P (Demaria *et al.* 2005). Per esempio, nei suoli non calcarei e poveri in Ca, il metodo AAE10 solubilizza anche fosfati metallici solitamente non disponibili per le piante (frazione di riserva). Questa frazione dipende dalla composizione minerale del suolo e, quindi, è un parametro che non può essere stimato nell'estratto AAE10 (Stünzi 2006b). Nei suoli calcarei, invece, il CaCO₃ si solubilizza e libera ioni Ca²⁺ in eccesso, che fanno perdere all'EDTA la capacità di estrarre altri elementi nutritivi (Zim-

mermann 1997; Stünzi 2006b). Ne consegue che il metodo AAE10 risulta affidabile solo in suoli non calcarei.

La scelta del metodo da utilizzare per determinare i tenori degli elementi nutritivi nel suolo dipende dalle esigenze di chi richiede l'analisi, dalle caratteristiche delle colture e dall'esistenza di una scala d'interpretazione dei risultati che sia affidabile per la categoria di colture indagata (tabella 7).

3.4 Interpretazione dei risultati delle analisi del suolo per fosforo, potassio e magnesio per determinare il fabbisogno in concime

L'interpretazione dei risultati delle analisi del suolo si basa, di regola, sui risultati raccolti in prove condotte in campo aperto su più anni e in diverse siti (figura 6). Le relazioni tra il tenore in elementi nutritivi del suolo e quello delle piante, nonché la risposta produttiva delle colture alla concimazione sono criteri decisivi per riuscire a interpretare i risultati delle analisi in modo affidabile.

Per calcolare il fabbisogno in P, K e Mg delle colture, tenendo conto del tenore in elementi nutritivi del suolo, si parte dalla loro norma di concimazione (espressa in kg di elementi nutritivi per ha) e la si adatta in funzione dello stato nutrizionale del suolo. L'adattamento avviene moltiplicando le norme con dei fattori di correzione ottenuti interpretando i risultati delle analisi del suolo. Questi fattori, in funzione del valore assunto, definiscono cinque classi di fertilità del suolo per P, K e Mg (tabella 8).

Il tenore in elementi nutritivi del suolo necessario per assicurare la crescita ottimale delle piante varia da una spe-

Tabella 7. Scelta del metodo d'analisi (analisi di base) per differenti categorie di colture agricole.

Categorie di colture	Parametro analizzato e metodo di riferimento ¹ [codice del metodo]						
	Caratteristiche del suolo				Elementi nutritivi (P, K, Mg, Ca) ²		
	pH _(H₂O) [pHH]	CaCO ₃ [CaCO ₃]	Humus [C _{org}]	Granulometria [KOF]	P, K, Mg [CO ₂ /CCMg]	P, K, Mg, Ca [AAE10] ³	P, K, Mg [H ₂ O10] ⁴
Colture erbacee da pieno campo e prati temporanei	x	x	x	x	x	x	
Prati e pascoli permanenti	x	x	x	x	x	x	
Colture orticole (campo aperto/colture protette)	x	x	x	x		x	x
Vite ⁵	x	x	x	x		x	x
Alberi da frutto	x	x	x	x		x	x
Piccoli frutti	x	x	x	x		x	x
Piante medicinali e aromatiche	x	x	x	x			x
Altre colture	x	x	x	x	x	x	x

¹ «Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope», Volume 1: Bodenuntersuchungen zur Düngeberatung (Agroscope 1996).

² In casi particolari, può essere necessario determinare anche altri elementi nutritivi come, per esempio, Mn e B in suoli umiferi o alcalini (la tabella 6 riporta i diversi metodi d'analisi).

³ P e Mg si possono determinare solo se il suolo non è calcareo.

⁴ P si può determinare solo in suoli con pH tra 5 e 7,8 (Gysi *et al.* 1993; Gysi *et al.* 1997).

⁵ Per calcolare la concimazione di base K in caso di nuovi impianti, è possibile basarsi sul tenore in K risultante dall'analisi della CSC (modulo 12).



Figura 4. Filtrazione di estratti di suolo (fotografia: Diane Bürge, Agroscope).



Figura 5. Determinazione di diversi elementi attraverso la spettrometria di assorbimento atomico a fiamma (AAS) (fotografia: Diane Bürge, Agroscope).



Figura 6. Prova di lunga durata (anno d'inizio: 1989) volta a determinare l'interpretazione dei risultati delle analisi del suolo sulla base di differenti concimazioni P, K e Mg (fotografia: René Flisch, Agroscope).

Tabella 8. Valutazione dello stato nutrizionale del suolo in funzione dei fattori di correzione definiti nelle tabelle 10–18.

Fattore di correzione	Valutazione	Classe di fertilità
> 1,4	povero	A
1,2–1,4	moderato	B
0,9–1,1	sufficiente	C
0,4–0,8	ricco	D
< 0,4	molto ricco	E

cie all'altra. Nel caso delle colture erbacee da pieno campo e per le superfici prative, lo schema d'interpretazione delle analisi del suolo si calibra su colture aventi capacità medio-buone di assorbire gli elementi nutritivi (p.es. cereali primaverili, colza, girasole, pisello). Se coltivate su un suolo avente classe di fertilità C, giudicata «sufficiente», queste colture non manifestano cali di resa e nemmeno problemi di qualità del raccolto, anche se non vengono concimate durante l'anno di coltivazione considerato. Una concimazione che compensi i prelievi delle colture è sufficiente per mantenere costante lo stato nutrizionale del suolo. Nel caso di colture aventi buona capacità di assorbire gli elementi nutritivi (p.es. cereali autunnali, barbabietole) oppure, viceversa, una capacità limitata (p.es. patata, trifoglio), questo livello di concimazione non è ideale (capitolo 4.6). In questi casi, la norma di concimazione va adattata di conseguenza e non corrisponde più esattamente ai prelievi della coltura. A lungo termine, questa situazione può comportare un cambiamento della classe di fertilità del suolo. Analisi del suolo periodiche consentono di identificare eventuali variazioni del tenore in nutrienti e di intervenire di conseguenza correggendo opportunamente la concimazione.

Per interpretare i tenori in P, K e Mg del suolo è necessario conoscerne la CSC (espressione della capacità di immagazzinamento degli elementi nutritivi). Questo parametro è strettamente correlato al contenuto in argilla del suolo. Se il tenore in cationi multivalenti del suolo è elevato, aumenta anche la carica positiva delle sostanze colloidali capaci di adsorbire l'anione fosfato che, di conseguenza, viene adsorbito più saldamente grazie all'aumentata attrazione elettrostatica. Per questo motivo, si raccomanda d'interpretare i tenori in P, K e Mg provenienti dall'analisi del suolo in funzione del tenore in argilla della terra fine (frazione di suolo setacciata a 2 mm), sia esso stato determinato analiticamente oppure stimato tramite semplice test tattile. Nei suoli caratterizzati da un tenore in humus superiore o uguale al 10 %, l'interpretazione del tenore in elementi nutritivi va eseguita tenendo conto anche di questo parametro (tabella 9).

I fattori di correzione risultanti dall'interpretazione dell'analisi suolo (capitoli 4.1–4.4) vanno utilizzati per correggere la concimazione di tutte le colture fino a quando una nuova analisi permetterà di determinarne di nuovi.

4. Approvvigionamento del suolo in elementi nutritivi

Il calcolo della concimazione P, K e Mg si basa sul principio di sostituzione delle quantità di elementi nutritivi prelevate dalle piante coltivate su suoli aventi una dotazione ideale in nutrienti. L'adattamento della concimazione in funzione del tenore in elementi nutritivi del suolo avviene mediante i fattori di correzione riportati nelle tabelle 10–18 (capitoli 4.1–4.4). Le tabelle sono suddivise secondo il metodo d'analisi applicato e l'elemento nutritivo considerato.

Il valore attribuito ai fattori di correzione dipende dal risultato delle analisi e dal tenore in argilla del suolo. La validità di questo modo di procedere si limita ai suoli aventi un tenore in humus inferiore al 10 %. Siccome l'humus influenza la disponibilità di elementi nutritivi per le piante, nei suoli con tenori in humus superiori o uguali al 10 % bi-

sogna applicare una correzione supplementare al risultato dell'analisi del suolo. Questa correzione è legata alla densità apparente del suolo (densità del suolo allo stato naturale) che, a sua volta, risulta essere ben correlata al tenore in humus che si determina abitualmente (Gysi *et al.* 1993). La tabella 9 riporta i relativi fattori di correzione.

4.1 Correzione della concimazione fosfatica e potassica secondo il metodo CO₂

Il metodo CO₂ (Dirks e Scheffer, 1930), utilizzato in Svizzera da decenni, è adatto per determinare i tenori in P e K del suolo disponibili per le piante. La sua validazione si fonda su un gran numero di prove pluriennali svolte in campo aperto (figure 7 e 8). Nella maggior parte dei casi analizzati, si è constatato come i tenori in P e K del suolo siano ben correlati con le rese delle colture e il loro contenuto in elementi nutritivi (Peyer 1970; Ryser 1982; Gallet *et al.* 2001).

Tabella 9. Correzione da applicare al risultato dell'analisi di suoli con tenori in humus superiori al 10 %.

Questa correzione si applica al risultato dell'analisi del suolo prima di utilizzarlo per determinare il fattore di correzione che verrà, infine, moltiplicato con la norma di concimazione della coltura (tabelle 10–18).

Tenore in humus del suolo (%)	Densità apparente del suolo	Fattore di correzione del risultato dell'analisi	Tenore in humus del suolo (%)	Densità apparente del suolo	Fattore di correzione del risultato dell'analisi
(h)	(d _h) ¹	(f) ¹	(h)	(d _h) ¹	(f) ¹
10,0	1,1005	1,000	25,0	0,7000	0,636
11,0	1,0678	0,970	30,0	0,6020	0,547
12,0	1,0361	0,941	35,0	0,5177	0,470
13,0	1,0053	0,913	40,0	0,4452	0,405
14,0	0,9754	0,886	45,0	0,3829	0,348
15,0	0,9465	0,860	50,0	0,3293	0,299
16,0	0,9183	0,834
17,0	0,8911	0,810	Calcolo della densità apparente: $d_h = 1,488 * 10^{-0,0131 * h}$		
18,0	0,8646	0,786	Calcolo della correzione secondo il tenore in humus (f): $f = d_h / d_{h=10,0}$		
19,0	0,8389	0,762			
20,0	0,8140	0,740			

¹ La correzione relativa ai tenori in humus intermedi va calcolata utilizzando la formula di cui sopra.

Esempio: Risultato dell'analisi: 110,5 per un suolo con il 12,0 % di humus
Risultato dell'analisi corretto: $110,5 * 0,941 = 104,0$ oppure $110,5 * (1,0361 / 1,1005) = 104,0$



Figura 7. Carezza di P su barbabietola da zucchero. Campo lacunoso e sviluppo delle piante insufficiente causati da carezza di P nel suolo (a sinistra); densità e sviluppo normali della coltura su suolo sufficientemente dotato di P (a destra). Le immagini sono contemporanee (fotografia: René Flisch, Agroscope).

Tabella 10. Fattori di correzione della concimazione P in funzione del tenore in P (metodo CO₂) e in argilla della terra fine.
(indice P 1 = 0,155 mg P/kg di terra fine)

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Per le superfici prative «poco intensive», non si devono applicare fattori di correzione $> 1,0$.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative

mg P/kg	Indice P	Tenore in argilla della terra fine (%)					Suoli speciali: siltosi ¹	Suoli speciali: sabbiosi ²
		< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40		
0,000–0,309	0,0–1,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,5	1,4
0,310–0,619	2,0–3,9	1,4	1,4	1,3	1,2	1,1	1,5	1,2
0,620–0,930	4,0–5,9	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,4	1,0
0,931–1,241	6,0–7,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	1,4	1,0
1,242–1,551	8,0–9,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,6	1,2	1,0
1,552–1,862	10,0–11,9	1,0	1,0	0,8	0,6	0,0	1,2	0,8
1,863–2,172	12,0–13,9	1,0	0,8	0,6	0,0	0,0	1,0	0,6
2,173–2,482	14,0–15,9	0,8	0,8	0,4	0,0	0,0	1,0	0,4
2,483–2,793	16,0–17,9	0,8	0,6	0,0	0,0	0,0	1,0	0,4
2,794–3,103	18,0–19,9	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0
3,104–3,414	20,0–21,9	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
3,415–3,724	22,0–23,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	0,0
3,725–4,035	24,0–25,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
4,036–4,345	26,0–27,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	0,0
4,346–4,655	28,0–29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0
$\geq 4,656$	$\geq 30,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

¹ Suoli siltosi derivati dalla disgregazione dei calcescisti grigionesi con un tenore in argilla $< 25\%$ e in silt $> 40\%$ espressi sulla terra fine.

² Suoli sabbiosi e acidi del Cantone Ticino con un tenore in argilla $< 10\%$ e in sabbia $> 40\%$ espressi sulla terra fine, nonché un pH $< 5,9$.

Nei suoli con più del 40 % d'argilla, malgrado si concimi abbondantemente per anni e le colture si sviluppino e producano normalmente, il metodo CO₂ rileva spesso scarsi tenori in P e/o K. In queste situazioni, tra concimazione e prelievi in elementi nutritivi, da un lato, e risultati dell'analisi del suolo, dall'altro, non sussiste che una debole correlazione. Per tenere conto di questo aspetto del metodo CO₂, il risultato dell'analisi si pondera con il tenore in argilla del suolo.

Le tabelle 10 e 11 riportano i fattori di correzione che permettono di adattare la concimazione P e K al tenore del suolo in questi elementi nutritivi, determinato con il metodo CO₂ in funzione del tasso d'argilla della terra fine. I fattori di correzione sono validi per la maggior parte dei suoli dell'Altopiano svizzero, delle Prealpi e del Giura aventi un tenore in humus inferiore al 10 %. Per i suoli con tenore in humus superiore o uguale al 10 % bisogna, inoltre, riferirsi alla tabella 9.

I suoli siltosi, derivati dalla disgregazione dei calcescisti grigionesi, e quelli sabbiosi e acidi del Cantone Ticino richiedono una valutazione speciale per il P. La sezione a destra della tabella 10 riporta i fattori di correzione da applicare in questi due casi particolari.

4.2 Correzione della concimazione magnesiacca secondo il metodo CaCl₂

L'interpretazione dei risultati delle analisi così come la correzione della concimazione che ne consegue avvengono,



Figura 8. Influenza del tenore in elementi nutritivi del suolo sulla crescita delle colture (fotografia: René Flisch, Agroscope).

Tabella 11. Fattori di correzione della concimazione K in funzione del tenore in K (metodo CO₂) e in argilla della terra fine.
(Indice K 1 = 8,3 mg K/kg di terra fine)

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Per le superfici prative «intensive» e «mediamente intensive», si raccomanda di non applicare un fattore di correzione $> 1,2$ senza prima analizzare il tenore in K nel foraggio. Se nel foraggio si rilevano più di 25 g K/kg di SS, non si devono applicare fattori di correzione $> 1,0$.

Per le superfici prative «poco intensive», non si devono applicare fattori di correzione $> 1,0$.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative

mg K/kg	Indice K	Tenore in argilla della terra fine (%)				
		< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40
0,00–4,14	0,0–0,4	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2
4,15–8,29	0,5–0,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,0
8,30–12,44	1,0–1,4	1,4	1,4	1,2	1,0	1,0
12,45–16,59	1,5–1,9	1,4	1,2	1,0	1,0	1,0
16,60–20,74	2,0–2,4	1,2	1,2	1,0	1,0	0,8
20,75–24,89	2,5–2,9	1,2	1,0	1,0	0,8	0,6
24,90–29,04	3,0–3,4	1,0	1,0	1,0	0,8	0,4
29,05–33,19	3,5–3,9	1,0	1,0	0,8	0,6	0,4
33,20–37,34	4,0–4,4	1,0	0,8	0,8	0,6	0,0
37,35–41,49	4,5–4,9	1,0	0,8	0,6	0,4	0,0
41,50–45,64	5,0–5,4	0,8	0,8	0,6	0,4	0,0
45,65–49,79	5,5–5,9	0,8	0,6	0,4	0,0	0,0
49,80–53,94	6,0–6,4	0,8	0,6	0,4	0,0	0,0
53,95–58,09	6,5–6,9	0,6	0,6	0,4	0,0	0,0
58,10–62,24	7,0–7,4	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0
62,25–66,39	7,5–7,9	0,6	0,4	0,0	0,0	0,0
66,40–70,54	8,0–8,4	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0
70,55–74,69	8,5–8,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
74,70–78,84	9,0–9,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0
78,85–82,99	9,5–9,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\geq 83,00$	$\geq 10,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

come per K, in funzione del tenore in argilla del suolo (tabella 12). Le caratteristiche di questo mezzo d'estrazione (soluzione di scambio) fanno sì che l'approvvigionamento ideale del suolo in Mg (fattore di correzione 1,0) aumenti parallelamente al suo tenore in argilla.

L'impiego del metodo CaCl₂ per determinare il Mg è prassi corrente in molti Paesi europei. In caso di difficile interpretazione dei risultati ottenuti attraverso altri metodi d'analisi, il metodo CaCl₂ fornisce risultati preziosi, comprovati da numerosi riferimenti bibliografici.

4.3 Correzione della concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca secondo il metodo H₂O10

L'estrazione di campioni di suolo in acqua (Dirks e Scheffer 1930; Van der Paauw 1956) prevede un rapporto 1:10 tra peso del campione da estrarre e peso dell'acqua. Nell'estratto acquoso, si misurano le concentrazioni degli elementi nutritivi solubili e prontamente disponibili per le piante. Queste concentrazioni corrispondono, più o meno, a quelle realmente presenti nella soluzione circolante nel suolo. Nei suoli con pH elevati (pH $> 7,8$), è possibile che, a

causa della ridotta solubilità del P, la disponibilità effettiva di questo elemento nutritivo sia maggiore rispetto a quella rilevata attraverso l'analisi (metodo H₂O10), specialmente in presenza di un'eccedenza di Ca. Il metodo H₂O10 si utilizza per determinare il P solo quando il pH del suolo è compreso tra 5 e 7,8 (Gysi *et al.* 1993; Gysi *et al.* 1997). Per i suoli con pH $< 5,0$ e $> 7,8$, non esiste alcuna scala di interpretazione per il P. I risultati del metodo H₂O10 applicato su questi terreni vanno verificati con l'analisi fogliare. Questi casi, relativamente rari in Svizzera, andrebbero discussi con uno specialista della coltura in questione presso Agroscope.

Attualmente il metodo H₂O10 si impiega soprattutto per le colture speciali, quali: colture orticole, vite, alberi da frutto, piccoli frutti, piante ornamentali, piante aromatiche e piante medicinali, non essendo ancora stato messo a punto per le colture erbacee da pieno campo e le superfici prative. Le tabelle 13, 14 e 15 riportano i fattori di correzione che permettono di adattare la concimazione P, K e Mg al tenore del suolo in questi elementi nutritivi, determinato con il metodo H₂O10 in funzione del tasso d'argilla della terra fine. Per i suoli con tenore in humus superiore o uguale al 10 % bisogna, inoltre, riferirsi alla tabella 9.

Tabella 12. Fattori di correzione della concimazione Mg in funzione del tenore in Mg (metodo CaCl₂) e in argilla della terra fine.
(indice Mg 1 = 10 mg Mg/kg di terra fine)

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.
Per le superfici prative «poco intensive», non si devono applicare fattori di correzione $> 1,0$.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative

mg Mg/kg	Indice Mg	Tenore in argilla della terra fine (%)				
		< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40
0,0–19,9	0,0–1,9	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
20,0–39,9	2,0–3,9	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6
40,0–59,9	4,0–5,9	1,0	1,2	1,4	1,6	1,6
60,0–79,9	6,0–7,9	1,0	1,0	1,2	1,4	1,6
80,0–99,9	8,0–9,9	0,8	1,0	1,0	1,2	1,4
100,0–119,9	10,0–11,9	0,6	0,8	1,0	1,0	1,2
120,0–139,9	12,0–13,9	0,4	0,6	1,0	1,0	1,0
140,0–159,9	14,0–15,9	0,0	0,4	0,8	1,0	1,0
160,0–179,9	16,0–17,9	0,0	0,4	0,6	0,8	1,0
180,0–199,9	18,0–19,9	0,0	0,0	0,4	0,6	0,8
200,0–219,9	20,0–21,9	0,0	0,0	0,4	0,6	0,6
220,0–239,9	22,0–23,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6
240,0–259,9	24,0–25,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
260,0–279,9	26,0–27,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
280,0–299,9	28,0–29,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$\geq 300,0$	$\geq 30,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 13. Fattori di correzione della concimazione P in funzione del tenore in P (mg P/kg di terra fine, metodo H₂O10) e in argilla della terra fine.

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.
Questo metodo dà risultati validi solo in suoli con pH $\geq 5,0$ e $\leq 7,8$.

Colture orticole, alberi da frutto, piccoli frutti, piante aromatiche e piante medicinali**Vite¹**

P-H ₂ O10	Tenore in argilla della terra fine (%); pH $\geq 5,0$ e $\leq 7,8$					P-H ₂ O10	Tenore in argilla della terra fine (%); pH $\geq 5,0$ e $\leq 7,8$				
	< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40		< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40
mg P/kg						mg P/kg					
0,0–1,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	0,0–1,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
2,0–3,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	2,0–3,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2
4,0–5,9	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0	4,0–5,9	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0
6,0–7,9	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8	6,0–7,9	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8
8,0–9,9	1,2	0,8	0,8	0,4	0,4	8,0–9,9	1,2	0,8	0,8	0,0	0,0
10,0–11,9	1,0	0,6	0,6	0,0	0,0	10,0–11,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12,0–13,9	0,8	0,4	0,4	0,0	0,0	12,0–13,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
14,0–15,9	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	$\geq 14,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16,0–17,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0						
18,0–19,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0						
20,0–21,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0						
22,0–23,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0						
$\geq 24,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						

¹ I fattori di correzione sono stati ripresi da «Concimazione in viticoltura» (Spring et al. 2003).

Tabella 14. Fattori di correzione della concimazione K in funzione del tenore in K (mg K/kg di terra fine, metodo H₂O10) e in argilla della terra fine.

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Colture orticole, alberi da frutto, piccoli frutti, piante aromatiche e piante medicinali						Vite ¹					
K-H ₂ O10	Tenore in argilla della terra fine (%)					K-H ₂ O10	Tenore in argilla della terra fine (%)				
mg K/kg	< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40	mg K/kg	< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40
0–4,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0–4,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
5,0–9,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	5,0–9,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
10,0–14,9	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	10,0–14,9	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2
15,0–19,9	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	15,0–19,9	1,3	1,3	1,3	1,0	1,0
20,0–24,9	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	20,0–24,9	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8
25,0–29,9	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	25,0–29,9	1,1	1,1	1,1	0,0	0,0
30,0–34,9	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	30,0–34,9	1,0	1,0	1,0	0,0	0,0
35,0–39,9	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	35,0–39,9	0,9	0,9	0,9	0,0	0,0
40,0–44,9	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0	40,0–44,9	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0
45,0–49,9	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0	$\geq 45,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
50,0–54,9	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0						
55,0–59,9	0,6	0,6	0,6	0,0	0,0						
60,0–64,9	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0						
65,0–69,9	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0						
70,0–74,9	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0						
$\geq 75,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						

¹ I fattori di correzione sono stati ripresi da «Concimazione in viticoltura» (Spring et al. 2003).

Tabella 15. Fattori di correzione della concimazione Mg in funzione del tenore in Mg (mg Mg/kg di terra fine, metodo H₂O10) e in argilla della terra fine.

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Colture orticole, alberi da frutto, piccoli frutti, piante aromatiche e piante medicinali						Vite ¹					
Mg-H ₂ O10	Tenore in argilla della terra fine (%)					Mg-H ₂ O10	Tenore in argilla della terra fine (%)				
mg Mg/kg	< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40	mg Mg/kg	< 10	10–19,9	20–29,9	30–39,9	≥ 40
0,0–4,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0,0–4,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
5,0–9,9	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	5,0–9,9	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
10,0–14,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	10,0–14,9	1,1	1,2	1,2	1,4	1,4
15,0–19,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	15,0–19,9	0,8	1,1	1,1	1,2	1,2
20,0–24,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	20,0–24,9	0,0	1,0	1,0	1,1	1,1
25,0–29,9	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	25,0–29,9	0,0	0,8	0,8	0,9	0,9
30,0–34,9	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	30,0–34,9	0,0	0,0	0,0	0,8	0,8
35,0–39,9	0,0	0,6	0,6	0,8	0,8	$\geq 35,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40,0–44,9	0,0	0,4	0,4	0,6	0,6						
45,0–49,9	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4						
50,0–54,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4						
55,0–59,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4						
$\geq 60,0$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0						

¹ I fattori di correzione sono stati ripresi da «Concimazione in viticoltura» (Spring et al. 2003).

4.4 Correzione della concimazione fosfatica, potassica e magnesica secondo il metodo AAE10

Numerose ricerche, svolte sui processi chimici che avvengono durante l'estrazione con acetato di ammonio + EDTA in rapporto 1:10 (AAE10) (Hons *et al.* 1990; Zbíral 2000), hanno evidenziato come l'andamento dell'estrazione cambi passando da suoli non calcarei e poveri in Ca a suoli calcarei e ben approvvigionati in Ca. Ciò vale in special modo per la determinazione del P (Stünzi, 2006; capitolo 3.3).

Nei suoli non calcarei, l'EDTA complessa la ridotta quantità di Ca^{2+} presente, impedendo la formazione di precipitati di fosfato di Ca. Di conseguenza, il P estratto resta in soluzione. Quando la concentrazione di Ca^{2+} è molto bassa, una quota di EDTA resta libera in soluzione e può solubilizzare dei fosfati metallici supplementari (frazione di riserva). Questa frazione dipende dalla composizione minerale del suolo e, quindi, non si può determinare nell'estratto AAE10. Se si applica il metodo AAE10 a un suolo calcareo, il CaCO_3 si scioglie liberando ioni Ca^{2+} in eccesso nella soluzione. Questi ultimi si legano all'EDTA, che perde la sua capacità di estrarre gli altri elementi nutritivi (Zimmermann 1997). Con l'aumentare del tenore in CaCO_3 del suolo, la solubilità del P nell'estratto AAE10 diminuisce progressivamente. A seconda del campione, può essere ridotta in maniera più o meno decisa (fino a $1/20$).

I processi chimici appena descritti spiegano la mancata corrispondenza tra l'interpretazione dei risultati del metodo CO_2 e quelli del metodo AAE10 (Walther *et al.* 2001; Flisch *et al.* 2009). Come avvenuto per il metodo CO_2 , anche il metodo AAE10 è stato testato attraverso prove in campo aperto (figura 9). Nei suoli non calcarei, i due metodi danno risultati confrontabili per ciò che concerne il rapporto tra tenori in sostanze nutritive del suolo, da un lato, e rese e contenuto di nutrienti delle colture, dall'altro. Nei suoli acidi, con elevati tenori di fosfati di Fe e Al, vi sono alcune incertezze nell'interpretazione del tenore in P nell'estratto AAE10, poiché è impossibile valutare se, e quanti, fosfati metallici minerali siano



Figura 9. Per la cicoria belga, il tenore in K del suolo è essenziale per la produzione di grumoli di qualità. Sia nei suoli poveri in K (a sinistra) sia in quelli ricchi (a destra) la percentuale di grumoli non sufficientemente compatti, quindi invendibili, aumenta rispetto al prodotto che si ottiene da un suolo sufficientemente approvvigionato in K (al centro, classe di fertilità C) (fotografia: René Flisch, Agroscope).

stati liberati durante l'estrazione. In suoli di questo tipo, talvolta, l'estrazione con AAE10 mostra tenori in P non riproducibili. Nei suoli calcarei, le relazioni tra i tenori in P del suolo determinati con i due metodi e la reazione delle piante sono a volte simili (figura 10) e a volte molto diverse. Con l'AAE10, il tenore in P disponibile per le piante può essere sia sottovalutato sia sopravvalutato. Siccome non si può sapere quali siano i processi chimici che avvengono nelle diverse siti durante l'estrazione, l'impiego del metodo AAE10 nei suoli calcarei non permette di ottenere informazioni attendibili per quanto riguarda il fabbisogno in P.

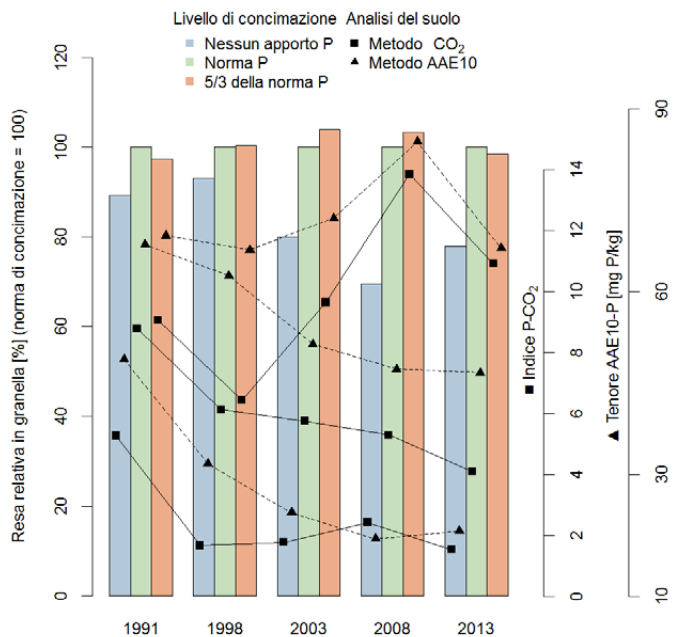


Figura 10. Influenza di differenti livelli di concimazione P (nessun apporto, norma di concimazione, 5/3 della norma di concimazione) sul tenore in P del suolo (metodi CO_2 e AAE10) e sulla resa in granella del frumento. Prova di lunga durata Agroscope, iniziata nel 1989 a Zurigo-Reckenholz. Suolo con il 2 % di humus e il 22 % d'argilla. Concimazione sempre sotto forma minerale (grafico: René Flisch, Agroscope).

La situazione sembra essere la stessa per il Mg, anche se attualmente mancano sufficienti risultati per affermarlo con certezza. Il confronto tra il metodo AAE10 e il metodo CaCl_2 , utilizzato in numerosi Paesi, mostra che, per i suoli calcarei, esistono spesso differenze notevoli relative al tenore di Mg estratto con questi due metodi. Le differenze osservate tra i due metodi non si spiegano né con la concimazione praticata negli anni precedenti né con la struttura aziendale e nemmeno con i tenori in Mg delle piante. I due metodi si differenziano principalmente per il ruolo svolto dall'agente estrattante. L'AAE10, infatti, è in grado di solubilizzare il Mg presente nella dolomia grazie all'elevata concentrazione di acido acetico presente nell'estratto, mentre con il metodo CaCl_2 avviene soltanto uno scambio di ioni.

Le tabelle 16, 17 e 18 riportano i fattori di correzione che permettono di adattare la concimazione P, K e Mg al tenore del suolo in questi elementi nutritivi, determinato con il metodo AAE10 in funzione del tasso d'argilla della terra fine. Per i suoli con tenore in humus superiore o uguale al 10 % bisogna, inoltre, riferirsi alla tabella 9.

Tabella 16. Fattori di correzione della concimazione P in funzione del tenore in P (mg P/kg di terra fine, metodo AAE10) e in argilla della terra fine per suoli non calcarei (test CaCO₃ negativo o pH < 6,8 o Ca-AAE10 < 4'000 mg Ca/kg di terra fine).

Per i suoli con un tenore in humus ≥ 10 %, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Per suoli calcarei (test CaCO₃ positivo o pH ≥ 6,8 o Ca-AAE10 ≥ 4'000 mg Ca/kg di terra fine) i fattori di correzione di questa tabella non sono validi per determinare il tenore in P.

Per le superfici prative permanenti «poco intensive», non si devono applicare fattori di correzione > 1,0.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative				Colture orticole, alberi da frutto, piccoli frutti, piante aromatiche e piante medicinali				Vite ¹									
P-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%); suoli non calcarei				P-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%); suoli non calcarei				P-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%); suoli non calcarei						
	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9		≥ 40	< 10	10-19,9	20-29,9		30-39,9	≥ 40	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40
0-4,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	0-4,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	0-4,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
5,0-9,9	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	5,0-9,9	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	5,0-9,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10,0-14,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2	10,0-14,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	10,0-14,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
15,0-19,9	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	15,0-19,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	15,0-19,9	1,5	1,5	1,5	1,3	1,3
20,0-24,9	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0	20,0-24,9	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	20,0-24,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2
25,0-29,9	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	25,0-29,9	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	25,0-29,9	1,5	1,4	1,4	1,0	1,0
30,0-34,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	30,0-34,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	30,0-34,9	1,5	1,3	1,3	0,9	0,9
35,0-39,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	35,0-39,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0	35,0-39,9	1,5	1,3	1,3	0,8	0,8
40,0-44,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	40,0-44,9	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	40,0-44,9	1,4	1,2	1,2	0,0	0,0
45,0-49,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	45,0-49,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	45,0-49,9	1,4	1,1	1,1	0,0	0,0
50,0-54,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	50,0-54,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	50,0-54,9	1,4	1,0	1,0	0,0	0,0
55,0-59,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	55,0-59,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	55,0-59,9	1,4	1,0	1,0	0,0	0,0
60,0-64,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	60,0-64,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	60,0-64,9	1,3	0,9	0,9	0,0	0,0
65,0-69,9	1,0	0,8	0,8	0,6	0,6	65,0-69,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	65,0-69,9	1,3	0,9	0,9	0,0	0,0
70,0-74,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	70,0-74,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	70,0-74,9	1,3	0,8	0,8	0,0	0,0
75,0-79,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	75,0-79,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	75,0-79,9	1,3	0,8	0,8	0,0	0,0
80,0-84,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	80,0-84,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	80,0-84,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0
85,0-89,9	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	85,0-89,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,4	85,0-89,9	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0
90,0-94,9	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	90,0-94,9	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	90,0-94,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
95,0-99,9	0,6	0,4	0,4	0,4	0,0	95,0-99,9	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	95,0-99,9	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
100,0-104,9	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	100,0-104,9	0,8	0,4	0,4	0,4	0,0	100,0-104,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
105,0-109,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	105,0-109,9	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0	105,0-109,9	0,9	0,0	0,0	0,0	0,0
110,0-114,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	110,0-114,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	110,0-114,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
115,0-119,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	115,0-119,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	115,0-119,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
120,0-124,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	120,0-124,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	120,0-124,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≥ 125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≥ 125,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

¹ I fattori di correzione sono stati ripresi da «Concimazione in viticoltura» (Spring et al. 2003).

Tabella 17. Fattori di correzione della concimazione K in funzione del tenore in K (mg K/kg di terra fine, metodo AAE10) e in argilla della terra fine.

Per i suoli con un tenore in humus $\geq 10\%$, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Per le superfici prative «intensive» e «mediamente intensive», si raccomanda di non applicare un fattore di correzione $> 1,2$ senza prima analizzare il tenore in K nel foraggio.

Se nel foraggio si rilevano più di 25 g K/kg di SS, non si devono applicare fattori di correzione $> 1,0$.

Per le superfici prative «poco intensive», non si devono applicare fattori di correzione $> 1,0$.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative					Colture orticole, alberi da frutto, piccoli frutti, piante aromatiche e piante medicinali					Vite							
K-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%)				K-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%)				K-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%)						
mg K/kg	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40	mg K/kg	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40	mg K/kg	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40
0-19,9	1,5	1,5	1,4	1,4	1,2	0-19,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	0-19,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
20-39,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	20-39,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,2	20-39,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
40-59,9	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	40-59,9	1,4	1,4	1,4	1,2	1,2	40-59,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2
60-79,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0	60-79,9	1,4	1,2	1,2	1,2	1,0	60-79,9	1,5	1,4	1,4	1,2	1,2
80-99,9	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	80-99,9	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	80-99,9	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0
100-119,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	100-119,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	100-119,9	1,4	1,2	1,2	1,0	1,0
120-139,9	1,2	1,0	1,0	1,0	0,8	120-139,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	120-139,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
140-159,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	140-159,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	140-159,9	1,2	1,0	1,0	0,8	0,8
160-179,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	160-179,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	160-179,9	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
180-199,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,6	180-199,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	180-199,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
200-219,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,6	200-219,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	200-219,9	1,0	0,8	0,8	0,0	0,0
220-239,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	220-239,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	220-239,9	0,8	0,8	0,8	0,0	0,0
240-259,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,4	240-259,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	240-259,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
260-279,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,4	260-279,9	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	260-279,9	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0
280-299,9	0,6	0,6	0,6	0,4	0,0	280-299,9	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	280-299,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
300-319,9	0,6	0,6	0,4	0,4	0,0	300-319,9	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	300-319,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
320-339,9	0,6	0,4	0,4	0,0	0,0	320-339,9	0,6	0,4	0,4	0,4	0,0	320-339,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
340-359,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	340-359,9	0,6	0,4	0,4	0,0	0,0	340-359,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
360-379,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	360-379,9	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	360-379,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
380-399,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	380-399,9	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	380-399,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
400-419,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	400-419,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	400-419,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 420	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≥ 420	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≥ 420	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 18. Fattori di correzione della concimazione Mg in funzione del tenore in Mg (mg Mg/kg di terra fine, metodo AAE10) e in argilla della terra fine per suoli non calcarei (test CaCO₃ negativo o pH < 6,8 o Ca-AAE10 < 4'000 mg Ca/kg di terra fine).

Per i suoli con un tenore in humus ≥ 10 %, bisogna correggere il risultato dell'analisi secondo la tabella 9.

Per suoli calcarei (test CaCO₃ positivo o pH ≥ 6,8 o Ca-AAE10 ≥ 4'000 mg Ca/kg) i fattori di correzione di questa tabella non sono validi per determinare il tenore in Mg.

Per le superfici prative permanenti «poco intensive», non si devono applicare fattori di correzione > 1,0.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative				Colture orticole, alberi da frutto, piccoli frutti, piante aromatiche e piante medicinali				Vite ¹									
Mg-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%): suoli non calcarei				Mg-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%): suoli non calcarei				Mg-AAE10	Tenore in argilla della terra fine (%): suoli non calcarei						
mg Mg/kg	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40	mg Mg/kg	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40	mg Mg/kg	< 10	10-19,9	20-29,9	30-39,9	≥ 40
0-24,9	1,2	1,2	1,4	1,5	1,5	0-24,9	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	0-24,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
25-49,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5	25-49,9	1,2	1,4	1,4	1,5	1,5	25-49,9	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5
50-74,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	50-74,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,5	50-74,9	1,2	1,5	1,5	1,5	1,5
75-99,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	75-99,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	75-99,9	1,0	1,4	1,4	1,5	1,5
100-124,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	100-124,9	1,0	1,2	1,2	1,2	1,4	100-124,9	0,8	1,3	1,3	1,4	1,4
125-149,9	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	125-149,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	125-149,9	0,0	1,1	1,2	1,3	1,4
150-174,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	150-174,9	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	150-174,9	0,0	0,9	1,0	1,3	1,3
175-199,9	0,4	0,8	1,0	1,0	1,2	175-199,9	0,6	1,0	1,0	1,0	1,2	175-199,9	0,0	0,8	0,9	1,2	1,3
200-224,9	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	200-224,9	0,6	0,8	1,0	1,0	1,2	200-224,9	0,0	0,0	0,8	1,1	1,2
225-249,9	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	225-249,9	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	225-249,9	0,0	0,0	0,0	1,0	1,1
250-274,9	0,0	0,6	0,6	0,8	1,0	250-274,9	0,4	0,6	0,8	1,0	1,0	250-274,9	0,0	0,0	0,0	0,9	1,0
275-299,9	0,0	0,4	0,6	0,8	1,0	275-299,9	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	275-299,9	0,0	0,0	0,0	0,8	0,9
300-324,9	0,0	0,0	0,4	0,6	0,8	300-324,9	0,4	0,4	0,6	0,8	1,0	300-324,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
325-349,9	0,0	0,0	0,4	0,6	0,8	325-349,9	0,0	0,4	0,6	0,6	0,8	325-349,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
350-374,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	350-374,9	0,0	0,4	0,4	0,6	0,8	350-374,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
375-399,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	375-399,9	0,0	0,0	0,4	0,4	0,6	375-399,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
400-424,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	400-424,9	0,0	0,0	0,0	0,4	0,6	400-424,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
425-449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	425-449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	425-449,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
≥ 450	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≥ 450	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	≥ 450	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

¹ I fattori di correzione sono stati ripresi da «Concimazione in viticoltura» (Spring et al. 2003).

4.5 Determinazione del fabbisogno in concime fosfatico, potassico e magnesiaco

L'analisi del suolo è fondamentale per calcolare il fabbisogno in concime P, K e Mg, perché consente, tra l'altro, di determinare il tenore di questi elementi nutritivi nel suolo e, tramite i fattori di correzione, di adattare la norma di concimazione delle colture, in modo da indirizzare o mantenere lo stato nutrizionale del suolo al livello desiderato (classe di fertilità C). Le modalità di questo processo sono schematizzate nella figura 11.

Con «prelievo in elementi nutritivi» si intende la totalità degli elementi nutritivi assorbiti dalla coltura, compresa la quota di nutrienti localizzata nelle parti di pianta che si potrebbero raccogliere, anche solo potenzialmente. Questa interpretazione è giustificata dal fatto che tutti gli organi della pianta devono essere ben approvvigionati in elementi nutritivi se si vuole che la coltura cresca, si sviluppi e produca in modo soddisfacente. Gli elementi nutri-

tivi destinati alle radici, che rimangono in campo, non vengono considerati in questo contesto. I valori necessari a stabilire il fabbisogno in concime delle diverse colture, espressi in kg/ha, si definiscono norme di concimazione e sono riportati nei moduli delle colture.

4.6 Aspetti particolari della concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca

La **capacità delle piante di prelevare elementi nutritivi** varia da una specie all'altra e dipende dalla struttura e dall'estensione dell'apparato radicale, nonché dalla concentrazione in elementi nutritivi della soluzione circolante. Quest'ultima è, a sua volta, strettamente correlata al tenore in nutrienti del suolo. Ne consegue che il tenore ottimale in elementi nutritivi del suolo si definisce in funzione della specie coltivata.

Il **tenore ottimale in P, K e Mg del suolo** è stato definito per specie vegetali che hanno una capacità da media a buona di

Fabbisogno in concime	=	Norma di concimazione ¹	*	Fattore di correzione
(kg P/ha, kg K/ha, kg Mg/ha)		(kg P/ha, kg K/ha, kg Mg/ha)		(tab. 10–18, capitoli 4.1–4.4)
Soddisfatto da: <ul style="list-style-type: none"> • residui del precedente colturale • concimi aziendali • concimi ottenuti dal riciclaggio • concimi minerali 		Corrisponde ai kg/ha di elementi nutritivi prelevati dalla coltura, calcolati in funzione della sua resa (corretta secondo il potenziale produttivo locale) e del suo tenore in nutrienti (escluse le radici che restano in campo), corretti secondo le caratteristiche specifiche della coltura stessa. (moduli delle colture)		Consente di adattare la norma di concimazione della coltura in modo da indirizzare o mantenere lo stato nutrizionale del suolo al livello desiderato (classe di fertilità C). Il fattore di correzione dipende da: <ul style="list-style-type: none"> • metodo d'analisi • categoria di colture

¹ I moduli delle colture (moduli 8–16) trattano dettagliatamente le norme di concimazione.

Figura 11. Schema per la determinazione del fabbisogno in concime P, K e Mg.



Figura 12. Plantule di mais con carenza di P, evidenziata dalle colorazioni violacee delle foglie e da ritardi nella crescita (a sinistra), confrontate con plantule concimate normalmente su un suolo avente classe di fertilità C (a destra). Le immagini sono contemporanee (fotografia: René Flisch, Agroscope).



Figura 13. I primi sintomi di carenza di K su patata si manifestano attraverso ingiallimento e poi necrosi dei bordi delle foglie più vecchie (fotografia: René Flisch, Agroscope).

prelevare elementi nutritivi. Nel caso di queste colture, la concimazione corrisponde ai prelievi delle piante coltivate. A questo proposito, cereali autunnali e graminacee sono colture capaci di assorbire elementi nutritivi in modo molto efficiente, grazie al loro apparato radicale espanso e fittamente ramificato. Lo stesso dicasi per le piante coltivate dotate di apparato radicale fittonante in grado di penetrare profondamente nel suolo, come la barbabietola, capace di prelevare K anche dagli strati profondi del suolo. In casi simili e in suoli sufficientemente approvvigionati (classe di fertilità C), la concimazione può essere inferiore ai prelievi senza che si verifichino inconvenienti. Invece, le specie a scarso sviluppo radicale (p.es. patata e colture orticole con apparato radicale superficiale) necessitano di una maggior concentrazione di elementi nutritivi nella soluzione circolante del suolo per potersi nutrire adeguatamente. In questi casi, è necessario aumentare temporaneamente la disponibilità di elementi nutritivi. L'eventuale aggiunta di concime va considerata nella pianificazione della concimazione delle colture successive.

I **concimi minerali P** si distribuiscono generalmente prima della lavorazione primaria del suolo oppure prima della preparazione del letto di semina. Per quanto concerne la scelta della forma di P più adatta, si rimanda al capitolo 4.2.2 del modulo 4.

Per evitare il **consumo di lusso di K** da parte di alcune specie foraggere (con il rischio generale di abbassare il tenore in Mg delle piante), gli apporti superiori a 200 kg K_2O/ha vanno suddivisi in due interventi (p.es. al risveglio vegetativo e dopo il secondo sfruttamento stagionale). Nel caso di colture erbacee da pieno campo e colture orticole, gli apporti di K non devono superare i 300 kg K_2O/ha , per non rischiare fenomeni di fitotossicità nelle specie sensibili alla salinità e/o il verificarsi di eccessi di K nelle piante. Qualora siano necessari apporti K maggiori, la soluzione migliore consiste nel distribuire una quota di K sotto forma di concimi aziendali o prima di seminare un sovescio. Nei suoli sabbiosi, la distribuzione di K va fatta alla fine dell'inverno

o all'inizio della primavera, per evitare il trasferimento di una quantità non trascurabile dell'elemento a una profondità irraggiungibile dalle radici. I concimi K adatti alle diverse colture vanno scelti tenendo conto della loro composizione e delle loro caratteristiche, in particolare se sono destinati a specie sensibili al cloro (Cl) (capitolo 4.2.4, modulo 4).

Il Mg è un elemento relativamente mobile nel suolo. Per evitare **perdite di Mg per dilavamento** è opportuno considerare quanto segue: i concimi Mg solubili, sotto forma di solfato di Mg ($MgSO_4$), vanno distribuiti secondo le regole utilizzate per la distribuzione dei concimi N, quando il fabbisogno della coltura è elevato. Per migliorare lo stato nutrizionale del suolo in Mg a medio-lungo termine, bisogna apportare questo elemento, o parte di esso, sotto una forma meno solubile come, per esempio, l'ossido di Mg (MgO) e il carbonato di Mg ($MgCO_3$) presente nella dolomia (capitolo 4.2, modulo 4).

Nelle aziende dedite all'allevamento e ubicate su suoli molto ricchi in elementi nutritivi, le quantità di nutrienti prodotti possono superare, anche di molto, il fabbisogno delle colture. In queste situazioni, di regola, bisognerebbe esportare gli elementi nutritivi in eccesso. L'esportazione di concimi aziendali, per esempio quando lo stato nutrizionale del suolo in P è molto elevato, può però rendere deficitario il bilancio aziendale in altri elementi, come l'N. In tali condizioni, bisogna trovare un compromesso, accettabile sul piano agronomico ed ecologico, tra l'impiego interno di questi concimi e la loro esportazione. Anche se il fattore di correzione per un dato nutriente è inferiore a 0,8, i concimi aziendali ottenuti da foraggi prodotti in azienda si possono distribuire ugualmente, ma il loro apporto non dovrebbe superare l'80% della norma di concimazione. Se, però, tali aziende acquistano foraggio, sia grezzo sia concentrato, il bilancio aziendale degli elementi nutritivi diventa eccedentario e bisogna obbligatoriamente esportare questi ultimi attraverso la cessione di concimi aziendali.

Il programma informatico HODUFLU (UFAG 2012), previsto dalla legge sull'agricoltura, consente di gestire efficacemente gli scambi interaziendali di concimi aziendali e ottenuti dal riciclaggio.

4.7 Altri elementi nutritivi (macro- e microelementi)

4.7.1 Azoto

La determinazione dell'N minerale del suolo (N_{min}) consente di ottimizzare la concimazione N, in particolare per le colture erbacee da pieno campo e per le colture orticole. La valutazione del tenore in N_{min} del suolo in rapporto allo stadio di sviluppo della coltura è descritta nei moduli dedicati alle diverse categorie di colture. Il metodo N_{min} può essere utile anche per affrontare problemi di natura ecologica, come per esempio la valutazione della quantità di N_{min} che permane nel suolo in autunno ed è suscettibile di dilavamento. Il metodo non è adatto, invece, per verificare, dopo una concimazione o dopo il raccolto, l'adeguatezza della concimazione N appena eseguita.



Figura 14. Carezza di S su cavolo rapa (le piante al centro dell'immagine non hanno ricevuto S). La distribuzione di concimi P, K e Mg contenenti SO_4^{2-} aiuta a prevenire la carezza in S (fotografia: Hanspeter Buser, Agroscope).

4.7.2 Zolfo

In tutta l'Europa occidentale, la quantità di S presente nell'atmosfera si è sensibilmente ridotta in seguito all'impiego di combustibili poveri di questo elemento. Fino agli anni '80, invece, la quantità di S che ricadeva al suolo con le precipitazioni (30–50 kg S/ha, a volte fino a 100 kg S/ha) era sufficiente a coprire gran parte del fabbisogno delle piante, anche di quelle più esigenti. Secondo diverse fonti, oggi, la quantità annuale di S apportata dalle precipitazioni si situa, in molte regioni, al di sotto di 10 kg S/ha.

Attualmente, la principale fonte naturale di S per le piante è rappresentata dalla sostanza organica del suolo. Il rifornimento del suolo in S organico avviene attraverso residui colturali, concimi aziendali e concimi ottenuti dal riciclaggio.

Oggi, non è raro osservare sintomi di carezza in colture molto esigenti in S, come: colza, diverse specie di cavolo, leguminose e alcune liliacee (cipolle e porri), nonostante esso sia nominalmente presente in quantità sufficiente nel terreno. Ciò è dovuto alla sua inclusione nella sostanza organica, che va prima mineralizzata per renderlo disponibile per le piante. In questo ambito, la dinamica dello S è analoga a quella dell'N. La mineralizzazione della sostanza organica del suolo libera ioni solfato (SO_4^{2-}) che, nel suolo, si comportano in maniera simile agli ioni nitrato (NO_3^-) e sono altrettanto suscettibili di dilavamento.

L'esperienza ha mostrato che le colture molto esigenti in S vivono il loro periodo critico per questo elemento in primavera, perché nelle regioni molto piovose (situazione diffusa in Svizzera) gran parte del SO_4^{2-} disponibile ancora presente nel suolo alla fine dell'autunno precedente, migra in profondità, dove non è più raggiungibile dalle

Tabella 19. Parametri per la valutazione (punteggio) della disponibilità di S del suolo.

Parametro	Valutazione	Influenza sulla disponibilità di S del suolo (punteggio)
Tenore in humus del suolo (%)	< 2	1
	2–5	3
	> 5	5
Tenore in argilla del suolo (%)	< 10	1
	10–20	2
	20–30	3
	> 30	5
Scheletro (% volume)	> 30	1
	10–30	3
	< 10	5
Profondità utile del suolo (cm)	10–30	1
	31–70	5
	> 70	7
Precipitazioni dall'ottobre precedente a marzo (mm)	> 540	1
	370–540	3
	< 370	5
Impiego di concimi aziendali	mai	1
	meno di una volta ogni 3 anni	3
	almeno una volta ogni 3 anni	5
Differenza tra concimazione N effettiva e prevista ¹	supplemento > 40 kg N/ha	1
	dose prevista +/- 40 kg N/ha	3
	riduzione > 40 kg N/ha	5

¹ La concimazione N si determina con il metodo di stima oppure con il metodo N_{min} (moduli delle colture).

Tabella 20. Fattori di correzione della concimazione S in base alla disponibilità in S del suolo e al fabbisogno (prelievo) della coltura.

Fabbisogno della coltura in S ¹	Valutazione della disponibilità in S del suolo (somma punteggi tab. 19)	Fattore di correzione per il fabbisogno in S della coltura ¹
Culture molto esigenti: > 60 kg S/ha		
p.es. colza, leguminose, diverse specie di cavolo, sedano	< 15	0,75
	15–23	0,50
	> 23	0,25 ²
Culture mediamente esigenti: da 25 a 60 kg S/ha		
p.es. cereali, barbabietola da foraggio e da zucchero, mais, pisello, fagiolino, colture foraggere, asparago, cipolla	< 14	0,70
	14–20	0,50
	> 20	0
Culture poco esigenti: < 25 kg S/ha		
p.es. patata, diverse specie d'insalata	< 13	0,5
	13–18	0
	> 18	0

¹ I prelievi (fabbisogni) in S delle singole colture sono riportati nei moduli delle colture oppure si possono richiedere agli specialisti di Agroscope.

² Solo nel caso in cui si distribuiscano concimi organici contenenti S (p.es. concimi aziendali) meno di una volta ogni tre anni.

radici delle colture. Inoltre, alla ripresa vegetativa primaverile, la mineralizzazione della sostanza organica inizia in ritardo a causa delle basse temperature e limita la liberazione di S disponibile per le colture che non ne trovano a sufficienza.

Se non si tiene conto del caso particolare costituito dai suoli poveri in humus, si osserva che le carenze di S in estate e fino all'inizio dell'autunno sono piuttosto rare, anche nelle colture esigenti, perché le temperature più elevate favoriscono la liberazione continua di SO_4^{2-} attraverso la mineralizzazione della sostanza organica. Si possono verificare carenze temporanee durante, o subito dopo, periodi di abbondanti precipitazioni.

Diverse prove di concimazione hanno mostrato che una carenza di S (figura 14) in periodi colturali critici si può compensare efficacemente distribuendo concimi P, K e Mg contenenti SO_4^{2-} (superfosfato, solfato di K $[\text{K}_2\text{SO}_4]$, Patentkali, ecc.). Sono efficaci anche gli apporti di N sotto forma di solfato ammonico ($[\text{NH}_4]_2\text{SO}_4$).

La pianta assorbe S sotto forma di SO_4^{2-} , perciò si potrebbe pensare di determinare la disponibilità di SO_4^{2-} del suolo nell'estratto dei campioni utilizzati per dosare l' N_{min} (metodo S_{min}). Tuttavia, secondo esperimenti condotti in Germania, la determinazione dello S_{min} è nettamente meno affidabile di quella dell' N_{min} .

La quantità potenziale di S disponibile si può valutare con sufficiente precisione tenendo conto contemporaneamente dell'effetto di diversi parametri relativi all'ubicazione e alla modalità di conduzione dell'azienda. Tra questi ci sono: il contenuto del suolo in humus, argilla e scheletro, la profondità utile del suolo, le precipitazioni invernali e primaverili, la frequenza delle distribuzioni di concimi aziendali e le quantità di concimi N distribuiti (tabella 19). Il fabbisogno in concime S si può stabilire tenendo conto del fabbisogno della coltura (moduli delle colture) e della quantità stimata di S disponibile nel suolo (tabella 20) (Pellet *et al.* 2003a e 2003b).

4.7.3 Microelementi

La carenza di microelementi si può verificare in presenza di colture che forniscono rese elevate in suoli e condizioni colturali particolari. In situazioni eccezionali (colture particolarmente esigenti, rischio di carenza accresciuto), può essere necessario determinare il tenore in microelementi del suolo, in particolare B e Mn.

Rispetto agli elementi nutritivi principali (macroelementi), le piante assorbono i microelementi in piccole quantità, anche se esistono differenze notevoli tra un microelemento e l'altro. Il Fe si colloca in prima posizione tra i microelementi, perché le piante possono esportarne fino a 1 kg/ha con il raccolto. Seguono Mn, B, Zn e Mo, che vengono assorbiti dalla maggior parte delle piante in ragione di qualche g per ha. Questi valori sono soltanto indicativi in quanto i fabbisogni effettivi variano molto da una coltura all'altra.

I suoli sabbiosi e quelli molto ricchi di humus (torbosi), per loro natura, contengono pochi microelementi. Tutti gli altri tipi di suolo coltivabili, generalmente, ne contengono in quantità sufficiente per soddisfare le esigenze delle colture. Tuttavia, la disponibilità di microelementi può venire sensibilmente ridotta da condizioni, quali: pH sfavorevole, compattamento del suolo, ristagno idrico e siccità.

La disponibilità di microelementi si può migliorare con una lavorazione del suolo sostenibile, un'irrigazione adeguata e una modifica del pH mediante concimazione mirata. La distribuzione di concimi in grado di influenzare il pH del suolo, come la calcitazione, per quanto possibile, permette di stabilizzare il pH attorno a un valore ottimale (capitolo 5).

Nei casi di carenza temporanea, la distribuzione di microelementi si esegue principalmente per via fogliare. Non bisogna dimenticare che, per quanto concerne i microelementi, tra carenza ed eccesso intercorre una differenza minima, tanto che un'applicazione inopportuna può generare una disponibilità eccessiva di questi nutrienti, dannosa per le piante sensibili.

Una carenza di B e Mn dovuta al dilavamento o all'immobilizzazione di questi microelementi è possibile nei suoli sabbiosi irrigui, nei suoli molto alcalini o molto acidi e in quelli ricchi in humus. La maggior parte dei concimi completi impiegati in viticoltura contiene B per limitare i rischi di carenza (figura 15). In talune situazioni speciali, la concimazione con B o Mn è indispensabile. Nel caso delle colture esigenti in B (barbabietola, colza, girasole, vite), si raccomandano apporti dell'ordine di 1,5–2 kg/ha. Si ricorda che calcitazioni inopportune possono ostacolare seriamente l'assorbimento di B e Mn da parte delle colture. La tabella 21 fornisce informazioni sull'interpretazione dei risultati dell'analisi del suolo per definire la necessità di apporti mirati di B o Mn, tenendo conto del tenore in humus, del pH e del fabbisogno delle colture.

Tranne nel caso di B e Mn, la concimazione con microelementi ha senso solo in condizioni produttive e pedologiche molto particolari. Le analisi del suolo che riguardano altri microelementi, perciò, si giustificano solo in via ecce-



Figura 15. La carenza di B (p.es. dopo una calcitazione eccessiva) favorisce il marciume del cuore della barbabietola (fotografia: René Flisch, Agroscope).

Tabella 21. Concimazione con B e Mn in funzione dei risultati delle analisi del suolo, del tipo di suolo e del fabbisogno delle colture (la tabella 6 riporta il metodo d'analisi).

Elemento nutritivo	Tenore del suolo (mg/kg)		Valutazione		Tenore in humus < 10 %		Tenore in humus ≥ 10 %			
					Colture poco esigenti	Colture esigenti ¹	Suoli da acidi a leggermente acidi		Suoli da neutri ad alcalini	
							Colture poco esigenti	Colture esigenti ¹	Colture poco esigenti	Colture esigenti ¹
Boro (B)	< 0,6		povero	A	1,5–2,0 kg B/ha*	2,5–3,0 kg B/ha*	1,5–2,0 kg B/ha*	2,5–3,0 kg B/ha*	1,5–2,0 kg B/ha*	2,5–3,0 kg B/ha*
	0,6–1,5		moderato	B	–	1,5–2,0 kg B/ha*	–	2,0–2,5 kg B/ha*	–	2,0–2,5 kg B/ha*
	1,6–2,0		sufficiente	C	–	1,0 kg B/ha*	–	1,0 kg B/ha*	–	1,0 kg B/ha*
	2,1–5,0		ricco	D	–	–	–	–	–	–
	> 5,0		molto ricco	E	–	–	–	–	–	–
Manganese (Mn)	Scambiable	Facilmente riducibile								
	< 2		povero	A	20–40 kg Mn/ha*	30–50 kg Mn/ha*	30–50 kg Mn/ha*	40–60 kg Mn/ha*	10–15 kg/ha solfato di manganese ²	
	> 2	< 50	moderato	B	20–40 kg Mn/ha*	20–40 kg Mn/ha*	20–40 kg Mn/ha*	20–40 kg Mn/ha*	10–15 kg/ha solfato di manganese ²	
	> 2	> 50	sufficiente	C	–	–	–	–	–	–

¹ B: barbabietola, colza, girasole, sedano, vite, pomacee, drupacee; Mn: cereali, leguminose, spinacio, barbabietola, pomacee, drupacee.

² In queste condizioni, la concimazione al suolo con manganese non è efficace; in alternativa, si consiglia la concimazione fogliare con 600–1'000 l d'acqua/ha, ripetendo le applicazioni e sostituendo eventualmente il solfato di manganese con altri prodotti specifici contenenti manganese (attenzione a rispettare dosi e prescrizioni d'utilizzo).

* Concimazione al suolo: il B si può distribuire sotto forma di borace, nebulizzato sotto forma di acido borico (sul suolo!) oppure sparso sotto forma di concimi completi che ne contengono a sufficienza.

zionale e si dovrebbero prima discutere con il servizio di consulenza agricola oppure con Agroscope.

5. Ammendamento calcareo

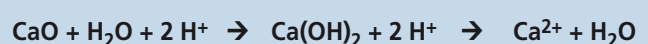
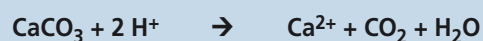
Il tenore in calcare è una caratteristica del suolo da tenere in considerazione se si vuole praticare un'agricoltura sostenibile che rispetti il territorio. Il quantitativo di CaCO₃ presente è fortemente influenzato dalla roccia madre che ha originato il suolo, dall'andamento delle precipitazioni e dal tipo di gestione agricola (capitolo 2.4).

Le perdite di calcare del suolo sono principalmente dovute a fenomeni di dilavamento, al fabbisogno intrinseco del suolo per la sua neutralizzazione e ai prelievi di Ca da parte delle colture. Le perdite annuali possono raggiungere diverse centinaia di chili di CaCO₃ per ettaro. Queste perdite si possono generalmente compensare attraverso gli apporti calcarei contenuti nei concimi aziendali, nei concimi ottenuti dal riciclaggio e nei concimi minerali, oppure tramite modesti apporti sporadici di ammendanti calcarei (calcitazioni di mantenimento). Per aumentare il tenore calcareo di suoli più o meno acidi, bisogna, invece, eseguire calcitazioni di correzione. La quantità e la frequenza delle calcitazioni dipendono dal tipo di suolo, dal suo pH,

e dal suo tasso di saturazione in basi (SB). È importante ricordare che gli ammendanti calcarei aumentano il pH del suolo e possono, dunque, modificare la disponibilità degli elementi nutritivi per le piante.

Gli ammendanti calcarei sono sostanze a effetto alcalinizzante che fanno diminuire la concentrazione di ioni idrogeno (H⁺) del suolo e aumentare sia il suo pH sia la presenza di ioni Ca²⁺ e Mg²⁺. L'ossido di Ca (CaO), o calce viva, e l'idrossido di Ca (Ca(OH)₂), o calce spenta, così come i carbonati di Ca e Mg (CaCO₃ e MgCO₃), possiedono queste proprietà. Secondo le convenzioni internazionali, il potere neutralizzante di queste molecole è espresso in equivalenti di CaO. L'effetto neutralizzante è svolto dal CaCO₃ e dall'Ca(OH)₂, che si forma nel suolo a partire da CaO.

Formule di sintesi relative all'effetto neutralizzante degli ammendanti calcarei:



Il gesso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) non è un ammendante calcareo (non modifica il pH del suolo), bensì un concime contenente S e Ca.

5.1 Determinazione dell'entità della calcitazione in funzione del pH del suolo

Il $\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ del suolo può dare indicazioni di massima sulla necessità di effettuare la calcitazione e sulla quantità di ammendante calcareo da distribuire (tabella 22). Occorre tenere conto che il fabbisogno calcareo del suolo cresce con l'aumentare del suo tenore in argilla e diminuisce con il crescere del suo tenore in humus.

Per stimare la necessità della calcitazione di mantenimento, può essere utile valutare, unitamente alle esigenze

nutritive delle colture, l'effetto dei concimi minerali distribuiti sul tenore in calcare del suolo. Il grado di acidificazione o di alcalinizzazione teorico (E) di un concime, espresso in kg di CaO, si può calcolare con la formula di Sluijsmans (1970):

$$E \text{ (kg CaO)} = 1,0 \times \text{CaO} + 1,4 \times \text{MgO} + 0,6 \times \text{K}_2\text{O} + 0,9 \times \text{Na}_2\text{O} - 0,4 \times \text{P}_2\text{O}_5 - 0,7 \times \text{SO}_3 - 0,8 \times \text{Cl} - n \times \text{N}$$

(n = 0,8 per le superfici prative permanenti e 1,0 per le terre aperte)

Un E di segno positivo indica un effetto alcalinizzante, mentre un E di segno negativo indica un effetto acidificante.

Tabella 22. Valutazione di massima della quantità di ammendante calcareo da distribuire in funzione del pH del suolo, del suo tenore in argilla e della sua utilizzazione (i valori sono espressi in q di CaO equivalenti).

Tenori in argilla e humus	$\text{pH}_{(\text{H}_2\text{O})}$ del suolo	Calcitazione di correzione ¹		Calcitazione di mantenimento	
		q CaO/ha		q CaO/ha ogni 4-5 anni	q CaO/ha e anno
		Colture erbacee e colture orticole da pieno campo, vite, alberi da frutto	Superfici prative permanenti	Superfici prative permanenti	Alberi da frutto
< 10 % d'argilla	< 5,3	20	10	–	2,5–3,0
	5,3–5,8	15	7,5 ²	5–7 ³	1,0–2,5
	5,9–6,2	10	5 ²	5–7 ³	0,5–1,0
	> 6,2	0	0	–	0–0,75
10–20 % d'argilla	< 5,3	25	12,5	–	3,0–4,0
	5,3–5,8	20	10	6–9 ³	1,5–2,5
	5,9–6,2	15	7,5	6–9 ³	0,75–1,25
	> 6,2	0	0	–	0–1,0
20–30 % d'argilla	< 5,3	30	15	–	3,5–4,25
	5,3–5,8	25	12,5 ²	8–10 ³	2,5–3,5
	5,9–6,2	20	10 ²	8–10 ³	1,0–1,5
	> 6,2	0	0	–	0–1,25
> 30 % d'argilla	< 5,3	35	20	–	5–6
	5,3–5,8	30	17,5 ²	9–12 ²	2–5
	5,9–6,7	25	15 ²	9–12 ²	1–2
	> 6,7	0	0	–	0–1,5
≥ 10 % di humus		0	0	–	–

¹ In foraggicoltura occorre tener conto della composizione botanica e delle piante foraggere adattate alle condizioni ambientali locali. In frutticoltura, per determinare la calcitazione, non si considera più il tenore in Ca dell'estratto AAE10 (Bertschinger *et al.* 2003); lo scopo della calcitazione è quello di modificare il pH (ioni H^+) e non il tenore in Ca del suolo.

² Di norma è sufficiente una calcitazione ogni 4–5 anni.

³ Si raccomanda una calcitazione di mantenimento se si nota un calo progressivo del pH.

5.2 Determinazione dell'entità della calcitazione in funzione della capacità di scambio cationico e del tasso di saturazione in basi del suolo

I colloidi argillosi e la sostanza organica del suolo adsorbono i cationi della soluzione circolante sulla loro superficie caricata negativamente. Quando la concentrazione di cationi nella soluzione circolante diminuisce, il complesso argillo-umico cede parte degli elementi nutritivi adsorbiti, che entrano in soluzione e diventano disponibili per le piante.

Il SB rappresenta la percentuale di CSC occupata dai cationi a reazione basica (Ca_2^+ , Mg_2^+ , K^+ , Na^+). Più il SB è basso, maggiore è la concentrazione di H^+ nella soluzione circolante e, conseguentemente, il grado di acidità del suolo; il che va considerato per calcolare l'entità della calcitazione necessaria.

Ne consegue che conoscere la CSC e il SB del suolo è fondamentale per correggerne l'acidità in modo mirato. Le tabelle 23 e 24 consentono di calcolare la quantità di ammendante calcareo da distribuire in funzione della CSC, del SB e del tipo di utilizzazione agricola praticata (Walther *et al.* 1987; Collaud *et al.* 1990). In generale, un ammendamento calcareo può essere necessario se il tasso di saturazione in basi è inferiore al 50 % per le superfici prative permanenti e al 60 % per tutte le altre colture.

Tabella 23. Valutazione del tenore in calcare del suolo in funzione del tasso di saturazione in basi (SB) e del tipo di gestione agricola.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative temporanee	SB (%)		Valutazione del tenore in calcare del suolo	Classe di fertilità
	Superfici prative permanenti	Vite, alberi da frutto		
< 40	< 30	< 40	molto povero	A
40–49	30–39	40–49	povero	A
50–59	40–49	50–59	moderato	B
60–79	50–79	60–79	sufficiente	C
≥ 80	≥ 80	≥ 80	ricco	D

Tabella 24. Determinazione della quantità di ammendante calcareo da distribuire in funzione della CSC e del SB del suolo (i valori sono espressi in q di CaO equivalenti).

I valori riportati nella tabella sono calcolati per modificare il pH nei primi 20 cm di profondità del suolo. Per ammendamenti a profondità maggiori (p.es. all'impianto di un nuovo frutteto o vigneto), le quantità vanno adattate di conseguenza. La tabella 14 del modulo 4 riporta i fattori di conversione in q di CaO equivalenti di diversi ammendanti calcarei.

Colture erbacee da pieno campo e superfici prative temporanee	SB (%)		Calcitazione (q CaO/ha) in funzione della CSC (cmol+/100 g di terra fine) ¹			
	Superfici prative permanenti	Vite, alberi da frutto	< 10	10–14,9	15–19,9	≥ 20
≥ 60	≥ 50	≥ 60	0	0	0	0
50–59	40–49	50–59	7,3	12,5	15,5	20,0 ²
40–49	30–39	40–49	10,0	19,0	21,5 ²	28,0 ²
< 40	< 30	< 40	13,0	24,5 ²	27,5 ²	36,0 ²

¹ Unità desueta: meq/100 g di terra; i valori non cambiano comunque.

² Frazionare la calcitazione in 2–3 distribuzioni ad intervalli di 2–4 anni; prima di ogni nuova distribuzione, si raccomanda di verificare il pH del suolo.

5.3 Consigli pratici

5.3.1 Colture erbacee da pieno campo

In campicoltura, i valori ottimali di pH del suolo si situano in un intervallo relativamente ampio, tra acido e leggermente alcalino. Se è necessario eseguire un ammendamento calcareo, bisogna procedere prima di una coltura calciofila o perlomeno in grado di sopportare la calcitazione senza subire danni. È preferibile distribuire frequentemente piccole quantità di ammendanti calcarei piuttosto che un'unica dose massiccia, al fine di evitare il rischio d'immobilizzazione dei microelementi e/o di sottoporre le colture sensibili a uno «shock calcareo».

Con valori di pH superiori a 6,2, gli ammendamenti calcarei possono comportare dei rischi. Pertanto, si devono eseguire solo in via eccezionale e in quantità limitata (al massimo 10–15 q/ha di CaO). Le rotazioni colturali che includono la patata sono particolarmente sensibili all'eccessiva distribuzione di ammendanti calcarei, che possono causare notevoli cali di resa senza che si manifestino sintomi di carenze visibili durante la vegetazione. In questi casi, si deve rinunciare all'ammendamento calcareo.

5.3.2 Superfici prative

Per le superfici prative permanenti, i valori ottimali di pH del suolo sono generalmente inferiori a quelli visti per le colture erbacee da pieno campo. La maggior parte delle piante di buon valore foraggero cresce meglio in suoli da leggermente acidi ad acidi (pH_(H₂O) 5,5–6,7). In questo intervallo di valori, la disponibilità della maggior parte degli elementi nutritivi è buona. Nelle nostre condizioni climatiche, i suoli tendono verso una costante acidificazione. La velocità di questo processo dipende dalle condizioni pedoclimatiche locali e dal tipo di concimazione praticata. Queste considerazioni valgono anche per le superfici prative (Jeangros 2008), il cui pH andrebbe verificato regolarmente. Se il pH del suolo scende al di sotto di 5,5 (6,5 per l'erba medica), la crescita delle leguminose rallenta, così come la quantità di azoto atmosferico fissata dai batteri simbiotici delle loro radici. Ciò può comportare un calo di resa. Per contrastare questa acidificazione naturale, si racco-

manda di utilizzare regolarmente concimi N, P e/o Mg con effetto alcalinizzante o di distribuire regolarmente quantità moderate di ammendanti calcarei (tabella 22).

Se il pH del suolo scende al di sotto di 5,5 e la composizione botanica del prato non è ottimale (p.es. la presenza di leguminose è insufficiente), si può optare per una calcitazione di correzione, tenendo conto della CSC e del SB del suolo (tabelle 23 e 24). In tali situazioni, la calcitazione può avere un effetto positivo sulla percentuale di leguminose o di altre buone piante foraggere. Le quantità superiori a 15 q/ha di CaO si devono ripartire in più apporti a intervalli di due anni. Il tenore in Ca del foraggio non permette di stimare il grado di acidità del suolo e nemmeno il suo fabbisogno in ammendante calcareo, in quanto dipende fortemente dalla composizione botanica della cotica erbosa.

In foraggicoltura, se il pH è superiore a 5,5 oppure se la composizione botanica è equilibrata nonostante pH inferiori a 5,5, non è necessario ricorrere ad ammendanti calcarei. Diverse serie di prove hanno dimostrato che, spesso, dopo la calcitazione di suoli con pH superiore a 5,5 non si manifesta alcun aumento significativo della resa in foraggio (Schechter 1993; Fabre e Kockmann 2006; Huguenin-Elie *et al.* 2015). Calcitazioni eccessive possono addirittura causare una diminuzione della disponibilità di elementi nutritivi, specialmente a partire da un pH del suolo superiore a 7,0.

Prima di correggere il pH su una superficie prativa, si raccomanda di valutare attentamente le aspettative in funzione delle situazioni descritte qui di seguito.

- Nelle zone caratterizzate da condizioni climatiche sfavorevoli per lo sviluppo delle piante foraggere, mancano le buone graminacee necessarie per gestire prati e pascoli intensivamente e la produzione di foraggio subisce forti limitazioni a causa di: temperatura, piovosità, periodo vegetativo e durata dell'innevamento. Le graminacee che crescono in tali condizioni vanno gestite in modo meno intensivo e producono meno. Ne consegue che il loro fabbisogno in elementi nutritivi è minore. Più le condizioni climatiche sono difficili, più bisogna valutare criticamente le aspettative riposte nell'ammendamento calcareo.
- Una composizione botanica degradata a causa di errori di gestione, quali: concimazione eccessiva, sfruttamento troppo intensivo o compattamento del suolo non si può migliorare con la calcitazione. In superfici prative permanenti, situate su suoli da leggermente acidi ad acidi e gestite intensivamente, la calcitazione non consente, da sola, di ridurre eventuali popolazioni di ranuncolo acre e ranuncolo strisciante ben radicate (Huguenin-Elie *et al.* 2015).

5.3.3 Colture orticole, piccoli frutti annuali, piante aromatiche e medicinali

Questi gruppi di colture necessitano di un buono stato nutrizionale del suolo in P e in microelementi. Generalmente, la disponibilità di questi elementi nutritivi è ottimale con valori di pH compresi tra 6,0 e 7,0 (figura 2).

Nei suoli alcalini, una quota consistente del P è immobilizzata sotto forma di fosfati di Ca poco solubili. L'aumento del pH provoca la diminuzione della disponibilità di Fe, Mn, B, Zn e rame (Cu) e, al contrario, un incremento della disponibilità di Mo. L'acidificazione del suolo aumenta nettamente la solubilità di Mn e Al, cui può far seguito la comparsa di sintomi di fitotossicità, in particolare nei suoli soggetti al ristagno idrico, soprattutto sugli ortaggi molto sensibili come le insalate (Neuweiler 2011).

Una calcitazione di mantenimento a dosi ridotte, effettuata prima dell'impianto di una coltura intercalare o prima dell'installazione di specie calciofile come i cavoli, permette di evitare rischi per le colture più sensibili dovuti al momentaneo aumento del pH.

Nel caso dei piccoli frutti, delle piante aromatiche e di quelle medicinali, le esigenze in fatto di pH e di tenore in Ca del suolo sono diverse a seconda della specie, soprattutto se si vogliono ottenere resa e qualità del prodotto soddisfacenti (Carlen 2007). La scelta di un ambiente di coltivazione adatto è più opportuna della correzione del pH.

5.3.4 Vite

In viticoltura è raccomandata la calcitazione quando il pH è inferiore a 5,9. Se il pH è compreso tra 5,9 e 6,5, una calcitazione può essere presa in considerazione ma, molto spesso, è sufficiente effettuare la concimazione annuale con concimi a reazione alcalina. Questa soluzione è valida anche se il pH del suolo è compreso tra 6,5 e 7,0 in particolare se le misurazioni periodiche di questo parametro mostrano una tendenza verso il basso. Numerosi suoli viticoli a nord delle Alpi hanno pH superiore a 7,0. In queste situazioni, non si raccomandano né le calcitazioni né l'impiego di concimi a reazione alcalina.

In caso di reimpianto, può essere opportuno correggere il pH del sottosuolo. Questo intervento può richiedere importanti quantità di ammendante calcareo, preferibilmente a granulometria grossolana. L'ammendante si deve incorporare ad almeno 30–40 cm di profondità, meglio se durante le operazioni di scasso, in modo da evitare squilibri nutrizionali negli strati superficiali del suolo una volta impiantata la coltura. Se la situazione giustifica una calcitazione abbondante, non bisogna comunque incorporare nel suolo più di 20 q di CaO per ha, macinato molto grossolanamente e ripartito su 2–4 anni.

La calcitazione si può effettuare sulla base del valore di pH del suolo; un modo di procedere semplice, ma relativamente poco preciso (tabella 22). Per la scelta del tipo d'ammendante si rimanda alle considerazioni di cui sopra.

La scelta del portinnesto più adatto richiede la conoscenza del tenore in calcare del suolo, poiché ne esistono di molto diversi per quanto riguarda la tolleranza a questa caratteristica del suolo. All'estero, si ricorre spesso alla determinazione del calcare attivo nelle frazioni argillosa e siltosa piuttosto che alla determinazione del calcare totale.

5.3.5 Alberi da frutto

In frutticoltura, un pH del suolo compreso tra 6,0 e 7,5 è ideale. Il pH è un parametro importante, perché influenza l'attività biologica e la disponibilità della maggior parte degli elementi nutritivi del suolo. L'aumento del pH si può raggiungere con la calcitazione, mentre la sua riduzione, ben più difficile, può essere favorita dalla trinciatura dell'erba dell'interfila o impiegando concimi a reazione acida.

Le dosi annuali di ammendante calcareo indicate nella tabella 22 corrispondono a dosi di mantenimento. La calcitazione correttiva richiede apporti nettamente superiori, che devono essere calcolati tenendo conto della CSC e della SB. In questo caso, si raccomanda di rivolgersi ad un esperto.

Siccome la calcitazione può influenzare negativamente la disponibilità di alcuni microelementi, o essere la causa di fenomeni di antagonismo tra elementi nutritivi, la necessità di questo intervento deve essere ben valutata in ogni singola situazione. In ogni caso, vanno evitati apporti eccessivi.

5.3.6 Piccoli frutti

Per la maggior parte dei piccoli frutti il pH ideale è compreso tra 6,0 e 7,5. In caso di pH più elevato, esiste il rischio di clorosi a causa dell'assorbimento insufficiente di Fe e Mn. Il mirtillo costituisce un'eccezione, perché necessita di un suolo con pH compreso tra 4,0 e 5,0 e ricco di humus. Il mirtillo può essere coltivato anche in suoli con pH tra 6,0 e 6,5 a patto che non siano suoli calcarei. Questi suoli sono rari in Svizzera, tranne in Ticino. Nei casi in cui il pH del suolo non fosse adatto alla coltivazione del mirtillo, un ammendamento risulterebbe comunque molto costoso.

6. Fertilità del suolo e gestione dell'humus

6.1 Fertilità del suolo

Mantenere e migliorare la fertilità del suolo sono due obiettivi importanti della concimazione. Per tale motivo, questo capitolo è dedicato al rapporto tra concimazione e fertilità del suolo, con un occhio di riguardo alla gestione dell'humus. La legislazione svizzera (Osuolo 1998) definisce i criteri di base per dare un giudizio sulla fertilità del suolo. Un suolo è considerato fertile se:

- possiede una biocenosi biologicamente attiva, una struttura, una composizione e uno spessore tipici per la sua posizione, nonché una capacità di decomposizione intatta;
- permette la crescita e lo sviluppo normali o influenzati dall'uomo di piante e associazioni vegetali, naturali o coltivate, e non pregiudica le loro caratteristiche;
- permette una produzione vegetale di buona qualità, che non mette in pericolo la salute dell'uomo e degli animali;
- non mette in pericolo la salute dell'uomo e degli animali che lo ingeriscono direttamente.

Il campo d'applicazione di questa definizione è vasto e non copre soltanto i suoli coltivati, ma anche quelli dei biotopi naturali.

Per stimare la fertilità del suolo, si procede generalmente a una valutazione delle sue diverse funzioni. In sintesi, un suolo è considerato fertile se le sue funzioni corrispondono alle condizioni ambientali locali.

6.2 Funzioni e proprietà del suolo

In «Ein Bodenkonzept für die Landwirtschaft in der Schweiz» (Candinas *et al.* 2002) si descrivono funzioni e proprietà del suolo, nonché le basi necessarie per valutare il suo utilizzo sostenibile.

Ad eccezione della diversità del paesaggio e delle superfici edificate, le funzioni del suolo (riserva idrica, accumulo di calore, scorta di sostanze diverse, effetto filtrante, stoccaggio di CO₂, ecc.) sono associate a una o più delle sue proprietà fisiche, chimiche e biologiche. Le variazioni di una o l'altra di queste caratteristiche possono influenzare direttamente, o indirettamente, le funzioni del suolo a livelli diversi. Per questa ragione, la conoscenza delle relazioni tra proprietà e funzioni del suolo sta alla base di tutti gli interventi che mirano al mantenimento, o al miglioramento, della sua qualità. Le importanti funzioni del suolo in relazione alla concimazione, come i cicli e la trasformazione di moltissime sostanze, oppure la produzione di biomassa, sono condizionate dalla maggior parte delle proprietà del suolo. Accanto alle proprietà fisiche, come la struttura e la stabilità degli aggregati, la quantità e la qualità del carbonio organico (più semplicemente: il tenore in humus) influenzano gran parte delle funzioni del suolo. La concimazione ne condiziona le caratteristiche fisiche solo indirettamente, ma ha un effetto diretto, variato e, talvolta, persino notevole, sul suo tenore in humus. L'humus non influenza solo la capacità di ritenzione degli elementi nutritivi e gli scambi di sostanze diverse, ma costituisce, esso stesso, una fonte di elementi nutritivi, in particolare di N, che possono essere messi a disposizione delle piante in seguito alla mineralizzazione. L'effetto della sostanza organica sulla disponibilità di N è evidenziato nella tabella 3 e nei moduli delle colture. I paragrafi successivi sono incentrati sui principali fattori volti a mantenere e a migliorare il tenore in humus del suolo.

6.3 Mantenimento del tenore in humus a lungo termine – supporto decisionale e interventi opportuni

6.3.1 Analisi regolare del tenore in humus

Le prescrizioni PER, relative alla gestione delle superfici di rotazione, prevedono l'esecuzione di un'analisi almeno ogni dieci anni, per valutare l'effetto della gestione agricola sul tenore in humus del suolo. Nel caso delle colture speciali (colture orticole, vite, alberi da frutto, ecc.), spetta alle organizzazioni di settore fissare un intervallo minimo d'analisi. Prove di lunga durata, svolte in Svizzera, hanno mostrato differenze fino al 20 % del tenore in humus tra

i procedimenti a confronto (testimone non concimato escluso). Le misurazioni, svolte annualmente in piccole parcelle sperimentali, hanno confermato che molte delle differenze riscontrate sono risultate statisticamente significative. Se, però, si analizzano le parcelle solo ogni cinque anni, la maggior parte dei procedimenti non risulta più statisticamente significativa, nemmeno dopo vent'anni. Se a ciò si somma il fattore variabilità, limitato in una piccola parcella sperimentale, tipico di un campione di suolo che rappresenta una parcella coltivata, si può concludere che gli intervalli prescritti per analizzare il tenore in humus del suolo durante la pratica agricola forniscono alcune indicazioni all'agricoltore, ma sono insufficienti per quantificare l'effetto reale delle tecniche colturali sul tenore in humus del suolo e sulla sua evoluzione.

6.3.2 Valutazione dell'influenza della gestione colturale per mezzo del bilancio umico

Con lo scopo di valutare, indipendentemente dal risultato delle analisi, come la rotazione colturale e la gestione agricola influenzino il tenore in humus del suolo a lungo termine (figura 16), si sono sviluppati diversi metodi di stima, più o meno laboriosi (metodi che fanno capo al bilancio umico).

In Svizzera, nel 1997, è stato pubblicato un metodo per calcolare il bilancio umico del suolo (Neyroud *et al.* 1997), poi ulteriormente sviluppato nell'ottica di riuscire a valutare la qualità del suolo nei bilanci ecologici (Oberholzer *et al.* 2006), basandosi unicamente su poche informazioni facilmente reperibili nell'azienda agricola e sulle caratteristiche principali del suolo stesso. In questo metodo, l'influenza dei fattori «suolo» e «gestione del suolo» su decomposizione e sintesi dell'humus si valuta su ogni singola parcella, eseguendo un bilancio parcellare degli incrementi e delle perdite prevedibili di humus. In pratica, la stima delle perdite di humus per mineralizzazione tiene conto delle caratteristiche del suolo e dell'intensità con cui lo si lavora, mentre la valutazione degli incrementi considera i residui colturali, sia epigei sia ipogeï, il tipo di suolo e gli apporti di concime organico.

Si raccomanda vivamente di allestire, a intervalli regolari, un bilancio umico aziendale, nell'ottica di mantenere costante il tenore in humus del suolo, soprattutto in caso di modifiche significative della gestione agricola. Nel caso in cui le modifiche gestionali previste rendessero negativo il bilancio umico, causando la diminuzione del suo tasso nel suolo, è possibile, applicando il metodo del bilancio umico, valutare

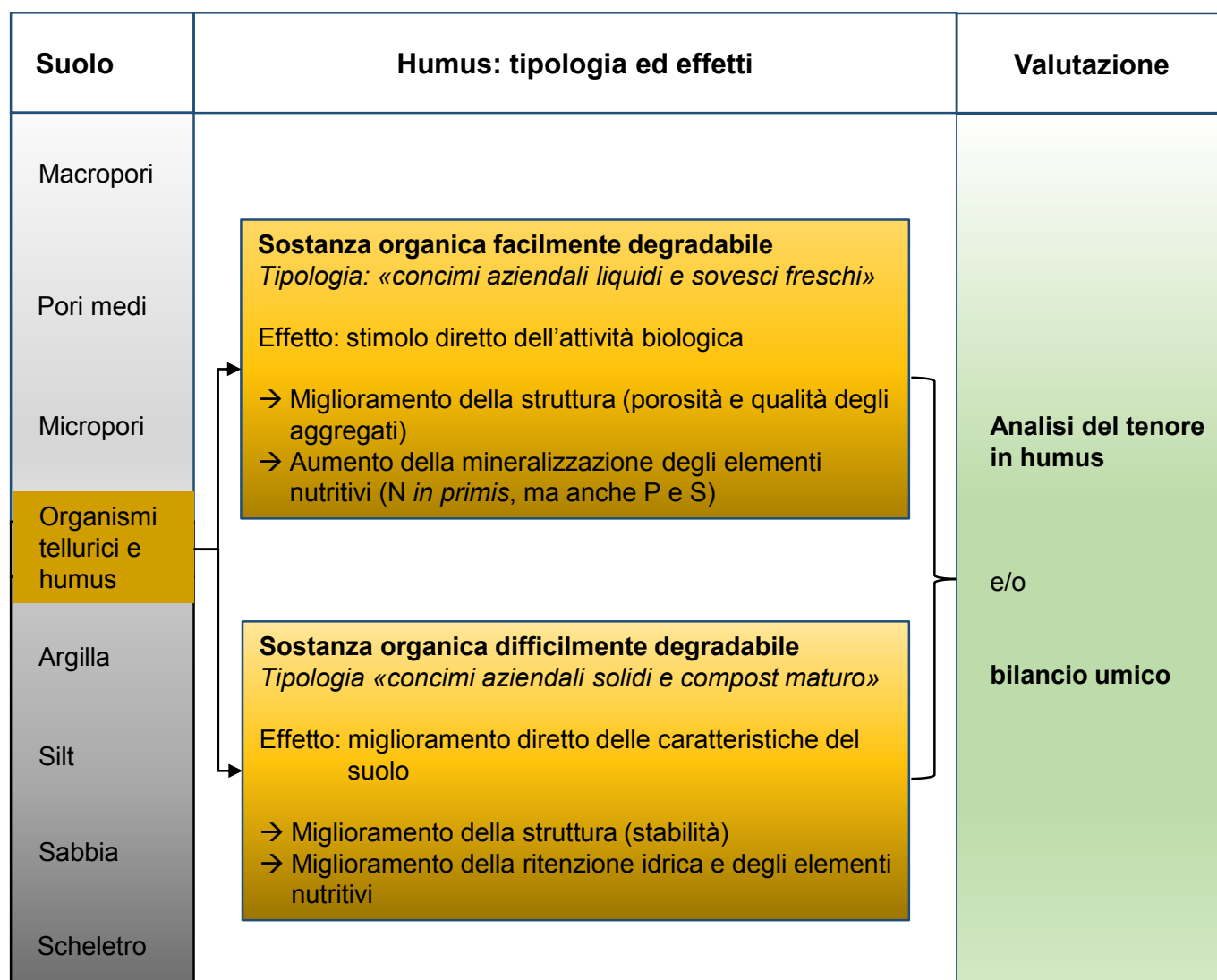


Figura 16. Effetti della distribuzione di diverse sostanze organiche sulle caratteristiche e sul tenore in humus del suolo.

gli effetti di eventuali correttivi e se del caso, pianificarne l'applicazione.

6.3.3 Risultati e raccomandazioni

L'analisi dei risultati di oltre 300 bilanci umici aziendali, calcolati nel quadro del progetto svizzero di monitoraggio agroambientale, consente di valutare, in generale, l'evoluzione dell'humus del suolo agricolo. I citati bilanci mostrano differenze significative tra le diverse tipologie aziendali. Le aziende prive di bestiame orientate verso le colture erbacee da pieno campo hanno, generalmente, bilanci umici deficitari, mentre quelle a gestione mista (allevamento-colture erbacee da pieno campo) mostrano sistematicamente bilanci di segno positivo. I bilanci deficitari delle prime vanno ricercati essenzialmente in rotazioni colturali ricche in sarchiate e povere di prati temporanei. Ciò comporta, da un lato, la diminuzione della quota di carbonio organico proveniente dall'apparato radicale delle colture e, dall'altro, l'aumento della mineralizzazione dell'humus causato dall'intensificazione delle lavorazioni del suolo. Inoltre, la limitatezza dei concimi organici distribuiti non viene compensata da maggiori apporti di residui colturali (paglia, sovesci). Qui di seguito si riportano alcune riflessioni in merito.

- Il mantenimento di un tenore soddisfacente in humus del suolo (relativamente alle condizioni pedoclimatiche locali), tramite la distribuzione di una quantità sufficiente di sostanza organica morta, capace di migliorare direttamente diverse caratteristiche del suolo, o di farlo indirettamente, attraverso la formazione di complessi argillo-umici, deve rimanere un obiettivo prioritario. Altrettanto importante è riuscire a fare in modo che la sostanza organica in entrata nel sistema suolo (essudati radicali delle colture in vegetazione compresi) nutra convenientemente gli organismi tellurici, fornendo loro energia e sostanze nutritive per assicurare il loro sviluppo e la loro attività benefica.
- Ogni combinazione tra gestione agricola e condizioni pedoclimatiche locali definisce un tenore tipico in humus del suolo, frutto dell'antagonismo tra i processi di mineralizzazione e quelli di sintesi, alimentati da residui colturali e concimazione.
- La rotazione colturale praticata dall'azienda e le caratteristiche del suolo determinano, in larga misura, il suo tenore in humus. In questo senso, le aziende che allevano bestiame seminano prati temporanei su una parte delle terre di rotazione e dispongono di sufficienti quantità di concimi aziendali.
- La scelta delle colture determina la quantità e la qualità del materiale organico che ritorna al suolo attraverso radici e residui colturali. Tra le colture erbacee da pieno campo, prati temporanei a parte (la coltura migliore da questo punto di vista), il mais da granella e il girasole sono quelle che lasciano più sostanza organica sulla superficie del suolo sotto forma di foglie e fusti, mentre barbabietola e patata sono quelle che ne lasciano di meno, perché le loro foglie si mineralizzano facilmente e perché buona parte del loro apparato ipogeo viene rac-

colto. I cereali di cui si raccoglie la paglia e la colza si trovano a metà strada tra gli esempi appena citati. Le colture intercalari esercitano un effetto sostanzialmente positivo sul tenore in humus del suolo.

- Tra le tecniche gestionali, le lavorazioni del suolo sono quelle che esercitano l'influenza maggiore. Da un lato, arieggiano e rendono il suolo più soffice e voluminoso, dall'altro incorporano e ridistribuiscono la sostanza organica nel suo orizzonte più superficiale. La combinazione di questi due risultati stimola l'attività degli organismi tellurici (più ossigeno a disposizione) e facilita il loro accesso alla sostanza organica, accelerandone la mineralizzazione. L'intensità delle lavorazioni del terreno dipende parzialmente dal tipo di coltura scelto, come dimostra l'esempio della patata, che non può essere né piantata, né raccolta senza lavorare intensivamente il suolo.
- I concimi aziendali e i concimi ottenuti dal riciclaggio, come il compost, forniscono sostanza organica al suolo (figura 16). La loro composizione e il loro grado di maturazione influiscono sulla quota di sostanza organica che si mineralizza velocemente, liberando elementi nutritivi disponibili per le piante, e su quella che, invece, si decompone con più difficoltà e contribuisce maggiormente alla formazione di nuovo humus. Di regola, i concimi organici solidi contribuiscono più di quelli liquidi alla sintesi di nuovo humus. La stessa cosa vale per il letame compostato e il compost maturi rispetto a i concimi organici freschi.

7. Bibliografia

- Agroscope, 1996. Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Volume 1: Bodenuntersuchungen zur Düngeberatung, Ausgabe 2015. Agroscope, Zurigo.
- Bertschinger L., Gysi Ch., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Ryser J.-P., Schmid A. & Weibel F., 2003. Flugschrift Nr. 15, Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen. Stazione di ricerca Agroscope Changins-Wädenswil FAW, Wädenswil.
- Candinas T., Neyroud J.-A., Oberholzer H.-R. & Weisskopf P., 2002. Ein Bodenkonzent für die Landwirtschaft in der Schweiz: Grundlagen für die Beurteilung der nachhaltigen landwirtschaftlichen Bodennutzung. *Bodenschutz* 3/02, 90-98.
- Carlen Ch. & Carron C.-A., 2007. Grundlagen für die Düngung der Gewürz- und Medizinalpflanzen. *Agrarforschung* 14 (1), 1-8.
- Collaud G., Ryser J.-P. & Schwarz J.-J., 1990. Capacité d'échange des cations. *Revue suisse d'agriculture* 22 (5), 285-289.
- Demaria P., Flisch R., Frossard E. & Sinaj S., 2005. Exchangeability of phosphate extracted by four chemical methods. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 68, 89-93.
- Dirks B. & Scheffer H., 1930. Der Kohlensäure-Bikarbonatauszug und der Wasserauszug als Grundlage zur Ermittlung der Phosphorsäurebedürftigkeit der Böden. *Landwirtschaftliche Jahrbücher* 71, 73-99.
- Fabre B. & Kockmann F., 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. *Synthèse bibliographique. Fourrages* 185, 103-122.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF). *Agrarforschung* 16 (2), 1-100.
- Frossard E., Julien P., Neyroud J.-A. & Sinaj S., 2004. Phosphor in Böden - Standortbestimmung Schweiz. *Schriftenreihe Umwelt*

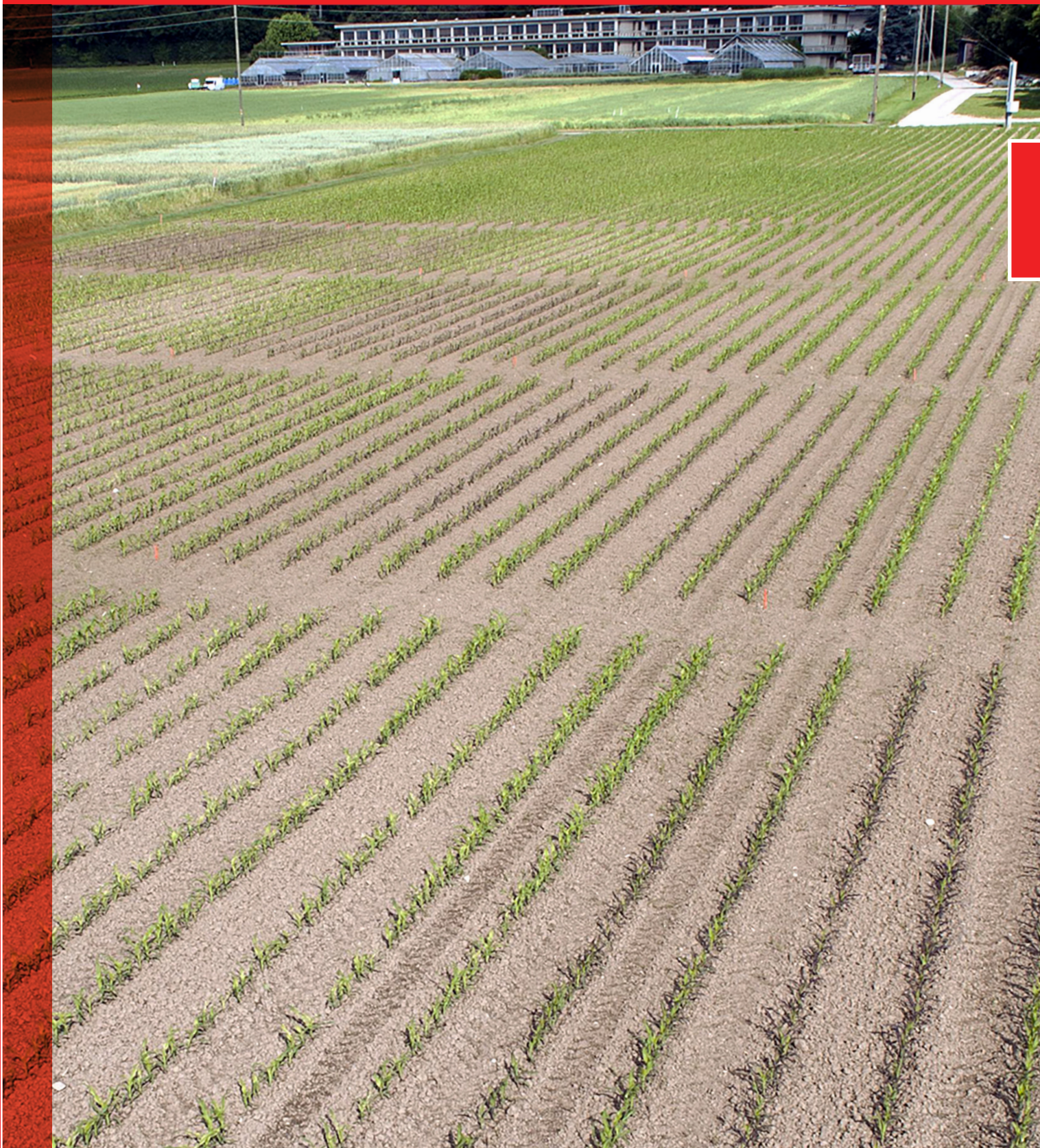
- Nr. 368. Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio UFAP, Berna. 174 pp.
- Gysi Ch., Ryser J.-P., Heller W. & Arbeitsgruppe Bodenuntersuchungen in Spezialkulturen, 1993. Flugschrift 129. Stazione federale di ricerche in frutticoltura, viticoltura e orticoltura, Wädenswil. 18 pp.
- Gysi Chr., Ryser J.-P. & Heller W., 1997. Bodenuntersuchung im Gemüsebau. Flugschrift Nr. 112, 2. Auflage, Stazione federale di ricerche in frutticoltura, viticoltura e orticoltura, Wädenswil, 24 pp.
- Hons F. M., Larson-Vollmer L. A. & Locke M. A., 1990. NH₄OAc-EDTA-extractable phosphorus as a soil test procedure. *Soil Science* 149 (5), 249–256.
- Huguenin-Elie O., Stutz C. J., Gago R. & Lüscher A., 2015. Wirkung der Kalkdüngung auf mit Hahnenfuss verunkrauteten Wiesen. Tagungsband der 59. Jahrestagung der AGGF in Aulendorf, 110–113. Hrsg. Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg für Rinderhaltung, Grünlandwirtschaft, Milchwirtschaft, Wild und Fischerei (LAZBW), Aulendorf.
- Jeangros B. & Troxler J., 2008. Effet à long terme d'une gestion différenciée sur les prairies et les pâturages d'une exploitation de montagne. *Revue suisse d'agriculture* 40 (3), 123–130.
- Neuweiler R., 2011. Düngungsrichtlinien für den Gemüsebau. Stazione di ricerca Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil. 29 pp.
- Neyroud J.-A., Supcik P. & Magnollay F., 1997. La part du sol dans la production intégrée. 1. Gestion de la matière organique et bilan humique. *Revue Suisse Agriculture* 29, 45–51.
- Oberholzer H.-R., Weisskopf P., Gaillard G., Weiss F. & Freiermuth Knuchel, R., 2006. Methode zur Beurteilung der Wirkungen landwirtschaftlicher Bewirtschaftung auf die Bodenqualität in Ökobilanzen. Agroscope, Zurigo.
- Pellet D., Mercier E., Balestra U., Lavanchy J.C., Pfeifer H.R., Keiser A. & Bezençon N., 2003a. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. I. Colza d'automne. *Revue suisse d'Agriculture* 35, 161–167.
- Pellet D., Mercier E. & Balestra U., 2003b. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. II. Blé d'automne. *Revue suisse d'Agriculture* 35 (4), 181–186.
- Peyer K., 1970. Phosphatversorgung der Pflanzen und Kennwerte des Bodenphosphats, untersucht an einigen Böden der Schweiz. ETH Diss. Nr. 4501, Zürich. Link: <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-000085418> [14. 10. 2016].
- Ryser J.-P., 1982. Etude du potassium assimilable pour les cultures sur quelques sols du canton de Vaud. ETH Diss. Nr. 7095, Zürich. Link: <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-000278617> [14. 10. 2016].
- Schroeder D., 1984. *Bodenkunde in Stichworten*. 4. Auflage. Verlag Ferdinand Hirt, Unterägeri. 160 pp.
- Schechtner G., 1993. Wirksamkeit der Kalkdüngung auf Grünland. *Die Bodenkultur* 44 (2), 135–152.
- Spring J.-L., Ryser J.-P., Schwarz J.-J., Basler P., Bertschinger L. & Häseli A., 2003. Grundlagen für die Düngung der Reben. AMTRA, Nyon. 24 pp.
- SSP, 2010. *Classificazione dei suoli della Svizzera*, 3a edizione. Società svizzera di pedologia, Lucerna. 86 pp.
- Stünzi H., 2006a. Die P-Bodenextraktionsmethoden mit Wasser und CO₂-Wasser. *Agrarforschung* 13 (7), 284–289.
- Stünzi H., 2006b. Zur P-Bodenextraktion mit Ammoniumacetat-EDTA (AAE10). *Agrarforschung* 13 (11–12), 488–493.
- UFAG, 2012. HODUFLU - Amministrazione dei flussi di concime aziendale. Ufficio federale dell'agricoltura UFAG, Berna. Link: <https://www.agate.ch/portal/web/agate/hofdungerflusse> [11. 10. 2016].
- VBBo, 1998. Verordnung über Belastungen des Bodens vom 1. Juli 1998. Systematische Sammlung des Bundesrechts der Schweiz, SR 814.12, Bern.
- Van der Paauf F., 1956. Calibration of soil test methods for the determination of phosphate and potash status. *Plant and Soil* 8, 105–125.
- Walther U., Ryser J.-P., Flisch R. & Siegenthaler A., 1987. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. Stazioni federali di ricerca FAP, Zurigo, FAC, Berna, & RAC, Changins.
- Walther U., Ryser J.-P. & Flisch R., 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. *Agrarforschung* 8 (6): 2001, 1–80.
- Zbiral J., 2000. Determination of phosphorus in calcareous soils by Mehlich, CAL and Egner extractants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 31(19/20), 3037–3048.
- Zimmermann K.S., 1997. Wirkung einer gepufferten Ammonium-Acetat-EDTA-Extraktion auf ausgewählte Bodenbestandteile und natürliche Bodenproben. ETH Diss Nr. 12134, Zürich. Link: <http://dx.doi.org/10.3929/ethz-a-001763309> [14. 10. 2016].

8. Indice delle tabelle

Tabella 1. Relazione tra classe di tessitura (classe d'argilla) e alcune caratteristiche del suolo.	2/4
Tabella 2. Valutazione pedologica del tenore in humus (SSP 2010).	2/4
Tabella 3. Valutazione agronomica del tenore in humus in relazione al potenziale di liberazione di N nel suolo.	2/4
Tabella 4. Valutazione del pH del suolo e del suo eventuale fabbisogno in calcitazione.	2/5
Tabella 5. Raccomandazioni per il prelievo di campioni di suolo in differenti categorie di colture agricole.	2/7
Tabella 6. Principali metodi d'analisi del suolo utilizzati da Agroscope per ottimizzare la concimazione.	2/8
Tabella 7. Scelta del metodo d'analisi (analisi di base) per differenti categorie di colture agricole.	2/9
Tabella 8. Valutazione dello stato nutrizionale del suolo in funzione dei fattori di correzione definiti nelle tabelle 10–18.	2/10
Tabella 9. Correzione da applicare al risultato dell'analisi di suoli con tenori in humus superiori al 10 %.	2/11
Tabella 10. Fattori di correzione della concimazione P in funzione del tenore in P (metodo CO ₂) e in argilla della terra fine.	2/12
Tabella 11. Fattori di correzione della concimazione K in funzione del tenore in K (metodo CO ₂) e in argilla della terra fine.	2/13
Tabella 12. Fattori di correzione della concimazione Mg in funzione del tenore in Mg (metodo CaCl ₂) e in argilla della terra fine.	2/14
Tabella 13. Fattori di correzione della concimazione P in funzione del tenore in P (mg P/kg di terra fine, metodo H ₂ O10) e in argilla della terra fine.	2/14
Tabella 14. Fattori di correzione di concimazione K in funzione del tenore in K (mg K/kg di terra fine, metodo H ₂ O10) e in argilla della terra fine.	2/15
Tabella 15. Fattori di correzione della concimazione Mg in funzione del tenore in Mg (mg Mg/kg di terra fine, metodo H ₂ O10) e in argilla della terra fine.	2/15
Tabella 16. Fattori di correzione della concimazione P in funzione del tenore in P (mg P/kg di terra fine, metodo AAE10) e in argilla della terra fine per suoli non calcarei.	2/17
Tabella 17. Fattori di correzione della concimazione K in funzione del tenore in K (mg K/kg di terra fine, metodo AAE10) e in argilla della terra fine.	2/18
Tabella 18. Fattori di correzione della concimazione Mg in funzione del tenore in Mg (mg Mg/kg di terra fine, metodo AAE10) e in argilla della terra fine per suoli non calcarei.	2/19
Tabella 19. Parametri per la valutazione (punteggio) della disponibilità di S del suolo.	2/22
Tabella 20. Fattori di correzione della concimazione S in base alla disponibilità in S del suolo e al fabbisogno (prelievo) della coltura.	2/22
Tabella 21. Concimazione con B e Mn in funzione dei risultati delle analisi del suolo, del tipo di suolo e del fabbisogno delle colture (la tabella 6 riporta il metodo d'analisi).	2/24
Tabella 22. Valutazione di massima della quantità di ammendante calcareo da distribuire in funzione del pH del suolo, del suo tenore in argilla e della sua utilizzazione.	2/25
Tabella 23. Valutazione del tenore in calcare del suolo in funzione del tasso di saturazione in basi (SB) e del tipo di gestione agricola.	2/26
Tabella 24. Determinazione della quantità di ammendante calcareo da distribuire in funzione della CSC e del SB del suolo.	2/26

9. Indice delle figure

Figura 1. Valutazione del profilo del suolo.	2/3
Figura 2. Influenza del pH su pedogenesi e fattori ecologici.	2/5
Figura 3. Preparazione dei campioni di suolo per le analisi di laboratorio: setaccio con maglie di 2 mm per separare lo scheletro dalla terra fine.	2/6
Figura 4. Filtrazione di estratti di suolo.	2/10
Figura 5. Determinazione di diversi elementi attraverso la spettrometria di assorbimento atomico a fiamma (AAS).	2/10
Figura 6. Prova di lunga durata (anno d'inizio: 1989) volta a determinare l'interpretazione dei risultati delle analisi del suolo sulla base di differenti concimazioni P, K e Mg.	2/10
Figura 7. Carenza di P su barbabietola da zucchero.	2/11
Figura 8. Influenza del tenore in elementi nutritivi del suolo sulla crescita delle colture.	2/12
Figura 9. Per la cicoria belga, il tenore in K del suolo è essenziale per la produzione di grumoli di qualità.	2/16
Figura 10. Influenza di differenti livelli di concimazione P (nessun apporto, norma di concimazione, 5/3 della norma di concimazione) sul tenore in P del suolo (metodi CO ₂ e AAE10) e sulla resa in granella del frumento.	2/16
Figura 11. Schema per la determinazione del fabbisogno in concime P, K e Mg.	2/20
Figura 12. Plantule di mais con carenza di P.	2/20
Figura 13. I primi sintomi di carenza di K su patata si manifestano attraverso ingiallimento e poi necrosi dei bordi delle foglie più vecchie.	2/21
Figura 14. Carenza di S su cavolo rapa.	2/22
Figura 15. La carenza di B (p.es. dopo una calcitazione eccessiva) favorisce il marciume del cuore della barbabietola.	2/23
Figura 16. Effetti della distribuzione di diverse sostanze organiche sulle caratteristiche e sul tenore in humus del suolo.	2/29



3/ Analisi delle piante

Sokrat Sinaj¹, Guillaume Blanchet¹, Selma Cadot¹, Thomas Kuster²,
Raphaël Charles¹ e Bernard Jeangros¹

¹ Agroscope, 1260 Nyon, Svizzera

² Agroscope, 8820 Wädenswil, Svizzera

Contatto: sokrat.sinaj@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	3/3
2. Principi generali di nutrizione delle piante.....	3/3
3. Analisi dei campioni di pianta e metodo di campionamento	3/4
4. Interpretazione dei risultati dell'analisi delle piante	3/5
5. Complementarietà tra analisi delle piante e analisi del suolo	3/7
6. Bibliografia	3/8
7. Indice delle tabelle.....	3/10
8. Indice delle figure	3/10

In copertina: plantule di mais che manifestano sintomi di carenza nutrizionale durante una prova di concimazione fosfo-potassica a Changins (fotografia: Carole Parodi, Agroscope).

1. Introduzione

Durante il periodo vegetativo, l'analisi delle piante può completare le informazioni ottenute con l'analisi del suolo. Infatti, analizzare direttamente le piante consente di valutare lo stato nutrizionale delle colture, mentre l'analisi del suolo non va oltre la stima delle riserve di elementi nutritivi potenzialmente disponibili. L'analisi delle piante è uno dei metodi complementari utilizzabili per gestire in modo dinamico la concimazione delle colture agricole durante il loro sviluppo e per diagnosticare con precisione l'insorgenza di un eventuale problema legato alla concimazione. Nell'ambito della rotazione colturale, questo metodo permette di ottimizzare l'apporto di elementi nutritivi, determinando con precisione le dosi minime di nutrienti richieste dalle colture per assicurare una produzione quantitativamente e qualitativamente ottimale. Così facendo, si minimizza l'impatto ambientale della concimazione e si massimizza l'efficacia dei concimi distribuiti.

L'interpretazione delle analisi delle piante è altrettanto complessa di quella delle analisi del suolo, visto che i tenori in elementi nutritivi sono strettamente legati alle modalità di campionamento (epoca di prelievo, parte di pianta campionata, ecc.). Di conseguenza, per effettuare analisi calibrate sulle singole colture e per ottenere informazioni attendibili e precise sul loro stato nutrizionale, è essenziale capire i diversi meccanismi nutrizionali delle piante.

2. Principi generali di nutrizione delle piante

Il fabbisogno in elementi nutritivi delle colture cambia durante il loro ciclo di sviluppo (figure 1–4, modulo 8). Ciò implica che le piante siano in grado di regolare la loro capacità d'assimilare gli elementi nutritivi presenti nel suolo in quantità variabili e in forme più o meno disponibili (Reuter e Robinson 1997). Questi meccanismi di regolazione per-

mettono loro di garantirsi livelli di elementi nutritivi sufficienti ad assicurare le loro funzioni vitali. Per esempio, le piante cresciute su substrati in cui la concentrazione di fosforo (P) varia di un fattore 625 mostrano, nei loro tessuti, differenze di concentrazione di P molto più limitate (fattore 10) (Asher e Loneragan 1967). Questo esempio illustra la capacità che le piante hanno di regolare la loro nutrizione in substrati più o meno ricchi in elementi nutritivi. Quando si concima una parcella, si cerca di ottenere una concentrazione ottimale di elementi nutritivi nei tessuti della pianta in modo da raggiungere gli obiettivi di produzione prefissati (resa e qualità), evitando, nel contempo, sia situazioni di penuria (carenza) sia d'eccesso (consumo di lusso) (figura 1). Bisogna anche considerare che, in certi casi, la presenza di alcuni elementi nutritivi influenza l'assimilazione di altri. Si parla di antagonismo quando l'assimilazione di un elemento nutritivo avviene a scapito di quella di un altro nutriente (p.es. potassio [K] e magnesio [Mg]) e sussiste un rischio di carenza (Marschner 2012). Quando un elemento nutritivo è particolarmente abbondante, la pianta può assimilarne più di quanto ne abbia bisogno, senza che la sua resa ne tragga beneficio. In questi casi, si parla di consumo di lusso (Marschner 2012).

Durante il ciclo di sviluppo di una pianta, i tenori in elementi nutritivi dei suoi tessuti evolvono notevolmente. Considerando l'intera pianta, i tenori complessivi in nutrienti diminuiscono progressivamente man mano che la pianta produce biomassa (Greenwood *et al.* 1990; Salette e Lemaire 1981). La diluizione degli elementi nutritivi avviene perché la pianta ripartisce le sue risorse in modo specifico tra i suoi organi in crescita. Si osservano tenori diversi dello stesso elemento nutritivo nei differenti organi costitutivi della medesima pianta.

L'interpretazione delle analisi delle piante deve considerare che la variabilità dei tenori in elementi nutritivi dipende da: specie in questione, parte della pianta analizzata e suo stadio fenologico al momento del campiona-

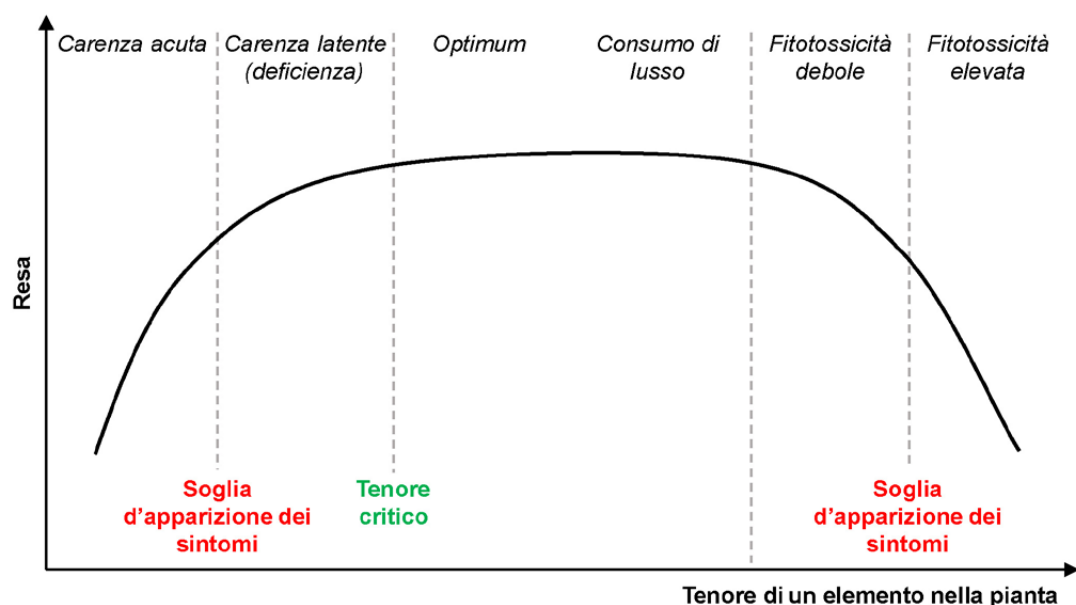


Figura 1. Curva di resa teorica di una coltura in funzione del tenore di un elemento nutritivo nei suoi tessuti (Marschner 2012 – adattato).

mento. In funzione di questi criteri, è possibile diagnosticare in modo attendibile lo stato nutrizionale della coltura presa in esame.

3. Analisi dei campioni di pianta e metodo di campionamento

A seconda del tipo di coltura considerato e degli obiettivi che ci si pone, si possono eseguire diversi tipi di analisi delle piante.

In caso di carenza acuta o di marcato eccesso di uno o più nutrienti, la semplice osservazione diretta può bastare per identificare correttamente i sintomi di entrambe le situazioni di squilibrio nutrizionale. I sintomi si manifestano spesso sotto forma di variazioni di colorazione a livello fogliare oppure attraverso l'apparizione di necrosi o di deformazioni che interessano diverse parti della pianta. L'identificazione visiva di questi squilibri nutrizionali richiede una certa esperienza, anche se esistono numerose pubblicazioni che ne facilitano il riconoscimento. È, quindi, preferibile interpellare un esperto. Alcuni esempi di manifestazioni sintomatiche si trovano, comunque, nei moduli 12 e 13, concernenti viticoltura e frutticoltura. Quando appaiono i primi sintomi, è, spesso, troppo tardi per intervenire efficacemente ancora nella campagna in corso. Nella maggior parte dei casi, però, correggere la concimazione permette di rimediare allo squilibrio nutrizionale a partire dall'anno successivo. Anche se l'osservazione diretta presenta alcuni vantaggi (semplicità d'esecuzione, metodo non distruttivo, costo limitato, ecc.), occorre tenere presenti i suoi limiti. Per esempio, è impossibile quantificare lo squilibrio nutrizionale e, di conseguenza, correggere con precisione la concimazione. Inoltre, è spesso difficile capire la causa delle carenze o degli eccessi riscontrati (disponibilità limitata nel suolo, antagonismo tra due nutrienti, ecc.).

L'analisi di laboratorio dei tenori in elementi nutritivi permette di effettuare la diagnosi completa dello stato nutrizionale della coltura. Di solito, si individuano i tenori globali in macro- e microelementi, ma, in certe situazioni, le analisi si concentrano solo su alcune forme specifiche di

nutrienti (p.es. nitrato $[\text{NO}_3^-]$ per l'azoto $[\text{N}]$ e solfato $[\text{SO}_4^{2-}]$ per lo zolfo $[\text{S}]$), perché ciò rispecchia meglio lo stato nutrizionale della pianta per questi elementi nutritivi (Marschner 2012). A seconda del ciclo vitale della coltura presa in considerazione (annuale o perenne), l'analisi può interessare l'intera parte aerea della pianta, le sole foglie, i singoli costituenti delle foglie (piccioli, lembi, nervature) oppure i frutti. Le analisi di laboratorio comportano investimenti finanziari e sono onerose dal punto di vista lavorativo (preparazione e spedizione dei campioni, costo dell'analisi, ecc.), ma sono il metodo più affidabile per determinare con precisione il tenore di ogni elemento nutritivo presente nelle colture. Nell'ambito della gestione della concimazione N, l'analisi di laboratorio può anche consentire di correggere i futuri apporti di N, in funzione dello stadio di sviluppo della pianta al momento del campionamento. Per ciò che concerne gli altri elementi nutritivi, la correzione della concimazione si esegue in proiezione futura.

Nel caso specifico della gestione dinamica della concimazione N, da qualche decennio vengono sviluppati metodi di analisi fotometrica, basati sulla stima del tenore in clorofilla delle foglie (Piekielek e Fox 1992; Schepers *et al.* 1992). Uno strumento di misura (p.es. Minolta SPAD meter [Soil Plant Analysis Development, Minolta Camera Co., Osaka, Giappone] oppure Yara N tester [Yara International, Oslo, Norvegia]) rileva la riflessione e l'assorbimento di uno o più fasci di luce a livello fogliare. Partendo da questi dati, si determina il tenore in clorofilla che, essendo direttamente legato al tenore in N delle foglie, permette, a sua volta, di capire se la coltura è attualmente carente in questo elemento nutritivo. Questo metodo d'analisi non permette, però, di appurare se il tenore in N è eccessivo, perché le piante smettono di produrre clorofilla a partire da una certa soglia di N (Schepers *et al.* 1992). La determinazione del tenore in clorofilla offre numerosi vantaggi se si vogliono calibrare gli apporti di N durante tutta la crescita della coltura: è semplice, dà risultati immediati e non è distruttiva. In altre parole, rende possibile ripetere le misure sulla stessa pianta nel corso del periodo vegetativo, così da potere seguire la nutrizione N della coltura in punti diversi della parcella. Studi recenti (Prost e Jeuffroy 2007) hanno

Tabella 1. Sintesi dei principali metodi d'analisi delle piante in funzione delle diverse colture.

Coltura	Analisi possibili	Interpretazione dei risultati
Colture erbacee da pieno campo	Tenori complessivi (macro- e microelementi) Tenore in NO_3^- della linfa Tenore in clorofilla	Valori di riferimento Indice di nutrizione
Superfici prative	Tenori complessivi (macroelementi)	Indice di nutrizione
Frutticoltura	Osservazione dei sintomi Tenori complessivi (macro- e microelementi)	Identificazione dei sintomi Valori di riferimento
Viticoltura	Osservazione dei sintomi Tenori complessivi (macro- e microelementi) Tenore in clorofilla	Identificazione dei sintomi Valori di riferimento
Orticoltura	Tenore in NO_3^- della linfa	Valori di riferimento

mostrato che questo tipo di misura permette anche di quantificare l'indice di nutrizione N delle colture (questo concetto verrà approfondito nel prosieguo di questo capitolo). La tabella 1 sintetizza i principali metodi d'analisi delle piante in funzione delle colture considerate.

Se si decide di analizzare le piante, è essenziale contattare il laboratorio prima di procedere, in modo da informarsi sulle procedure da seguire per prelevare, preparare e inviare i campioni da analizzare. Alcuni laboratori e/o certi tipi d'analisi richiedono protocolli particolari. Per esempio, se si intende analizzare la linfa, si raccomanda di prelevare i campioni la mattina presto, perché il tenore in NO_3^- fluttua nel corso della giornata a causa dell'esposizione alla luce (Neely *et al.* 2010). Infine, le quantità di materiale vegetale richieste per le analisi possono variare da un laboratorio all'altro.

Si possono utilizzare due strategie per campionare le piante da analizzare. Se si desidera conoscere lo stato nutrizionale dell'intera coltura, bisogna prelevare le piante da zone dove la crescita è uniforme e rappresentativa dell'intera parcella. Quando al prelievo delle piante si affianca quello di campioni di suolo, le zone campionate devono coincidere. Se lo squilibrio nutrizionale concerne solo una parte della parcella, è possibile fare due campionamenti specifici: uno sulle piante carenti e uno su quelle apparentemente normali, per essere in grado di eseguire un'analisi comparativa. In questi casi, si raccomanda di prelevare anche campioni di suolo da entrambe le zone interessate, in modo da completare i risultati dell'analisi delle piante. Per garantire l'affidabilità delle analisi, è importante preparare correttamente i campioni in funzione delle esigenze del laboratorio. Di solito, si raccomanda di fare essiccare i campioni all'aria per un po' di tempo o di conservarli in frigorifero, ma solo per qualche giorno. Per la conservazione e l'invio bisogna mettere i campioni in sacchetti di carta o in reticelle di nylon ed etichettarli secondo le istruzioni del laboratorio. I sacchetti di plastica vanno quasi sempre evitati, per scongiurare qualsiasi rischio di marcescenza.

4. Interpretazione dei risultati dell'analisi delle piante

Il metodo più diffuso per interpretare le analisi delle piante si basa su valori di riferimento, stabiliti per i diversi stadi di sviluppo di ogni coltura. Questi valori sono frutto di svariate prove, nelle quali si sono individuati i tenori che caratterizzano lo stato nutrizionale ottimale delle piante considerate. I valori di riferimento si utilizzano per le colture erbacee da pieno campo (tabella 2), in orticoltura (modulo 10), in viticoltura (modulo 12) e in frutticoltura (modulo 13). Si possono ottenere richiedendoli direttamente ai laboratori d'analisi.

L'analisi delle piante per superfici prative e colture erbacee da pieno campo si può anche interpretare basandosi su un indice di nutrizione (IN). Il concetto di IN è stato sviluppato e introdotto da Lemaire *et al.* (1989) per determinare lo

stato nutrizionale dei prati. In seguito, è stato esteso ad altre categorie di colture (Justes *et al.* 1994; Colnenne *et al.* 1998; Plénet e Lemaire 2000). Questo indice si basa su un valore critico, ottenuto da prove di riferimento (Ulrich 1952) concernenti la relazione che descrive la diluizione di un nutriente in funzione della biomassa (Salette e Lemaire 1981; Greenwood *et al.* 1990). Per valore critico si intende il tenore minimo di un elemento nutritivo che permette di massimizzare la resa (figura 1). Questo tenore si ritiene ideale, perché ottimizza l'efficacia dell'elemento in questione. L'indice di nutrizione (IN) si può calcolare con l'equazione seguente:

$$IN_X = \frac{[X]_{\text{mis}}}{[X]_{\text{crit}}} \times 100 [\%]$$

Dove $[X]_{\text{mis}}$ e $[X]_{\text{crit}}$ sono rispettivamente la concentrazione misurata e la concentrazione critica dell'elemento nutritivo X per una data biomassa.

Questo approccio è interessante perché, utilizzando una concentrazione critica dipendente dalla biomassa, è possibile caratterizzare lo stato nutrizionale di una coltura durante il suo intero periodo vegetativo. La letteratura mette a disposizione equazioni che consentono di stimare la concentrazione critica di N (N_c) o di P (P_c) per alcune colture, in particolare per determinate colture erbacee da pieno campo (tabella 3). Le concentrazioni critiche per prati e pascoli si possono trovare nel modulo dedicato alla foraggicoltura (modulo 9).

Generalmente, si parte dal presupposto che un indice nutrizionale inferiore all'80 % rispecchi condizioni di carenza, alle quali si deve porre rimedio aumentando la con-

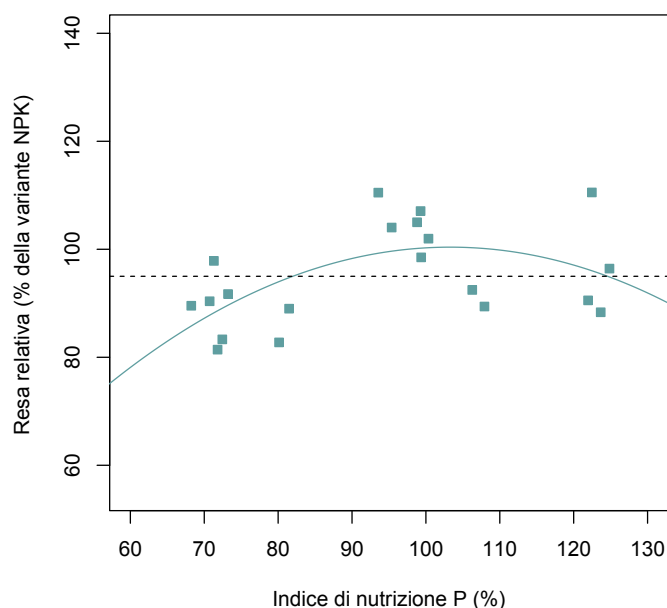


Figura 2. Resa relativa per il frumento autunnale coltivato a Changins in funzione dell'indice di nutrizione P (Cadot *et al.* in corso di pubblicazione). Una resa relativa del 100 % corrisponde alla resa ottenuta con una concimazione NPK secondo quanto riportato nei DBC (Sinaj *et al.* 2009).

Tabella 2. Valori di riferimento dei tenori in macroelementi di alcune colture erbacee da pieno campo.

Coltura	Parte campionata	Stadio di sviluppo		N	P	K	Ca	Mg	S
		Scala BBCH	Descrizione						
[g kg ⁻¹ SS ¹]									
Cereali	Pianta intera (parte aerea)	13–29	3 foglie – fine accestimento	40,0–50,0	2,0–5,0	25,0–50,0	2,0–10,0	1,4–10,0	1,5–6,5
	Ultima foglia	30–39	Allungamento fusto	40,0–50,0	2,0–5,0	25,0–50,0	2,0–10,0	1,4–10,0	1,5–6,5
	Ultima foglia	40–90	Formazione spiga – raccolta (maturazione)	40,0–50,0	2,0–5,0	20,0–40,0	2,0–10,0	1,4–10,0	1,5–6,5
Mais	Pianta intera (parte aerea)	< 19	Plantula (< 10 cm)	40,0–50,0	4,0–6,0	30,0–40,0	3,0–8,0	2,0–6,0	1,8–5,0
	Ultima foglia	19–52	Allungamento fusto – apparizione infiorescenza	30,0–40,0	3,0–5,0	20,0–30,0	2,5–8,0	1,5–6,0	1,5–4,0
	Foglia adiacente alla spiga superiore	53–69	Infiorescenza – fine fioritura	28,0–40,0	2,5–5,0	18,0–30,0	2,5–8,0	1,5–6,0	1,5–6,0
Colza	Foglia adiacente alla spiga superiore	89	Raccolta (maturazione)	25,0–35,0	2,5–4,0	16,0–25,0	2,0–8,0	1,2–5,0	1,2–4,0
	Ultima foglia	50–59	Infiorescenza	40,0–64,0	4,2–6,9	35,0–51,0	21,0–30,0	1,5–6,2	6,5–9,0
	Ultima foglia	10–29	Inizio crescita	35,0–55,0	3,0–6,0	17,0–25,0	11,0–22,0	0,3–6,0	–
Patata	Ultima foglia	60–69	Fioritura	32,5–50,0	3,0–6,0	15,0–22,5	8,0–14,0	2,5–7,0	2,5–6,0
	Lembi della 4 ^a foglia	11–42	Inizio stagione (crescita pianta e formazione dei tuberi)	60,0–80,0	6,0–9,0	50,0–70,0	15,0–25,0	2,5–7,5	2,0–4,0
	Lembi della 4 ^a foglia	43–45	Metà stagione (crescita dei tuberi)	50,0–70,0	4,0–6,0	35,0–50,0	15,0–25,0	2,5–7,5	2,0–4,0
Girasole	Lembi della 4 ^a foglia	47–49	Stagione avanzata (maturazione dei tuberi)	40,0–60,0	2,0–4,0	25,0–35,0	15,0–25,0	2,5–7,5	2,0–4,0
	Ultime foglie	51–69	Infiorescenza e fioritura	20,0–35,0	2,5–5,0	15,0–30,0	3,0–20,0	2,0–15,0	2,0–4,0
Bietola da zucchero	Lembi delle foglie medie	31–39	Crescita della parte aerea	30,0–45,0	1,5–8,0	12,5–60,0	6,0–15,0	2,0–25,0	1,8–2,5

¹ SS: sostanza secca.

Gli intervalli di valore riportati in tabella corrispondono a uno stato nutrizionale ottimale delle colture (Campbell et al. (2000) e American Agricultural Laboratory (2013) – adattato).

Tabella 3. Equazioni delle concentrazioni critiche di N e P per alcune colture erbacee da pieno campo.

Coltura	Concentrazione critica di N (N_C)	Concentrazione critica di P (P_C)
Frumento autunnale	$N_C = 5,35 \times SS^{-0,44}$ (Justes <i>et al.</i> 1994)	$P_C = 4,44 \times SS^{-0,41}$ $P_C = 0,083 N + 0,88$ (Cadot <i>et al.</i> in pubblicazione)
Frumento primaverile	$N_C = 3,85 \times SS^{-0,57}$ (Ziadi <i>et al.</i> 2010)	$IN_N > 80 \%$: $P_C = 0,94 + 0,107 N$ $IN_N < 80 \%$: $P_C = 1,70 + 0,092 N$ (Ziadi <i>et al.</i> 2008)
Colza autunnale	$N_C = 4,48 \times SS^{-0,25}$ (Colnenne <i>et al.</i> 1998)	$P_C = 5,18 \times SS^{-0,39}$ $P_C = 0,657 N + 1,67$ (Cadot <i>et al.</i> in pubblicazione)
Lino	$N_C = 4,69 \times SS^{-0,53}$ (Flénet <i>et al.</i> 2006)	
Mais	$N_C = 3,40 \times SS^{-0,391}$ (Hermann e Taube 2004)	$P_C = 3,49 \times SS^{-0,18}$ $P_C = 0,083 N + 0,39$ (Cadot <i>et al.</i> in pubblicazione)
Orzo autunnale	$N_C = 4,76 \times SS^{-0,39}$ (Zhao 2014)	
Girasole	$N_C = 4,53 \times SS^{-0,42}$ (Debaeke <i>et al.</i> 2012)	

Le concentrazioni in N e P sono espresse in % di sostanza secca (SS). I valori di SS sono espressi in t ha⁻¹. Le equazioni fornite da Cadot *et al.* (in corso di pubblicazione) sono state stabilite nelle condizioni svizzere (Changins, VD), ciò che non è il caso per le altre equazioni.

cimazione. Viceversa, un indice superiore al 120 % segnala un eccesso. Queste soglie si possono adattare alle singole colture eseguendo prove che stabiliscano accuratamente la relazione tra resa e stato nutrizionale della pianta considerata, come illustrato dalla figura 2 per il frumento autunnale coltivato a Changins. In questo esempio, indici nutrizionali di P varianti tra l'82 e il 124 % hanno assicurato almeno il 95 % della resa di riferimento ottenuta con una concimazione NPK ottimale (Cadot *et al.* in corso di pubblicazione).

Le concentrazioni critiche di fosforo (P_C) si esprimono, di regola, in funzione del tenore in N della biomassa (Duru e Thélier-Huché 1997; Farruggia *et al.* 2000; Bélanger *et al.* 2015). Il modello che utilizza la relazione P_C -N è più universale di quello basato sulla relazione P_C -sostanza secca (SS) (tabella 3), perché (i) gli stessi parametri del modello si possono utilizzare indipendentemente dalle condizioni pedoclimatiche della stazione (Bélanger *et al.* 2015) e (ii) non è necessario determinare la biomassa, ma unicamente i tenori in elementi nutritivi, pertanto è più pratico.

La determinazione delle curve di riferimento per ogni coltura è un obiettivo importante della ricerca agronomica attuale. L'utilizzo degli indici di nutrizione è destinato a diffondersi.

5. Complementarietà tra analisi delle piante e analisi del suolo

L'analisi delle piante consente di valutare *a posteriori* se la disponibilità di elementi nutritivi del suolo basta a coprire il fabbisogno nutrizionale delle colture, mentre grazie all'analisi del suolo si può pianificare *a priori* la concimazione.

Come nel caso delle relazioni tra resa di una coltura e tenori in nutrienti della pianta (indice di nutrizione), la relazione tra resa di una coltura e tenore in un elemento nutritivo del suolo (p.es. P disponibile) può servire a stabilire la soglia critica per interpretare lo stato di fertilità del suolo, cioè il tenore minimo dell'elemento nutritivo del suolo che consente di ottenere almeno il 95 % della resa di riferimento, raggiunta con una concimazione NPK ottimale. In una prova di lunga durata, eseguita a Changins su un suolo con pH neutro ($pH_{[H_2O]} = 6,8$) e tenori in argilla e in sostanza organica (SO) rispettivamente del 54 e del 5 %, Cadot *et al.* (in corso di pubblicazione) si sono evidenziate alcune soglie critiche per P-NaHCO₃ (Olsen *et al.* 1954), P-AAE10 e P-CO₂ (Agroscope 1996) pari a 11,9, 10,0 e 0,3 mg kg⁻¹ per il mais da granella, di 14,7, 12,1 e 0,3 mg kg⁻¹ per il frumento autunnale e di 15,6, 15,2 e 0,8 mg kg⁻¹ per la colza (figura 3). Secondo la versione precedente dei PRIC (già DBC) (Sinaj *et al.* 2009), simili tenori in P-AAE10 avrebbero richiesto, in queste condizioni sperimentali, l'aumento della norma di concimazione P. Questi risultati evidenziano la necessità di estendere lo studio di queste soglie critiche ad altre condizioni pedoclimatiche e ad altre colture, prima di potere generalizzare le raccomandazioni di concimazione basate su relazioni precise tra i tenori in elementi nutritivi del suolo sui tenori interni alla pianta e sulla resa delle colture.

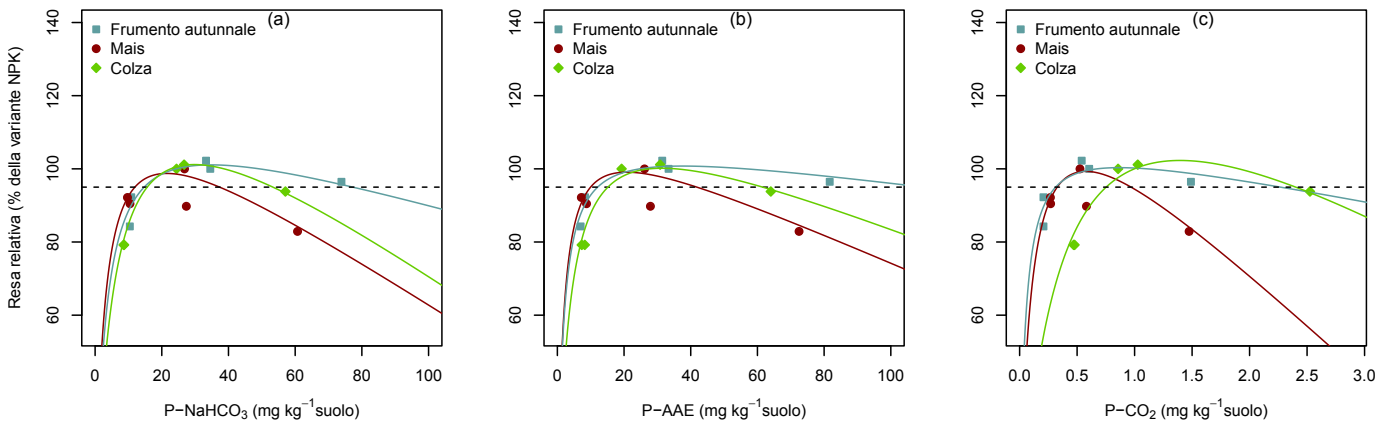


Figura 3. Resa relativa per frumento autunnale, mais da granella e colza in funzione del P disponibile del suolo (Cadot et al. in corso di pubblicazione). Queste curve sono state stabilite nelle condizioni pedoclimatiche di Changins. Per valutare il P disponibile sono stati utilizzati tre metodi d'estrazione differenti: a) metodo NaHCO_3 (riconosciuto internazionalmente), b) metodo AAE10 (P-AAE) e c) metodo $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ (P- CO_2) (b e c sono i metodi di riferimento utilizzati in Svizzera). Una resa relativa del 100 % corrisponde alla resa ottenuta con una concimazione NPK secondo quanto riportato nei DBC (Sinaj et al. 2009).

6. Bibliografia

Agroscope, 1996. Méthodes de référence des stations de recherche Agroscope, Volume 1: Analyse de terre et du substrat pour conseil de fumure. Édition 2015.

American Agricultural Laboratory, 2013. Plant Tissue Interpretative Guidelines. Link: <https://www.olsenlab.com>.

Asher C. J. & Loneragan J. F., 1967. Response of plants to phosphate concentration in solution culture. I. Growth and phosphorus content. *Soil science* 103, 225–233.

Bélangier G., Ziadi N., Pageau D., Grant C., Lafond J. & Nyiraneza J., 2015. Shoot Growth, Phosphorus-Nitrogen Relationships, and Yield of Canola in Response to Mineral Phosphorus Fertilization. *Agronomy Journal* 107, 1458–1464.

Cadot S., Bélangier G., Ziadi N., Morel C. & Sinaj S., 2017. Yield response and critical plant and soil phosphorus for wheat, maize, and rapeseed after 44 years of phosphorus fertilization. *Agric. Ecosyst. Environ.* (in corso di pubblicazione).

Campbell C. R. (ed), 2000. Reference Sufficiency Ranges for Plant Analysis in the Southern Region of the United States. Southern Cooperative Series Bulletin 394. Versione aggiornata nel 2013. Link: <http://www.ncagr.gov/agronomi/saesd/scsb394.pdf> [4. 5. 2017]

Colenne C., Meynard J. M., Réau R., Justes E. & Merrien A., 1998. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Winter Oilseed Rape. *Annals of Botany* 81, 311–317.

Debaeke P., van Oosterom E. J., Justes E., Champolivier L., Merrien A., Aguirrezabalaga L.A.N., González-Dugo V., Massingnam A.M. & Montemurro F., 2012. A species-specific critical nitrogen dilution curve for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Field Crops research* 136, 76–84.

Duru M. & Thélier-Huché L., 1997. N and P-K status of herbage: use for diagnosis of grasslands. In: INRA (Ed.), Diagnostic Procedures for Crop N Management and Decision Making, Paris (Les Colloques n° 82), 125–138.

Farruggia A., Thélier-Huché L., Violleau S., Lebrun J. M. & Besnard A., 2000. L'analyse d'herbe pour piloter la ferti-

lisation phosphatée et potassique des prairies. Exemples d'application de la méthode. *Fourrages* 164, 447–459.

Flénet F., Guéris M., Boiffin J., Dorvillez D., Champolivier L., 2006. The critical N dilution curve for linseed (*Linum usitatissimum* L.) is different from other C3 species. *European Journal of Agronomy* 24, 367–373.

Greenwood D. J., Lemaire G., Gosse G., Cruz P., Draycott A. & Neeteson J. J., 1990. Decline in percentage N of C3 and C4 crops with increasing plant mass. *Annals of Botany* 66, 425–436.

Hermann A. & Taube F., 2004. The Range of the Critical Nitrogen Dilution Curve for Maize (*Zea mays* L.) Can Be Extended Until Silage Maturity. *Agronomy Journal* 96, 1131–1138.

Justes E., Mary B., Meynard J-M., Machet J-M & Thélier-Huché L., 1994. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Winter Wheat Crops. *Annals of Botany* 74, 397–407.

Lemaire G., Gastal F. & Salette J., 1989. Analysis of the effect of N nutrition on dry matter yield of a sward by reference to potential yield and optimum N content. In: Proceedings of the 16th International Grassland Congress. Nice. France. 179–180.

Marschner P., 2012. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. Troisième édition. Editions Academic Press, London, UK. 672 pp.

Neely H. L., Koenig R. T., Miles C. A., Koenig T. C. & Karlsson M. G., 2010. Diurnal Fluctuation in Tissue Nitrate Concentration of Field-grown Leafy Greens at Two Latitudes. *HortScience* 45 (12), 1815–1818.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe F. S. & Dean L. A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. In U.S. Dept. of Agric., Circ. 939, Washington DC.

Piekielek W.P & Fox R. H, 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agronomy Journal* 84, 59–65.

Plénet D. & Lemaire G., 2000. Relationships between dynamics of nitrogen uptake and dry matter accumulation in maize crops. Determination of critical N concentration. *Plant and Soil* 216, 65–82.

- Prost L. & Jeuffroy M-H., 2007. Replacing the nitrogen nutrition index by the chlorophyll meter to assess wheat N status. *Agronomy for Sustainable Development* 27, 321–330.
- Reuter D. & Robinson J.B. 1997. *Plant analysis: An Interpretation Manual*. Deuxième édition. Editions CSIRO, Australia. 450 pp.
- Salette J. & Lemaire G., 1981. Sur la variation de la teneur en azote des Graminées fourragères pendant leur croissance: formulation d'une loi de dilution. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 292 (III), 875–878.
- Schepers J. S., Blackmer T. M. & Francis D. D., 1992. Predicting N Fertilizer Needs for Corn in Humid Regions: Using Chlorophyll Meters. In: Bock B.R. & Kelley K.R. (ed.), *Predicting N fertilizer needs for corn in humid regions*. Bull. Y-226. National Fertilizer and Environmental Research Center, Muscle Shoals, USA.
- Sinaj S., Richner W., Flisch R. & Charles R., 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages (DBF-GCH). *Rev. suisse Agric.* 41, 1–98.
- Ulrich A., 1952. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants, *Annual Review of Plant Physiology* 3, 207–228.
- Ziadi N., Bélanger G., Cambouris A.N., Tremblay N., Nolin M.C. & Claessens A., 2008. Relationship between Phosphorus and Nitrogen Concentrations in Spring Wheat. *Agronomy Journal* 100, 80–86.
- Ziadi N., Bélanger G., Claessens A., Lefebvre I., Cambouris A.N., Tremblay N., Nolin M.C. & Parent L.E., 2010. Determination of a Critical Nitrogen Dilution Curve for Spring Wheat. *Agronomy Journal* 102, 241–250.
- Zhao B., 2014. Determining of a critical dilution curve for plant nitrogen concentration in winter barley. *Field Crops Research* 160, 64–72.

7. Indice delle tabelle

Tabella 1. Sintesi dei principali metodi d'analisi delle piante in funzione delle diverse colture.	3/4
Tabella 2. Valori di riferimento dei tenori in macroelementi di alcune colture erbacee da pieno campo.	3/6
Tabella 3. Equazioni delle concentrazioni critiche di N e P per alcune colture erbacee da pieno campo.	3/7

8. Indice delle figure

Figura 1. Curva di resa teorica di una coltura in funzione del tenore di un elemento nutritivo nei suoi tessuti.	3/3
Figura 2. Resa relativa per il frumento autunnale coltivato a Changins in funzione dell'indice di nutrizione P.	3/5
Figura 3. Resa relativa per frumento autunnale, mais da granella e colza in funzione del P disponibile nel suolo.	3/8



4/ Caratteristiche e utilizzo dei concimi

Walter Richner¹, René Flisch¹, Jochen Mayer¹, Patrick Schlegel², Michael Zähler³ e Harald Menzi²

¹ Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

² Agroscope, 1725 Posieux, Svizzera

³ Agroscope, 8356 Ettenhausen, Svizzera

Contatto: walter.richner@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	4/3
2. Concimi aziendali	4/3
2.1 Introduzione	4/3
2.2 Produzione di concimi aziendali e tenore in elementi nutritivi	4/3
2.3 Disponibilità di azoto nei concimi aziendali	4/8
2.4 Preparazione dei concimi aziendali	4/10
2.5 Utilizzazione dei concimi aziendali.....	4/12
3. Concimi ottenuti dal riciclaggio	4/13
3.1 Introduzione	4/13
3.2 Tenore in elementi nutritivi dei concimi ottenuti dal riciclaggio	4/13
3.3 Raccomandazioni relative all'impiego del compost e dei digestati provenienti da impianti artigianali e industriali	4/14
4. Concimi minerali	4/14
4.1 Introduzione	4/14
4.2 Caratteristiche principali dei concimi minerali	4/14
4.3 Influenza dei concimi minerali sul suolo	4/18
5. Bibliografia	4/19
6. Indice delle tabelle.....	4/20
7. Indice delle figure	4/20
8. Indice degli allegati	4/20
9. Allegati	4/21

In copertina: fotografia realizzata da Ursus Kaufmann, Agroscope.

1. Introduzione

Il «Concetto di concimazione in agricoltura» (PRIC; Sinaj e Richner 2017) (figura 2, modulo 1) riassume i parametri e le competenze richieste per eseguire una concimazione conforme alle esigenze delle piante e rispettosa dell'ambiente. Le sue basi si fondano sulla valenza delle riserve del suolo e dei residui colturali in elementi nutritivi per soddisfare il fabbisogno in nutrienti delle piante coltivate, attribuendo alla concimazione un ruolo complementare, volto a coprire gli eventuali deficit. L'applicazione corretta di questo modello presuppone, da un lato, la quantificazione dei concimi aziendali disponibili e del loro tenore in elementi nutritivi, nonché quella dei tenori in nutrienti dei concimi ottenuti dal riciclaggio e dei concimi minerali e, dall'altro, la conoscenza delle loro caratteristiche principali quali, per esempio: la rapidità d'azione, l'effetto specifico sul suolo e il contenuto in sostanze desiderate e/o indesiderate. Tutte informazioni che si trovano nel presente modulo.

2. Concimi aziendali

2.1 Introduzione

Nella maggior parte delle aziende detentrici di bestiame, i concimi aziendali (liquami e letame) coprono una parte considerevole del fabbisogno nutrizionale delle colture. Per questo motivo, è molto importante utilizzarli correttamente sia dal punto di vista nutrizionale sia da quello economico, senza dimenticare che un loro impiego inadeguato inquina l'ambiente (modulo 7). Distribuire i concimi aziendali in modo mirato è difficile a causa delle grandi quantità prodotte, del loro contenuto in elementi nutritivi relativamente scarso e non precisamente noto, dell'incertezza relativa alla disponibilità delle diverse forme di azoto (N) legate alla sostanza organica (SO) e delle possibili perdite di elementi nutritivi che si possono verificare a dipendenza delle condizioni di distribuzione. Queste ultime interessano soprattutto la volatilizzazione dell'ammoniaca (NH₃) e, talvolta, raggiungono livelli notevoli. I valori di riferimento rappresentano, di regola, l'unica possibilità di stimare le quantità di concimi aziendali e i loro tenori in elementi nutritivi, anche se questi ultimi possono differenziarsi in maniera considerevole da un'azienda all'altra. Nonostante la variabilità interaziendale, questi valori, abbinati alle raccomandazioni d'impiego dei concimi aziendali e alla considerazione della variabilità dei flussi di elementi nutritivi, forniscono una buona base per gestire i concimi aziendali in maniera razionale sia dal punto di vista agronomico sia da quello ecologico.

2.2 Produzione di concimi aziendali e tenore in elementi nutritivi

2.2.1 Dati di base e metodi di calcolo

Le deiezioni degli animali da reddito contengono buona parte degli elementi nutritivi ingeriti con il foraggio (figura 1). A livello aziendale, in funzione dell'elemento nutritivo considerato, del tipo di foraggiamento, del livello di produzione del bestiame, del suo stato di salute, eccetera, la percentuale

in nutrienti nelle deiezioni può variare tra il 50 e il 100% del loro tenore nel foraggio di partenza. Valorizzando le deiezioni animali sotto forma di concimi si riesce a chiudere una parte importante del ciclo aziendale degli elementi nutritivi.

Tutte le indicazioni relative alle quantità di elementi nutritivi escrete dagli animali da reddito e ai tenori in nutrienti dei concimi aziendali si fondano sulla differenza tra gli elementi nutritivi ingeriti attraverso il foraggio e la loro quota parte presente nel corpo degli animali e nei loro prodotti, come, carne, latte e uova. I calcoli si basano su piani di foraggiamento elaborati partendo da differenti razioni foraggere e, talvolta, su rilevamenti diretti in azienda. Inoltre, si riferiscono sempre a tecniche di produzione attuali, comunemente applicate dalle aziende agricole. Il fabbisogno nutrizionale, sali minerali compresi, degli animali da reddito si può dedurre dalle «Raccomandazioni alimentari per ruminanti» pubblicate da Agroscope (2015 e 2016), mentre il tenore in elementi nutritivi dei foraggi grezzi si trova nelle tabelle di riferimento dei valori nutritivi, sempre pubblicate da Agroscope (2017). Questi documenti sono disponibili solo in tedesco e in francese. La tabella 1 riporta il tenore in elementi nutritivi dei prodotti animali.



Figura 1. Valorizzare gli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali, conformemente al fabbisogno delle piante e rispettando l'ambiente, rappresenta una sfida impegnativa per le aziende detentrici di bestiame (fotografia: Harald Menzi, Agroscope).

Se si tiene conto delle perdite di N che avvengono in stalla nel corso dello stoccaggio dei concimi aziendali e durante la loro distribuzione, nonché della quota di N legato alla SO, solo parzialmente disponibile, si capisce come non tutto l'N escretto dagli animali da reddito, oppure distribuito con i concimi aziendali, si possa considerare come elemento nutritivo a tutti gli effetti. Da questa riflessione nasce la necessità di differenziare le diverse forme di N coinvolte nella concimazione delle piante coltivate in: N totale (N_{tot}), N solubile (N_{sol}) e N disponibile (N_{disp}). N_{tot} e N_{sol} si possono quantificare analiticamente, mentre il valore di N_{disp} è frutto di un'attività sperimentale pluriennale, condotta su colture concimate secondo le «buone pratiche agricole». L'allegato 1 riporta le definizioni di tutte e tre le forme di N appena citate. Di regola, si ammette che circa il 60% dell'N_{tot} contenuto mediamente nei concimi aziendali di tutte le specie di animali da reddito sia disponibile per le piante a medio termine (N_{disp}). Se si rapporta l'N_{disp} alla quan-

tà di N escreto dal bestiame, la percentuale mediamente a disposizione delle colture cala e si situa attorno al 50 %, perché vanno considerate anche le perdite inevitabili di N che avvengono in stalla e durante lo stoccaggio dei concimi aziendali.

2.2.2 Produzione di elementi nutritivi da parte degli animali da reddito

La tabella 2 riporta le quantità di elementi nutritivi escreti annualmente dagli animali da reddito (per unità: capo o posta), allevati in condizioni produttive medie. Tutti i valori si riferiscono ai contenuti delle deiezioni, strame escluso, per un'intensità di produzione media e un'alimentazione conforme alle raccomandazioni di Agroscope (Agroscope 2015, 2016). La tabella 3 contiene le eventuali differenze rispetto ai valori di riferimento appena citati e riporta i dati necessari per calcolare possibili correzioni relative a tecniche di produzione specifiche. L'allegato 2 riporta

Tabella 1. Tenore in elementi nutritivi del corpo degli animali e nei loro prodotti, come: carne, latte e uova. Con i valori di questa tabella si sono calcolati i bilanci necessari per determinare gli elementi nutritivi delle deiezioni animali.

Categoria di animale/ prodotto	Tenore in elementi nutritivi (g/kg di peso vivo, g/l di latte, g/kg di uova)						
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	Ca
Vacca da latte	25	6,0	14	1,6	1,9	0,50	11,6
Vitello	24	5,9	14	1,6	1,9	0,35	11,0
Bovino da ingrasso	28	7,0	16	2,1	2,5	0,40	13,0
Pecora	22	6,0	14	1,2	1,4	0,30	11,0
Capra	21	5,3	12	1,5	1,8	0,35	9,0
Suinetto	25	5,3	12	2,3	2,9	0,34	8,3
Suino (incr. di peso 25–120 kg)	26	5,4	12	2,3	2,8	0,30	8,0
Suino da ingrasso, scrofa ¹	25	5,1	12	2,2	2,7	0,30	8,0
Pollame	29	5,8	13	2,6	3,1	0,30	10,0
Latte	5,5	1,0	2,3	1,6	1,9	0,10	1,2
Uova	18	1,8	4,2	1,2	1,4	0,50	33,0

¹ Di regola, la scrofa non si considera nei bilanci.

Tabella 2. Valori di riferimento delle quantità di elementi nutritivi escrete annualmente dalle principali categorie di animali da reddito attraverso feci e urina. L'allegato 3 riporta i dati relativi a ulteriori categorie di animali da reddito.

Categoria di animale / indirizzo produttivo		Elementi nutritivi escreti annualmente dagli animali da reddito (unità: kg/capo; kg/posta)						Consumo di foraggio grezzo (q sostanza secca/anno)	
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg		Ca
Vacca da latte	7'500 kg di latte/anno ¹	112	17	39	143	172	14	36	56
Vacca madre ²	razze pesanti (> 700 kg)	95	14	31	131	158	10	30	50
	razze di peso medio (600–700 kg)	85	12	28	117	141	9,0	27	45
	razze leggere (< 600 kg)	72	10	24	98	118	8,0	23	38
	fino a 1 anno d'età	25	3,3	7,5	29	35	4,0	10	11
Bovino da rimonta ^{A1}	tra 1 e 2 anni d'età	40	5,7	13	50	60	5,0	15	22
	oltre 2 anni d'età	55	8,7	20	62	75	7,0	23	33
	per posta	18	3,1	7,1	9,4	11	1,1	7,0	1,0
Vitello da ingrasso ^{A2}	per capo	5,5	0,9	2,1	2,8	3,4	0,3	2,1	0,3
	fino a ca. 350 kg, per capo	22	3,1	7,0	20	24	1,3	3,8	6,0
Vitello allattato ^{A3} da vacca madre	per capo	9,0	1,4	3,2	5,5	6,6	0,6	1,5	1,0
	fino a ca. 220 kg, per capo	22	3,1	7,0	20	24	1,3	3,8	6,0
Bovino da ingrasso intensivo (65–530 kg) ^{A4}	per posta	23	2,2	5,0	19	23	1,3	2,9	6
	oltre 160 gg d'età, per posta	49	5,7	13	34	42	4,2	15	21
Bovino da ingrasso al pascolo (65–530 kg) ^{A5}		40	5,2	12	46	55	4,0	13	16
Toro da rimonta		50	7,9	18	70	85	5,0	20	30
Giumenta con puledro ^{A6}		52	13	31	73	88	7	23	29
Cavallo ^{A7}	oltre 3 anni d'età	44	10	23	62	75	5	19	29
Puledro	da 6 mesi a 3 anni d'età	42	8	18	56	67	4	14	26
Capra ³	per posta	17	2,5	5,7	20	24	1,5	6,5	7,5
Pecora da carne ^{3, A8}	per posta	18	2,6	6,0	21	25	2,0	7,0	8
Pecora da latte ³	per posta	20	3,7	8,5	24	29	2,1	7,4	9
Suino da ingrasso/ rimonta ^{4, A9}	per posta	13	2,3	5,3	4,8	5,8	1,4	3,3	0
	per capo	3,9	0,7	1,6	1,5	1,8	0,40	1,0	0
Suino da riproduzione ^{5, A10}	per posta	44	9,2	21	19	23	4,2	11	0
Verro		18	4,4	10	8,0	9,6	1,5	6,0	0
Scrofa allattante ^{5, A10}	per posta	49	10	23	15	18	4,4	12	0
	per capo e ciclo di produzione	5,0	1,0	2,3	1,5	1,8	0,40	1,2	0
Scrofa in gestazione ^{5, A10}	per posta	25	6,5	15	14	16	2,3	8,5	0
	per capo e ciclo di produzione	8,3	2,2	5,1	4,6	5,5	0,80	2,9	0
Suinetto svezzato ^{5, A10}	per posta	3,9	0,73	1,7	1,9	2,3	0,50	0,70	0
	per capo	0,41	0,08	0,17	0,20	0,24	0,05	0,08	0

Tabella 2 (continuazione)

Categoria di animale / indirizzo produttivo		Elementi nutritivi escreti annualmente dagli animali da reddito (unità: kg/capo; kg/posta)						Consumo di foraggio grezzo (q sostanza secca/anno)	
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg		Ca
Gallina ovaiola ^{6, A11}	per 100 poste	80	20	46	25	30	6,5	100	0
Pollastrella ^{A12}	per 100 poste	30	7,4	17	10	12	2,5	11	0
	per 100 capi	13	3,3	7,5	4,5	5,4	1,1	5	0
Pollo da ingrasso ^{7, A13}	per 100 poste	36	6,0	13	18	22	4,4	4	0
Tacchino da ingrasso ⁸	per 100 poste	140	31	70	33	40	18	35	0
	per 100 capi	48	11	25	11	13	6,5	12	0

Note 1-8: tabella 3; note A1-A13: allegato 2.

Tabella 3. Note della tabella 2. Le note riportano le indicazioni necessarie per attribuire correttamente gli animali da reddito alle diverse categorie esistenti, nonché per tenere conto delle specificità di certe aziende, importanti per calcolare i flussi di elementi nutritivi.

L'allegato 2 riporta alcune note aggiuntive sulle assunzioni fatte per calcolare le quantità di nutrienti riportate nella tabella 2.

Note della tabella 2	Categoria di animale/ indirizzo produttivo	Descrizione delle condizioni produttive
1	Vacca da latte	Produzione media annua di latte: 7'500 kg; peso vivo medio in età adulta: 660 kg. Per ogni 1'000 kg di latte prodotto in meno, diminuiscono sia gli elementi nutritivi prodotti (-5% N, -7% P [P ₂ O ₅], -3% K [K ₂ O], -7% Mg, -6% Ca) sia il consumo di foraggio grezzo (-1,5%), mentre per ogni 1'000 kg di latte prodotto in più, vale l'esatto contrario. Queste correzioni tengono già conto delle differenze di peso vivo.
2	Vacca madre	I calcoli degli elementi nutritivi prodotti si riferiscono a una vacca madre (un vitello allattato) senza, però, considerare il suo vitello. Per le vacche nutrici (più vitelli allattati), si considerano le produzioni di ipotetiche vacche madri appartenenti alla categoria di peso immediatamente superiore. Razze pesanti: peso vivo di 720-800 kg (Limousin, Blonde d'Aquitaine, Charolais, ecc.). Razze di peso medio: peso vivo di 600-700 kg (Bruna svizzera, Simmental, Angus, incroci F1, ecc.). Razze leggere: peso vivo di 500-550 kg (Galloway, Grigia alpina, vacca d'Hérens, ecc.).
3	Posta capra o pecora	Capra o pecora, compresa la rimonta, il finissaggio dei giovani capi da ingrasso e una parte di becco o ariete.
4	Posta suino da ingrasso	La produzione di P si calcola sulla base di un contenuto di 5,2 g di P/kg di foraggio (14 MJ ¹ EDS ² per kg; foraggio standard (non a basso tenore di N e P (NPr)) oppure foraggiamento a fasi). Variazioni di 1 g di P/kg di foraggio comportano un aumento o una riduzione del 30% ca. della produzione di P. La produzione di N si basa su un contenuto di proteina grezza (PG) di 170 g/kg di foraggio (14 MJ ¹ EDS ² /kg). Variazioni di 10 g di PG/kg di foraggio determinano un aumento o una riduzione del 9% della produzione di N. I moduli complementari 6 e 7 di Suisse-Bilanz (Agridea e UFAG, 2016) riportano ulteriori dati per il calcolo della produzione di N e P dei suini da ingrasso partendo da foraggi NPr.
5	Posta suino da riproduzione	La produzione di N e P per posta suino da riproduzione e per anno si calcola sulla base di un contenuto medio ponderato di 173 g di PG e di 5,8 g di P/kg di foraggio (miscela tra un foraggio per scrofe (61%) e uno per suinetti (39%)). Diminuzioni di 10 g di PG/kg di foraggio comportano una riduzione dell'8% della produzione di N, mentre un calo di 1g di P/kg riduce la produzione di P del 24%. Se si utilizzano foraggi differenti per ogni categoria (scrofe in gestazione, scrofe allattanti e suinetti), i valori di riferimento per la PG diventano: 145 g/kg di foraggio per le scrofe in gestazione, 180 g/kg per le scrofe allattanti e 177 g/kg per i suinetti, mentre per ciò che concerne il P si considera, indistintamente, un contenuto di 6 g/kg di foraggio destinato alle scrofe e di 5,7 g/kg per i suinetti. Una riduzione di 10 g di PG/kg di foraggio comporta un calo del 6% dell'N prodotto dalle scrofe in gestazione, dell'8% dalle scrofe allattanti e del 12% dai suinetti. Per ogni riduzione di 1 g di P/kg di foraggio, le scrofe in gestazione producono il 18% di P in meno, quelle allattanti il 23% in meno, mentre per i suinetti il calo raggiunge il 40%. I moduli complementari 6 e 7 di Suisse-Bilanz (Agridea e UFAG, 2016) riportano ulteriori dati per il calcolo della produzione di N e P dei suini da ingrasso partendo da foraggi NPr.
6	Gallina ovaiola	La produzione di P si calcola sulla base di un contenuto di 5,7 g di P/kg di foraggio. Variazioni di 1 g di P/kg di foraggio comportano un aumento o una riduzione del 20% ca. della produzione di P.
7	Pollo da ingrasso	Per calcolare la produzione di elementi nutritivi ci si può riferire al modulo complementare 7 di Suisse-Bilanz «Bilancio import/export» (Agridea e UFAG, 2016), tenendo in considerazione le entrate e le uscite degli animali. Questo metodo di calcolo è obbligatorio per le aziende che allevano più di 3'000 capi.
8	Tacchino da ingrasso	I calcoli si basano su tacchini con peso medio finale di 12 kg e 2,8 cicli di produzione all'anno. Per tacchini in preingrasso (fino a un peso vivo di circa 1,5 kg e 6 cicli di produzione all'anno), si calcola una produzione di 40 kg N, 9 kg P e 10 kg K per 100 poste tacchini all'anno. Per la seconda fase dell'ingrasso (1,5-13 kg di peso vivo e 2,9 rotazioni all'anno), la produzione ammonta a 230 kg N, 50 kg P e 58 kg K per 100 poste.

¹ Megajoule. ² Energia digeribile suino (EDS).

le osservazioni generali e i dettagli sul tipo di produzione necessari per calcolare il tenore in elementi nutritivi delle deiezioni animali.

I valori di riferimento per bovini e piccoli ruminanti provengono dalla Banca dati sul traffico di animali (BDTA) e non tengono conto dei periodi di vuoto sanitario tra due cicli di produzione. Per suini e pollame, invece, le quantità di elementi nutritivi prodotte annualmente per singola posta includono anche i periodi di assenza degli animali (allegato 2).

Per particolari categorie di animali, caratterizzate da cicli di produzione inferiori a dodici mesi e chiaramente definiti, oltre ai valori espressi per posta e per anno, si indicano anche i valori relativi ai singoli capi prodotti. L'allegato 3 riporta i valori relativi al consumo di foraggio grezzo e alla produzione di deiezioni di ulteriori categorie di animali da reddito.

2.2.3 Produzione di concimi aziendali

Il foraggiamento influenza la quantità di deiezioni prodotta dagli animali da reddito, quindi anche la quantità di concimi aziendali da gestire annualmente. La tabella 4 riporta i valori di riferimento della produzione di liquami e letame, espressi in funzione delle diverse specie animali e dei sistemi di stabulazione. Questi dati servono, innanzitutto, a determinare i volumi di stoccaggio necessari in azienda e, in secondo luogo, a pianificarne approssimativamente la distribuzione.

La stabulazione influenza il tipo di concimi aziendali prodotti: solo liquame completo, liquame povero di sterco e letame oppure solo letame. Le quantità di concimi aziendali prodotte non cambiano tra stabulazione fissa e stabulazione libera. Le quantità di letame indicate tengono già conto delle perdite di stoccaggio, che possono variare a seconda del tipo di letame, del metodo di stoccaggio e delle

Tabella 4. Produzione annuale indicativa di liquami e letame delle diverse specie animali in funzione dei sistemi di stabulazione.

	Categoria di animale/indirizzo produttivo	Produzione annuale di concimi aziendali e quantità di paglia utilizzata ¹ in funzione del sistema di stabulazione ²					
		Solo liquame completo ³ (m ³)	Liquame povero di sterco e letame ^{3,4}			Solo letame ⁴	
			Paglia necessaria (q/anno)	Liquame povero di sterco (m ³)	Letame (t)	Paglia necessaria (q/anno)	Letame (t)
1	Vacca da latte, produzione di 7'500 kg/anno ⁵	23	6,8	11	8,9	30	21
1	Vacca madre, razze pesanti ⁶	19	5,0	9,4	7,6	25	18
1	razze di peso medio ⁶	17	5,0	8,7	6,7	25	16
1	razze leggere ⁶	15	5,0	7,0	5,7	25	13
1	Bovino da rimonta fino a 1 anno d'età	4,8	1,5	2,4	2,0	8,0	4,6
1	Bovino da rimonta tra 1 e 2 anni d'età	8,0	2,5	4,0	3,2	12	7,6
1	Bovino da rimonta oltre 2 anni d'età	12	3,5	5,4	4,4	16	10
1	Vitello da ingrasso, per posta					4,2	3,2
1	Vitello allattato da vacca madre, fino a ca.350 kg	4,1	1,3	2,0	1,6	4,2	3,8
1	Vitello allattato da vacca madre, fino a ca. 220 kg	1,6	0,6	0,8	0,6	2,4	1,5
1	Bovino da ingrasso, fino a 160 gg d'età	4,5	secondo il tipo di stabulazione ⁷			11,0	5,0
1	oltre 160 gg d'età	10	secondo il tipo di stabulazione ⁷			16	11
1	Cavallo (letame fresco)					29	12 ⁸
1	Giumenta con puledro sotto 6 m. d'età (letame fresco)					36	14 ⁸
1	Puledro da 6 mesi a 2.5 anni d'età (letame fresco)					15	10 ⁸
1	Capra, per posta					3,7	1,7
1	Pecora da carne, per posta					3,7	1,7
1	Pecora da latte, per posta					3,7	2,3
1	Suino da ingrasso, per posta	1,6	secondo il tipo di stabulazione ⁷			2,6	1,2
1	Suino da riproduzione, per posta	7,5	secondo il tipo di stabulazione ⁷			8,0	4,2
1	Scrofa dopo il parto, per posta	8,2	secondo il tipo di stabulazione ⁷			10	3,5
1	Scrofa in gestazione, per posta	5,5	secondo il tipo di stabulazione ⁷			6,0	2,3
1	Suinetto, per posta	0,6	secondo il tipo di stabulazione ⁷			1,0	0,3
		Nastro per deiezioni	Cassone per deiezioni / allevamento al suolo				
100	Poste gallina ovaiole	2,7		1,5			
100	Poste pollastrella	1,0		0,6			
100	Poste pollo da ingrasso			0,8			
100	Poste tacchino da ingrasso			3,0			

condizioni climatiche. Ne consegue che le quantità effettive di letame possono differire dai valori di riferimento.

I valori di riferimento sono validi con il bestiame sempre presente in stalla. In caso di assenze temporanee dalla stalla (pascolo, estivazione), le quantità di concime aziendale prodotte vanno ridotte proporzionalmente (figura 2). Per esempio, nel caso si pascoli per 200 giorni durante 8 ore al giorno, bisogna ridurre le quantità di concimi aziendali prodotte in un anno del 18,3 %, come si può evincere dal calcolo seguente:

$$(200 \text{ gg} \times 8 \text{ h/g}) / (365 \text{ gg} \times 24 \text{ h/g}) \times 100 \rightarrow \text{riduzione pari al } 18,3\%$$

Le quantità di concimi aziendali riportate nella tabella 4 si riferiscono a un livello produttivo medio (tabella 3 e allegato 2). In caso di produzione più intensiva, le quantità aumentano proporzionalmente.

Le quantità di liquami riportate nella tabella 4 si riferiscono a liquami non diluiti. Nella maggior parte delle aziende, nella fossa per liquami vanno a finire anche quantità non trascurabili d'acqua esausta (lavaggio della stalla, lavaggio del locale latte, acqua piovana che cade su piazzali scoperti, scarichi fognari dell'economia domestica, ecc.). Di conseguenza, la quantità effettiva di liquami da gestire si può determinare soltanto quando, oltre alla produzione di liquami non diluiti, si conosce anche questa quantità d'acqua. La tabella 5 riporta dei valori di riferimento con i quali si può stimare la quantità d'acqua esausta che finisce nella fossa. Di regola, si considera normale una diluizione di 1:1 (una parte di liquami:una parte d'acqua). Per evitare di perdere ingenti quantità di N attraverso la volatilizzazione dell' NH_3 quando si liquama in presenza di temperature elevate (tabella 2, modulo 7), i liquami vanno diluiti maggiormente, soprattutto durante l'estate.

Note della tabella 4, p. 4/6

- ¹ In caso di assenze temporanee dalla stalla (pascolo, estivazione), le quantità di concime aziendale prodotte vanno ridotte proporzionalmente. Le quantità si riferiscono a un livello produttivo medio. In caso di produzione più intensiva, le quantità di concime aziendale prodotte aumentano di conseguenza.
- ² La produzione di soli liquami, solo letame oppure di liquame povero di sterco e letame dipende dal sistema di stabulazione. Le quantità di concimi aziendali prodotte non cambiano tra stabulazione fissa e stabulazione libera. Le quantità di letame indicate tengono già conto delle perdite di stoccaggio, che possono variare a seconda del tipo di letame, del metodo di stoccaggio e delle condizioni climatiche. Ne consegue che le quantità effettive di letame possono distanziarsi dai valori di riferimento. Nel caso di letame di mucchio maturo, o letame di stabulazione libera (allegato 1), si può considerare un peso specifico medio di 700–800 kg/m³. Per il letame caricato su carri spandiletame tramite gru o caricatore frontale, si calcola un peso di circa 550–650 kg/m³ mentre, se si carica manualmente, bisogna stimare un peso di ca. 700–800 kg/m³. Tutte queste indicazioni non si applicano per il letame contenente grosse quantità di residui di foraggio o di altri materiali organici e nemmeno per feci prive di lettiera (stalle d'alpeggio). Per ottenere indicazioni specifiche per la propria azienda, si raccomanda di pesare più carri spandiletame caricati normalmente.
- ³ Il tipo di liquame dipende principalmente dalla specie animale e dalla percentuale di feci in esso contenuto. Le quantità di liquami indicate si riferiscono a liquami non diluiti. Le quantità d'acqua supplementari, che possono giungere nella fossa per liquami, si devono considerare secondo quanto riportato nella tabella 5. Di regola, si considera normale una diluizione di 1:1 (una parte di liquami:una parte d'acqua).
- ⁴ Il tipo e la qualità del letame dipendono dalla quantità di stame utilizzato e dalla percentuale di feci e di urina in esso contenute. Se si utilizza molto stame e/o se molte feci vanno a finire nella fossa per liquami, si ottiene un letame ricco di paglia. La lettiera influenza poco la quantità (peso) di letame prodotta.
- ⁵ I calcoli si basano su una produzione annuale media di 7'500 kg di latte. Variazioni di 1'000 kg di latte comportano un aumento, rispettivamente una riduzione, del 5% delle quantità di concimi aziendali prodotte. Queste correzioni tengono già conto delle differenze di peso vivo.
- ⁶ Razze pesanti: peso vivo > 700 kg;
razze di peso medio: peso vivo di 600–700 kg;
razze leggere: peso vivo < 600 kg.
- ⁷ Di regola, in queste stalle, la produzione di liquami e di letame avviene su superfici differenti. I concimi prodotti sono pertanto paragonabili al liquame completo e al letame di stabulazione libera. Le quantità (percentuali) di ciascun concime si possono stimare in funzione delle superfici interessate. Per esempio, in una stalla la cui superficie è per il 60% ricoperta da lettiera e per il 40% da pavimento grigliato, si può stimare che la produzione di liquame completo sia pari al 40% di quella teoricamente possibile e che quella di letame di stabulazione libera raggiunga il 60% di quanto sarebbe stato prodotto se tutto il pavimento della stalla fosse stato ricoperto da lettiera.
- ⁸ I valori si riferiscono a letame di cavallo fresco (stoccaggio inferiore a 1 mese). Per tempi di stoccaggio e maturazione superiori ai 3 mesi, i valori di riferimento si possono dimezzare.



Figura 2. In caso di assenza temporanea del bestiame, le quantità di letame e liquami prodotte in stalla vanno ridotte proporzionalmente (fotografia: Gabriela Brändle, Agroscope).

2.2.4 Tenore in elementi nutritivi dei concimi aziendali

La tabella 6 riporta i tenori di riferimento degli elementi nutritivi contenuti nei diversi tipi di concime aziendale. Le quantità di liquami sono intese come non diluite. Per determinare i tenori effettivi in elementi nutritivi dei liquami diluiti bisogna tenere conto della quantità d'acqua esausta aggiunta nella fossa, secondo quanto riportato nella tabella 5:

Tenore dei liquami diluiti	=	Tenore dei liquami non diluiti (parti di liquami non diluiti + parti d'acqua)
----------------------------	---	-------------------------------------------------------------------------------------

Anche se il foraggiamento influenza i tenori in elementi nutritivi dei concimi aziendali, i valori di riferimento della tabella 6 sono stati determinati in modo tale che sia necessario apportare correzioni soltanto in condizioni particolari (allegato 2) come, per esempio, in un'azienda biologica dove il tenore in potassio (K) del foraggio grezzo differisce

Tabella 5. Valori di riferimento per il calcolo della quantità d'acqua esausta convogliata nella fossa per liquami (UFAM e UFAG 2011). Il consumo d'acqua per UBG può variare fortemente. Dati precisi sui consumi specifici di ogni azienda si possono determinare solo installando contatori appositi.

Categoria di animale / Categoria d'acqua esausta	Unità di riferimento	m ³ /mese		m ³ /anno
		Estate	Inverno	
Bovini				
Pulizia della stalla e cura degli animali ¹	UBG	1,0	0,2	7,0
Evacuazione liquida del letame ²	UBG	0,5	0,5	6,0
Suini				
Pulizia della stalla e cura degli animali ³	PSI ⁹	0,04		0,5
Pollame				
Pulizia del pollaio (galline ovaiole) ³	1'000 PGO ¹⁰	0,2		2,5
Pulizia del pollaio (pollame da ingrasso) ³	1'000 PPI ¹¹	0,4		5,0
Colaticcio dalla concimaia , deflussi da paddock scoperti con fondo consolidato e impermeabile, deflussi da sili a trincea scoperti (acque grigie + acque chiare)	m ² e 100 mm di precipitazioni	0,1		1,2
Sili a trincea scoperti con canaletta per la raccolta del percolato (solo acque grigie) ⁴	m ² e 100 mm di precipitazioni	0,025		0,3
Pulizia di installazioni per la produzione di latte				
Locale latte	Gruppo di mungitura (GM)	0,5 + 0,05 × GM		6 + 0,6 × GM
Cisterna di raffreddamento ⁵	Volume in litri (L)	0,0015 × L		0,018 × L
Impianto di mungitura a secchio	Gruppo di mungitura	3 + 0,5 × GM		36 + 6 × GM
Impianto di mungitura a condotta (stabulazione fissa o sala di mungitura)	Gruppo di mungitura	4 + 0,5 × GM		48 + 6 × GM
Posta nella sala di mungitura ⁶	Posta sala di mungitura (PSM)	0,5 × PSM		6 × PSM
Robot di mungitura ⁷	Unità	25		300
Acque esauste di origine domestica⁸				
Condizioni normali: lavatrice, doccia/bagno e WC	Abitante	5,0		60
Installazioni sanitarie semplici	Abitante	3,5		42
Casi particolari con deflusso regolarmente inferiore alla norma	Abitante	2,0		24

¹ La quantità d'acqua indicata è generalmente sufficiente per il buon funzionamento dell'evacuazione continua del liquame con barriera di ritenzione.

² Questa quantità d'acqua va, di regola, aggiunta all'acqua utilizzata per la normale pulizia della stalla. È indispensabile per il buon funzionamento del sistema e, quindi, non si può ridurre durante l'inverno.

³ Se non si usa un'idropulitrice ad alta pressione, la quantità d'acqua necessaria aumenta nettamente rispetto a quanto indicato nella tabella. In linea di massima, la pulizia si effettua unicamente alla fine di un ciclo di produzione.

⁴ L'acqua meteorica (chiara) che cade sulla superficie occupata dal silo a trincea si disperde direttamente in campo.

⁵ In caso di pulizia giornaliera.

⁶ Per posta nella sala di mungitura, pulizia della fossa di mungitura compresa. Per le giostre di mungitura bisogna seguire le indicazioni del fabbricante.

⁷ 0,5–0,8 litri d'acqua esausta per kg di latte e anno. In determinati casi, queste quantità possono essere più elevate.

⁸ È necessario verificare che il deflusso dell'acqua esausta vada effettivamente a finire nella fossa per liquami secondo le prescrizioni di UFAM e UFAG (2011).

⁹ Posta per suino da ingrasso.

¹⁰ Posta per gallina ovaiole.

¹¹ Posta per pollo da ingrasso.

sensibilmente dai valori di riferimento oppure dove il tenore in fosforo (P) delle razioni foraggere per suini e pollame è maggiore di quello normalmente rilevato nelle aziende non biologiche a causa del divieto, nelle prime, di aggiungere fitasi nei foraggi. Il metodo di preparazione dei concimi aziendali (capitolo 2.4) può avere un effetto non trascurabile sui loro tenori in elementi nutritivi.

2.3 Disponibilità di azoto nei concimi aziendali

Ovunque si depositino o si distribuiscano concimi aziendali si verificano perdite di N, soprattutto sotto forma di NH₃. Di regola, le inevitabili perdite di N, che si verificano in stalla e durante lo stoccaggio, si valutano al 20% dell'N contenuto nelle deiezioni animali, per i bovini detenuti in stabulazione libera, e al 15% per quelli allevati in stabula-

zione fissa. Per i suini, le perdite raggiungono il 20%, mentre nel caso del pollame si va dal 30 al 50%. I tenori di riferimento per l'N contenuto nei concimi aziendali di origine bovina, riportati nella tabella 6, sono al netto delle inevitabili perdite che caratterizzano la stabulazione libera.

Anche durante la distribuzione di liquami o letame si verificano perdite dovute alla volatilizzazione dell'NH₃. Bisogna poi considerare che una parte dell'N dei concimi aziendali è legato alla SO e, di conseguenza, non è immediatamente disponibile per le piante. Questo N entra a far parte della SO del suolo e ritorna disponibile per le piante solo dopo processi di decomposizione e mineralizzazione che, in parte, si protraggono per anni. L'incertezza è aumentata dal fatto che stimare l'epoca e l'importanza della mineralizzazione della SO del suolo è estremamente difficile. L'N_{disp} presente nei

Tabella 6. Tenori di riferimento in sostanza secca (SS), sostanza organica (SO) ed elementi nutritivi dei concimi aziendali prodotti da diverse specie di animali da reddito stabulate.

Categoria di animale/ categoria di concime aziendale	Tenori (kg/m ³ di liquami non diluiti e in kg/t di letame)										
	MS	MO	N _{tot} ³	N _{sol} ³	N _{disp} ³	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	Ca
Vacca da latte / bovino da rimonta											
Liquame completo ¹	90	70	3,9	2,1	2,0–2,7	0,74	1,7	6,2	7,5	0,61	1,5
Liquame povero di sterco ¹	75	40	4,5	2,9	2,9–3,8	0,47	1,1	9,0	11	0,58	1,0
Letame di mucchio ²	190	150	4,5	0,7	0,9–1,8	1,3	3,0	5,1	6,1	0,93	3,0
Letame di stabulazione libera ²	210	175	4,9	1,2	1,2–2,5	0,94	2,2	8,4	10	0,82	2,2
Bovino da ingrasso											
Liquame completo ¹	90	65	4,0	2,1	2,0–2,8	0,55	1,3	3,7	4,5	0,37	1,2
Letame di stabulazione libera ²	210	155	4,1	1,0	1,0–1,8	0,57	1,3	4,4	5,3	0,42	1,5
Vitello											
Letame di vitello ²	200	150	5,0	1,9	1,3–2,5	1,1	2,5	4,7	5,7	0,89	1,7
Cavallo											
Letame fresco di cavallo ²	350	300	4,4	1,2	0,3–0,8	1,1	2,5	8,1	9,8	0,6	2,5
Letame maturo di cavallo ²	350	240	6,8	0,7	0,7–1,8	2,2	5,0	16,2	19	1,3	5,0
Capra / pecora											
Letame di capra / pecora ²	270	200	8,2	2,4	3,3–4,9	1,6	3,7	14	17	1,3	4,9
Suino											
Liquame suino da ingrasso ^{1,4}	50	36	6,5	4,6	3,3–4,6	1,4	3,2	3,0	3,6	0,88	2,1
Liquame suino da rimonta ^{1,5}	50	33	4,7	3,3	2,4–3,4	1,2	2,7	2,5	3,0	0,56	1,5
Letame suino ²	270	230	8,8	2,6	3,5–5,3	2,9	6,6	6,0	7,3	1,5	5,0
Pollame											
Deiezioni di gallina / pollastrella (nastro per deiezioni) ²	350	250	21	6,3	8,4–13	7,4	17	9,3	11	2,4	37
Pollina di gallina / pollastrella (cassone per deiezioni, allevamento al suolo) ²	500	330	26	7	11–16	13	30	17	20	4,3	67
Pollina di pollo da ingrasso ^{2,6}	650	440	32	10	13–19	7,5	17	23	28	5,5	5
Pollina di tacchino ²	600	400	28	7,5	12–18	10	23	10,8	13	6,0	12

¹ I tenori in elementi nutritivi dei liquami si riferiscono a liquami non diluiti. Per calcolare i tenori effettivi dei liquami diluiti bisogna tenere conto della quantità d'acqua esausta aggiunta nella fossa, secondo quanto riportato nella tabella 5 (tenore dei liquami diluiti = tenore dei liquami non diluiti / (parti di liquami non diluiti + parti d'acqua)). Per esempio, per una diluizione di 1:1,5 (1 parte di liquami:1,5 parti d'acqua) i tenori dei liquami non diluiti vanno divisi per 2,5.

² Se non specificato altrimenti, i valori si riferiscono a letame mediamente maturo (allegato 1).

³ Il capitolo 2.3 riporta informazioni dettagliate sulle forme e sulle perdite di N dei concimi aziendali.

⁴ La tabella 3 riporta informazioni dettagliate a proposito della nota 4.

⁵ La tabella 3 riporta informazioni dettagliate a proposito della nota 5.

⁶ Dati validi indipendentemente dalla durata del periodo d'ingrasso negli usuali sistemi di produzione.

concimi aziendali corrisponde alla quantità di azoto assimilabile dalle piante sull'arco di tre anni, a condizione che i concimi aziendali siano gestiti in maniera ottimale. L' N_{disp} si compone di una frazione solubile (N_{sol}), disponibile per le piante a partire dalla distribuzione, e di una frazione disponibile a medio termine (entro 2–3 anni dalla distribuzione), dopo la mineralizzazione della SO. La tabella 7 mostra le percentuali di N_{disp} per le piante contenute nei diversi concimi aziendali sia durante l'anno di distribuzione sia a medio termine.

Su parcelle che ricevono regolarmente concimi aziendali, si possono utilizzare i valori della prima colonna della tabella 7 per il calcolo del piano di concimazione, così da considerare in modo semplice anche l'effetto residuo di distribuzioni effettuate negli anni precedenti. Per le superfici prative, si considerano i valori superiori dell'intervallo di riferimento, mentre per le colture erbacee da pieno campo si utilizzano quelli inferiori. Nei liquami, per stimare la percentuale di N disponibile già durante l'anno di distribuzione, si

può utilizzare il valore relativo all'azoto ammoniacale ($N-NH_4^+$) ivi contenuto. Questa forma di N si può determinare con precisione sufficiente eseguendo un test rapido (capitolo 2.5.2). Nei concimi aziendali, la differenza tra N_{tot} distribuito e N_{disp} corrisponde alle somme tra le perdite di NH_3 verificatesi dopo la distribuzione e la percentuale di N legata a tempo indeterminato nel suolo, sotto forma di SO (humus).

Se i concimi aziendali non si distribuiscono all'epoca ideale (figura 3) (nel tardo autunno, durante il riposo vegetativo, in condizioni atmosferiche o pedologiche sfavorevoli, ecc.), la valorizzazione dell'N può essere nettamente inferiore. In questi casi, buona parte dell' N_{disp} va persa attraverso: dilavamento, ruscellamento e/o volatilizzazione. Queste perdite sono nocive per l'ambiente e devono essere ridotte al minimo, anche perché rappresentano una perdita economica netta per l'agricoltore, che deve acquistare l'N perduto.

Tabella 7. N_{disp} a medio termine e durante l'anno di distribuzione in diversi concimi aziendali.

Categoria di concime aziendale	N_{disp} a medio termine ¹ (% di N_{tot})	N_{disp} durante l'anno di distribuzione ² (% di N_{tot})	
		Superfici prative	Colture erbacee da pieno campo
Liquame bovino completo	50–70	55	45
Liquame bovino povero di sterco	65–85	70	60
Letame bovino di mucchio	20–40 ³	20	15
Letame bovino di stabulazione libera	25–50 ³	25	20
Letame di cavallo	10–25 ³	15	10
Letame di capra / pecora	40–60 ³	40	30
Liquame suino	50–70	60	50
Letame suino	40–60 ³	4	35
Deiezioni di gallina (nastro per deiezioni)	40–60 ³	4	40
Pollina di gallina (cassone per deiezioni, allevamento al suolo)	40–60 ³	4	35
Pollina di pollo e tacchino da ingrasso	40–60 ³	4	35

¹ Questa quantità di N dovrebbe essere disponibile per le piante nelle condizioni pedoclimatiche medie riscontrabili in Svizzera e con una valorizzazione ottimale dei concimi aziendali. Essa comprende sia la disponibilità a breve termine sia l'effetto residuo negli anni successivi (allegato 1, voce N_{disp}). Su parcelle che ricevono regolarmente concimi aziendali, si possono utilizzare i valori di questa colonna per il calcolo del piano di concimazione, così da considerare in modo semplice anche l'effetto residuo di distribuzioni effettuate negli anni precedenti. Con apporti di letame saltuari, l' N_{disp} si ripartisce sull'arco di 2–3 anni. Questo modo di procedere non ha, tuttavia, alcun senso con i liquami. Per le superfici prative, si considerano i valori superiori dell'intervallo di riferimento, mentre per le colture erbacee da pieno campo si utilizzano quelli inferiori.

² N_{disp} in caso di impiego ottimale dei concimi aziendali e di perdite limitate. L'N rimanente si mineralizzerà nel corso degli anni seguenti. La mineralizzazione dipende fortemente dalle condizioni pedoclimatiche locali. La disponibilità di N può avere, a seconda del momento in cui avviene la mineralizzazione, effetti agronomici e/o economici diversi (resa e qualità delle piante oppure perdite) (allegato 1, voce N_{disp}).

³ Nei suoli con tenore in argilla superiore al 30% si può contare al massimo sul valore inferiore dell'intervallo di riferimento relativo alla disponibilità a medio termine. Addirittura, in queste condizioni, la disponibilità effettiva è spesso ancora più limitata. Lo stesso dicasi per la disponibilità durante l'anno di distribuzione.

⁴ L'utilizzo di questi concimi aziendali è sconsigliato per le superfici prative permanenti.

2.4 Preparazione dei concimi aziendali

2.4.1 Fermentazione anaerobica

Le caratteristiche fisiche dei liquami sottoposti a fermentazione anaerobica (in assenza d'aria) in un impianto di metanizzazione si modificano rispetto a quelle dei liquami di partenza. Questi cambiamenti vanno tenuti in debito conto durante la concimazione. Nel corso della fermentazione anaerobica, la SO si mineralizza e la sostanza secca (SS) diminuisce. Ne consegue un aumento della fluidità del digestato liquido, che favorisce la sua rapida infiltrazione nel suolo, riducendo le perdite di N sotto forma di NH_3 gassosa durante, e dopo, la sua distribuzione in campo.

La mineralizzazione della SO del digestato liquido riduce la percentuale di N organico e fa aumentare la quota di $N-NH_4^+$. Ciò comporta un aumento della percentuale di N_{disp} per le piante, che facilita la valutazione del suo effetto fertilizzante.

L'effetto fertilizzante del digestato liquido nel corso dell'anno di distribuzione è perlomeno equivalente a quello dei corrispondenti liquami di partenza (tabella 7). L'aumento di $N-NH_4^+$ e la simultanea diminuzione delle molecole organiche (contenenti carbonio [C]), facilmente utilizzabili dai microrganismi tellurici, riducono il valore del rapporto C:N e, di conseguenza, l'immobilizzazione dell' $N-NH_4^+$ nel suolo. Ne consegue una migliore valorizzazione dell'N

durante l'anno di distribuzione, a patto che si gestisca il digestato liquido secondo le «buone pratiche agricole» (p.e. utilizzando una barra di distribuzione equipaggiata con tubi flessibili a strascico). L'efficacia dell'N del digestato liquido, fermentato da solo o con altri substrati, aumenta del 10–25% (Bosshard *et al.* 2010; Möller e Müller 2012; Webb *et al.* 2013).

Durante la fermentazione anaerobica, oltre alla quota di $N-NH_4^+$, aumenta anche il pH, perché una parte di N organico si trasforma in carbonato d'ammonio $(NH_4)_2CO_3 \cdot H_2O$. Ciò accresce il rischio di perdite di N sotto forma di NH_3 gassosa, se il digestato liquido non si conserva e distribuisce correttamente.

2.4.2 Separazione meccanica delle frazioni solida e liquida dei liquami

Si tratta di un processo meccanico che separa la frazione solida dei liquami (letame separato) da quella liquida (liquame separato). La prima contiene P a lenta cessione, mentre la seconda, equiparabile a un liquame chiarificato e diluito, contiene elementi nutritivi solubili ad azione rapida. Separando le particelle solide più grosse, si migliorano le caratteristiche generali dei liquami separati, che presentano diversi vantaggi rispetto ai liquami completi di partenza:

- riduzione dei volumi da distribuire;
- nessuno strato solido galleggiante (di norma non serve miscelarlo prima di distribuirlo);

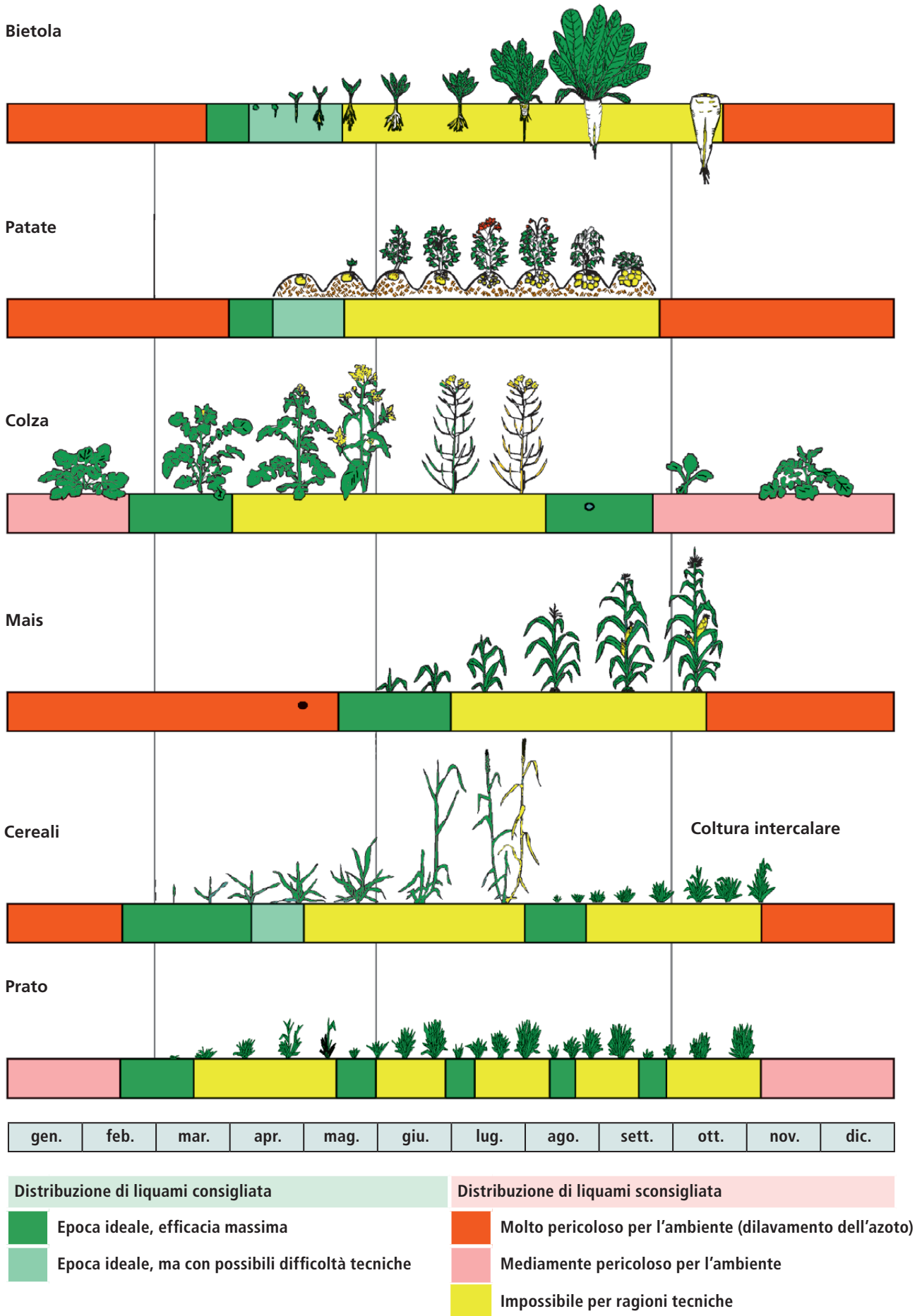


Figura 3. Idoneità dei diversi periodi dell'anno per la distribuzione di liquami e digestati liquidi in funzione dello sviluppo delle colture e del potenziale rischio ambientale (le date vanno adattate alle condizioni pedoclimatiche locali).

- nessun intasamento nelle installazioni di distribuzione (tubi, pompe, botti a pressione, ecc.);
- allontanamento rapido dalla superficie delle foglie;
- migliore infiltrazione nel suolo;
- minori perdite gassose di NH_3 ;
- migliore valorizzazione dell'N.

Lo svantaggio di questa tecnica è che servono due strutture di stoccaggio distinte: una coperta per la fase liquida e una con pavimentazione impermeabile per quella solida. I liquami separati si possono distribuire sia sulle superfici prative sia sulle colture erbacee da pieno campo. Il letame separato si può valorizzare nei campi così com'è, miscelato con del compost o, nel caso presenti una SS superiore al 25%, compostato.

2.4.3 Additivi per liquami

Gli additivi per liquami sono molto diffusi sul mercato. Gli effetti positivi del loro impiego sono difficili da verificare in quanto spesso legati a una gestione dei liquami più accurata. Esistono pubblicazioni che forniscono un elenco dei prodotti disponibili e diverse informazioni sul loro modo d'azione (APF/AGFF/ADCF 1999; IBK Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz 2009).

2.4.4 Aerazione dei liquami

L'aerazione è una tecnica sempre meno diffusa, perché non porta alcun vantaggio di rilievo, né agronomico né ecologico, nella gestione dei liquami, a fronte di notevoli costi di installazione e utilizzo. Per ciò che concerne l'emissione di cattivi odori, questo processo presenta, tuttavia, indubbi vantaggi rispetto allo stoccaggio anaerobico del liquame. Qualora l'aerazione non avvenga in modo appropriato (frequenza troppo elevata e/o intensità eccessiva), è inevitabile subire perdite di N elevate, sotto forma di NH_3 gassosa.

2.5 Utilizzazione dei concimi aziendali

2.5.1 Capacità di stoccaggio ed epoca di distribuzione di liquami e letame

La produzione di liquami e letame è continua, mentre la loro distribuzione è limitata dal tipo di coltura, dal suo fabbisogno in elementi nutritivi, dal suo stadio di sviluppo e dalle condizioni pedoclimatiche locali (possibilità di accedere alle parcelle con i veicoli, rischi di perdite di elementi nutritivi, ecc.). Per distribuire in modo ottimale i concimi aziendali, è indispensabile disporre di una sufficiente capacità di stoccaggio, in modo da non dover spargere i concimi aziendali in epoche inadeguate o al di fuori del periodo vegetativo (figura 4). La capacità di stoccaggio deve rispettare le prescrizioni emanate dall'UFAM e dall'UFAG (2011): capacità minima di cinque mesi nelle zone di pianura e collinari¹ e di sei mesi in quelle di montagna da I a IV. La figura 3 mostra quali siano i momenti dell'anno nei quali è ragionevole e/o possibile distribuire liquami e digestati liquidi su alcune colture.

¹ Secondo l'ordinanza concernente il catasto della produzione agricola e la delimitazione di zone (Ordinanza sulle zone agricole, RS 912.1).

2.5.2 Criteri per calcolare le quantità di concimi aziendali da distribuire

Il calcolo delle quantità di concimi aziendali da distribuire si basa principalmente sul fabbisogno in N e P delle colture e sul tenore delle forme disponibili di questi due elementi nutritivi nei concimi aziendali stessi. Nel caso si proceda a un unico apporto stagionale, questo va calibrato prioritariamente sul P mentre, in caso di apporti frazionati, è l'N a determinare le quantità. Sul mercato, esistono apparecchi di misurazione appositi che consentono una stima rapida e sufficientemente precisa del tenore in N-NH_4^+ dei liquami (p.es. Güllemax).

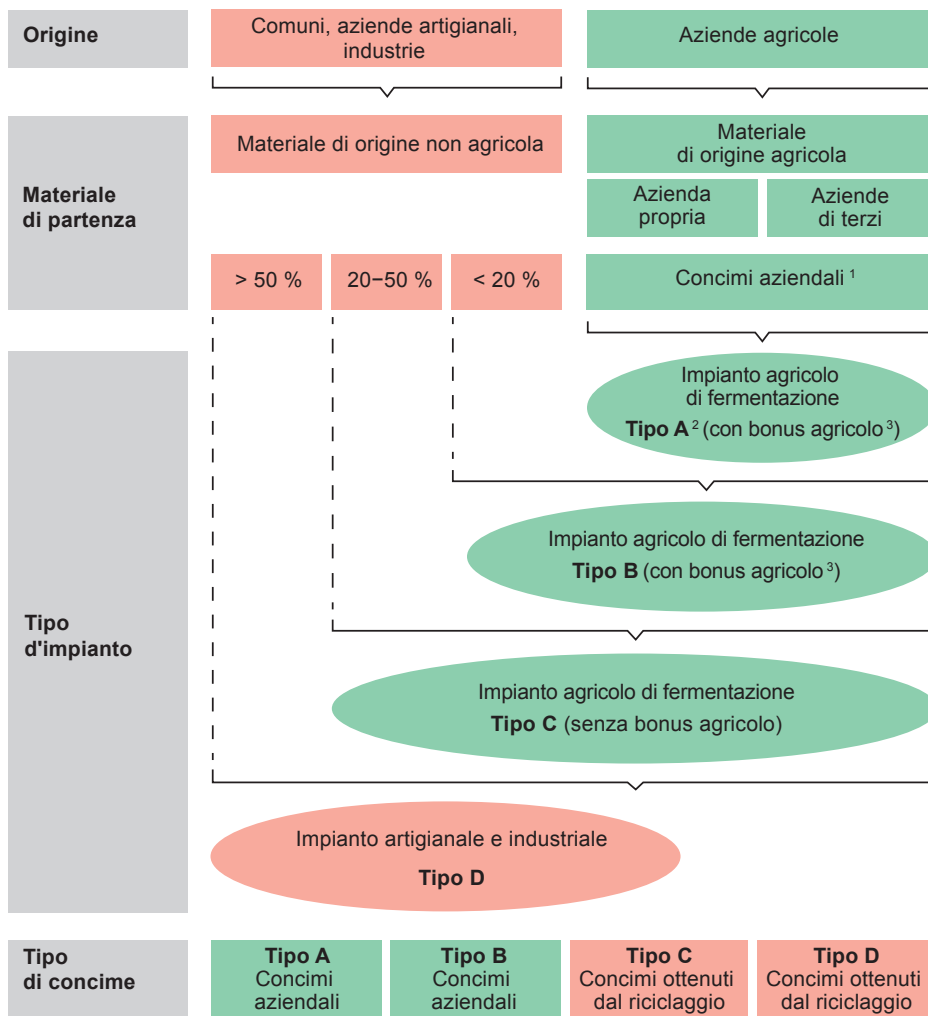
Singoli apporti di liquami di 20–30 m^3/ha sulle superfici prative e di 30–50 m^3/ha sulle colture erbacee da pieno campo sono di regola appropriati. Per ciò che concerne il letame di mucchio, si raccomanda di non superare le 20 t/ha di letame ben maturo (BDU 2004).

Il rischio di perdite di elementi nutritivi, in special modo di NH_3 , aumenta considerevolmente utilizzando concimi aziendali con tenori in N-NH_4^+ troppo elevati e/o distribuendoli in modo non appropriato (tabella 2, modulo 5). Il modulo 7 riporta tutte le informazioni necessarie per distribuire i concimi aziendali riducendo il più possibile le perdite di elementi nutritivi.

Per quanto concerne la quantità massima per ogni singolo apporto, vanno rispettati i limiti indicati nelle tabelle 3 e 4 del modulo 7. Le quantità di P, K e magnesio (Mg) distribuite attraverso i concimi aziendali vanno tenute in debito conto e contabilizzate al momento di pianificare la concimazione di base successiva. Di principio, si suppone che tutto il P, il K e il Mg abbiano un'efficacia completa già durante l'anno di distribuzione. Le quantità di elementi nutritivi apportate con i liquami non dovrebbero superare in maniera significativa il fabbisogno delle colture corretto in base alle analisi del suolo.



Figura 4. Disporre di una capacità di stoccaggio sufficiente per i liquami è di basilare importanza per riuscire a distribuirli durante il periodo vegetativo, quando le piante coltivate sono in grado di valorizzarli al meglio (fotografia: Gabriela Brändle, Agroscope).



¹ Se il concime aziendale di partenza contiene materiale organico di origine non agricola, conformemente all'OCon (fino ad un massimo del 20%), la sua quota effettiva va contabilizzata per definire il tipo di impianto.

² Gli impianti agricoli per la produzione di biogas di tipo A fermentano unicamente materiale di origine agricola. Sono esclusi anche i concimi aziendali che contengono meno del 20% di materiale organico di origine non agricola, conformemente all'OCon (max 20%).

³ Per il bonus previsto per la biomassa di origine agricola, la quota di piante energetiche e di materiale di origine non agricola deve essere inferiore al 20% (allegato 1.5 n. 6.5 OCon vig.)

Figura 5. Suddivisione dei digestati tra concimi aziendali e concimi ottenuti dal riciclaggio (Agridea e UFAG, 2013, modificato). I digestati provenienti da impianti agricoli per la produzione di biogas che fermentano più del 20% di materiale di origine non agricola si considerano come concimi ottenuti dal riciclaggio.

3. Concimi ottenuti dal riciclaggio

3.1 Introduzione

I concimi ottenuti dal riciclaggio comprendono: compost, digestati solidi, digestati liquidi e scarti vegetali non ancora decomposti. Compost e digestati derivano dalla fermentazione di materiale di origine vegetale, animale oppure microbica. Nel caso del compost, si tratta di una fermentazione aerobica, mentre nel caso dei digestati, la fermentazione avviene in assenza di ossigeno (anaerobiosi). Di regola, la produzione di digestati avviene in impianti di tipo industriale (figura 5).

Secondo l'ordinanza sui concimi (OCon, art. 5), i digestati si definiscono liquidi se il loro tenore in SS non supera il 20%, anche se i digestati liquidi risultanti dalla fermentazione anaerobica di materiali di partenza solidi possono presentare tenori in SS più elevati (tabella 8).

I digestati prodotti da impianti agricoli per la produzione di biogas, definiti anche impianti agricoli di fermentazione, si considerano come concimi ottenuti dal riciclaggio se la quota di materiale organico di origine non agricola supera il 20% del totale fermentato (figura 5, OCon).

La maggior parte dei concimi ottenuti dal riciclaggio è rappresentata da compost e digestati, ai quali si aggiungono concimi organici, presenti sul mercato, fabbricati partendo dai sottoprodotti della trasformazione di materie prime di origine vegetale e/o animale. Ne sono degli esempi: la cornunghia, i cascami di lana e la borlanda. Di regola, si tratta di concimi con un rapporto elevato tra costo e unità fertilizzante che, per questo motivo, si impiegano soprattutto nell'agricoltura biologica e per colture ad alto valore aggiunto (p.es. ortaggi, alberi da frutto, patate).

3.2 Tenore in elementi nutritivi dei concimi ottenuti dal riciclaggio

Il tenore in elementi nutritivi di compost e digestati può variare considerevolmente (tabella 8). Per tale motivo, è preferibile basarsi sui risultati di analisi puntuali piuttosto che sui valori di riferimento riportati nella tabella 8. Gli apporti di questi concimi si devono calcolare tenendo conto: del fabbisogno delle colture, del tenore in elementi nutritivi del concime considerato, della sua efficacia, dell'effetto residuo di apporti precedenti e dello stato di fertilità del suolo. I controlli regolari eseguiti sui concimi ottenuti dal riciclaggio garantiscono che in agricoltura si utilizzino solo concimi con bassi tenori in sostanze inquinanti.

Tabella 8. Valori di riferimento (mediana) di SS, SO ed elementi nutritivi del compost e dei digestati provenienti da impianti artigianali e industriali.

	Concimi ottenuti dal riciclaggio		
	Digestato solido ¹ (IAI ³)	Digestato liquido ¹ (IAI ³)	Compost ²
	kg per t di sostanza fresca (SF)		
SS	490	130	510
min ⁴	290	50	220
max ⁵	820	230	930
n ⁶	197	106	1041
SO	235	61	214
min	44	47	46
max	368	77	480
n	197	106	1041
N_{tot}	6	4	7
min	2	2	2
max	14	8	15
n	197	106	1039
N_{sol}⁷	0,3	2	0,3
min	0,005	1	0,01
max	2,5	5	3
n	197	82	362
N_{disp} (%)	8	8	5–10
P (P₂O₅)	1,3 (3)	0,9 (2)	1,3 (3)
min	0,4 (1)	0,4 (1)	0,4 (1)
max	3,5 (8)	1,7 (4)	6,5 (15)
n	197	106	1038
K (K₂O)	4,2 (5)	3,3 (4)	4,2 (5)
min	1,7 (2)	0,8 (1)	1,7 (2)
max	12,5 (15)	6,6 (8)	14 (17)
n	197	106	1038
Mg	3	1	3
min	1	0,5	0,5
max	7	2	10
n	197	106	1038
Ca	25	5	25
min	11	3	7
max	80	11	28
n	197	106	943
Salinità (mS/cm)⁹	3	12	3
min	0,6	7	0,6
max	8	30	8
n	197	82	481

¹ Attualmente non è possibile indicare dei valori di riferimento relativi a digestati provenienti da impianti agricoli per la produzione di biogas, perché si dispone di un'insufficiente quantità di dati.

² Compost prodotto partendo da scarti biogeni (scarti vegetali di giardino e rifiuti organici delle economie domestiche). Mediana dei valori riferiti a diversi tipi di compost (compost fresco, compost maturo, compost preparato al limite del campo, ecc.). Peso specifico: 500–800 kg/m³.

³ Impianti artigianali e industriali (IAI).

⁴ Valore minimo.

⁵ Valore massimo.

⁶ Numero di campioni analizzati.

⁷ N minerale e solubile, immediatamente disponibile per le piante (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻).

⁸ I dati a disposizione sono ancora troppo pochi per potere indicare valori di riferimento sufficientemente sicuri a proposito della disponibilità media di N dei digestati.

⁹ Salinità (mS/cm) < 1: leggera, nessun danno per le piante; 1–2: normale, nessun danno per le piante; 2–4: abbastanza elevata, eventuali danni per piante sensibili; > 4: elevata, danni su numerose specie di piante. Se la salinità è superiore a 2 mS/cm, si raccomanda di non applicare il prodotto su giovani colture potenzialmente sensibili (p.es. mais, patate, fagioli, piselli, trifoglio violetto e tabacco).

3.3 Raccomandazioni relative all'impiego del compost e dei digestati provenienti da impianti artigianali e industriali

Se li si utilizza come concimi, ogni tre anni è possibile distribuire al massimo 25 t/ha di compost o di digestato solido (in funzione del tenore in SS) oppure 200 m³ di digestato liquido, a condizione di non superare il fabbisogno delle piante in N e P. Sull'arco di dieci anni, è possibile distribuire al massimo 100 tonnellate di ammendanti organici e organo-minerali, di compost o di digestato solido in qualità di ammendante, di substrato, come protezione contro l'erosione, per il ripristino di terreni coltivabili e come terriccio artificiale (ORRPCchim 2005, allegato 2.6, capitolo 3.2.2 compost e digestati).

I digestati liquidi vanno distribuiti rispettando le stesse prescrizioni viste per i liquami (capitolo 2.5 e modulo 7). I digestati solidi si possono distribuire così come sono, miscelati con del compost o compostati.

Il documento «Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut» (Abächerli *et al.* 2010), disponibile in tedesco e francese, fornisce ulteriori raccomandazioni sull'impiego di compost e digestati, sia solidi sia liquidi.

4. Concimi minerali

4.1 Introduzione

Dopo i concimi aziendali, i concimi minerali rappresentano la principale fonte di elementi nutritivi per le piante coltivate. Contengono N, P, K, Mg, S (zolfo), Ca (calcio) e diversi microelementi. Si suddividono in concimi minerali semplici e concimi minerali composti.

Spesso questi concimi svolgono un ruolo secondario e complementare rispetto ai concimi aziendali e ai concimi ottenuti dal riciclaggio. I concimi minerali composti consentono di distribuire più elementi nutritivi con un solo passaggio, il che è sicuramente vantaggioso. D'altro canto, se si considerano lo stato nutrizionale del suolo, il fabbisogno in elementi nutritivi della coltura e l'epoca in cui i diversi nutrienti devono essere disponibili rispetto al ciclo colturale, diventa molto difficile trovare un concime composto che si adatti a tutte queste esigenze. Ne consegue che, sia dal punto di vista agronomico sia da quello ecologico, è spesso più sensato e corretto fornire gli elementi nutritivi mancanti distribuendo concimi minerali semplici. Una solida conoscenza dei concimi minerali e delle loro caratteristiche è una condizione imprescindibile per riuscire a utilizzarli conformemente alle esigenze delle piante coltivate e rispettando l'ambiente circostante.

4.2 Caratteristiche principali dei concimi minerali

4.2.1 Concimi minerali azotati

Di solito, l'N contenuto nei concimi minerali azotati è disponibile più velocemente e si può distribuire in modo più

Tabella 9. Caratteristiche delle forme di N presenti nei concimi azotati e raccomandazioni d'impiego.

Forma di N	Caratteristiche	Raccomandazioni d'impiego
Nitrato (salnitro), NO_3^-	Azione rapida; rischio di dilavamento elevato	Adattare dosi e epoca di distribuzione alle esigenze e alle capacità d'assorbimento della coltura sul breve periodo
Ammonio, NH_4^+	Azione leggermente rallentata e persistente; rischio elevato di volatilizzazione	Se non piove per molto tempo, incorporare superficialmente
Nitrato ammonico, $\text{NH}_4^+\text{NO}_3^-$	Azione in parte rapida, in parte leggermente rallentata	Se non piove per molto tempo, incorporare superficialmente
Urea, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	Azione lenta e persistente; rischio elevato di volatilizzazione	In suoli neutri e alcalini incorporare superficialmente; in foraggicoltura, evitare la distribuzione con tempo bello e caldo
N organico, R- NH_2	Azione da lenta a molto lenta, fino a incerta; mineralizzazione effettuata dai microrganismi, incontrollabile e soggetta a rischio di dilavamento	Evitare apporti considerevoli e saltuari a vantaggio di apporti regolari e moderati; limitare l'assenza di colture durante il periodo vegetativo, perché la mineralizzazione incontrollata accresce il rischio di dilavamento

Tabella 10. Caratteristiche delle forme di P presenti nei concimi fosfatici e raccomandazioni d'impiego.

Forma di P	Caratteristiche	Raccomandazioni d'impiego
Idrosolubile (p.es. superfosfato e supertriplo)	Azione rapida su tutti i suoli; leggermente acidificante	Distribuire regolarmente in suoli neutri e alcalini; distribuire occasionalmente in suoli acidi
Solubile nel citrato d'ammonio (p.es. fosfato del Reno)	Azione in parte rapida, in parte lenta	Distribuire in suoli poveri in P con pH fino a 6,6; distribuire in suoli sufficientemente provvisti in P con pH fino a 7,5
Solubile in acido citrico (p.es. scorie Thomas e farina d'ossa)	Azione lenta; leggermente alcalinizzante; mantiene stabile il pH in suoli leggermente acidi	Distribuire in suoli poveri in P con pH fino a 6,2; distribuire in suoli ben provvisti in P con pH fino a 7,5
Fosfato naturale (p.es. iperfosfato)	Azione molto lenta	Distribuire in suoli acidi (pH < 5,8) e leggermente acidi (pH 5,9-6,7)
P organico	Azione da lenta a molto lenta; diventa disponibile per le piante previa mineralizzazione effettuata dai microrganismi e/o modificazioni enzimatiche	Distribuire per mantenere costante il livello di P nei suoli sufficientemente provvisti di questo elemento nutritivo; azione rallentata in primavera, specialmente nei suoli freddi

mirato rispetto a quello organico (tabella 9). Se si desidera che l'N agisca in tempi molto brevi, si deve optare per concimi contenenti N nitrico (N-NO_3^-), mentre se si scelgono concimi contenenti N-NH_4^+ , si deve tenere conto di un leggero ritardo. Le caratteristiche dell' NH_4^+ stanno alla base della strategia di concimazione CULTAN (modulo 5). L'urea ($\text{CO}[\text{NH}_2]_2$) libera N ancora più lentamente, perché richiede una metabolizzazione microbica, ma è il concime N con il rapporto più conveniente tra costo e unità fertilizzante di N. Il suo impiego non è privo di rischi, perché l'urea è soggetta a perdite gassose sotto forma di NH_3 , soprattutto su suoli alcalini (le emissioni di NH_3 aumentano parallelamente al pH del suolo) e in condizioni siccitose (il concime resta esposto più a lungo sulla superficie del suolo).

Il mercato propone concimi N «stabilizzati», così chiamati perché contengono inibitori della nitrificazione. Questi concimi sono stati sviluppati per superare la necessità di frazionare gli apporti di N e ridurre i rischi di perdite N immediatamente successivi alla distribuzione. Ne consegue un risparmio generale sui costi di distribuzione. In casi particolari, quali la distribuzione anticipata di N in regioni siccitose e la concimazione tradiva senza possibilità di incorporare il concime nel suolo, i concimi N stabilizzati promettono una diminuzione dei rischi legati al dilavamento e alla denitrificazione dell'N distribuito. Va da sé che il loro costo è supe-

riore a quello dei concimi classici e che ogni azienda deve fare le sue scelte valutando i propri costi specifici di distribuzione.

4.2.2 Concimi minerali fosfatici

I concimi minerali fosfatici si differenziano per il diverso grado di solubilità del P (tabella 10). I trattamenti chimici e termici a cui si sottopone il fosfato naturale distruggono la struttura dell'apatite e rendono il P idrosolubile, quindi velocemente disponibile per le piante coltivate.

Facendo reagire completamente il fosfato naturale con acido solforico o acido fosforico, la quasi totalità del P diventa idrosolubile. Nel processo industriale, la reazione avviene solo parzialmente perché, per abbassare i costi di produzione, si utilizzano quantità ridotte di acidi. Ne consegue che, sul mercato, si trovano concimi fosfatici aventi percentuali diverse di P solubile negli acidi e nell'acqua. I fosfati naturali non sottoposti ad alcun trattamento subiscono un attacco acido molto lento solo quando entrano in contatto con le funzioni acide del suolo, come quelle generate dagli essudati radicali.

I concimi minerali fosfatici si distinguono chiaramente per la loro velocità d'azione (tabella 10). Superfosfato e supertriplo sono i più veloci, perché contengono P idroso-

Tabella 11. Caratteristiche delle forme di K presenti nei concimi potassici e raccomandazioni d'impiego.

Forma di K	Caratteristiche	Raccomandazioni d'impiego
Cloruro di potassio, KCl (p.es. sali di potassio)	Solubile in acqua; azione rapida; rischio di dilavamento in suoli sabbiosi; contiene dal 40 al 50% di cloro (Cl)	Non superare i 300 kg/ha di K ₂ O (249 kg/ha di K) per singolo apporto; in suoli molto sabbiosi distribuire in primavera; ridurre l'apporto su colture sensibili al Cl (p.es. patata, tabacco, ortaggi, piccoli frutti, vite e fruttiferi)
Solfato di potassio, K ₂ SO ₄ [p.es. solfato di potassio, solfato doppio di potassio e magnesio (Patentkali)]	Solubile in acqua; azione rapida; leggermente acidificante; contiene dal 15 al 20% di S	Distribuire su colture sensibili al Cl, che necessitano di apporti di S e/o che prediligono un ambiente acido
Nitrato di potassio, KNO ₃	Solubile in acqua; azione rapida; contiene il 13% di N	Adatto per la concimazione fogliare; concime speciale per casi particolari (ortaggi, tabacco)

Tabella 12. Caratteristiche delle forme di Mg, S e Ca presenti nei rispettivi concimi minerali e raccomandazioni d'impiego.

Elemento nutritivo	Forma	Caratteristiche	Raccomandazioni d'impiego
Mg	Solfato di magnesio, MgSO ₄ (p.es. Kieserite, Epsomite (solfato di magnesio eptaidrato))	Solubile in acqua; azione rapida; rischio di dilavamento in suoli sabbiosi	Distribuire in caso di carenza acuta in Mg (concimazione fogliare con Epsomite, concimazione sul suolo con solfato di magnesio); in suoli molto sabbiosi distribuire in primavera
	Carbonato di magnesio, MgCO ₃	Poco solubile; azione lenta e persistente; rischio di dilavamento debole	Adatto per prevenire carenze leggere in suoli acidi; adatto per mantenere la fertilità in suoli neutri, debolmente acidi e acidi
	Ossido di magnesio, MgO	Azione lenta e persistente	Adatto per mantenere la fertilità in tutti i tipi di suolo
S	Ione solfato, SO ₄ ²⁻ (p.es. Kieserite, Epsomite (solfato di magnesio eptaidrato))	Solubile in acqua; azione rapida; rischio elevato di dilavamento	Adattare dosi e epoca di distribuzione alle esigenze e alle capacità d'assorbimento della coltura (distribuire come i concimi minerali azotati)
	S elementare	Azione lenta; disponibile per le piante coltivate previa trasformazione in SO ₄ ²⁻ da parte dei batteri tellurici	Distribuire precocemente in primavera (eventualmente già durante l'autunno precedente); non adatto in caso di carenza acuta di S
	S organico	Azione da lenta a molto lenta, fino a incerta; mineralizzazione effettuata dai microrganismi, incontrollabile e soggetta a rischio di dilavamento	Evitare apporti considerevoli e saltuari a vantaggio di apporti regolari e moderati
Ca	Cloruro di calcio; CaCl ₂	Idrosolubile; azione rapida	Distribuire in caso di carenza acuta di Ca (concimazione fogliare)
	Solfato di calcio, CaSO ₄ (gesso, CaSO ₄ · 2H ₂ O)	Poco idrosolubile	Ammendamento del suolo per aumentare il tenore in Ca senza aumentare anche il pH

lubile, mentre il fosfato naturale è il più lento, perché libera P solo dopo essere entrato in contatto con le funzioni acide del suolo, come quelle generate dagli essudati radicali (solubilizzazione lenta del P).

La scelta del concime fosfatico è fortemente influenzata dal pH del suolo e dal suo tenore in P. Di regola, si può affermare che: più il pH del suolo è elevato e minore è il suo tenore in P, più è interessante scegliere concimi fosfatici ad azione rapida.

4.2.3 Concimi minerali potassici

Tutte le forme di K contenute nei concimi potassici sono idrosolubili, quindi velocemente disponibili per le piante coltivate (tabella 11). Il principale criterio di scelta per i concimi potassici è legato al tipo e alla quantità degli elementi nutritivi secondari presenti nel concime. Per esempio, i sali di K ricchi in cloro (Cl) non andrebbero utilizzati per concimare colture sensibili a questo elemento o, perlo-

meno, in questi casi, le dosi andrebbero ridotte e la distribuzione debitamente anticipata. Il solfato di potassio (K₂SO₄) è ideale sia per concimare le colture sensibili al Cl sia per coprire un eventuale fabbisogno in S.

4.2.4 Concimi minerali magnesiaci, sulfurei e calcarei

I concimi magnesiaci si suddividono tra concimi a rapida azione (solfato di magnesio [MgSO₄] idrosolubile), adatti in carenza di Mg, e concimi ad azione più lenta (carbonato di magnesio [MgCO₃] e ossido di magnesio [MgO]), più indicati per mantenere la fertilità del suolo (tabella 12).

Lo S si distribuisce, di regola, sotto forma di solfato (SO₄²⁻) ad azione nettamente più rapida di quello organico presente, per esempio, nei concimi aziendali (tabella 12). Lo S è presente in forma elementare o come ione SO₄²⁻ in qualità di elemento nutritivo secondario in diversi concimi minerali (tabella 13) principalmente impiegati per distribuire N, P, K o Mg.

Tabella 13. Tenori in S e in altri elementi nutritivi di alcuni concimi minerali solfurei reperibili sul mercato.

Concime	Tenore in S (%)	Tenore in elementi nutritivi (%)					
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg	Mn	Ca
Concimi azotati	Solfato ammonico	24	21				
	Sulfonitrato	13	26				
	Entec® 26	13	26				
	Solfato ammonico in soluzione	9	8				
	Soluzione di solfato ammonico e urea	6	20				
Concimi fosfatici	Superfosfato	12		18			10 ¹
	Superfosfato + Mg	6		18	4,0		18 ¹
	NovaPhos 23	8		23			
Concimi potassici	Solfato di potassio	18		50			
	Solfato doppio di potassio e magnesio (Patentkali)	17		30	6,0		
	Sale potassico 40% con MgO (granulato)	4		40	3,6		
Concimi magnesiaci	Solfato di Mg (Kieserite; concimazione di base)	20			15,0		
	Solfato di Mg (Epsomite; concime fogliare)	13			9,8		
Concimi diversi / concimi composti	Solfato di manganese	15				32	
	Gesso (CaSO ₄ ·2(H ₂ O))	15					21 ¹
	Kainite magnesiacca	4		11		3	
	Concimi composti	fino a 8	secondo le indicazioni del fabbricante				
	Concimi fogliari	fino a 18	secondo le indicazioni del fabbricante				

¹ Tenore in Ca privo di azione alcalinizzante.

Tabella 14. Caratteristiche principali di alcuni ammendanti calcarei.

Nome commerciale	Tenore calcareo			Tenore dei più importanti elementi secondari	Rapidità d'azione
	Formula chimica	Tenore (%)	Potere neutralizzante ¹ (espresso in CaO-equivalenti, %)		
Calcare Calcare macinato Carbonato di calcio	CaCO ₃	> 90	50		lenta
Calcare d'alghie marine	CaCO ₃ MgCO ₃	75–80 10	50	2–3 % Mg	lenta
Dolomia	CaCO ₃ MgCO ₃	50–60 40	45–50	12 % Mg	lenta
Calce spenta	Ca(OH) ₂		55		veloce
Calce viva	CaO	75–90	75–90		veloce
Calce viva magnesiacca	CaO MgO	60 25	95	15 % Mg	veloce
Calce d'Aarberg (Ricokalk) ²	CaCO ₃	54	30	30 % H ₂ O; 1,1 % P ₂ O ₅ ; 0,6 % Mg; 0,3 % N	media
Sottoprodotti dell'estrazione della ghiaia	CaCO ₃	Variabile in funzione di provenienza e carico		Basso tenore in elementi nutritivi	lenta

¹ Potere neutralizzante = Tenore in % * (CaCO₃ x 0,56 + MgCO₃ x 0,67 + CaO x 1,0 + MgO x 1,39).

² Sottoprodotto della trasformazione della barbabietola da zucchero; lo si considera un concime ottenuto dal riciclaggio.

Il fabbisogno in Ca delle piante coltivate è praticamente sempre soddisfatto dalle riserve di questo elemento nutritivo nel suolo. Perciò, la sua distribuzione a fini nutritivi è molto rara. Le piante assorbono il Ca sotto forma di catione bivalente (Ca_2^+). Vista la sua relativa abbondanza in molti suoli, il Ca è esposto a fenomeni di dilavamento. Nel caso si dovesse intervenire per rimediare a una carenza di Ca, si raccomanda di procedere tramite concimazione fogliare perché, spesso, bisogna rifornire solo specifiche parti delle colture come, per esempio, foglie o frutti.

4.2.5 Concimi minerali contenenti microelementi

Il tenore in microelementi del suolo è generalmente sufficiente. La distribuzione regolare di concimi, sia organici sia minerali, rifornisce ulteriormente il suolo di questi elementi nutritivi. In presenza di pH elevati, o a seguito di calcitazioni importanti, può capitare che la disponibilità di alcuni microelementi si riduca. In questi casi, è possibile distribuire B, Mn o altri microelementi direttamente sul suolo o tramite concimazione fogliare.

La concimazione fogliare è, di regola, la tecnica più sicura per distribuire microelementi alle piante coltivate, perché le foglie ne assorbono direttamente una parte, bypassando il rischio di bloccaggio nel suolo. Questa tecnica consente di risolvere velocemente eventuali problemi di carenza.

Il modulo 2 e i moduli 8–16 riportano ulteriori informazioni sulle tecniche di distribuzione dei microelementi.

4.2.6 Ammendamento calcareo

L'obiettivo principale dell'ammendamento calcareo non è quello di fornire elementi nutritivi alle colture, bensì di correggere il pH del suolo e di migliorarne la struttura. L'ammendamento calcareo influenza indirettamente la disponibilità degli elementi nutritivi per le piante coltivate.

Gli ammendanti calcarei si distinguono per la loro velocità d'azione che dipende, tra l'altro, dalla forma chimica che caratterizza il Ca presente (tabella 14). La calce viva e la calce spenta agiscono velocemente, mentre i prodotti contenenti MgCO_3 e carbonato di calcio (CaCO_3) sono più lenti. Gli ammendanti a rapida azione si utilizzano soprattutto quando si vuole che il pH del suolo aumenti in fretta. In questi casi, bisogna tenere conto della sensibilità delle colture alla calcitazione, per evitare perdite economiche. Gli ammendanti ad azione più lenta sono ideali per le calcitazioni di mantenimento. La rapidità d'azione e l'efficacia degli ammendanti calcarei dipendono anche dal loro grado di macinazione. La granulometria minuta aumenta la superficie di scambio delle particelle d'ammendante, migliorandone e accelerandone l'azione.

4.2.7 Lista dei concimi minerali

Le schede tecniche che Agridea dedica alle colture erbacee da pieno campo «Ackerbau / Grandes cultures» compren-

dono anche una lista di concimi reperibili sul mercato, con tanto di titolo e descrizione (Agridea 2016). La versione aggiornata di questo documento, disponibile in tedesco e in francese, si può scaricare dal sito <http://www.agridea.ch/de/publikationen/publikationen/pflanzenbau/duengung/liste-der-duengemittel-fuer-den-ackerbau/>.

La lista dei mezzi di produzione autorizzati in agricoltura biologica, pubblicata dall'Istituto di ricerche dell'agricoltura biologica (FiBL), riporta l'elenco dei concimi minerali che si possono usare in agricoltura biologica (FiBL 2017). Questo documento è disponibile solo in tedesco e in francese.

Entrambe le liste sono dinamiche. Ciò significa che sono soggette a cambiamenti e integrazioni in funzione dei nuovi concimi minerali la cui commercializzazione è permessa in Svizzera.

4.3 Influenza dei concimi minerali sul suolo

Diversi concimi minerali sono in grado di influenzare il pH del suolo a breve termine (tabella 15, Sluijsmans 1970). In questo ambito, bisogna tenere conto dell'effetto acidificante in caso si utilizzino regolarmente concimi contenenti SO_4^{2-} o NH_4^+ .

Oltre a influenzare il pH, i concimi minerali e i loro elementi nutritivi interagiscono con numerosi processi tellurici, sia biotici sia abiotici. Ulteriori informazioni su questo argomento si possono trovare, per esempio, in Gisi *et al.* (1990).

L'impiego ripetuto di concimi minerali non appropriati può, a lungo termine, generare effetti indesiderabili, come l'accumulo di sostanze dannose, tra cui vale la pena di citare i metalli pesanti (modulo 7).

Tabella 15. Influenza di alcuni concimi minerali sul pH del suolo.

Azione acidificante (il pH diminuisce)	Azione neutra o alcalinizzante (il pH resta stabile oppure aumenta)
Concimi solfatici	Calciocianamide
Concimi ammoniacali	Scorie Thomas, scorie Thomas contenenti calcio
Urea	lperfosfato (fosfato naturale)
Superfosfato, supertriplo	Liquame suino
Liquami bovini	Ammendanti calcarei riportati nella tabella 14

5. Bibliografia

- Abächerli F., Baier U., Berner F., Bosshard C., Fuchs J., Galli U., Gfeller H., Leuenberger R., Mayer J., Pfaffen P., Schleiss K. & Wellinger A., 2010. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Mit Anwendungsempfehlungen für flüssiges Gärgut, festes Gärgut, Kompost. Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz, Biogas Forum, Kompostforum Schweiz, Interessengemeinschaft Anlagen des Kompostforums Schweiz und Verband Kompost- und Vergärwerke Schweiz VKS.
- AGFF, 1999. Güllezusatzmittel. AGFF-Information D3. Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues (AGFF), Zurigo.
- Agridea, 2016. Datenblätter Ackerbau. Agridea, Lindau.
- Agridea & UFAG, 2013. Istruzioni concernenti l'impiego di prodotti di fermentazione in Suisse-Bilanz – Modulo complementare 8 di Suisse-Bilanz. Versione 1.1, Settembre 2013. Agridea, Lindau e Ufficio federale dell'agricoltura UFAG, Berna. 12 pp.
- Agridea & UFAG, 2016. Weisungen zur Berücksichtigung von nährstoffreduziertem Futter in der Suisse-Bilanz. Auflage 1.8. Agridea, Lindau, und Bundesamt für Landwirtschaft, Bern. Link: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen/oekologischer-leistungsnachweis/ausgeglicheneduengerbilanz.html> [28. 2. 2017].
- Agroscope, 2015. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (libro verde). Link: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-wiederkaeuer.html> [02. 10. 2016].
- Agroscope, 2016. Fütterungsempfehlungen für Schweine (libro giallo). Link: <https://www.agroscope.admin.ch/agroscope/de/home/services/dienste/futtermittel/fuetterungsempfehlungen-schweine.html> [02. 10. 2016].
- Agroscope, 2017. Referenzwerte zum Nährwert von Raufutter. Link: <http://www.agroscope.admin.ch> [03. 02. 2017].
- BDU, 2004. Hofdünger – gezielt eingesetzt. Beratergruppe «Boden Düngung Umwelt» BDU, AGRIDEA, Lindau. 4 pp.
- Bosshard C., Flisch R., Mayer J., Basler S., Hersener J.-L., Meier U. & Richner W., 2010. Verbesserung der Stickstoffeffizienz von Gülle durch Aufbereitung. *Agrarforschung Schweiz* 1 (10), 378–383.
- FiBL, 2017. Liste des intrants 2017. Intrants pour l'agriculture biologique en Suisse. Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, Frick. 132 pp. Link: <https://shop.fibl.org/chfr/1078-intrants.html> [22. 12. 2016].
- Gisi U., Schenker R., Schulin R., Stadelmann F.X. & Sticher H., 1990. Bodenökologie. Georg Thieme Verlag, Stoccarda, New York. 304 pp.
- IBK Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz, 2009. Güllebehandlung und Güllezusätze – Empfehlungen für die Landwirtschaft. Arbeitsgruppe Landwirtschaft und Umweltschutz der Kommission Umwelt, Internationale Bodenseekonferenz, Kempten. 29 pp.
- Möller K. & Müller T., 2012. Effects of anaerobic digestion on digestate nutrient availability and crop growth: A review. *Engin. Life Sci.* 12, 242–257.
- Sinaj S. & Richner W., 2017. Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017). *Recherche Agronomique Suisse* 8 (6), Pubblicazione speciale, 276 pp.
- Sluijsmans C.M.J., 1970. Der Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens. *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 126, 97–103.
- UFAM & UFAG, 2011. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. *Pratica ambientale n° 1101*. Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna. 123 pp.
- Webb J., Sørensen P., Velthof G., Amon B., Pinto M., Rodhe L., Salomon E., Hutchings N., Burczyk P. & Reid J., 2013. An assessment of the variation of manure nitrogen efficiency throughout Europe and an appraisal of means to increase manure-N efficiency. *Adv. Agron.* 119, 371–442.

6. Indice delle tabelle

Tabella 1. Tenore in elementi nutritivi del corpo degli animali e nei loro prodotti, come: carne, latte e uova.	4/4
Tabella 2. Valori di riferimento delle quantità di elementi nutritivi escrete annualmente dalle principali categorie di animali da reddito attraverso feci e urina.	4/4
Tabella 3. Note della tabella 2. Le note riportano le indicazioni necessarie per attribuire correttamente gli animali da reddito alle diverse categorie esistenti, nonché per tenere conto delle specificità di certe aziende, importanti per calcolare i flussi di elementi nutritivi.	4/5
Tabella 4. Produzione annuale indicativa di liquami e letame delle diverse specie animali in funzione dei sistemi di stabulazione.	4/6
Tabella 5. Valori di riferimento per il calcolo della quantità d'acqua esausta convogliata nella fossa per liquami.	4/8
Tabella 6. Tenori di riferimento in sostanza secca (SS), sostanza organica (SO) ed elementi nutritivi dei concimi aziendali prodotti da diverse specie animali da reddito stabulate.	4/9
Tabella 7. N_{disp} a medio termine e durante l'anno di distribuzione in diversi concimi aziendali.	4/10
Tabella 8. Valori di riferimento (mediana) di SS, SO ed elementi nutritivi del compost e dei digestati provenienti da impianti artigianali e industriali.	4/14
Tabella 9. Caratteristiche delle forme di N presenti nei concimi azotati e raccomandazioni d'impiego.	4/15
Tabella 10. Caratteristiche delle forme di P presenti nei concimi fosfatici e raccomandazioni d'impiego.	4/15
Tabella 11. Caratteristiche delle forme di K presenti nei concimi potassici e raccomandazioni d'impiego.	4/16
Tabella 12. Caratteristiche delle forme di Mg, S e Ca presenti nei rispettivi concimi minerali e raccomandazioni d'impiego.	4/16
Tabella 13. Tenori in S e in altri elementi nutritivi di alcuni concimi minerali sulfurei reperibili sul mercato.	4/17
Tabella 14. Caratteristiche principali di alcuni ammendanti calcarei.	4/17
Tabella 15. Influenza di alcuni concimi minerali sul pH del suolo.	4/18

7. Indice delle figure

Figura 1. Valorizzare gli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali, conformemente al fabbisogno delle piante e rispettando l'ambiente, rappresenta una sfida impegnativa per le aziende detentrici di bestiame.	4/3
Figura 2. In caso di assenza temporanea del bestiame, le quantità di letame e liquami prodotte in stalla vanno ridotte proporzionalmente.	4/7
Figura 3. Idoneità dei diversi periodi dell'anno per la distribuzione di liquami e digestati liquidi in funzione dello sviluppo delle colture e del potenziale rischio ambientale.	4/11
Figura 4. Disporre di una capacità di stoccaggio sufficiente per i liquami è di basilare importanza per riuscire a distribuirli durante il periodo vegetativo, quando le piante coltivate sono in grado di valorizzarli al meglio.	4/12
Figura 5. Suddivisione dei digestati tra concimi aziendali e concimi ottenuti dal riciclaggio.	4/13

8. Indice degli allegati

Allegato 1. Definizione dei principali termini tecnici legati ai concimi.	4/21
Allegato 2. Note aggiuntive alla tabella 2, a complemento di quanto già scritto nella tabella 3. Le note riportano osservazioni generali e dettagli sulle condizioni produttive, necessari per calcolare la quantità di elementi nutritivi prodotti dagli animali da reddito attraverso feci e urina.	4/22
Allegato 3. Valori indicativi delle quantità di elementi nutritivi prodotti annualmente attraverso feci e urina da ulteriori categorie di animali da reddito (se non indicato diversamente, i valori si intendono in kg per posta).	4/23

9. Allegati

Allegato 1. Definizione dei principali termini tecnici legati ai concimi.

Estratto dagli allegati 2 e 3, modulo 17

Abbreviazione/definizione	Descrizione/commento
Azoto disponibile (N_{disp})	Azoto disponibile. Percentuale dell'azoto totale contenuto in residui colturali, concimi aziendali, concimi provenienti dal riciclaggio e sovesci, disponibile per le piante, a breve e a medio termine, in caso si gestiscano al meglio. L'azoto disponibile non corrisponde all'azoto valorizzabile dalle piante, poiché una parte dell'azoto organico è disponibile per le piante al di fuori della fase di formazione della resa e può generare sia un aumento desiderato (p.es. nei cereali) sia un aumento indesiderato (p.es. nelle barbabietole da zucchero e negli ortaggi a foglia) del tenore in azoto dei prodotti raccolti (prodotti principali e/o sottoprodotti) oppure può incrementare il dilavamento dei nitrati, soprattutto tra le colture erbacee da pieno campo e nell'orticoltura da pieno campo.
Azoto solubile (N_{sol})	Azoto solubile in acqua (ammonio, urea, eccetera) presente nelle deiezioni animali e nei concimi aziendali.
Azoto totale (N_{tot})	Azoto totale (indipendentemente dalla sua forma chimica).
Coefficiente di utilizzazione apparente dell'azoto (CUA)	Quota dell'azoto totale di un concime (minerale oppure organico) assorbita dalle piante fino alla raccolta. Il CUA si determina partendo da prove nelle quali si confronta la quantità d'azoto assorbita dalla coltura tra una variante concimata ($N-Ass_{conc}$) e un testimone non concimato ($N-Ass_{test}$): $CUA (\%) = (N-Ass_{conc} - N-Ass_{test})/X \cdot 100$, dove X = quantità di N distribuita nella variante concimata.
Compost di letame	Letame conservato per più di 6 mesi e rivoltato a più riprese. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) non è più riconoscibile. Il suo colore è marrone scuro. Materiale di base: letame bovino fresco, o di stabulazione libera, letame di altre categorie di animali da reddito.
Deiezioni del pollame	Insieme delle deiezioni del pollame allevato in pollai con nastro trasportatore per deiezioni.
Efficacia dell'azoto	Efficacia dell'azoto contenuto nei concimi aziendali, o nei concimi ottenuti dal riciclaggio, sulle rese e/o sulla qualità dei prodotti vegetali. Le indicazioni sono espresse in percentuale rispetto all'efficacia di una quantità equivalente d'azoto fornita sotto forma di concime minerale (generalmente nitrato ammonico). Nelle colture che non crescono durante l'intera stagione vegetativa (p.es. cereali e patata), o in caso d'impiego non ottimale dei concimi aziendali, l'efficacia dell'azoto è sovente inferiore, perché aumentano le perdite.
Letame compostato	Letame conservato per più di 3 mesi e rivoltato almeno una volta. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) è difficilmente riconoscibile. Il colore è marrone. Materiale di base: letame bovino fresco o di stabulazione libera, letame di altri tipi di animali da reddito.
Letame di mucchio	Letame conservato per più di 3 mesi, senza particolari cure, in una struttura esterna alla stalla con pavimentazione impermeabile. Contiene la lettiera, tutte le deiezioni solide e una quota variabile di urina. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) è ancora chiaramente riconoscibile. Il colore varia da marrone scuro a verdastro. Materiale di base: letame bovino fresco.
Letame di stabulazione libera	Letame prodotto in stalle a stabulazione libera. Contiene la lettiera e tutte le deiezioni degli animali da reddito.
Letame fresco	Letame conservato per meno di un mese.
Letame suino, di vitello, di cavallo, di pecora e di capra	Letame conservato per più di 3 mesi, senza particolari cure, in una struttura esterna alla stalla con pavimentazione impermeabile. Contiene la lettiera, tutte le deiezioni solide e una quota variabile di urina. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) è ancora chiaramente riconoscibile.
Liquame completo bovino e suino	Contiene tutte le deiezioni ed, eventualmente, parte della lettiera (paglia triturrata, segatura, trucioli, eccetera).
Liquame povero di sterco	Liquame contenente quasi tutta l'urina e una quota variabile di deiezioni solide (in funzione del sistema di stabulazione e della quantità di lettiera utilizzati).
NH_3	Ammoniaca.
NH_4^+	Ione ammonio.
NO_3^-	Ione nitrato.
Pollina (gallina, pollo o tacchino)	Letame contenente la lettiera e tutte le deiezioni del pollame.
SF	Sostanza fresca.
SO	Sostanza organica.
SS	Sostanza secca.
UBG	Unità di bestiame grosso (adulto).
Valori di riferimento relativi agli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali	La maggior parte dei valori di riferimento è stata calcolata sulla base di molteplici piani di foraggiamento (animali da reddito diversi e differenti razioni foraggere). In taluni casi, si è anche fatto capo all'analisi dei concimi aziendali comunemente utilizzati in agricoltura. Nel caso di singole aziende, i contenuti dei concimi aziendali possono variare molto rispetto ai valori di riferimento in funzione della razione foraggera e del tipo di stalla.

Allegato 2. Note aggiuntive alla tabella 2, a complemento di quanto già scritto nella tabella 3. Le note riportano osservazioni generali e dettagli sulle condizioni produttive, necessari per calcolare la quantità di elementi nutritivi prodotti dagli animali da reddito attraverso feci e urina.

Nota della tabella 2	Categoria di animale/ indirizzo produttivo	Descrizione delle condizioni produttive
A1	Bovino da rimonta	Valido per vacche da latte con le caratteristiche descritte nella nota 1 della tabella 3. I valori si riferiscono a manze che partoriscono il primo vitello a un'età compresa tra 27 e 30 mesi. Durante il primo anno, le manze che partoriscono a 24 mesi consumano 17 q SS di foraggio grossolano e producono 30 kg N, 4,5 kg P, 36 kg K, 4 kg Mg e 12 kg Ca. Il secondo anno questi valori salgono a 30 q SS, 45 kg N, 6,5 kg P, 54 kg K, 6 kg Mg e 18 kg Ca. I vitelli venduti tra le 3 e le 6 settimane d'età non si considerano.
A2	Vitello da ingrasso	Vitello ingrassato da 60 fino a 220 kg circa, con un accrescimento giornaliero medio di 1'400 g. 3,3 cicli di produzione per posta e anno (secondo la Banca dati sul traffico di animali – BDTA).
A3	Vitello allattato	Vitello allattato fino a un peso finale di 350 kg circa (Natura-Beef) oppure fino a circa 220 kg (Natura-Veal). 1 solo ciclo all'anno possibile.
A4	Bovino da ingrasso intensivo	Ingrasso intensivo da 65 fino a 520 kg circa, con un accrescimento giornaliero medio per i torelli di 1'400 g. Nel caso di animali stabulati solo dopo lo svezzamento, si possono utilizzare, per l'intero periodo da ingrasso, i valori validi per bovini oltre i 160 giorni d'età. Per i vitelli in preingrasso, si possono applicare gli stessi valori previsti per i vitelli da ingrasso.
A5	Bovino da ingrasso al pascolo	Bovino ingrassato dalla nascita fino a 530 kg circa in 1 o 2 periodi di pascolo (17 o 22 mesi circa).
A6	Giumenta con puledro sotto 6 mesi d'età	I puledri nati in primavera rimangono con la madre fino all'autunno. Se rimangono in azienda più a lungo si devono considerare separatamente. La quantità di foraggio grossolano destinata alla giumenta non si aumenta rispetto a quella prevista per i cavalli da equitazione o da tiro, poiché il suo fabbisogno supplementare si copre con foraggio concentrato. Se il foraggio concentrato è composto unicamente da avena (al massimo 700 kg all'anno) il consumo annuo di foraggio grossolano aumenta di 5 q di SS.
A7	Cavallo oltre 3 anni d'età	Cavallo adulto con peso medio di 550 kg. I valori relativi ad individui più leggeri (pony, asini, giovani cavalli, ecc.) si possono calcolare in funzione del loro peso effettivo. I valori sono validi per carichi di lavoro ridotti (1 ora al giorno di lavoro o d'equitazione). In caso di sollecitazioni più importanti, la produzione di N e P aumenta del 7% per ogni ora supplementare, mentre quella degli altri elementi solo del 4%.
A8	Pecora (per posta)	Pecora, compresi gli ovini da rimonta, quelli da ingrasso e una parte dell'ariete. I valori si riferiscono a una produzione relativamente intensiva, basata su foraggio prativo simile a quello necessario per sostenere la produzione di latte. Con obiettivi di produzione più estensivi, e conseguente sfruttamento tardivo del foraggio prativo, gli elementi nutritivi prodotti ammontano a 12 kg N, 2 kg P, 17 kg K, 2 kg Mg e 7 kg Ca, mentre il consumo di foraggio grossolano raggiunge gli 8 q all'anno.
A9	Suino da ingrasso (per posta)	Una posta per suino da ingrasso (PSI) corrisponde a una posta per l'ingrasso di un animale da 26 a 108 kg ca., con un accrescimento giornaliero medio di 800–850 g (circa 3,3 cicli di produzione all'anno). Si presuppongono 7 giorni di vuoto sanitario tra due cicli successivi.
A10	Suino da riproduzione (per posta)	Una posta per suino da riproduzione (PSR) corrisponde ad una scrofa compresi i suinetti fino a un peso di 25–30 kg. In ogni PSR si possono svezzare 24–28 suinetti all'anno. La rimonta va calcolata come se si trattasse di suini da ingrasso. I giorni di vuoto sanitario tra due cicli successivi si considerano come segue: 0 per le poste destinate alle scrofe da rimonta e 3 per le scrofe allattanti, quelle in gestazione e per i suinetti.
A11	Gallina ovaioia	Il ciclo produttivo dura circa un anno e non incide sulle deiezioni.
A12	Pollastrella	In 18 settimane i pulcini raggiungono 1,3–1,6 kg di peso. 2–2,5 cicli all'anno.
A13	Pollo da ingrasso	I tenori in elementi nutritivi delle deiezioni si calcolano per 100 poste normali (peso finale degli animali pari almeno a 2 kg), in condizioni di detenzione (max 30 kg/m ²) e di foraggiamento normali, ma senza uscita temporanea all'aperto. Per le razze da ingrasso intensivo, questi valori corrispondono a una durata d'ingrasso di soli 40 giorni. Contrariamente ad altre specie animali, i valori degli elementi nutritivi presenti nelle deiezioni dei polli da ingrasso si calcolano in base alle poste e non in funzione del numero di animali allevati, visto che il peso finale degli animali e la durata dei cicli possono variare notevolmente.

Allegato 3. Valori indicativi delle quantità di elementi nutritivi prodotti annualmente attraverso feci e urina da ulteriori categorie di animali da reddito (se non indicato diversamente, i valori si intendono in kg per posta)

Categoria di animale / indirizzo produttivo	Elementi nutritivi prodotti annualmente dagli animali da reddito (unità: kg/capo; kg/posta)						Consumo di foraggio grossolano (q SS/anno)
	N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	
Mulo e bardotto di qualsiasi età	25	5,7	13	35,7	43	9,0	17
Pony, cavallo di piccola taglia e asino di qualsiasi età	16	3,5	8,0	22,4	27	1,8	10
Agnello e capretto ingrassato al pascolo	2,1	0,3	0,8	2,9	3,5	0,3	0,40
Bisonte oltre 3 anni d'età	60	13,1	30	91,3	110	6,0	39
Bisonte sotto 3 anni d'età	20	4,4	10	37,3	45	2,5	18
Daino ¹	20	3,1	7,0	24,1	29	2,4	10
Cervo ¹	40	6,1	14	48,1	58	4,8	20
Wapiti ¹	80	12,2	28	96,3	116	9,6	40
Lama oltre tre anni d'età	17	2,8	6,5	23,2	28	1,7	8,5
Lama sotto tre anni d'età	11	1,7	4,0	12,4	15	1,0	4,9
Alpaca oltre tre anni d'età	11	1,7	4,0	14,9	18	1,0	5,5
Alpaca sotto tre anni d'età	7,0	1,1	2,5	7,5	9,0	0,5	3,0
Coniglio, madre con giovani individui fino a circa 35 giorni d'età	2,6	0,7	1,5	2,1	2,5	–	0,36
Coniglio, giovani individui oltre 35 giorni d'età; per 100 poste	79	21,0	48	62,2	75	–	4,0
Struzzo oltre 13 mesi d'età	24	4,4	10	12,4	15	1,3	11
Struzzo sotto 13 mesi d'età	11	2,6	6,0	6,6	8,0	0,8	2,0
Anatra, per 100 poste	66	14,8	34	19,9	24	5,0	–
Oca, per 100 poste	105	23,1	53	24,9	30	14	–
Faraona, per 100 poste	38	8,3	19	11,6	14	3,0	–
Quaglia, per 100 poste	30	7,9	18	5,4	6,5	–	–

¹ Un'unità corrisponde a una madre con giovane individuo fino a 16 mesi d'età = 2 individui censiti in primavera (aprile).



5/ Tecniche di distribuzione di concimi aziendali, concimi ottenuti dal riciclaggio e concimi minerali

Annett Latsch¹, Walter Richner², Thomas Anken¹ e Joachim Sauter³

¹ Agroscope, 8356 Ettenhausen, Svizzera

² Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

³ 3077 Enggistein, Svizzera

Contatto: annett.latsch@agroscope.ch

Indice

1. Introduzione	5/3
2. Distribuzione di liquami e di concimi liquidi ottenuti dal riciclaggio	5/3
3. Distribuzione di letame e di concimi solidi ottenuti dal riciclaggio.....	5/4
4. Distribuzione di concimi minerali	5/5
5. Bibliografia	5/6

1. Introduzione

Esistono numerose tecniche per distribuire concimi aziendali, concimi ottenuti dal riciclaggio e concimi minerali. Nel corso degli anni, i significativi progressi tecnici applicati alle modalità di distribuzione hanno permesso di aumentare la precisione delle dosi e l'omogeneità dello spargimento, garantendo alle piante un apporto di concimi adeguato alle loro esigenze. Parallelamente, grazie all'impiego di pneumatici con grande area d'impronta, l'impatto dei mezzi agricoli pesanti sulla struttura del suolo è diminuito. Durante la distribuzione dei liquami, oltre alla tecnica utilizzata, anche le condizioni meteorologiche e la loro diluizione influiscono considerevolmente sulle perdite di azoto (N) dovute alla volatilizzazione dell'ammoniaca (NH₃).

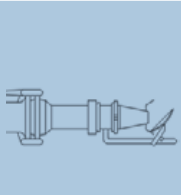
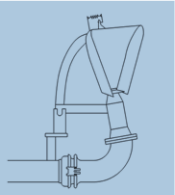
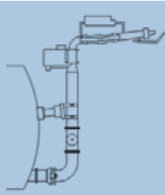
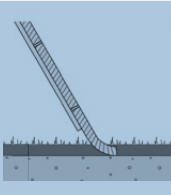
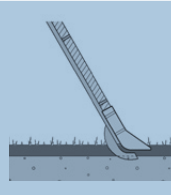
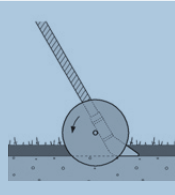
Qui di seguito, si presenta una panoramica dei principali sistemi di distribuzione di concimi aziendali, ottenuti dal riciclaggio e minerali.

2. Distribuzione di liquami e di concimi liquidi ottenuti dal riciclaggio

Le tecniche più comuni utilizzate per distribuire i liquami in agricoltura comportano la dispersione nell'aria di un

getto di liquame in pressione tramite deflettori a piattello, distributori oscillanti oppure ugelli orientabili (tabella 1). Si ottiene così la suddivisione del getto in una moltitudine di goccioline, che poi ricadono su un'ampia superficie di campo o di prato. Grazie a progetti incentrati sulla protezione delle risorse naturali e ai nuovi contributi per l'efficienza delle risorse, introdotti con la Politica agricola 2014–2017, si stanno attualmente diffondendo tecniche più rispettose dell'ambiente, che prevedono l'uso di barre di distribuzione equipaggiate con tubi flessibili a strascico e con tubi semirigidi dotati di assolcatori (tabella 1). Questi macchinari depositano i liquami in rivoli paralleli direttamente sulla superficie del suolo (figura 1), riducendo mediamente del 40 % le perdite gassose di NH₃ rispetto alla dispersione dei liquami nell'aria. Un'altra innovazione consiste nell'incorporare o nell'iniettare i liquami nel suolo, riducendo le emissioni fino al 70 % (Kupper e Menzi 2013). Quest'ultimo modo di procedere non è, però, molto diffuso a causa dell'elevato costo d'acquisto dei macchinari. La precisione di distribuzione delle tecniche a bassa emissione di NH₃ è molto buona e migliora la valorizzazione dell'N dei liquami, consentendo di risparmiare sull'acquisto di concimi minerali N. Non va, infine, dimenticato che anche l'emissione di odori sgradevoli si riduce sia durante sia dopo la liquamazione. A fronte dei vantaggi appena elencati, bisogna tenere presente che i costi delle tecniche

Tabella 1. Panoramica delle caratteristiche dei principali sistemi di distribuzione per liquami e concimi liquidi ottenuti dal riciclaggio (Frick 1999, modificato).

	Deflettore a piattello	Distributore oscillante	Ugello orientabile	Tubo flessibile a strascico	Tubo semirigido con assolcatore terminale	Incorporazione del liquame nel suolo
						
Struttura	semplice	abbastanza complessa	complessa	complessa	complessa	complessa
Larghezza di distribuzione effettiva	5–13 m; secondo tipo di modello	11–16 m; secondo regolazione	fino a 20 m; secondo pressione e regolazione	6–36 m	3–18 m	6–9 m
Precisione di distribuzione	da generalmente soddisfacente a mediocre	da buona a molto buona	molto buona	molto buona	molto buona	molto buona
Sensibilità al vento	elevata	media	elevata	limitata	limitata	limitata
Sovrapposizione necessaria	0,5–2 m	1,5–2 m	3 m	0	0	0
Tolleranza alla variazione di sovrapposizione	limitata	buona	molto buona	limitata	limitata	limitata
Regolazione della larghezza di distribuzione	possibile, ma generalmente limitata	possibile ma limitata	possibile senza problemi	prefissata	prefissata	prefissata
Precisione a inizio e a fine parcella	impossibile	impossibile	impossibile	agevole	agevole	agevole
Caratteristiche ulteriori			si può distribuire anche su un solo lato; inadatto alla botte a pressione	30 % di emissioni in meno rispetto alla dispersione nell'aria	50 % di emissioni in meno rispetto alla dispersione nell'aria	70 % di emissioni in meno rispetto alla dispersione nell'aria

che depositano o incorporano i liquami nel suolo sono decisamente superiori a quelli delle tecniche che lo disperdono nell'aria e, perciò, richiedono una gestione ottimale dei macchinari, per esempio acquistandoli e utilizzandoli a livello interaziendale.



Figura 1. Distribuzione di liquame in rivoli paralleli su una superficie prativa, utilizzando una barra equipaggiata con tubi flessibili a strascico (fotografia: Agroscope).

Le botti per liquami provviste di barre con tubi flessibili a strascico, oppure con tubi semirigidi con assolcatore, si possono utilizzare su pendenze massime del 15 %. Se al posto della botte si utilizza un tubo di alimentazione flessibile per liquami, ci si può spingere fino a pendenze del 25 %. Ne consegue che entrambe le tecniche hanno un grosso potenziale di utilizzazione anche in regioni collinari. L'incorporazione e l'iniezione di liquami nel suolo sono più indicate per i suoli leggeri e si possono praticare fino a pendenze massime del 10 % (Sauter et al. 2004; Lorenz 2010; Sauter et al. 2010; UFAM e UFAG 2012).

Le tecniche a bassa emissione di NH_3 sono particolarmente adatte per distribuire i **concimi liquidi ottenuti dal riciclaggio**. Visto che questi concimi contengono spesso elevate percentuali di N facilmente disponibile per le piante, è molto importante dosarli in modo corretto. L'elevato contenuto in elementi nutritivi dei digestati liquidi richiede una grande precisione di distribuzione, che si ottiene installando misuratori di flusso sui macchinari utilizzati per la distribuzione. In questo modo, la precisione è assicurata ed è possibile soddisfare le norme di concimazione specifiche di ogni coltura.

Liquami e concimi liquidi ottenuti dal riciclaggio vanno distribuiti con tempo fresco e umido, per ridurre ulteriormente le perdite gassose di NH_3 . Lo stesso risultato si ottiene diluendo i liquami con acqua (Frick e Menzi 1997). Se si utilizzano botti per liquami bisogna considerare la pressione esercitata da questi mezzi agricoli sul suolo. Le botti monoasse, provviste di pneumatici con grande area d'impronta, salvaguardano il suolo e la cotica erbosa. Quelle a due assi (tipo tandem) sono più stabili su strada. Parago-

nata all'impiego delle botti, la distribuzione di liquami tramite tubi d'alimentazione flessibili rispetta maggiormente il suolo, ma non è altrettanto versatile. Infatti, è spesso impossibile passare sopra al tubo di alimentazione flessibile con degli assolcatori.

3. Distribuzione di letame e di concimi solidi ottenuti dal riciclaggio

Anche nel caso del **letame**, è molto importante che le diverse tecniche di distribuzione ne assicurino il dosaggio preciso e la ripartizione omogenea su tutta la superficie interessata (tabella 2). Su prati e pascoli, è importante distribuire il letame finemente ripartito e in quantità non superiore a 15 t/ha, in modo da evitare danni alla cotica erbosa causati da una copertura eccessiva. Il letame distribuito sui campi va incorporato nel terreno nel giro di poche ore per ridurre al minimo le perdite di N dovute alla volatilizzazione dell' NH_3 .



Figura 2. Spandiletame munito di due rulli orizzontali (fotografia: Agroscope).

Diversi fattori influenzano la precisione di distribuzione del letame. Oltre alla sua struttura, giocano un ruolo importante anche l'accurata ripartizione del carico nello spandiletame e la tecnica di distribuzione utilizzata (tabella 2). Per il letame, si usano prevalentemente spandiletame equipaggiati con rulli orizzontali (figura 2) o verticali. Per distribuire la pollina, invece, questi sistemi di distribuzione non sono ideali perché la struttura granulare di questo concime fa sì che la maggior parte della pollina cada direttamente dietro il carro, senza essere convenientemente sparpagliata (Moser 2007). Per pollina e simili sono preferibili carri muniti di piattelli di distribuzione posti sotto i rulli posteriori, in modo da garantire una ripartizione ampia e regolare.

Per controllare la quantità di letame distribuita, si possono equipaggiare i carri con apposite bilance. Un altro metodo consiste nel regolare la velocità d'avanzamento del meccanismo di spinta. L'installazione di limitatori di distribuzione laterale assicura il controllo della distribuzione sui

Tabella 2. Panoramica delle caratteristiche dei principali sistemi di distribuzione per letame e concimi solidi ottenuti dal riciclaggio (Hunger 2013a, modificato).

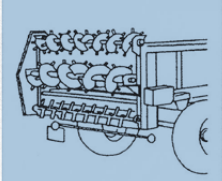
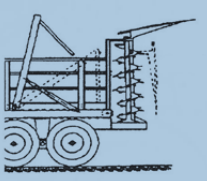
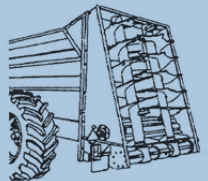
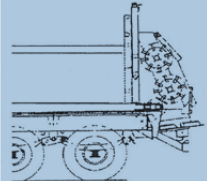
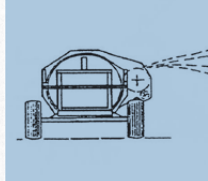
	Spandiletame	Spandiletame polivalente	Spandiletame monoscocca ribassato	Spandiletame a piattelli	Spandiletame a distribuzione laterale
					
Apparato di distribuzione	2/3 rulli orizzontali	4 rulli verticali	2 grandi rulli verticali	2/3 rulli orizzontali o verticali e 2 piattelli di distribuzione	rotore di distribuzione rotore a stella
Dosaggio	meccanismo di spinta (meccanico/idraulico oppure fondo mobile idraulico)				meccanismo di spinta elicoidale
Larghezza di lavoro	3–4 m	6–7 m	6 m	11–15 m	10–15 m
Omogeneità di distribuzione trasversale	soddisfacente	da buona a molto buona	buona	buona	soddisfacente
Omogeneità di distribuzione longitudinale	insufficiente	soddisfacente se con paratie mobili	soddisfacente se con paratie mobili	soddisfacente se con paratie mobili	buona
Idoneità	letame compost	letame compost pollina fanghi	letame compost pollina fanghi	letame compost pollina fanghi calce umidificata	letame compost pollina fanghi calce umidificata

Tabella 3. Panoramica delle caratteristiche dei principali sistemi di distribuzione a largo raggio per concimi minerali solidi (dati provenienti da Frick 2002 e Nagl 2011).

	Spandiconcime centrifugo		Spandiconcime a caduta	
	a dischi	a tubo oscillante	a coclea	pneumatico
Tecnica di distribuzione	dischi muniti di alette di distribuzione	tubi oscillanti	coclea di carico	flusso d'aria
Larghezza di lavoro	10–36 (–50) m	12–18 m	da modesta a media	
Omogeneità di distribuzione trasversale	buona	molto buona	molto buona	
Idoneità per diversi tipi di concime minerale	esigenze elevate in fatto di granulazione → poco idonei per concimi leggeri, in polvere e con granuli poco compatti	esigenze limitate in fatto di granulazione rispetto agli spandiconcime a dischi	esigenze limitate in fatto di granulazione → ripartizione regolare anche di concimi leggeri e in polvere	
Note particolari	–	per una concimazione più precisa dei bordi si deve eventualmente sostituire il tubo oscillante	–	quantità da distribuire adattabile anche per piccole superfici (distribuzione solo su parte della larghezza; regolazione della quantità all'interno della larghezza di distribuzione)

bordi della zona interessata dalla concimazione. Nelle regioni di montagna, sono diffusi gli spandiletame a distribuzione laterale. Questi modelli ripartiscono il letame finemente e omogeneamente lungo tutta la gittata, grazie a un meccanismo di spinta basato su una paratia mobile. Se necessario, si possono equipaggiare con un rotore apposito, per regolare la larghezza di distribuzione (Hunger 2013a e 2013b).

Per distribuire i **concimi solidi ottenuti dal riciclaggio** (compost, cippato) si utilizzano soprattutto carri spandicompost e carri polivalenti in grado di distribuire il concime su ampie superfici. Questi carri sono di solida costruzione (cassone, telaio e assali), dispongono di una

grande capacità di carico e sono muniti di piattelli di distribuzione. Una paratia idraulica mobile, installata davanti all'apparato di distribuzione, migliora la loro precisione di dosaggio.

4. Distribuzione di concimi minerali

I **concimi minerali solidi** si distribuiscono con spandiconcime centrifughi o a caduta (tabella 3). In Svizzera, sono molto diffusi gli spandiconcime centrifughi muniti di doppio disco distributore e con larghezza di lavoro fino a 36 m (Frick 2002). Questi modelli assicurano una omogeneità di distribuzione migliore rispetto agli spandiconcime mono-

disco, perché l'asimmetria della distribuzione diminuisce grazie al moto rotatorio opposto dei due dischi distributori. Gli spandiconcime a tubo oscillante garantiscono una distribuzione ancora più simmetrica, ma la loro larghezza di lavoro è limitata (Nagl 2011). Con gli spandiconcime centrifughi, solo la sovrapposizione parziale di passaggi contigui assicura l'omogeneità di distribuzione su tutta la superficie. Per il controllo della distribuzione sui bordi della zona interessata dalla concimazione, si raccomanda di installare limitatori di distribuzione laterale. Per distribuire concimi leggeri o in polvere si consiglia l'uso di spandiconcime a caduta. Le prestazioni di questi modelli dipendono poco dalle caratteristiche del concime e permettono di distribuire con buona omogeneità anche calce e urea (Nagl 2011). Questi spandiconcime richiedono, tuttavia, una guida precisa e sono talvolta decisamente più costosi dei modelli centrifughi.

Per distribuire esattamente le quantità desiderate di concimi minerali bisogna fare capo a tabelle di distribuzione oppure eseguire una calibrazione preventiva, perché le caratteristiche fisiche dei concimi possono variare in funzione dell'umidità dell'aria al momento della distribuzione.

Nelle colture sarchiate, la concimazione di superficie si può completare con appositi distributori di concime, in grado di deporre il concime minerale superficialmente (Frick 1995; figura 3) oppure di incorporarlo nel suolo (Zihlmann *et al.* 2002), lungo la fila della coltura. La localizzazione del concime, in prevalenza N e/o fosforo (P), vicino alle radici delle piante coltivate consente di ottenere rese più elevate e di migliorare l'efficienza del concime distribuito. Questa affermazione è stata dimostrata da Frick (1995), localizzando N lungo le file del mais.

L'applicazione di **concimi minerali liquidi** per via fogliare si esegue sfruttando le irroratrici utilizzate solitamente per distribuire i prodotti fitosanitari. Questa tecnica, rivelatasi valida soprattutto per i microelementi, si può usare anche per distribuire concimi N e NP, così come miscele contenenti magnesio e zolfo. Gli elementi nutritivi si sciolgono in acqua e si applicano direttamente sulle foglie della col-



Figura 3. Localizzazione superficiale di un concime minerale lungo le file del mais, utilizzando un'apposita barra di distribuzione (fotografia: Agroscope).

tura, che li assorbono per diffusione. Se la superficie delle foglie è umida, l'assorbimento migliora. Pertanto, se ne raccomanda l'applicazione durante le ore serali (Müller 2008).

La concimazione CULTAN prevede l'iniezione di soluzioni di concime ricche d'ammonio (NH_4^+) nel suolo, vicino alle radici delle colture. I depositi di NH_4^+ così formati dovrebbero garantire la nutrizione N delle colture sul lungo periodo (Spiess *et al.* 2006; Flisch *et al.* 2013).

5. Bibliografia

- Flisch R., Zihlmann U., Briner P. & Richner W., 2013. Das CULTAN-Verfahren im Eignungstest für den schweizerischen Ackerbau. *Agrarforschung* 4 (1), 40–47.
- Frick R., 1995. Reihendüngung im Mais. Pflanzbaulich sinnvoll und technisch möglich. *FAT-Berichte* 466, Agroscope, Ettenhausen, 7 pp.
- Frick R. & Menzi H., 1997. Hofdüngeranwendung: Wie Ammoniakverluste vermindern? *FAT-Berichte* 496, Agroscope, Ettenhausen, 12 pp.
- Frick R., 1999. Verteilgeräte an Güllefässern. Grosse Unterschiede bezüglich Arbeitsbreite und Verteilgenauigkeit. *FAT-Berichte* 531, Agroscope, Ettenhausen, 37 pp.
- Frick R., 2002. Schleuderdüngerstreuer auf dem Prüfstand. Moderne Zweischiebenstreuer mit grossen Arbeitsbreiten und hoher Streugenauigkeit. *FAT-Berichte* 580, Agroscope, Ettenhausen, 28 pp.
- Hunger R., 2013a. Mistzetter: System- und Produktübersicht. *Schweizer Landtechnik* 2, 9–11.
- Hunger R., 2013b. Aus der Seite – in die Weite. *Schweizer Landtechnik* 12, 7–9.
- Kupper T. & Menzi H., 2013. Technische Parameter Modell Agrammon. Tierkategorien, Stickstoffausscheidungen der Tiere, Emissionsraten, Korrekturfaktoren. Version 30. 5. 2013. Link: <http://www.agrammon.ch/assets/Downloads/Technische-Parameter-20130814.pdf> [13. 9. 2016].
- Lorenz F., 2010. Techniken der Gülleausbringung. Einfluss auf Ertrag, Futterqualität und Nährstoffeffizienz. *Milchpraxis* 4, 176–179.
- Moser A., 2007. Mist- und Kompoststreuer. *Schweizer Landtechnik* 3, 9–11.
- Müller E., 2008. Blattdüngung – Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen. 52. Kreuzbacher Wintertagung 29.01.2008, Bad Kreuznach. Link: [http://www.dlr-rnh.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/67ff3dfa65e88849c125742e0029f43c/\\$FILE/2008-04%20Blattd%C3%BCngung%20-%20bebilderte%20Version.pdf](http://www.dlr-rnh.rlp.de/Internet/global/themen.nsf/0/67ff3dfa65e88849c125742e0029f43c/$FILE/2008-04%20Blattd%C3%BCngung%20-%20bebilderte%20Version.pdf) [13. 9. 2016].
- Nagl T., 2011. Schleuder- und Auslegerstreuer im Überblick – Die Stärken und Schwächen. *Die Landwirtschaft* 4, 3–4.
- Sauter J., Dux D. & Ammann H., 2004. Verteilgenauigkeit von Schleppschlauchverteilern. In der Ebene gut, im Hang unterschiedlich. *FAT-Berichte* 617, Agroscope, Ettenhausen, 12 pp.
- Sauter J., Moriz C., Honegger S., Anken T. & Albisser Vögeli G., 2010. Schleppschlauch- und Breitverteiler im Vergleich: Den Vorteilen des Schleppschlauchverteilers stehen höhere Kosten gegenüber. *ART-Berichte* 739, Agroscope, Ettenhausen, 8 pp.
- Spiess E., Irla E., Heusser J., Meier U., Ballmer T., Gut F., Richner W., Scherrer C., Wüthrich R. & Hebeisen T., 2006. Depot-Injektion von ammoniumhaltigen Düngern nach dem CULTAN-System. *ART-Berichte* 657, Agroscope, Ettenhausen, 16 pp.
- UFAM & UFAG, 2012. Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ufficio federale dell'ambiente, Berna. *Umwelt-Vollzug* 1225, 62 pp.
- Zihlmann U., Weisskopf P., Bohren C. & Dubois D., 2002. Stickstoffdynamik im Boden beim Maisanbau. *Agrarforschung* 9 (9), 392–397.



6/ Concimazione in agricoltura biologica

Jochen Mayer

Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

Contatto: jochen.mayer@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	6/3
2. Concimazione azotata	6/3
2.1 Disponibilità d'azoto	6/3
2.2 Fissazione simbiotica dell'azoto atmosferico	6/4
2.3 Residui colturali	6/4
3. Concimazione fosfatica e potassica	6/4
4. Bibliografia	6/4

In copertina: fotografia realizzata da Agroscope.

1. Introduzione

Uno dei principi dell'agricoltura biologica consiste nel chiudere nel miglior modo possibile il ciclo degli elementi nutritivi a livello aziendale. Così facendo, la produzione di alimenti e foraggi si basa principalmente sul riciclaggio degli elementi nutritivi, finalizzato a preservare le risorse naturali. L'agricoltura biologica è caratterizzata da apporti in elementi nutritivi e da carichi di bestiame in sintonia con il potenziale produttivo locale, ma generalmente inferiori a quelli che si riscontrano nell'agricoltura convenzionale. Con interventi gestionali mirati si cerca di ottimizzare la produzione vegetale, migliorando le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo. Di solito, l'apporto regolare di concimi organici (concimi aziendali, compost, residui colturali, ecc.) favorisce la costituzione di pool di sostanza organica nel suolo e, di conseguenza di riserve in nutrienti di origine naturale [p.es. in fosforo (P)]. Per evitare di sovraccaricare l'ambiente, bisogna ridurre al minimo le perdite di elementi nutritivi nell'atmosfera e nelle acque superficiali e sotterranee.

In agricoltura biologica, si pone l'accento sulla ricerca di soluzioni aziendali a lungo termine. A tal fine, la rotazione colturale e la gestione dei concimi svolgono un ruolo importante. Prove di lunga durata, come l'esperimento «DOK-Versuch» (figura 1), sono fondamentali per capire quali conseguenze agronomiche ed ecologiche si generano sul lungo periodo applicando le tecniche colturali dell'agricoltura biologica.

Questo modulo descrive i principi della nutrizione delle piante in agricoltura biologica. Tuttavia, nel poco spazio a disposizione, non è possibile trattare con dovizia di particolari gli aspetti necessari per gestire la concimazione delle

colture in questo ambito. Informazioni dettagliate e orientate alla pratica si trovano, per esempio, in Schmid e Obrist (2006).

2. Concimazione azotata

L'azoto (N) gioca un ruolo di primo piano nella produzione vegetale tanto che, se la pianta ne è carente, la resa diminuisce. La rinuncia ai concimi azotati di sintesi fa sì che le fonti principali di N in agricoltura biologica siano: i concimi organici, la fissazione biologica dell'azoto atmosferico (N₂) da parte delle leguminose e la sostanza organica presente nel suolo. Va considerato, inoltre, che una quantità non indifferente di N raggiunge il suolo tramite deposizione atmosferica.

In agricoltura biologica, i pool di N minerale presenti nel suolo sono raramente considerevoli. L'approvvigionamento delle piante in N è assicurato, principalmente, dalle diverse forme di N organico del suolo. Affinché le piante possano assimilare l'N legato alla sostanza organica del suolo, i microrganismi tellurici devono prima mineralizzarlo, trasformandolo in ammonio e nitrato. Il grado di mineralizzazione dell'N dipende dall'attività microbica nel suolo che, a sua volta, è influenzata dalla disponibilità d'acqua e ossigeno, dalla temperatura e dalla sostanza organica del suolo (tipo e quantità).

2.1 Disponibilità d'azoto

A dipendenza della rotazione colturale praticata, è possibile che vi siano momenti in cui la disponibilità di N nel suolo sia più o meno elevata. Per esempio, dopo l'aratura di un prato temporaneo, o di un campo coltivato a legumi-



Figura 1. L'esperimento «DOK-Versuch», condotto dall'Istituto di ricerche dell'agricoltura biologica (FiBL) e da Agroscope, presso Therwil (BL), confronta l'agricoltura biodinamica, l'agricoltura biologica e quella convenzionale sul lungo periodo. In questo ambito, è la sperimentazione in campo aperto più significativa a livello mondiale (fotografia: FiBL).

nose da granella, si liberano quantità di N minerale relativamente elevate, che poi diminuiscono man mano che ci si allontana temporalmente dall'aratura. Onde sfruttare al massimo la disponibilità di N nel suolo, si consiglia di seminare colture esigenti in N (p.es. patate e frumento autunnale) direttamente dopo una leguminosa. Le colture poco esigenti in N vanno, invece, distanziate dalle leguminose e seminate, in linea di massima, verso la fine della rotazione. L'avvicendamento colturale non influenza soltanto la disponibilità di N, bensì anche la struttura del suolo (aerazione, ritenzione idrica), la quale agisce, a sua volta, sull'attività microbica responsabile della mineralizzazione e dell'immobilizzazione degli elementi nutritivi del suolo.

Il tenore e la disponibilità dell'N dei concimi aziendali possono variare considerevolmente a dipendenza del tipo di animale da reddito, della composizione del foraggio, del sistema di stabulazione e del metodo di stoccaggio dei concimi stessi. Ciò complica la valutazione del momento esatto in cui l'N dei concimi aziendali si mineralizza e diventa disponibile per le piante. Ne consegue che, spesso, la disponibilità di N non è sincronizzata con le reali esigenze delle piante coltivate. La sfida maggiore della concimazione organica è, quindi, quella di riuscire a sincronizzare la liberazione di N con le esigenze delle colture, onde valorizzare nel miglior modo possibile l'N disponibile. Alla luce di tali considerazioni, l'impiego di concimi aziendali deve essere pianificato e mirato. Generalmente, la quantità di N disponibile nei concimi aziendali non è sufficiente per coprire il fabbisogno delle colture. L'inserimento di leguminose nella rotazione e l'incorporazione di residui colturali nel suolo rappresentano fonti di N supplementari e di importanza centrale per chi sceglie di praticare l'agricoltura biologica.

2.2 Fissazione simbiotica dell'azoto atmosferico

La fissazione simbiotica dell'N atmosferico è garantita dalla simbiosi tra le leguminose e i batteri dei loro noduli radicali. Quando si ara un prato temporaneo, per esempio, l'N fissato dalle leguminose prative diventa disponibile per la coltura successiva, grazie ai microrganismi tellurici che mineralizzano l'N contenuto nei residui colturali. L'entità dell'azotofissazione delle leguminose prative varia considerevolmente e dipende da molti fattori, quali: specie e percentuale di leguminose presenti, quantità di N già presente nel suolo e clima.

Le miscele foraggere a base di leguminose e graminacee possono fissare, nella loro biomassa aerea, fino a 250 kg di N per ettaro e anno. Per le leguminose da granella, questo valore potenziale varia da 120 a 240 kg, quando crescono in condizioni ottimali.

2.3 Residui colturali

Anche i residui colturali costituiscono un'importante fonte di N per la coltura successiva. A seconda della quantità e della qualità dei residui colturali, dal 5 al 20% dell'N in essi contenuto può diventare disponibile per le piante coltivate successivamente. L'incorporazione nel suolo di residui colturali ricchi di N e aventi un rapporto carbonio (C):N basso accelera la mineralizzazione e determina un rapido incremento della quantità di N minerale disponibile nel suolo. Se vengono interrati residui poveri di N, con rapporto C:N elevato (paglia di cereali), la mineralizzazione dell'N avviene, invece, lentamente. La situazione peggiore è costituita da residui colturali con rapporto C:N particolarmente elevato, la cui mineralizzazione necessita di parte dell'N minerale del suolo, che viene immobilizzato dai microrganismi tellurici e, temporaneamente, sottratto alle colture.

3. Concimazione fosfatica e potassica

La maggior parte del P e del potassio (K) prelevati dalle piante vengono reintegrati nel suolo sia tramite i concimi organici (concimi aziendali, residui colturali, compost) sia attraverso il prelievo naturale delle piante dalle riserve del suolo. Nei suoli ritenuti poco, o mediamente, approvvigionati di P e K (aziende prive di bestiame), questi elementi si possono distribuire tramite concimi autorizzati dal FiBL (Lista dei mezzi di produzione autorizzati, FiBL 2017, disponibile in tedesco e francese). Analizzare regolarmente il suolo consente di appurare il suo stato nutrizionale e di riconoscere tempestivamente eventuali diminuzioni dei tenori in elementi nutritivi (modulo 2). La metabolizzazione degli elementi nutritivi nel suolo è opera di: microrganismi tellurici, radici delle piante e processi pedochimici lenti. Per tale motivo, nella rotazione colturale delle aziende biologiche, i concimi contenenti P e K reperibili sul mercato non sono applicati in funzione delle colture presenti, ma vengono preferibilmente distribuiti sulle leguminose. Queste piante hanno, infatti, un fabbisogno elevato di P e, al contempo, la facoltà di prelevare relativamente bene il P e il K presenti in forme poco solubili.

4. Bibliografia

- FiBL, 2017. Liste des intrants 2017. Intrants pour l'agriculture biologique en Suisse. Institut de recherche de l'agriculture biologique FiBL, Frick. 132 pp. Link: <https://shop.fibl.org/chde/mwdownloads/download/link/id/76/> [17. 1. 2017].
- Schmid O. & Obrist R., 2006. Biologischer Landbau – Lehr- und Fachbuch für landwirtschaftliche Schulen und die Praxis. edition-Imz, Zollikofen. 267 pp.



7/ Concimazione e ambiente

Walter Richner¹, Daniel Bretscher¹, Harald Menzi² e Volker Prasuhn¹

¹ Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

² Agroscope, 1725 Posieux, Svizzera

Contatto: walter.richner@agroscope.admin.ch

Indice

1. La concimazione è parte integrante del ciclo degli elementi nutritivi	7/3
2. Potenziale impatto ambientale dei concimi e loro idoneità a integrarsi in una concimazione mirata, economica e rispettosa dell'ambiente	7/3
3. Misure volte a evitare perdite di elementi nutritivi	7/4
3.1 Volatilizzazione dell'ammoniaca	7/4
3.2 Denitrificazione	7/6
3.3 Dilavamento e percolazione.....	7/6
3.4 Ruscellamento ed erosione	7/8
4. Conseguenze della sovraconcimazione	7/8
5. Sostanze nocive e agenti patogeni	7/8
6. Basi legali	7/10
7. Raccomandazioni riassuntive per concimare rispettando l'ambiente.....	7/10
8. Bibliografia.....	7/11
8.1 Bibliografia citata nel testo.....	7/11
8.2 Bibliografia di approfondimento.....	7/11
9. Indice delle tabelle	7/12
10. Indice delle figure.....	7/12

In copertina: fotografia realizzata da Agroscope.

1. La concimazione è parte integrante del ciclo degli elementi nutritivi

La concimazione restituisce al suolo gli elementi nutritivi prelevati dalle piante coltivate. Molte aziende agricole applicano il principio di concimazione promosso in Svizzera (figura 2, modulo 1), secondo cui la maggior parte degli elementi nutritivi va restituita utilizzando, in primo luogo, i residui colturali e i concimi aziendali. In questo ambito, i concimi extraziendali, sia organici sia minerali, si distribuiscono soltanto in seconda battuta, per coprire gli eventuali deficit che si possono creare tra il fabbisogno delle colture e la produzione di elementi nutritivi all'interno dell'azienda.

Per evitare perdite inquinanti e preservare la fertilità del suolo a lungo termine, occorre che le quantità di nutrienti in entrata e in uscita dal ciclo degli elementi nutritivi (figura 1, modulo 1) si equivalgano il più possibile. Suisse-Bilanz (Agridea e UFAG 2016) è uno strumento, ormai collaudato, che consente di assicurare l'equilibrio di bilancio degli elementi nutritivi a livello aziendale, confrontando il fabbisogno delle colture con le quantità disponibili di elementi nutritivi.

Nelle aziende detentrici di bestiame, è fondamentale che il tenore in elementi nutritivi dei concimi aziendali si accordi con il fabbisogno delle colture e con lo stato nutrizionale dei suoli. È, quindi, importante adattare l'intensità di gestione alle condizioni pedoclimatiche locali. Gli elementi nutritivi di origine animale non dipendono solo dalla composizione dell'effettivo di animali detenuto ma, e in modo determinante, anche dal foraggiamento che ruota attorno al fabbisogno degli animali in energia, proteine e sali minerali. Ciò presuppone un piano di foraggiamento che tenga conto in funzione della loro produttività. La razione foraggera ideale si può ottenere combinando, secondo necessità, foraggi grezzi, ricchi di energia e di fibra grezza, con erba a elevato tenore in proteine, completando la razione di base con quantità mirate di foraggio concentrato e sali minerali oppure impiegando foraggi speciali, quali mangimi per suini a basso tenore in azoto (N) e fosforo (P).

Nell'ottica di garantire un bilancio equilibrato degli elementi nutritivi a livello aziendale, è necessario tenere in debito conto anche il potenziale produttivo locale. Nelle aziende di pianura si possono valorizzare quantità maggiori di elementi nutritivi rispetto a quanto è possibile fare nelle aziende di montagna. Per questo motivo, il carico di bestiame per unità di superficie delle prime può essere più elevato. Inoltre, nell'ottica di favorire la fertilità del suolo, si dovrebbe puntare su una concimazione equilibrata, per evitare che, in talune circostanze, l'eccedenza di alcuni elementi nutritivi, combinata con la carenza di altri, impedisca la corretta valorizzazione dei primi e rappresenti un pericolo potenziale per l'integrità dell'ambiente.

Un bilancio equilibrato in elementi nutritivi è un obiettivo di per sé rilevante, ma non sufficiente, per garantire che la concimazione non pregiudichi l'ambiente. Perciò, è necessario che ogni azienda sia in grado di utilizzare i concimi, specialmente quelli aziendali, in modo mirato ed ecologicamente sostenibile. Il modulo 4 contiene diverse raccomandazioni in merito.

2. Potenziale impatto ambientale dei concimi e loro idoneità a integrarsi in una concimazione mirata, economica e rispettosa dell'ambiente

A seconda delle loro caratteristiche specifiche, i concimi possono avere un impatto diverso sull'ambiente (tabella 1). Anche i costi da sopportare per stocarli e distribuirli in modo ecologicamente sostenibile variano di conseguenza.

I concimi aziendali e quelli ottenuti dal riciclaggio possiedono un potenziale inquinante piuttosto elevato per le ragioni seguenti:

- la sincronizzazione tra fabbisogno N delle colture (quantità ed epoca) e disponibilità dell'N legato alla parte organica di questi concimi è insufficiente, perché la mineralizzazione e la dinamica della sostanza organica (SO) nel suolo dipendono da fattori naturali incontrollabili. Ciò fa aumentare il rischio di perdite N a diversi livelli (p.es. dilavamento di nitrati $[\text{NO}_3^-]$ o emissione di protossido di azoto $[\text{N}_2\text{O}]$);
- la maggior parte del loro N minerale è costituita dallo ione ammonio (NH_4^+), che può liberarsi nell'atmosfera sotto forma di ammoniaca (NH_3) gassosa;
- rispetto a quanto capita con i concimi minerali, il loro tenore in elementi nutritivi varia molto e, generalmente, non si può determinare con precisione;
- gran parte dei concimi aziendali e di quelli ottenuti dal riciclaggio sono liquidi e soggiacciono, quindi, ai rischi di perdite legati a questo loro stato fisico (dilavamento, ruscellamento).

Dal momento che la produzione di alimenti di origine animale comporta sempre una produzione di concimi aziendali, il modo più logico e vantaggioso per valorizzare questi ultimi, salvaguardando l'ambiente, è utilizzarli direttamente in azienda per sostenere la produzione vegetale. Essi vanno distribuiti mettendo in pratica tutte le misure possibili volte a evitare qualsiasi rischio ambientale (ottimizzazione del tenore in elementi nutritivi dei foraggi, stoccaggio corretto, epoca e tecnica di distribuzione appropriate). Una premessa essenziale per ridurre al minimo i rischi di perdite inquinanti è dotarsi di una sufficiente capacità di stoccaggio per i concimi aziendali (capitolo 2.5.1, modulo 4), in modo da evitare la distribuzione di liquami e letame al di fuori del periodo vegetativo. In questo modulo non si approfondiscono ulteriormente le problematiche sollevate dalla distribuzione di concimi durante il riposo vegetativo, perché questa tematica è trattata esaurientemente nel documento «Aiuto all'esecuzione per la protezione dell'ambiente nell'agricoltura, modulo «Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft» pubblicato nel 2012 da UFAM e UFAG e disponibile in tedesco o francese.

È importante far notare la relazione esistente tra quantità di concimi aziendali e rischio di inquinamento. In generale, all'aumentare della quantità di concimi aziendali da distribuire per unità di superficie, i rischi ambientali aumentano più che proporzionalmente. In quest'ottica, l'effettivo di ani-

Tabella 1. Potenziale impatto ambientale di diversi tipi di concime e costi correlati alla riduzione dell'impatto su suolo, acqua e aria.

I dati riportati in questa tabella si fondano su basi scientifiche e su pareri di esperti. Si parte dal principio che tutti i concimi siano impiegati in modo ottimale per quanto riguarda la quantità e l'epoca di distribuzione. La fossa per i liquami, il cumulo di letame e l'azienda costituiscono i limiti di sistema. Non si tiene conto dei potenziali rischi ecologici rappresentati dai concimi aziendali presenti in stalla, né di quelli correlati alla produzione e al trasporto di concimi minerali e concimi ottenuti dal riciclaggio.

Tipo di concime	Impatto ambientale potenziale per				Parametri tecnici ed economici		
	Suolo ¹	Falda freatica ²	Acque superficiali ³	Aria ⁴	Costi di stoccaggio e utilizzazione	Costi di una distribuzione precisa	Costi e vincoli di una distribuzione rispettosa dell'ambiente ⁸
Liquami	3	3	3	3	3	3	3
Letame	2	3	2	2	2	2	3
Digestato liquido ⁵	3	3	3	3	2	3	3
Digestato solido ⁵	2	3	2	2	2	2	3
Compost	2	2	2	2	2	2	2
Concime min. N ^{6,7}	1	2	1	2	1	2	2
Concime min. P ^{6,7}	2	1	1	0	1	2	1
Concime min. K ^{6,7}	1	2	1	0	1	2	1
Concime min. Mg ^{6,7}	1	1	1	0	1	2	1
Concime min. S ^{6,7}	1	2	1	0	1	2	1

Scala di valutazione del potenziale inquinante e dei costi tecnici ed economici:

0 = assente, 1 = limitato, 2 = medio, 3 = elevato.

Tipo di concime: min. = minerale, N = azoto, P = fosforo, K = potassio, Mg = magnesio, S = zolfo.

¹ Immissioni di sostanze inquinanti e compattamento del suolo.

² Potenziale inquinante di nitrato (NO₃⁻), cloruro (Cl⁻), solfato (SO₄²⁻), agenti patogeni e altre sostanze.

³ Potenziale inquinante di fosforo (P), azoto (N), agenti patogeni e altre sostanze.

⁴ Emissioni di ammoniaca (NH₃) e protossido di azoto (N₂O).

⁵ Proveniente da impianti agricoli e industriali per la produzione di biogas.

⁶ Il potenziale inquinante di produzione e trasporto in azienda non è considerato.

⁷ Nel caso di concimi composti, la valutazione tiene conto del componente avente valore più elevato.

⁸ Investimenti (edifici, macchine) e ore di lavoro necessarie.

mali presente in azienda deve essere necessariamente adeguato alla produzione foraggera dell'azienda stessa che, a sua volta, dipende dal potenziale produttivo locale. L'eccedenza di concimi aziendali va allontanata dall'azienda e valorizzata nel pieno rispetto dell'ambiente.

Anche l'impiego di concimi minerali rappresenta un rischio potenziale per l'ambiente. In primo luogo, perché la loro produzione si basa quasi sempre sullo sfruttamento di risorse naturali non rinnovabili (fonti energetiche fossili, materie prime non rinnovabili) e poi perché, se non si utilizzano correttamente (quantità, epoca e tecnica di distribuzione), l'ambiente può risentirne (p.es. dilavamento di NO₃⁻, eutrofizzazione delle acque superficiali). Tuttavia, i concimi minerali si possono impiegare in modo più mirato rispetto a quanto è possibile fare con quelli aziendali, perché si conosce il loro tenore in elementi nutritivi, nonché la velocità con la quale questi nutrienti diventano disponibili per le piante.

3. Misure volte a evitare perdite di elementi nutritivi

Le perdite di elementi nutritivi inquinano l'ambiente e rappresentano uno spreco economico per l'agricoltore. Le perdite significativamente più importanti sono quelle legate a: volatilizzazione di NH₃, denitrificazione, dilavamento, percolazione, ruscellamento ed erosione. Naturalmente, se si concima senza rispettare le «buone pratiche agricole», il rischio di incorrere in perdite inquinanti aumenta.

3.1 Volatilizzazione dell'ammoniaca

L'NH₃ di origine agricola si forma partendo dallo ione NH₄⁺, si volatilizza nell'atmosfera sotto forma di gas e poi ricade, in massima parte, sulla superficie del suolo. Tra gli effetti negativi di questo apporto incontrollato di N proveniente dall'atmosfera si possono citare l'influsso negativo su alcuni ecosistemi sensibili (sovracconcimazione, acidificazione) e l'incremento del dilavamento di NO₃⁻ nei suoli. Inoltre, l'NH₃ gassosa favorisce diversi processi indesiderati a livello atmosferico reagendo, per esempio, con acido nitrico e acido sol-

forico. Queste reazioni danno origine ad aerosol secondari, che contribuiscono massicciamente ad aumentare il tasso di polveri fini nell'atmosfera (Spirig e Neftel 2006).

La riduzione delle perdite gassose di NH_3 va a vantaggio anche dell'azienda agricola, che può contare su maggiori quantità di N disponibile per le piante e, quindi, ridurre l'acquisto di concimi N di una quantità corrispondente. Per contenere le perdite di ammoniaca in stalla e durante lo stoccaggio dei concimi aziendali, occorre ridurre le superfici «sporche», pulirle regolarmente e coprire le fosse per i liquami.

Le maggiori perdite di NH_3 si riscontrano dopo la distribuzione dei concimi aziendali. La tabella 2 riassume alcuni semplici accorgimenti per ridurre questo tipo di perdite. In questo ambito, la scelta del momento in cui distribuire i concimi aziendali riveste un'importanza fondamentale (condizioni meteorologiche, stato del suolo, presenza di col-



Figura 1. Le tecniche che distribuiscono liquami e digestati liquidi depositandoli sulla superficie del suolo per caduta (qui una barra equipaggiata con tubi flessibili a strascico) consentono di ridurre notevolmente la volatilizzazione dell' NH_3 rispetto ai metodi che li disperdono nell'aria (deflettore a piattello, distributore oscillante, ecc.) (fotografia: Harald Menzi, Agroscope).

Tabella 2. Parametri che influenzano la volatilizzazione dell' NH_3 durante e dopo la concimazione organica e misure volte a ridurre le emissioni. I dati riportati in questa tabella si fondano su basi scientifiche e su pareri di esperti.

Parametro	Condizioni	Rischio	Misure volte a evitare le perdite di NH_3	
			Liquami e digestati liquidi	Letame e digestati solidi
Condizioni meteorologiche	Temperatura dell'aria elevata, aria secca, ventoso	Elevato	Distribuzione nei giorni freschi e umidi	Distribuzione nei giorni freschi e umidi
	Fresco, umido, assenza di vento	Medio	Distribuzione il tardo pomeriggio o la sera	
	Pioggia durante la distribuzione	Basso	Distribuzione subito prima o durante una leggera pioggia (attenzione al ruscellamento)	Distribuzione subito prima o durante una leggera pioggia (attenzione al ruscellamento)
Stato del suolo	Superficie del suolo satura d'acqua, disseccata, compattata, con pori superficiali ostruiti o crosta superficiale	Elevato	Distribuzione di liquami solo su suoli con buona capacità di assorbimento	
	Suolo umido con buona capacità di assorbimento	Da basso a medio		
Copertura del suolo nelle colture erbacee da pieno campo	Presenza di paglia trinciata, pacciamatura naturale o residui vegetali (semina diretta)	Elevato	Rottura delle stoppie contemporanea all'iniezione dei liquami nel suolo (assolcatore apposito) oppure precedente la liquamazione	
	Copertura vegetale fitta	Da medio a elevato	Distribuzione di liquame nel mais: favorire la sua incorporazione nel suolo (p.es. dopo sarchiatura dell'interfila), distribuzione sottochioma	
	Suolo privo di copertura vegetale	Medio	Diluire il liquame sufficientemente	
Grado di diluizione dei liquami ¹	Non diluito	Elevato	Liquame completo bovino: diluizione minima 1:1, meglio se 1:2; liquame povero di sterco e liquame suino: diluizione minima 1:2, meglio se 1:3	
	Moderatamente diluito (fino a 1:1)	Medio		
	Fortemente diluito (oltre 1:2)	Basso		
Tecnica di distribuzione (modulo 5)	Distribuzione sull'intera superficie	Elevato	Tecniche di distribuzione: tubi flessibili a strascico, tubi semirigidi con assolcatore terminale, iniezione/incorporazione del liquame nel suolo tramite speciali assolcatori o lavorando il suolo durante o subito dopo la liquamazione	Incorporazione immediata (nelle prime ore dopo la distribuzione) con aratro o coltivatore pesante
	Distribuzione localizzata (lungo la fila, ecc.) ²	Medio		
	Incorporazione immediata nel suolo ^{2,3}	Basso		

¹ Parti di liquame:parti d'acqua.

² Possibile solo per liquami o digestati liquidi.

³ Nessuna diluizione particolare richiesta.

ture intercalari sulle terre aperte). Considerevoli riduzioni delle perdite di NH_3 e delle emissioni di cattivi odori si ottengono anche utilizzando adeguate tecniche di distribuzione (tubi flessibili a strascico, tubi semirigidi con assolcatore terminale, iniezione/incorporazione del liquame nel suolo tramite speciali assolcatori oppure lavorando il suolo subito dopo la concimazione) (modulo 5). Quando la conformazione del territorio lo consente, bisognerebbe distribuire i liquami utilizzando le tecniche appena elencate, che lo rilasciano direttamente sulla superficie del suolo (figura 1) invece di disperderlo nell'aria, come capita con i macchinari tradizionali. Il letame utilizzato per concimare i campi si dovrebbe incorporare nel suolo, tramite apposite lavorazioni, entro poche ore dalla sua distribuzione.

3.2 Denitrificazione

Per nitrificazione si intende la trasformazione di NH_4^+ in NO_3^- . La trasformazione di NO_3^- in N_2 gassoso (N_2) si definisce, invece, denitrificazione e, dal punto di vista di chi concima, rappresenta sempre una perdita netta di N dal «sistema azienda». Sia durante il processo di nitrificazione sia quando avviene la denitrificazione si può liberare del protossido di azoto o ossido di diazoto (N_2O), in qualità di sottoprodotto nel primo processo e di prodotto intermedio nel secondo. Il N_2O è un gas a effetto serra, che contribuisce in modo significativo al riscaldamento dell'atmosfera. Per misurare le emissioni di N_2O e di tracce di altri gas nei «sistemi agricoli» è necessario utilizzare strumenti di misura costosi (figura 2).



Figura 2. Misura della quantità di N_2O prodotto in un pascolo sperimentale con la tecnica detta «Eddy covariance» (correlazione turbolenta) (fotografia: Raphael Felber, Agroscope).

I parametri che favoriscono la nitrificazione nel suolo sono: alte temperature e buona disponibilità di ossigeno (contenuto idrico del suolo non eccessivo). Tuttavia, la denitrificazione è, spesso, la principale responsabile della produzione di N_2O e delle conseguenti perdite di N. La denitrificazione avviene praticamente solo quando il suolo è privo di ossigeno, cioè in condizioni di anaerobiosi. Questa situazione si riscontra, specialmente, in suoli con attività microbica elevata e insufficiente apporto di ossigeno tramite diffusione gassosa attraverso i pori del suolo. Le condizioni che favoriscono le perdite di N attraverso la denitrificazione si verificano soprattutto all'interno degli aggregati se: sono presenti SO e sufficiente NO_3^- , la temperatura non è troppo bassa e la diffusione di ossigeno è ostacolata da un eccessivo contenuto idrico del suolo. Inoltre, quantità ulteriori di N_2O si possono formare in autunno e in primavera in presenza di brina e rugiada. I processi biochimici legati a questi fenomeni sono ancora poco noti.

Gli apporti di N sotto forma di concimi aziendali, concimi ottenuti dal riciclaggio e concimi minerali, nonché sotto forma di residui colturali, aumentano la disponibilità di NH_4^+ e NO_3^- nel suolo e, di solito, favoriscono sia la nitrificazione sia la denitrificazione. Entrambi questi processi naturali sono difficili da influenzare con le misure gestionali applicate in agricoltura. Mediamente, una percentuale degli apporti di N si perde sotto forma di N_2O (*Default Emission Factor*, secondo IPCC 2006). Durante l'intero processo di denitrificazione, che termina con la formazione di N_2 , le perdite di N ammontano generalmente al 10 % anche se, talvolta, possono essere maggiori. A questo proposito, i risultati di diversi studi indicano che le emissioni di N_2O , in presenza di una disponibilità molto elevata di N minerale, aumentano in maniera sovraproporzionale, soprattutto in caso di concimazione superiore al fabbisogno delle piante (Snyder *et al.* 2009; Van Groenigen *et al.* 2010). Da ciò consegue che eccedenze temporanee e localizzate di NH_4^+ e NO_3^- nel suolo vanno ridotte al minimo attraverso una concimazione N il più conforme possibile alle esigenze delle piante coltivate.

Nitrificazione e denitrificazione non avvengono solo nei suoli agricoli, ma assumono un ruolo significativo anche in ecosistemi seminaturali a causa della deriva di NH_3 e NO_3^- provenienti dall'agricoltura. Le corrispondenti emissioni di N sono spesso più elevate della media. Nell'ottica di una produzione agricola rispettosa del clima è, perciò, importante monitorare l'insieme dei flussi di N e ridurre al minimo tutti i tipi di perdite N applicando le raccomandazioni riportate nelle tabelle 2, 3 e 4.

3.3 Dilavamento e percolazione

Attraverso il dilavamento gli elementi nutritivi solubili (NO_3^- , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} ecc.), vengono trasportati in profondità. L'acqua scende verso il basso e li porta con sé fino a raggiungere le acque sotterranee (flusso matriciale). L'infiltrazione rapida e diretta di liquami e digestati liquidi attraverso i macropori del suolo o le fessure lasciate dalle radici (flusso preferenziale) si definisce, invece, percolazione. La percolazione avviene quando nel suolo sono presenti deter-

minate condizioni. Entrambi i fenomeni sono responsabili del trasporto degli elementi nutritivi in profondità (fuori dalla portata delle radici) e pregiudicano la qualità dell'acqua di falda. Spesso, il dilavamento e la percolazione degli elementi nutritivi nella realtà gestionale agricola si monitorano installando dei lisimetri (figura 3).

La concimazione di superfici drenate richiede una particolare attenzione, perché i drenaggi favoriscono significativamente

il movimento dell'acqua accorciandone il percorso. Di conseguenza, il rischio di perdere elementi nutritivi attraverso il flusso, sia matriciale sia preferenziale, aumenta considerevolmente, come peraltro il rischio di compromettere la qualità delle acque superficiali. La fertirrigazione di colture speciali coltivate su substrato deve prevedere la raccolta della soluzione nutritiva esausta e il suo riciclaggio nella concimazione razionale di altre colture.

Tabella 3. Parametri che influenzano le perdite per dilavamento e percolazione degli elementi nutritivi distribuiti con la concimazione e misure volte a ridurre il rischio di perdite durante la distribuzione di liquami e digestati liquidi.

I dati riportati in questa tabella si fondano su basi scientifiche e su pareri di esperti.

Parametro	Condizioni	Rischio di perdite per dilavamento e percolazione	Carico sopportabile di concimi liquidi; misure concernenti la distribuzione di concimi liquidi, dose massima per singolo apporto ¹
Condizioni meteorologiche	Precipitazioni intense e/o persistenti	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
Porosità del suolo	a. Classificazione e forma dei pori:		
	permeabilità elevata, pori grossolani, suolo fessurato, drenaggi artificiali	Elevato	Carico sopportabile da limitato a nullo; fino a 25 m ³ /ha
	permeabilità limitata, pori fini, ristagno idrico frequente	Medio	Carico sopportabile ridotto; fino a 40 m ³ /ha
	permeabilità normale, pori medi	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *
	b. Ritenzione idrica:		
	suolo privo di capacità di ritenzione, saturo d'acqua	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
	suolo con capacità di ritenzione media, possibilità di assorbire 3–5 mm di liquidi	Medio	Carico sopportabile ridotto; fino a 40 m ³ /ha
suolo con buona capacità di ritenzione, possibilità di assorbire più di 5 mm di liquidi	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *	
Profondità fisiologica del suolo	a. Profondità fisiologica da insufficiente a limitata (< 30 cm)	Elevato	Carico sopportabile limitato; fino a 25 m ³ /ha
	b. Profondità fisiologica sufficiente (30–50 cm)	Medio	Carico sopportabile ridotto; fino a 40 m ³ /ha
	c. Profondità fisiologica da buona a molto buona (> 50 cm)	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *
Capacità di ritenzione del suolo	a. Suolo con capacità di ritenzione limitata: tenore in humus < 2 % tenore in argilla < 10 %	Elevato	Carico sopportabile limitato; fino a 25 m ³ /ha
	b. Suolo con capacità di ritenzione ridotta: tenore in humus < 5 % tenore in argilla > 30 %	Medio	Carico sopportabile ridotto; fino a 40 m ³ /ha
	c. Suolo con capacità di ritenzione buona: tenore in humus 2–10 % tenore in argilla 10–30 %	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *
Copertura del suolo ² (fabbisogno in elementi nutritivi della coltura considerata)	a. Fabbisogno in elementi nutritivi attuale o imminente	Basso	Carico sopportabile normale; distribuzione commisurata alla situazione
	b. Fabbisogno in elementi nutritivi nullo:		
	colture erbacee da pieno campo	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
superfici prative	Elevato	Carico sopportabile limitato; fino a 25 m ³ /ha	

¹ I volumi massimi indicati si riferiscono a liquami sufficientemente diluiti. In caso di diluizione limitata, i volumi vanno ridotti tenendo in considerazione le quantità massime di N ammissibili per singolo apporto. Per le colture erbacee da pieno campo, queste quantità si possono trovare nella tabella 26 del modulo 8, mentre per le superfici prative si rimanda al modulo 9.

² Per determinare se vi è un fabbisogno in elementi nutritivi della coltura oppure no, si può fare riferimento al concetto di riposo vegetativo. La pubblicazione UFAM e UFAG (2012) contiene informazioni dettagliate sull'argomento.

* Si tratta di volumi solitamente troppo elevati per un singolo apporto e che andrebbero, quindi, suddivisi in due apporti di minore entità.



Figura 3. Parcelle sperimentali di colza, prato temporaneo e barbabietola da zucchero monitorate attraverso lisimetri, installati da Agroscope presso il sito di Zurigo-Reckenholz (fotografia: Volker Prasuhn, Agroscope).



Figura 4. Il ruscellamento convoglia direttamente le acque meteoriche di questo campo verso un tombino, facilitando l'inquinamento delle acque superficiali con elementi nutritivi, sedimenti e prodotti fitosanitari di origine agricola (fotografia: Volker Prasuhn, Agroscope).

L'applicazione di tecniche colturali adeguate permette di ridurre considerevolmente il rischio di perdite per dilavamento e percolazione (tabella 3).

3.4 Ruscellamento ed erosione

L'acqua piovana che non riesce a penetrare nel suolo e il materiale eroso possono trascinare lontano i concimi presenti in superficie. In questo modo, gli elementi nutritivi conte-

nuti nei sopraccitati concimi possono inquinare le acque superficiali (eutrofizzazione, moria di pesci, ecc.). Liquami e digestati liquidi utilizzati in modo scorretto e/o in condizioni pedoclimatiche sfavorevoli possono scorrere direttamente sulla superficie del suolo appena distribuiti. Nel caso di superfici declive, le acque meteoriche confluiscono direttamente nelle acque superficiali attraverso fossi e cunette oppure, indirettamente, tramite la rete di tombini che raccoglie l'acqua di strade e sentieri (figura 4), rappresentando una fonte d'inquinamento molto pericolosa (sedimenti, elementi nutritivi e prodotti fitosanitari). Queste aree a rischio si definiscono anche «critical source areas» (Frey *et al.* 2011). La creazione di fasce tampone sufficientemente larghe lungo le acque superficiali, le strade e i sentieri drenati permette di ridurre il rischio d'inquinamento. La tabella 4 mostra quali precauzioni occorre prendere nel campo della concimazione per prevenire questi rischi.

4. Conseguenze della sovraconcimazione

Se sul lungo periodo si distribuisce un elemento nutritivo in quantità superiore rispetto a quanto prelevato dalle piante, esso si accumula nel suolo oppure esce dal ciclo aziendale degli elementi nutritivi perdendosi nelle acque e/o nell'atmosfera. L'elevato arricchimento del suolo in nutrienti può avere diverse conseguenze negative, tra cui:

- instaurarsi di un rapporto squilibrato tra gli elementi nutritivi del suolo;
- eccessiva e indesiderata presenza di nutrienti nelle piante indotta dal cosiddetto «consumo di lusso» (p.es. di NO_3^- e potassio [K]) con conseguente possibile calo della qualità di alimenti e foraggi;
- modifica della composizione botanica di prati e pascoli (aumento delle malerbe, riduzione della biodiversità);
- aumento del rischio di perdite di elementi nutritivi.

La dispersione di elementi nutritivi nell'ambiente può, inoltre, pregiudicare la qualità delle acque, inquinare l'atmosfera e provocare l'eutrofizzazione di ecosistemi seminaturali, con conseguente impoverimento del numero di specie presenti.

Le conseguenze negative della sovraconcimazione aumentano più che proporzionalmente man mano che il divario tra esigenze colturali e apporti di concime aumenta. Distribuire dosi di concime calibrate sul fabbisogno delle piante coltivate, tenendo in debito conto il tenore in elementi nutritivi del suolo, è un aspetto fondamentale della concimazione a basso impatto ambientale. Basandosi sui dati riportati nel modulo 2, si riesce così a riequilibrare il tenore in elementi nutritivi del suolo, riportandolo a un livello «sufficiente» (classe di fertilità C). Il ripristino dell'equilibrio può richiedere, a seconda del nutriente considerato, anche parecchi anni.

5. Sostanze nocive e agenti patogeni

La concimazione può favorire l'accumulo di **sostanze nocive** nel suolo. Le prescrizioni contenute nell'ordinanza sui concimi (OCon; RS 916.171) e nell'ordinanza sul libro dei concimi

Tabella 4. Parametri che influenzano le perdite per ruscellamento ed erosione degli elementi nutritivi distribuiti con la concimazione e misure volte a ridurre il rischio di perdite durante la distribuzione di liquami e digestati liquidi.

I dati riportati in questa tabella si fondano su basi scientifiche e su pareri di esperti.

Parametro	Condizioni	Rischio di perdite per ruscellamento ed erosione	Carico sopportabile di concimi liquidi; misure concernenti la distribuzione di concimi liquidi, dose massima per singolo apporto ¹
Condizioni meteorologiche	Piogge persistenti o temporali imminenti	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
Porosità del suolo	a. Suolo privo di copertura vegetale:²		
	capacità d'infiltrazione ridotta (compattamento, crosta superficiale, ostruzione dei pori superficiali, saturazione idrica, congelamento, superficie impermeabile)	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
	buona capacità d'infiltrazione (terra smossa, asciutta, suolo con superficie irregolare)	Da medio a basso	Carico sopportabile da ridotto a normale; fino a 60 m ³ /ha *
	b. Suolo con copertura vegetale:		
	capacità d'infiltrazione ridotta (compattamento, crosta superficiale, ostruzione dei pori superficiali, saturazione idrica, congelamento, superficie impermeabile)	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
	buona capacità d'infiltrazione (terra smossa, asciutta, suolo con superficie irregolare)	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *
	c. Suolo innevato:		
	neve asciutta e ghiacciata	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
	neve in fusione	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione
Condizioni topografiche	Colture erbacee da pieno campo Pericolo d'erosione e di ruscellamento secondo la Carta del rischio d'erosione su reticolo 2x2 m (CRE2) ³ e la Carta delle superfici collegate ad acque superficiali (GAK2) ⁴ :		
	Nessun pericolo d'erosione	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *
	Pericolo d'erosione	Medio	Carico sopportabile ridotto; fino a 40 m ³ /ha
	Elevato pericolo d'erosione	Elevato	Carico sopportabile limitato; fino a 25 m ³ /ha Δ
	Superfici prative Declività:		
	$\leq 18\%$	Basso	Carico sopportabile normale; fino a 60 m ³ /ha *
	19–35 %	Medio	Carico sopportabile ridotto; fino a 40 m ³ /ha
	36–50 %	Elevato	Carico sopportabile limitato; fino a 20 m ³ /ha
> 50 %	Molto elevato	Nessun carico sopportabile; evitare la distribuzione	

¹ I volumi massimi indicati si riferiscono a liquami sufficientemente diluiti. In caso di diluizione limitata, i volumi vanno ridotti tenendo in considerazione le quantità massime di N ammissibili per singolo apporto.

² Il campo è già seminato (piantato) oppure lo sarà subito dopo la distribuzione di liquami o digestati liquidi.

³ Informazioni sulla carta del rischio d'erosione si trovano in Gisler *et al.* (2011) e sul Geoportale della Confederazione Svizzera: <https://map.geo.admin.ch/> > Geocatalogo > Natura e ambiente > Suolo > Rischio erosione qualitativo 2.

⁴ Informazioni sulla carta delle superfici collegate ad acque superficiali si trovano in Alder *et al.* (2015) e sul Geoportale della Confederazione Svizzera: <https://map.geo.admin.ch/> > Geocatalogo > Natura e ambiente > Suolo > Superfici collegate ad acque.

* Si tratta di volumi solitamente troppo elevati per un singolo apporto e che andrebbero, quindi, suddivisi in due apporti di minore entità.

Δ Oltre al pericolo d'erosione secondo la carta CRE2, per calibrare la concimazione bisogna considerare la copertura vegetale (coltura) esistente.

(OLCon; RS 916.171.1), nonché i valori limite per le sostanze nocive riportati nell'allegato 2.6 dell'ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim; RS 814.81) hanno, tra gli altri, lo scopo di ridurre al minimo l'inquinamento del suolo e dei raccolti da parte di sostanze nocive provenienti dai concimi.

Tra le sostanze nocive da seguire con più attenzione ci sono i metalli pesanti. Questi non sono contenuti unicamente nei

concimi ottenuti dal riciclaggio, ma anche in alcuni concimi aziendali [p.es. rame (Cu) e zinco (Zn) nel liquame suino] e minerali [p.es. cadmio (Cd) nei concimi fosfatici]. Solitamente, chi utilizza i concimi non dispone di informazioni sul tenore in metalli pesanti dei singoli lotti a sua disposizione. Il responsabile legale della fornitura di concimi minerali a basso tenore in metalli pesanti è la ditta produttrice e/o importatrice. Nel caso di concimi ottenuti dal riciclaggio, la responsabilità è dell'impianto di compostaggio e/o di fermentazione. I Can-

toni, su mandato dell'Ufficio federale dell'agricoltura, verificano periodicamente il tenore in sostanze nocive dei concimi

Vi sono tuttora poche informazioni sull'effetto dell'accumulo nel suolo di: farmaci veterinari (in special modo antibiotici), inquinanti organici, sostanze simili agli ormoni e metalli pesanti radioattivi, come l'uranio. Questi inquinanti derivano in parte dai concimi ottenuti dal riciclaggio. Ad eccezione dell'uranio, che raggiunge il suolo tramite i concimi minerali fosfatici, la fonte primaria di tutte le altre sostanze appena elencate sono i concimi aziendali e i concimi ottenuti dal riciclaggio.

I concimi aziendali e quelli ottenuti dal riciclaggio possono contenere anche **agenti patogeni** (Fuchs *et al.* 2014) che, una volta raggiunto il suolo o le piante, sono in grado di sopravvivere per diversi mesi. Lo stoccaggio del liquame e il riscaldamento che avviene durante le prime fasi del compostaggio contribuiscono a rendere questi patogeni praticamente inoffensivi.

6. Basi legali

A tutela dell'ambiente, per l'omologazione e l'utilizzo dei concimi vanno osservate le disposizioni di diverse basi legali federali (UFAM e UFAG 2012):

- ordinanza sui prodotti chimici (OPChim, RS 813.11);
- ordinanza contro il deterioramento del suolo (Osuolo, RS 814.12);
- legge federale sulla protezione delle acque (LPac, RS 814.20);
- ordinanza sulla protezione delle acque (OPAc, RS 814.201);
- ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim, RS 814.81);



Figura 5. Concimare in modo razionale e nel rispetto dell'ambiente significa distribuire i concimi in quantità necessaria e al momento giusto, in modo che le piante possano valorizzare al meglio gli elementi nutritivi in essi contenuti (fotografia: Gabriela Brändle, Agroscope).

- legge federale sulla protezione dell'ambiente (LPamb, RS 814.01);
- legge federale sull'agricoltura (LAg, RS 910.1);
- ordinanza sui concimi (OCon, RS 916.171);
- ordinanza sul libro dei concimi (OLCon, RS 916.171.1).

Le prescrizioni contenute in tali basi legali, relative all'impiego dei concimi, sono integrate nei diversi moduli che compongono la pubblicazione «Aiuto all'esecuzione per la protezione dell'ambiente nell'agricoltura», tra cui spiccano i moduli «Nährstoffe und Verwendung von Düngern» (UFAM e UFAG 2012) e «Baulicher Umweltschutz» (UFAM e UFAG 2011), disponibili entrambi in tedesco o francese.

Le aziende agricole gestite secondo i principi della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER) devono, inoltre, rispettare le prescrizioni contenute nell'ordinanza sui pagamenti diretti all'agricoltura (OPD, RS 910.13) e nei relativi strumenti d'applicazione (p.es. Suisse-Bilanz). Chi partecipa ad altri programmi facoltativi deve rispettare anche le prescrizioni delle seguenti basi legali:

- ordinanza sull'agricoltura biologica (RS 910.18);
- ordinanza del DEFR sull'agricoltura biologica (RS 910.181).

7. Raccomandazioni riassuntive per concimare rispettando l'ambiente

Una concimazione mirata e rispettosa dell'ambiente garantisce la salvaguardia della fertilità del suolo a lungo termine, riduce le perdite di elementi nutritivi e, di conseguenza, i costi di concimazione, nonché contribuisce a preservare la qualità delle acque superficiali, di quelle sotterranee, dell'aria e del clima. Tuttavia, è spesso difficile riuscire a concimare rispettando contemporaneamente tutte le condizioni che consentono di proteggere l'ambiente. È compito di ogni agricoltore, sulla base delle proprie esperienze, con l'aiuto della consulenza e con l'ausilio dei mezzi disponibili, pianificare la concimazione in modo che si adatti al fabbisogno delle piante, tenga conto delle condizioni pedoclimatiche locali e si esegua al momento giusto (figura 5). Occorre altresì sottolineare che determinate misure volte a ridurre specifiche perdite potenziali di elementi nutritivi possono favorirne involontariamente altre (*Pollution Swapping*; Stevens e Quinton 2009). Per esempio, la riduzione della volatilizzazione di NH_3 comporta un aumento di N minerale nel suolo e un conseguente maggior rischio di dilavamento di NO_3^- e di produzione di N_2O tramite denitrificazione. Perciò, quando si applica una misura specifica con l'intenzione di ridurre puntualmente l'inquinamento potenziale dell'ambiente non bisogna mai perdere di vista l'insieme della problematica.

Il principio delle 4C proposto da Roberts (2007) illustra sinteticamente i punti fondamentali per ottimizzare la concimazione:

- corretto tipo di concime;
- corretta quantità di concime;
- corretta epoca di distribuzione;
- corretto sito di distribuzione.

Principali misure volte a limitare al minimo l'impatto ambientale della concimazione:

- Adattare l'effettivo di animali alle condizioni pedoclimatiche locali e al fabbisogno in elementi nutritivi delle colture.
- Pianificare accuratamente la concimazione (piano di concimazione dettagliato), tenendo conto della rotazione colturale e dei risultati di analisi del suolo affidabili.
- Utilizzare in modo mirato gli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali; l'analisi periodica del tenore in elementi nutritivi di questi concimi è utile per conseguire questo obiettivo.
- Impiegare gli elementi nutritivi di origine extraaziendale (concimi aziendali di terzi, concimi ottenuti dal riciclaggio, concimi minerali) unicamente per integrare il fabbisogno in elementi nutritivi non coperto dai concimi aziendali.
- Adattare il tipo di concime, la sua dose e la sua epoca di distribuzione all'evoluzione del fabbisogno delle piante coltivate, ai tenori in nutrienti del suolo, nonché alle condizioni pedoclimatiche locali.
- Evitare gli apporti di concimi N al di fuori del periodo vegetativo (prevedere sufficiente spazio per lo stoccaggio di letame e liquami).
- Distribuire liquami e digestati liquidi unicamente quando il suolo è in grado di assorbirli (non su suoli saturi d'acqua, fortemente compattati, con crosta superficiale, ricoperti di neve o congelati); bisogna prestare particolare attenzione ai suoli drenati artificialmente.
- Distribuire liquami e digestati liquidi tramite tecniche a bassa emissione di NH₃.
- Distribuire liquami e letame con tempo fresco e in giornate poco ventose (se possibile con temperatura inferiore a 15° C e umidità relativa dell'aria superiore al 70 % durante e nelle 24 ore successive alla distribuzione); per le colture erbacee da pieno campo, dove possibile, erpicare prima della distribuzione dei concimi oppure incorporarli rapidamente nel suolo.
- Evitare di lasciare il suolo privo di copertura vegetale (coltura intercalare, sovescio, trasemina, semina su lettiera, ecc.).

8. Bibliografia

8.1 Bibliografia citata nel testo

- Agridea & UFAG, 2016. Guida a Suisse-Bilanz, Edizione 1.13. Ufficio federale dell'agricoltura UFAG, Berna. 26 pp.
- Alder S., Prasuhn V., Liniger H.P., Herweg K., Hurni H., Candinas A. & Gujer H.U., 2015. A high-resolution map of direct and indirect connectivity of erosion risk areas to surface waters in Switzerland – A risk assessment tool for planning and policy-making. *Land Use Policy* 48, 236–249.
- Frey M., Konz N., Stamm C. & Prasuhn V., 2011. Identifizierung von Flächen, die überproportional zur Gewässerbelastung beitragen. *Agrarforschung Schweiz* 2 (4), 156–161.
- Fuchs J., Baier U., Berner A., Philipp W. & Schleiss K., 2014. Abschätzung des hygienischen Risikos im Zusammenhang mit der Anwendung von flüssigem Gärgut in der Schweiz – Schlussbericht. Publikation Nr. 290982. Ufficio federale dell'energia UFE, Berna.
- Gisler S., Liniger H.P. & Prasuhn V., 2011. Erosionsrisikokarte im 2x2-Meter-Raster (ERK2). *Agrarforschung Schweiz* 2 (4), 148–155.
- IPCC, 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4 «Agriculture, Forestry and Other Land Use», Chapter 11 «N₂O Emissions from Managed Soils, and CO₂ Emissions from Lime and Urea Application». Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. Link: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html> [6. 10. 2016].
- Roberts T.L., 2007. Right product, right rate, right time, and right place ... the foundation of BMPs for fertilizer. *Better Crops* 91 (4), 14–15.
- Snyder C.S., Bruulsema T.W., Jensen T. L. & Fixen P.E., 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 133 (3–4), 247–266.
- Spirig C. & Neftel A., 2006. Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft und Feinstaub. *Agrarforschung* 13 (9): 392–397.

Stevens C.J. & Quinton J.N., 2009. Diffuse pollution swapping in arable agricultural systems. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 39 (6), 478–520.

UFAM & UFAG, 2011. Baulicher Umweltschutz in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Umwelt-Vollzug N. 1101. Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna. 123 pp.

UFAM & UFAG, 2012. Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft. Umwelt-Vollzug Nr. 1225. Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna. 62 pp.

Van Groenigen J., Velthof G.L., Oenema O., Van Groenigen K.J. & Van Kessel C., 2010. Towards an agronomic assessment of N₂O emissions: a case study for arable crops. *European Journal of Soil Science* 61 (6), 903–913.

8.2 Bibliografia di approfondimento

BBDU, 2004. Hofdünger – gezielt eingesetzt. Beratergruppe «Boden Düngung Umwelt» BDU, Lindau. 4 pp.

BDU-Arbeitsgruppe «Ammoniak», 2005. Ammoniakverluste bei der Hofdüngerausbringung reduzieren. *UFA-Revue* 12, 33–34.

BDU-Arbeitsgruppe «Ammoniak», 2011. Ammoniakverluste aus der Landwirtschaft – Wissenswertes in Kürze. 2. aktualisierte Auflage. Beratergruppe «Boden Düngung Umwelt» BDU, Lindau. 2 pp.

UFAM & UFAG, 2004. Merkblatt «Düngen zur richtigen Zeit». 2. unveränderte Auflage. Stazione federale di ricerche in agroecologia e agricoltura FAL, Zurigo. 4 pp.

UNECE, 2014. Leitfaden zur Vermeidung und Verringerung von Ammoniakemissionen aus landwirtschaftlichen Quellen. Versione tedesca del documento ECE/EB.AIR/120ECE/EB.AIR/120, redatto su incarico dell'Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna. 98 pp.

9. Indice delle tabelle

Tabella 1. Potenziale impatto ambientale di diversi tipi di concime e costi correlati alla riduzione dell'impatto su suolo, acqua e aria.	7/4
Tabella 2. Parametri che influenzano la volatilizzazione dell' NH_3 durante e dopo la concimazione organica e misure volte a ridurre le emissioni.	7/5
Tabella 3. Parametri che influenzano le perdite per dilavamento e percolazione degli elementi nutritivi distribuiti con la concimazione e misure volte a ridurre il rischio di perdite durante la distribuzione di liquami e digestati liquidi.	7/7
Tabella 4. Parametri che influenzano le perdite per ruscellamento ed erosione degli elementi nutritivi distribuiti con la concimazione e misure volte a ridurre il rischio di perdite durante la distribuzione di liquami e digestati liquidi.	7/9

10. Indice delle figure

Figura 1. Le tecniche che distribuiscono liquami e digestati liquidi depositandoli sulla superficie del suolo per caduta (qui una barra equipaggiata con tubi flessibili a strascico) consentono di ridurre notevolmente la volatilizzazione dell' NH_3 rispetto ai metodi che disperdono i liquami in pressione nell'aria (deflettore a piattello, distributore oscillante, ecc.)	7/5
Figura 2. Misura della quantità di N_2O prodotto in un pascolo sperimentale con la tecnica detta «Eddy covariance» (correlazione turbolenta).	7/6
Figura 3. Parcelle sperimentali di colza, prato temporaneo e barbabietola da zucchero monitorate attraverso lisimetri, installati da Agroscope presso il sito di Zurigo-Reckenholz.	7/8
Figura 4. Il ruscellamento convoglia direttamente le acque meteoriche di questo campo verso un tombino, facilitando l'inquinamento delle acque superficiali con elementi nutritivi, sedimenti e prodotti fitosanitari di origine agricola.	7/8
Figura 5. Concimare in modo razionale e nel rispetto dell'ambiente significa distribuire i concimi in quantità necessaria e al momento giusto, in modo che le piante possano valorizzare al meglio gli elementi nutritivi in essi contenuti.	7/10



8/ Concimazione delle colture erbacee da pieno campo

Sokrat Sinaj¹, Raphaël Charles¹, Alice Baux¹, Brice Dupuis¹,
Jürg Hiltbrunner², Lilia Levy¹, Didier Pellet¹, Guillaume Blanchet¹ e
Bernard Jeangros¹

¹ Agroscope, 1260 Nyon, Svizzera

² Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

Contatto: sokrat.sinaj@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	8/3
2. Caratteristiche generali e fabbisogno in elementi nutritivi	8/3
2.1 Cereali a paglia	8/3
2.2 Patata	8/5
2.3 Oleaginose	8/7
2.4 Proteaginose	8/9
2.5 Mais	8/10
2.6 Barbabietola da zucchero	8/12
2.7 Sistemi colturali e intercalari	8/13
3. Norme di concimazione	8/15
3.1 Concimazione azotata	8/21
3.2 Concimazione fosfatica, potassica e magnesiana	8/28
3.3 Zolfo	8/30
3.4 Boro, manganese e altri microelementi	8/31
4. Residui colturali	8/32
5. La concimazione nella pratica	8/32
5.1 Piano di concimazione	8/32
5.2 Scelta dei concimi	8/32
5.3 Epoca e frazionamento della concimazione	8/34
5.4 Tecniche di distribuzione	8/37
5.5 Possibilità di ottimizzare o di ridurre la concimazione azotata	8/37
5.6 Possibilità di semplificare la concimazione fosfatica, potassica e magnesiana	8/37
6. Bibliografia	8/38
7. Indice delle tabelle	8/41
8. Indice delle figure	8/42
9. Allegato	8/43

In copertina: effetto della concimazione azotata sulla crescita del frumento in una prova di lunga durata a Changins (fotografia: Carole Parodi, Agroscope).

1. Introduzione

La concimazione razionale delle colture erbacee da pieno campo deve considerare molteplici fattori, quali: il fabbisogno delle piante in elementi nutritivi, la loro disponibilità nel suolo e la loro restituzione attraverso i residui colturali, la quantità e la forma chimica di tali elementi distribuiti per mezzo dei concimi minerali e aziendali, il percorso e le trasformazioni degli elementi nutritivi nel sistema suolo – pianta – ambiente (aria, acqua), nonché la redditività economica delle singole colture.

I differenti metodi/criteri di concimazione delle colture erbacee da pieno campo mirano a fornire alle piante la giusta quantità di elementi nutritivi, affinché questi ultimi non risultino limitanti per lo sviluppo della coltura. La concimazione non è che uno dei numerosi fattori che contribuiscono a una raccolta di successo: la scelta varietale, le condizioni climatiche (precipitazioni, temperatura), così come la pressione di malattie e parassiti, svolgono altresì un ruolo sotto questo aspetto.

Il presente modulo mette a disposizione del mondo agricolo informazioni relative a:

- (i) particolarità delle colture erbacee da pieno campo nei confronti della concimazione (fisiologia del prelievo, esigenze legate alla fertilità dei suoli e all'ambiente, requisiti concernenti la qualità dei prodotti raccolti, ecc.);
- (ii) fabbisogno delle diverse colture in elementi nutritivi;
- (iii) metodi per razionalizzare la concimazione e determinare le norme di concimazione per ogni coltura o gruppo di colture;
- (iv) tecniche di concimazione.

Queste informazioni, già riportate nella versione precedente «Dati di base per la concimazione in campicoltura e foraggicoltura» (Sinaj *et al.* 2009), sono state aggiornate grazie al lavoro svolto da Agroscope nel corso degli ultimi sette anni.



Parcella con facelia (fotografia: Agroscope).

2. Caratteristiche generali e fabbisogno in elementi nutritivi



Parcella con frumento (fotografia: Agroscope).

2.1 Cereali a paglia

2.1.1 Caratteristiche generali

In Svizzera, nel 2015, si sono coltivati 128'135 ettari di cereali a paglia, di cui 75'248 di frumento panificabile, 8'182 di frumento foraggero, 28'182 d'orzo, 8'447 di triticale, 1'974 di segale, 1'633 d'avena e 4'146 tra spelta e altri cereali panificabili (swiss granum 2015).

I cereali autunnali si seminano tra fine settembre (orzo) e fine ottobre (frumento e triticale). I cereali a paglia si possono anche seminare più tardivamente, ma l'accestimento e, di conseguenza, la resa potenziale in granella diminuiscono. La mietitrebbiatura si esegue tra fine giugno e metà agosto in funzione della specie coltivata e dell'ambiente di coltivazione.

Frumento e spelta si sviluppano bene su suoli da mediamente pesanti a pesanti con pH neutro, mentre il triticale si può coltivare anche in zone marginali (Vullioud 2005). La segale si adatta a suoli poveri, caratterizzati da tessitura leggera e pH acido. L'orzo teme l'acidità e preferisce suoli ben aerati. L'avena possiede un apparato radicale ben sviluppato e sopporta anche suoli acidi e mal strutturati, purché la disponibilità d'acqua sia sufficiente.

Difficoltà durante la lavorazione del suolo e la semina possono tradursi in uno sviluppo radicale mediocre che limiterà la crescita della pianta, perché l'assorbimento d'acqua e di elementi nutritivi risulta compromesso. Il compattamento del suolo o la gestione scorretta delle malattie radicali, come il mal del piede dei cereali, possono essere ulteriori cause di una scarsa radicazione. Anche in questi casi, l'effetto finale sulla resa dipende altresì da altri fattori, quali le precipitazioni (Lucas *et al.* 2000).

2.1.2 Fabbisogno in elementi nutritivi

I cereali a paglia hanno esigenze in azoto (N) abbastanza elevate, ma sono poco esigenti in fosforo (P) e potassio (K). Il loro fabbisogno in zolfo (S) non è molto elevato ma, in situazioni a rischio (suoli con tessitura leggera e debole capacità di ritenzione idrica oppure in presenza di abbondanti piogge invernali), si raccomanda un apporto sotto forma di solfato (SO_4^{2-}) (UNIFA 2015). La distribuzione di SO_4^{2-} si può abbinare alla concimazione N.

La figura 1 illustra l'assorbimento di elementi nutritivi (N, P, K, S) durante la crescita del frumento. La dinamica d'assorbimento varia a se-

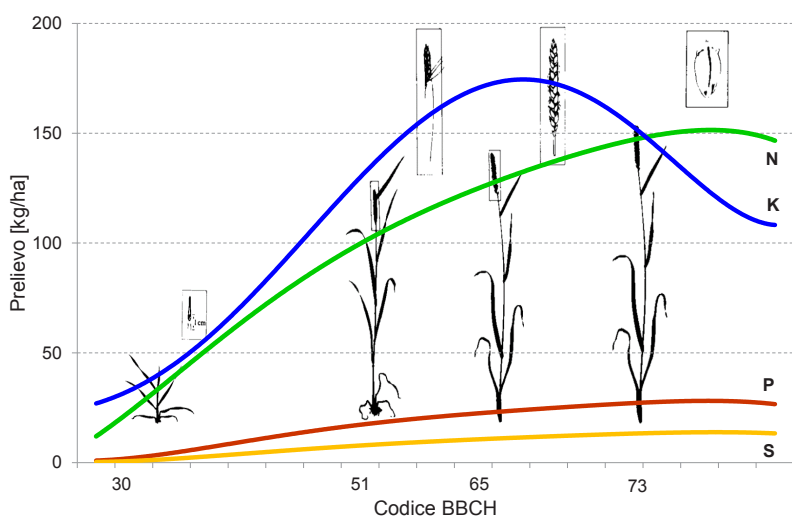


Figura 1. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, S) in funzione dello sviluppo fisiologico del frumento [scala BBCH di Hack (1993)], pianta intera e resa di 60 q/ha (SCPA, 1995).

conda dell'elemento: quella di K, fortemente presente nelle foglie, inizia precocemente poi rallenta durante il riempimento e la maturazione della granella. N, P e S, invece, sono assorbiti regolarmente durante tutto il periodo di crescita. P e N sono trasferiti nella granella durante il suo riempimento, mentre il K resta nelle foglie (Schvartz *et al.* 2005). Nel caso dell'orzo, i tenori in elementi nutritivi nella granella e nelle foglie variano molto in funzione delle condizioni ambientali e del tipo di varietà (orzo distico o esastico) (Charles *et al.* 2012). La concentrazione di K nella paglia è tripla rispetto a quella riscontrata nella granella.

2.1.3 Concimazione N e resa in granella

La resa in granella dei cereali a paglia è influenzata da diversi fattori, tra cui spicca la concimazione N (Levy e Brabant 2016; Charles *et al.* 2012; Levy e Schwaerzel 2009; Levy *et al.* 2007; Levy *et al.* 2009). In molti casi, la concimazione N aumenta la resa in granella ma, superato il livello ottimale di concimazione, l'efficacia dell'N cala con l'aumentare della quantità distribuita (Levy e Brabant 2016; Levy e Schwaerzel 2009).

2.1.4 Concimazione e qualità della granella

I cereali a paglia trovano sbocchi commerciali in molteplici settori. La maggior parte della produzione si utilizza per la panificazione (frumento, segale, spelta) e per produrre foraggio (triticale, orzo, frumento foraggero, avena). Una quota marginale, invece, si valorizza sotto forma di biscotti, fiocchi, zuppe, eccetera. In Svizzera, le varietà di frumento si classificano secondo la loro attitudine alla panificazione e si raccomandano in funzione della loro utilizzazione specifica. Recentemente, la filiera dei cereali ha introdotto, in via sperimentale, il pagamento dei frumenti di classe TOP (varietà d'alta gamma destinate alla panificazione) in funzione del loro tenore in proteine (Sonderregger e Scheuner 2014). Le esigenze qualitative richieste dai trasformatori sono specifiche per ogni tipo d'utilizzazione.

2.1.4.1 Influenza della concimazione azotata sulla qualità del frumento panificabile

La scelta varietale è all'origine di un terzo della variabilità del tenore in proteine del frumento (Levy e Brabant 2016); un altro terzo è funzione della concimazione N. La differenza tra situazioni di carenza di N (0 kg N/ha) e situazioni in cui gli apporti sono vicini alla norma (140 kg N/ha) è maggiore per il tenore in proteine che per la resa in granella (Levy e Brabant 2016).

Tabella 1. Effetto della concimazione N sui parametri qualitativi del frumento in funzione della sua valorizzazione.

Parametri qualitativi	Effetto della concimazione N	Valutazione in base al tipo di valorizzazione		
		Frumento panificabile	Frumento biscottiero	Frumento foraggero
Peso ettolitrico	o/+	o/+	o/+	o/+
Peso di mille semi	o	o	o	o
Tenore in proteine	+	+	-	+
Indice di Zeleny ¹	+	+	-	o
Durezza della granella	+	+	-	o
Capacità d'assorbimento idrico della farina	o/+	o/+	o/-	o
Stabilità dell'impasto	+	+	-	o
Perdita di consistenza dell'impasto	+	+	-	o
Tenacità dell'impasto	+	+	-	o
Tenacità / estensibilità dell'impasto	+	+	+	o
Gelatinizzazione massima	+	o/+	o	o

o/influente; + influenza positiva; - influenza negativa.

¹ L'indice di Zeleny esprime la qualità delle proteine e la loro attitudine al rigonfiamento in soluzione di acido lattico.

Anche se la concimazione N aumenta il tenore in proteine, un tenore maggiore non assicura necessariamente una migliore qualità panificabile (Brabant e Levy 2016). Una concimazione N più importante genera un cambiamento nella composizione delle proteine: il tasso di glutine umido aumenta, mentre l'indice di glutine (indicatore della qualità del glutine) diminuisce (Brabant e Levy 2016). L'indice di Zeleny aumenta frazionando l'N in tre apporti, mentre non reagisce se si intensifica la concimazione N. Il peso ettolitrico è essenzialmente determinato dalla varietà, ma una concimazione N più importante può influenzarlo positivamente (Levy *et al.* 2007; Levy e Brabant 2016).

2.1.4.2 Influenza della concimazione azotata sulla qualità del frumento biscottiero

Le caratteristiche qualitative della farina richieste dalla filiera biscottiera sono molto diverse da quelle auspiccate dalla filiera panificatoria, quando, come capita spesso, non sono addirittura opposte. La filiera biscottiera esige frumenti a basso tenore in proteine, basso potere d'idratazione nonché con forte estensibilità e debole elasticità dell'impasto. Questi parametri non sono influenzati solo dalla scelta varietale, ma anche dalla concimazione N (tabella 1).

2.1.4.3 Influenza della concimazione azotata sulla qualità dei cereali foraggeri

Diverse specie di cereali, come l'orzo e il triticale, sono utilizzate principalmente per produrre foraggio. Nel 2001, dopo la liberalizzazione del mercato cerealicolo, il frumento di qualità panificabile declassato è stato sostituito da varietà di frumento foraggero molto produttive, ma a basso tenore in proteine. Attualmente, la valutazione della qualità dei cereali foraggeri si basa sostanzialmente sul peso ettolitrico; un parametro facilmente misurabile, ma poco affidabile (tabella 1). Il peso ettolitrico è influenzato in modo molto marginale dalla concimazione N (Charles *et al.* 2012). Altri parametri, più specifici per i diversi utilizzi (tenore in proteine, in lisina, in acidi grassi, ecc.), rivestono un ruolo importante nella valutazione della qualità. L'indice PUFA-MUFA (IPM), riportato sistematicamente per le varietà d'orzo autunnale (Courvoisier *et al.* 2015), è maggiore per l'orzo rispetto al frumento, ma non dipende dallo stato nutrizionale N della pianta. Analogamente, la viscosità dei cereali foraggeri è cruciale per il foraggiamento degli animali monogastrici, perché esercita un effetto negativo, tra le altre cose, sull'assorbimento degli alimenti (Levy *et al.* 2013). Tuttavia, anche quest'ultimo parametro non è influenzato dalla concimazione N.

2.1.5 Concimazione e malattie

Numerosi studi (Neumann *et al.* 2004; Olesen *et al.* 2003; Jordan *et al.* 1989; Smiley e Cook 1973) mostrano che lo sviluppo delle malattie dei cereali non è influenzato solo dal livello di concimazione N, ma anche dal momento in cui si distribuisce l'N e dalla sua forma chimica. L'abbondanza di N favorisce lo sviluppo dell'oidio (*Blumeria graminis*) e della ruggine bruna (*Puccinia tritricina*) nonché la pullulazione di afidi sulla spiga (Charles *et al.* 2011; Mascagni *et al.* 1997; Gash 2012). Altre malattie, come la fusariosi della

spiga, non dipendono né dalla forma chimica, né dal livello della concimazione N (Krnjaja *et al.* 2015; Lemmens *et al.* 2004). Tuttavia, limitare la disponibilità di N o in altri elementi nutritivi oppure ancora mettere sotto stress la coltura non è certamente una soluzione. Alcuni studi (Buschbell e Hoffmann 1992; Olesen *et al.* 2000) mostrano che patogeni e parassiti attaccano più facilmente le colture indebolite.



Parcella con patata (fotografia: Agroscope).

2.2 Patata

2.2.1 Caratteristiche generali

In Svizzera, la patata copre 11'330 ettari (Swisspatat 2015), di cui 1'500 coltivati a patata da semina. La quota restante si divide tra varietà per il consumo fresco (60 %) e varietà destinate alla trasformazione industriale (40 %).

In Svizzera, la patata si pianta generalmente tra fine marzo e inizio maggio. Dopo la piantagione impiega 2–3 settimane per emergere in superficie, a seconda del suo grado di pregermogliamenti e della temperatura esterna. Passano poi diverse settimane prima che il fogliame ricopra completamente il suolo. L'apparato radicale della patata è molto superficiale e si concentra principalmente nei primi 30 centimetri di suolo. Esistono differenze varietali importanti a livello di massa radicale, il che spiega perché alcune varietà valorizzino meglio gli elementi nutritivi (Iwama 2008; Sinaj *et al.* 2014). Queste differenze sono abbastanza stabili e non dipendono né dal tipo di suolo, né dalla concimazione e nemmeno dalla densità di piantagione. Se le condizioni di crescita sono buone, cioè in assenza di stress idrici e nutrizionali, le differenze tra masse radicali sono soprattutto legate alla precocità delle varietà. Le radici delle varietà tardive hanno più tempo per allungarsi, sviluppando masse radicali più consistenti e penetrando più profondamente nel suolo, talvolta anche fino a un metro (Iwama 2008). Anche la temperatura svolge un ruolo im-

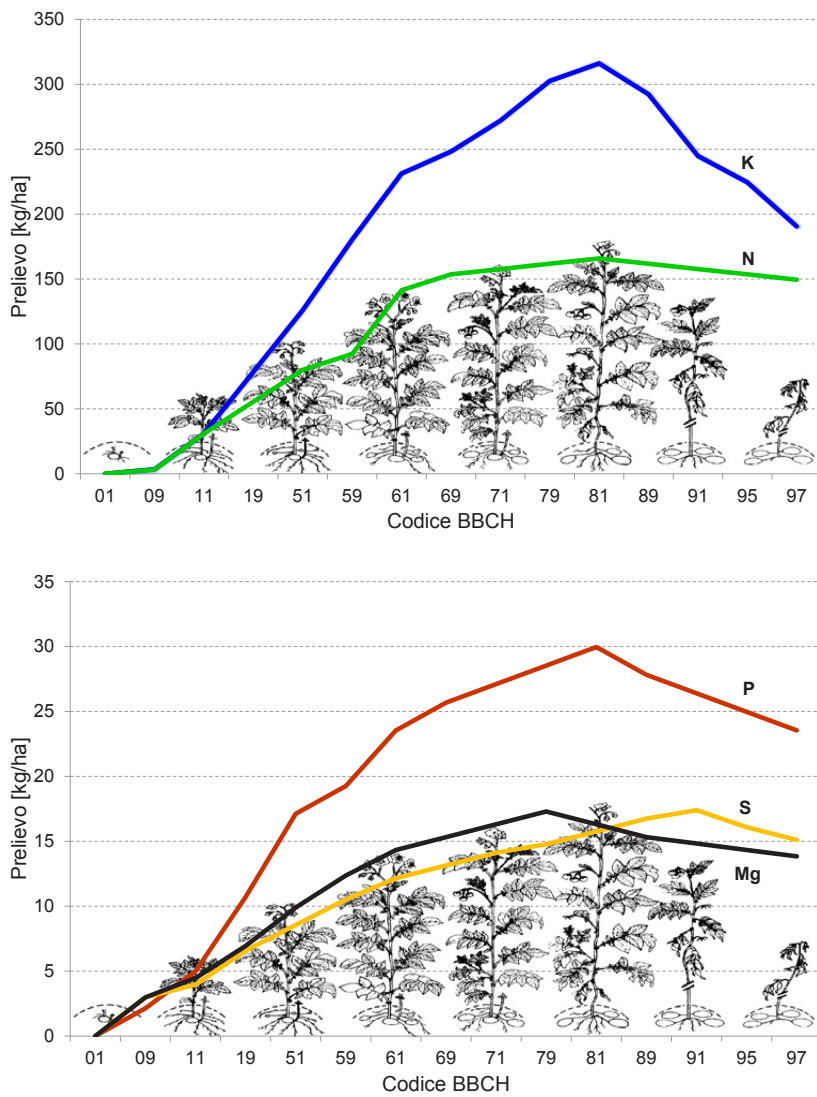


Figura 2. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, S, Mg) in funzione dello sviluppo fisiologico della patata [scala BBCH di Hack (1993)], varietà José e resa di 45 t/ha (SCPA 1995).

portante per lo sviluppo dell'apparato radicale; le condizioni ottimali si registrano attorno ai 20°C (Sattelmacher *et al.* 1990).

2.2.2 Fabbisogno in elementi nutritivi

La patata non è esigente solo in N, ma anche in P e K (figura 2). Si stima un prelievo di elementi nutritivi pari a 0,45–0,90 kg di P e 3,5–5,0 kg di K per tonnellata di tuberi prodotti. Essa è anche sensibile alla carenza di manganese (Mn) e boro (B).

Generalmente, apporti di N elevati favoriscono uno sviluppo fogliare rigoglioso e prolungano la crescita della vegetazione, mentre apporti di N ridotti accelerano la senescenza della pianta e fanno aumentare il tenore in sostanza secca (SS) (composta principalmente da amido) dei tuberi (Westermann e Kleinkopf 1985; Cao e Tibbitts 1998).

Il P è un elemento essenziale per la patata. Una sospensione della concimazione P si può giustificare se le analisi del suolo mostrano una riserva sufficiente di P disponibile. Bisogna, tuttavia, essere prudenti, perché una carenza di P può causare un calo di resa fino al 10 % (Ryckmans 2009). La resa massima si ottiene quando la disponibilità di P è sufficiente fin dall'inizio del ciclo vegetativo della pianta e tale si mantiene per tutto il periodo durante il quale i tuberi si ingrossano. I prelievi in P aumentano velocemente man mano che il periodo d'incubazione avanza per lasciare spazio a quello di tuberizzazione, restano costanti durante l'ingrossamento dei tuberi e si interrompono con la senescenza della pianta (figura 2; Ryckmans 2009; Tindall *et al.* 1993).

La patata è una delle colture più esigenti in K. Una sospensione della concimazione K non è consigliabile, perché può causare un calo di resa fino al 40 % se il suolo non è ben approvvigionato di K (Allison *et al.* 2001b). La quantità di SS (composta principalmente da amido) dei tuberi diminuisce quando si distribuisce molto K, soprattutto se sotto forma di cloruro (Cl⁻) piuttosto che di SO₄²⁻ (Allison *et al.* 2001b). Il picco di utilizzazione di K si localizza durante l'ingrossamento dei tuberi, a fine fioritura (Kolbe e Stephan-Beckmann 1997; SCPA 1995) (figura 2). Le varietà che possiedono apparati radicali ben sviluppati assorbono meglio il K (Karam *et al.* 2009; Trehan e Sharma 2002).

Il magnesio (Mg) è vitale per le piante (Columb 1992); esso interviene a livello della fotosintesi e del metabolismo di N e P. Durante

Tabella 2. Influenza della concimazione N, P e K sulla qualità dei tuberi di patata.

Parametri qualitativi	N	P	K
Commerciabilità dei tuberi (calibro)	+	o	+
Resistenza agli urti e alla maculatura nera	-	+	+
Tenore in amido	-	+	o/+
Tenore in SS	-	o	o/+
Cuore nero	-	o	+
Imbrunimento durante la frittura (tenore in zuccheri riduttori)	-	o	o/+
Annerimento dopo la cottura	o/-	o/+	o/+
Perdita di peso durante la conservazione	o	o	o

o ininfluenza; + influenza positiva; - influenza negativa.

l'intero ciclo vegetativo della patata, la principale fonte di Mg è il suolo. In suoli carenti, gli aumenti di resa generati dalla concimazione Mg sono modesti e superano raramente il 15 % (Allison *et al.* 2001a; Colomb 1992). Diversi studi mostrano che l'aumento della concimazione K causa il calo della concentrazione di Mg in piccioli e tuberi (carenza indotta). Ciononostante, non esistono prove scientifiche che questa competizione tra K e Mg abbia un effetto sulla resa.

Il limitato fabbisogno della patata in S (figura 2) e la coincidenza tra la sua fase di crescita e la mineralizzazione dello S organico del suolo fanno sì che le riserve del terreno coprano la maggior parte delle esigenze della coltura (Cohan 2014; Fritsch 2003).

2.2.3 Concimazione e qualità del raccolto

La concimazione N è uno dei fattori determinanti la qualità della patata (tabella 2) (Reust *et al.* 2006). Essa va differenziata secondo il tipo di suolo, gli apporti organici, le condizioni climatiche e la destinazione dei tuberi. Il frazionamento della concimazione N (tabella 26) influenza la qualità dei tuberi. Si raccomanda di distribuire l'ultimo N prima della tuberizzazione. Apporti eccessivi di N prolungano la crescita vegetativa della pianta, ritardando la senescenza e la maturazione dei tuberi. Ciò impedisce alla buccia dei tuberi di irrobustirsi, aumentando la loro sensibilità ai danni meccanici durante la raccolta e compromettendo la loro conservabilità (appassimento accelerato durante l'immagazzinamento).

La concimazione PK influenza anche la qualità dei tuberi di patata (tabella 2). Un apporto di P localizzato alla piantagione accelera lo sviluppo dei tuberi.

2.2.4 Concimazione e malattie

Troppo N favorisce la fitoftora quando la pressione della malattia è elevata, perché l'N stimola la crescita del fogliame. Si crea così un microclima umido, particolarmente propizio alla fitoftora, e diventa difficile per i fungicidi raggiungere gli strati inferiori del fogliame che sono, quindi, poco protetti contro le infezioni del fungo (Agu 2006; Kolbe e Stephan-Beckmann 1997).

Nei suoli molto calcarei, sussiste un rischio importante di attacco della scabbia comune. Questo rischio si può attenuare utilizzando concimi acidificanti, quali solfato ammonico $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ e/o solfato di potassio (K_2SO_4) (Colin e Goffart 1998; Pavlista 2005).

Si sconsiglia di concimare la patata con concimi aziendali ricchi di paglia, perché fanno aumentare il rischio che si sviluppino malattie, quali la rizottonia e la scabbia comune.



Parcella con colza (fotografia: Agroscope).

2.3 Oleaginose

2.3.1 Caratteristiche generali

La colza autunnale, con circa 23'000 ettari, è la principale oleaginosa coltivata in Svizzera. Il girasole, introdotto sul territorio elvetico attorno alla metà degli anni '90, grazie alla selezione di ibridi precoci a resa elevata, copre circa 3'500 ettari. Queste due colture svolgono ruoli molto diversi nell'ambito della rotazione colturale e presentano un fabbisogno in elementi nutritivi notevolmente differenti.

La colza si semina tra fine agosto e inizio settembre. È in grado di assorbire grandi quantità di N in autunno, valorizzando quello liberato dai concimi organici, ma svolgendo anche il ruolo di vera e propria «trappola per nitrati». Assorbe N fino dopo la fioritura, poi la mobilizzazione delle riserve presenti nel fusto e nelle foglie assicura l'accumulo di proteine nel seme. È una coltura annuale che copre il suolo per un periodo molto lungo (10–11 mesi), visto che si raccoglie tra giugno e luglio. Possiede un apparato radicale fittonante sensibile al compattamento del suolo e alla suola d'aratura.

Il girasole è una coltura primaverile, caratterizzata da uno sviluppo vegetativo vigoroso, abbastanza tollerante lo stress idrico e tradizionalmente coltivata nelle regioni calde. Esso è meno sensibile del mais alle basse temperature e, quindi, lo si può seminare un po' più precocemente, a partire dal mese d'aprile. Nei primi giorni dopo l'emergenza, la crescita dell'apparato radicale è favorita rispetto a quella della parte aerea. Il suo ciclo di sviluppo si estende su 130–150 giorni. Il girasole possiede un fittone circondato da numerose radici secondarie, molto sensibile ai problemi strutturali dello strato lavorato. Se il fittone non incontra ostacoli, riesce a esplorare il suolo fino a 2 metri di profondità, il che gli conferisce una certa autonomia per ciò che concerne l'approvvigionamento in elementi nutritivi e una buona tolleranza allo stress idrico.

2.3.2 Fabbisogno in elementi nutritivi

Il fabbisogno in N della colza è elevato (figura 3). Essa può assorbire una quantità importante in autunno. Una parte di questo N non resta nella pianta a causa della caduta delle foglie in inverno e può essere parzialmente mobilizzato di nuovo nella primavera successiva. La concimazione primaverile mira a integrare la quantità di N assorbita durante l'autunno. Di conseguenza, il fabbisogno in N può variare molto in funzione dell'N già assorbito dalla pianta entro la fine dell'inverno. Il metodo di calcolo della concimazione N sviluppato da «Terres Inovia» (Francia) considera lo sviluppo della coltura al risveglio vegetativo, permettendo di ridurre l'apporto di N sulle colture di colza più sviluppate, senza comprometterne la resa (Lagarde e Champolivier 2006). Si raccomanda di frazionare l'N in due apporti a partire dal risveglio vegetativo. Si sconsiglia vivamente, salvo rare eccezioni, di distribuire N già in autunno, visto che una crescita eccessiva delle piante prima dell'inverno non è auspicabile e può causare l'allungamento del fusto. Le eccezioni citate concernono, per esempio, la distribuzione di N dopo l'incorporazione nel suolo della paglia di cereali.

La colza appartiene alle colture esigenti in P per tutta la durata del ciclo di sviluppo (figura 3), ma riesce raramente a mobilizzare le riserve di questo elemento presenti nel suolo. Quindi, un arresto della concimazione P può causare fenomeni di carenza.

Il K è un elemento essenziale per la colza (figura 3), che ne assorbe quantità importanti, immagazzinandole in gran parte nei fusti e nelle foglie sotto forma solubile. Questo K diventa disponibile per la coltura successiva dopo la decomposizione dei residui colturali.

Il fabbisogno in S della colza è importante in primavera. Se tale esigenza non è soddisfatta dalla mineralizzazione di S organico del suolo (di-

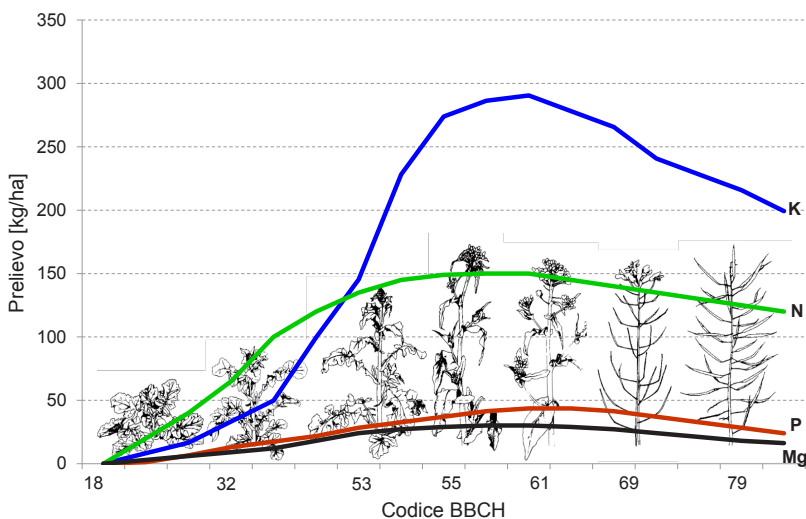


Figura 3. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, Mg) in funzione dello sviluppo fisiologico della colza [scala BBCH di Hack (1993)].



Piante di girasole (fotografia: Agroscope).

pende dal tipo di suolo e dalle condizioni climatiche), una distribuzione di S sotto forma di SO_4^{2-} è essenziale a partire dal risveglio vegetativo, per evitare carenze che possono causare perdite di resa considerevoli. Se si distribuisce regolarmente sostanza organica (SO) sulle parcelle coltivate a colza, il rischio di carenza è più limitato e distribuire S può rivelarsi superfluo.

Il fabbisogno in N del girasole è modesto e in gran parte coperto dal suo assorbimento dagli strati profondi del suolo, a patto che l'apparato radicale sia ben sviluppato. Si stima un fabbisogno attorno ai 45 kg di N per tonnellata di granella prodotta. La concimazione N si esegue alla semina. Un apporto eccessivo di N è sconsigliabile, perché l'eccesso può favorire lo sviluppo di malattie, ritardare la maturazione e causare il calo del tenore in olio. È, talvolta, possibile sospendere la concimazione N (capitolo 3.1.3).

Il girasole è mediamente esigente in K e poco esigente in P. Eventuali carenze in questi elementi possono comunque frenare la crescita della pianta e limitarne la resa. Le carenze si possono verificare se il suolo è povero o lo sviluppo dell'apparato radicale è insufficiente.

2.3.3 Concimazione e qualità del raccolto

Il tenore in olio della granella delle oleaginose e il tenore in glucosinolati della granella di colza sono due parametri qualitativi importanti, che possono essere influenzati dalla concimazione. Il tenore in olio è influenzato anche da altri fattori, tra i quali ci sono la varietà, le condizioni ambientali e la concimazione azotata. In Svizzera, attualmente, questo parametro non è preso in considerazione per remunerare i raccolti.

Tabella 3. Effetti delle concimazioni N e S sul tenore in olio e sulla concentrazione di glucosinolati della colza.

Concimazione	Olio	Glucosinolati
Concimazione N	-	o
Concimazione S (rischio di carenza medio/alto)	+	+
Concimazione S (rischio di carenza debole)	o	+

o ininfluenza; + influenza positiva; - influenza negativa.

2.3.3.1 Influenza delle concimazioni azotata e sulfurea sul tenore in olio

L'aumento della concimazione N (fino alla distribuzione di un livello ottimale di N) comporta un'evoluzione positiva della resa in granello e una diminuzione del tenore in olio (tabella 3). Ne consegue che la resa in olio aumenta con la concimazione N fino a un livello ottimale di N, inferiore a quello relativo alla resa in granello. Distribuendo 40 kg di N oltre la dose ottimale il tenore in olio diminuisce da 0,3 a 1,2 punti percentuali (Champolivier e Reau 2005). Una tendenza analoga si osserva anche per il girasole.

La concimazione S della colza può avere un effetto positivo sul tenore in olio del raccolto quando il rischio di carenza di S è moderato. Se, però, questo rischio è trascurabile, tanto che non si raccomanda alcuna concimazione S, l'eventuale apporto di S non ha alcun effetto sul tenore in olio della granello (Pellet *et al.* 2003a).

2.3.3.2 Influenza della concimazione sulfurea sulla concentrazione in glucosinolati

I glucosinolati sono composti solforati che penalizzano la qualità del pannello di colza, destinato a foraggiare gli animali monogastrici (suini e pollame). In Svizzera, il loro tenore massimo nei semi di colza è fissato a 20 $\mu\text{mol/g}$. Esistono grandi differenze varietali, ma la concentrazione dei glucosinolati è anche influenzata dalla disponibilità di S del suolo. In una serie di prove realizzate su suoli a rischio di carenza di S da debole a medio, si è constatato un forte aumento del tenore in glucosinolati con l'aumentare della concimazione S (tabella 3). Questo effetto è particolarmente evidente nelle situazioni che richiedono la concimazione S (Pellet *et al.* 2003a). Una concimazione S eccessiva deve, quindi, essere evitata.

2.3.4 Concimazione e malattie

Nel caso della colza, Söchting e Verreet (2004) hanno constatato che un'abbondante concimazione N favorisce la sclerotinia, ma non ha effetto sulla necrosi del colletto (*Phoma*). Viceversa, Aubertot *et al.* (2003) hanno mostrato che una forte disponibilità di N in autunno può favorire lo sviluppo della necrosi del colletto.

Il girasole può mobilizzare le riserve di N degli strati profondi del suolo e soddisfare gran parte del suo fabbisogno in questo elemento nutritivo grazie al suo apparato radicale fittonante. Una concimazione N eccessiva causa abbondante sviluppo vegetativo e conseguente maggior rischio di allettamento e di sviluppo di malattie. Debaeke e Estragnat (2003) hanno mostrato che l'intensificazione della concimazione N fa aumentare il numero di fusti colpiti da phomopsis quando la pressione dell'inoculo è debole. Al contrario, quando l'inoculo è ben presente e le condizioni di umidità sono favorevoli, una carenza di N può favorire la progressione della malattia, la cui gravità è accentuata dalla densità della coltura. Anche la necrosi del fusto (*Phoma*) sarebbe influenzata dalla disponibilità di N, contrariamente alla necrosi del colletto (Debaeke e Perez 2003). Infine, la sclerotinia è essenzialmente favorita da

particolari condizioni meteorologiche o irrigue e solo parzialmente dalla concimazione N (Mestries *et al.* 2011).



Baccelli di pisello proteico (fotografia: Agroscope).

2.4 Proteaginose

2.4.1 Caratteristiche generali

Le principali proteaginose coltivate in Svizzera sono: pisello, soia, favino e lupino. Il pisello è largamente dominante con circa 3'700 ettari, seguito da favino (465 ha) e lupino (80 ha). La soia, coltivata per l'olio e le proteine, occupa circa 1'400 ettari. Tutte queste colture fissano l'N atmosferico grazie a specifici batteri simbiotici (*Rhizobium*) presenti nei noduli che si formano sulle loro radici. Ogni proteaginosa presenta un apparato radicale diverso. Il pisello ha un fittone poco sviluppato e numerose radici secondarie e terziarie, su cui si sviluppano i noduli radicali. Pertanto, è sensibile ai difetti strutturali e al compattamento del suolo. Il lupino e il favino hanno fittoni robusti che influenzano positivamente la struttura del suolo. Il lupino ha la capacità di modificare il pH della sua rizosfera (fino a due unità), il che gli permette di mobilizzare alcune forme di elementi nutritivi (P, K, zinco [Zn], ecc.), altrimenti non disponibili. Anche la soia ha un robusto fittone che può penetrare profondamente nel suolo, ma che si limita, di regola, entro lo strato arato. Sul fittone della soia si inseriscono quattro palchi di radici secondarie, a loro volta fittamente ramificate, che costituiscono una massa radicale concentrata prevalentemente nei 15–20 centimetri più superficiali del suolo.

Per quanto concerne il pisello, si distinguono due tipi di varietà: quelle autunnali, seminate a partire da metà ottobre e raccolte a inizio luglio, e quelle primaverili, un po' più sensibili alle basse temperature, seminate in febbraio e raccolte durante il mese di luglio. La soia è una coltura primaverile da seminare in suoli già relativamente caldi (maggio) e da raccogliere in autunno.

2.4.2 Fabbisogno in elementi nutritivi

Pisello, lupino, favino e soia, come tutte le leguminose, non hanno bisogno della concimazione N. È necessario inoculare le sementi di lupino e soia, perché i loro batteri azotofissatori (*Rhizobium*) sono specifici. Qualora si coltiva con regolarità queste leguminose sulla stessa parcella, i batteri azotofissatori riescono a sopravvivere nel suolo dalla raccolta della coltura fino al suo ritorno. Occasionalmente, le proteaginose possono ricevere concimi aziendali che non si sarebbero potuti valorizzare diversamente. Il pisello e il favino sono mediamente esigenti in P e K. Il lupino e la soia sono poco esigenti in P e mediamente esigenti in K.

Le leguminose hanno un effetto benefico sulla fertilità del suolo. Il pisello è un ottimo precedente per le colture autunnali (colza, frumento), in quanto permette di ridurre la concimazione N. Questo effetto è particolarmente marcato per le colture seminate già alla fine dell'estate, come la colza, che possono assorbire grandi quantità di N in autunno (Charles e Vulliod 2001).



Spiga di mais matura (fotografia: Agroscope).

2.5 Mais

2.5.1 Caratteristiche generali

Anche se in molte regioni del mondo il mais è principalmente destinato all'alimentazione umana, la maggior parte di quello coltivato in Svizzera si utilizza per produrre foraggio. Complessivamente, in Svizzera, il mais si coltiva su circa 61'000 ettari. Esso è la terza coltura erbacea da pieno campo più diffusa dopo i cereali panificabili e quelli foraggeri. In funzione della destinazione prevista per il raccolto, ciò che conta sono la resa e la qualità della pianta intera (mais da silo, erbaio di mais o «mais verde») oppure la resa e la qualità della sola granella (mais da granella). A seconda della quota di mais nella razione foraggera, della

composizione di quest'ultima e dell'utilizzo che se ne vuole fare, la qualità del raccolto acquista importanza diversa.

L'apparato radicale del mais è costituito da radici seminali molto robuste e da numerose radici avventizie. Le radici avventizie ipogee hanno origine dai nodi basali del culmo e si sviluppano sottoterra, mentre quelle aeree sostengono il culmo e partono dai suoi primi 2–3 nodi aerei. Man mano che le radici avventizie crescono e si sviluppano, le radici seminali perdono progressivamente importanza. La loro formazione dipende spesso dalla varietà. Appena penetrano nel terreno, le radici avventizie iniziano subito a funzionare. L'apparato radicale si sviluppa più superficialmente, o in profondità, a dipendenza del tipo di suolo e della sua disponibilità in elementi nutritivi. Le radici si sviluppano lateralmente fino a 1 metro, mentre una parte della massa radicale può scendere fino a 2,5 metri di profondità. Lo sviluppo radicale dipende, però, anche dallo stato del suolo (compattamento, profondità) e dalla sua disponibilità idrica. Il mais cresce abbastanza lentamente fino allo stadio di 6 foglie. Durante questo periodo, il suo fabbisogno in elementi nutritivi è relativamente modesto (figura 4). In seguito, le esigenze in nutrienti aumentano, ma in sincronia con l'aumento della loro disponibilità nel suolo (in particolare grazie all'N reso disponibile attraverso la mineralizzazione). Siccome le radici si approfondiscono parallelamente allo sviluppo della pianta, l'aumento della disponibilità di elementi nutritivi (p.es. localizzando la concimazione sulla fila) favorisce lo sviluppo giovanile del mais, soprattutto quando gli elementi nutritivi sono poco mobili nel suolo (P) oppure quando si coltivano suoli che si riscaldano lentamente in primavera. In questo contesto, anche i microrganismi tellurici utili (micorrize) possono favorire lo sviluppo giovanile delle piante di mais attraverso la scelta oculata della rotazione colturale e di colture intercalari adatte. La formazione della granella avviene quando la crescita delle radici è terminata (Arnon 1975).

2.5.2 Fabbisogno in elementi nutritivi ed esigenze pedologiche

Il mais non è molto esigente in fatto di suolo, anche se in condizioni favorevoli la resa ne è influenzata positivamente. Il pH ideale varia da 5,3 a 7,0. Nella coltivazione del mais, le condizioni climatiche risultano spesso più limitanti di quelle pedologiche (Holzkämper *et al.* 2015). Suoli profondi, non troppo pesanti, ben aerati e che si riscaldano velocemente in primavera, si prestano bene alla coltivazione del mais. Anche se in primavera i suoli sabbiosi si riscaldano velocemente e permettono un rapido sviluppo del mais, i rischi legati allo stress idrico e alla carenza di elementi nutritivi aumentano, a causa della scarsa capacità di questi suoli di trattenere entrambi. Di principio, il mais si può coltivare anche su suoli torbosi, nonostante siano più soggetti alle gelate sia precoci sia tardive. Nelle regioni dove piove poco, il mais trae beneficio da suoli con buona ritenzione idrica (suoli argillosi). I suoli compatti e soggetti al ristagno idrico non sono idonei alla coltivazione di mais. Anche quelli soggetti alla formazione di crosta superficiale sono poco adatti, perché il mais si semina in file distanti 75–80 centimetri e, quindi, il suolo è esposto maggior-

mente all'erosione e alla formazione della sovraccitata crosta. Ciò vale soprattutto in caso di parcelle declive e di suoli con insufficiente struttura glomerulare. A questo proposito, i suoli poveri di humus e quelli lavorati troppo intensivamente sono ancora più a rischio.

Il mais valorizza efficacemente i concimi aziendali. Il suo ciclo di sviluppo e il fabbisogno in elementi nutritivi gli permettono di sfruttare ottimamente l'N che si mineralizza nel suolo. In condizioni favorevoli e con sufficiente disponibilità idrica, l'assorbimento giornaliero di N di una coltura di mais nella fase di crescita principale può raggiungere 5 kg N/ha (figura 4).

Il fabbisogno maggiore di P si ha durante la fase giovanile della coltura (tra la quarta e la decima settimana di crescita). Visto lo sviluppo limitato delle radici in questa prima fase, la localizzazione di piccole dosi di P disponibile vicino ai semi può favorire lo sviluppo giovanile della pianta. Nel periodo che va dalla fecondazione alla maturazione, l'assorbimento di P è molto elevato, tanto che l'apparato radicale del mais assorbe, in questo lasso di tempo, circa il 63 % del fabbisogno totale in P (Arnon 1975).

Le piante di mais ben provviste in K valorizzano meglio le risorse idriche. Ciò ne migliora la resistenza alla siccità e al freddo. Il K favorisce la sintesi di carboidrati e aumenta la stabilità delle piante di mais e la loro resistenza a malattie e parassiti. Il maggior fabbisogno in K si riscontra nella fase tra la formazione della sesta foglia e fine fioritura (figura 4). Durante questo periodo, il mais assume giornalmente fino a 10 kg K/ha.

Confrontato con quello degli altri elementi nutritivi, il fabbisogno in Mg del mais è piuttosto modesto. Nelle aziende che allevano bestiame, la maggior parte di questo fabbisogno è coperto dai liquami. In alternativa, il Mg necessario si può distribuire sotto forma di ammendanti calcareo-magnesiaci, Kieserite o altri concimi disponibili sul mercato.

Il mais preleva dal suolo circa 30 kg S/ha, che vengono solitamente forniti dalla distribuzione regolare di concimi aziendali o dalla mineralizzazione della SO. Su suoli leggeri, può essere necessario distribuire concimi minerali contenenti S, perché lo S, come il nitrato (NO_3^-), è facilmente dilavabile.

Il mais assorbe circa l'80 % del suo fabbisogno in K entro lo stadio di sviluppo BBCH 19 (Hack 1993), quindi piuttosto precocemente.

A titolo di paragone, la stessa percentuale di N si ritrova nella pianta appena prima della fioritura (BBCH 59), mentre per P e Mg si deve aspettare fino dopo la fine della fioritura (BBCH 80).

2.5.3 Concimazione e qualità del raccolto

La qualità dell'insilato di mais (pianta intera) dipende in parte dalla spiga (tenore in amido) e in parte dalla digeribilità di fusto e foglie. In questo contesto, la densità di semina gioca un ruolo importante, visto che lo sviluppo delle spighe è più contenuto in un campo di mais fitto rispetto a un campo con meno piante per unità di superficie. In generale, distribuendo crescenti dosi di N è possibile aumentare la percentuale di piante che portano una seconda spiga completamente sviluppata. Ciò non è, però, sempre auspicabile, perché lo sviluppo incompleto della seconda spiga può favorire anche la comparsa della fusariosi. Concimazioni esagerate di N e P, senza contemporanei apporti di K che

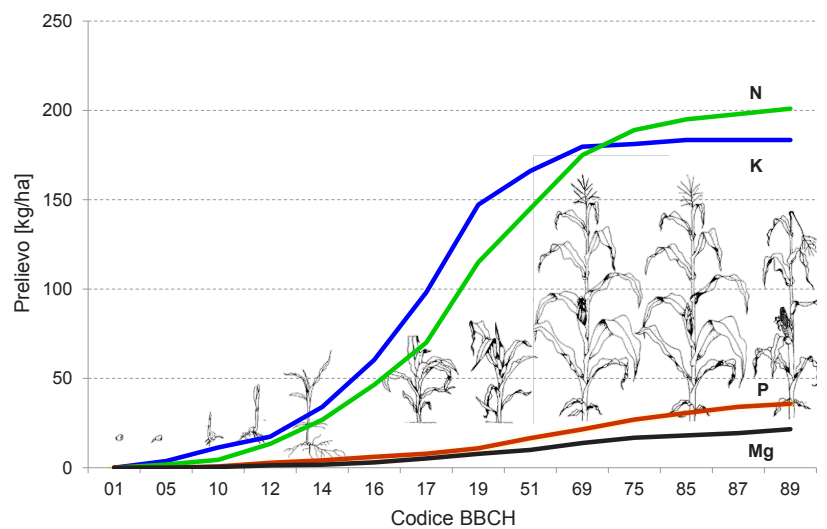


Figura 4. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, Mg) in funzione dello sviluppo fisiologico del mais [scala BBCH di Hack (1993)] (Buchner e Sturm 1985, UNIFA 2015 – modificato).

Tabella 4. Influenza positiva della carenza o dell'eccedenza in N, K, Mg e S sullo sviluppo di alcune malattie del mais (Datnoff et al. 2009).

Disponibilità di elementi nutritivi	Malattia/Sintomo	Patogeno
Eccedenza di N	Maculatura fogliare da cercospora	<i>Cercospora zeaе-maydis</i>
Carenza di N	Marciume del culmo	<i>Gibberella zeaе</i> (Schwein.) Petch *; <i>Diplodia maydis</i> (Berk.) Sacc.
Carenza di N	Produzione di aflatossine	Gruppo <i>Aspergillus-flavus</i>
Carenza di K	Maculatura fogliare da elmintosporiosi	<i>Exserohilum turcicum</i>
Carenza di K	Marciume del culmo	<i>Fusarium moniliforme</i> ; <i>Gibberella zeaе</i> (Schwein.); <i>Diplodia zeaе</i> ; <i>Diplodia maydis</i> (Berk.) Sacc.; <i>Fusarium verticilloides</i> (Sacc) Nirenberg; <i>Colletotrichum graminicola</i> (Ces.) G. W. Wils; <i>Pythium</i> sp.; <i>Fusarium culmorum</i>
Eccedenza di Mg	Maculatura fogliare da elmintosporiosi	<i>Bipolaris maydis</i>
Carenza di S	Marciume del culmo	<i>Pythium aphanidermatum</i> ; <i>Fusarium moniliforme</i> J. Sehd.

* Oppure anche in caso di concimazione ammoniacale e pH acido.

riequilibrino i rapporti tra i tre elementi, possono, inoltre, aumentare i problemi di conservabilità (Arnon 1975). Lo squilibrio nutrizionale può anche influenzare indirettamente la qualità e la resa in modo negativo, così come può favorire i danni causati da cinghiali alla semina della coltura successiva. Dosi crescenti di N possono fare aumentare il contenuto di proteine del mais da granella (Arnon 1975; Buchner e Sturm 1985). Circa il 60 % dell'N necessario allo sviluppo della granella proviene dalle foglie, più o meno il 10 % dalle brattee e il restante 20–25 % dal culmo o da altre parti della pianta. Se la pianta non riesce a approvvigionarsi sufficientemente in elementi nutritivi, la loro disponibilità sarà minore anche per il trasferimento verso la spiga. Ciò influenza negativamente sia la resa sia la qualità del raccolto. In ragione della forte crescita del mais durante la fioritura, la scarsa disponibilità idrica può influire sull'assorbimento di elementi nutritivi e, di conseguenza, compromettere la formazione di biomassa e la qualità (Arnon 1975).

2.5.4 Concimazione e malattie

La disponibilità di elementi nutritivi può influenzare la sensibilità del mais alle malattie. Le piante di mais scarsamente provviste in nutrienti sono meno tolleranti alle malattie. Nella maggior parte dei casi, la concimazione insufficiente favorisce le infezioni. Vi sono, tuttavia, eccezioni (tabella 4).



Parcella con barbabietola (fotografia: Agroscope).

2.6 Barbabietola da zucchero

2.6.1 Caratteristiche generali

In Svizzera, nel 2014, la barbabietola è stata coltivata su 21'000 ettari e ha prodotto 1,9 milioni di tonnellate di radici con un tenore in zucchero del 17,7 %, corrispondenti a 340'000 tonnellate di zucchero. La barbabietola è una specie biennale che si raccoglie alla fine del primo anno di crescita vegetativa. Durante questo periodo, la sua crescita è

fortemente influenzata dalle condizioni ambientali. In primavera, la partenza della coltura è lenta e espone il suolo ai rischi d'erosione e compattamento superficiale (pioggia battente). In estate, la crescita è fortemente condizionata dalla disponibilità d'acqua (quantità di pioggia, profondità del suolo). In autunno, la crescita prosegue e la resa può essere considerevole. L'epoca di raccolta delle radici è determinata principalmente dalle esigenze dell'industria di trasformazione (zuccherificio), dalle condizioni del suolo, dallo stato sanitario della coltura e dal sopraggiungere dell'inverno. La selezione varietale della barbabietola si è rivelata particolarmente efficace. Negli ultimi decenni si è, infatti, registrata una crescita annua costante della resa dell'1 % circa. Una proiezione basata sui raccolti 1995–2014 indica una resa media di 90 t/ha nel 2020, con un rapporto di 1,9 tra la biomassa fresca delle radici e quella delle foglie. L'apparato radicale della barbabietola è particolarmente ben sviluppato sia a livello di densità delle radici sia a livello di profondità di esplorazione. La coltura predilige i suoli di medio impasto, ma si adatta anche a quelli pesanti e ai suoli scuri, ricchi in SO. Tollera i periodi di siccità grazie alle radici profonde. Il pH ottimale del suolo varia tra 6,5 e 7,5.

2.6.2 Fabbisogno in elementi nutritivi e qualità del raccolto

La concimazione N della barbabietola cerca di conciliare resa elevata in radici, alto tenore zuccherino e alto tasso di estraibilità dello zucchero, per massimizzare la produzione di zucchero e la redditività della coltura.

La concimazione N della barbabietola serve ad integrare la disponibilità naturale di N del suolo in modo da soddisfare l'elevato fabbisogno della biomassa aerea e sotterranea della coltura, che è di 265 kg N/ha per una produzione di 90 t/ha di radici. La norma di concimazione è di 100 kg N/ha anche se il fabbisogno reale può variare tra 0 e 200 kg N/ha. Per ottimizzare la concimazione N bisogna conoscere bene la capacità di mineralizzazione della SO del suolo. Nelle aziende prive di bestiame e nelle parcelle povere di SO può essere necessario aumentare la concimazione N. Viceversa, una sua diminuzione ha senso su parcelle regolarmente ammendate con concimi aziendali, se il suolo è profondo, pesante e ricco in SO e se la primavera si presenta mite e precoce. In qualsiasi caso, gli apporti di N vanno concentrati all'inizio della crescita vegetativa, non oltre lo stadio di 6–8 foglie, quando la mineralizzazione della SO è ancora limitata. Una concimazione N eccessiva e tardiva riduce la qualità delle barbabietole, perché ne limita l'accumulo di zucchero e ne aumenta il tenore in N, che

Tabella 5. Influenza delle concimazioni N, P e K sulla qualità della barbabietola da zucchero.

Parametri qualitativi/concimazione	N	P	K
Tenore in zucchero	–	o	+
Estraibilità	–	o	– (se in eccesso)

o ininfluente; + influenza positiva; – influenza negativa.

influenza negativamente l'estraibilità dello zucchero (tabella 5). Sul sito del Centro Bieticolo Svizzero (<http://www.liz-online.de/CH/npro/frz/Npro-CH-frz.htm>) è disponibile un programma per calcolare il fabbisogno totale di N minerale (N_{min}), che considera i numerosi fattori di correzione della concimazione N.

La capacità della barbabietola di esplorare il suolo le facilita l'assorbimento di K. Essa riesce a prelevare questo elemento anche dagli strati profondi del suolo. Tenuto conto di questa sua capacità, la concimazione K si può limitare all'80 % del fabbisogno della coltura. Il K, così come il sodio (Na), esercitano un'influenza positiva sul tenore in zucchero. Tuttavia, la disponibilità eccessiva di entrambi agisce negativamente sulla qualità tecnologica della barbabietola, causando perdite durante la raffinazione.

Il fabbisogno in microelementi della barbabietola interessa soprattutto il boro (B), la cui carenza causa la fisiopatia nota come «cuore nero», e il manganese (Mn). Gli eventuali apporti di questi due elementi vanno distribuiti al più tardi alla chiusura della fila e sotto forma di concimi fogliari.

Visto che il metodo di pagamento delle barbabietole tiene conto della loro qualità, è opportuno prestare particolare attenzione alla gestione della concimazione. I bollettini di consegna del raccolto sono un buon metro per valutare la correttezza della concimazione.

Bietole con un tenore in zucchero grezzo del 18 % possono perderne il 2 % circa durante la raffinazione, corrispondente a un tasso d'estraibilità del 90 %. Queste perdite sono provocate da agenti melassigeni sfavorevoli all'estrazione, quali: N alfa-amminico (accettabile nell'intervallo 0,6–1,2 mmol/100 g), sali di K (3–4 mmol/100 g), Na (0,1–0,3 mmol/100 g) e altre componenti solubili che non contengono zuccheri (composti organici azotati, composti organici non azotati, sali minerali). I valori al di fuori degli intervalli summenzionati forniscono preziose indicazioni per correggere la concimazione della campagna successiva.



Copertura vegetale composta da diverse specie (fotografia: Agroscope).



Lavorazione del suolo. A sinistra: semina diretta, a destra: semina dopo aratura (fotografia: Agroscope).

2.7 Sistemi colturali e intercalari

La riduzione dell'intensità di lavorazione del suolo e il ricorso più sistematico a sovesci intercalari modificano il ciclo degli elementi nutritivi nel suolo agricolo. Per una gestione della concimazione che tenga conto del sistema colturale utilizzato, vanno considerati tre processi principali: (i) la riduzione dell'intensità di lavorazione del suolo modifica la dinamica (tempi) e la portata (quantità) della mineralizzazione della SO, (ii) il sovescio (coltura intercalare) assorbe elementi nutritivi di origine e forma chimica diverse che vengono poi restituiti al suolo in forme disponibili per la coltura successiva e (iii) le leguminose presenti nelle colture intercalari apportano N al suolo grazie alla fissazione biologica (simbiotica) dell'N atmosferico. Questi processi possono rendere necessari adattamenti della concimazione delle colture principali sia per garantirne la nutrizione adeguata sia per migliorare l'efficienza della concimazione.

2.7.1 Influenza della riduzione dell'intensità di lavorazione del suolo

Qualsiasi lavorazione del suolo ne modifica la struttura, l'aerazione e la temperatura, con conseguente aumento dell'attività microbica e della mineralizzazione della SO. Il tipo di suolo e le condizioni climatiche determinano la dinamica di questi processi e le loro conseguenze sulle esigenze di concimazione.

La lavorazione minima del suolo o la semina diretta non favoriscono la mineralizzazione, perché mobilitano il suolo limitatamente. Ne consegue che, con queste tecniche di lavorazione, al momento dell'installazione della coltura, la liberazione di N nella soluzione circolante è limitata rispetto a quanto succede lavorando il suolo intensivamente. Nel caso di colture primaverili, non lavorare il suolo comporta un ritardo della mineralizzazione della SO tanto più pronunciato quanto più a lungo il suolo rimane freddo

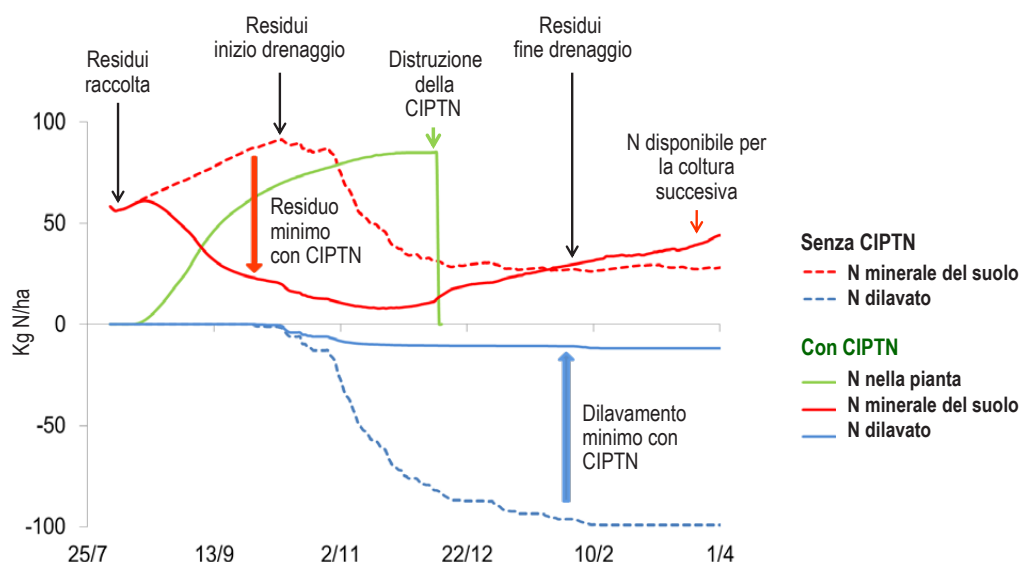


Figura 5. Gestione di N tra due colture principali, da fine luglio a fine marzo. CIPTN: coltura intercalare trappola per nitrati (Justes et al. 2013).

durante l'emergenza delle colture. In questi casi, può essere necessaria una concimazione N supplementare alla semina, in particolare per accelerare l'installazione e l'emergenza delle colture. In estate e in autunno, invece, la mineralizzazione della SO dipende principalmente dai precedenti colturali, dal tenore in SO del suolo e dalla sua umidità. Nelle nostre condizioni, l'N mineralizzato durante l'estate è generalmente sufficiente, se non addirittura eccessivo. L'incorporazione di paglia, la lavorazione minima del suolo e la siccità prolungata possono indurre situazioni di carenza di N nelle colture autunnali precoci (colture intercalari, colza, prati temporanei, orzo, ecc.). I rischi aumentano nei suoli poveri di SO, nelle aziende prive di bestiame e in quelle che hanno ridotto l'intensità di lavorazione del suolo solo di recente. Si può sopperire a questa mancanza di N con diversi interventi colturali: lavorare il suolo (rottura delle stoppie), ritardare la semina, coltivare leguminose (consociazione, sovescio intercalare) o apportare N (soluzione raccomandata in caso si interri la paglia del precedente colturale).

2.7.2 Influenza dei sovesci intercalari sul ciclo degli elementi nutritivi

Queste colture aumentano la disponibilità di elementi nutritivi per le colture principali successive in diversi modi. Una produzione di biomassa considerevole e tenori in elementi nutritivi elevati permettono di immagazzinare grandi quantità di elementi nutritivi nei sovesci intercalari (Wendling et al. 2016). Inoltre, si evitano perdite di nutrienti, sia perché esse riducono il drenaggio sia perché proteggono il suolo dall'erosione. Gli elementi nutritivi immagazzinati in queste colture vengono poi restituiti al momento della loro distruzione. La gestione di N attraverso i sovesci intercalari si svolge in tre tappe: gestione dei residui di N del precedente colturale, assorbimento di N mineralizzato nell'intervallo tra due colture principali e liberazione di questo N a beneficio della coltura successiva (figura 5).

Anche l'estrazione di elementi nutritivi difficilmente accessibili per alcune colture e la loro disponibilità per le colture successive svolgono un ruolo in questo contesto. Nelle edizioni precedenti dei PRIC (già DBC), il tenore in elementi nutritivi dei sovesci intercalari e i loro prelievi erano indicati con valori generici. La tabella 6 riporta questi valori in modo più dettagliato. Ne consegue che la gestione degli elementi nutritivi si orienta sempre più verso la considerazione del valore nutritivo rappresentato da queste colture intercalari al momento della loro distruzione.

La liberazione dell'N contenuto nei sovesci intercalari a beneficio della coltura principale successiva dipende dal rapporto esistente tra carbonio (C) e N della biomassa del sovescio al momento della sua incorporazione nel suolo. Infatti, il rapporto C/N determina la velocità di mineralizzazione della SO. Un tenore elevato in N favorisce la decomposizione

Tabella 6. Prelievi di elementi nutritivi di alcuni sovesci intercalari.

Sovesci	Resa	Prelievi (kg/ha)			
	q/ha SS	N	P	K	Mg
Avena strigosa	35	85	14	142	6
Crucifere	35	73	12	134	6
Facelia	35	90	19	181	6
Pisello proteico	35	156	19	107	11

Tabella 7. Stima dell'N restituito o immobilizzato da alcuni sovesci intercalari in funzione del loro rapporto C/N e della loro crescita (Justes et al. 2009).

Parametro	Leguminose	Senape	Graminacee
Rapporto C/N	10–15	15–20	20–30
N mineralizzato in % dell'N della coltura intercalare	40–50	15–30	da -15 a 15
kg N/ha liberati o immobilizzati			
- Crescita media	20–25	7–15	da -7 a 7
- Crescita elevata	40–50	15–30	da -15 a 15

Tabella 8. Riassunto di: effetti, vantaggi e limiti di differenti tipi di sovesci intercalari (Justes *et al.* 2013).

Parametro	Non leguminose graminacee	Non leguminose crucifere	Leguminose	Miscele di leguminose e non leguminose
Esigenze	Semina abbastanza precoce Non o poco sensibili al gelo	Semina precoce Sensibili al gelo a seconda di specie e temperatura	Semina molto precoce Sensibili al gelo	Adattare la miscela alle condizioni pedoclimatiche
Diminuzione del dilavamento	da 30 a 80 %	da 30 a 90 %	da 0 a 40 %	da 20 a 60 %
Effetto dell'N a breve termine (N liberato in % dell'N assorbito)	da -20 a +10 %	da -10 a +30 %	da +10 a +50 %	da +10 a +40 %
Vantaggi	Efficacia con livelli elevati di apporti N	Ampia efficacia	Efficacia con livelli moderati di apporti N	Efficacia intermedia, adattabilità secondo le condizioni pedoclimatiche
Condizioni sconsigliate o da evitare	Suolo argilloso se distruzione tardiva	Suolo argilloso se non sensibili al gelo o se distruzione tardiva	Concimazione N intensiva e distribuzione di liquami	Concimazione N intensiva

dell'intercalare e aumenta la quota di N disponibile (N_{disp}) per la coltura successiva. Viceversa, per decomporre un intercalare svernante, lignificato e con tenore elevato in C, i microrganismi tellurici hanno bisogno di assorbire parte dell'N del suolo, immobilizzandolo. Questa fase intermedia obbligata rallenta la mineralizzazione e riduce la disponibilità di N. Ciò concorre alla nutrizione minerale delle piante e può causare carenze di N simili a quelle originate dall'incorporazione di paglia nel suolo (Maltas *et al.* 2012a e b; Maltas *et al.* 2013). La tabella 7 riporta l'N restituito da alcuni sovesci intercalari aventi rapporto C/N e livelli di crescita differenti.

Per valorizzare al meglio il suo potenziale d'umificazione, un sovescio intercalare dovrebbe essere distrutto e incorporato nel suolo quando è ancora in vegetazione (generalmente prima dell'inverno). Se si incorpora un sovescio lignificato si raccomanda di farlo con largo anticipo rispetto alla data di semina della coltura successiva o, addirittura, di aumentare la concimazione N durante il periodo d'installazione della coltura da seminare. Ciò concerne soprattutto le colture primaverili che seguono un sovescio svernante (protezione invernale del suolo). La tabella 8 riassume effetti, vantaggi e limiti dei sovesci intercalari relativamente all'N (Justes *et al.* 2013).

Gli effetti dei sovesci intercalari sul ciclo degli altri elementi nutritivi (P, K, Mg) si considerano generalmente neutri. Ciò spinge a trascurare la capacità di alcune specie di prelevare elementi nutritivi difficilmente accessibili e di renderli poi biodisponibili al momento della loro decomposizione. La considerazione della quantità di elementi nutritivi dei sovesci (Büchi *et al.* 2016) è finalizzata a valorizzarli ancora di più, in particolare nel caso di specie che hanno una spiccata capacità di prelievo. In un suolo sufficientemente o ben approvvigionato in elementi nutritivi, si raccomanda, attualmente, di considerare come effettivamente disponibile l'insieme degli elementi nutritivi contenuti nella loro biomassa e di dedurli dalle esigenze di concimazione della coltura successiva. Nei suoli meno approvvigionati, invece, per precauzione, conviene considerare neutro l'effetto del sovescio sul ciclo di P, K e Mg.

2.7.3 Influenza delle leguminose nei sistemi colturali

Le leguminose sono sempre più utilizzate come sovescio intercalare sia come precedente della colza sia prima dei cereali. In condizioni favorevoli di crescita, le leguminose si riforniscono di N prelevandolo dal terreno (0–50 kg N/ha) oppure grazie alla fissazione biologica (simbiotica) dell'N (più di 100 kg N/ha) (Büchi *et al.* 2015). Questa quantità di N è interessante come alternativa diretta ai concimi N o per compensare situazioni di scarsa mineralizzazione. Rappresenta, però, anche un rischio per l'ambiente (perdite sotto forma di NO_3^-). L'interesse delle leguminose nei diversi sistemi colturali è giustificato da numerosi motivi. Un sovescio costituito da sole leguminose può mettere a disposizione della coltura successiva 40–80 kg N/ha (Büchi *et al.* 2015). In suoli poveri di SO, o lavorati in modo poco intensivo, seminare un sovescio a base di leguminose, dopo avere incorporato della paglia, permette di ottenere una copertura del suolo efficace e di risparmiare una quantità di N equivalente a quella necessaria a decomporre la paglia interrata (Maltas *et al.* 2012a). Un sovescio di leguminose che precede la colza restituisce fino a 30 kg N/ha deducibili dalla concimazione prevista per la crucifera (Terres Inovia). L'efficienza dell'associazione cereali-proteaginose è superiore a quella di una coltura pura (Bedoussac *et al.* 2015). L'utilizzo più frequente di leguminose nei sistemi colturali merita, dunque, una particolare attenzione sia per la quantità di N fornito sia per la loro efficienza.

3. Norme di concimazione

Le norme di concimazione rappresentano il fabbisogno in elementi nutritivi (N, P, K e Mg) delle colture erbacee da pieno campo, che permette di ottenere una resa media di riferimento. Queste norme si correggono in funzione di diversi fattori relativi a piante, suolo e clima.

Le tabelle 9 e 10 riportano i prelievi delle colture in N, P, K, e Mg, nonché le norme di concimazione corrispondenti. Il livello di resa considerato corrisponde alla resa media ottenuta in Svizzera, stimata in base ai risultati delle statistiche agricole dell'Unione svizzera dei contadini (USC 2014). I tenori in elementi nutritivi si ricavano dai risultati di nume-

Tabella 9. Rese di riferimento, prelievi e norme di concimazione N, P, K e Mg per le diverse colture erbacee da pieno campo.
 (Le norme di concimazione P, K e Mg tengono conto della capacità d'assorbimento delle colture [tabella 21]).
 Spiegazioni: i calcoli si basano sui prelievi di P, K e Mg dei prodotti raccolti (prodotti principali) e dei residui colturali (sottoprodotti).
 Il prelievo totale equivale alla somma dei prelievi dei prodotti raccolti e dei residui colturali.

Coltura	Resa di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi basati sulla resa di riferimento				Norma di concimazione			
			N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
			kg/ha				kg/ha			
Frumento panificabile e biscottiero autunnale	60	granella	121	21 (49)	22 (26)	7				
	70	paglia	22	6 (13)	62 (75)	5				
	Totale		143	27 (63)	84 (101)	12	140	27 (63)	67 (81)	15
Frumento foraggero autunnale	75	granella	130	27 (62)	27 (32)	9				
	75	paglia	21	6 (14)	66 (80)	5				
	Totale		151	33 (76)	93 (113)	14	140	33 (76)	74 (90)	15
Frumento primaverile	50	granella	101	18 (41)	18 (22)	6				
	60	paglia	19	5 (11)	53 (64)	4				
	Totale		120	23 (52)	71 (86)	10	120	23 (52)	71 (86)	10
Orzo autunnale	60	granella	89	22 (50)	27 (32)	7				
	60	paglia	26	6 (13)	80 (96)	4				
	Totale		115	28 (64)	107 (128)	11	110	28 (64)	86 (103)	15
Orzo primaverile	55	granella	81	20 (46)	25 (30)	6				
	55	paglia	24	5 (12)	73 (88)	3				
	Totale		105	25 (58)	98 (118)	9	90	25 (58)	98 (118)	10
Avena autunnale	55	granella	88	19 (44)	23 (28)	6				
	70	paglia	35	8 (19)	122 (147)	6				
	Totale		123	27 (63)	145 (175)	12	90	27 (63)	116 (140)	15
Avena primaverile	55	granella	91	19 (44)	23 (28)	6				
	70	paglia	29	8 (19)	122 (147)	6				
	Totale		120	27 (63)	145 (175)	12	90	27 (63)	145 (175)	15
Segale autunnale	55	granella	72	19 (44)	23 (28)	6				
	70	paglia	21	6 (14)	70 (84)	7				
	Totale		93	25 (58)	93 (112)	13	90	25 (58)	74 (89)	15

¹ Con un tenore in acqua medio alla raccolta.

Tabella 9 (continuazione)

Coltura	Resa di riferimento ¹	Prodotto	Prelievi basati sulla resa di riferimento				Norma di concimazione			
			N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
	q/ha		kg/ha				kg/ha			
Segale ibrida autunnale	65	granella	85	23 (52)	27 (33)	7				
	75	paglia	23	7 (15)	75 (90)	8				
	Totale		108	30 (67)	102 (123)	15	90	30 (67)	82 (98)	15
Spelta	45	granella	72	16 (36)	19 (23)	5				
	70	paglia	35	8 (18)	70 (84)	7				
	Totale		107	24 (54)	89 (107)	12	100	24 (54)	71 (85)	15
Triticale autunnale	60	granella	96	19 (43)	24 (29)	5				
	75	paglia	25	5 (11)	112 (135)	5				
	Totale		121	24 (54)	136 (164)	10	110	24 (54)	109 (132)	10
Triticale primaverile	55	granella	88	17 (40)	22 (27)	5				
	70	paglia	23	4 (10)	105 (126)	4				
	Totale		111	21 (49)	127 (153)	9	100	21 (49)	127 (153)	10
Farro, farro piccolo	25	granella	55	9 (20)	11 (13)	4				
	45	paglia	18	6 (14)	34 (41)	3				
	Totale		73	15 (34)	45 (53)	7	30	15 (34)	36 (42)	10
Miglio	35	granella	58	10 (23)	8 (10)	4				
	45	paglia	75	11 (25)	85 (102)	11				
	Totale		133	21 (48)	93 (112)	15	70	22 (51)	95 (114)	12
Mais da granella	100	granella	130	26 (59)	33 (40)	9				
	110	paglia	80	12 (26)	160 (191)	14				
	Totale		210	38 (85)	193 (231)	23	110	46 (103)	195 (235)	25
Mais da silo	185 ²	pianta intera	218	38 (89)	200 (241)	24				
	Totale		218	38 (89)	200 (241)	24	110	46 (103)	195 (235)	25
Erbaio di mais o «mais verde»	60 ²	pianta intera	114	17 (39)	134 (162)	6				
	Totale		114	17 (39)	134 (162)	6	70	17 (39)	134 (162)	10

¹ Con un tenore in acqua medio alla raccolta.

² Resa in sostanza secca (SS).

Tabella 9 (continuazione)

Coltura	Resa di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi basati sulla resa di riferimento				Norma di concimazione			
			N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
			kg/ha				kg/ha			
Patata per il consumo fresco e l'industria di trasformazione Gruppo 1 ^a Gruppo 2 ^b Gruppo 3 ^c	450	tuberi	135	26 (59)	202 (243)	9				
	200	foglie	28	4 (10)	108 (130)	8				
	Totale		163	30 (69)	310 (373)	17	80 ^a 120 ^b 160 ^c	36 (82)	372 (448)	20
Patata precoce Gruppo 1 ^a Gruppo 2 ^b Gruppo 3 ^c	300	tuberi	69	20 (45)	125 (150)	6				
	200	foglie	66	6 (14)	116 (140)	12				
	Totale		135	26 (59)	241 (290)	18	70 ^a 110 ^b 150 ^c	31 (71)	289 (348)	20
Patata da seme Gruppo 1 ^a Gruppo 2 ^b Gruppo 3 ^c	250	tuberi	58	17 (38)	104 (125)	5				
	200	foglie	66	6 (14)	116 (140)	12				
	Totale		124	23 (52)	220 (265)	17	60 ^a 100 ^b 140 ^c	28 (62)	264 (318)	20
Barbabietola da zucchero	900	radici	108	24 (54)	149 (180)	27				
	475	foglie e colletti	157	17 (38)	248 (299)	43				
	Totale		265	41 (92)	397 (479)	70	100	40 (92)	318 (383)	70
Barbabietola da foraggio	175 ²	radici	193	38 (88)	261 (315)	23				
	400	foglie e colletti	140	14 (32)	232 (280)	36				
	Totale		333	52 (120)	493 (595)	59	100	52 (120)	394 (476)	60
Colza autunnale	35	principale (granella)	102	22 (51)	25 (30)	8				
	90	secondario (paglia)	54	6 (14)	142 (171)	4				
	Totale		156	28 (64)	167 (201)	12	150	28 (69)	167 (202)	15
Colza primaverile	25	principale (granella)	65	16 (37)	17 (21)	7				
	45	secondario (paglia)	32	4 (9)	46 (56)	7				
	Totale		97	20 (46)	63 (77)	14	120	20 (46)	63 (77)	15

¹ Con un tenore in acqua medio alla raccolta.

² Resa in sostanza secca (SS).

^{a,b,c} Nel caso della patata, si propongono correzioni a seconda della varietà considerata, per assicurare resa e qualità del raccolto. Le varietà di patata della lista raccomandata (Schwaerzel *et al.* 2016) si classificano in 3 gruppi in funzione del loro fabbisogno in N (tabella 10). Si osservano variazioni importanti della risposta varietale alla concimazione N tra un luogo e l'altro, principalmente con il variare del tenore in SO del suolo alla piantagione (Dupuis *et al.* 2009). Di conseguenza, si raccomanda di correggere sempre la concimazione N di una varietà di patata non solo secondo il suo fabbisogno effettivo, ma anche considerando la quota di N_{disp} nel suolo alla piantagione (Hebeisen *et al.* 2012; Dupuis *et al.* 2009; Sinaj *et al.* 2009; Reust *et al.* 2006).

Tabella 9 (continuazione)

Coltura	Resa di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi basati sulla resa di riferimento				Norma di concimazione			
			N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
			kg/ha				kg/ha			
Girasole	30	granella	95	14 (33)	21 (25)	9				
	60	paglia	54	7 (16)	306 (369)	45				
	Totale		149	21 (49)	327 (394)	54	60	21 (49)	327 (394)	55
Canapa da olio	13	granella	60	14 (33)	12 (14)	7				
	60	paglia	54	10 (23)	70 (84)	9				
	Totale		114	24 (56)	82 (98)	16	60	24 (56)	82 (98)	20
Canapa da fibra ³	100	principale (steli)	30	13 (30)	75 (90)	5				
	40	secondario (foglie e granella)	110	26 (60)	91 (110)	20				
	Totale		140	39 (90)	166 (200)	25	100	39 (90)	166 (200)	25
Lino da olio	20	granella	109	10 (24)	16 (19)	1				
	25	paglia	15	6 (13)	37 (45)	2				
	Totale		124	16 (37)	53 (64)	3	80	16 (37)	53 (64)	5
Lino da fibra	45	fibra	45	14 (32)	75 (90)	9				
	15	granella	82	8 (18)	12 (14)	1				
	Totale		127	22 (50)	87 (104)	10	60	22 (50)	87 (104)	10
Miscanto	200 ²	pianta intera	42	9 (20)	93 (112)	6				
	Totale		42	9 (20)	93 (112)	6	30	9 (20)	93 (112)	10
Kenaf	50 ²	pianta intera	100	26 (60)	66 (80)	10				
	Totale		100	26 (60)	66 (80)	10	70	26 (60)	66 (80)	10
Pisello proteico	40	granella	140	17 (39)	40 (48)	5				
	50	paglia	100	17 (39)	66 (80)	11				
	Totale		240	34 (78)	106 (128)	16	0	34 (78)	127 (154)	20
Favino	40	granella	160	24 (56)	46 (56)	10				
	45	paglia	135	7 (16)	75 (90)	15				
	Totale		295	31 (72)	121 (146)	25	0	31 (72)	145 (175)	25

¹ Con un tenore in acqua medio alla raccolta.² Resa in sostanza secca (SS).³ A seconda dell'epoca e della tecnica utilizzata, si raccoglie la pianta intera o il solo fusto.

Tabella 9 (continuazione)

Coltura	Resa di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi basati sulla resa di riferimento				Norma di concimazione			
			N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
			kg/ha				kg/ha			
Soia	30	granella	180	15 (35)	48 (58)	6				
	30	paglia	105	15 (35)	53 (64)	9				
	Totale		285	30 (70)	101 (122)	15	0	30 (71)	121 (147)	15
Lupino dolce	30	granella	165	13 (30)	34 (41)	6				
	30	paglia	105	5 (12)	50 (60)	12				
	Totale		270	18 (42)	84 (101)	18	0	18 (42)	101 (121)	20
Sovescio (con leguminose)	35 ²	pianta intera	153	16 (37)	102 (123)	9				
	Totale		153	16 (37)	102 (123)	9	0	0 (0)	0 (0)	0
Sovescio (senza leguminose)	35 ²	pianta intera	85	14 (32)	143 (173)	8				
	Totale		85	14 (32)	143 (173)	8	0	0 (0)	0 (0)	0
Colture intercalari (per utilizzazione)	25 ²	pianta intera	70	10 (24)	75 (90)	6				
	Totale		70	10 (24)	75 (90)	6	30	10 (24)	55 (67)	10
Tabacco Burley	25 ²	foglie	75	8 (18)	104 (125)	7				
	30 ²	steli	69	10 (22)	112 (135)	6				
	Totale		144	18 (40)	216 (260)	13	170	18 (40)	216 (260)	15
Tabacco Virginia	25 ²	foglie	63	6 (14)	99 (119)	5				
	25 ²	steli	25	9 (21)	104 (125)	10				
	Totale		88	15 (35)	203 (244)	15	30	15 (35)	203 (244)	15
Riso	60	granella	66	18 (41)	27 (32)	5				
	60	paglia	39	8 (18)	102 (123)	11				
	Totale		105	26 (60)	129 (155)	16	110	26 (60)	120 (145)	10

¹ Con un tenore in acqua medio alla raccolta.

² Resa in sostanza secca (SS).

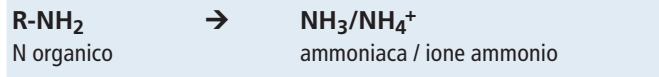
Tabella 10. Correzione della concimazione N in funzione della varietà di patata.

Gruppo	Varietà	Correzione della norma
Gruppo 1 (varietà poco esigenti)	Agria, Fontane, Jelly e Nicola	Norma – 40 kg N/ha
Gruppo 2 (varietà mediamente esigenti)	Agata*, Annabelle*, Amandine*, Bintje, Celtiane*, Challenger, Désirée*, Ditta*, Erika*, Gourmandine, Gwenne*, Hermes*, Lady Christl, Laura, Markies, Panda, Pirol*, Venezia* e Verdi	Norma
Gruppo 3 (varietà molto esigenti)	Charlotte, Innovator, Lady Claire, Lady Rosetta e Victoria	Norma + 40 kg N/ha

Le varietà con l'asterisco sono state inserite nel gruppo 2 per difetto, ma le prove per determinare il loro fabbisogno in N proseguono.

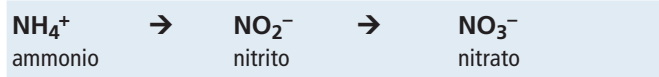
alla pianta energia, enzimi e sali minerali. Pertanto, appena possibile, essa utilizzerà l'N minerale disponibile nel suolo anziché fissare quello gassoso dell'atmosfera.

La **mineralizzazione** è il processo attraverso il quale i microrganismi trasformano N organico (concimi aziendali, residui colturali, SO del suolo) in NH_3 .



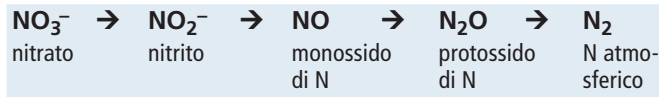
L'intensità della mineralizzazione dipende da: tenore e qualità della SO del suolo, precedente colturale, effetto residuo dei concimi organici (concimi aziendali, residui colturali, sovesci), clima (temperatura, umidità) e presenza d'ossigeno nel suolo (aerazione).

La **nitrificazione** è il processo attraverso cui i microrganismi (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) trasformano l'ammonio NH_4^+ in nitrito (NO_2^-) e poi in NO_3^- per ottenere energia.



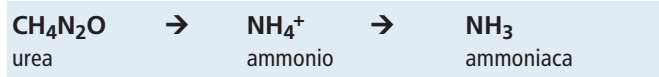
Il NO_3^- è la forma di N del suolo più disponibile per le piante, ma è anche quella più facilmente dilavabile.

La **denitrificazione** è il risultato della trasformazione del NO_3^- in molecole gassose contenenti N, quali: monossido di N (NO), protossido di N (N_2O) e N_2 .



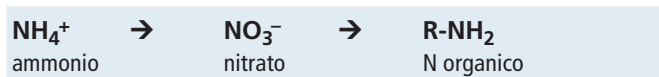
Siccome la denitrificazione avviene in assenza d'ossigeno, le emissioni di N_2O sono più importanti nei suoli pesanti, compattati e mal drenati e/o nelle zone dove l'acqua ristagna.

La **volatilizzazione** dell' NH_3 nell'aria ha luogo principalmente nelle ore seguenti la distribuzione superficiale di concimi contenenti NH_3 .



Questo fenomeno tocca in particolare letame e liquami che contengono elevate quantità di NH_4^+ e può ridurre sensibilmente la loro efficacia fertilizzante. Il modo migliore per ridurre le perdite per volatilizzazione è incorporare nel suolo questi concimi aziendali il prima possibile, anche superficialmente. Naturalmente, anche le condizioni atmosferiche e l'attrezzatura utilizzata influenzano molto la volatilizzazione dell' NH_3 .

L'**immobilizzazione** è il processo inverso della mineralizzazione.



È collegata al prelievo di NO_3^- e di NH_4^+ da parte dei microrganismi tellurici con conseguente riduzione della loro disponibilità per le piante.

Il **dilavamento** del NO_3^- avviene quando i terreni ricevono più acqua di quanta ne possano trattenere. L'acqua in eccesso s'infiltra nel suolo e porta con sé il NO_3^- , che raggiunge il sistema di drenaggio sotterraneo e poi la falda freatica o i corsi d'acqua. Questo fenomeno è più marcato nei suoli leggeri e poco profondi. La profondità raggiunta dal NO_3^- dipende dalla quantità d'acqua che s'infiltra nel suolo, dallo stato idrico del suolo prima delle precipitazioni e dal tipo di suolo. I concimi N contenenti NO_3^- sono soggetti a queste perdite a partire dal momento della loro distribuzione. Una piccola quantità di NH_4^+ può essere dilavata anche nei suoli sabbiosi.

Il **prelievo da parte delle piante** è il primo obiettivo della gestione della concimazione N (minerale e organica). Per aumentare l'efficacia d'utilizzazione dell'N e ridurre le perdite ambientali ed economiche, l'agricoltore deve ottimizzare soprattutto tre aspetti: (i) quantità distribuita (diversi studi hanno dimostrato che, superando la dose di N ottimale il coefficiente d'utilizzazione dell'N da parte di diverse colture diminuisce sensibilmente e il rischio di perdite nell'ambiente aumenta considerevolmente), (ii) epoca di distribuzione (tabella 26) e (iii) condizioni del suolo (la maggior parte dei processi di trasformazione dell'N dipende dall'attività biologica del suolo). Le condizioni climatiche e le proprietà fisico-chimiche del suolo giocano un ruolo di primo piano in questo contesto. L'efficacia della concimazione N migliora se il suolo ha una buona struttura ed è ben drenato.

3.1.2 Metodi per calcolare la quantità di concime azotato

In Svizzera, si impiegano due metodi per calcolare la quantità di concime N da distribuire: (i) il metodo della norma corretta, chiamato anche metodo di stima, e (ii) il metodo dell'azoto minerale o metodo N_{min} . Un recente studio (Maltas *et al.* 2015) ha dimostrato che entrambi i metodi sono efficaci e permettono di raccomandare quantità di concime N vicine alla dose ottimale.

3.1.2.1 Metodo della norma corretta

Il metodo della norma corretta stima la quantità di N da apportare correggendo una dose di riferimento, in funzione delle condizioni pedoclimatiche e colturali locali. La dose di riferimento, chiamata anche **norma di concimazione**, corrisponde, per una determinata coltura, alla quantità di N che bisogna distribuire in condizioni standard (suolo sufficientemente approvvigionato in N) per ottenere la resa media o **resa di riferimento** osservata in Svizzera (tabella 9). Le norme di concimazione e le rese di riferimento risultano da prove che hanno permesso di determinare la curva di risposta delle diverse colture alla concimazione N, dall'esperienza degli agricoltori e dalle conoscenze degli esperti.

Non appena le condizioni pedoclimatiche differiscono dalla situazione standard, si applicano dei fattori di corre-

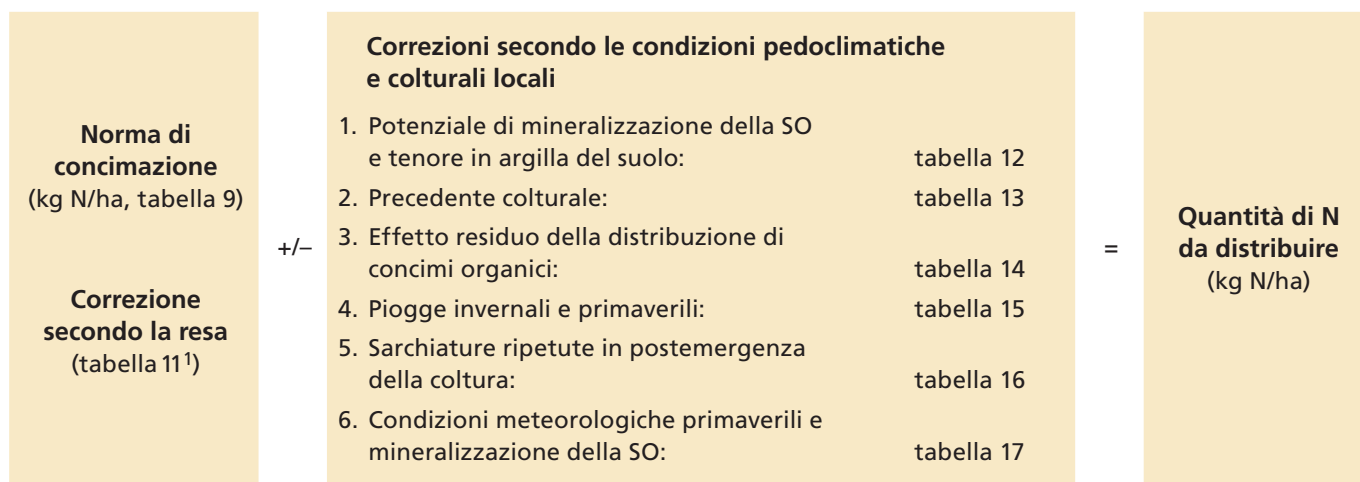


Figura 7. Rappresentazione schematica del metodo della norma corretta. ¹ La norma di concimazione si corregge secondo la resa solo per le colture incluse nella tabella 11.

zione alla norma di concimazione. Si utilizzano sette fattori di correzione che possono assumere valori sia negativi sia positivi (equazione 1). Il fattore resa (f_{Resa}) indica la correzione N da applicare per un obiettivo di resa superiore o inferiore a quella di riferimento (tabella 11; Richner *et al.* 2010). Altri cinque fattori permettono di stimare l'influenza delle condizioni pedoclimatiche locali sull'N disponibile nel suolo. Considerando che questi fattori si som-

mano e non interagiscono, la quantità di N da apportare (X) è riassunta nell'equazione seguente:

$$X = \text{Norma} + (f_{Resa} + f_{ASO} + f_{PC} + f_{CO} + f_{Pga} + f_{Sa} + f_{Pr}) \quad \text{Eq. 1}$$

f_{ASO} considera l'influenza del tenore in argilla e della SO del suolo sulla mineralizzazione della SO (tabella 12), f_{PC} tiene conto dell'influenza del precedente colturale e della sua data di incorporazione nel suolo sulla mineralizzazione dei residui colturali (tabella 13), f_{CO} calcola l'effetto residuo dell'N contenuto nei concimi organici distribuiti sul precedente colturale, sotto forma di percentuale dell'N totale (tabella 14), f_{Pga} stima l'influenza della pioggia sulle perdite di N per dilavamento durante inverno e primavera (tabella 15) e f_{Sa} simula l'influenza positiva di più sarchiature sulla mineralizzazione della SO (tabella 16).

Per le sarchiate primaverili (mais, barbabietola, girasole, patata, ecc.), il periodo tra la fine dell'inverno e la semina è relativamente lungo. In questo intervallo di tempo le colture non prelevano N, anche se si ha una buona mineralizzazione della SO. Se, in queste settimane, pluviometria e temperatura favoriscono la mineralizzazione della SO, le scorte di N_{min} al momento della semina possono essere anche molto elevate (Maltas *et al.* 2015). La tabella 17 tiene conto di questa situazione e indica un nuovo fattore di correzione (f_{Pr}) che integra l'influenza delle condizioni meteorologiche primaverili (umidità e temperatura) sulla mineralizzazione della SO e la disponibilità di N minerale.

Tabella 11. Correzione della concimazione N qualora l'obiettivo di resa differisca dalla resa di riferimento.

Coltura	Correzione della concimazione N secondo la resa (kg N/q granella supplementare)	Obiettivo massimo di resa (q granella/ha)
Frumento panificabile autunnale	1,0	80
Frumento foraggero autunnale	1,0	95
Orzo autunnale	0,7	90
Segale autunnale	0,8	80
Segale ibrida autunnale	1,2	90
Triticale autunnale	0,3	95
Colza autunnale	3,0	45

Esempio: per una resa attesa di 75 q/ha di frumento autunnale panificabile (di 15 q/ha superiore alla resa di riferimento), aggiungere 15 kg N alla norma di concimazione.

Tabella 12. Correzione della concimazione N in funzione del potenziale di mineralizzazione della sostanza organica (SO).

Potenziale di mineralizzazione della SO del suolo	SO (%)			Correzioni rispetto alla norma (kg N/ha)
	< 15 % argilla	15–30 % argilla	> 30 % argilla	
Da scarso a medio	< 1,2	< 1,8	< 2,5	da 0 a +40
Medio	1,2–2,9	1,8–3,9	2,5–5,9	0
Da medio a elevato	3,0–6,9	4,0–7,9	6,0–9,9	da 0 a –40
Da elevato a molto elevato	7,0–19,9	8,0–19,9	10,0–19,9	da –40 a –80
Molto elevato	≥ 20,0	≥ 20,0	≥ 20,0	da –80 a –120

Tabella 13. Correzione della concimazione N in funzione del precedente colturale.

Precedente colturale	Correzione per la coltura prevista (kg N/ha)	
	aratura / incorporazione	
	autunno	primavera
Prato permanente o prato temporaneo (3 anni o più)	-30	-40
Prato temporaneo (2 anni)	-20	-30
Prato temporaneo (1 anno)	-10	-20
Prato permanente o temporaneo (3 anni o più) come precedente del precedente colturale ¹	-10	-10
Prato temporaneo trinciato prima della spigatura delle graminacee		da -30 a -60 ²
Prato temporaneo trinciato prima della fioritura delle graminacee		da -20 a -40 ²
Cereali o mais (paglia incorporata nel suolo) prima di:		
- una coltura autunnale	+20	
- una coltura primaverile (semina in febbraio-marzo)	+10	
Leguminosa da granella (pisello, favino, soia e lupino) prima di:		
- una coltura autunnale precoce	da 40 a 60	
- una coltura autunnale tardiva	da 20 a 40	
- una coltura primaverile	da 0 a 20	
Barbabietola (foglie incorporate nel suolo)	-20	
Sovescio non svernante (facelia, senape gialla, ecc.)	-10	0
Sovescio non svernante a base di leguminose	-20	-10
Sovescio svernante (colza, ravizzone, ecc.)	0	-20
Sovescio svernante a base di leguminose	0	-30
Canapa da fibra	-10	
Patata	-10	
Altri precedenti colturali ³	0	

¹ Questa correzione si può cumulare con un'altra correzione di questa tabella.

² Valore minore: con poche leguminose; valore maggiore: con molte leguminose.

³ Cereali (paglia raccolta), mais da silo, colza, girasole, soia, tabacco, colture intercalari, ecc.

Tabella 14. Correzione della concimazione N in funzione dell'effetto residuo degli apporti di concimi organici.

La tabella 7 del modulo 4 illustra l'efficacia dell'N contenuto nei concimi aziendali già durante l'anno di distribuzione.

Concime organico	Quota (%) dell'N totale utilizzabile l'anno successivo a quello della distribuzione del concime organico; quantità da dedurre dalla norma di concimazione N della coltura prevista
Liquame completo e povero di sterco bovini	10
Letame di mucchio e di stabulazione libera	10
Letame compostato	15
Compost di letame	20
Letame di cavallo	5
Letame ovino o caprino	10
Liquami e letame suini	10
Deiezioni di ovaiole (nastro per deiezioni)	10
Pollina di ovaiole (allevamento al suolo)	10
Pollina di pollame da ingrasso (polli, tacchini)	5
Compost	0
Calce d'Aarberg	10

Tabella 15. Correzione della concimazione N in funzione delle precipitazioni invernali e primaverili.

Culture	Correzione della concimazione N (kg N/ha)			
	Periodo e intensità delle precipitazioni			
	Riposo vegetativo (novembre–gennaio)		Risveglio vegetativo e semina (marzo–maggio)	
	deboli (< 60 mm/mese)	forti (> 90 mm/mese)	deboli (< 60 mm/mese)	forti (> 90 mm/mese)
Colza autunnale	-10	+10	0	0
Cereali autunnali	-20	+20	0	0
Cereali primaverili	-20	0	-10	+10
Patata precoce	-20	+10	-10	+30
Bietola, mais, patata (da seme – da consumo – per la trasformazione industriale).	0	+10	-10	+30

Tabella 16. Liberazione di N supplementare a seguito di sarchiature ripetute in postemergenza della coltura, in funzione del tenore in SO del suolo.

Tenore in SO (%)	Correzione della concimazione N (kg N/ha)
< 8	-10
8–20	-15
> 20	-20

Queste correzioni non si devono utilizzare nel caso si esegua una sola sarchiatura su barbabietole, patate e mais, visto che ciò rappresenta lo standard della maggior parte delle prove condotte su queste colture.

La figura 7 illustra schematicamente come applicare il metodo della norma corretta per ottimizzare la concimazione N delle colture erbacee da pieno campo.

3.1.2.2 Metodo dell'azoto minerale o metodo N_{\min}

Il metodo N_{\min} consiste nel misurare le riserve di N minerale del terreno in un preciso momento (poco prima del primo apporto N previsto per la coltura) e di sottrarre questo dato da un valore di riferimento (soglia). Il valore di riferimento è maggiore della norma di concimazione N, perché è comprensivo del valore di N_{\min} . Il valore di riferimento scaturisce da numerose prove sperimentali, svolte in campo aperto, che hanno permesso di mettere in relazione i valori di N_{\min} e le dosi di N ottimali (Neeteson 1990). Rispetto al metodo della norma corretta, questo approccio ha il vantaggio di misurare direttamente l' N_{\min} del suolo, evitando di doverlo stimare sulla base di tabelle di riferimento. L'epoca e la profondità di prelievo per determinare l' N_{\min} del suolo dipendono dalla coltura considerata (tabella 18).

Il valore di N_{\min} tiene conto dell'influenza dei fattori colturali e pedoclimatici della parcella da concimare, stimati grazie alle tabelle su cui si basa il metodo della norma corretta. Ciò semplifica il calcolo della dose ottimale di N da distribuire, ma non considera l'influenza che questi fattori esercitano dopo la data in cui si misura l' N_{\min} . Per ovviare a questo aspetto, si applicano dei fattori di correzione, come nel caso del metodo della norma corretta. Si considera solo un numero limitato di fattori di correzione, tutti

Tabella 17. Correzione della concimazione N in funzione delle condizioni meteorologiche primaverili (umidità e temperatura) e dello stato del suolo.

Condizioni primaverili	Correzione della concimazione N (kg N/ha)
Primavera calda con suolo sufficientemente approvvigionato in acqua e ben strutturato	-20
Condizioni medie	0
Primavera fredda con suolo molto umido, oppure molto secco, e struttura degradata	+20

di valore negativo (tabelle 19 e 20). Per la colza, l'aggiunta di un nuovo fattore di correzione, che tenga conto dello stato della colza all'epoca di misurazione di N_{\min} , potrebbe migliorare questi risultati (capitolo 3.1.3).

L'analisi N_{\min} si esegue misurando l'N nitrico ($N-NO_3^-$) e quello ammoniacale ($N-NH_4^+$) disponibili nei differenti strati di suolo. Affinché il metodo N_{\min} si possa utilizzare in modo affidabile occorre prestare particolare attenzione a diversi punti. In primo luogo, bisogna rispettare l'epoca e la profondità di prelievo previsti per le diverse colture (tabella 18). Poi, tenuto conto delle possibili variazioni delle caratteristiche del suolo, servono almeno 10–12 prelievi affinché il campionamento sia rappresentativo. La stima obiettiva dello scheletro del terreno è un ulteriore punto da rispettare. Infine, bisogna fare in modo che i campioni arrivino rapidamente in laboratorio e siano sempre ben protetti dal calore grazie a contenitori refrigerati o congelandoli. I risultati dell'analisi N_{\min} si esprimono in kg $N-NO_3^-$ e kg $N-NH_4^+$ /ha. Non è consigliabile determinare l' N_{\min} tramite test rapidi, anche se convalidati, a causa della loro imprecisione.

3.1.3 Altri strumenti per gestire la concimazione azotata

3.1.3.1 Metodo del bilancio previsionale

Il metodo del bilancio previsionale mira a equilibrare il fabbisogno in N della coltura tramite gli apporti di N del suolo e dei concimi (COMIFER 2013). Ciò richiede la valutazione precisa delle esigenze N della coltura per una determinata

resa, così come la stima dell'apporto N del suolo durante il periodo di crescita. L' N_{\min} del suolo si può misurare, oppure stimare, a seconda dell'approccio e dei metodi scelti. Il metodo del bilancio sembra interessante perché permette di considerare le diverse situazioni che si possono presentare in pratica e perché si può anche utilizzare durante la stagione per gestire gli apporti frazionati (Schvartz *et al.* 2005). Questo approccio è, tuttavia, poco utilizzato perché si situa a metà strada tra semplicità (metodo

della norma corretta o metodo N_{\min}) e complessità (modello di simulazione) (Burns 2006). Per allestire un bilancio bisogna confrontarsi con due problematiche: (i) la quantificazione precisa dell'N fornito dal suolo e (ii) la stima del fabbisogno N calcolato in funzione di un obiettivo di produzione prefissato, che può variare durante il periodo di crescita vegetativa. Un modello dinamico, che permetta aggiustamenti nel corso della stagione, sarebbe molto più preciso e idoneo.

Tabella 18. Epoca e profondità di prelievo dei campioni per la determinazione del contenuto di N_{\min} .

Colture	Epoca di prelievo	Profondità di prelievo (cm) ¹
Cereali autunnali e colza	Poco prima del risveglio vegetativo	0–30, 30–60, 60–90
Cereali primaverili	Dalla semina a 3 foglie	0–30, 30–60, 60–90
Bietola ²	Da 4 a 6 foglie	0–30, 30–60, 60–90
Mais ²	Da 5 a 6 foglie (contare solo le foglie sviluppate completamente!)	0–30, 30–60, 60–90
Patata	Poco prima della piantagione	0–30, 30–60

¹ Nella pratica, i prelievi sono spesso limitati a 60 cm di profondità. In tal caso, i valori di riferimento per il calcolo della concimazione azotata devono essere adattati di conseguenza. La documentazione idonea è reperibile presso il laboratorio d'analisi o il servizio di consulenza agricola.

² Il metodo N_{\min} fornisce risultati affidabili solo se la concimazione N distribuita alla semina o alla piantagione non supera i 40 kg N/ha.

Tabella 19. Concimazione N dei cereali in funzione del tenore in N_{\min} del suolo (prelievi tra 0 e 90 cm).

Coltura	1° apporto	2° apporto ¹	3° apporto ^{1, 2}
	kg N/ha		
Frumento autunnale	120 meno N_{\min}	30	40
Frumento primaverile, spelta	110 meno N_{\min}	30	40
Orzo autunnale	80 meno N_{\min}	30	40
Triticale autunnale	90 meno N_{\min}	30	40
Orzo e triticale primaverili, segale autunnale	80 meno N_{\min}	30	30
Avena	100 meno N_{\min}	30	30

Queste raccomandazioni sono valide soltanto alle condizioni seguenti:

- potenziale produttivo della parcella uguale o superiore ai valori della tabella 9;
- rischio di allettamento minimo (eventuale impiego di un regolatore di crescita);
- rischio limitato di perdite di resa causate da malattie e parassiti (scelta della varietà, tecnica colturale, rotazione colturale, eventuale impiego di fungicidi o insetticidi);
- tenore in SO nel suolo inferiore al 5 % e profondità utile del suolo superiore a 70 cm.

Nei seguenti casi particolari bisogna considerare le opportune correzioni (queste deduzioni non si possono cumulare; la correzione massima per singolo apporto è di 30 kg N/ha).

Motivo della correzione	1° apporto	2° apporto	3° apporto
	kg N/ha		
Prato temporaneo di diversi anni o prato permanente quale precedente colturale	-20	-10	-20
Tenore del suolo in SO tra 5 e 20 %	-10	-20	-20
Profondità utile del suolo inferiore a 70 cm o potenziale produttivo della parcella da scarso a medio (zone marginali per le colture erbacee da pieno campo)	-10	-10	-20
Rinuncia ai regolatori della crescita	da -10 ³ a -20 ⁴	-10	0

La tabella 26 riporta le indicazioni relative al frazionamento della concimazione N e le quantità massime dei singoli apporti.

¹ A seconda delle particolari condizioni di crescita e di sviluppo della coltura, queste dosi di N si possono aumentare o ridurre di 10 kg/ha.

² In caso di forti attacchi di malattie bisogna rinunciare al 3° apporto.

³ Orzo, triticale, segale.

⁴ Frumento, spelta, avena.

Tabella 20. Concimazione N delle sarchiate in funzione del tenore in N_{\min} del suolo (prelievi tra 0 e 90 cm).

Culture	1° apporto (kg N/ha)	2° apporto ¹ (kg N/ha)
Mais	0–30	$N_{\min} > 120$: 200 meno N_{\min} $N_{\min} < 120$: 180 meno N_{\min}
Barbabietola da zucchero e da foraggio	0–30	180 meno N_{\min}
Patata per il consumo fresco e l'industria di trasformazione	200 meno N_{\min} (alla piantagione)	
Patata precoce e patata da seme	180 meno N_{\min} (alla piantagione)	
Colza autunnale	0–40 (alla semina)	160 meno N_{\min}
Correzioni legate a un tenore in SO elevato o a uno scarso potenziale produttivo della parcella:		
Tenore del suolo in SO tra 5 e 20 %	da 0 a –30	da –20 a –40
Potenziale produttivo della parcella da scarso a medio	0	da –20 a –40

Non vanno apportate correzioni per l'effetto residuo di colture intercalari, sovesci o concimi aziendali, perché questo effetto residuo è in gran parte compreso nel valore di N_{\min} misurato nel terreno.

La tabella 26 riporta le indicazioni relative al frazionamento della concimazione N e le quantità massime dei singoli apporti di N. Il 1° apporto si distribuisce solitamente alla semina o alla piantagione; esso si può tuttavia tralasciare se il precedente colturale rilascia molto N_{\min} nel suolo o se il potenziale di mineralizzazione del suolo è particolarmente elevato. Il 2° apporto si effettua subito dopo aver ricevuto il risultato dell'analisi N_{\min} (per l'epoca di prelievo, tabella 18).

¹ Un frazionamento dell'N in 2 apporti è particolarmente raccomandabile su suoli con profondità utile inferiore a 70 cm e per regioni molto piovose (più di 260 mm tra aprile e giugno). A seconda delle condizioni meteorologiche e di crescita, l'intervallo tra gli apporti va da 2 a 4 settimane.

Attualmente, nella realtà agricola svizzera, questo tipo di strumento è disponibile soltanto per la barbabietola da zucchero. Grazie a un'applicazione web, si può allestire un bilancio previsionale basato su raccomandazioni e valori individuali relativamente dettagliati. L'accesso a questa applicazione è possibile sul sito del Centro Bieticolo Svizzero (<http://www.liz-online.de/CH/npro/frz/Npro-CH-frz.htm>).

3.1.3.2 Modelli di simulazione

I modelli dinamici di simulazione valutano l'influenza dei fenomeni meteorologici, del suolo e delle tecniche di coltivazione, nonché delle loro interazioni, sulla resa delle colture e sull'ambiente. Questi modelli possono tenere conto automaticamente dell'evoluzione delle interazioni tra suolo e pianta relative all'offerta e alla domanda di N durante la crescita. Le raccomandazioni si possono anche adattare alle condizioni pedoclimatiche specifiche della parcella, visto che i dati considerati comprendono solitamente il tipo di suolo, le tecniche di coltivazione e le condizioni climatiche. I modelli dinamici di simulazione hanno un grande potenziale. Ciononostante, a causa dell'incertezza sui parametri considerati e sui sistemi d'equazioni, le raccomandazioni ricavate sono spesso imprecise (Naud et al. 2008). La messa a punto di numerosi modelli in Europa testimonia l'interesse crescente che circonda i modelli dinamici di simulazione. Il software francese AzoFert® (Machet et al. 2003) è uno tra i modelli più promettenti. Basato su un bilancio completo di N_{\min} , AzoFert® integra la dinamica degli apporti di N e della crescita della pianta. L'impostazione informatica del software permette di adattarlo alle diverse situazioni pedoclimatiche e alle tecniche praticate nelle singole aziende. La valutazione delle prestazioni di questo software nella realtà svizzera, eseguita con una versione AzoFert® utilizzata nel Nord della Francia, ha mo-

strato che la dose ottimale di N prevista dal software è soddisfacente e perlomeno equivalente a quella ottenuta con i metodi della norma corretta e N_{\min} . In un contesto svizzero diverso, particolarmente in ambito climatico e agro-pedologico, non deve sorprendere che le prestazioni del software non siano in linea con le sue potenzialità (Maltais et al. 2015).

3.1.3.3 Strumenti decisionali complementari

Malgrado tutti gli sforzi profusi per stimare con precisione gli apporti di N del suolo, un bilancio o una norma previsionali rimangono pur sempre solo «metodi previsionali». Gli strumenti complementari permettono di correggere, durante la crescita, le variazioni dovute agli imprevisti climatici e non. Secondo Schwartz et al. (2005), prove svolte in campo aperto mostrano che l'applicazione di metodi del tipo: JUBIL®, Hydro N-Tester, Héliotest e Densità doppia permette di migliorare l'affidabilità del bilancio previsio-



N-Tester (fotografia: Agroscope).

nale per l'N utilizzato in Francia. Questi metodi sono tuttavia specifici per certe colture e non possono essere generalizzati all'insieme delle colture erbacee da pieno campo.

Finestra di controllo. Le finestre di controllo sono superfici delimitate, di circa un'ara, sulle quali si riduce la concimazione N (-40 kg N/ha) o la si elimina del tutto. Esse aiutano a prendere decisioni operative e sono uno strumento prezioso per il controllo dell'efficacia della concimazione N. Per ogni singolo apporto N si deve predisporre una nuova finestra. In cerealicoltura, il confronto tra lo stato della coltura all'interno e all'esterno della finestra di controllo fornisce indicazioni su come ottimizzare il successivo apporto di N. Per il girasole si applica un concetto leggermente diverso. Il criterio decisionale dell'Héliotest (Terres Inovia) è il confronto visivo tra una fascia di terreno concimata alla semina e la superficie restante della parcella non concimata alla semina. Tra gli stadi «6 foglie» e «14 foglie» si osservano tutte le differenze (colore, altezza, volume della vegetazione) tra le piante delle due varianti. Lo stadio fenologico del girasole in cui appare una differenza permette di valutare l'eventuale complemento di N necessario. Quanto prima si manifesta la differenza tanto maggiore è la carenza di N. A partire dai contenuti di N del suolo e dalle esigenze della coltura (a maturità, la pianta intera assorbe 4,5 kg di N per quintale di granella prodotta), si può utilizzare il metodo della norma corretta per calcolare la quantità di N da apportare, in funzione dello stadio fenologico nel quale compare la differenza visiva e dell'obiettivo di resa (Pellet e Grosjean 2007).

Densità doppia. Questo metodo, praticato in cerealicoltura, si basa sulla comparsa di una carenza nel testimone, seminato a densità doppia rispetto al resto del campo. Il principio è che nella superficie a densità doppia le piante consumano più N rispetto a quanto capita nel resto del campo, seminato a densità normale. Di conseguenza, l'N presente nel suolo del testimone si esaurirà più rapidamente e i primi sintomi di carenza si manifesteranno anticipatamente, sotto forma di ingiallimenti più pronunciati. Il primo apporto di N si distribuisce a partire dalla comparsa dei primi sintomi nel testimone. Per decidere quando effettuare il secondo apporto si attende che le piante seminate a densità doppia, che nel primo avevano ricevuto la stessa quantità di N del resto del campo, ingialliscano nuovamente rispetto alle piante seminate a densità normale (Limaux *et al.* 1999).

Analisi del succo vegetale. Con questo metodo d'analisi basato su test rapidi (Nitrachek, Jubil® o altri), si misura il tenore in N del succo delle piante. Per i cereali, i prelievi si effettuano alla base del culmo principale e in un'epoca

ben precisa. Grazie a una taratura degli strumenti specifica per ogni varietà, i risultati ottenuti possono fornire indicazioni utili per determinare gli apporti di N (Pellet 2000 a&b).

Misurazione della clorofilla. La valutazione del tenore in clorofilla (metodo N-Tester, Yara 2008) è un test rapido indiretto, che misura la colorazione delle foglie e dà informazioni sullo stato nutrizionale delle piante. Il metodo esige una taratura specifica per ogni varietà. Il colore delle foglie non è influenzato solo dal tenore in N, ma anche da altri fattori (p.es. il tenore in S), che possono rendere delicata l'interpretazione dei valori misurati.

Farmstar. Concepito da Astrium (Airbus Defence & Space) e ARVALIS-Institut du végétal (Francia), Farmstar è uno strumento più recente che utilizza le riprese satellitari. Anche questo metodo cerca di valutare il tenore in clorofilla del fogliame, associato all'indice LAI (superficie fogliare presente sull'unità di superficie del suolo), basandosi su misurazioni realizzate da sensori installati su satelliti. Molto precisi e, soprattutto, localizzati, i dati raccolti alimentano modelli e forniscono due variabili agronomiche: (i) la biomassa e (ii) il livello di N del fogliame. La gestione della concimazione N si basa su una diagnosi realizzata a inizio levata (aprile), che si traduce in un consiglio di concimazione fornito sotto forma di una cartina per ogni parcella. La cartina illustra la variabilità della concimazione N consigliata all'interno della parcella e anche una dose media applicabile su tutta la superficie. Quest'ultimo dato è destinato agli agricoltori che non hanno i mezzi tecnici per modulare la concimazione.

Réglette azote (Terres Inovia). Questo metodo permette di calcolare la quantità di N da distribuire in primavera sulla colza. Esso tiene conto dell'N già assorbito dalla pianta in autunno, permettendo di ridurre sensibilmente la concimazione N della colza sviluppatasi notevolmente prima dell'inverno (se ne pesano le parti aeree al risveglio vegetativo), senza comprometterne la resa. Il metodo è disponibile gratuitamente sul sito (<http://www.regletteazotecolza.fr>). Per potere utilizzare questo metodo nella realtà pedoclimatica svizzera, esso va calibrato opportunamente (Micheneau *et al.* 2016).

3.2 Concimazione fosfatica, potassica e magnesica

Contrariamente a quanto capita per l'N, la concimazione P, K e Mg delle colture erbacee da pieno campo si basa su due parametri importanti: (i) i prelievi della coltura e (ii) il risultato delle analisi del suolo. Si considerano anche la capacità d'assorbimento delle colture e i residui del precedente colturale (figura 8).

Prelievo

$$\left[\text{Resa di riferimento} \times \text{Concentrazione nella pianta} \right] \times \text{Correzione colturale} = \text{Norma di concimazione}$$

$$(\text{Norma di concimazione} \times \text{Correzione suolo}) - \text{Residui del precedente colturale} = \text{Norma corretta}$$

Figura 8. Procedimento per il calcolo della norma di concimazione P, K e Mg.

3.2.1 Determinazione della norma di concimazione

La determinazione della concimazione P, K e Mg si basa sul fabbisogno della coltura e sui suoi prelievi di P, K e Mg (tabella 9). Questi parametri sono definiti dall'obiettivo di resa (resa di riferimento) e dalla concentrazione in elementi nutritivi dei prodotti vegetali raccolti (allegato 1). Allo scopo di considerare il miglioramento genetico delle colture e l'evoluzione delle tecniche colturali e produttive è necessario aggiornare le rese di riferimento a ogni nuova edizione del presente documento. Anche la concentrazione in elementi nutritivi dei diversi prodotti delle colture erbacee da pieno campo va costantemente aggiornata. Gli aggiornamenti devono provenire da prove di concimazione svolte in condizioni ideali e non dalla pratica.

La capacità di prelevare elementi nutritivi varia a seconda della coltura. Infatti, anche se nel suolo la disponibilità di un elemento nutritivo fosse sufficiente per soddisfare il fabbisogno delle piante, alcune colture non riuscirebbero a assorbirne abbastanza per la loro crescita, mentre altre ne assorbirebbero troppo rispetto alle loro esigenze. L'approccio attuale dei PRIC definisce la classe di fertilità del suolo «sufficiente» indipendentemente dalla coltura. Di conseguenza, bisogna inserire un fattore di correzione che differenzi le colture in funzione delle loro esigenze e della loro capacità d'assorbimento. La tabella 21 propone tali

Tabella 21. Fattori di correzione della norma di concimazione P, K e Mg a seconda della coltura.

Coltura	P	K	Mg
Cereali autunnali	1,0	0,8	1,0
Mais	1,2	1,0	1,0
Patata	1,2	1,2	1,2
Barbabietola da zucchero e da foraggio	1,0	0,8	1,0
Leguminose da granella	1,0	1,2	1,0
Colture intercalari	1,0	0,8	1,2
Altre colture	1,0	1,0	1,0



Campo per prove di concimazione P e K di lunga durata (fotografia: Agroscope).

fattori di correzione stabiliti empiricamente in base alle conoscenze degli esperti.

3.2.2 Correzione della norma di concimazione in funzione delle analisi del suolo

L'analisi del suolo permette di modulare la norma di concimazione P, K e Mg in funzione del livello di disponibilità dell'elemento nutritivo nel suolo. Ciononostante, per esempio, nel caso del P, la frazione realmente disponibile di questo elemento è sempre rimasta un concetto un po' teorico, perché non esiste un metodo universale per dosare il P disponibile che consenta di interpretare con precisione la diversità esistente tra tutti i parametri coinvolti: suolo, clima e coltura (Demaria *et al.* 2005; Frossard *et al.* 2004). La maggior parte dei paesi si indirizzano verso un numero limitato di mezzi d'estrazione (due, in generale) e un'interpretazione dei risultati che sia valida per i suoli aventi le caratteristiche più comuni. Fin dalle prime edizioni dei PRIC (già DBC), la «ricchezza» del suolo fu stabilita basandosi sulle analisi ottenute con il metodo d'estrazione all'acqua satura di CO₂ (Dirks-Scheffer 1930). Nel 1995, il nuovo metodo d'estrazione ufficiale divenne quello all'acetato di ammonio + EDTA (AAE10, Agroscope 1996).

3.2.2.1 Correzione della norma di concimazione fosfatica e potassica in base al metodo d'estrazione all'acqua satura di CO₂

La correzione delle norme di concimazione P e K in base alla loro disponibilità nel suolo si effettua, per il metodo all'acqua satura di CO₂, utilizzando i fattori di correzione riportati dalle tabelle 10 e 11 (modulo 2). Questi fattori di correzione sono validi per la maggior parte dei suoli dell'Altopiano svizzero, delle Prealpi e del Giura che possiedono un tenore in SO inferiore al 10%. Per i suoli contenenti più del 10% di SO bisogna inoltre fare riferimento alle cifre riportate nella tabella 9 (modulo 2). L'esperienza ha dimostrato che i suoli siltosi, originatisi dalla disgregazione dei calcescisti dei Grigioni, e quelli sabbiosi e acidi del Cantone Ticino richiedono una valutazione speciale per il P. La tabella 10 (modulo 2) riporta anche i fattori di correzione per questi terreni.

3.2.2.2 Correzione della norma di concimazione magnesiacca in base al metodo d'estrazione al cloruro di calcio (CaCl₂)

L'interpretazione dei risultati analitici di questo metodo d'estrazione e la correzione della norma di concimazione Mg avvengono, analogamente a quanto visto per P e K, in funzione del tenore in argilla del suolo. Date le caratteristiche dell'agente estraente, l'approvvigionamento ottimale del suolo (fattore di correzione 1,0) aumenta con l'aumentare del tenore in argilla (tabella 12, modulo 2).

3.2.2.3 Correzione della norma di concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca in base al metodo d'estrazione all'acetato di ammonio + EDTA (AAE10)

La correzione della norma di concimazione P, K e Mg si esegue utilizzando i fattori di correzione riportati dalle tabelle da 16 a 18 (modulo 2), considerando sia la «ricchezza» del

Tabella 22. Parametri per la valutazione del rischio di carenza di S e per la stima del fabbisogno della concimazione S per le diverse colture.

Parametri	Criteri di valutazione	Punti
Sostanza organica del suolo (%)	< 2	1
	2–5	3
	> 5	5
Argilla del suolo (%)	< 10	1
	10–30	3
	> 30	5
Scheletro del suolo (% del volume)	> 30	1
	10–30	3
	< 10	5
Profondità utile del suolo (cm)	10–30	1
	31–70	5
	> 70	7
Precipitazioni da ottobre a marzo (mm)	> 540	1
	370–540	3
	< 370	5
Distribuzione di concimi aziendali	Mai	1
	Meno di una volta ogni 3 anni	3
	Almeno una volta ogni 3 anni	5
Differenza tra la quantità di N distribuita e quella raccomandata ¹	Supplemento > 40 kg N/ha	1
	Dose prevista +/- 40 kg N/ha	3
	Riduzione < 40 kg N/ha	5

I punti ottenuti per ogni parametro di valutazione vanno sommati. Il totale dei punti va poi confrontato con le indicazioni della tabella 23.

¹ Quantità di N calcolata in base al metodo della norma corretta o al metodo N_{min} .

suolo in P, K e Mg, sia il suo tenore in argilla. Per i suoli contenenti più del 10 % di SO bisogna inoltre fare riferimento alle cifre riportate nella tabella 9 (modulo 2).

3.3 Zolfo

Oggigiorno, il fabbisogno in S delle colture viene principalmente coperto da residui colturali, concimi aziendali e concimi minerali. Durante alcuni decenni precedenti il 1980, la maggior parte degli apporti di S proveniva da ricadute atmosferiche legate alla combustione di carbone e olio da riscaldamento. Questi apporti erano dell'ordine di 30–50 kg S/ha all'anno, con punte di 100 kg attorno agli agglomerati urbani. Un tale apporto soddisfaceva anche il fabbisogno delle piante più esigenti (tabella 23). L'abbandono del carbone e l'eliminazione dello S dall'olio da riscaldamento, avvenuto a partire dagli anni '80, hanno determinato una forte riduzione degli apporti di S provenienti dall'atmosfera. Ciò ha comportato la comparsa di casi di carenza di S nelle colture più esigenti.

3.3.1 Procedimento per determinare il rischio di carenza di zolfo

La maggior parte delle riserve di S del suolo (> 95 % S_{tot}) si trova sotto forma organica (SO del suolo, concimi orga-

nic). La pianta assorbe S sotto forma di SO_4^{2-} . Tenendo conto delle caratteristiche locali (suolo, pianta, tecnica colturale e clima), si può valutare se la parcella ha le potenzialità per soddisfare il fabbisogno in S delle colture previste. I parametri considerati sono: (i) tenori del suolo in SO, argilla(e) e scheletro, (ii) profondità utile del suolo, (iii) precipitazioni da ottobre a marzo, (iv) distribuzione di concimi organici e di N (tabella 22). L'eventuale necessità di distribuire S si determina confrontando il risultato scaturito dalla tabella 22 con il fabbisogno in S delle colture previste (tabella 23, v. anche Pellet *et al.* 2003 a e b).

3.3.2 Forma e epoca della concimazione sulfurea

La concimazione S si effettua rispettando le stesse regole viste per quella N (le piante assorbono S sotto forma di SO_4^{2-} , il quale si comporta in modo simile al NO_3^-). La concimazione di base è assicurata dai concimi aziendali (1 t di letame o 1 m³ di liquame completo bovino contengono circa 0,3–0,4 kg di S). Il modo migliore per eseguire la concimazione sulfurea consiste nell'impiegare un concime minerale N contenente S (tabella 13, modulo 4). In alternativa, si possono scegliere concimi K, magnesiaci o concimi composti aventi sufficiente tenore in S (tabella 13, modulo 4). In presenza di sintomi di carenza, è possibile coprire parte del fabbisogno in S della pianta a breve termine,

Tabella 23. Prelievi di S di alcune colture e raccomandazioni per la relativa concimazione S.

Coltura	Prelievo di S (kg/ha)	Concimazione S in funzione del punteggio ottenuto nella tabella 22 (kg S/ha)		
Colture molto esigenti		< 15 punti	15–23 punti	> 23 punti
Colza	80	60	35	0
Colture mediamente esigenti		< 14 punti	14–20 punti	> 20 punti
Barbabietola	35	25	15	0
Erba medica	30	20	15	0
Mais	28	20	15	0
Colture poco esigenti		< 13 punti	13–18 punti	> 18 punti
Frumento	23	20	10	0
Orzo	20	10	0	0
Patata	20	10	0	0
Altre colture	< 20	0	0	0

Tabella 24. Apporti di B e Mn in funzione dei risultati delle analisi del suolo, del tipo di suolo e della coltura prevista.

Elemento	Classe di fertilità	Valutazione	Tenore del suolo (mg/kg)	Suolo da ricco a molto ricco in SO (> 10 %)					
				Suolo da povero in SO a umifero (< 10 %)		Suolo da acido a debolmente acido		Suolo da neutro a alcalino	
				Coltura poco esigente	Coltura esigente ¹	Coltura poco esigente	Coltura esigente ¹	Coltura poco esigente	Coltura esigente ¹
B	A	povero	< 0,6	1,5–2,0 kg B/ha ²	2,5–3,0 kg B/ha ²	1,5–2,0 kg B/ha ²	2,5–3,0 kg B/ha ²	1,5–2,0 kg B/ha ²	2,5–3,0 kg B/ha ²
	B	moderato	0,6–1,5	–	1,5–2,0 kg B/ha ²	–	2,0–2,5 kg B/ha ²	–	2,0–2,5 kg B/ha ²
	C	sufficiente	1,6–2,0	–					
	D	ricco	2,1–5,0						
E	molto ricco	> 5,0							
			Scambiabile	Facilmente riducibile					
Mn	A	povero	< 2	–	20–40 kg Mn/ha ³	30–50 kg Mn/ha ³	40–60 kg Mn/ha ³	10–15 kg Mn/ha ³	
	B	moderato	> 2	< 50	20–40 kg Mn/ha ³		20–40 kg Mn/ha ³	10–15 kg Mn/ha ³	
	C	sufficiente	> 2	> 50	–				

¹ B: barbabietola, colza, girasole; Mn: cereali, leguminose.

² Concimazione sul suolo: il B si può distribuire sotto forma di borace, polverizzare sotto forma di acido borico oppure sotto forma di concimi composti contenenti B.

³ In queste condizioni, distribuire Mn sul suolo non è efficace. Si consiglia allora la concimazione fogliare, che va eseguita con 600–1'000 l d'acqua/ha, ripetendo le applicazioni e sostituendo, eventualmente, il solfato di Mn (MnSO₄) con altri prodotti specifici contenenti Mn. Bisogna rispettare le istruzioni d'utilizzazione.

ricorrendo a una concimazione fogliare con un prodotto compatibile (solfato di magnesio o Epsomite [solfato di magnesio eptaidrato]).

3.4 Boro, manganese e altri microelementi

Nella realtà svizzera, di solito, non è necessario distribuire regolarmente microelementi. La composizione della roccia madre della maggior parte dei suoli fa sì che la loro dispo-

nibilità sia sufficiente per assicurare la resa ottimale delle colture. Solo in alcuni casi è possibile che si debba concimare con boro (B) e manganese (Mn). Succede quando si coltivano su suoli alcalini colture esigenti, come barbabietola, colza e girasole, il cui fabbisogno in B è pari a 1,5–2 kg/ha. La disponibilità di Mn è fortemente ridotta nei suoli alcalini e ricchi di SO. Massicce dosi di calcio (Ca) possono causare alle colture serie difficoltà di approvvigionamento in B e Mn. In casi particolari, è indispensabile

valutare il tenore di Mn e B del suolo. La tabella 24 riporta l'interpretazione dei risultati delle analisi specifiche e le quantità necessarie di concimi contenenti B e Mn. Per gli altri microelementi l'analisi del suolo si giustifica solo in via eccezionale e dopo aver consultato un servizio di consulenza agricola o un laboratorio d'analisi del suolo certificato.

4. Residui colturali

Le norme di concimazione indicano sia il fabbisogno in elementi nutritivi del prodotto principale raccolto sia quello dei sottoprodotti o residui colturali (tabella 9). Se i residui colturali (paglia, stoppie, fusti, foglie, ecc.) rimangono sul campo, il loro tenore in elementi nutritivi va sottratto dalla norma di concimazione della coltura successiva. Analogamente a quanto visto per i concimi aziendali, la concimazione della coltura successiva considera la totalità dei tenori in P, K e Mg dei residui colturali (tabella 9). Per quanto concerne l'N, invece, se si utilizza il metodo della norma corretta bisogna considerare i valori riportati nella tabella 13. Se una parte dei residui colturali viene raccolta, la deduzione applicata alla concimazione della coltura successiva deve essere proporzionale alla quota di residui rimasta sul campo.

5. La concimazione nella pratica

Ogni azienda agricola è un caso a sé stante. Pianificarne razionalmente la concimazione significa considerare tutte le sue peculiarità. Il piano di concimazione deve, quindi, contemplare i molteplici aspetti che la caratterizzano, quali: indirizzo produttivo (azienda con colture erbacee da pieno campo, con superfici prative e concimi aziendali, con entrambi i settori), caratteristiche pedoclimatiche e situazione parcellare (ubicazione, esposizione, dimensione e declività delle parcelle), senza dimenticare la forma di produzione scelta (convenzionale, PER, biologica), che complica ulteriormente le cose. Per ogni realtà, il piano di concimazione considera: le norme di concimazione, gli obiettivi di resa, lo stato nutrizionale del suolo (interpretazione delle analisi), nonché la quantità, il tipo e le caratteristiche dei concimi aziendali e minerali utilizzati.

5.1 Piano di concimazione

Allestire coscienziosamente un piano di concimazione annuale è l'unico sistema che permette di rispondere alle molteplici esigenze di una concimazione razionale, mirata e attenta sia al fabbisogno delle colture sia al rispetto dell'ambiente. Moduli e programmi informatici necessari all'elaborazione del piano di concimazione si possono richiedere presso i servizi di consulenza agricola e la maggior parte dei laboratori d'analisi del suolo certificati.

Procedura per l'allestimento del piano di concimazione

1. Stabilire le esigenze delle colture in funzione della loro resa (tabelle 9, 10 e 11).

2. Correggere le norme di concimazione P, K e Mg (tabella 9) in funzione dei risultati delle analisi del suolo (tabelle 10–18, modulo 2) e sottrarre alle norme, così corrette, l'apporto fornito dai residui del precedente colturale (tabella 13).
3. Correggere la norma di concimazione N con i fattori di correzione ottenuti grazie al metodo della norma corretta (tabelle 12–17) oppure con i risultati delle analisi previste dal metodo N_{\min} (tabelle da 18–20).
4. Stimare i tenori in elementi nutritivi dei concimi aziendali (tabella 6, modulo 4) e determinarne la quantità da distribuire sulle singole colture.
5. Calcolare la differenza tra fabbisogno delle singole colture e gli apporti assicurati dai concimi aziendali.
6. Completare gli eventuali ammanchi distribuendo concimi aziendali di altre aziende, concimi ottenuti dal riciclaggio e/o concimi minerali reperibili sul mercato. L'utilizzo di questi concimi extraaziendali deve tenere in debito conto gli aspetti ecologici, pedologici, agronomici, tecnici, economici e legali.

Qualora si volesse allestire un piano di concimazione con mezzi informatici è importante assicurarsi in anticipo che il software rispetti la procedura appena descritta. La tabella 25 riporta un piano di concimazione fittizio.

5.2 Scelta dei concimi

Nella scelta dei concimi bisogna considerare, in primo luogo, le esigenze delle piante e le caratteristiche del suolo, ma sempre tenendo ben presenti i vincoli posti dalla tecnica colturale. I criteri più importanti per la scelta di un concime sono le esigenze specifiche delle diverse colture, le caratteristiche del suolo, che influenzano il comportamento degli elementi nutritivi nel sistema concime-suolo-pianta (pH, SO, tessitura, disponibilità di elementi nutritivi, ecc.) e il loro contenuto sia in elementi nutritivi secondari (Ca, S, microelementi) sia in elementi indesiderati (sostanze nocive). Gli aspetti economici dovrebbero entrare in linea di conto solo quando si tratta di decidere tra concimi aventi caratteristiche simili e in grado di soddisfare gli stessi fabbisogni in elementi nutritivi. Le tabelle 9–12 del modulo 4 descrivono gli effetti e le caratteristiche delle diverse forme di elementi nutritivi presenti nei concimi.

5.2.1 Cereali

Nel caso dei cereali, la concimazione N con una miscela liquida a base di N in forma nitrica ($N-NO_3^-$) e ureica (CH_4N_2O) garantirebbe la disponibilità regolare di N per le piante. Tuttavia, lo sviluppo di questa tecnica è stato frenato: dalla necessità di avere una meccanizzazione adatta (stoccaggio e distribuzione del concime liquido), dal rischio di causare bruciate legato allo stadio di sviluppo della coltura e alle condizioni meteorologiche al momento della distribuzione, nonché dal pericolo di causare perdite per volatilizzazione legato al pH del suolo. Attualmente, sono in piena fase di sviluppo i concimi N a lenta cessione, che permetteranno di semplificare il frazionamento della concimazione N, raccomandato per i concimi a base di nitrato ammonico (NH_4NO_3) (tabella 26).

Tabella 25. Esempio di piano di concimazione.

Restrizioni di concimazione	Nessuna						
Uso della superficie	Specificazione	Superficie	Resa				
Parcella	Dietro il bosco	1,17 ha					
Precedente colturale	Frumento autunnale, paglia interrata	1,17 ha	60 q/ha				
Coltura intercalare o sovescio	Sovescio non svernante con leguminose	1,17 ha	35 q/ha				
Coltura principale	Mais da granella	1,17 ha	100 q/ha				
Analisi del suolo	Risultato	Unità	Metodo	Interpretazione	Fattori di correzione		
Anno	2016						
Argilla	20	[%]		Medio, silto-limoso			
Silt	70	[%]					
Sabbia	10	[%]					
pH	6,4	[H ₂ O]		Neutro			
SO	4,5	[%]		Leggermente umifero			
P	22,7	[mg/kg]	AA-EDTA	Moderato	1,2 (tabella 16, modulo 2)		
K	137	[mg/kg]	AA-EDTA	Sufficiente	1,0 (tabella 17, modulo 2)		
Mg	112,8	[mg/kg]	AA-EDTA	Moderato	1,2 (tabella 18, modulo 2)		
Fabbisogno [kg/ha] (+)				N	P	K	Mg
Norma di concim. coltura interc. o sovescio	(tabella 9)			0	0	0	0
Norma di concimazione coltura principale	(tabella 9)			110	38	195	25
Correzione per la resa della coltura principale	(tabella 11)			0	0	0	0
Potenziale di mineraliz.	(tabella 12)	Da medio a elevato		-20	0	0	0
Precedente colturale	(tabella 13)	Sovescio		-10	0	0	0
Piogge invernali e primaverili	(tabella 15)	Forti tra marzo e maggio		30	0	0	0
Sarchiatura	(tabella 16)			0	0	0	0
Effetto delle condizioni meteo primaverili	(tabella 17)	Primavera calda		-20	0	0	0
Fattori di correzione	(vedere analisi del suolo)				1,2	1,0	1,2
(1) Somma dei fabbisogni corretti				90	46	195	30
Apporti dell'anno precedente [kg/ha] (-)				N	P	K	Mg
Saldo dell'anno precedente	(valori > 0: concime in eccesso)			-	-15	-10	7
Effetto residuo di N	(tabella 14)			0	-	-	-
Residuo del precedente colturale	(tabella 9)			0	6	62	5
Correzione libera				0	0	0	0
(2) Somma degli apporti dell'anno precedente				0	-9	52	12
(3) Fabbisogno totale corretto = (1)-(2)				90	55	143	18
Apporti dei concimi minerali reperibili sul mercato [kg/ha] (-)		Apporto/ha	N	P	K	Mg	
Nitrato ammonico 27 %		3,30 q/ha	89	0	0	0	
Potassa magnesiaca (25 % K / 6 % Mg)		5,70 q/ha	0	0	143	34	
Supertriplo (20 % P)		2,75 q/ha	0	55	0	0	
(4) Somma degli apporti dei concimi minerali				89	55	143	34
Saldo finale = (3)-(4) (valori > 0: deficit di concimazione)				1	0	0	-16

5.2.2 Patata

La patata è una pianta acidofila che reagisce positivamente ai concimi acidificanti. Distribuire questo tipo di concimi, come solfato ammonico $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ e/o solfato di potassio (K_2SO_4) , può, in effetti, mitigare l'influsso delle caratteristiche del suolo sulla patata (Fritsch 2003).

I concimi N liquidi o contenenti N in forma ureica $(\text{CH}_4\text{N}_2\text{O})$ sono più soggetti alla volatilizzazione dell' NH_3 rispetto al NH_4NO_3 . La diversa efficacia di questi tre tipi di concimi N è riconducibile principalmente alla tecnica di distribuzione. L'interramento del concime durante la rincalzatura permette di limitare, o perfino di annullare, le perdite per volatilizzazione. In questo caso, le tre forme di N hanno efficacia comparabile. Invece, se il concime viene distribuito in superficie, sia dopo sia parecchi giorni prima della rincalzatura, il NH_4NO_3 ha il vantaggio di limitare le perdite per volatilizzazione, soprattutto in assenza di precipitazioni.

Nel caso in cui l'intero apporto N sia fornito alla piantagione o durante la rincalzatura, è preferibile privilegiare l' $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ o il solfato ammonico $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ perché liberano N più lentamente rispetto al NH_4NO_3 .

Le concimazioni K sotto forma di cloruro di K (KCl) o di K_2SO_4 hanno effetti simili sulla resa. I concimi a base di Cl riducono gli imbrunimenti durante la friggitura e permettono anche di moderare il tenore in amido delle patate, al contrario del SO_4^{2-} che permette di aumentarlo.

Per quanto concerne il P, vanno privilegiati i concimi solubili, facilmente assimilabili dalle piante (Cohan 2014; Ryckmans 2009).

5.2.3 Mais

Il mais valorizza bene sia i concimi organici, che rilasciano lentamente i loro elementi nutritivi, sia l'N mineralizzato, messo a disposizione dal suolo grazie al suo periodo di crescita che si protrae dalla primavera all'autunno.

Tra i concimi organici di origine animale, come liquami e letame, il ruolo principale spetta ai primi. La liquamazione in presemina andrebbe fatta in prossimità della semina stessa e interrando i liquami, per prevenire le perdite gassose di NH_3 . I liquami si possono distribuire anche in preemergenza e in postemergenza del mais, a patto di interrare immediatamente, lavorando leggermente l'interfila, e di ridurre al minimo l'imbrattamento delle foglie, sempre con l'obiettivo di limitare la volatilizzazione dell' NH_3 .

Anche i concimi minerali di sintesi si possono usare senza particolari controindicazioni, purché calibrati sulle esigenze della mais e sulla disponibilità del suolo. Localizzando piccole quantità di P disponibile e di N vicino ai semi di mais, si può favorirne lo sviluppo giovanile, soprattutto nei suoli freddi.



Apporto di concimi differenziati su frumento (fotografia: Agroscope).

5.3 Epoca e frazionamento della concimazione

5.3.1 Cereali

La concimazione N si suddivide abitualmente in 2 o 3 frazioni (tabella 26), distribuite in precisi stadi di sviluppo dei cereali (figura 1). La valorizzazione dell'N dipende da numerosi fattori, in particolare dalla pluviometria, dal tipo di suolo e dallo stadio di sviluppo raggiunto dalle piante. Alcuni studi mostrano che il coefficiente d'utilizzazione dell'N del concime aumenta col progredire del ciclo della coltura, passando dal 40–50 % allo stadio di accostimento a circa l'80 % quando la foglia a bandiera è completamente spiegata (Arvalis 2014).

Recenti prove hanno confermato che le dosi di N e il suo frazionamento hanno un'influenza notevole sulla resa in granella e sul suo tenore in proteine (Levy e Brabant 2016). A parità di N distribuito, un apporto tardivo alla fioritura comporta sistematicamente una diminuzione della resa rispetto a un apporto più precoce. Un terzo apporto di N aumenta spesso il tenore in proteine della granella, cosa di notevole importanza per il frumento panificabile di classe Top. A parità di N distribuito (140 kg N/ha), un apporto considerevole alla comparsa della foglia a bandiera (80 kg N/ha invece di 40 kg N/ha) aumenta il tenore in proteine (dello 0,4 %), senza condizionare la resa (Levy e Brabant 2016). La scelta varietale rimane comunque il mezzo più semplice da gestire per influenzare il tenore in proteine della granella di frumento.

5.3.2 Patata

Il frazionamento della concimazione N permette di limitare le perdite per dilavamento e di adattare gli apporti alla dinamica dei fabbisogni della pianta (tabella 26 e figura 2). L'ultimo apporto non deve essere troppo tardivo per non favorire lo sviluppo della parte aerea della pianta, senza nessun beneficio per lo sviluppo dei tuberi. Idealmente, l'ultima concimazione N va eseguita prima dell'inizio della tuberizzazione, cioè quando le piante raggiungono approssimativamente l'altezza di 20 centimetri (codice BBCH 105). Le varietà di patata presentano dinamiche

Tabella 26. Frazionamento, epoca di distribuzione ottimale e quantità massima ammissibile per i vari apporti di N in funzione di pluviometria e condizioni pedologiche.

Coltura o gruppo di colture	Regioni siccitose ¹ o suoli profondi ²		Regioni umide ³ o suoli superficiali ⁴	
	Epoca o stadio di sviluppo della coltura	Apporto massimo (kg N/ha)	Epoca o stadio di sviluppo della coltura	Apporto massimo (kg N/ha)
Cereali, miglio e mais				
Cereali autunnali	In autunno (prima o dopo la semina)	0	In autunno (prima o dopo la semina)	0
	Da fine inverno al risveglio vegetativo	60	Al risveglio vegetativo	60
	Da inizio levata al 1° nodo	80	Al 1° nodo	70
	Con la foglia a bandiera spiegata	80	Dalla comparsa della foglia a bandiera a inizio spigatura	80
	Frumento biscottiero: evitare 3° apporto		Frumento biscottiero: evitare 3° apporto	
Cereali primaverili	Alla semina	40	Alla semina	30
	Dall'accestimento a inizio levata	80	Da 3 foglie a inizio accestimento	50
	Da 2 nodi alla guaina della foglia a bandiera aperta	40	Al 1° nodo	40
			Dalla comparsa della foglia a bandiera a inizio spigatura	40
Miglio	Alla semina	40	Alla semina	40
	All'accestimento	40	All'accestimento	40
Mais da granella e mais da silo	Alla semina	80	Alla semina	40
	Da 6 a 8 foglie	80	Da 4 a 6 foglie	40
			Da 6 a 8 foglie	80
Erbaio di mais	Alla semina	60	Alla semina	40
	Da 4 a 6 foglie	30	Da 4 a 6 foglie	40
Tuberi e radici				
Patata per il consumo diretto e per la trasformazione industriale	Alla piantagione	80	Alla piantagione	40
	Dall'emergenza a piante alte 10 cm	80	Piante alte da 10 a 15 cm	80
			Appena prima che le foglie delle piante della stessa fila si tocchino	40
Patata precoce	Alla piantagione	60	Alla piantagione	40
	Dall'emergenza a piante alte 10 cm	60	Piante alte da 10 a 15 cm	80
Patata da seme	Alla piantagione	50	Alla piantagione	40
	Dall'emergenza a piante alte 10 cm	50	Piante alte da 10 a 15 cm	60
Barbabietola da zucchero e da foraggio	Alla semina	80	Alla semina	40
	Da 4 a 6 foglie	80	Da 4 a 6 foglie	60
			Da 6 a 8 foglie	60
Oleaginose e piante destinate alla produzione di fibra				
Colza autunnale	Alla semina	0	Alla semina	0
	Da fine inverno al risveglio vegetativo	80	Al risveglio vegetativo	80
	All'inizio della levata	80	In levata (30–40 cm)	80
Colza primaverile	Alla semina	50	Alla semina	30
	Dalla formazione della rosetta a inizio levata	80	Alla formazione della rosetta	60
			In levata (30–40 cm)	40
Girasole	Alla semina	80	Alla semina	60
Canapa da olio	Alla semina	40	Alla semina	40
	Con piante alte 15–20 cm	40	Con piante alte 15–20 cm	30

¹ Somma delle precipitazioni da gennaio a giugno < 450 mm.

² Riserve d'acqua facilmente disponibile > 70 mm.

³ Somma delle precipitazioni da gennaio a giugno > 450 mm.

⁴ Riserve d'acqua facilmente disponibile < 70 mm.

Tabella 26 (continuazione)

Coltura o gruppo di colture	Regioni siccitose ¹ o suoli profondi ²		Regioni umide ³ o suoli superficiali ⁴	
	Epoca o stadio di sviluppo della coltura	Apporto massimo (kg N/ha)	Epoca o stadio di sviluppo della coltura	Apporto massimo (kg N/ha)
Oleaginose e piante destinate alla produzione di fibra				
Canapa da fibra	Alla semina	50	Alla semina	40
	Con piante alte 15–20 cm	70	Con piante alte 15–20 cm	80
Lino da olio	Alla semina	50	Alla semina	20
	Con piante alte 15–20 cm	30	Con piante alte 15–20 cm	40
Lino da fibra	Alla semina	30	Alla semina	20
	Con piante alte 15–20 cm	30	Con piante alte 15–20 cm	40
Miscanto	A inizio vegetazione	40	A inizio vegetazione	40
Kenaf	Alla semina	50	Alla semina	30
	Con piante alte 15–20 cm	50	Con piante alte 15–20 cm	60
Colture diverse				
Sovescio	Alla semina	40	Alla semina	40
Tabacco Burley	Alla piantagione	100	Alla piantagione	80
	Da 4 a 6 foglie	80	Da 4 a 6 foglie	100
Tabacco Virginia	Alla piantagione	30	Da 4 a 6 foglie	30

¹ Somma delle precipitazioni da gennaio a giugno < 450 mm.

² Riserve d'acqua facilmente disponibile > 70 mm.

³ Somma delle precipitazioni da gennaio a giugno > 450 mm.

⁴ Riserve d'acqua facilmente disponibile < 70 mm.



Apporto di concimi differenziati su patata (fotografia: Agroscope).

diverse di prelievo dell'N durante il ciclo di sviluppo. Per esempio, nella fase iniziale della coltura, la varietà Laura assorbe meno N della varietà Bintje (figura 9), perché necessita di più tempo per sviluppare l'apparato radicale e iniziare la tuberizzazione (Sinaj et al. 2014). Differenze di questo tipo giustificano il frazionamento della concimazione N in modo che ogni varietà possa disporre dell'N necessario al suo sviluppo nel momento in cui ne ha bisogno.

Anche il frazionamento degli apporti di K è possibile, soprattutto nei suoli leggeri sog-

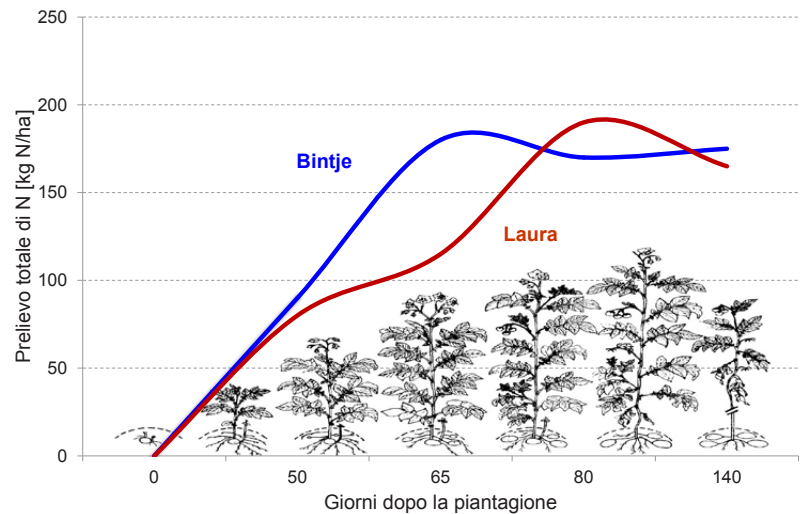


Figura 9. Curve di assorbimento di N delle varietà Bintje e Laura per un apporto totale di 120 kg N/ha (Sinaj et al. 2014).

getti al dilavamento. Nella pratica, metà del K viene distribuito tra gennaio e marzo (in forma organica o minerale), l'altra metà alla piantagione. Si può anche procedere con una concimazione K complementare dopo la rincalzatura o anche durante la tuberizzazione.

Il P va preferibilmente distribuito al momento della piantagione, per evitare i problemi legati alla sua fissazione sulla fase solida del suolo e aumentare la sua utilizzazione da parte delle piante. È possibile inserire un secondo apporto, sotto forma di concime fogliare, poco dopo l'inizio della tuberizzazione. Nel caso si pratici una sola concimazione P e K nella stagione, si raccomanda di effettuarla presto per sopperire alla debolezza dell'apparato radicale.

5.3.3 Mais

Il fabbisogno in elementi nutritivi del mais è modesto fino allo stadio di circa 6 foglie (figura 4). Nei suoli che si riscaldano lentamente in primavera si può accelerare lo sviluppo della plantula localizzando concime vicino ai semi. Gli elementi poco mobili, come P e K, si distribuiscono idealmente prima della semina mentre l'N, a rischio di dilavamento, va distribuito preferibilmente a partire dalla semina e in dosi frazionate (tabella 26), soprattutto laddove piove molto oppure nei bacini imbriferi dei laghi. In questi casi, la concimazione N di copertura andrebbe eseguita appena prima dell'aumento del fabbisogno della pianta (figura 4). Vista la sincronia esistente tra la dinamica di mineralizzazione dell'N del suolo e l'evoluzione del fabbisogno N del mais, gli apporti di N hanno efficacia massima fino allo stadio di 8 foglie della coltura, perché riescono a coprire le elevate necessità del mais fino allo stadio di fioritura.

5.4 Tecniche di distribuzione

5.4.1 Patata

Il frazionamento della concimazione N (tabella 26) è sempre meno praticato dai produttori di patate, che tendono a distribuire tutto l'N necessario alla coltura in un unico apporto in fase di piantagione. Questa soluzione si adatta molto bene alle sempre più diffuse tecniche di piantagione «all in one» che, in un solo passaggio, piantano, rinalzano e concimano la coltura. Se fino a qualche tempo fa si usava effettuare la concimazione N sulle porche, appena prima di rinalzare, oggi giorno è pratica comune distribuire il concime N prima della piantagione o localmente sulla fila (Martin 2014). Dal punto di vista dell'ottimizzazione della disponibilità di N per la pianta, questa pratica non è ideale perché buona parte dell'N distribuito può essere dilavato prima che la pianta abbia il tempo di sviluppare l'apparato radicale (Sinaj *et al.* 2014).

Negli Stati Uniti e nei Paesi del Bacino mediterraneo si pratica la fertirrigazione da diversi anni. La tecnica consiste nell'associare concimazione e irrigazione e offre due vantaggi principali: (i) la facilità d'attuazione (una volta installato il sistema d'irrigazione) e (ii) la sua «dinamicità», nel senso che permette di fornire alle piante acqua e elementi nutritivi nel momento in cui ne hanno bisogno. Le tecniche di fertirrigazione goccia a goccia permettono di limitare le perdite per dilavamento rispetto all'irrigazione tramite «sprinkler» (Darwish *et al.* 2003). D'altro canto, la fertirrigazione non mostra alcun aumento significativo di resa rispetto alla concimazione classica (Battilani *et al.* 2008; Mohammad *et al.* 1999).

5.4.2 Mais

I concimi si distribuiscono e si interrano in presemina e su tutta la superficie oppure si localizzano lungo la fila (P, N). I successivi apporti N vanno frazionati e calibrati in funzione di suolo e meteorologia, rispettando le indicazioni (epoca e quantità massime) della tabella 26. La concima-

zione di copertura si può eseguire su tutta la superficie, a patto di non causare bruciature alle foglie. Localizzare la concimazione lungo la fila, abbinandola alla sarchiatura o alle operazioni di semina, ha il vantaggio di posizionare gli elementi nutritivi vicino all'apparato radicale. Le radici si sviluppano prevalentemente nelle immediate vicinanze delle zone dove si localizza la concimazione o dove si trovano accumuli di elementi nutritivi disponibili. Viceversa, la concimazione di superficie e la conseguente diffusa disponibilità di elementi minerali favoriscono una ramificazione maggiore dell'apparato radicale.

Se possibile, i concimi aziendali vanno iniettati direttamente nel suolo oppure interrati subito dopo la distribuzione, per minimizzare le perdite gassose di NH_3 .

5.5 Possibilità di ottimizzare o di ridurre la concimazione azotata

L'ottimizzazione dell'impiego di N, proposta dai metodi di concimazione presentati in precedenza (capitolo 3.1), si può ulteriormente potenziare applicando una strategia di concimazione dinamica a livello aziendale. Un'alternativa possibile consiste semplicemente nell'estensificare la concimazione N. Se si sceglie questa seconda via, si devono considerare le raccomandazioni seguenti:

- nel quadro di una concimazione equilibrata a livello aziendale, distribuire un contingente limitato di N sulle singole colture in base a criteri economici;
- diluire a sufficienza i liquami da distribuire (al minimo 1:2, idealmente 1:3), per limitare le perdite per volatilizzazione (modulo 7);
- diminuire il rischio di perdite per volatilizzazione, scegliendo concimi N contenenti quote elevate di NO_3^- ;
- evitare singoli apporti superiori a 60 kg N/ha;
- tenere sistematicamente conto delle riserve del suolo (N_{min} o metodo della norma corretta);
- pianificare la distribuzione di N a livello aziendale, per tenere conto dei fabbisogni specifici delle colture più esigenti e delle colture che lo valorizzano meglio;
- ridurre, o addirittura rinunciare, al terzo apporto N in cerealicoltura oppure posticipare il 2° apporto, soprattutto quando si coltiva estensivamente il frumento foraggero;
- considerare le previsioni meteorologiche a medio termine, per evitare di distribuire un'eccessiva quantità di N prima di un periodo particolarmente piovoso oppure troppo tardi in caso sia previsto un periodo siccitoso;
- eliminare l'apporto di N alla semina o alla piantagione per barbabietola, mais e patata;
- non concimare i sovesci con N, ma seminare miscele a base di leguminose quando le condizioni pedoclimatiche non permettono una mineralizzazione sufficiente della SO.

5.6 Possibilità di semplificare la concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca

La concimazione di rotazione permette di semplificare la concimazione annuale con P, K e Mg in parcelle la cui rotazione colturale è chiaramente definita. Essa consiste nel

Tabella 27. Possibilità di rinunciare alla concimazione minerale P, K e Mg in funzione della ricchezza del suolo e della sua profondità utile.

Classe di fertilità del suolo secondo l'analisi	Profondità utile del suolo ¹	Possibilità di rinunciare a P e K	Possibilità di rinunciare a Mg
Povero	Superficiale	No	No
	Profondo	No	No
Moderato	Superficiale	No	No
	Profondo	Sì	Sì
Sufficiente	Superficiale	Sì	No
	Profondo	Sì	Sì
Ricco	Superficiale	Sì	Sì
	Profondo	Sì	Sì

¹ Suolo superficiale: profondità utile < 70 cm ;
suolo profondo: profondità utile > 70 cm.

sommare i fabbisogni netti in P, K e Mg di tutte le colture della rotazione, nel dividerli per il numero di colture e, infine, nel distribuire ogni anno la quantità media ottenuta sulle parcelle interessate. Questa procedura presuppone l'allestimento di un piano di concimazione pluriennale e una rotazione stabile. La si applica facilmente su parcelle il cui stato di fertilità è «sufficiente» o «ricco» (classe di fertilità C o D). La concimazione di rotazione può diventare problematica se il suolo è «povero» e se la rotazione comprende (i) una coltura con elevati fabbisogni nutritivi rispetto alle altre oppure (ii) colture inclini a un consumo di lusso per uno qualsiasi degli elementi nutritivi considerati.

Quando si elabora il piano di concimazione può accadere che la quantità di concimi P, K e Mg da distribuire su determinate parcelle sia limitata o risulti difficile da applicare per motivi tecnici. In questi casi si può considerare di rinunciare alla concimazione secondo le indicazioni della tabella 27.

Rinuncia: si rinuncia a qualsiasi apporto di concime minerale in quanto il fabbisogno della coltura prevista è assicurato ampiamente dalle riserve del suolo, dai residui del precedente colturale o, se del caso, dalla concimazione organica e dalla deduzione anticipata dei residui colturali della coltura prevista (p.es. K nel caso si voglia seminare girasole). È anche possibile rinunciare se le quantità di concime minerale da apportare sono molto limitate e rappresentano soltanto una frazione della norma di concimazione.

Soglia di rinuncia: la soglia di rinuncia è (i) al di sotto di 100 kg/ha per i concimi P e K (semplici o composti) e (ii) al di sotto di 50 kg/ha per i concimi Mg specifici.

Ripporto dei deficit: rinunciare alla concimazione implica che i deficit di bilancio parcellare siano riportati, e debitamente considerati, nel piano di concimazione dell'anno successivo.

6. Bibliografia

- Agroscope, 1996. Méthodes de référence des stations de recherche Agroscope, volume 1: Analyse de terre et du substrat pour conseil de fumure. Édition 2015.
- Agu C. M., 2006. Effect of nitrogen and phosphorus combination on late blight disease and potato yield. *Tropical Science* 44 (4), 163–165.
- Allison M. F., Fowler J. H. & Allen E. J., 2001a. Factors affecting the magnesium nutrition of potatoes (*Solanum tuberosum*). *Journal of Agricultural Science* 137, 397–409.
- Allison M. F., Fowler J. H. & Allen E. J., 2001b. Responses of potato (*Solanum tuberosum*) to potassium fertilizers. *Journal of Agricultural Science* 136, 407–426.
- Arvalis, 2014. Optimiser l'alimentation de la plante en fractionnant l'azote. In: Interventions de printemps : un tournant décisif pour réussir ses cultures. ARVALIS-CETIOM infos, janvier 2014, 3–4.
- Arnon I., 1975. Mineral nutrition of Maize. International potash institute, Bern, Switzerland. 452 pp.
- Aubertot J. N., Pinochet X. & Doré T., 2003. The effects of sowing date and nitrogen availability during vegetative stages on *Leptosphaeria maculans* development on winter oilseed rape. *Crop Protection* 23 (7), 635–645.
- Battilani A., Plauborg F., Hansen S., Dolezal F., Mazurczyk W., Bizik J. & Coutinho J., 2008. Nitrogen uptake and nitrogen use efficiency of fertigated potatoes. *Acta Horticulturae* 792, 61–67.
- Bedoussac L., Journet E.-P., Hauggaard-Nielsen H., Naudin C., Corre-Hellou G., Jensen E. S., Prieur L. & Justes E., 2015. Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. *Agronomy for Sustainable Development* 35, 911–935.
- Brabant C. & Levy Häner L., 2016. Influence de la fumure azotée et de son fractionnement sur la qualité boulangère du blé. *Recherche Agronomique Suisse* 7 (2), 88–97.
- Büchi L., Gebhard C.-A., Liebisch F., Sinaj S., Ramseier H. & Charles R., 2015. Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. *Plant and Soil* 393 (1), 163–175.
- Büchi L., Mouly P., Amossé C., Bally C., Wendling M., et Charles R., 2016. Méthode non destructive d'estimation de la biomasse et des nutriments de couverts végétaux. *Recherche Agronomique Suisse* 7 (3), 136–143.
- Buchner A. & Sturm H., 1985. Gezielter Düngen. DLG-Verlag, Frankfurt am Main, Germany. 381 pp.
- Burns I. G., 2006. Assessing N fertilizer requirements and the reliability of different recommendation systems. *Acta horticulturae* 700, 35–48.
- Buschbell T. & Hoffmann G. M., 1992. The effects of different nitrogen regimes on the epidemiologic development of pathogen on winter-wheat and their control. *Journal of Plant Diseases and Protection* 99, 381–403.
- Cao W. & Tibbitts T. W., 1998. response of potatoes to nitrogen concentrations differ with nitrogen forms. *Journal of Plant Nutrition* 21 (4), 615–623.
- Champolivier L & Reau R., 2005. Améliorer la richesse en huile des oléagineux pour répondre aux besoins du marché. *Oléoscope* 82, 10–13.
- Charles R., Cholley E., Mascher-Frutschi F., 2011. Maladies et rendement de blé d'automne: influence du système de culture. *Recherche Agronomique Suisse* 2 (6), 264–271.

- Charles R. & Vullioud P., 2001. Pois protéagineux et azote dans la rotation. *Revue suisse d'Agriculture* 33 (6), 265–270.
- Charles R., Collaud J.-F., Levy L. & Sinaj S., 2012. Variétés, densité de semis et fumure azotée sur orge d'automne. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (2), 88–95.
- Cohan J.P., 2014. Engrais, bien choisir la forme à apporter. In: *Innovations et performances pour la pomme de terre*. ARVALIS infos, juin 2014, 14–15.
- Colin J. & Goffart J. P., 1998. La gale commune de la pomme de terre en Belgique: Ses causes, ses conséquences, ses remèdes. Centre de Recherche Agronomique, Gembloux; Station de Phytotechnie, Louvain-la-Neuve; Université Catholique du Louvain, Clinique des Plantes (CORDER). 35 pp.
- Colomb B., 1992. Le Magnesio: bases disponibles pour l'élaboration d'un système de recommandation de fumure. In: *Le Magnesio en agriculture*. Éditions C.H.E.M.C., INRA, Paris, France, 187–209.
- COMIFER, 2013. Calcul de la fertilisation azotée – Guide méthodologique pour l'établissement des prescriptions locales – Cultures annuelles et prairies. Editions COMIFER, www.comifer.asso.fr, 159 pp.
- Courvoisier N., Levy Häner L., Schwaerzel R., Bertossa M., Thévoz E., Hiltbrunner J., Anders M., Stoll P., Weissflog T., Scheuner S., Dugon J. & Grünig K., 2015. Liste recommandée des variétés de céréales pour la récolte 2016. *Recherche Agronomique Suisse* 6 (6), 1–8.
- Darwish T., Atallah T., Hajhasan S. & Chranek A., 2003. Management of nitrogen by fertigation of potato in Lebanon. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 67 (1), 1–11.
- Datnoff L. E., Elmer W. H. & Huber D. M., 2009. Mineral nutrition and plant disease. 2nd edition. APS Press, St. Paul, Minnesota, USA. 278 pp.
- Debaeke P. & Estragnat A., 2003. A simple model to interpret the effects of sunflower crop management on the occurrence and severity of a major fungal disease: *Phomopsis stem canker*. *Field crop research* 83, 139–155.
- Debaeke P. & Perez, A. 2003. Influence of sunflower (*Helianthus annuus* L.) crop management on Phoma black stem (*Phoma macdonaldii* Boerema). *Crop Protection* 22, 741–752.
- Demaria P., Flisch R., Frossard E. & Sinaj S., 2005. Exchangeability of phosphate extracted by four chemical methods. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 168, 89–93.
- Dirks-Scheffer, 1930. Der Kohlensäure-Bikarbonatauszug und der Wasserausgang als Grundlage zur Ermittlung der Phosphorsäurebedürftigkeit der Böden. *Landwirtschaftliche Jahrbücher* 71; 73–99.
- Dupuis B., Reust W., Hebeisen T. & Ballmer T., 2009. Fumure azotée de nouvelles variétés de pommes de terre cultivées en Suisse. *Revue suisse d'Agriculture* 41 (4), 209–214.
- Fritsch F., 2003. Anwendung von Düngemitteln in landwirtschaftlichen Kulturen: Kartoffeln. In: *Praxishandbuch Dünger und Düngung*, AGRIMEDIA GmbH, Bergen/Dumme, Germany. 311 pp.
- Frossard E., Julien P., Neyroud J.-A. & Sinaj S., 2004. Le phosphore dans le sol. Etat de la situation en Suisse. Cahier de l'environnement n°368, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna, Svizzera, 180 pp.
- Gash A. F. J., 2012. Wheat nitrogen fertilisation effects on the performance of the cereal aphid *Metopolophium dirhodum*. *Agronomy* 2 (1), 1–13.
- Hack H., 1993. Echelle BBCH des stades phénologiques de la pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.). *JKI Open Journal System* 7.
- Holzschläger A., Fossati D., Hiltbrunner J. & Fuhrer J., 2015. Spatial and temporal trends in agro-climatic limitations to production potentials for grain maize and winter wheat in Switzerland. *Regional Environmental Change* 15 (1), 109–122.
- Hebeisen T., Ballmer T., Wüthrich R. & Dupuis B., 2012. Réaction à la fumure azotée de nouvelles variétés de pommes de terre admises à la liste officielle. *Recherche Agronomique Suisse* 1 (3), 82–87.
- Iwama K., 2008. Physiology of the Potato: New Insights into Root System and Repercussions for Crop Management. *Potato research* 51 (3–4), 333–353.
- Jordan V. W. L., Stinchcombe G. R. & Hutcheon J. A., 1989. Fungicide and nitrogen applications in relation to the improvement of disease control and yield in winter barley. *Plant Pathology* 38, 26–34.
- Justes E., Beaudoin N., Bertuzzi P., Charles R., Constantin J., Dürr C., Hermon C., Joannon A., Le Bas C., Mary B., Mignolet C., Montfort F., Ruiz L., Sarthou J. P., Souchère V., Tournebize J., Savini I. & Réchauchère O., 2013. Les cultures intermédiaires pour une production agricole durable. Editions Quae, Versailles, France. 112 pp.
- Justes E., Mary B. & Nicolardot B., 2009. Quantifying and modeling C and N mineralization kinetics of catch crop residues in soil: parameterization of the residue decomposition module of STICS model for mature and non mature residues. *Plant and Soil* 325, 171–185.
- Karam F., Roupheal Y., Lahoud R., Breidi J. & Colla G., 2009. Influence of genotypes and potassium application rates on yield and potassium use efficiency of potato. *Journal of agronomy* 8 (1), 27–32.
- Kolbe H. & Stephan-Beckmann S., 1997. Development, growth and chemical composition of the potato crop (*Solanum tuberosum* L.). II. Tuber and whole plant. *Potato Research* 40 (2), 135–153.
- Krnjaja V., Mandic V., Levic J., Stankovic S., Petrovic T., Vasic T., Obradovic A., 2015. Influence of N-fertilisation on Fusarium head blight and mycotoxin levels in winter wheat. *Crop Protection* 67, 251–256.
- Lagarde F. & Champolivier L., 2006. Le raisonnement et les avancées techniques permettent de réduire la fertilisation azotée: le cas de Farmstar-colza®. *OCL* 13, 384–387.
- Lemmens M., Haim K., Lew H. & Ruckebauer P., 2004. The Effect of Nitrogen Fertilization on Fusarium Head Blight Development and Deoxynivalenol Contamination in Wheat. *Journal of Phytopathology* 152 (1), 1–8.
- Levy L., Schwaerzel R., Kleijer G. & Crozet N., 2009. Influence de la fumure azotée sur la qualité des blés biscuitiers. *Revue suisse d'Agriculture* 41 (5), 277–282.
- Levy L., Schwaerzel R. & Kleijer G., 2007. Influence de la fumure azotée sur la qualité des céréales panifiables. *Revue suisse d'Agriculture* 39, 255–260.
- Levy L. & Schwaerzel R., 2009. Fumure azotée et performances agronomiques de variétés de blé et de triticale. *Revue suisse d'Agriculture* 41 (3), 161–165.
- Levy Häner L., Stamp P., Kreuzer M., Bouguennec A. & Pellet D., 2013. Experimental Determination of Genetic and Environmental Influences on the Viscosity of Triticale. *Cereal Research Communications* 41 (4), 613–625.
- Levy Häner L. & Brabant C. 2016. L'art de fractionner l'azote pour optimiser le rendement et la teneur en protéines du blé. *Recherche Agronomique Suisse* 7 (2), 80–87.
- Limaux F., Recous S., Meynard J.M. & Guckert A., 1999. Relationship between rate of crop growth at date fertiliser N application and fate of fertiliser N applied to winter wheat. *Plant and Soil* 214, 49–59.
- Lucas M. E., Hoad S. P., Russell G. & Bingham I. J., 2000. Management of cereal root systems. *Research review* N. 43. HGCA.
- Machet J.M., Recous S., Jeuffroy M.H., Mary B., Nicolardot B. & Parnaudeau V., 2003. A dynamic version of the predictive balance sheet method for fertilizer N advice. In: *Controlling nitrogen flows and losses*, 12th Nitrogen Workshop, 21st–24th September 2003, Exeter, Devon, UK.
- Maltas A., Oberholzer H., Charles R., Bovet V. & Sinaj S., 2012a. Effet à long terme des engrais organiques sur les propriétés du sol. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (3), 148–155.
- Maltas A., Charles R., Bovet V. & Sinaj S., 2012b. Effet à long terme des engrais organiques sur le rendement et la fertilisation azotée des cultures. *Recherche Agronomique Suisse* 3 (3), 156–163.
- Maltas A., Charles R., Jeangros B. & Sinaj S., 2013. Effect of organic fertilizers and reduced-tillage on soil properties, crop ni-

- trogen response and crop yield: Results of a 12-year experiment in Changins, Suisse. *Soil & Tillage Research* 126, 11–18.
- Maltas A., Charles R., Pellet D., Dupuis B., Levy L., Baux A., Jean-gros B. & Sinaj S., 2015. Evaluation de deux méthodes pour optimiser la fertilisation azotée des grandes cultures. *Recherche Agronomique Suisse* 6 (3), 84–93.
- Martin M., 2014. Implantation : attention à la structure du sol. In: *Innovations et performances pour la pomme de terre*, ARVALIS infos, Juin 2014, 10–12.
- Mascagni H.J. Jr., Harrison S.A., Russin J.S., Desta H.M., Colyer P.D., Habetz R.J., Hallmark W.B., Moore S.H., Rabb J.L., Hutchinson R.L. & Boquet D.J., 1997. Nitrogen and fungicide effects on winter wheat produced in the Louisiana Gulf Coast region. *Journal of Plant Nutrition* 20 (10), 1375–1390.
- Mestries E., Desanlis M., Seassau C., Moinard J., Debaeke P. & De-champ-Guillaume G., 2011. Impact de la conduite de culture sur les maladies du tournesol. *Innovations agronomiques* 14, 91–108.
- Micheneau A., Champolivier L., Courtois N., Sinaj S., & Baux A., 2016. Réglette azote colza®: adaptation pour la Suisse d'un outil d'aide à la fertilisation azotée du colza. *Recherche Agronomique Suisse* 7 (9), 378–383.
- Mohammad M. J., Zuraïqi S., Quasameh W. & Papadopoulos I., 1999. Yield response and nitrogen utilization efficiency by drip-irrigated potato. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 54 (3), 243–249.
- Naud C., Makowski D. & Jeuffroy M. H., 2008. Is it useful to combine measurements taken during the growing season with a dynamic model to predict the nitrogen status of winter wheat? *European Journal of Agronomy* 28, 291–300.
- Neeteson, J. J., 1990. Development of nitrogen fertilizer recommendations for arable crops in the Netherlands in relation to nitrate leaching. *Fertilizer research* 26 (1–3), 291–298.
- Neumann S., Paveley N.D., Beed F.D. & Sylvester-Bradley R. 2004. Nitrogen per unit leaf area affects the upper asymptote of *Puccinia striiformis f.sp. tritici* epidemics in winter wheat. *Plant Pathology* 53 (6), 725–732.
- Olesen J. E., Mortesen J. V., Jorgensen L. N. & Andersen M. N., 2000. Irrigation strategy, nitrogen application and fungicide control in winter wheat on a sandy soil. I. Yield yield components and nitrogen uptake. *Journal of Agricultural Science* 134 (1), 1–11.
- Olesen J.E., Jorgensen L.N., Petersen J. & Mortensen J.V., 2003. Effects of rate and timing of nitrogen fertilizer on disease control by fungicides in winter wheat. 1. Grain yield and foliar disease control. *Journal of Agricultural Science* 140 (1), 1–13.
- Pavlista A.D., 2005. Early-Season Applications of Sulfur Fertilizers Increase Potato Yield and Reduce Tuber Defects. *Agronomy Journal* 97, 599–603.
- Pellet D., 2000a. Dosage du nitrate dans les tiges pour affiner le pilotage de la fumure azotée du blé d'automne. I. La méthode Jubil est-elle adaptée aux variétés cultivées en Suisse? *Revue suisse d'Agriculture* 32 (3), 103–108.
- Pellet D., 2000b. Dosage du nitrate dans les tiges pour affiner le pilotage de la fumure azotée du blé d'automne. II. La méthode Jubil comme complément à celle des normes corrigées. *Revue suisse d'Agriculture* 32 (4), 165–171.
- Pellet D., Mercier E., Lavanchy J., Pfeiffer H., Keiser A & Bezençon N, 2003a. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. I. Colza d'automne. *Revue suisse d'Agriculture* 35 (4), 161–167.
- Pellet D., Mercier E. & Balestra U., 2003b. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. II. Blé d'automne. *Revue suisse d'Agriculture* 35 (4), 181–186.
- Pellet D. & Grosjean Y., 2007. Fumure azotée du tournesol: intérêt de la méthode Héliotest pour la Suisse. *Revue suisse d'Agriculture* 39 (1), 5–9.
- Reust W., Hebeisen T. & Ballmer T., 2006. Fumure azotée et nouvelles variétés de pommes de terre cultivées en Suisse. *Revue suisse d'Agriculture* 38 (6), 309–313.
- Richner W., Flisch R., Sinaj S., Charles R., 2010. Détermination des normes de fumure azotée pour les grandes cultures. *Recherche Agronomique Suisse* 1 (11–12), 410–415.
- Ryckmans D., 2009. Quelques rappels sur la fumure phospho-potassique. In: *Fiwap info*, février 2009, 8.
- Sattelmacher B., Kuene R., Malagampa P. & Moreno U., 1990. Evaluation of tuber bearing Solanum species belonging to different ploidy levels for its yielding potential at low soil fertility. *Plant and Soil* 129, 227–233.
- Schvart, C., Decroux J. & Muller J. C., 2005. Guide de la fertilisation raisonnée: grandes cultures et prairies. Comité français d'étude et de développement de la fertilisation raisonnée. Éditions France Agricole, Parigi, Francia. 414 pp.
- Schwaerzel R., Torche J.-M., Ballmer T., Musa T. & Dupuis B., 2016. Liste suisse des variétés de pommes de terre 2015. *Recherche Agronomique Suisse* 5, 11–12.
- SCPA, 1995. Les courbes d'absorption d'éléments minéraux. Ministère de l'agriculture, France
- Sinaj S., Richner W., Flisch R. & Charles R., 2009. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse d'Agriculture* 41 (1), 98.
- Sinaj S., Maltas A., Dupuis B. & Pellet D., 2014. Response of two potato cultivars to nitrogen fertilization in Switzerland. In: 19th Triennial Conference of the European Association for Potato Research, 2014. Editions EAPR, Bruxelles, Belgium.
- Smiley R. W. & Cook R. J., 1973. Relationship between take-all of wheat and rhizosphere pH in soils fertilized with ammonium vs. nitrate-nitrogen. *Phytopathology* 63, 882–890.
- Söchting H. P & Verreet J.-A., 2004. Effects of different cultivation systems (soil management, nitrogen fertilization) on the epidemics of fungal diseases in oilseed rape (*Brassica napus* L. var. *napus*). *Journal of Plant Diseases and Protection* 111 (1), 1–29.
- Sonderegger O. & Scheuner S., 2014. Bekenntnis zur Qualitätsstrategie – Getreidebranche einigt sich auf Proteinbezahlung. *SwissGranum*, Berne, Suisse. Link: <https://www.swissgranum.ch/>.
- Swiss granum, 2015. Produktionsflächen / Surfaces de production. Link: https://www.swissgranum.ch/files/2015-12-18_anbauflaechen.pdf. [6. 2. 2017].
- Swisspatat, 2015. Données statistiques 2014 sur la production et la mise en valeur des pommes de terre. Link: <https://www.kartoffel.ch>.
- Tindall T. A., Westermann D. T., Stark J. C., Ojala J. C. & Kleinkopf G. E., 1993. Phosphorus Nutrition of Potatoes. *Current Information Series No. 903*, University of Idaho, USA.
- Trehan S. P. & Sharma R. C., 2002. Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as related to root and shoot parameters. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 33 (11–12), 1813–1823.
- UNIFA, 2015. Les outils de raisonnement de l'apport de soufre. Link: <https://fertilisation-edu.fr/le-raisonnement-de-la-fertilisation/azote-et-soufre/les-outils-de-raisonnement.html>. [6. 2. 2017].
- USP, 2014. Chapitre 2: Production végétale. In: *Statistiques et évaluations concernant l'agriculture et l'alimentation 2013*, Agrisat, Suisse. Link: <https://www.sbv-usp.ch/>.
- Vullioud P., 2005. Rotation des cultures en terres assolées. *Revue suisse d'Agriculture* 37 (4), 1–4.
- Wendling M., Büchi L., Amossé C., Sinaj S., Walter A. & Charles R., 2016. Influence of root and leaf traits on the uptake of nutrients in cover crops. *Plant Soil* 1–16.
- Westermann D. T. & Kleinkopf G. E., 1985. Nitrogen requirements of potatoes. *Agronomy journal* 77, 616–621.
- Yara, 2008. N-Tester®, le pilotage de l'azote tout simplement. Opuscolo disponibile su: <https://www.yara.fr>, 12 pp. [6. 2. 2017]

7. Indice delle tabelle

Tabella 1. Effetto della concimazione N sui parametri qualitativi del frumento in funzione della sua valorizzazione.	8/4
Tabella 2. Influenza della concimazione N, P e K sulla qualità dei tuberi di patata.	8/6
Tabella 3. Effetti delle concimazioni N e S sul tenore in olio e sulla concentrazione di glucosinolati della colza.	8/8
Tabella 4. Influenza positiva della carenza o dell'eccedenza in N, K, Mg e S sullo sviluppo di alcune malattie del mais.	8/11
Tabella 5. Influenza delle concimazioni N, P e K sulla qualità della barbabietola da zucchero.	8/12
Tabella 6. Prelievi di elementi nutritivi di alcuni sovesci intercalari.	8/14
Tabella 7. Stima dell'N restituito o immobilizzato da alcuni sovesci intercalari in funzione del loro rapporto C/N e della loro crescita.	8/14
Tabella 8. Riassunto di: effetti, vantaggi e limiti di differenti tipi di sovesci intercalari.	8/15
Tabella 9. Rese di riferimento, prelievi e norme di concimazione N, P, K e Mg per le diverse colture erbacee da pieno campo (le norme di concimazione P, K e Mg tengono conto della capacità d'assorbimento delle colture (tabella 21).	8/16
Tabella 10. Correzione della concimazione N in funzione della varietà di patata.	8/20
Tabella 11. Correzione della concimazione N qualora l'obiettivo di resa differisca dalla resa di riferimento.	8/23
Tabella 12. Correzione della concimazione N in funzione del potenziale di mineralizzazione della SO.	8/23
Tabella 13. Correzione della concimazione N in funzione del precedente colturale.	8/24
Tabella 14. Correzione della concimazione N in funzione dell'effetto residuo degli apporti di concimi organici.	8/24
Tabella 15. Correzione della concimazione N in funzione delle precipitazioni invernali e primaverili.	8/25
Tabella 16. Liberazione di N supplementare a seguito di sarchiature ripetute in postemergenza della coltura, in funzione del tenore in SO del suolo.	8/25
Tabella 17. Correzione della concimazione N in funzione delle condizioni meteorologiche primaverili (umidità e temperatura) e dello stato del suolo.	8/25
Tabella 18. Epoca e profondità di prelievo dei campioni per la determinazione del contenuto di N_{min}	8/26
Tabella 19. Concimazione N dei cereali in funzione del tenore in N_{min} del suolo.	8/26
Tabella 20. Concimazione N delle sarchiate in funzione del tenore in N_{min} del suolo.	8/27
Tabella 21. Fattori di correzione della norma di concimazione P, K e Mg a seconda della coltura.	8/29
Tabella 22. Parametri per la valutazione del rischio di carenza di S e per la stima del fabbisogno della concimazione S per le diverse colture.	8/30
Tabella 23. Prelievi di S di alcune colture e raccomandazioni per la relativa concimazione S.	8/31
Tabella 24. Apporti di B e Mn in funzione dei risultati delle analisi del suolo, del tipo di suolo e della coltura prevista.	8/31
Tabella 25. Esempio di piano di concimazione.	8/33
Tabella 26. Frazionamento, epoca di distribuzione ottimale e quantità massima ammissibile per i vari apporti di N in funzione di pluviometria e condizioni pedologiche.	8/35
Tabella 27. Possibilità di rinunciare alla concimazione minerale P, K e Mg in funzione della ricchezza del suolo e della sua profondità utile.	8/38
—	
Allegato. Tenore in elementi nutritivi dei prodotti vegetali.	8/43

8. Indice delle figure

Figura 1. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, S) in funzione dello sviluppo fisiologico del frumento, pianta intera e resa di 60 q/ha.	8/4
Figura 2. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, S, Mg) in funzione dello sviluppo fisiologico della patata, varietà José e resa di 45 t/ha.	8/6
Figura 3. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, Mg) in funzione dello sviluppo fisiologico della colza.	8/8
Figura 4. Curve d'assorbimento degli elementi nutritivi (N, P, K, Mg) in funzione dello sviluppo fisiologico del mais.	8/11
Figura 5. Gestione di N tra due colture principali, da fine luglio a fine marzo. CITPN: coltura intercalare trappola per nitrati.	8/14
Figura 6. Ciclo dell'azoto a livello parcellare.	8/21
Figura 7. Rappresentazione schematica del metodo della norma corretta.	8/23
Figura 8. Procedimento per il calcolo della norma di concimazione P, K e Mg.	8/28
Figura 9. Curve di assorbimento di N delle varietà Bintje e Laura per un apporto totale di 120 kg N/ha.	8/36

9. Allegato

Tenore in elementi nutritivi dei prodotti vegetali.															
Coltura	Resa del prodotto raccolto	Prodotto	Sostanza secca (SS)	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza fresca [SF])											
				N			P (P ₂ O ₅)			K (K ₂ O)			Mg		
	q/ha	%	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	
Frumento panificabile e biscottiero autunnale	60	granella	85	15,0	25,0	20,2	3,3 (7,5)	4,4 (10,0)	3,6 (8,2)	2,9 (3,5)	4,6 (5,5)	3,6 (4,3)	0,8	1,2	1,2
	70	paglia	85	3,0	7,0	3,1	0,4 (1,0)	1,3 (3,0)	0,8 (1,9)	5,8 (7,0)	12,5 (15,0)	8,9 (10,7)	0,6	1,0	0,7
Frumento foraggero autunnale	75	granella	85	15,0	25,0	17,3	3,3 (7,5)	4,4 (10,0)	3,6 (8,2)	2,9 (3,5)	4,6 (5,5)	3,6 (4,3)	0,8	1,2	1,2
	75	paglia	85	2,8	7,0	2,8	0,4 (1,0)	1,3 (3,0)	0,8 (1,9)	5,8 (7,0)	12,5 (15,0)	8,9 (10,7)	0,6	1,0	0,7
Frumento primaverile	50	granella	85	18,0	26,0	20,2	3,1 (7,0)	4,3 (9,8)	3,6 (8,2)	2,5 (3,0)	4,2 (5,0)	3,6 (4,3)	1,0	1,4	1,2
	60	paglia	85	3,0	7,0	3,1	0,5 (1,2)	1,0 (2,2)	0,8 (1,9)	6,6 (8,0)	11,6 (14,0)	8,9 (10,7)	0,3	0,7	0,7
Orzo autunnale	60	granella	85	13,0	17,0	14,8	3,5 (8,0)	4,4 (10,0)	3,7 (8,4)	2,7 (4,5)	6,2 (7,5)	4,5 (5,4)	0,8	1,2	1,1
	60	paglia	85	3,0	6,0	4,3	0,8 (1,8)	1,2 (2,8)	1,0 (2,2)	10,0 (12,0)	19,9 (24,0)	13,3 (16,0)	0,2	0,6	0,6
Orzo primaverile	55	granella	85	10,0	16,0	14,8	3,1 (7,0)	3,9 (9,0)	3,7 (8,4)	4,2 (5,0)	5,8 (7,0)	4,5 (5,4)	0,9	1,3	1,1
	55	paglia	85	3,0	7,0	4,3	0,8 (1,8)	1,2 (2,6)	1,0 (2,2)	13,3 (16,0)	19,9 (24,0)	13,3 (16,0)	0,2	0,6	0,6
Avena autunnale	55	granella	85	13,0	19,0	16,0	3,1 (7,0)	3,9 (9,0)	3,5 (8,0)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,9	1,3	1,0
	70	paglia	85	3,0	7,0	5,0	0,9 (2,3)	1,7 (3,1)	1,2 (2,7)	14,9 (18,0)	19,9 (24,0)	17,4 (21,0)	0,6	1,2	0,9
Avena primaverile	55	granella	85	13,0	19,0	16,5	3,1 (7,0)	3,9 (9,0)	3,5 (8,0)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,9	1,3	1,0
	70	paglia	85	3,0	7,0	4,1	1,0 (2,3)	1,4 (3,1)	1,2 (2,7)	14,9 (18,0)	19,9 (24,0)	17,4 (21,0)	0,6	1,2	0,9
Segale autunnale	55	granella	85	13,0	18,0	13,0	3,1 (7,0)	3,9 (9,0)	3,5 (8,0)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,9	1,3	1,1
	70	paglia	85	3,0	7,0	3,0	0,9 (2,0)	1,3 (3,0)	0,9 (2,0)	8,3 (10,0)	11,6 (14,0)	10,0 (12,0)	0,8	1,2	1,0
Segale ibrida autunnale	65	granella	85	13,0	18,0	13,0	3,1 (7,0)	3,9 (9,0)	3,5 (8,0)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,9	1,3	1,1
	75	paglia	85	3,0	7,0	3,0	0,9 (2,0)	1,3 (3,0)	0,9 (2,0)	8,3 (10,0)	11,6 (14,0)	10,0 (12,0)	0,8	1,2	1,0
Spelta	45	granella	85	14,0	18,0	16,0	3,1 (7,0)	3,9 (9,0)	3,5 (8,0)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,9	1,3	1,1
	70	paglia	85	3,0	7,0	5,0	0,9 (2,0)	1,3 (3,0)	1,1 (2,5)	8,3 (10,0)	11,6 (14,0)	10,0 (12,0)	0,8	1,2	1,0
Triticale autunnale	60	granella	85	15,0	20,0	16,0	3,1 (7,0)	4,8 (11,0)	3,1 (7,2)	4,1 (4,9)	5,8 (7,0)	4,1 (4,9)	0,8	1,2	0,9
	75	paglia	85	3,3	10,0	3,3	0,6 (1,4)	1,5 (3,5)	0,6 (1,4)	8,3 (10,0)	14,9 (18,0)	14,9 (18,0)	0,6	0,9	0,6
Triticale primaverile	55	granella	85	15,0	20,0	16,0	3,1 (7,0)	4,8 (11,0)	3,1 (7,2)	4,1 (4,9)	5,8 (7,0)	4,1 (4,9)	0,8	1,2	0,9
	70	paglia	85	3,3	10,0	3,3	0,6 (1,4)	1,5 (3,5)	0,6 (1,4)	8,3 (10,0)	14,9 (18,0)	14,9 (18,0)	0,6	0,9	0,6

Coltura	Resa del prodotto raccolto q/ha	Prodotto	Sostanza secca (SS) %	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza fresca [SF])											
				N			P (P ₂ O ₅)			K (K ₂ O)			Mg		
				inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.
Farro, farro piccolo	25	granella	85	17,0	27,0	22,0	2,6 (6,0)	4,4 (10,0)	3,5 (8,0)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,8	2,0	1,4
	45	paglia	85	3,0	5,0	4,0	0,9 (2,0)	1,7 (4,0)	1,3 (3,0)	5,8 (7,0)	9,1 (11,0)	7,5 (9,0)	0,4	0,8	0,6
Miglio	35	granella	85	15,2	18,4	16,6	2,4 (5,5)	3,2 (7,3)	2,8 (6,4)	1,8 (2,2)	2,7 (3,3)	2,4 (2,9)	0,9	1,4	1,2
	45	paglia	85	9,3	11,6	10,7	1,3 (3,0)	3,3 (7,6)	2,4 (5,5)	12,6 (15,2)	25,3 (30,5)	18,8 (22,7)	1,8	2,7	2,4
Mais da granella	100	granella	85	11,0	15,0	13,0	1,7 (4,0)	3,5 (8,0)	2,6 (5,9)	3,3 (4,0)	4,6 (5,6)	3,3 (4,0)	0,6	1,4	0,9
	110	paglia	85	4,0	8,0	7,3	1,0 (2,4)	1,9 (4,4)	1,1 (2,4)	11,6 (14,0)	24,9 (30,0)	14,5 (17,4)	0,7	1,9	1,3
Mais da silo ¹	185	pianta intera	100	10,0	15,0	11,8	1,7 (4,0)	3,1 (7,0)	2,1 (4,8)	8,3 (10,0)	17,4 (21,0)	10,8 (13,0)	0,9	1,5	1,3
Erbaio di mais o «mais verde» ¹	60	pianta intera	100	14,0	24,0	19,0	2,4 (5,5)	3,3 (7,5)	2,8 (6,5)	18,3 (22,0)	26,6 (32,0)	22,4 (27,0)	0,8	1,2	1,0
Patata per il consumo fresco e l'industria di trasformazione	450	tuberi	22	2,2	3,8	3,0	0,4 (1,0)	0,9 (2,0)	0,6 (1,3)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,5 (5,4)	0,2	0,2	0,2
	200	foglie	14	0,9	1,9	1,4	0,1 (0,3)	0,3 (0,7)	0,2 (0,5)	3,3 (4,0)	7,5 (9,0)	5,4 (6,5)	0,2	0,5	0,4
Patata precoce	300	tuberi	18	1,7	2,9	2,3	0,4 (1,0)	0,9 (2,0)	0,7 (1,5)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,2	0,2	0,2
	200	foglie	8	2,5	4,1	3,3	0,2 (0,5)	0,4 (0,9)	0,3 (0,7)	3,3 (4,0)	8,3 (10,0)	5,8 (7,0)	0,3	0,8	0,6
Patata da seme	250	tuberi	18	1,7	2,9	2,3	0,4 (1,0)	0,9 (2,0)	0,7 (1,5)	3,3 (4,0)	5,0 (6,0)	4,2 (5,0)	0,2	0,2	0,2
	200	foglie	8	2,5	4,1	3,3	0,2 (0,5)	0,4 (0,9)	0,3 (0,7)	3,3 (4,0)	8,3 (10,0)	5,8 (7,0)	0,3	0,8	0,6
Barbabietola da zucchero	900	radici	22	1,2	2,5	1,2	0,3 (0,6)	0,4 (1,0)	0,3 (0,7)	1,7 (2,0)	3,3 (4,0)	1,7 (2,0)	0,2	0,4	0,3
	475	foglie e coltetti	15	2,0	4,0	3,3	0,3 (0,6)	0,9 (2,0)	0,3 (0,7)	4,2 (5,0)	5,8 (7,0)	5,2 (6,3)	0,4	1,0	0,9
Barbabietola da foraggio	175	radici ¹	100	9,0	13,0	11,0	1,7 (4,0)	2,6 (6,0)	2,2 (5,0)	12,5 (15,0)	17,4 (21,0)	14,9 (18,0)	1,1	1,5	1,3
	400	foglie	15	2,0	4,5	3,5	0,3 (0,6)	0,4 (1,0)	0,3 (0,8)	5,0 (6,0)	6,6 (8,0)	5,8 (7,0)	0,5	1,3	0,9
Colza autunnale	35	principale (granella)	90	26,0	34,0	26,1	5,7 (13,0)	8,3 (19,0)	6,4 (14,6)	6,6 (8,0)	9,1 (11,0)	7,1 (8,5)	2,0	3,2	2,4
	90	secondario (paglia)	85	5,0	10,0	7,0	0,9 (2,0)	1,7 (4,0)	0,9 (2,0)	10,3 (12,4)	14,9 (18,0)	10,3 (12,4)	0,6	2,0	0,6
Colza primaverile	25	principale (granella)	90	26,0	34,0	26,1	5,7 (13,0)	8,3 (19,0)	6,4 (14,6)	6,6 (8,0)	9,1 (11,0)	7,1 (8,5)	2,0	3,2	2,6
	45	secondario (paglia)	85	5,0	10,0	7,0	0,9 (2,0)	1,7 (4,0)	0,9 (2,0)	10,3 (12,4)	14,9 (18,0)	10,3 (12,4)	1,0	2,0	1,5
Girasole	30	granella	85	28,0	35,0	31,5	3,9 (9,0)	5,7 (13,0)	4,8 (11,0)	6,0 (7,2)	8,0 (9,6)	7,0 (8,4)	2,3	3,7	3,0
	60	paglia	60	8,0	10,0	9,0	1,1 (2,5)	1,2 (2,8)	1,2 (2,7)	45,7 (55,0)	56,4 (68,0)	51,0 (61,5)	6,5	8,5	7,5
Canapa da olio	13	granella	90	40,0	52,0	46,0	8,7 (20,0)	13,1 (30,0)	10,9 (25,0)	5,8 (7,0)	12,5 (15,0)	9,1 (11,0)	4,1	6,7	5,4
	60	paglia	85	7,0	11,0	9,0	1,3 (3,0)	2,2 (5,0)	1,7 (4,0)	8,3 (10,0)	14,9 (18,0)	11,6 (14,0)	1,0	2,0	1,5

¹ Rese e tenori riferiti alla sostanza secca (SS).

Coltura	Resa del prodotto raccolto q/ha	Prodotto	Sostanza secca (SS) %	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza fresca [SF])											
				N			P (P ₂ O ₅)			K (K ₂ O)			Mg		
				inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.	inf.	sup.	val.
Canapa da fibra	100	principale (steli)	85	2,0	4,0	3,0	0,9 (2,0)	1,7 (4,0)	1,3 (3,0)	5,8 (7,0)	9,1 (11,0)	7,5 (9,0)	0,3	0,7	0,5
	40	secondario (foglie e granella)	90	23,0	32,0	27,5	5,2 (12,0)	7,8 (18,0)	6,5 (15,0)	16,6 (20,0)	29,1 (35,0)	22,8 (27,5)	3,0	7,0	5,0
Lino da olio	20	granella	90	45,0	64,0	54,5	3,9 (9,0)	6,5 (15,0)	5,2 (12,0)	5,8 (7,0)	10,0 (12,0)	7,9 (9,5)	0,3	0,7	0,5
	25	paglia	85	4,0	8,0	6,0	1,7 (4,0)	2,6 (6,0)	2,2 (5,0)	10,8 (13,0)	19,1 (23,0)	14,9 (18,0)	0,5	1,2	0,9
Lino da fibra	45	granella	85	8,0	12,0	10,0	2,6 (6,0)	3,5 (8,0)	3,1 (7,0)	12,5 (15,0)	20,8 (25,0)	16,6 (20,0)	1,0	3,0	2,0
	15	paglia	90	45,0	64,0	54,5	3,9 (9,0)	6,5 (15,0)	5,2 (12,0)	5,8 (7,0)	10,0 (12,0)	7,9 (9,5)	0,3	0,7	0,5
Miscanto ¹	200	pianta intera	100	1,8	2,4	2,1	0,3 (0,8)	0,5 (1,1)	0,4 (1,0)	3,7 (4,5)	5,6 (6,7)	4,6 (5,6)	0,2	0,3	0,3
Kenaf ¹	50	pianta intera	100	15,0	25,0	20,0	3,9 (9,0)	6,5 (15,0)	5,2 (12,0)	10,0 (12,0)	16,6 (20,0)	13,3 (16,0)	1,0	3,0	2,0
Pisello proteico	40	granella	85	30,0	40,0	35,0	3,5 (8,0)	5,2 (12,0)	4,4 (10,0)	8,3 (10,0)	11,6 (14,0)	10,0 (12,0)	0,9	1,5	1,2
	50	paglia	85	16,0	24,0	20,0	2,2 (5,0)	4,4 (10,0)	3,3 (7,5)	10,8 (13,0)	15,8 (19,0)	13,3 (16,0)	1,8	2,6	2,2
Favino	40	granella	85	30,0	50,0	40,0	4,8 (11,0)	7,4 (17,0)	6,1 (14,0)	8,3 (10,0)	14,9 (18,0)	11,6 (14,0)	2,0	3,0	2,5
	45	paglia	85	20,0	40,0	30,0	1,3 (3,0)	1,7 (4,0)	1,5 (3,5)	12,5 (15,0)	20,8 (25,0)	16,6 (20,0)	2,8	3,8	3,3
Soia	30	granella	85	45,0	75,0	60,0	4,4 (10,0)	7,8 (18,0)	5,1 (11,7)	12,5 (15,0)	19,1 (23,0)	16,0 (19,3)	2,0	3,0	2,0
	30	paglia	85	25,0	45,0	35,0	4,4 (10,0)	6,5 (15,0)	5,1 (11,7)	16,6 (20,0)	33,2 (40,0)	17,8 (21,4)	2,9	8,0	2,9
Lupino dolce	30	granella	88	45,0	65,0	55,0	3,5 (8,0)	5,2 (12,0)	4,4 (10,0)	9,1 (11,0)	13,3 (16,0)	11,2 (13,5)	1,6	2,4	2,0
	30	paglia	85	25,0	45,0	35,0	1,3 (3,0)	2,2 (5,0)	1,7 (4,0)	12,5 (15,0)	20,8 (25,0)	16,6 (20,0)	3,0	5,0	4,0
Sovescio ¹ (con leguminose)	35	pianta intera	100	34,1	49,4	43,6	3,0 (6,9)	5,8 (13,3)	4,5 (10,3)	22,8 (27,5)	41,2 (49,6)	29,1 (35,1)	1,9	3,4	2,7
Sovescio ¹ (senza leguminose)	35	pianta intera	100	10,6	38,6	24,2	2,7 (6,2)	10,2 (23,4)	3,9 (8,9)	16,1 (19,4)	64,8 (78,1)	40,9 (49,3)	1,1	6,1	2,2
Colture intercalari ¹ (per utilizzazione)	25	pianta intera	100	24,0	32,0	28,0	3,5 (8,0)	4,8 (11,0)	4,1 (9,5)	20,8 (25,0)	37,4 (45,0)	29,1 (35,0)	2,0	3,0	2,5
Tabacco Burley ¹	25	foglie	100	25,0	35,0	30,0	2,8 (6,5)	3,5 (8,0)	3,2 (7,3)	33,2 (40,0)	49,8 (60,0)	41,5 (50,0)	2,3	3,3	2,8
	30	steli	100	20,0	26,0	23,0	2,8 (6,5)	3,5 (8,0)	3,2 (7,3)	29,1 (35,0)	45,7 (55,0)	37,4 (45,0)	1,5	2,5	2,0
Tabacco Virginie ¹	25	foglie	100	20,0	30,0	25,0	2,2 (5,0)	2,6 (6,0)	2,4 (5,5)	33,2 (40,0)	45,7 (55,0)	39,4 (47,5)	1,5	2,5	2,0
	25	steli	100	8,0	12,0	10,0	3,3 (7,5)	4,1 (9,5)	3,7 (8,5)	33,2 (40,0)	49,8 (60,0)	41,5 (50,0)	3,0	5,0	4,0
Riso	60	granella		9,0	13,0	11,0	2,6 (4,0)	3,5 (8,0)	3,0 (6,0)	3,3 (4,0)	5,8 (7,0)	4,6 (5,5)	0,6	1,2	0,9
	60	paglia		6,0	7,0	6,5	0,9 (2,0)	1,7 (4,0)	1,3 (3,0)	10,8 (13,0)	23,2 (28,0)	17,0 (20,5)	1,2	2,4	1,8

¹ Rese e tenori riferiti alla sostanza secca (SS).



9/ Concimazione delle superfici prative

Olivier Huguenin-Elie¹, Eric Mosimann², Patrick Schlegel³,
Andreas Lüscher¹, Willy Kessler¹ e Bernard Jeangros²

¹ Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

² Agroscope, 1260 Nyon, Svizzera

³ Agroscope, 1725 Posieux, Svizzera

Contatto: olivier.huguenin@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione.....	9/3
2. Principi di base	9/3
3. Resa di prati e pascoli	9/3
4. Tenori in macroelementi delle superfici prative	9/4
5. Prelievi in elementi nutritivi	9/5
6. Concimazione raccomandata	9/8
6.1 Concimazione azotata.....	9/8
6.2 Concimazione fosfatica	9/13
6.3 Concimazione potassica	9/13
6.4 Concimazione magnesiana.....	9/14
6.5 Concimazione sulfurea	9/14
7. Diagnosi basata sul tenore in elementi nutritivi del foraggio	9/14
8. Concimi aziendali	9/15
9. Restituzioni durante il pascolo.....	9/15
10. Ammendamento calcareo del suolo.....	9/16
11. Bibliografia	9/17
12. Indice delle tabelle.....	9/20
13. Indice delle figure	9/20
14. Allegato	9/21

In copertina: regione a vocazione foraggera (fotografia: Gabriela Brändle, Agroscope).

1. Introduzione

Prati e pascoli sono associazioni vegetali formate da numerose specie erbacee di valore agronomico ed ecologico differente. La concimazione delle superfici prative si differenzia da quella delle altre colture, perché va integrata in una strategia volta a conservare, sul lungo periodo, la composizione botanica desiderata. Lo scopo della concimazione è di contribuire a mantenere una cotica erbosa adatta alle condizioni pedoclimatiche locali e in grado di soddisfare gli obiettivi dell'agricoltore, producendo foraggio in quantità e di qualità appropriate. La concimazione influenza la qualità del foraggio prativo agendo, soprattutto, sulla composizione botanica della cotica erbosa. Inoltre, diversamente da quanto capita per la maggior parte delle altre colture, la qualità del raccolto è legata alle foglie e ai fusti delle piante. In questo modulo, il termine «superfici prative» si riferisce al sistema suolo-pianta di un prato o di un pascolo, mentre il foraggio prodotto su queste superfici è denominato semplicemente «foraggio».

2. Principi di base

- La concimazione di prati e pascoli non considera solo i prelievi in elementi nutritivi delle singole piante e lo stato nutrizionale del suolo, bensì anche le esigenze complessive della composizione botanica che si vuole favorire. Un prato permanente costituito dal 50–70 % di graminacee, 10–30 % di leguminose e 10–30 % di «altre erbe» permette di ottenere, nella maggior parte dei casi, un foraggio abbondante e di buona qualità. Le singole specie vegetali che formano la cotica erbosa hanno esigenze nutritive differenti.
- Per favorire e preservare una buona composizione botanica, evitando la proliferazione di specie indesiderate, è essenziale adeguare il livello di concimazione all'intensità di sfruttamento (figura 1), tenendo sempre in debito conto le condizioni pedoclimatiche locali. Se l'ambiente locale non è favorevole allo sviluppo delle buone piante foraggere (clima rude, esposizione sfavorevole, suolo pesante e/o superficiale, parcella poco soleggiata, ecc.), si sconsiglia la gestione intensiva delle superfici prative. Se, invece, le condizioni ambientali sono buone, l'agricoltore può scegliere tra quattro livelli d'intensità di gestione. I suoli ricchi in elementi nutritivi non permettono, tuttavia, lo sviluppo di prati e pascoli «estensivi» e ricchi di specie.

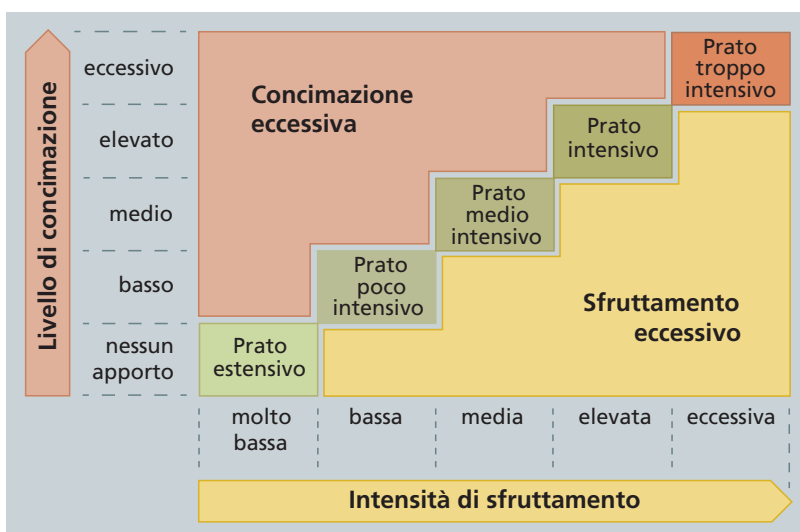


Figura 1. Intensità di gestione delle superfici prative in funzione dell'intensità di sfruttamento e del livello di concimazione (in particolare della concimazione azotata).

- Nelle aziende a vocazione foraggera, i concimi aziendali costituiscono la fonte principale di elementi nutritivi per prati e pascoli. In questi casi, gestire razionalmente la concimazione delle superfici prative significa ottimizzare la valorizzazione dei concimi aziendali a livello aziendale. Solitamente, la distribuzione dei concimi aziendali copre la maggior parte, quando non addirittura la totalità, del fabbisogno in elementi nutritivi di prati e pascoli, perché in essi si ritrova gran parte degli elementi nutritivi presenti nei foraggi prativi.
- Il più delle volte, le rese in sostanza secca (SS) delle superfici prative non si misurano e, dunque, non si conoscono esattamente. Di conseguenza, le rese stimate, che poi servono per calcolare il piano di concimazione delle superfici in questione, vanno verificate confrontandole con il foraggio prativo presumibilmente consumato dal bestiame, senza dimenticare di considerare vendite, acquisti e variazioni delle scorte di foraggio.
- Gli errori commessi nella gestione (concimazione e sfruttamento) di prati e pascoli non si manifestano subito, ma solo dopo alcune stagioni. Arrivati a quel punto, recuperare una superficie degradata è sempre difficoltoso e richiede parecchi anni.

3. Resa di prati e pascoli

Le rese delle superfici prative sono influenzate dalla composizione botanica dell'associazione vegetale (p.es. Nyfeler *et al.* 2009; Husse *et al.* 2016) e dalle condizioni pedoclimatiche locali (Mosimann 2005). Di solito, le rese diminuiscono man mano che aumenta l'altitudine (periodo vegetativo più corto). Nel caso delle superfici prative concimate, questo calo si situa tra 3 e 6 quintali (q) di SS per ogni aumento di quota di 100 m, in funzione del tipo e dell'intensità di gestione, nonché delle condizioni pedoclimatiche locali (Dietl 1986). Le equazioni riportate nella tabella 1a si utilizzano per calcolare le rese medie di riferimento per le rispettive altitudini. La tabella 1b illustra, a titolo d'esempio, le rese medie di riferimento per alcune fasce altimetriche. I dati disponibili mostrano che, nella realtà svizzera, al di sotto di 500 m s.l.m., la resa non varia significativamente con l'altitudine. Di conseguenza, le rese stimate per queste zone corrispondono a quella calcolata per una quota di 500 m s.l.m. Siccome le superfici prative si distribuiscono su aree agricole estremamente eterogenee dal punto di vista pedoclimatico, la loro resa potenziale

varia notevolmente nonostante si trovino all'interno della stessa fascia altitudinale. Per questa ragione, la tabella 1b riporta un ampio intervallo di resa per ogni altitudine ($\pm 15\%$). La sua ampiezza corrisponde all'intervallo di previsione del 75% per le regressioni calcolate con le serie di dati disponibili. Quando le condizioni sono particolarmente propizie per la crescita delle superfici prative, si possono ottenere rese superiori alle medie di riferimento, soprattutto nel caso di alcuni tipi di prato temporaneo (estremi superiori degli intervalli). Viceversa, con soleggiamento insufficiente (esposizione a nord, vicinanza del bosco) o con piante che soffrono periodicamente di ristagno o carenza idrica (suolo superficiale e leggero oppure pesante e asfittico, precipitazioni scarse oppure eccessive) (Mosimann *et al.* 2013; Hoekstra *et al.* 2014), le rese diminuiscono (estremi inferiori degli intervalli). Nel Giura, per esempio, dove il clima è più rigido rispetto a quanto si riscontra nelle Prealpi e nelle Alpi, a parità di quota (p.es. Lauber *et al.* 2012), le rese corrispondono piuttosto agli estremi inferiori degli intervalli riportati nella tabella 1b.

È altresì importante non sopravvalutare la resa di prati e pascoli sovrastimandone l'intensità di sfruttamento. Questo discorso vale soprattutto in montagna, dove le condizioni pedoclimatiche che permettono di gestire una superficie prativa intensivamente sono più rare che a basse quote. Anche la variazione di resa tra le diverse annate è importante, come dimostrano il coefficiente di variazione di resa di un prato giurassiano, falciato e concimato, che ammonta al 17% sulla media trentennale, e quello di un prato situato nelle Alpi centrali e monitorato per 24 anni, che raggiunge il 18% (Mosimann *et al.* 2012).

La disponibilità idrica influenza notevolmente la resa. Il calo di resa causato dalla siccità varia tra 5 e 15 q SS/ha per 100 mm di deficit pluviometrico (Lazzarotto *et al.* 2010; Meisser *et al.* 2013; Mosimann *et al.* 2013). Se la siccità è più grave a basse quote che in montagna, la relazione tra resa e altitudine si può azzerare o, addirittura, invertire, come osservato regolarmente su parcelle sperimentali monitorate da Agroscope nella regione di Changins. La resa dei prati temporanei durante il primo anno principale di sfruttamento supera di circa il 10% quella degli anni successivi (Lehmann *et al.* 2001). Le rese riportate nelle tabelle 1a e 1b non sono, dunque, che valori di riferimento corrispondenti a rese riscontrabili in condizioni ambientali medie nelle fasce altimetriche considerate. Diventa, quindi, essenziale correggere la resa di prati e pascoli a livello aziendale, basandosi sul bilancio foraggero pluriennale (valutazione del foraggio prativo consumato dal bestiame, dei suoi acquisti, delle sue vendite e delle variazioni delle sue scorte).

A parità d'altitudine e d'intensità gestionale, le rese dei pascoli riportate nelle tabelle 1a e 1b sono inferiori a quelle dei prati da sfalcio, perché il pascolo è solitamente caratterizzato da maggiori perdite di foraggio in campo. La gestione ottimale del pascolo riduce questa differenza. La quantità di foraggio consumata dal bestiame al pascolo si può stimare come segue:

Tabella 1a. Relazione tra altitudine (m) e potenziale di resa media annua (q SS/ha) delle superfici prative in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.

La resa media annua è caratterizzata da un grado d'incertezza elevato. Al di sotto di 500 m, per stimare la resa si utilizza il valore calcolato per l'altitudine di 500 m.

Tipo e intensità di sfruttamento	Resa media annua (q SS/ha) ¹
Prato	
Intensivo	159 – 0,058 x altitudine
Mediamente intensivo	121 – 0,046 x altitudine
Poco intensivo	80 – 0,032 x altitudine
Estensivo	38 – 0,015 x altitudine
Pascolo	
Intensivo	133 – 0,046 x altitudine
Mediamente intensivo	101 – 0,038 x altitudine
Poco intensivo	65 – 0,026 x altitudine
Estensivo	30 – 0,012 x altitudine

¹ Le rese corrispondono alla quantità di foraggio raccolto o consumato dal bestiame al pascolo; le perdite di foraggio in campo sono dedotte, quelle di conservazione (insilato, fieno ventilato, fieno imballato) invece no.

Quantità consumata	=	Carico istantaneo	x	Durata pascolo	x	Consumo giornaliero
		100				

dove:

- **Quantità consumata** è la quantità di foraggio consumata dal bestiame al pascolo [q SS/ha].
- **Carico istantaneo** è il numero di animali che pascolano contemporaneamente su un ettaro di superficie [n. di animali/ha].
- **Durata pascolo** è il numero totale di giorni, nel corso di un anno, in cui il bestiame è presente sul pascolo [gg].
- **Consumo giornaliero** è la quantità media di foraggio consumata giornalmente da una categoria di bestiame al pascolo [kg SS/animale e g]. Questo valore varia in funzione della categoria di animale da reddito, della quantità di foraggio disponibile sul pascolo, dell'importanza dell'integrazione con foraggio grossolano e/o concentrato e del livello produttivo degli animali. Le equazioni che consentono di stimare la capacità d'ingestione totale di bovini, ovini e caprini in funzione del loro livello produttivo sono descritte nella pubblicazione «Apports alimentaires recommandés pour les ruminants» (Libro verde, Agroscope 2017a). La tabella 2 del modulo 4 riporta le quantità di riferimento del foraggio consumato annualmente dalle diverse categorie di bestiame.

4. Tenori in macroelementi delle superfici prative

I tenori in macroelementi (azoto [N], fosforo [P], potassio [K], magnesio [Mg] e zolfo [S]) dei foraggi prativi dipen-

Tabella 1b. Esempi di stima della resa media annua raccolta sulle superfici prative in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento, nonché dell'altitudine; stime eseguite utilizzando le equazioni illustrate nella tabella 1a.

Tipo e intensità di sfruttamento Numero di sfruttamenti annuali ¹	Altitudine (m)	Resa media annua raccolta (q SS/ha)	
		Media di riferimento	Intervallo ²
Prato intensivo			
5–6 sfruttamenti	≤ 500	130	111–150
5 sfruttamenti	700	119	101–137
4 sfruttamenti	900	107	91–123
3–4 sfruttamenti ³	1'100	96	81–110
3 sfruttamenti ³	1'300	84	71–97
Prato mediamente intensivo			
4–5 sfruttamenti	≤ 500	98	83–112
4 sfruttamenti	700	88	75–102
3 sfruttamenti	900	79	67–91
2–3 sfruttamenti	1'100	70	59–80
2 sfruttamenti	1'300	61	52–70
Prato poco intensivo			
3 sfruttamenti	≤ 500	64	54–74
3 sfruttamenti	700	58	49–66
2 sfruttamenti	900	51	44–59
1–2 sfruttamenti	1'100	45	38–52
1–2 sfruttamenti	1'300	38	33–44
Pascolo intensivo (> 3 UBG/ha e stagione di pascolo)⁴			
6–8 rotazioni	≤ 500	110	94–127
6–7 rotazioni	700	101	86–116
5–6 rotazioni	900	92	78–105
5 rotazioni ³	1'100	82	70–95
4 rotazioni ³	1'300	73	62–84
Pascolo mediamente intensivo (2–3 UBG/ha e stagione di pascolo)⁴			
5–6 rotazioni	≤ 500	82	70–95
5 rotazioni	700	75	63–86
4–5 rotazioni	900	67	57–77
4 rotazioni	1'100	59	50–68
3 rotazioni	1'300	52	44–60
Pascolo poco intensivo (1–2 UBG/ha e stagione di pascolo)⁴			
2–4 rotazioni	≤ 500	52	44–60
2–4 rotazioni	700	47	40–54
2–3 rotazioni	900	42	35–48
1–3 rotazioni	1'100	36	31–42
1–2 rotazioni	1'300	31	27–36

¹ L'ultimo pascolo autunnale conta come sfruttamento soltanto se la resa effettivamente consumata supera i 10 q SS/ha.

² Gli intervalli indicano la grande variabilità di resa esistente per una data altitudine. Essa è da ascrivere sia alla variabilità tra i luoghi sia a quella tra gli anni ($\pm 15\%$).

³ In altitudine, le situazioni che permettono di gestire intensivamente una superficie prativa sono meno frequenti rispetto alle quote più basse; in questi casi la gestione mediamente intensiva è sovente la soluzione più appropriata.

⁴ Il carico medio (numero di UBG/ettaro e stagione di pascolo) consente di valutare l'intensità di sfruttamento media a cui sono sottoposte le superfici pascolate, nella misura in cui l'apporto di foraggio grezzo complementare sia nullo o estremamente limitato.

dono dalla composizione botanica della cotica erbosa, dallo stadio di sviluppo delle piante foraggere e dalla ricrescita considerata. I tenori in macroelementi di un foraggio giovane sono più elevati di quelli dello stesso foraggio raccolto tardivamente (Daccord *et al.* 2001; Wyss e Kessler 2002; Schlegel *et al.* 2016). I valori di riferimento relativi a questi fattori si trovano nella pubblicazione «Base suisse de données des aliments pour animaux» (Agroscope 2017b). Diversi documenti pubblicati dall'APF e da Agridea facilitano il riconoscimento dei principali tipi di prato e pascolo, nonché degli stadi di sviluppo delle piante foraggere. La tabella 2 elenca i tenori di riferimento per N, P, K, Mg e S, considerando l'intero periodo vegetativo. I tenori medi riportati nella tabella 2 sono stati ponderati in funzione del peso percentuale della resa della prima ricrescita primaverile, perché i tenori in P, K, Mg e S del primo raccolto sono più bassi rispetto a quelli delle ricrescite successive (Schlegel *et al.* 2016). Questi tenori sono validi per superfici prative aventi composizione botanica equilibrata (50–70 % di graminacee, Agroscope 2017a). Rispetto a tali valori, le superfici prative ricche in graminacee contengono il 5–10 % di N in meno, quelle ricche in leguminose il 10–25 % in più e quelle ricche in «altre erbe» il 10 % in più. Per ciò che concerne il P, un foraggio ricco in graminacee ne contiene il 5–10 % in meno, mentre i tenori in P di foraggi ricchi in leguminose o in «altre erbe» sono simili a quelli delle superfici aventi composizione botanica equilibrata. I tenori in K dei foraggi equilibrati si applicano anche alle superfici prative ricche in graminacee o in «altre erbe». Un foraggio ricco in graminacee contiene il 5–10 % di Mg in meno, mentre un foraggio ricco in «altre erbe» il 20–30 % in più.

5. Prelievi di elementi nutritivi

I prelievi di elementi nutritivi sono dovuti alla raccolta del foraggio o al suo consumo diretto durante il pascolo e si calcolano moltiplicando la resa in SS per i tenori in elementi nutritivi della biomassa interessata, indipendentemente dal settore dell'ecosistema dal quale provengono gli elementi nutritivi considerati. Nel caso dell'N, i prelievi comprendono l'N presente nel suolo e quello di provenienza atmosferica, reso disponibile per le piante dalla fissazione simbiotica. I prelievi an-

Tabella 2. Tenori in macroelementi delle superfici prative con composizione botanica equilibrata in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.

Secondo Agroscope 2017b e considerando che l'epoca di sfruttamento è posticipata quando l'intensità di sfruttamento diminuisce.

Tipo e intensità di sfruttamento	Tenori in macroelementi (kg/q di SS)									
	N		P ¹		K ¹		Mg		S	
	Ø ²	Intervallo ³	Ø ²	Intervallo ³	Ø ²	Intervallo ³	Ø ²	Intervallo ³	Ø ²	Intervallo ³
Prato										
Intensivo	2,5	2,1–2,9	0,36	0,31–0,42	3,0	2,5–3,4	0,19	0,16–0,23	0,19	0,15–0,23
Mediamente intensivo	2,2	1,8–2,6	0,33	0,28–0,39	2,7	2,3–3,1	0,17	0,14–0,21	0,17	0,13–0,21
Poco intensivo	1,8	1,4–2,2	0,28	0,23–0,34	2,1	1,7–2,6	0,15	0,12–0,19	0,13	0,09–0,17
Estensivo	1,4	1,0–1,8	0,23	0,18–0,28	1,4	1,0–1,8	0,14	0,10–0,17	0,11	0,07–0,15
Pascolo										
Intensivo	2,9	2,5–3,3	0,39	0,34–0,45	3,1	2,7–3,6	0,21	0,18–0,25	0,22	0,18–0,26
Mediamente intensivo	2,5	2,1–2,9	0,36	0,31–0,42	2,9	2,5–3,4	0,19	0,15–0,23	0,19	0,15–0,23
Poco intensivo	2,0	1,6–2,4	0,31	0,26–0,37	2,5	2,1–2,9	0,16	0,13–0,20	0,15	0,11–0,19
Estensivo	1,6	1,2–2,0	0,27	0,22–0,33	2,0	1,6–2,4	0,15	0,11–0,18	0,13	0,09–0,17

¹ I tenori espressi in P₂O₅ e K₂O sono riportati nell'allegato che si trova alla fine di questo modulo.² Valori medi tra la prima ricrescita primaverile e le ricrescite successive, ponderate secondo il peso percentuale della resa della prima ricrescita primaverile.³ Intervalli che descrivono la dispersione dei valori misurati più frequentemente.**Tabella 3a. Prelievi annui e concimazione raccomandata in kg di N, P, K e Mg per unità di SS prodotta sulle superfici prative in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.**

La concimazione raccomandata in questa tabella vale sia per i prati permanenti sia per quelli temporanei che fanno parte della superficie agricola utile.

Tipo e intensità di sfruttamento	Prelievi annui (kg/q SS)				Concimazione raccomandata (kg/q SS)			
	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N ¹	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Prato²								
Intensivo ³	2,5	0,36 (0,82)	3,0 (3,6)	0,19	1,1–1,3	0,36 (0,82)	2,2 (2,7)	0,25
Mediamente intensivo ³	2,2	0,33 (0,76)	2,7 (3,3)	0,17	0,8–1,1	0,31 (0,71)	1,9 (2,3)	0,20
Poco intensivo	1,8	0,28 (0,64)	2,1 (2,5)	0,15	0,4–0,6	0,25 (0,57)	1,4 (1,7)	0,15
Estensivo	1,4	0,23 (0,53)	1,4 (1,7)	0,14	0	0	0	0
Pascolo⁴								
Intensivo ^{5,6}	2,9	0,39 (0,89)	3,1 (3,7)	0,21	1,1–1,3	0,24 \ 0,16 (0,55 \ 0,37)	0,93 \ 0,25 (1,12 \ 0,30)	0,20
Mediamente intensivo ⁵	2,5	0,36 (0,82)	2,9 (3,5)	0,19	0,7–1,0	0,22 \ 0,14 (0,50 \ 0,32)	0,87 \ 0,20 (1,05 \ 0,24)	0,15
Poco intensivo	2,0	0,31 (0,71)	2,5 (3,0)	0,16	0	0,17 (0,39)	0,37 (0,45)	0
Estensivo	1,6	0,27 (0,62)	2,0 (2,4)	0,15	0	0	0	0

¹ La concimazione N di prati e pascoli si ripartisce su ogni sfruttamento, conformemente a quanto riportato nella tabella 7; la concimazione N delle miscele a base di graminacee ed erba medica (L), di graminacee e trifoglio violetto (M) e di graminacee e lupinella (E) non va eseguita secondo le indicazioni di questa tabella, perché queste miscele necessitano di molto meno N, come illustrato nel capitolo 6.1 «Concimazione azotata».² Nel caso si pratichi lo sfalcio-pascolo, si applica la concimazione raccomandata per i prati, per poi dedurre, per ogni pascolo, le restituzioni riportate nella tabella 5.³ La concimazione di miscele a base di graminacee ed erba medica (L) e di graminacee e trifoglio violetto (M) con P, K e Mg si esegue applicando le norme relative ai prati gestiti in modo intensivo, anche se la frequenza degli sfruttamenti corrisponde generalmente a uno sfruttamento medio intensivo.⁴ La concimazione raccomandata per i pascoli include già le deduzioni relative alle restituzioni occasionate durante il pascolo.⁵ Le concimazioni raccomandate P e K per pascoli sfruttati in modo intensivo e mediamente intensivo contengono due valori; il primo si riferisce al pascolo con stabulazione, il secondo al pascolo senza stabulazione. Per il Mg questa distinzione non si applica.⁶ Queste concimazioni raccomandate sono valide anche per il pascolo continuo a cotico basso (senza rotazione nei parchi).

Tabella 3b. Esempi di concimazione raccomandata in kg di N, P, K e Mg per ettaro e anno, calcolata secondo le raccomandazioni della tabella 3a per le rese medie indicative riportate nella tabella 1b, in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.

Tipo e intensità di sfruttamento Numero di sfruttamenti annui ¹	Altitudine (m)	Resa annua ² (q SS/ha)	Concimazione raccomandata (kg/ha/anno)					
			N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Prato intensivo³								
5-6 sfruttamenti	≤ 500	130	143-170	47	107	287	345	33
5 sfruttamenti	700	119	131-154	43	98	261	315	30
4 sfruttamenti	900	107	118-139	39	88	236	284	27
3-4 sfruttamenti	1'100	96	105-124	34	79	210	254	24
3 sfruttamenti	1'300	84	92-109	30	69	185	223	21
Prato mediamente intensivo³								
4-5 sfruttamenti	≤ 500	98	78-107	30	70	185	224	20
4 sfruttamenti	700	88	71-97	27	62	168	201	18
3 sfruttamenti	900	79	63-87	25	56	150	181	16
2-3 sfruttamenti	1'100	70	56-77	22	50	133	160	14
2 sfruttamenti	1'300	61	49-67	19	43	115	140	12
Prato poco intensivo³								
3 sfruttamenti	≤ 500	64	26-38	16	37	90	108	10
3 sfruttamenti	700	58	23-35	14	33	81	98	9
2 sfruttamenti	900	51	20-31	13	29	72	86	8
1-2 sfruttamenti	1'100	45	18-27	11	26	63	76	7
1-2 sfruttamenti	1'300	38	15-23	10	22	54	64	6
Pascolo intensivo⁴ (> 3 UBG/ha e stagione di pascolo)⁵								
6-8 rotazioni	≤ 500	110	121-143	26 \ 18	60 \ 40	102 \ 28	123 \ 33	22
6-7 rotazioni	700	101	111-131	24 \ 16	56 \ 37	94 \ 25	113 \ 30	20
5-6 rotazioni	900	92	101-119	22 \ 15	51 \ 34	85 \ 23	103 \ 28	18
5 rotazioni	1'100	82	91-107	20 \ 13	45 \ 30	77 \ 21	92 \ 25	16
4 rotazioni	1'300	73	81-95	18 \ 12	40 \ 27	68 \ 18	82 \ 22	15
Pascolo mediamente intensivo⁴ (2-3 UBG/ha e stagione di pascolo)⁵								
5-6 rotazioni	≤ 500	82	58-82	18 \ 12	41 \ 26	71 \ 16	86 \ 20	12
5 rotazioni	700	75	52-75	16 \ 10	38 \ 24	65 \ 15	79 \ 18	11
4-5 rotazioni	900	67	47-67	15 \ 9	34 \ 21	58 \ 13	70 \ 16	10
4 rotazioni	1'100	59	42-59	13 \ 8	30 \ 19	51 \ 12	62 \ 14	9
3 rotazioni	1'300	52	36-52	11 \ 7	26 \ 17	45 \ 10	55 \ 13	8
Pascolo poco intensivo (1-2 UBG/ha e stagione di pascolo)⁵								
2-4 rotazioni	≤ 500	52	0	9	21	19	23	0
2-4 rotazioni	700	47	0	8	18	17	20	0
2-3 rotazioni	900	42	0	7	16	15	18	0
1-3 rotazioni	1'100	36	0	6	14	13	16	0
1-2 rotazioni	1'300	31	0	5	11	12	14	0

¹ L'ultimo pascolo autunnale conta come sfruttamento soltanto se la resa effettivamente consumata supera i 10 q SS/ha.

² Le rese considerate in questa tabella corrispondono alle rese di riferimento secondo l'altitudine riportate nella tabella 1b. La resa prevista per le superfici prative va calcolata in funzione delle tabelle 1a e 1b, nonché seguendo le indicazioni riportate nel testo, per adattare la concimazione alle condizioni pedoclimatiche specifiche della parcella in questione.

³ Nel caso si pratichi lo sfalcio-pascolo, si applica la concimazione raccomandata per i prati, per poi dedurre, per ogni pascolo, le restituzioni riportate nella tabella 5.

⁴ Le concimazioni raccomandate P e K per pascoli sfruttati in modo intensivo e mediamente intensivo contengono due valori; il primo si riferisce al pascolo con stabulazione, il secondo al pascolo senza stabulazione. Per il Mg questa distinzione non si applica.

⁵ Il carico medio (numero di UBG/ha e stagione di pascolo) consente di valutare l'intensità di sfruttamento media a cui sono sottoposte le superfici pascolate, nella misura in cui l'apporto di foraggio grezzo complementare sia nullo o estremamente limitato; l'intensità di sfruttamento può variare notevolmente da una parcella all'altra in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali, richiedendo l'adattamento puntuale della concimazione.

nuali, illustrati nella tabella 3, sono validi per tenori medi in macroelementi di prati e pascoli con composizione botanica equilibrata. I prelievi effettivi possono, tuttavia, variare considerevolmente. Nel caso dei pascoli, i prelievi riportati nella tabella 3a corrispondono alla quantità media di elementi nutritivi consumata dal bestiame.

6. Concimazione raccomandata

La tabella 3a riassume le quantità raccomandate di N, P, K e Mg per prati e pascoli in funzione della loro intensità di gestione. Le quantità di P, K e Mg sono valide per suoli con stato nutrizionale «sufficiente» (classe di fertilità C). Le correzioni dello stato nutrizionale di P, K e Mg si basano sui risultati delle analisi del suolo e si effettuano tramite i fattori di correzione descritti nel modulo 2. A titolo d'esempio, la tabella 3b riporta le quantità di elementi nutritivi raccomandate, in chilogrammi per ettaro, in funzione delle rese medie di riferimento stimate per le diverse altitudini e illustrate nella tabella 1b. Se la resa prevista differisce dalla resa media di riferimento, la concimazione va calcolata moltiplicando le quantità di elementi nutritivi raccomandate per unità di sostanza secca prodotta (kg/q SS) (tabella 3a) con la resa prevista (q/ha SS).

Il rapporto tra prelievo e concimazione raccomandata varia in funzione dell'intensità di sfruttamento, in modo da poter gestire la composizione botanica e la qualità del foraggio (tabella 4, per le spiegazioni: paragrafi relativi ai diversi elementi nutritivi). A parità di resa, un prato sfruttato frequentemente preleva più elementi nutritivi di quanto faccia un prato sfruttato meno intensivamente. Perciò, i tenori in elementi nutritivi del foraggio giovane sono più elevati di quelli del foraggio raccolto tardivamente. Di conseguenza, la concimazione raccomandata per unità di biomassa prelevata aumenta con l'aumentare dell'intensità di sfruttamento. Il calcolo di una concimazione adeguata è, quindi, possibile solo se si determina l'intensità di gestione in funzione del numero di sfruttamenti previsti. La concimazione raccomandata illustrata nella tabella 3a è identica per le superfici prative permanenti e temporanee. Le particolarità che interessano le miscele triennali a base di graminacee ed erba medica e di graminacee e trifoglio violetto sono descritte nelle note di questa tabella. La tabella 5 riporta le restituzioni in elementi nutritivi occasionate da ogni singolo pascolo nel caso di prati concimati e pascolati saltuariamente (sfalcio-pascolo). Le restituzioni vanno dedotte dalla concimazione raccomandata per il prato.

In un prato o in un pascolo, la concimazione eccessiva causa la proliferazione della flora nitrofila, a detrimento di altre specie di piante foraggere, prime fra tutte le leguminose (Jeangros 1993; figura 4). I prati gestiti estensivamente e caratterizzati da una composizione botanica tipica (p.es. *Mesobromion*) non si devono concimare. In questi casi, una fertilità del suolo elevata compromette notevolmente la conservazione della biodiversità floristica e favorisce la diffusione di piante foraggere produttive (Humbert *et al.* 2015).

Ulteriori informazioni relative alla concimazione raccomandata si trovano nei capitoli che trattano i diversi elementi nutritivi. La tabella 6 descrive la concimazione raccomandata per: miscele di graminacee e leguminose utilizzate come colture intercalari, semine estive di prati temporanei e superfici prative, destinate alla produzione di sementi di graminacee e leguminose foraggere in purezza.



Figura 2. Le rese riportate nelle tabelle 1a e 1b sono al netto delle perdite che avvengono in campo, durante le lavorazioni e la raccolta del foraggio prativo; non così per le perdite di conservazione (insilamento, fieno ventilato, fieno imballato) (fotografia: Cornel J. Stutz, Agroscope).

6.1 Concimazione azotata

L'influenza della concimazione N sulla resa di prati e pascoli è stata determinata nel quadro di numerose prove. L'efficacia della concimazione N varia notevolmente in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali. Per i prati «intensivi» costituiti da graminacee e trifogli, essa si situa tra 10 e 20 kg di SS supplementare per ogni kg di N distribuito (Reid 1978; Laidlaw 1980; Reid 1980; Thalmann 1985; Jeangros *et al.* 1994; Zimmermann *et al.* 1997; Elsässer 2000; Lehmann *et al.* 2001; Nevens e Rehuel 2003; Thomet *et al.* 2008; Lalor *et al.* 2011), mentre aumenta per i prati di sole graminacee, situandosi tra 20 e 30 kg di SS supplementari per kg di N distribuito (Whitehead 2000). Nel caso di miscele formate da graminacee e leguminose, la concimazione N ha un'influenza minima sulla resa, perché ha un impatto negativo sulla fissazione simbiotica dell'N e sulla percentuale di leguminose dell'associazione vegetale (Boller *et al.* 2003; Nyfeler *et al.* 2009; Nyfeler *et al.* 2011; la figura 4 illustra un esempio in merito). D'altro canto, il rapporto tra resa totale e concimazione N è nettamente superiore in presenza di leguminose rispetto a quanto succede se la cotica erbosa è formata da sole graminacee.

La concimazione N raccomandata mira, soprattutto, a mantenere l'equilibrio della composizione botanica: 50–70 % di graminacee, 10–30 % di leguminose (fino al 70 % nei prati temporanei triennali a base di graminacee e erba medica [L], di graminacee e trifoglio violetto [M] e di graminacee e lupinella [E]) e 10–30 % di «altre erbe» (fino al 40 % nei prati montani da sfalcio). Riducendo la quantità di N per singolo apporto si favoriscono le leguminose, mentre aumentandola si favoriscono le graminacee, laddove le condizioni ambientali sono favorevoli, oppure le «altre erbe» con fusti grossolani nelle zone più difficili per la crescita dell'erba (Jeangros 1993; Pauthenet *et al.* 1994; Diel e Lehmann 2004). Spesso, la proliferazione di «altre erbe» con fusti grossolani è indice di una concimazione N eccessiva rispetto alla frequenza di sfruttamento consentita dalle condizioni pedoclimatiche locali (figura 3). In ogni caso, non conviene superare i 50 kg di N per ettaro e singolo apporto. In montagna, si sconsiglia di aumentare gli apporti N raccomandati, perché ci sono maggiori rischi di degrado della composizione botanica.

In foraggicoltura, la concimazione N raccomandata supera raramente il 50 % del prelievo di N da parte del foraggio prativo (tabella 3a) perché le piante foraggere si possono approvvigionare attraverso altre fonti, quali: fissazione simbiotica dell'N, mineralizzazione della sostanza organica del suolo, effetto residuo di apporti regolari di concimi aziendali e deposizioni atmosferiche. Per i prati «intensivi» con almeno il 15 % di trifogli, la concimazione N raccomandata permette di raggiungere gli intervalli di resa indicati nella tabella 1b (capitolo 6.1.1). In mancanza di trifogli, queste rese si possono raggiungere solo aumentando la concimazione N. Un prato di sole graminacee raggiunge una resa equivalente a quella di una miscela di graminacee e leguminose solo distribuendo una quantità di N più che doppia (Whitehead 2000; Nyfeler *et al.* 2009; Husse *et al.* 2016). Dal punto di vista dell'efficacia di utilizzazione dell'N, è, dunque, fortemente sconsigliato seminare graminacee in purezza per produrre foraggio destinato ai ruminanti.

La tabella 7 illustra la concimazione N raccomandata in funzione del tipo di superficie prativa, del tipo di sfruttamento (sfalcio o pascolo) e dell'intensità di gestione. Gli apporti di N sono indicati per singolo sfruttamento e non per anno, visto che la concimazione N va ripartita su tutto il periodo vegetativo. Gli apporti riportati nella tabella 7

Tabella 4. Rapporto tra prelievi e concimazione raccomandata per P, K e Mg in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento delle superfici prative.

Tipo e intensità di sfruttamento	P	K	Mg
Prato			
Intensivo	1,00	0,75	1,3
Mediamente intensivo	0,95	0,70	1,2
Poco intensivo	0,90	0,65	1,0
Estensivo	–	–	–
Pascolo			
Intensivo ¹	0,60 \ 0,40	0,30 \ 0,08	0,95
Mediamente intensivo ¹	0,60 \ 0,40	0,30 \ 0,07	0,80
Poco intensivo	0,55	0,15	–
Estensivo	–	–	–

¹ Il rapporto tra prelievi e concimazione raccomandata per P e K, nel caso di pascoli sfruttati in modo intensivo e mediamente intensivo, contiene due valori; il primo si riferisce al pascolo con stabulazione, il secondo al pascolo senza stabulazione. Per il Mg questa distinzione non si applica. Le diverse tecniche di pascolo sono definite nel testo.

Tabella 5. Restituzioni in kg di P, K e Mg occasionate da ogni singolo pascolo nel caso di prati concimati e saltuariamente pascolati (sfalcio – pascolo).

Le restituzioni vanno dedotte dalla concimazione raccomandata e valgono per un pascolo medio di circa 15 q SS/ha (resa consumata)¹.

Intensità di sfruttamento	Sistema di pascolo ²	Deduzioni per ogni pascolo ³ (kg/ha)				
		P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Intensiva	Pascolo con stabulazione	2,5	5,7	23	28	2,0
	Pascolo senza stabulazione	3,8	8,7	37	45	3,0
Mediamente intensiva	Pascolo con stabulazione	2,0	4,5	22	27	1,5
	Pascolo senza stabulazione	2,8	6,5	30	36	2,0
Poco intensiva	Entrambi i sistemi	1,7	4,0	19	23	0

¹ La definizione e il metodo di stima della resa consumata sono descritti nel capitolo 3.

² I differenti sistemi di pascolo sono descritti nel testo.

³ L'ultimo pascolo autunnale conta come sfruttamento soltanto se la resa effettivamente consumata supera i 10 q SS/ha.

sono validi per un numero di sfruttamenti annui standard, corrispondenti alle indicazioni delle tabelle 1b e 3b. Per un prato da sfalcio, si stima una resa media per ogni singolo sfruttamento pari a circa 25 q SS/ha, mentre per un pascolo sfruttato in modo intensivo la stima si aggira attorno ai 15 q SS/ha. Il numero di sfruttamenti standard da considerare, per stabilire la quantità standard di N da distribuire in un anno, si calcola come segue:

Numero di sfruttamenti standard per prati da sfalcio	=	Resa annua (q SS/ha) 25 (q SS/ha)
Numero di sfruttamenti standard per pascoli intensivi	=	Resa annua (q SS/ha) 15 (q SS/ha)

Tabella 6. Prelievi annui e concimazione raccomandata in kg di N, P, K e Mg per miscele di graminacee e leguminose utilizzate come colture intercalari, semine estive di prati temporanei e superfici prative destinate alla produzione di sementi di graminacee e leguminose foraggere in purezza.

Coltura	Resa (q SS/ha)		Prelievo annuo (kg/ha)				Concimazione raccomandata ³ (kg/q SS e kg/ha)			
	Ø ¹	Intervallo ²	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Miscele graminacee – leguminose per colture intercalari, Semine estive di prati temporanei (anno di semina)							1,2	0,36 (0,82)	2,2 (2,7)	0,3
Per sfruttamento	25	20–30	70	10 (23)	75 (90)	5	30	9 (21)	55 (66)	8
Produzione di sementi										
Leguminose in purezza con produzione di foraggio mediamente intensiva							0	0,31 (0,71)	1,9 (2,3)	0,25
Per anno	120	100–135	360	37 (85)	275 (331)	25	0	37 (85)	228 (275)	30
Graminacee in purezza con produzione di foraggio mediamente intensiva							1,4–1,9	0,31 (0,71)	1,9 (2,3)	0,25
Per anno	120	100–135	230	39 (89)	266 (321)	26	170–230 ⁴	37 (85)	228 (275)	30
Graminacee in purezza con produzione di foraggio molto intensiva⁵							1,7–2,0	0,35 (0,80)	2,0 (2,4)	0,25
Per anno	135	115–150	265	46 (105)	307 (370)	32	230–270 ⁴	44 (108)	270 (325)	30

¹ Valore medio.

² Gli intervalli indicano la grande variabilità di resa esistente per una data altitudine. Essa è da ascrivere sia alla variabilità tra i luoghi, sia a quella tra gli anni.

³ I valori indicati in kg/ha corrispondono alle raccomandazioni di concimazione per una resa prevista uguale alla resa media di riferimento riportata in tabella.

⁴ Intervallo corrispondente ai valori estremi della concimazione N raccomandata in kg/q SS per la resa media di riferimento.

⁵ Questo tipo di produzione si può fare solo in condizioni pedoclimatiche particolarmente favorevoli.



Figura 3. Nelle zone sfavorevoli alla crescita delle graminacee capaci di valorizzare grandi quantità di N, una concimazione N eccessiva favorisce la proliferazione di «altre erbe» nitrofile con fusti grossolani (in questo caso: Heracleum sphondylium L.) (fotografia: Cornel J. Stutz, Agroscope).

Se il numero di sfruttamenti effettivo è maggiore, la resa dei singoli sfruttamenti sarà generalmente minore. In questi casi, bisogna rinunciare a un apporto oppure si deve ridurre la quantità di concime per ogni apporto, in modo che la somma di tutti gli apporti non superi la quantità standard (= resa prevista x concimazione N raccomandata in kg N/q SS). Nel caso dei pascoli «intensivi», cinque apporti di N, suddivisi tra maggio e settembre, consentono all'erba di crescere in modo più regolare e meglio ripartito sul periodo vegetativo, rispetto a una concimazione N che preveda il primo apporto già al risveglio vegetativo primaverile. Così facendo, si riduce leggermente la produzione di foraggio primaverile e si aumenta lievemente quella di fine estate e d'autunno (Thomet *et al.* 2008). Per contro, una concimazione N abbondante in autunno aumenta il rischio di dilavamento dei nitrati durante il periodo invernale. Nonostante l'apporto di N raccomandato per un singolo pascolo sia inferiore di 10 kg rispetto a quello previsto per uno sfalcio, la quantità di N distribuita in un anno è simile in entrambi i casi, poiché le superfici adibite al pascolo prevedono generalmente un numero maggiore di sfruttamenti.

Ad eccezione delle miscele a base di lupinella, erba altissima, avena bionda e bromo (miscele standard 326, 450, 451 e 455; Suter *et al.* 2017), su tutti i prati temporanei appena seminati si raccomanda di distribuire da 20 a 30 kg N/ha all'emergenza.

Tabella 7. Concimazione N raccomandata in funzione del tipo di superficie prativa, del tipo di sfruttamento (sfalcio o pascolo) e dell'intensità di gestione.

Superficie prativa	Apporto raccomandato per sfalcio (kg N/ha)	Apporto raccomandato per pascolo (kg N/ha)
Prato permanente		
Intensivo	30 ¹	15–20 ¹
Mediamente intensivo	25	15
Poco intensivo	15 ²	0 ³
Estensivo	0	0
Prato temporaneo		
Miscele annuali e biennali		
- a base di loglio italico e/o loglio westerwoldico	30 ^{1, 4}	
Miscele triennali e di lunga durata		
- a base di graminacee e erba medica (L)	0 ^{4, 5, 6}	
- a base di graminacee e trifoglio violetto «Mattenklee» (M)	0 ^{4, 5}	
- a base di graminacee e trifoglio bianco (G e G*) o di graminacee e trifoglio violetto da pascolo (P)	30 ^{1, 4}	20 ^{1, 4}
- a base di graminacee e lupinella (E)	0	
- a base di erba altissima, avena bionda o bromo (miscele standard 450, 451 e 455)	15 ^{2, 7}	
Coltura intercalare e semina estiva di prati temporanei		
- un solo sfruttamento	30 ⁴	
- più sfruttamenti	30 ⁴	
Produzione di sementi		
- leguminose in purezza	0 ⁴	
- graminacee in purezza; produzione di sementi	50–100 ^{4, 8}	
- graminacee in purezza; produzione di foraggio	50	

¹ Per i prati «intensivi», permanenti o temporanei (miscele annuali e biennali e miscele G o G* triennali e di lunga durata), si può aumentare leggermente l'apporto di N per ogni sfruttamento, purché le condizioni ambientali siano buone e si vogliano favorire le graminacee a scapito delle leguminose (dose massima per ogni utilizzazione: 50 kg N/ha).

² Sotto forma di letame ben decomposto o, eventualmente, di liquami ben diluiti, dopo il primo sfalcio; bisogna però evitare l'impiego regolare di liquami e di azoto sotto forma minerale.

³ Si tollera la quantità di N presente nel letame ben decomposto e distribuito per coprire i fabbisogni in P e K (tabella 3).

⁴ Si raccomanda un apporto di 30 kg N/ha all'emergenza, corrispondente all'apporto per la prima utilizzazione; se si tratta di una coltura intercalare svernante che verrà utilizzata solo dopo l'inverno, l'apporto di N deve essere differito alla primavera successiva.

⁵ Con presenza insufficiente di leguminose, è possibile concimare queste miscele come se si trattasse di miscele a base di graminacee e trifoglio bianco.

⁶ Si raccomanda un apporto annuale unico di 30 kg N/ha in primavera. Se del caso, i liquami vanno diluiti abbondantemente prima di distribuirli.

⁷ Queste miscele non ricevono alcun apporto di N all'emergenza.

⁸ 50 kg N/ha all'inizio del periodo vegetativo e un eventuale apporto complementare (al massimo 50 kg/ha di N, a seconda dello sviluppo delle piante) all'inizio della levata delle graminacee.

6.1.1 Fissazione simbiotica dell'azoto

Le leguminose (*Fabaceae*), e in particolare trifogli ed erba medica, rappresentano un punto di forza della produzione di foraggio prativo, perché sono in grado di immettere grandi quantità di N nel sistema, riducendone l'apporto nel caso il sistema ne sia già ben provvisto. In effetti, le radici di queste piante sviluppano un rapporto di simbiosi con i batteri del genere *Rhizobium*, che consente loro di utilizzare l'N atmosferico (fissazione simbiotica dell'N) in cambio di una certa quantità d'energia. Quando l'N scarseggia nel suolo, le leguminose coprono fino al 90% del loro fabbisogno in N grazie all'azotofissazione biologica (p.es. Oberson *et al.* 2013). Ciò

vale anche per condizioni montane (Jacot *et al.* 2000). Quando la quantità di N del suolo disponibile per le radici delle leguminose aumenta, esse riducono la loro attività simbiotica (p.es. Hartwig 1998). Le leguminose svolgono un importante ruolo di regolazione della quantità di N presente nel sistema. Inoltre, in presenza di graminacee competitive, la percentuale di leguminose dell'associazione vegetale diminuisce con l'aumentare della disponibilità di N nel suolo (p.es. Jeangros *et al.* 1993). Di conseguenza, elevate concimazioni N riducono la quantità di N atmosferico fissato dalla superficie prativa; a breve termine, inducendo la riduzione dell'attività simbiotica delle leguminose e, a lungo termine, riducendo la percentuale di leguminose nell'associazione vegetale.

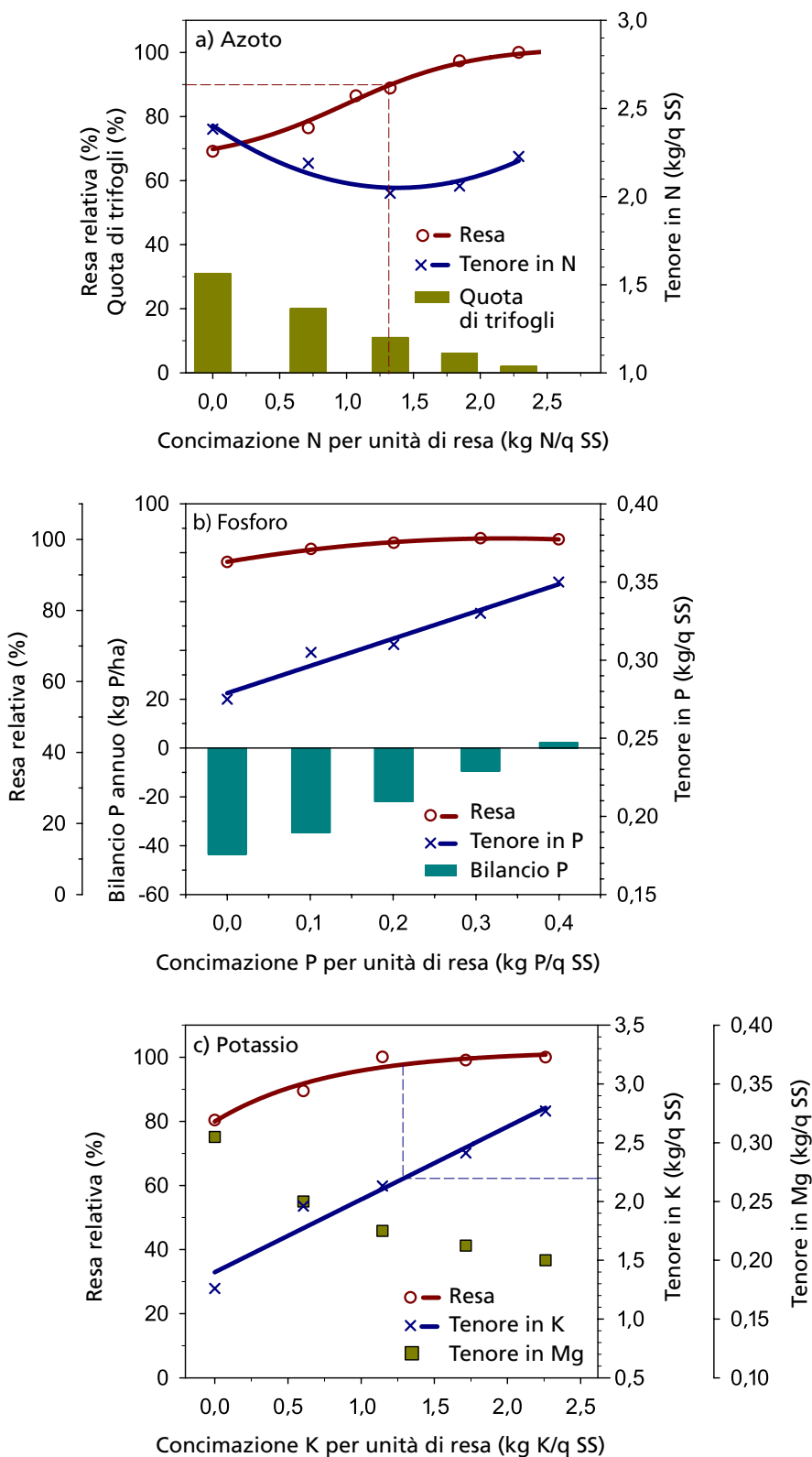


Figura 4. Influenza della concimazione sulle rese e sui tenori in N, P, K e Mg di un prato da sfalcio. I risultati si riferiscono a 9 anni di confronti tra differenti concimazioni. Questa prova di concimazione è stata eseguita su un prato permanente, gestito intensivamente, dominato dal lolio italico (*Lolium multiflorum* Lam.) e situato a Hohenrain (610 m d'altitudine, 1100 mm di precipitazioni annue). All'inizio della prova, lo stato nutrizionale del suolo era sufficiente per P e K. La resa relativa rappresenta il livello di resa rispetto alla resa massima.

a) Influenza della concimazione N sulla resa, sul tenore in N nel foraggio e sulla quota di trifogli presenti nella cotica erbosa. Livelli di concimazione N: 0, 83, 167, 250 o 333 kg N/ha e anno (41 kg P e 232 kg K). In questo prato, ricco in graminacee, la distribuzione di 1,3 kg N/q SS ha consentito di raggiungere il 90% della resa massima (linea tratteggiata verticale e orizzontale), mantenendo una quota di trifogli nella cotica erbosa pari a circa il 10% e un'efficacia dell'N distribuito superiore del 30% rispetto al livello di concimazione più elevato (per ciò che concerne l'aumento di resa). Il tenore in N nel foraggio non cresce con l'aumentare della concimazione N, a causa del calo della presenza di trifogli.

b) Influenza della concimazione P sulla resa, sul tenore in P nel foraggio e sul bilancio apporti-prelievi di P. Livelli di concimazione P: 0, 14, 28, 41, 55 kg P/ha e anno (250 kg N, 232 kg K). Il tenore in P nel foraggio cresce linearmente con l'aumentare della concimazione P, mentre il bilancio in P si equilibra con una concimazione situata tra 0,30 e 0,40 kg P/q SS.

c) Influenza della concimazione K sulla resa e sui tenori in K e Mg nel foraggio. Livelli di concimazione K: 0, 77, 155, 232 e 310 kg K/ha e anno (250 kg N, 41 kg P). Il tenore in K nel foraggio cresce linearmente con l'aumentare della concimazione K. Il tenore in K di 2,2 kg K/q SS ha permesso di raggiungere una resa superiore al 90% della resa massima (linea tratteggiata verticale e orizzontale). Il tenore in Mg nel foraggio cala con l'aumentare della concimazione K (antagonismo tra K e Mg).

La quantità di N atmosferico fissato da una superficie prativa varia notevolmente in funzione della percentuale di leguminose, del potenziale produttivo locale e del tenore di N del suolo. Diverse prove, svolte a basse quote, hanno misurato quantità di N fissato nella biomassa raccolta variabili tra 100 e 380 kg di N per anno e per ettaro (riassunto da Lüscher *et al.* 2014). Nelle miscele di graminacee e leguminose, con le leguminose che non superano il 50–60 % della composizione botanica, la quantità di N atmosferico fissato per ogni quintale di resa in leguminose è di circa 3–5 kg per anno, di cui 2–3 kg si raccolgono con il foraggio (Boller *et al.* 2003; Høgh-Jensen *et al.* 2004; Unkovich *et al.* 2010). Oltre il 50–60 % di leguminose, ulteriori aumenti di piante foraggere di questa famiglia botanica non fanno incrementare la quantità di N atmosferico fissato (Nyfeler *et al.* 2011). La quantità di N atmosferico fissato annualmente da una superficie prativa che produce 130 q/ha di SS all'anno e conta il 15 % di leguminose, si può stimare, molto approssimativamente, a $4 \text{ kg N} \times 130 \text{ q SS} \times 0,15 = 78 \text{ kg N/ha}$ e anno. In termini di resa, prove svolte in Svizzera in tre luoghi diversi mostrano che l'effetto del 15 % di trifogli nella composizione botanica di un prato corrisponde a quello di 80–100 kg di N minerale distribuiti su prati di sole graminacee (Nyfeler *et al.* 2009; Husse *et al.* 2016; Hofer *et al.* 2016). La fissazione simbiotica dell'azoto atmosferico assicurata dalle leguminose migliora la nutrizione N delle graminacee dell'associazione vegetale (Nyfeler *et al.* 2011; Pirhofer-Walzl *et al.* 2012).

6.2 Concimazione fosfatica

La concimazione P raccomandata si basa sul concetto di sostituzione della quantità di P prelevata dal foraggio prativo, sia esso raccolto oppure consumato dal bestiame. Le correzioni della concimazione P in funzione dei risultati delle analisi del suolo si effettuano tramite i fattori di correzione descritti nel modulo 2. Per salvaguardare la composizione botanica dei prati «poco intensivi», gli apporti di P raccomandati per questa tipologia di prato sono leggermente inferiori ai prelievi (tabella 4). In questi casi, la vegetazione preleva i pochi chilogrammi (1–2 kg/ha) di P mancanti annualmente dalle riserve del suolo.

La concimazione P aumenta la resa delle superfici prative quando la disponibilità di P del suolo è insufficiente (Duru e Ducrocq 1997; Philipp *et al.* 2004). L'aumento di resa non si riscontra più a partire da uno stato nutrizionale in P del suolo giudicato «sufficiente», anche accrescendo la concimazione P (Gallet *et al.* 2003; Liebisch *et al.* 2013). Quando il tenore in P nel foraggio della prima ricrescita primaverile, raccolto allo stadio di inizio spigatura, raggiunge 0,30 kg/q SS, il P non risulta limitante per la formazione della resa (Liebisch *et al.* 2013). Questa percentuale di P nel foraggio ne costituisce il tenore di riferimento (Agroscope 2017b). Il tenore in P nel foraggio cresce con l'aumentare della concimazione P (Gallet *et al.* 2003; Philipp *et al.* 2004; Stroia 2007), superando anche il valore richiesto dalle piante per assicurare la crescita ottimale dei foraggi prativi (Liebisch *et al.* 2013); un tipico caso di consumo di lusso. L'aumento del tenore in P nel foraggio non consente di raggiungere livelli di prelievi che possano compensare

l'aumento della concimazione P. Di conseguenza, una concimazione superiore a quella raccomandata genera sempre un bilancio apporti–prelievi positivo (la figura 4 riporta un esempio in merito). Se questo bilancio resta positivo sul lungo periodo, il P si accumula nel suolo (Messiga *et al.* 2014). I suoli delle superfici prative possono così accumulare riserve di P importanti (Roger *et al.* 2014). Nei prati permanenti, la concimazione P fa crescere considerevolmente la concentrazione di P nei primi centimetri di suolo (Schärer *et al.* 2007). L'accumulo di P nel suolo genera un rischio maggiore di inquinamento ambientale (Stamm *et al.* 1998; Jordan *et al.* 2005).

6.3 Concimazione potassica

Un suolo ricco in K genera il suo consumo di lusso da parte delle piante foraggere e l'aumento della sua concentrazione nel foraggio prativo. Ciò ostacola l'assorbimento di Mg e di calcio (Ca) da parte della cotica erbosa (antagonismo; Kayser e Isselstein 2005; la figura 4 riporta un esempio in merito) e favorisce, in concausa con altri fattori, la diffusione di piante indesiderate (p.es. di ombrellifere). In Svizzera, attualmente, la maggior parte dei foraggi prativi è ricca in K (da circa 2,5 a 3,5 kg K/q di SS in foraggi raccolti allo stadio di inizio spigatura), vista l'elevata disponibilità in K di numerosi suoli adibiti a prato o a pascolo. Questi tenori in K sono altresì eccessivi in relazione agli apporti raccomandati per l'alimentazione del bestiame erbivoro (Schlegel e Kessler 2015) e riducono l'assorbimento ruminale di Mg, richiedendo una maggiore integrazione alimentare di quest'ultimo elemento nutritivo. La concimazione K raccomandata per prati e pascoli si basa su un tenore ideale in K nei foraggi prativi (2,2 kg K/q SS allo stadio di inizio spigatura), che assicuri la buona crescita delle piante foraggere (Duru e Thélier-Huché 1995; Keady e O'Kiely 1998), favorisca lo sviluppo di una composizione botanica equilibrata e soddisfi il fabbisogno in K del bestiame. Le correzioni della concimazione K in funzione dei risultati delle analisi del suolo si effettuano tramite i fattori di correzione descritti nel modulo 2. Anche se da molti anni la concimazione K raccomandata è nettamente inferiore ai prelievi dei foraggi prativi, che crescono su suoli ricchi in K, il tenore medio di questo elemento nutritivo nei foraggi resta tutt'ora elevato (Python *et al.* 2010; Schlegel *et al.* 2016), anche perché le aziende a vocazione foraggera esportano quantità irrisorie di K, visto che latte e carne ne contengono poco (Sieber 2011). Ne consegue che i tenori in K del suolo e dei foraggi diminuiscono lentamente, nonostante non si distribuisca più nessun concime K extraziendale (Jeangros e Troxler 2006). L'apporto in K dei concimi aziendali prodotti dal bestiame erbivoro supera il fabbisogno di prati e pascoli, perché il tenore di riferimento in K di questi concimi si stabilisce partendo dal tenore effettivo in K della razione foraggera, basandosi principalmente su quello dei foraggi prativi (2,5–3,5 kg K/q SS). In queste situazioni, bisogna distribuire i concimi aziendali su prati e pascoli in funzione di N e P, rinunciando a utilizzare concimi extraziendali contenenti K. Tuttavia, se i concimi aziendali distribuiti e il foraggio prativo destinato al bestiame sono interamente di provenienza aziendale, l'eccedenza di K (differenza tra gli apporti di concime aziendale e il fabbisogno

delle superfici prative) non sovraccarica ulteriormente il bilancio in K dell'azienda, perché il tenore reale in K dei concimi aziendali corrisponde a quello dei foraggi prodotti in azienda. Per le aziende a vocazione foraggera che presentano un bilancio in K eccedentario non va, dunque, raccomandato l'utilizzo di alcun tipo di concime K extraaziendale (bilancio tra deiezioni animali e fabbisogni colturali). D'altro canto, in questi casi, non bisogna riportare l'eccedenza in K riscontrata nel corso di un anno nel piano di concimazione dell'anno successivo. Per calcolare il piano di concimazione aziendale nei casi in cui il foraggio contenga tra 2,0 e 2,5 kg K/q SS, si raccomanda di ridurre del 15 %, rispetto al valore di riferimento, la stima del tenore in K nei concimi aziendali prodotti dal bestiame erbivoro dell'azienda considerata. Questa riduzione sale al 30 % se il tenore in K nel foraggio è inferiore a 2,0 kg K/q SS (modulo 4). Se si rivela necessario distribuire più K tramite concimi minerali, gli apporti che superano i 170 kg K/ha (200 kg K₂O/ha) vanno suddivisi in due volte (p.es. al risveglio vegetativo e dopo il primo o il secondo sfruttamento).

6.4 Concimazione magnesiacca

Per quanto ci è noto, esistono poche pubblicazioni che valutino l'influenza della concimazione Mg sulla resa di superfici prative in condizioni pedoclimatiche simili a quelle riscontrate in Svizzera. Di conseguenza, nonostante si conoscano i risultati di alcuni studi svolti in Nuova Zelanda e negli Stati Uniti d'America (Hogg e Karlovsky 1967; Reinbott e Blevins 1997; Hanly *et al.* 2005), non è possibile quantificare questo aspetto della concimazione nel caso delle nostre superfici prative. Un serie di prove condotte in vaso mostra che il tenore in Mg nelle foglie, a partire dal quale la crescita del loglio cala (meno di 0,10 kg Mg/q SS; Smith 1985), è inferiore a quello misurato abitualmente nei foraggi prativi raccolti in Svizzera (tabella 2). Ne consegue che, nella maggior parte dei casi, è poco probabile che la concimazione Mg influenzi positivamente la resa dei foraggi prativi. Il tenore critico in Mg per la crescita delle graminacee foraggere è, comunque, inferiore al fabbisogno in Mg delle vacche da latte (Schlegel e Kessler 2015), mentre il Mg presente nel suolo è facilmente dilavabile (Whitehead 2000). Per questi motivi, la concimazione Mg raccomandata deve approssimativamente sostituire il Mg prelevato dalle piante foraggere ed esportato dalla parcella sotto forma di foraggio prativo. Se il tenore in Mg nel foraggio è troppo basso rispetto al fabbisogno del bestiame, occorre integrare la razione foraggera con del Mg, anziché aumentare la concimazione raccomandata. Se la concimazione N e P si effettua tramite i concimi aziendali, il fabbisogno in Mg delle superfici prative è generalmente soddisfatto (modulo 4).

6.5 Concimazione sulfurea

Un apporto sufficiente in S è essenziale per la sintesi delle proteine e per la formazione della resa in sostanza secca. I prati temporanei, l'erba medica seminata in purezza e i prati permanenti ricchi di buone graminacee e concimati abbondantemente con N, hanno un fabbisogno considerevole in S, i cui prelievi annui variano tra 20 e 35 kg S/ha. In

questi casi, la cosa migliore da fare è privilegiare la distribuzione di concimi aziendali, perché forniscono alla superficie prativa quantità notevoli di S assimilabile. Se si riscontrano carenze in S, la sua distribuzione permette di aumentare significativamente la resa dei prati «intensivi» (Mathot *et al.* 2008). In caso di necessità, un metodo efficace per distribuire S minerale consiste nell'utilizzare un concime minerale azotato contenente S, come il solfato ammonico.

Carenze di S si possono manifestare, in particolare, in prati da sfalcio gestiti intensivamente, concimati abbondantemente con N minerale e situati su suoli leggeri e poveri in sostanza organica. Generalmente, però, i casi di carenza di S sono molto rari, quindi si sconsiglia di procedere a concimazioni sistematiche. Nel capitolo 4.7 del modulo 2, si descrive un metodo di valutazione del rischio di carenza di S in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali e del tipo di gestione della parcella. In caso sussista un rischio di carenza per le graminacee foraggere, l'erba medica e i prati «intensivi», si raccomanda un apporto di 15–25 kg S/ha, da effettuarsi preferibilmente in primavera piuttosto che in estate (Aeby e Dubach 2008). Sui pascoli, le deiezioni animali restituiscono circa il 90 % dello S prelevato attraverso il foraggio consumato (Nguyen e Goh 1994).

7. Diagnosi basata sul tenore in elementi nutritivi del foraggio

L'analisi dei tenori in elementi nutritivi del foraggio può completare efficacemente i risultati delle analisi del suolo, nel caso si voglia stilare una diagnosi a posteriori sul livello di concimazione delle superfici prative. Il modulo 3 illustra i principi generali concernenti l'analisi delle piante.

Diagnosticare lo stato nutrizionale dei prati sulla base dell'analisi delle piante è complicato, perché i tenori in N e in altri elementi nutritivi variano sia con il variare dello stadio di sviluppo del foraggio campionato sia con la composizione botanica della cotica erbosa. Per superare queste difficoltà, si sono sviluppati metodi diagnostici basati sul rapporto esistente tra i tenori di due o più nutrienti (Salette e Huché 1991; Bailey *et al.* 1997).

Il metodo degli indici di nutrizione fosfatici e potassici, utilizzato per diagnosticare lo stato nutrizionale dei prati, si basa sul rapporto tra P e N e tra K e N del foraggio (Duru e Thélier-Huché 1995). Questi indici permettono di confrontare i tenori effettivi in P e in K, ottenuti analizzando il foraggio, con il tenore in N che consente alle piante foraggere di crescere in modo ottimale. Questo metodo è stato inizialmente messo a punto per le graminacee. In seguito, si è calcolato un fattore di correzione per tenere conto della quota di leguminose presente nelle cotiche formate da miscele di graminacee e leguminose (Jouany *et al.* 2004; Jouany *et al.* 2005). Il metodo è stato verificato in tre diversi luoghi situati in Svizzera (Liebisch *et al.* 2013). Se i tenori in N e in altri elementi nutritivi si determinano partendo da un campione misto (graminacee e leguminose

miscelate nello stesso campione), gli indici di nutrizione si valutano come segue:

S/N inferiore a 0,07 (da 0,065 a 0,075 secondo lo studio) sembra indicare una situazione di carenza in S, mentre un

Indice di nutrizione fosfatico	=	$100 \times \frac{\text{Tenore in P}}{0,15 + 0,065 \times \text{Tenore in N}} + (0,5 \times \text{quota di leguminose})$
Indice di nutrizione potassico	=	$100 \times \frac{\text{Tenore in K}}{1,6 + 0,525 \times \text{Tenore in N}} + (0,5 \times \text{quota di leguminose})$

In queste equazioni (Jouany *et al.* 2005), i tenori in N, P e K sono espressi in percentuale, il che corrisponde ai valori in kg/q di SS riportati nella tabella 2. Le analisi del foraggio si effettuano su campioni raccolti durante la prima ricrescita primaverile. La quota di leguminose della cotica erbosa si esprime in percentuale della biomassa raccolta. Questi indici non sono validi in caso di sovraconcimazione N.

Esempio: Se i tenori in N, P e K del foraggio di un prato con il 15 % di leguminose sono rispettivamente 2,5, 0,33 e 2,8 kg/q SS, l'indice di nutrizione P sarà uguale a 113, mentre quello K a 104.

Il fattore di correzione relativo alla quota di leguminose non è stato verificato per prati costituiti da più del 50 % di leguminose. Per i prati ricchi in leguminose, è dunque preferibile analizzare il foraggio dopo avere allontanato le leguminose dai campioni.

La tabella 8 riporta l'interpretazione degli indici di nutrizione P e K ottenuti con le equazioni di cui sopra. L'indice di nutrizione P di un prato assume, tuttavia, valori molto variabili in funzione delle annate (Stroia 2007). Per effettuare una diagnosi sicura bisogna, perciò, considerare la media pluriennale.

Il principio degli indici di nutrizione, basato sul rapporto tra il tenore dell'elemento considerato e il tenore in N del foraggio, è stato verificato anche nel caso dello S (Mathot *et al.* 2009). Le soglie ottenute in questo studio devono, tuttavia, essere ancora validate prima che sia possibile consigliare l'interpretazione del fabbisogno in S. Un rapporto

rapporto superiore indica che la nutrizione S è soddisfacente (Bailey *et al.* 1997; Whitehead 2000; Mathot *et al.* 2009). Questo valore indicativo è valido per i prati ricchi in graminacee. La soglia per i prati ricchi in leguminose è, invece, più bassa. (Jones e Sinclair 1991; Whitehead 2000).

8. Concimi aziendali

La maggior parte degli elementi nutritivi esportata dalle superfici prative attraverso la raccolta e l'ingestione di foraggio si ritrova nei concimi aziendali (modulo 4). Per le aziende a vocazione foraggera, la gestione razionale della concimazione passa, dunque, attraverso il riciclaggio adeguato di questi concimi a livello aziendale. La tabella 6 del modulo 4 riporta i tenori indicativi in elementi nutritivi dei diversi concimi aziendali. Questa tabella evidenzia che il rapporto tra i tenori dei diversi nutrienti presenti nei concimi aziendali è notevolmente influenzato dal tipo di concime. Questo aspetto va sempre considerato quando si pianifica la distribuzione dei concimi aziendali sulle parcelle. Per esempio, si eviterà di distribuire liquame povero di sterco su superfici prative con suoli già ben dotati in K, perché il rapporto K:N disponibile di questo concime è particolarmente elevato. Nel modulo 4 si trovano ulteriori informazioni su come valorizzare i concimi aziendali.

9. Restituzioni durante il pascolo

La concimazione raccomandata per i pascoli è inferiore ai tenori in elementi nutritivi del foraggio consumato dal bestiame, poiché una parte di tali elementi torna direttamente al suolo, durante il pascolo, tramite le deiezioni. Nella concimazione raccomandata per i pascoli (nessuno sfalcio) della tabella 3a, si tiene già conto delle restituzioni di elementi nutritivi durante il pascolo. Queste ultime dipendono dalla tecnica di pascolo, i cui aspetti più importanti sono la durata del pascolo giornaliero e la quota di razione foraggera consumata sul pascolo. Riguardo al pascolo «intensivo» e al pascolo «mediamente intensivo», la tabella 3a indica due diverse concimazioni raccomandate. La prima indicazione vale per il pascolo con stabulazione, o parziale, dove gli animali dedicano quasi tutto il tempo che passano sul pascolo a nutrirsi (p.es. consumando il 50 % del loro fabbisogno foraggero durante 5 - 6 ore di pascolo al giorno oppure coprendo quasi per intero le loro esigenze in 10 - 12 ore giornaliere passate sull'erba). La seconda vale per il pascolo senza stabulazione, o integrale, in cui gli animali si nutrono esclusivamente al pascolo, dove soggiornano in permanenza, salvo rientrare per la

Tabella 8. Concimazione raccomandata in funzione dell'interpretazione degli indici di nutrizione P e K (interpretazione secondo Salette e Huché 1991).

Indice	Interpretazione	Concimazione raccomandata
> 120	eccessiva	Ridurre la concimazione P o K delle parcelle considerate, applicando la concimazione raccomandata nella tabella 3a, dopo avere rivalutato la resa e l'intensità di sfruttamento, in funzione del numero di sfruttamenti e del livello di concimazione N.
80-120	sufficiente	Concimazione corrispondente alle raccomandazioni della tabella 3a.
< 80	insufficiente	Pianificare una concimazione di ripristino in funzione delle analisi del suolo secondo quanto riportato nel modulo 2.

mungitura, nel caso delle lattifere. Nel caso del pascolo senza stabulazione, la maggior parte degli elementi nutritivi ingeriti dal bestiame ritorna direttamente al suolo attraverso le deiezioni animali con conseguenti prelievi effettivi minimi. Tuttavia, la concimazione raccomandata non si riduce proporzionalmente all'incremento delle deiezioni sul pascolo, perché quando gli animali si trovano permanentemente sul pascolo la ripartizione di feci e urina è meno regolare rispetto a quanto succede per il pascolo parziale, dove brucando per tutto il tempo si muovono in continuazione. I pascoli utilizzati prioritariamente per la libera uscita piuttosto che per il foraggiamento non si devono concimare, poiché i notevoli quantitativi di elementi nutritivi risultanti dalle deiezioni coprono, da soli, il fabbisogno delle piante.

Nel caso di superfici pascolate saltuariamente (sfalcio-pascolo), le restituzioni in elementi nutritivi occasionate dal pascolo si deducono dalla concimazione raccomandata per i prati da sfalcio. Le deduzioni si riferiscono alle quantità medie di elementi nutritivi che le piante foraggiere possono valorizzare durante uno sfruttamento medio del pascolo (resa consumata pari a circa 15 q SS/ha, il che corrisponde al consumo giornaliero di 95 UBG/ha che brucano ognuna 16 kg SS/g). La tabella 5 riporta le restituzioni dovute al pascolo per P, K e Mg, a dipendenza dell'intensità di sfruttamento e della tecnica di pascolo.

Fino all'80% dell'N prelevato dal bestiame al pascolo ritorna al suolo attraverso le deiezioni (Haynes e Williams 1993). La sua distribuzione è, però, irregolare e molto concentrata tanto che, dove gli animali defecano e urinano, si misura una concimazione equivalente a più di 500 kg N/ha (Ball e Ryden 1984; Whitehead 2000). La concentrazione in N molto elevata delle deiezioni e la loro ripartizione irregolare fanno sì che le piante valorizzino questo N in modo

poco efficiente. Se ne deduce che l'N restituito sul pascolo è molto meno efficace per il sistema produttivo dell'N rilasciato dagli animali stabulati e poi distribuito omogeneamente tramite i concimi aziendali sulle superfici da concimare. Infatti, confrontato con l'N contenuto nei concimi aziendali, quello restituito dal bestiame al pascolo è soggetto a perdite maggiori, è nettamente meno efficace per la produzione di biomassa e viene assorbito in modo meno efficiente dalle piante foraggiere. L'Istituto nazionale di ricerca agronomico francese (INRA) ha recentemente condotto un lavoro di sintesi sui flussi di N in agricoltura (Peyraud *et al.* 2012). In questa sintesi, gli autori indicano i valori seguenti per ciò che concerne la quota parte di N restituito durante il pascolo: 30–35% per l'urina e solo 10–20% per le feci. Sulla base di diversi studi incentrati sull'influenza delle deiezioni sulla produzione di biomassa, si può stimare l'influenza sulla resa in un ordine di grandezza situato tra 3 e 5 kg SS per kg di N presente nelle deiezioni (media tra urina e feci) (Day e Detling 1990; Deenen e Middelkoop 1992; Williams e Haynes 1994; Williams e Haynes 1995; Decau *et al.* 2003; Di e Cameron 2007; Troxler *et al.* 2008; Moir *et al.* 2013; White-Leech *et al.* 2013). Nel caso di un pascolo gestito intensivamente, brucato da vacche da latte e con un numero di giorni di pascolo necessari a consumare la totalità del foraggio prodotto dal pascolo, l'influenza dell'N presente nelle deiezioni sulla resa sarebbe solo del 5–8% rispetto alla resa totale. La variabilità dei valori ottenuti in tutti questi studi è, tuttavia, notevole.

10. Ammendamento calcareo del suolo

Il capitolo 5 del modulo 2 è dedicato all'ammendamento calcareo del suolo, mentre il capitolo 5.3 dello stesso modulo tratta aspetti di questa pratica legati specificatamente alla produzione di foraggio prativo.

11. Bibliografia

- Aeby P. & Dubach S., 2008. Schwefelversorgung von Wiesen: Düngung ausnahmsweise nötig. UFA-Revue 3/2008, 50–51.
- Agroscope, 2017a. Fütterungsempfehlungen für Wiederkäuer (libro verde). Link: www.agroscope.admin.ch.
- Agroscope, 2017b. Referenzwerte für Nährwerte von Raufutter. Link: www.agroscope.admin.ch.
- Bailey J. S., Cushnahan A. & Beattie J. A. M., 1997. The diagnosis and recommendation integrated system (DRIS) for diagnosing the nutrient status of grassland swards: II. Model calibration and validation. *Plant Soil* 197, 137–147.
- Ball P.R. & Ryden J.C., 1984. Nitrogen relationships in intensively managed temperate grasslands. *Plant Soil* 76, 23–33.
- Boller B. C., Lüscher A. & Zanetti S., 2003. Schätzung der biologischen Stickstoff-Fixierung in Klee-Gras-Beständen, Schriftenreihe der FAL 45, 47–54.
- Daccord R., Arrigo Y., Kessler J., Jeangros B., Scephovic J., Schubiger F.X. & Lehmann J., 2001. Valeur nutritive des plantes des prairies. 3. Teneurs en calcium, phosphore, magnésium et potassium. *Rev. suisse Agric.* 33, 141–146.
- Day T.A. & Detling J.K., 1990. Grassland patch dynamics and herbivore grazing preference following urine deposition. *Ecology* 71, 180–188.
- Decau M. L., Simon J. C & Jacquet A., 2003. Fate of urine nitrogen in three soils throughout a grazing season. *J. Environ. Qual.* 32, 1405–1413.
- Deenen P. J. A.G. & Middelkoop N., 1992. Effects of cattle dung and urine on nitrogen uptake and yield of perennial ryegrass. *Neth. J. Agr. Sci.* 40, 469–482.
- Di H. J. & Cameron K. C., 2007. Nitrate leaching losses and pasture yields as affected by different rates of animal urine nitrogen returns and application of a nitrification inhibitor - a lysimeter study. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 79, 281–290.
- Dietl W., 1986. Pflanzenbestand, Bewirtschaftungsintensität und Ertragspotential von Dauerwiesen. *Schweiz. Landwirtsch. Monatshefte* 64, 241–262.
- Dietl W. & Lehmann J., 2004. Ökologischer Wiesenbau; Nachhaltige Bewirtschaftung von Wiesen und Weiden. Österreichischer Agrarverlag, Leopoldsdorf. 136 pp.
- Duru M. & Ducroq H., 1997. A nitrogen and phosphorus herbage nutrient index as a tool for assessing the effect of N and P supply on the dry matter yield of permanent pastures. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 47, 59–69.
- Duru M. & Thélier-Huché L., 1995. N and P-K status of herbage: use for diagnosis of grasslands, in: INRA (Ed.), *Diagnostic Procedures for Crop N Management and Decision Making*, Parigi (Les Colloques n° 82), 125–138.
- Elsässer M., 2000. Auswirkungen reduzierter Stickstoffdüngung auf Erträge, Futterwert und Botanische Zusammensetzung von Dauergrünland sowie Nährstoffverhältnisse im Boden. *Wissenschaftl. Fachverl.* 164 pp.
- Fabre B. & Kockmann F., 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. *Synthèse bibliographique. Fourrages* 185, 103–122.
- Gallet A., Flisch R., Ryser J.-P., Nösberger J., Frossard E. & Sinaj S., 2003. Uptake of residual phosphate and freshly applied diammonium phosphate by *Lolium perenne* and *Trifolium repens*. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166, 557–567.
- Hanly J. A., Loganathan P. & Currie L. D., 2005. Effect of serpentine rock and its acidulated products as magnesium fertilisers for pasture, compared with magnesium oxide and Epsom salts, on a Pumice Soil. 1. Dry matter yield and magnesium uptake. *New Zeal. J. Agr. Res.* 48, 451–446.
- Haynes R. J. & Williams P. H., 1993. Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. *Adv. Agron.* 49, 119–199.
- Hofer D., Suter M., Haughey E., Finn J. A., Hoekstra N. J., Buchmann N. & Lüscher A., 2016. Yield of temperate forage grassland species is either largely resistant or resilient to experimental summer drought. *J. Appl. Ecol.* doi:10.1111/1365-2664.12694
- Hogg D. E. & Karlovsky J., 1968. The relative effectiveness of various magnesium fertilisers on a magnesium-deficient pasture. *New Zeal. J. Agr. Res.* 11, 171–183.
- Humbert J.-Y., Dwyer J. M., Andrey A. & Arlettaz R., 2015. Impacts of nitrogen addition on plant biodiversity in mountain grasslands depend on dose, application duration and climate: a systematic review. *Glob. Change Biol.* 22, 110–120.
- Husse S., Huguenin-Elie O., Buchmann N. & Lüscher A., 2016. Larger yields of mixtures than monocultures of cultivated grassland species match with asynchrony in shoot growth among species but not with increased light interception. *Field Crops Res.*, doi: 10.1016/j.fcr.2016.04.021
- Jacot K. A., Lüscher A., Nösberger J. & Hartwig U. A., 2000. Symbiotic N₂ fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biol. Biochem.* 32, 1043–1052.
- Jeangros B. & Thöni E., 1994. Utilisation des engrais de ferme sur les prairies permanentes. Synthèse de résultats expérimentaux et recommandations préconisées en Suisse. *Fourrages* 140, 393–406.
- Jeangros B. & Troxler J., 2006. Bilan des éléments fertilisants sur une exploitation laitière de montagne. *Rev. suisse Agric.* 38 (3), 121–125.
- Jeangros B., 1993. Prairies permanentes en montagne. I. Effets de la fréquence des coupes et de la fertilisation azotée sur la composition botanique. *Rev. suisse Agric.* 25, 345–360.
- Jeangros B., Scephovic J., Schubiger F. X., Lehmann J., Daccord R. & Arrigo, Y., 2001. Valeur nutritive des plantes de prairies. 1. Teneurs en matière sèche, matière azotée et sucres. *Rev. suisse Agric.* 33, 73–80.
- Jones M. B. & Sinclair A. G., 1991. Application of DRIS to white clover based pastures. *Commun. Soil Sci. Plan.* 22, 1895–1918.
- Jordan P., Menary W., Daly K., Kiely G., Morgan G., Byrne P. & Moles R., 2005. Patterns and processes of phosphorus transfer from Irish grassland soils to rivers – integration

- of laboratory and catchment studies. *J. Hydrol.* 304, 20–34.
- Jouany C., Cruz P., Petibon P. & Duru M., 2004. Diagnosing phosphorus status of natural grassland in the presence of white clover. *Eur. J. Agron.* 21, 273–285.
- Jouany C., Cruz P., Theau J. P., Petibon P., Foucras J. & Duru M., 2005. Diagnostic du statut de nutrition phosphatée et potassique des prairies naturelles en présence de légumineuses. *Fourrages* 184, 547–555.
- Kayser M. & Isselstein J., 2005. Potassium cycling and losses in grassland systems: a review. *Grass Forage Sci.* 60, 213–224.
- Keady T. M. J. & O’Kiely P., 1998. An evaluation of potassium and nitrogen fertilisation of grassland, and date of harvest, on fermentation, effluent production, dry-matter recovery and predicted feeding value of silage. *Grass Forage Sci.* 53, 326–337.
- Laidlaw 1980. The effects of nitrogen fertilizer applied in spring on swards of ryegrass sown with four cultivars of white clover. *Grass Forage Sci.* 35, 295–299.
- Lalor S.T.J., Schröder J.J., Lantinga E.A., Oenema O., Kirwan L. & Schulte R.P.O., 2011. Nitrogen fertilizer replacement value of cattle slurry in grassland as affected by method and timing of application. *J. Environ. Qual.* 40, 362–373.
- Lauber K., Wagner G. & Gygax A., 2012. *Flora Helvetica – Flore illustrée de Suisse*. Haupt Verlag, Berne.
- Lazzarotto P., Calanca P., Semenov M. & Fuhrer J., 2010. Transient responses to increasing CO₂ and climate change in an unfertilized grass-clover sward. *Climate Res.* 41, 221–232.
- Lehmann J., Rosenberg E. & und Briner H.-U., 2001. Modell für die Berechnung des Ertrages von Klee-Gras-Mischungen. *Agrarforsch.* 8 (9), 364–369.
- Liebisch F., Bünemann E. K., Huguenin-Elie O., Jeangros B., Frossard E. & Oberson A., 2013. Plant phosphorus nutrition indicators evaluated in agricultural grasslands managed at different intensities. *Eur. J. Agron.* 44, 67–77.
- Mathot M., Mertens J., Verlinden G., Lambert R., 2008. Positive effects of sulphur fertilisation on grasslands yields and quality in Belgium. *Eur. J. Agron.* 28, 655–658.
- Mathot M., Théliér-Huché L. & Lambert R., 2009. Sulphur and nitrogen content as sulphur deficiency indicator for grasses. *Eur. J. Agron.* 30, 172–176.
- Meisser M., Deléglise C., Mosimann E., Signarbieux C., Mills R., Schlegel P., Buttler A. & Jeangros B., 2013. Effets d’une sécheresse estivale sévère sur une prairie permanente de montagne du Jura. *Rech. Agron. Suisse* 4 (11–12), 476–483.
- Messiga A. J., Ziadi N., Bélanger G. & Morel C., 2014. Relationship between soil phosphorus and phosphorus budget in grass swards with varying nitrogen applications. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 78, 1481–1488.
- Moir J. L., Edwards G. R. & Berry L. N., 2013. Nitrogen uptake and leaching loss of thirteen temperate grass species under high N loading. *Grass Forage Sci.* 68, 313–325.
- Mosimann E., 2005. Caractéristiques des pâturages pour vaches laitières dans l’ouest de la Suisse. *Rev. suisse Agric.* 37 (3), 99–106.
- Mosimann E., Deléglise C., Demenga M., Frund D., Sinaj S. & Charles R., 2013. Disponibilité en eau et production fourragère en zone de grandes cultures. *Rech. Agron. Suisse* 4 (11–12), 468–475.
- Mosimann E., Meisser M., Deléglise C. & Jeangros B., 2012. Potentiel fourrager des pâturages du Jura. *Rech. Agron. Suisse* 3 (11–12), 516–523.
- Nevens F. & Rehuel D., 2003. Effects of cutting or grazing grass swards on herbage yield, nitrogen uptake and residual soil nitrate at different levels of N fertilization. *Grass Forage Sci.* 58, 431–449.
- Nguyen M. L. & Goh K. M., 1994. Sulphur cycling and its implications on sulphur fertilizer requirements of grazed grassland ecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.* 49, 173–206.
- Nyfelner D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E. & Lüscher A., 2011. Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agr. Ecosyst. Environ.* 140, 155–163.
- Nyfelner D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E., Connolly J. & Lüscher A., 2009. Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *J. Appl. Ecol.* 46, 683–691.
- Pauthenet Y., Roumet, J. P., Neyroz A., 1994. Influence de la fertilisation azotée sur la végétation de prairies de fauche en vallée d’Aoste (Italie). *Fourrages* 139, 375–378.
- Peyraud J.-L., Cellier P., Donnars C. & Réchauchère O. (éditeurs), 2012. *Les flux d’azote liés aux élevages, réduire les pertes, rétablir les équilibres*. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France). 68 pp.
- Philipp A., Huguenin-Elie O., Flisch R., Gago R., Stutz C., Kessler W. & Sinaj S., 2004. Einfluss der Phosphordüngung auf eine Fromentalwiese. *Agrarforsch.* 11 (3), 86–91.
- Python P., Boessinger M. & Buchmann M., 2010. Teneur moyenne en minéraux majeurs des fourrages secs ventilés selon l’altitude et la situation géographique. *ETH-Schriftenreihe zur Tierernährung* 33, 159–162.
- Reid D., 1978. The effects of frequency of defoliation on the yield response of a perennial ryegrass sward to a wide range of nitrogen application rates. *J. Agr. Sci., Cambridge* 90, 447–457.
- Reid D., 1980. The effects of rates of potassium application on the production and quality of herbage from a perennial ryegrass sward receiving a wide range of nitrogen rates. *J. Agr. Sci., Cambridge* 95, 83–100.
- Reinbott T. M. & Blevins D. G., 1997. Phosphorus and magnesium fertilization interaction with soil phosphorus level: Tall fescue yield and mineral element content. *J. Prod. Agric.* 10, 260–265.
- Roger A., Libohova Z., Rossier N., Joost S., Maltas A., Frossard E. & Sinaj S., 2014. Spatial variability of soil phosphorus in the Fribourg canton, Switzerland. *Geoderma* 217–218, 26–36.
- Salette J. & Huché L., 1991. Diagnostic de l’état de nutrition minérale d’une prairie par l’analyse de végétal: principes, mis en oeuvre, exemples. *Fourrages* 125, 3–18.
- Schärer M., Stamm C., Vollmer T., Frossard E., Oberson A., Flüher H. & Sinaj S., 2007. Reducing phosphorus losses

- from over-fertilized grassland soils proves difficult in the short term. *Soil Use Manage.* 23 (Suppl. 1), 154–164.
- Schlegel P. & Kessler J., 2015. Minéraux et vitamines. Dans: Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive pour les ruminants (Livre vert), chapitre 4, Ed. Agroscope, Posieux. Link: www.agroscope.admin.ch
- Schlegel P., Wyss U., Arrigo Y. & Hess H.-D., 2016. Mineral concentrations of fresh herbage from mixed grassland as influenced by botanical composition, harvest time and growth development. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 219, 226–233.
- Sieber R., 2011. Zusammensetzung von Milch und Milchprodukten schweizerischer Herkunft. ALP Science n°538, Agroscope, Berna. 40 pp.
- Smith G. S., 1985. Critical leaf concentrations for deficiencies of nitrogen, potassium, phosphorus, sulphur, and magnesium in perennial ryegrass. *New Phytol.* 101, 393–409.
- Stamm C., Flühler H., Gächter R., Leuenberger J. & Wunderli H., 1998. Preferential transport of phosphorus in drained grassland soils. *J. Environ. Qual.* 27, 515–522.
- Stroia C., 2007. Etude de fonctionnement de l'écosystème prairial en conditions de nutrition N et P sub limitantes. Application au diagnostic de nutrition. Thèse de doctorat Nn°2446, Institut National Polytechnique de Toulouse.
- Suter D., Rosenberg E., Mosimann E. & Frick R., 2017. Standardmischungen für den Futterbau. Revision 2017–2020. *Agrarforsch. Schweiz* 8 (1), 1–16.
- Thalmann H., 1985. Wirkung belüfteter und unbelüfteter Rindergülle unter Schnitt und Beweidung auf Dauergrünland. Diss. Università tecnica di Monaco (TUM).
- Thomet P., Stettler M., Hadorn M. & Mosimann E., 2008. Pâturages: production pilotée par la fumure azotée. *Rev. suisse Agric.* 40 (1), 41–45.
- Troxler J., Ryser J. P. & Jeangros B., 2008. Influence des déjections bovines sur un gazon de graminées cultivé en lysimètres. *Rev. suisse Agric.* 40 (6), 259–265.
- Unkovich M. J., Baldock J. & Peoples M. B., 2010. Prospects and problems of simple linear models for estimating symbiotic N₂ fixation by crop and pasture legumes. *Plant Soil* 329, 75–89.
- Whitehead D. C., 2000. Nutrient elements in grassland: soil-plant-animal relationships. CAB International, Wallingford, GB. pp 369.
- White-Leech R., Liu K., Sollenberger L.E., Woodard K.R. & Interrante S.M., 2013. Excreta deposition on grassland patches. I. Forage harvested, nutritive value, and nitrogen recovery. *Crop Sci.* 53, 688–695.
- Williams P. H. & Haynes R. J., 1994. Comparison of initial wetting pattern, nutrient concentrations in soil solution and the fate of ¹⁵N labelled urine in sheep and cattle urine patch areas of pasture soil. *Plant Soil* 162, 49–59.
- Williams P. H. & Haynes R. J., 1995. Effect of sheep, deer and cattle dung on herbage production and soil nutrient content. *Grass Forage Sci.* 50, 263–271.
- Wyss U. & Kessler J., 2002. L'intensité d'exploitation des prairies influence la teneur en minéraux de l'herbe. *Rev. suisse Agric.* 9, 292–297.
- Zimmermann M., Koch B., Kessler W. & Besson J. M., 1997. Der Güllezeitpunkt entscheidet über die N-Wirkung. *Agrarforsch.* 4 (3), 133–136.

12. Indice delle tabelle

Tabella 1a. Relazione tra altitudine (m) e potenziale di resa media annua (q SS/ha) delle superfici prative in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.	9/4
Tabella 1b. Esempi di stima della resa media annua raccolta sulle superfici prative in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento, nonché dell'altitudine; stime eseguite utilizzando le equazioni illustrate nella tabella 1a.	9/5
Tabella 2. Tenori in macroelementi delle superfici prative con composizione botanica equilibrata in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.	9/6
Tabella 3a. Prelievi annui e concimazione raccomandata in kg di N, P, K e Mg per unità di SS prodotta sulle superfici prative in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.	9/6
Tabella 3b. Esempi di concimazione raccomandata in kg di N, P, K e Mg per ettaro e anno, calcolata secondo le raccomandazioni della tabella 3a per le rese medie indicative riportate nella tabella 1b, in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento.	9/7
Tabella 4. Rapporto tra prelievi e concimazione raccomandata per P, K e Mg in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento delle superfici prative.	9/9
Tabella 5. Restituzioni in kg di P, K e Mg occasionate da ogni pascolo nel caso di prati concimati e pascolati saltuariamente (sfalcio-pascolo). Le restituzioni vanno dedotte dalla concimazione raccomandata e valgono per un pascolo medio di circa 15 q SS/ha (resa consumata).	9/9
Tabella 6. Prelievi annui e concimazione raccomandata in kg di N, P, K e Mg per miscele di graminacee e leguminose utilizzate come colture intercalari, semine estive di prati temporanei e superfici prative destinate alla produzione di sementi di graminacee e leguminose foraggere in purezza.	9/10
Tabella 7. Concimazione N raccomandata in funzione del tipo di superficie prativa, del tipo di sfruttamento (sfalcio o pascolo) e dell'intensità di gestione.	9/11
Tabella 8. Concimazione raccomandata in funzione dell'interpretazione degli indici di nutrizione fosfatico e potassico.	9/15

13. Indice delle figure

Figura 1. Intensità di gestione delle superfici prative in funzione dell'intensità di sfruttamento e del livello di concimazione (in particolare della concimazione azotata).	9/3
Figura 2. Le rese riportate nelle tabelle 1a e 1b sono al netto delle perdite che avvengono in campo, durante le lavorazioni e la raccolta del foraggio prativo; non così per le perdite di conservazione (insilamento, fieno ventilato, fieno imballato).	9/8
Figura 3. Nelle zone sfavorevoli alla crescita delle graminacee capaci di valorizzare grandi quantità di N, una concimazione N eccessiva favorisce la proliferazione di «altre erbe» nitrofile con fusti grossolani (in questo caso: <i>Heracleum sphondylium</i> L.).	9/10
Figura 4. Influenza della concimazione sulle rese e sui tenori in N, P, K e Mg di un prato da sfalcio. I risultati si riferiscono a 9 anni di confronti tra differenti concimazioni. Questa prova di concimazione è stata eseguita su un prato permanente, gestito intensivamente, dominato dal loglio italico (<i>Lolium multiflorum</i> Lam.) e situato a Hohenrain (610 m d'altitudine, 1100 mm di precipitazioni annue). All'inizio della prova, lo stato di fertilità del suolo era sufficiente per P e K. La resa relativa rappresenta il livello di resa rispetto alla resa massima.	9/12

14. Allegato

Allegato della tabella 2. Tenori in P_2O_5 e K_2O delle superfici prative con composizione botanica equilibrata in funzione del tipo e dell'intensità di sfruttamento (secondo Agroscope 2015b e considerando che l'epoca di sfruttamento è posticipata quando l'intensità di sfruttamento diminuisce).

Tipo e intensità di sfruttamento	Tenore in macroelementi (kg/q di SS)			
	P_2O_5		K_2O	
	Ø ¹	Intervallo ²	Ø ¹	Intervallo ²
Prato				
Intensivo	0,82	0,71–0,96	3,6	3,0–4,1
Mediamente intensivo	0,76	0,64–0,89	3,3	2,8–3,7
Poco intensivo	0,64	0,53–0,78	2,5	2,0–3,1
Estensivo	0,53	0,41–0,64	1,7	1,2–2,2
Pascolo				
Intensivo	0,89	0,78–1,03	3,7	3,3–4,3
Mediamente intensivo	0,82	0,71–0,96	3,5	3,0–4,1
Poco intensivo	0,71	0,60–0,85	3,0	2,5–3,5
Estensivo	0,62	0,50–0,76	2,4	1,9–2,9

¹ Valori medi tra la prima ricrescita primaverile e le ricrescite successive, ponderate secondo il peso percentuale della resa della prima ricrescita primaverile.

² Intervalli che descrivono la dispersione dei valori misurati più frequentemente.



10/ Concimazione in orticoltura

Reto Neuweiler e Jürgen Krauss
Agroscope, 8820 Wädenswil, Svizzera

Contatto: reto.neuweiler@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	10/3
2. Fabbisogno in elementi nutritivi delle colture orticole	10/3
3. Concimazione azotata mirata	10/8
3.1 Determinazione della concimazione azotata secondo il metodo N_{min}	10/8
3.2 Concimazione azotata secondo l'analisi delle piante	10/13
4. Concimazione sulfurea	10/13
4.1 Carezza di zolfo	10/13
4.2 Fabbisogno in zolfo delle colture orticole	10/13
4.3 Distribuzione di concimi contenenti zolfo	10/13
5. Ruolo dei microelementi nella concimazione	10/13
6. Concimazione fogliare.....	10/14
7. Impiego di concimi ottenuti dal riciclaggio	10/15
8. Considerazioni finali	10/15
9. Bibliografia	10/15
10. Indice delle tabelle	10/16

In copertina: coltivazione di cetriolo olandese sotto protezione (fotografia: Carole Parodi, Agroscope).

1. Introduzione

Lo scopo principale della concimazione è preservare gli elementi nutritivi del suolo, reintegrando quelli esportati tramite i raccolti e compensando eventuali perdite di altro tipo. Una concimazione calibrata sul fabbisogno nutritivo delle colture è d'importanza basilare per produrre ortaggi di qualità in modo sostenibile (Finck 1979). Affinché lo sviluppo qualitativo delle colture orticole si svolga correttamente è fondamentale che ogni elemento nutritivo sia disponibile in quantità ottimale durante l'intero ciclo colturale.

Gli ortaggi che crescono in condizioni di carenza temporanea di alcuni elementi nutritivi sono generalmente invendibili, perché non soddisfano le esigenze qualitative richieste dal mercato e dai consumatori (Neuweiler *et al.* 2008). D'altro canto, anche la disponibilità eccessiva di uno o più nutrienti è negativa, perché può favorire l'insorgere di fisiopatie e/o di malattie (Bergmann 1993). In questo ambito, l'eccessiva distribuzione di azoto (N) appare particolarmente critica sia dal punto di vista ecologico sia da quello qualitativo, perché indebolisce i tessuti delle colture, che diventano più sensibili ad urti e pressioni durante la raccolta, la lavorazione e la commercializzazione (Krug 1991). Troppo N riduce frequentemente anche la serbevolezza degli ortaggi da conservazione. Per esempio, l'abbondanza di N verso la fine del ciclo colturale della cipolla ne ritarda la maturazione e può far aumentare la percentuale di bulbi che presentano ispessimenti indesiderati del colletto (Crüger 1982).

Negli ortaggi coltivati per la produzione di foglie e piccoli fogliari l'eccesso di N fa aumentare il tenore in nitrato (NO_3^-) nei prodotti raccolti (Vogel 1996). Il tenore in NO_3^- può superare le soglie di tolleranza, specialmente se la coltura cresce in periodi con scarsa luce naturale, come la primavera e l'autunno (Wonneberger e Keller 2004).

Di solito, l'eccessiva disponibilità di N stimola troppo la crescita delle piante e può indurre fenomeni di carenza secondaria di altri macro- e microelementi nutritivi. Nelle coltivazioni molto rigogliose di insalate e di cavoli, ciò fa aumentare la frequenza con la quale la necrosi marginale colpisce le foglie giovani (necrosi marginale del cuore o «tip burn») (Holtschulze 2005). Negli ortaggi a frutto, la sovraconcimazione N favorisce la comparsa di necrosi apicali, soprattutto in presenza di temperature elevate (Bergmann 1993). Entrambe queste fisiopatie sono legate alla carenza secondaria di calcio (Ca) indotta dall'eccessiva disponibilità di N. Anche apporti di potassio (K) troppo abbondanti possono favorire le necrosi marginali delle foglie e quelle apicali dei frutti, perché il K entra in antagonismo con il Ca riducendone la disponibilità per la pianta.

2. Fabbisogno in elementi nutritivi delle colture orticole

Le tabelle 1a e 1b riportano il **fabbisogno lordo**, il **tenore dei residui colturali** e il **fabbisogno netto** in N, fosforo (P), K e magnesio (Mg) di ortaggi coltivati in campo aperto e sotto protezione.

Il **fabbisogno lordo** corrisponde agli elementi nutritivi assorbiti dalle colture per produrre quantità ottimali di ortaggi di qualità. Tra la raccolta e la commercializzazione dei differenti ortaggi si generano quantità variabili di **residui colturali**. Nel caso di colture orticole in campo aperto, i residui colturali restano quasi sempre in loco, permettendo di dedurre integralmente il loro tenore in P, K, e Mg dalla concimazione della coltura successiva. Per l'N, invece, la quota disponibile dalla coltura successiva si limita a circa l'80 % del suo tenore totale nei residui colturali, a seconda del precedente colturale considerato ($=N_{\text{disponibile}}$). Siccome, però, parte dell'N si perde, soprattutto nel periodo che intercorre tra due colture successive, si stima che solo il 20 % dell' $N_{\text{disponibile}}$ sia effettivamente utilizzabile per la coltura successiva ($=N_{\text{utilizzabile}}$).

Il **fabbisogno netto** corrisponde agli elementi nutritivi esportati tramite i prodotti venduti e va reintegrato con la concimazione. Per P, K e Mg il fabbisogno netto si calcola sottraendo i tenori dei residui colturali rimasti in campo dal fabbisogno lordo, mentre per il calcolo del fabbisogno netto in N si sottrae solamente l' $N_{\text{utilizzabile}}$ ($=20\%$ dell' $N_{\text{disponibile}}$ dei residui colturali).

Il calcolo del fabbisogno in P, K e Mg degli ortaggi si basa su suoli aventi uno stato nutrizionale giudicato «sufficiente» (classe di fertilità C).

Calcolo della concimazione/bilancio degli elementi nutritivi. Se il tenore in P, K e Mg del suolo supera oppure non raggiunge la classe di fertilità C, il fabbisogno lordo delle diverse colture va corretto secondo i risultati dell'analisi del suolo (capitolo 4, modulo 2). Dal fabbisogno lordo corretto vanno quindi dedotti gli elementi nutritivi contenuti nei residui del precedente colturale. Suisse-Bilanz (strumento ufficiale utilizzato dall'UFAG, il cui scopo è fornire la prova che l'azienda ha un bilancio equilibrato di N e P) permette di distribuire apporti supplementari di P solo se li si giustifica presentando il piano di concimazione aziendale, calcolato in funzione dei risultati delle analisi del suolo. Il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz utilizza, come norme di riferimento, il fabbisogno netto in elementi nutritivi delle colture orticole senza considerare le correzioni basate sui risultati delle analisi del suolo.

In orticoltura, i tenori del suolo in elementi nutritivi disponibili si determinano con il metodo d'estrazione all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10) e/o con quello all'acqua ($\text{H}_2\text{O}10$). La scelta del metodo d'analisi dipende dalle caratteristiche del suolo (capitolo 4, modulo 2).

Se si dispone dei risultati di entrambi i metodi d'analisi, il fattore di correzione da moltiplicare per il fabbisogno lordo in P, K e Mg degli ortaggi si calcola facendo la media tra il fattore di correzione risultante dall'analisi all'acetato

d'ammonio + EDTA (AAE10) (1x) e il doppio di quello ottenuto con il metodo all'acqua (H₂O10) (2x) (Gysi *et al.* 2001).

$$\text{Fattore di correzione} = \frac{(1 \times F_{\text{corr}} \text{AAE10} + 2 \times F_{\text{corr}} \text{H}_2\text{O10})}{3}$$

La **concimazione N** si può ottimizzare conoscendo il tenore del suolo in N potenzialmente assorbibile dalle piante. L'analisi dell'N minerale presente nel suolo (metodo N_{min}) dà buone indicazioni sulla sua disponibilità nelle vicinanze delle radici delle colture, ma la sua validità si limita all'epoca in cui si esegue l'analisi.



Tabella 1a. Fabbisogno lordo e fabbisogno netto in elementi nutritivi e tenore in elementi nutritivi dei residui colturali di colture orticole in campo aperto.

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Crucifere														
Cavolfiore	350	300	43,6 (100)	348,5 (420)	30	200	40	26,2 (60)	249 (300)	20	260	17,5 (40)	99,6 (120)	10
Cavolo navone	400	160	21,8 (50)	182,6 (220)	40	60	10	8,7 (20)	83 (100)	20	150	13,1 (30)	99,6 (120)	20
Cavolo broccolo	180	250	21,8 (50)	141,1 (170)	20	150	30	8,7 (20)	66,4 (80)	10	220	13,1 (30)	74,7 (90)	10
Cavolo cinese	600	180	39,3 (90)	249 (300)	30	80	20	13,1 (30)	83 (100)	20	160	26,2 (60)	166 (200)	10
Cavolo cappuccio (cabis) sotto velo di protezione	300	160	34,9 (80)	215,8 (260)	20	100	20	17,5 (40)	91,3 (110)	10	140	17,5 (40)	124,5 (150)	10
Cavolo cappuccio (cabis) da conservazione	500	220	43,6 (100)	273,9 (330)	30	150	30	21,8 (50)	107,9 (130)	10	190	21,8 (50)	166 (200)	20
Cavolo cappuccio (cabis) da taglio	800	300	52,4 (120)	332 (400)	40	200	40	26,2 (60)	124,5 (150)	20	260	26,2 (60)	207,5 (250)	20
Cavolo rapa	300	140	26,2 (60)	149,4 (180)	30	40	10	8,7 (20)	49,8 (60)	10	130	17,5 (40)	99,6 (120)	20
Cavolo rapa da industria	450	180	34,9 (80)	190,9 (230)	40	50	10	13,1 (30)	66,4 (80)	10	170	21,8 (50)	124,5 (150)	30
Rapanello, 10 mazzi/m ²	300	50	8,7 (20)	66,4 (80)	10	0	0	0	0	0	50	8,7 (20)	66,4 (80)	10
Ramolaccio, 8-9 pezzi/m ²	400	120	21,8 (50)	182,6 (220)	20	40	10	4,4 (10)	58,1 (70)	10	110	17,5 (40)	124,5 (150)	10
Cavolo di Bruxelles	250	300	48,0 (110)	307,1 (370)	20	200	40	26,2 (60)	166 (200)	15	260	21,8 (50)	141,1 (170)	5
Rapa autunnale e primaverile	400	150	21,8 (50)	207,50 (250)	30	60	10	8,7 (20)	83 (100)	10	140	13,1 (30)	124,5 (150)	20
Verza, leggera	300	140	17,5 (40)	199,2 (240)	20	100	20	4,4 (10)	83 (100)	10	120	13,1 (30)	116,2 (140)	10
Verza, pesante	400	170	26,2 (60)	232,4 (280)	20	150	30	8,7 (20)	99,6 (120)	10	140	17,5 (40)	132,8 (160)	10
Cima di rapa	400	170	26,2 (60)	232,4 (280)	20	150	30	8,7 (20)	99,6 (120)	10	140	17,5 (40)	132,8 (160)	10
Rucola, un taglio	200	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10	0	0	0	0	0	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10
Rucola, due tagli	300	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20	0	0	0	0	0	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Asteracee														
Cicoria belga	400	80	26,2 (60)	207,5 (250)	50	50	10	4,4 (10)	83 (100)	20	70	21,8 (50)	124,5 (150)	30
Cicorino rosso e radicchio	160	120	17,5 (40)	116,2 (140)	20	40	10	8,7 (20)	41,5 (50)	10	110	8,7 (20)	74,7 (90)	10
Indivia scarola	350	140	17,5 (40)	166 (200)	30	60	10	4,4 (10)	33,2 (40)	10	130	13,1 (30)	132,8 (160)	20
Indivia scarola	600	180	21,8 (50)	207,5 (250)	30	100	20	4,4 (10)	41,5 (50)	10	160	17,4 (40)	166 (200)	20
Insalate, lattughe diverse	350	100	17,5 (40)	99,6 (120)	20	40	10	8,7 (20)	41,5 (50)	10	90	8,7 (20)	58,1 (70)	10
Insalate, lattughe diverse	600	120	21,8 (50)	149,4 (180)	20	50	10	4,4 (10)	49,8 (60)	10	110	17,5 (40)	99,6 (120)	10
Insalata da taglio	150	60	13,1 (30)	83 (100)	20	20	0	4,4 (10)	33,2 (40)	0	60	8,7 (20)	49,8 (60)	20
Scorzonera	250	130	17,5 (40)	124,5 (150)	20	60	10	4,4 (10)	41,5 (50)	10	120	13,1 (30)	83 (100)	10
Cicoria pan di zucchero	350	140	21,8 (50)	149,4 (180)	30	60	10	13,1 (30)	74,7 (90)	20	130	8,7 (20)	74,7 (90)	10
Cicoria pan di zucchero «convenience»	600	170	21,8 (50)	149,4 (180)	30	60	10	13,1 (30)	74,7 (90)	20	160	8,7 (20)	74,7 (90)	10
Ombrellifere														
Finocchio	400	180	21,8 (50)	232,4 (280)	30	100	20	8,7 (20)	83 (100)	10	160	13,1 (30)	149,4 (180)	20
Carota tonda di Parigi	250	60	17,5 (40)	132,8 (160)	20	40	10	4,4 (10)	49,8 (60)	10	50	13,1 (30)	83 (100)	10
Carota precoce a mazzi	350	100	21,8 (50)	149,4 (180)	30	20	0	4,4 (10)	33,2 (40)	10	100	17,5 (40)	116,2 (140)	20
Carota da conservazione e da industria	600	120	26,2 (60)	315,4 (380)	30	70	10	8,7 (20)	107,9 (130)	10	110	17,5 (40)	207,5 (250)	20
Carota da conservazione e da industria	900	150	30,5 (70)	377,6 (455)	30	100	20	8,7 (20)	128,6 (155)	10	130	21,8 (50)	249 (300)	20
Prezzemolo	250	100	17,5 (40)	132,8 (160)	20	20	0	4,4 (10)	33,2 (40)	0	100	13,1 (30)	99,6 (120)	20
Sedano rapa	600	210	39,3 (90)	415 (500)	40	100	20	8,7 (20)	166 (200)	20	190	30,5 (70)	249 (300)	20
Sedano da coste	600	200	34,9 (80)	332 (400)	30	80	20	4,4 (10)	83 (100)	10	180	30,5 (70)	249 (300)	20
Chenopodiacee														
Bietola da coste	1000	160	34,9 (80)	249 (300)	50	40	10	8,7 (20)	66,4 (80)	20	150	26,2 (60)	182,6 (220)	30
Barbabietola rossa	600	150	21,8 (50)	182,6 (220)	40	60	10	4,4 (10)	49,8 (60)	20	140	17,5 (40)	132,8 (160)	20
Spinacio non svernante, semina prima della metà di aprile, un taglio	120	170	10,9 (25)	166 (200)	20	40	10	2,2 (5)	41,5 (50)	5	160	8,7 (20)	124,5 (150)	15
Spinacio non svernante, semina dopo la metà di aprile, un taglio	120	140	10,9 (25)	166 (200)	20	40	10	2,2 (5)	41,5 (50)	5	130	8,7 (20)	124,5 (150)	15

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Spinacio svernante, un taglio	120	190	10,9 (25)	166 (200)	20	40	10	2,2 (5)	41,5 (50)	5	180	8,7 (20)	124,5 (150)	15
Spinacio, due tagli	200	160	26,2 (60)	199,2 (240)	30	60	10	8,7 (20)	49,8 (60)	10	150	17,5 (40)	149,4 (180)	20
Leguminose														
Fagiolino nano o rampicante, raccolta manuale	150	30	26,2 (60)	166 (200)	10	150	30	17,5 (40)	107,9 (130)	5	0	8,7 (20)	58,1 (70)	5
Fagiolo da industria	90	20	17,5 (40)	124,5 (150)	10	140	20	13,1 (30)	99,6 (120)	5	0	4,4 (10)	24,9 (30)	5
Pisello da industria	70	20	24,0 (55)	174,3 (210)	20	120	20	15,3 (35)	124,5 (150)	15	0	8,7 (20)	49,8 (60)	5
Pisello fresco e taccola	100	0	21,8 (50)	174,3 (210)	20	40	0	8,7 (20)	83 (100)	10	0	13,1 (30)	91,3 (110)	10
Sovescio di leguminose	300	0	0	0	0	50	0	8,7 (20)	41,5 (50)	10	0	0	0	0
Cucurbitacee														
Cetriolo da sottaceto	300	150	21,8 (50)	207,5 (250)	30	60	10	8,7 (20)	66,4 (80)	10	140	13,1 (30)	141,1 (170)	20
Melone	400	150	21,8 (50)	207,5 (250)	60	60	10	8,7 (20)	66,4 (80)	20	140	13,1 (30)	141,1 (170)	40
Zucchina, zucca e patisson	500	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10	100	20	4,4 (10)	41,5 (50)	0	130	8,7 (20)	83 (100)	10
Solanacee														
Melanzana	400	190	21,8 (50)	166 (200)	30	80	20	13,1 (30)	58,1 (70)	20	170	8,7 (20)	107,9 (130)	10
Pomodoro ¹	800	130	21,8 (50)	215,8 (260)	30	0	0	0	0	0	130	21,8 (50)	215,8 (260)	30
Liliacee														
Porro	500	220	30,5 (70)	232,4 (280)	30	100	20	13,1 (30)	83 (100)	10	200	17,5 (40)	149,4 (180)	20
Erba cipollina	300	180	17,5 (40)	149,4 (180)	30	60	10	4,4 (10)	49,8 (60)	10	170	13,1 (30)	99,6 (120)	20
Asparago bianco ¹	50	140	13,1 (30)	107,9 (130)	20	0	0	0	0	0	140	13,1 (30)	107,9 (130)	20
Asparago verde ¹	25	150	13,1 (30)	91,3 (110)	20	0	0	0	0	0	150	13,1 (30)	91,3 (110)	20
Cipolla	600	130	26,2 (60)	132,8 (160)	20	0	0	0	0	0	130	26,2 (60)	132,8 (160)	20
Specie diverse														
Sovescio senza leguminose	400	30	0	0	0	20	0	8,7 (20)	41,5 (50)	10	30	0	0	0
Erbe aromatiche, piccole	50	40	6,5 (15)	49,8 (60)	10	0	0	0	0	0	40	6,5 (15)	49,8 (60)	10
Erbe aromatiche, medie	150	70	17,5 (40)	157,7 (190)	25	0	0	4,4 (10)	24,9 (30)	10	70	13,1 (30)	132,8 (160)	15
Erbe aromatiche, da medie a grandi	300	120	24,0 (55)	203,3 (245)	35	0	0	6,5 (15)	37,3 (45)	15	120	17,5 (40)	166 (200)	20
Erbe aromatiche, grandi	500	170	30,5 (70)	257,3 (310)	45	40	10	8,7 (20)	49,8 (60)	20	160	21,8 (50)	207,5 (250)	25

¹ Di solito, i residui colturali si allontanano dalla parcella. * N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Valerianella o formentino	100	50	8,7 (20)	49,8 (60)	10	0	0	0	0	0	50	8,7 (20)	49,8 (60)	10
Rabarbaro	450	140	21,8 (50)	182,6 (220)	30	60	10	8,7 (20)	83 (100)	20	130	13,1 (30)	99,6 (120)	10
Mais dolce	180	150	34,9 (80)	215,8 (260)	30	0	0	13,1 (30)	132,8 (160)	10	150	21,8 (50)	83 (100)	20
Media coltura orticola in campo aperto		130	19,6 (45)	153,5 (185)	25	50	10	6,5 (15)	53,9 (65)	10	120	13,1 (30)	99,6 (120)	15

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1b. Fabbisogno lordo e fabbisogno netto in elementi nutritivi e tenore in elementi nutritivi dei residui colturali di colture orticole in serra e tunnel.

Coltura orticola in serra e tunnel	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Melanzana in piena terra	900	200	43,6 (100)	290,5 (350)	50	0	0	0	0	0	200	43,6 (100)	290,5 (350)	50
Fagiolo rampicante ^a	500	0-40	34,9 (80)	149,4 (180)	30	40	0	0	0	0	40	34,9 (80)	149,4 (180)	30
Indivia scarola autunnale	450	140	21,8 (50)	149,4 (180)	30	0	0	0	0	0	140	21,8 (50)	149,4 (180)	30
Cetrioli in piena terra, 30 pezzi/m ²	1500	200	43,6 (100)	249 (300)	60	0	0	0	0	0	200	43,6 (100)	249 (300)	60
Cetrioli in piena terra, 50 pezzi/m ² ^b	2500	300	65,4 (150)	332 (400)	80	0	0	0	0	0	300	65,4 (150)	332 (400)	80
Cavolo rapa	450	140	26,2 (60)	166 (200)	30	0	0	0	0	0	140	26,2 (60)	166 (200)	30
Bietola da coste	900	200	43,6 (100)	332 (400)	50	0	0	0	0	0	200	43,6 (100)	332 (400)	50
Crescione ^a	130	20	4,4 (10)	24,9 (30)	10	0	0	0	0	0	20	4,4 (10)	24,9 (30)	10
Porro	500	160	26,2 (60)	(220)	30	0	0	0	0	0	160	26,2 (60)	182,6 (220)	30
Valerianella o formentino ^a	120	50	4,4 (10)	49,8 (60)	10	0	0	0	0	0	50	4,4 (10)	49,8 (60)	10
Peperone in piena terra	600	160	21,8 (50)	207,5 (250)	30	0	0	0	0	0	160	21,8 (50)	207,5 (250)	30
Prezzemolo	300	100	21,8 (50)	149,4 (180)	20	0	0	0	0	0	100	21,8 (50)	149,4 (180)	20
Portulaca	150	70	8,7 (20)	74,7 (90)	20	0	0	0	0	0	70	8,7 (20)	74,7 (90)	20

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}^a La concimazione N si può tralasciare se la coltura precedente libera rilevanti quantità di N.^b La concimazione va adeguata proporzionalmente all'aumento di resa.

Tabella 1b (continuazione)

Coltura orticola in serra e tunnel	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Rapanello, 20 mazzi/m ² ^a	400	60	13,1 (30)	83 (100)	20	0	0	0	0	0	60	13,1 (30)	83 (100)	20
Ramolaccio 18 pezzi/m ²	600	90	21,8 (50)	166 (200)	30	0	0	0	0	0	90	21,8 (50)	166 (200)	30
Rucola, un taglio	200	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10	0	0	0	0	0	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10
Rucola, due tagli	300	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20	0	0	0	0	0	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20
Lattuga cappuccio, iceberg, lollo	400	80	13,1 (30)	116,2 (140)	20	0	0	0	0	0	80	13,1 (30)	116,2 (140)	20
Erba cipollina, una coltura ^c	300	100	17,5 (40)	149,4 (180)	30	0	0	0	0	0	100	17,5 (40)	149,4 (180)	30
Insalata da taglio	150	50	4,4 (10)	41,5 (50)	10	0	0	0	0	0	50	4,4 (10)	41,5 (50)	10
Sedano da condimento, 40 pezzi/m ²	600	120	30,5 (70)	182,6 (220)	30	0	0	0	0	0	120	30,5 (70)	182,6 (220)	30
Spinacio	120	100	13,1 (30)	116,2 (140)	20	0	0	0	0	0	100	13,1 (30)	116,2 (140)	20
Pomodoro in piena terra	1200	170	34,9 (80)	282,2 (340)	60	0	0	0	0	0	170	34,9 (80)	282,2 (340)	60
Pomodoro in piena terra	1800	250	43,6 (100)	415 (500)	80	0	0	0	0	0	250	43,6 (100)	415 (500)	80
Pomodoro in piena terra	2400	330	69,8 (160)	564,4 (680)	120	0	0	0	0	0	330	69,8 (160)	564,4 (680)	120
Pomodoro in piena terra	3000	400	87,3 (200)	705,4 (850)	150	0	0	0	0	0	400	87,3 (200)	705,4 (850)	150
Zucchina e patisson	600	160	13,1 (30)	124,5 (150)	10	0	0	0	0	0	160	13,1 (30)	124,5 (150)	10
Coltura orticola media in serra e tunnel		130	26,2 (60)	182,6 (220)	35	0	0	0	0	0	130	26,2 (60)	182,6 (220)	35

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}^c La forzatura dell'erba cipollina si esegue senza concimazione supplementare.

3. Concimazione azotata mirata

3.1 Determinazione della concimazione azotata secondo il metodo N_{min}

Le tabelle 1a e 1b riassumono il fabbisogno N delle principali colture orticole. Gli orticoltori che determinano la concimazione N tenendo conto della quantità di N minerale presente nel suolo si basano sul confronto dei risultati dell'analisi N_{min} con i valori di riferimento, riportati nelle tabelle 2a e 2b, che esprimono la quantità di N minerale a disposizione degli ortaggi in un determinato momento del loro ciclo colturale (Wonneberger e Keller 2004). La profondità di prelievo dei campioni per l'analisi N_{min} è legata alla profondità di radicazione delle diverse specie d'ortaggi (Gysi et al. 1997). Per le colture orticole il cui appa-

rato radicale occupa un volume limitato di suolo e si limita a colonizzarne lo strato superficiale, la profondità di prelievo va da 0 a 30 cm. Nel caso l'apparato radicale sia più esteso e colonizzi il suolo in profondità, i campioni di suolo si prelevano da 0 a 60 cm. Affinché il campionamento sia rappresentativo, servono almeno 12 prelievi distribuiti sulla diagonale della parcella interessata. L'analisi N_{min} dà risultati affidabili solo se il campionamento si esegue almeno quattro settimane dopo l'ultima concimazione N.

I campioni appena prelevati non devono scaldarsi, quindi vanno trasferiti, immediatamente dopo il prelievo in appositi contenitori refrigerati. Se non è possibile consegnare direttamente i campioni al laboratorio d'analisi, bisogna congelarli, per evitare che la mineralizzazione dell'N prosegua nei sacchetti.

I risultati dell'analisi N_{\min} consentono di calcolare i kg di N/ha disponibili per le piante nel volume di suolo occupato dalle loro radici. Questo valore N_{\min} si confronta, quindi, con i valori di riferimento riportati nella tabelle 2a e 2b, che esprimono la quantità di N minerale a disposizione degli ortaggi in un determinato momento del loro ciclo colturale. La quantità di N da distribuire si ottiene sottraendo ai valori tabulari quelli ottenuti con l'analisi N_{\min} . L'analisi N_{\min} dà un'immagine istantanea della situazione esistente

e non permette di fare previsioni sulla mineralizzazione che si può svolgere nel prosieguo del ciclo colturale.

$$N \text{ da distribuire (kg N/ha)} = \text{Valore di riferimento } N_{\min} - \text{tenore } N_{\min} \text{ del suolo}$$

La concimazione N basata sui risultati dell'analisi N_{\min} va inserita in Suisse-Bilanz e nel piano di concimazione.

Tabella 2a. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in campo aperto.

Le caselle con fondo grigio indicano l'epoca raccomandata per eseguire l'analisi N_{\min} .

Cultura orticola in campo aperto	Resa kg/a	Fabbisogno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore di riferimento N_{\min} (kg N/ha)						
				Attenzione: l'analisi N_{\min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Crucifere										
Cavolfiore	350	300	60	140	330	270	180	140	100	70
Cavolo navone	400	160	60	–	190	170	120	80	50	30
Cavolo broccolo	180	250	60	140	280	220	160	110	60	–
Cavolo cinese seminato	600	180	60	–	230	190	120	80	50	–
Cavolo cinese trapiantato	600	180	60	110	200	150	80	50	–	–
Cavolo cappuccio (cabis) sotto velo di protezione	300	160	60	120	190	150	100	60	50	50
Cavolo cappuccio (cabis) da conservazione	500	220	60	140	240	190	130	60	50	50
Cavolo cappuccio (cabis) da taglio	800	300	60	150	320	260	160	100	50	50
Cavolo rapa	300	140	30	80	170	120	60	40	40	–
Cavolo rapa da industria	450	180	30	90	200	150	80	50	40	–
Rapanello, 10 mazze/m ²	300	50	30	90	90	40	40	–	–	–
Ramolaccio, 8–9 pezzi/m ²	400	120	30	–	150	120	80	40	–	–
Cavolo di Bruxelles	250	300	60	140	320	250	180	100	50	50
Rapa autunnale e primaverile	400	150	60	90	180	130	70	40	40	–
Verza, leggera	300	140	60	160	140	130	110	80	50	–
Verza, pesante	400	170	60	180	160	140	120	100	80	60
Cima di rapa	400	170	60	180	160	140	120	100	80	60
Rucola, un taglio	200	150	30	100	160	150	120	90	70	50
Rucola, due tagli	300	210	30	100	160	150	120	120	80	50
Asteracee										
Cicoria belga	400	80	60	–	–	80	80	50	50	–
Cicorino rosso o radicchio seminato	160	120	60	–	160	130	100	80	60	40
Cicorino rosso o radicchio trapiantato	160	120	30	80	140	110	80	40	–	–
Indivia scarola seminata	350	140	60	–	180	160	130	100	70	40
Indivia scarola seminata	600	180	60	–	220	200	160	120	80	50

¹ Il valore di riferimento N_{\min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{\min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{\min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{\min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{\min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

– Analisi N_{\min} e concimazione N da evitare.

Tabella 2a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa kg/a	Fabbiso- gno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore di riferimento N _{min} (kg N/ha) Attenzione: l'analisi N _{min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Indivia scarola trapiantata	350	140	30	80	170	140	110	80	40	–
Indivia scarola trapiantata	600	180	30	100	190	160	130	100	50	–
Insalate, lattughe diverse	350	100	30	100	130	70	40	40	–	–
Insalate, lattughe diverse	600	120	30	100	130	70	40	40	–	–
Insalata da taglio	150	60	30	50	80	70	50	30	–	–
Scorzonera	250	130	60	–	170	170	160	160	150	140
Cicoria pan di zucchero seminata	350	140	60	–	180	160	130	100	70	40
Cicoria pan di zucchero trapiantata	350	140	30	80	170	150	120	90	60	40
Cicoria pan di zucchero trapiantata	600	170	30	100	190	170	140	110	70	40
Ombrellifere										
Finocchio seminato	400	180	60	–	200	190	160	130	90	40
Finocchio trapiantato	400	160	30	80	180	150	120	80	40	–
Carota tonda di Parigi	250	60	60	–	90	90	70	50	30	30
Carota precoce a mazzi	350	100	60	–	–	130	120	80	40	30
Carota da conservazione e da industria	600	120	60	–	150	150	100	50	30	30
Carota da conservazione e da industria	900	150	60	–	180	170	120	70	30	30
Prezzemolo seminato	250	100	60	–	–	–	150	140	130	120
Prezzemolo trapiantato	250	100	30	60	150	140	130	120	110	100
Prezzemolo svernante	150	100	30	60	120	110	100	90	F	100
Sedano rapa	600	200	60	100	190	180	170	120	100	80
Sedano da coste	600	210	60	100	230	200	160	130	100	40
Chenopodiacee										
Bietola da coste seminata	1000	160	60	–	200	190	170	140	120	100
Bietola da coste trapiantata	1000	160	60	70	180	170	150	130	110	100
Barbabietola rossa	600	150	60	–	–	180	160	140	120	100
Spinacio non svernante, semina prima della metà di aprile, un taglio	120	170	30	–	160	150	110	50	–	–
Spinacio non svernante, semina dopo la metà di aprile, un taglio	120	140	30	–	160	150	110	50	–	–
Spinacio svernante, un taglio	120	190	30	–	160 ³	150	110	50	–	–
Spinacio, due tagli	200	160	30	–	160	150	110	110	110	50

¹ Il valore di riferimento N_{min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

³ Settimane dopo il risveglio vegetativo primaverile.

– Analisi N_{min} e concimazione N da evitare.

F Valore N_{min} al risveglio vegetativo primaverile.

Tabella 2a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa kg/a	Fabbiso- gno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore di riferimento N _{min} (kg N/ha) Attenzione: l'analisi N _{min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Leguminose										
Fagiolino nano o rampicante, raccolta manuale	150	0	30	30	30	30	30	30	–	–
Fagiolo da industria	90	0	30	30	30	30	30	30	–	–
Pisello da industria	70	0	60	–	30	30	30	30	30	30
Taccola	100	0	60	–	30	30	30	30	30	–
Cucurbitacee										
Cetriolo, cetriolo da sottaceto	300	150	30	100	180	160	130	100	70	50
Melone	400	150	30	100	180	160	130	100	70	50
Zucchina, zucca e patisson	500	150	60	100	180	140	120	100	80	50
Solanacee										
Melanzana	400	190	60	100	230	200	160	100	70	50
Pomodoro	800	130	60	100	140	120	100	80	80	50
Liliacee										
Porro seminato	500	220	60	–	–	–	260	220	180	150
Porro trapiantato	500	220	60	130	250	210	170	140	120	100
Porro svernante	200	170	60	100	170	160	150	120	F	120
Erba cipollina seminata	300	180	60	–	240	240	220	200	180	150
Erba cipollina trapiantata	300	180	60	90	220	200	180	160	140	120
Asparago bianco	50	140	60	E	170	170	170	170	170	170
Asparago verde	25	150	60	E	180	180	180	180	130	100
Cipolla seminata	600	130	60	–	–	180	150	120	100	100
Cipolla trapiantata	600	130	60	–	170	140	110	70	50	–
Cipolla svernante	300	120	60	–	80	70	60	50	F	100
Specie diverse										
Erbe aromatiche piccole	50	40	30	80	80	70	60	50	40	30
Erbe aromatiche medie	150	70	30	90	120	110	90	70	50	30
Erbe aromatiche da medie a grandi	300	120	30	100	200	180	160	110	70	30
Erbe aromatiche grandi	500	170	60	120	200	180	160	110	70	30
Valerianella o formentino	100	50	30	–	–	80	70	50	30	30
Rabarbaro	450	140	60	–	E	170	–	–	–	–
Mais dolce	180	150	60	100	190	180	150	110	80	50

¹ Il valore di riferimento N_{min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

– Analisi N_{min} e concimazione N da evitare.

F Valore N_{min} al risveglio vegetativo primaverile.

E Valore N_{min} dopo la raccolta; suddividere la concimazione N in due apporti; non distribuire N dopo la fine di luglio; per rabarbaro e asparago verde si raccomanda una concimazione N parziale aggiuntiva, prima dell'inizio della raccolta.

Tabella 2b. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in serra e tunnel.Le caselle con fondo grigio indicano l'epoca raccomandata per eseguire l'analisi N_{\min} .

Coltura orticole in serra e tunnel	Resa kg/a	Fabbisogno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore indicativo N_{\min} (kg N/ha)						
				Attenzione: l'analisi N_{\min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Melanzana	900	200	60	180	170	160	150	140	130	120
Fagiolo rampicante	500	40	30	50	50	50	50	50	50	50
Indivia scarola autunnale	450	140	30	90	180	150	120	80	50	–
Cetriolo, 30 pezzi/m ²	1500	200	60	180	170	160	150	140	120	50
Cetriolo, 50 pezzi/m ²	2500	300	60	180	170	160	150	140	120	120
Cavolo rapa	450	140	30	170	190	140	90	50	–	–
Bietola da coste	900	200	60	160	240	220	200	170	140	100
Crescione	130	20	30	30	30	–	–	–	–	–
Porro	500	160	30	100	210	230	200	160	100	50
Valerianella o formentino seminato	140	50	30	30	30	30	30	30	30	–
Valerianella o formentino trapiantato	120	50	30	30	30	30	30	–	–	–
Peperone	600	160	60	110	210	200	190	180	160	140
Prezzemolo	300	100	30	70	150	140	130	120	110	90
Rapanello, 20 mazzi/m ²	400	60	30	100	80	60	40	–	–	–
Ramolaccio, 18 pezzi/m ²	600	90	30	130	120	100	80	60	40	–
Rucola e portulaca, un taglio	200	150	30	100	160	150	120	90	70	50
Rucola e portulaca, due tagli	300	210	30	100	160	150	120	120	80	50
Lattuga cappuccio, iceberg, lollo	400	80	30	100	100	100	80	40	–	–
Erba cipollina (per coltura)	300	100	30	90	130	120	110	100	90	80
Insalata da taglio	150	50	30	70	70	30	30	–	–	–
Sedano da condimento, 40 pezzi/m ²	600	120	30	100	170	170	150	100	70	50
Spinacio	120	100	30	100	140	130	120	100	80	50
Pomodoro	1200	170	60	160	150	140	130	120	110	50
Pomodoro	1800	250	60	160	150	140	130	120	110	100
Pomodoro	2400	330	60	160	150	140	130	120	110	100
Pomodoro	3000	400	60	160	150	140	130	120	110	100
Zucchini e patisson	600	160	60	100	180	140	120	100	80	50

¹ Il valore di riferimento N_{\min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{\min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{\min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{\min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{\min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

– Analisi N_{\min} e concimazione N da evitare.

Promemoria: Le prescrizioni emanate dal marchio SUISSSE GARANTIE e dall'associazione SwissGAP limitano a 60 kg/ha i singoli apporti di N distribuiti sotto forma di NO_3^- .

3.2 Concimazione azotata secondo l'analisi delle piante

L'analisi del tenore in NO_3^- degli ortaggi può fornire indicazioni utili su loro livello effettivo di nutrizione N. Questo metodo consente di decidere velocemente se, e quanto, N complementare è opportuno distribuire. Siccome non si tratta di un metodo d'analisi esatto nel senso stretto del termine, contrariamente a ciò che è il caso per il metodo N_{\min} , non è riconosciuto nel quadro della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER), per giustificare fabbisogni in N che superano la norma ufficiale.

4. Concimazione sulfurea

Fino in tempi recenti, le ricadute atmosferiche consentivano di coprire la maggior parte delle esigenze in zolfo (S) delle principali colture orticole. Siccome questa fonte di approvvigionamento è in continua diminuzione (Flich et al. 2009), la sostanza organica (SO) del suolo assume sempre più il ruolo di principale fonte di rifornimento S per le piante coltivate. I suoli ricchi in SO e le parcelle sulle quali si distribuiscono regolarmente concimi aziendali e/o compost sono potenzialmente in grado di rifornire le colture in S con efficacia maggiore. La mineralizzazione della SO, oltre a liberare N e P, rilascia anche S sotto forma di solfato (SO_4^{2-}).

4.1 Carenza di zolfo

Lo S gioca un ruolo in molti processi metabolici, tra i quali c'è anche la sintesi clorofilliana. Inoltre, esso è un costituente essenziale di molti amminoacidi importanti e di altre componenti organiche delle piante, quali i glucosinolati (Bergmann 1993). Questi ultimi sono importanti costituenti delle sostanze aromatiche, che caratterizzano diversi tipi di cavolo e altre specie di colture della famiglia delle crucifere. Ad altre molecole organiche contenenti S vanno, invece, in gran parte attribuiti il gusto e l'aroma pungente delle parti commestibili di alcune specie d'ortaggi, quali: cipolla, aglio, porro e asparago.

La carenza di S si osserva inizialmente sulle foglie più giovani, dove si manifesta con lo scolorimento del lembo fogliare, che assume tonalità da verde pallido a giallo. In casi estremi, ingialliscono anche le nervature.

4.2 Fabbisogno in zolfo delle colture orticole

Le colture orticole di gran lunga più esigenti in S appartengono alla famiglia delle crucifere (diverse specie di cavoli, rapanello, ramolaccio, rucola, rafano), con fabbisogni che possono raggiungere 80 kg di S/ha. Anche le liliacee (cipolla, aglio, porro), così come le leguminose (fagiolo, pisello) presentano fabbisogni in S elevati. I fabbisogni delle insalate appartenenti alla famiglia delle asteracee sono, invece, relativamente più modesti (Bergmann 1993).

In generale, le colture primaverili precoci sono più esigenti in S rispetto a quelle estive e autunnali. Nelle regioni dove le precipitazioni sono da medie ad abbondanti, gran parte

del SO_4^{2-} disponibile per le piante, ancora presente nello strato superficiale del suolo a fine autunno, viene dilavata in profondità durante il periodo di riposo vegetativo. Ne consegue che le radici della maggior parte delle colture orticole non riescono più ad assorbirlo durante la primavera successiva. Considerando anche che la mobilizzazione dello S contenuto nella SO del suolo inizia solo quando le temperature sono sufficientemente elevate, si capisce perché la carenza di S si manifesta soprattutto in primavera, quando si coltivano ortaggi con esigenze in S da medie a elevate. Le colture più a rischio sono quelle precoci, coltivate sotto velo di protezione.

In primavera, i sintomi si manifestano in modo marcato soprattutto sulle colture svernanti, quali cavolfiore, cipolla e aglio. Anche se lo spinacio ha bisogno di poco S in assoluto, non è raro osservare evidenti clorosi primaverili su colture di spinacio svernanti (Reif et al. 2012). In primavera, il SO_4^{2-} distribuito con la concimazione di base dell'anno precedente non è praticamente più disponibile per le colture orticole svernanti. Per questo motivo, bisogna distribuire nuovamente concimi contenenti S prima del risveglio vegetativo.

4.3 Distribuzione di concimi contenenti zolfo

Numerose prove, svolte da Agroscope su colture precoci di ortaggi esigenti in S, mostrano che la carenza di S si può risolvere definitivamente distribuendo P, K e Mg tramite concimi contenenti anche SO_4^{2-} (superfosfato, solfato di potassio, solfato di magnesio, ecc.) (capitolo 4.2, modulo 4). Un'altra possibilità consiste nell'utilizzare solfato ammonico oppure concimi ENTEC® contenenti S, per prevenirne la carenza.

Prove incentrate sull'approvvigionamento in S di colture di cavolo rapa precoce hanno mostrato che una concimazione di base contenente S consente di ottenere un numero di pezzi (fusto ingrossato con foglie) commercializzabili che può superare dell'85% la resa ottenuta con una concimazione priva di S. Si è constatato come l'apporto di 75 kg S/ha si riveli sufficiente. Se si soddisfa il fabbisogno delle colture in P, K e Mg con concimi contenenti SO_4^{2-} , si copre interamente anche il loro fabbisogno in S, compreso quello delle specie di cavoli molto esigenti. Per evitare la comparsa di clorosi fogliari sullo spinacio svernante, che pregiudicano la qualità del prodotto, è sufficiente distribuire quantità di S dell'ordine di 10 kg/ha in primavera, prima del risveglio vegetativo.

5. Ruolo dei microelementi nella concimazione

La concimazione con microelementi è necessaria nei suoli che ne sono poveri per natura oppure quando la disponibilità di alcuni di essi è limitata da pH estremi (tabella 3). Bisogna tuttavia considerare che, in caso di pH sfavorevoli, una quota considerevole dei microelementi distribuiti viene fissata nel suolo e risulta poco disponibile per le piante (Schachtschabel et al. 1984). Nei suoli acidi, l'utilizzo di concimi a reazione basica e/o la calcitazione possono migliorare

Tabella 3. Sintesi su significato e impiego di microelementi in orticoltura.

Elemento	Culture orticole e situazioni ambientali potenzialmente carenti	Formulazione abituale	Informazioni complementari
Ferro (Fe)	Diversi ortaggi precoci coltivati su suoli pesanti ed alcalini, talvolta soggetti a ristagno idrico.	Solfato di Fe, chelato di Fe	Valori di pH alcalini limitano fortemente l'azione del solfato di Fe sul suolo.
Manganese (Mn)	Cipolla, patata, fagiolo, cetriolo, spinacio e insalata coltivati su suoli alcalini.	Solfato di Mn, chelato di Mn	Valori di pH da neutri ad alcalini riducono l'efficacia del solfato di Mn distribuito sul suolo. Valori di pH acidi aumentano considerevolmente la disponibilità di Mn nel suolo. Ne consegue che, in suoli pesanti e ben provvisti di questo microelemento, il Mn può diventare fitotossico. Il ristagno idrico può favorire in modo eccessivo la sua solubilità.
Boro (B)	Barbabietola rossa, sedano rapa, spinacio, bietola da coste, cavolfiore, cavolo broccolo e cavolo rapa coltivati su suoli alcalini e in condizioni siccitose.	Borace, acido borico	Se il pH del suolo è elevato e la siccità persiste si raccomanda, come misura immediata, di intervenire per via fogliare.
Zinco (Zn)	Le colture orticole più sensibili alla carenza di Zn sono il fagiolo, la cipolla e lo spinacio.	Solfato di Zn, chelato di Zn	Le colture orticole mostrano molto raramente sintomi di carenza in Zn. Perciò non bisogna quasi mai intervenire con concimazioni specifiche.
Molibdeno (Mo)	Il cavolfiore è una tipica coltura indicatrice della carenza di Mo. Questa carenza si può talvolta verificare anche in altre crucifere, come il cavolo rapa. La carenza in Mo si manifesta principalmente su suoli acidi.	Molibdato di sodio (Na), molibdato d'ammonio	In presenza di sintomi di carenza acuta su cavolfiore coltivato in terreni acidi, si raccomanda di distribuire Mo per via fogliare.

la disponibilità dei microelementi a medio e lungo termine (capitolo 5, modulo 2).

La distribuzione di concimi contenenti chelati di Fe, Mn e Zn migliora la disponibilità di questi microelementi per le piante (Odet *et al.* 1982). Nei chelati sopraccitati, i microelementi, in forma ionica, si legano, tramite più legami, a un composto organico che li circonda letteralmente, stabilizzandoli e impedendone la fissazione da parte delle componenti del suolo. Le forme di chelato che rimangono sufficientemente stabili a pH elevati sono relativamente costose. Il loro impiego si giustifica solo per colture orticole con valore aggiunto da medio a elevato.

Sovente, la concimazione con microelementi per via fogliare è l'intervento più efficace per rimediare a una carenza in tempi brevi. Per ciò che concerne i microelementi, la differenza tra carenza ed eccesso è molto piccola (Trott 2013). L'impiego inappropriato di concimi contenenti microelementi può portare rapidamente a una situazione di eccessiva disponibilità, con conseguente danneggiamento della coltura. Per questa ragione, quando si distribuiscono concimi contenenti microelementi si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

6. Concimazione fogliare

Le foglie sono in grado di assorbire gli elementi nutritivi disciolti in una pellicola d'acqua attraverso i loro micropori. La velocità d'assorbimento e la percentuale di elemento nutritivo assorbita dipendono dai seguenti fattori principali:

1. tipo e formulazione dell'elemento nutritivo;
2. persistenza e ripartizione della soluzione nutritiva sulla superficie del vegetale;

3. capacità d'assorbimento degli organi vegetali irrorati; questa caratteristica dipende principalmente dalla struttura fogliare propria di ogni specie (spessore della cuticola), dall'età delle foglie e dall'igrometria esistente prima dell'irrorazione;
4. igrometria esistente durante e dopo l'irrorazione ed eventuali precipitazioni successive (durata dell'umettazione del fogliame).

Gli elementi nutritivi distribuiti tramite concimazione fogliare non vengono fissati dalle componenti del suolo né devono passare attraverso l'assorbimento radicale. I concimi fogliari sono assorbiti più velocemente di quelli distribuiti tradizionalmente sul suolo. È bene sapere che con una singola concimazione fogliare è solitamente possibile fornire alla pianta solo una piccola parte del suo fabbisogno totale in elementi nutritivi. Di conseguenza, la concimazione fogliare serve soprattutto per correggere carenze temporanee in elementi nutritivi.

La tolleranza delle piante alla concimazione fogliare dipende in larga misura dalla concentrazione della soluzione nutritiva e dalle condizioni meteorologiche presenti a cavallo dell'irrorazione. La maggior parte delle colture orticole è particolarmente sensibile alla concimazione fogliare quando condizioni di secco e caldo succedono a periodi umidi. In questi casi, si raccomanda di rinunciare alla concimazione fogliare o di ridurre la concentrazione della soluzione nutritiva. Le irrorazioni vanno eseguite, nel limite del possibile, durante le ore serali più fresche.

Nell'eventualità che concimi fogliari e prodotti fitosanitari si distribuiscono insieme, bisogna verificarne preventivamente la miscibilità. La rapida formazione di flocculi nella poltiglia è un chiaro segno che i concimi fogliari e i prodotti fitosanitari scelti non si potevano miscelare. In linea di massima, l'applica-

zione combinata di concimi fogliari e prodotti fitosanitari aumenta il rischio di fitotossicità. Anche in questi casi, si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

7. Impiego di concimi ottenuti dal riciclaggio

Compost e digestati solidi sono i concimi ottenuti dal riciclaggio che si stanno affermando sempre più nell'orticoltura in campo aperto. Da questi concimi, più che un apporto diretto di nutrienti alle colture, ci si aspetta un effetto ammendante sul suolo, che ne migliori la fertilità.

La distribuzione di SO contribuisce a migliorare la struttura del suolo, soprattutto se argilloso. Numerose prove, svolte principalmente su colture di piccoli frutti, hanno mostrato che il compost può anche stimolare l'attività di microrganismi, antagonisti naturali di diversi agenti patogeni trasmessi alle piante dal suolo. Chi acquista concimi ottenuti dal riciclaggio deve verificare attentamente la loro qualità.

Se li si utilizza come concimi, ogni tre anni è possibile distribuire al massimo 25 t/ha di compost o di digestato solido (in funzione del tenore in sostanza secca [SS]) oppure 200 m³ di digestato liquido, a condizione di non superare il fabbisogno delle piante in N e P.

Sull'arco di dieci anni, è possibile distribuire al massimo 100 tonnellate di ammendanti organici e organo-minerali, di compost o di digestato solido in qualità di ammendante, di substrato, come protezione contro l'erosione, per il ripristino di terreni coltivabili oppure come terriccio artificiale (ORRPChim 2005, all. 2.6, capitolo 3.2.2 compost e digestati).

I concimi aziendali e quelli ottenuti dal riciclaggio non si dovrebbero utilizzare, nel limite del possibile, sulle colture orticole, ma andrebbero distribuiti sulle colture che le precedono oppure subito prima delle lavorazioni di rinnovo, che preparano il terreno per la coltivazione degli ortaggi. Rispettando questo modo di procedere, si escludono eventuali problemi temporanei di crescita delle colture orticole e qualsiasi preoccupazione di carattere igienico-sanitario.

8. Considerazioni finali

Il successo e la qualità delle colture orticole sono strettamente legati a una disponibilità equilibrata in elementi nutritivi. In questo ambito, è importante essere consapevoli che non sempre la carenza di nutrienti è da ascrivere a una loro effettiva mancanza, ma piuttosto al cattivo stato fisico del suolo (compattamento, ristagno idrico, profondità insufficiente), che può provocare clorosi e/o ostacolare la crescita degli ortaggi, creando facilmente confusione. Inoltre, vanno anche considerati gli effetti negativi di eventuali patogeni trasmessi dal suolo alle colture. Quest'ultima avversità si può limitare efficacemente applicando una rotazione variata.

9. Bibliografia

- Bergmann W., 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart. 835 pp.
- Crüger G., 1982. Pflanzenschutz im Gemüsebau – Handbuch des Erwerbsgärtners. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 422 pp.
- Finck A., 1979. Dünger und Düngung – Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Verlag Chemie Weinheim, New York. 442 pp.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung 16 (2), 1–97.
- Gysi C., Ryser J.-P. & Heller W., 1997. Bodenuntersuchung im Gemüsebau. Flugschrift der Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil Nr. 122. 24 pp.
- Gysi C., Ryser J.-P., Matthäus D., Koch W., Wigger A. & Berner A., 2001. Düngung. Handbuch Gemüse herausgegeben vom Verband Schweizer Gemüseproduzenten, Bern, 55–88.
- Holtschulze M., 2005. Tip burn in head lettuce – the role of calcium and strategies to prevent the disorder. Inaugural-Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn. 107 pp.
- Krug H., 1991. Gemüseproduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 541 pp.
- Neuweiler R., Krauss J., Konrad P. & Imhof T., 2008. Chicorée – die Wurzel richtig versorgen. Gemüse, das Magazin für den professionellen Gemüsebau 3, 10–12.
- Odet J., Musard M. & Wacquet C., 1982. Mémento fertilisation des cultures maraîchères. Edition réalisée par Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris. 398 p.
- ORRPChim, 2005. Ordinanza concernente la riduzione dei rischi nell'utilizzazione di determinate sostanze, preparati e oggetti particolarmente pericolosi (Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici, ORRPChim). Il consiglio federale svizzero, Berna. Link: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html> [4.11.2016].
- Reif C., Arrigoni E., Neuweiler R., Baumgartner D., Nyström L., Hurrell R.H., 2012. Effect of Sulfur and Nitrogen Fertilization on the Content of Nutritionally Relevant Carotenoids in Spinach (*Spinacia oleracea*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 60, 5819–5824.
- Schachtschabel P., Blume H.-P., Hartge K.-H. & Schwertmann U., 1984. Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 442 pp.
- Trott H., 2013. Mikronährstoffe in der Landwirtschaft und im Gartenbau, Bedeutung – Mangelsymptome – Düngung. Broschüre. Bundesarbeitskreis Düngung (BAD), Frankfurt am Main. 66 pp.
- Vogel G., 1996. Handbuch des speziellen Gemüsebaues. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 1127 pp.
- Wonneberger C. & Keller F., 2004. Gemüsebau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 373 pp.

10. Indice delle tabelle

Tabella 1a. Fabbisogno lordo e fabbisogno netto in elementi nutritivi e tenore in elementi nutritivi dei residui colturali di colture orticole in campo aperto.	10/4
Tabella 1b. Fabbisogno lordo in elementi nutritivi, residui colturali e fabbisogno netto in elementi nutritivi di colture orticole in serra e tunnel.	10/7
Tabella 2a. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in campo aperto.	10/9
Tabella 2b. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in serra e tunnel.	10/12
Tabella 3. Sintesi su significato e impiego di microelementi in orticoltura.	10/14



11/ Concimazione nell'orticoltura su substrato

Céline Gilli e Christoph Carlen
Agroscope, 1964 Conthey, Svizzera

Contatto: celine.gilli@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	11/3
2. Concimazione raccomandata	11/4
2.1 Fertirrigazione a ciclo aperto e a ciclo chiuso	11/4
2.2 Composizione della soluzione nutritiva	11/5
2.3 Adattamento della soluzione nutritiva	11/6
2.4 Distribuzione della soluzione nutritiva	11/6
3. Bibliografia	11/7
4. Indice delle tabelle.....	11/8
5. Indice delle figure	11/8

In copertina: coltivazione di pomodori su substrato (fotografia: Agroscope).

1. Introduzione

La fertirrigazione (irrigazione fertilizzante) a ciclo chiuso delle colture orticole su substrato garantisce una nutrizione minerale ottimale e aumenta nettamente l'efficacia dell'acqua e degli elementi nutritivi utilizzati. La soluzione nutritiva deve essere equilibrata e va adattata alle esigenze dei diversi stadi di sviluppo della pianta coltivata. Il substrato assicura sostegno alla pianta e funge parzialmente da serbatoio, dal quale la pianta attinge gli elementi nutritivi necessari alla sua crescita. Il substrato deve essere permeabile, ben aerato e resistente (Göhler e Molitor 2002). Oggigiorno, i substrati sono quasi sempre costituiti da materiali organici (corteccia, fibra di legno o di cocco, torba, ecc.) riutilizzabili o riciclabili. Sul mercato si trovano, comunque, anche supporti minerali naturali, come lana di roccia e pozzolana.

La composizione della soluzione nutritiva è complessa e svolge un ruolo centrale per il successo della coltivazione su substrato, soprattutto negli impianti a ciclo chiuso, dove si ricicla la soluzione esausta (Pivot *et al.* 1999; Le Quillec *et al.* 2002). Rispetto alla tradizionale coltivazione di ortaggi in piena terra, quella su substrato presenta i vantaggi seguenti: semplificazione del lavoro (raccolta più agevole, diserbo superfluo), aumento della resa potenziale, migliore controllo della precocità, perdite minori riconducibili a rotazioni problematiche (malattie da rotazione, parassiti, calo di fertilità) e riduzione delle perdite in elementi nutritivi e acqua, nel caso si riciclino le acque di drenaggio negli impianti a ciclo chiuso.



Figura 1. I pomodori sono gli ortaggi su substrato più coltivati in Svizzera (fotografia: Agroscope).

Questo documento contiene le informazioni necessarie per la fertirrigazione delle seguenti colture orticole su substrato: pomodoro, cetriolo, melanzana, peperone e lattuga (Sonneveld 1989; Brajeul *et al.* 2001; Göhler e Molitor 2002; Pivot *et al.* 2005; Urban e Urban 2010; Sonneveld e Voogt 2009) (figure 1, 2 e 3).



Figura 2. Peperoni coltivati su substrato (fotografia: Agroscope).



Figura 3. Cetrioli coltivati su substrato (fotografia: Agroscope).

2. Concimazione raccomandata

2.1 Fertirrigazione a ciclo aperto e a ciclo chiuso

Gli impianti a ciclo aperto consentono di distribuire una soluzione nutritiva «fresca» ogni volta che si irriga. Le acque di drenaggio (effluenti) devono essere recuperate e riutilizzate per altre colture. Tale riutilizzo presuppone la conoscenza del tenore in elementi nutritivi degli effluenti e deve avvenire nel rispetto dei principi di concimazione delle colture che si intende concimare.

Gli impianti a ciclo chiuso assicurano il riciclaggio dinamico degli effluenti sulla coltura fertirrigata, la cui composizione

varia in funzione dell'assorbimento di acqua ed elementi nutritivi da parte della pianta. Ne possono derivare accumuli di certi elementi e squilibri nutrizionali (Pivot e Gillioz 2004), da cui la necessità di effettuare regolarmente (ogni tre o quattro settimane) analisi complete degli effluenti, per riequilibrare la soluzione nutritiva. Nel complesso, il riciclaggio consente di risparmiare quantità notevoli di acqua e concime. La disinfezione degli effluenti si esegue in funzione del rischio di trasmissione di agenti patogeni. Nelle grandi aziende, la disinfezione è pratica corrente (filtrazione lenta, raggi UV, trattamento con ozono oppure con cloro (Cl), ultrafiltrazione, ecc.) (Göhler e Molitor 2002).

Tabella 1. Massa molare (M) degli elementi chimici utilizzati per la preparazione delle soluzioni nutritive.

Elemento	M g/mol	Elemento	M g/mol	Elemento	M g/mol
N	14,00	O	16,00	Fe	55,85
P	30,97	H	01,00	Mn	54,90
S	32,06	C	12,01	B	10,81
K	39,10	Na	22,99	Cu	63,55
Ca	40,08	Cl	35,45	Mo	95,90
Mg	24,31			Si	28,09

Tabella 2. Composizione minerale, EC e pH di soluzioni nutritive utilizzate per concimare colture orticole su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto (CA) o a ciclo chiuso (CC) (Sonneveld e Straver 1994; Göhler e Molitor 2002; Pivot *et al.* 2005).

Ortaggio	Piante giovani		Lattuga		Melanzana		Cetriolo		Peperone		Pomodoro	
	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA
EC mS/cm	2,40	2,60	1,70	2,10	1,70	2,20	1,60	2,10	1,60	2,60		
pH	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2	5,0–6,2
Macronutrienti mmol/l												
NH ₄ ⁺	1,25	1,25	1,00	1,50	1,00	1,25	0,50	0,50	1,00	1,20		
K ⁺	6,75	11,00	6,50	6,75	6,50	8,00	5,75	6,75	6,50	9,50		
Ca ²⁺	4,50	4,50	2,25	3,25	2,75	4,00	3,50	5,00	2,75	5,40		
Mg ²⁺	3,00	1,00	1,50	2,50	1,00	1,38	1,13	1,50	1,00	2,40		
NO ₃ ⁻	16,75	19,00	11,75	15,50	11,75	16,00	12,50	15,50	10,75	16,00		
SO ₄ ²⁻	2,50	1,13	1,13	1,50	1,00	1,38	1,00	1,75	1,5	4,40		
H ₂ PO ₄ ⁻	1,25	2,00	1,00	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25	1,50		
Si ^a	–	0,50	–	–	0,75	0,75	–	–	–	–		
Micronutrienti µmol/l												
Fe	25	40	15	15	15	15	15	15	15	15		
Mn	10	5	10	10	10	10	10	10	10	10		
Zn	5	4	5	5	5	5	4	5	4	5		
B	35	30	25	35	25	25	25	30	20	30		
Cu	1,00	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75		
Mo	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50		

^a facoltativo.

2.2 Composizione della soluzione nutritiva

La soluzione nutritiva deve contenere sia macroelementi, come: azoto (N), fosforo (P), potassio (K), zolfo (S), Ca (calcio) e magnesio (Mg) sia microelementi, come: ferro (Fe), manganese (Mn), zinco (Zn), boro (B), rame (Cu) e molibdeno (Mo). Va preparata tenendo conto del valore nutritivo dell'acqua della rete idrica, dal momento che i suoi tenori in elementi minerali possono essere considerevoli e coprire i fabbisogni della coltura in S, Ca e Mg. Il tenore in nutrienti dell'acqua della rete dipende dalla sua origine (sorgente, falda freatica, lago) e può variare sensibilmente, anche nel corso del periodo vegetativo. Nel caso ideale, la conducibilità elettrica (EC) dell'acqua (indice della sua salinità), della rete idrica non dovrebbe superare 0,5 mS/cm. Se supera 1 mS/cm, riciclare la soluzione può diventare problematico. La concentrazione della soluzione nutritiva si esprime in moli o millimoli (tabelle 1 e 2). La mole (mol) è definita come la quantità di sostanza costituita da un numero di entità pari al numero degli atomi presenti in 0,012 kg di carbonio (^{12}C). La massa molare (M) di una sostanza, di uno ione o di un atomo corrisponde alla somma delle masse atomiche in gioco espresse in grammi. Una mole di una sostanza, di uno ione o di un atomo contiene lo stesso numero di entità elementari.

I concimi impiegati per preparare le soluzioni nutritive hanno composizione variabile e possono essere idratati oppure no, mentre la densità e il grado di purezza degli acidi può cambiare in funzione della loro origine. È, quindi, indispensabile controllare la loro composizione quando si eseguono i calcoli per mettere a punto la soluzione nutritiva. Un altro punto importante è verificare la qualità dei concimi scelti, che non devono contenere troppe impurità, né troppi precipitati, carbonati o idrossidi, per evitare la formazione di composti insolubili nelle vasche della soluzione madre (soluzione fertilizzante concentrata).

La concentrazione della soluzione madre è generalmente da 100 a 200 volte maggiore di quella della soluzione nutritiva (tabella 3) ed è limitata dalla solubilità degli elementi che la compongono. Vale la regola secondo cui non si deve miscelare il Ca con concimi contenenti solfati o fosfati per evitare la formazione di precipitati. Per ovviare a questo problema, si preparano le componenti incompatibili della soluzione madre in due vasche separate (figura 4). Gli acidi possono essere diluiti in una terza vasca per facilitare la gestione del pH. L'aggiunta di microelementi, fatta eccezione per il Fe, va fatta nella vasca contenente fosfati e solfati.

Tabella 3. Preparazione di una soluzione nutritiva per concimare pomodoro su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto e considerando il tenore in elementi nutritivi presenti nell'acqua.

Concime per 100 litri di soluzione nutritiva madre (concentrazione: 100 x)	Quantità di elementi nutritivi		
	Vasca A	Vasca B	Vasca C
Diidrogenofosfato di potassio KH_2PO_4	2,04 kg		
Nitrato di magnesio $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	6,14 kg		
Miscela di microelementi per la coltivazione su substrato	0,15 kg		
Nitrato ammonico NH_4NO_3 (Amnitra 18%N)	0,53 l		
Solfato di potassio K_2SO_4	6,96 kg		
Nitrato di calcio $5(\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \text{NH}_4\text{NO}_3$		9,3 kg	
Acido nitrico HNO_3 - 60% (d = 1,37)			4 l



Figura 4. Installazione automatizzata per miscelare e gestire la fertirrigazione delle colture orticole in serra (fotografia: Agroscope).

Tabella 4. Adattamento della soluzione nutritiva durante le prime 4–8 settimane di coltivazione. Sono riportate le differenze, espresse in mmol/l, rispetto alle concentrazioni raccomandate nella tabella 2 per i relativi ortaggi (Pivot *et al.* 2005).

Nutriente mmol/l	Ortaggio			
	Melanzana	Cetriolo	Peperone	Pomodoro
NH_4^+	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,10	+ 0,10
K^+	- 1,00	- 1,00	- 1,00	- 1,00
Ca^{2+}	+ 0,45	+ 0,45	+ 0,45	+ 0,45
Mg^{2+}				+ 0,50
NO_3^-				+ 0,10

2.3 Adattamento della soluzione nutritiva

Per favorire la crescita e lo sviluppo ottimale delle colture orticole su substrato, le soluzioni nutritive proposte (tabella 2) vanno adattate secondo i dati riportati nella tabella 4 per le prime 4–8 settimane di coltivazione. In particolare, bisogna aumentare il tenore in Ca e ridurre quello in K. In seguito, quando le piante sono in piena produzione, si può aumentare il tenore in K della soluzione nutritiva per brevi periodi (una settimana circa) da 1 a 2 mmol/l utilizzando nitrato di potassio (KNO₃). Per correggere e adattare l'apporto di soluzione nutritiva, è



Figura 5. Misura del pH e della conducibilità elettrica (EC) di una soluzione nutritiva (fotografia: Agroscope).

indispensabile analizzarne regolarmente la composizione. Negli impianti a ciclo chiuso, le analisi si effettuano solitamente ogni tre o quattro settimane.

La misura della EC e del pH delle acque di drenaggio permette di verificarne la qualità in modo più semplice (figura 5). L'EC degli effluenti è indice della concentrazione della soluzione nutritiva nel substrato. Si considerano normali valori compresi tra 2,5 e 4,0 mS/cm. L'EC può raggiungere valori anche più elevati (5 mS/cm) in funzione dello stato e dello sviluppo della coltura. Nei periodi molto caldi, la pianta consuma più acqua che elementi nutritivi, mentre avviene il contrario quando la luce scarseggia. L'EC delle acque di drenaggio va controllata giornalmente e adattata di conseguenza. Il pH delle acque di drenaggio deve situarsi tra 5,5 e 7.

Un altro metodo per verificare la correttezza della concimazione consiste nell'analizzare la concentrazione in macro- e microelementi di foglie completamente sviluppate. Per la valutazione dei risultati delle analisi fogliari di pomodori, cetrioli e peperoni si rimanda ai valori di riferimento riportati nella tabella 5.

2.4 Distribuzione della soluzione nutritiva

Gli apporti di soluzione nutritiva si adattano principalmente in funzione dello stadio vegetativo della coltura, dell'irraggiamento solare e delle ore di luce giornaliere. Le quantità d'acqua e di elementi nutritivi assorbiti possono variare durante il periodo vegetativo, perciò è indispensabile analizzare regolarmente la composizione della soluzione nutritiva e riequilibrarla in modo da ottimizzare la nutrizione minerale dell'ortaggio considerato. Negli impianti a ciclo aperto, la quantità giornaliera di effluenti si deve situare attorno al 20% della soluzione distribuita, mentre può essere più elevata nel caso di impianti a ciclo chiuso.

Tabella 5. Valori di riferimento (intervallo ottimale) per i risultati dell'analisi fogliare di cetriolo, peperone e pomodoro (macroelementi espressi in % sulla sostanza secca [SS], microelementi in mg/kg sulla SS) (Göhler e Molitor 2002).

Valori di riferimento	Ortaggio		
	Cetriolo	Peperone	Pomodoro
N (%)	3,5–5,5	3,5–4,2	3,2–5,0
P (%)	0,4–0,8	0,4–0,8	0,35–0,7
K (%)	3,0–5,0	5,0–6,0	3,5–5,5
Mg (%)	0,4–0,8	0,4–0,8	0,35–0,7
Ca (%)	2,0–5,5	2,8–3,2	2,0–5,0
Fe (mg/kg)	85–250	110	85–300
Mn (mg/kg)	50–300	55	50–250
B (mg/kg)	45–100	55–100	40–100
Zn (mg/kg)	30–150	–	30–125
Cu (mg/kg)	5–18	–	5–16
Mo (mg/kg)	0,3–2,0	–	0,3–3,0

3. Bibliografia

- Brajeul E., Javoy M., Pelletier B. & Letard M., 2001. Le concombre. Monographie. Ctifl, Paris. 349 pp.
- Göhler F. & Molitor H.-D., 2002. Erdelose Kulturverfahren im Gartenbau. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart (Hohenheim). 267 pp.
- Le Quillec S., Brajeul E., Sédilot C., Raynal Lacroix C., Letard M. & Grasselly D., 2002. Gestion des effluents des cultures légumières sur substrat. Ctifl, Paris. 199 pp.
- Pivot D., Reist A. & Gillioz J., 1999. Tomates en serre : substrats réutilisés, solutions recyclées. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 31 (5), 265–269.
- Pivot D. & Gillioz J., 2004. Poivron : adaptation de la solution nutritive en système recyclé. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 36 (6), 368–372.
- Pivot D., Gilli C. & Carlen C., 2005. Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat. Revue Suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 34 (4), 3–8.
- Sonneveld C., 1989. A method for calculating the composition of nutrient solutions for soilless cultures. Serie: Voedingsoplossingen glastuinbouw n°10, 3rd ed. 13 pp.
- Sonneveld C. & Straver N. B., 1994. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrates. Voedingsoplossingen glastuinbouw 8, 1–33.
- Sonneveld C. & Voogt W., 2009. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. Springer Science + Business Media B.V. Springer Netherlands. 431 S.
- Urban L. & Urban I., 2010. La production sous serre. Tome 2: L'irrigation fertilisante en culture hors sol, 2^e édition. Edition Tec&Doc, Paris. 233 pp.

4. Indice delle tabelle

Tabella 1. Massa molare (M) degli elementi chimici utilizzati per la preparazione delle soluzioni nutritive.	11/4
Tabella 2. Composizione minerale, EC e pH di soluzioni nutritive utilizzate per concimare colture orticole su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto (CA) o a ciclo chiuso (CC).	11/4
Tabella 3. Preparazione di una soluzione nutritiva per concimare pomodoro su substrato organico tramite impianti di fertirrigazione a ciclo aperto e considerando il tenore in elementi nutritivi presenti nell'acqua.	11/5
Tabella 4. Adattamento della soluzione nutritiva durante le prime 4–8 settimane di coltivazione. Sono riportate le differenze, espresse in mmol/l, rispetto alle concentrazioni raccomandate nella tabella 2 per i relativi ortaggi.	11/5
Tabella 5. Valori di riferimento (intervallo ottimale) per i risultati dell'analisi fogliare di cetriolo, peperone e pomodoro.	11/6

5. Indice delle figure

Figura 1. I pomodori sono gli ortaggi su substrato più coltivati in Svizzera.	11/3
Figura 2. Peperoni coltivati su substrato.	11/3
Figura 3. Cetrioli coltivati su substrato.	11/3
Figura 4. Installazione automatizzata per miscelare e gestire la fertirrigazione delle colture orticole in serra.	11/5
Figura 5. Misura del pH e della conducibilità elettrica (EC) di una soluzione nutritiva.	11/6



12/ Concimazione in viticoltura

Jean-Laurent Spring e Thibaut Verdenal
Agroscope, 1009 Pully, Svizzera

Contatto : jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	12/3
2. Particolarità della viticoltura	12/3
2.1 Scelta del portinnesto	12/3
2.2 Osservazione diretta della pianta	12/3
2.3 Analisi della pianta.....	12/4
2.4 Profilo colturale	12/5
3. Fabbisogno in elementi nutritivi	12/6
3.1 Squilibri nutrizionali e fisiopatie	12/6
4. La concimazione nella pratica	12/11
4.1 Concimazione azotata	12/11
4.2 Concimazione con P, K, Mg e B.....	12/12
4.3 Concimazione organica	12/13
4.4 Concimazione dei vigneti giovani	12/13
4.5 Concimazione fogliare	12/13
5. Bibliografia	12/15
6. Indice delle tabelle	12/16
7. Indice delle figure	12/16

In copertina: centro di ricerca Agroscope di Pully, specializzato nella ricerca viticola (fotografia: Carole Parodi, Agroscope).

1. Introduzione

La concimazione razionale della vite ne assicura la nutrizione minerale equilibrata, consentendole di crescere armoniosamente e di produrre uva di qualità; il tutto nel pieno rispetto dell'ambiente. La concimazione, tuttavia, è solo uno dei fattori implicati nella nutrizione minerale della vite, perché i suoi processi nutrizionali interagiscono fortemente anche con il suolo, il clima e le tecniche colturali. Queste interazioni hanno la precedenza sulla concimazione vera e propria, che entra in linea di conto solo dopo l'ottimizzazione delle condizioni pedologiche (drenaggio, tenore in sostanza organica (SO), stato della struttura, ecc.) e delle tecniche colturali (gestione del suolo, rapporto tra foglie e frutti, ecc.), in funzione della potenzialità produttiva locale. Una volta soddisfatti questi criteri, lo scopo della concimazione è mantenere le riserve in elementi nutritivi del suolo a uno stato nutrizionale giudicato «sufficiente», senza impoverirlo né arricchirlo inutilmente.

L'equilibrio nutrizionale della vite è strettamente correlato al clima che, da un lato, influenza direttamente la biosintesi vegetale e, dall'altro, agisce indirettamente sulla dinamica del suolo, laddove la pianta assorbe gli elementi nutritivi. L'analisi della pianta mette in evidenza questo equilibrio, che risulta dall'assorbimento di elementi nutritivi da parte della vite in determinate condizioni pedoclimatiche. In realtà, esistono solo poche correlazioni tra l'equilibrio nutrizionale della vite e i tenori in elementi nutritivi nel suolo, perché la loro disponibilità e il loro assorbimento dipendono essenzialmente dal clima, soprattutto in relazione al regime idrico locale. Di conseguenza, per comprendere la nutrizione minerale della vite è essenziale conoscere bene il suolo e il suo comportamento quando è sottoposto a condizioni climatiche diverse. Lo stato nutrizionale del suolo si può valutare tramite quattro approcci diversi, spesso complementari tra loro:

- l'osservazione della pianta, che permette di rendersi conto *de visu* di eventuali squilibri nutrizionali o disturbi fisiologici;
- l'analisi della pianta, che ne indica la nutrizione minerale durante il periodo vegetativo e ne rivela i problemi non visibili ad occhio nudo;
- il profilo colturale, che consente di valutare: la colonizzazione del suolo da parte delle radici, la successione degli orizzonti, lo stato strutturale del suolo e le dinamiche dell'acqua e dell'aria che ne conseguono;
- l'analisi del suolo, che aiuta a valutare il tenore in elementi nutritivi del suolo.

2. Particolarità della viticoltura

Nel caso degli elementi nutritivi principali, quali fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg), le norme di concimazione si fondano sui prelievi della vite esportati dalla parcella o immobilizzati nelle sue parti perenni (tralci e foglie

si considerano residui colturali). Le norme si adattano alla resa in uva. Il ripristino dell'equilibrio dello stato nutrizionale dei suoli troppo ricchi, o troppo poveri, richiede verifiche regolari delle loro riserve in elementi nutritivi e correzioni conseguenti delle norme di concimazione. Questa procedura evita il manifestarsi di carenze e squilibri nutrizionali (antagonismi, consumo di lusso) pregiudizievoli per la coltura e l'ambiente.

Per l'azoto (N), vero e proprio motore della crescita vegetativa, la norma di concimazione si basa essenzialmente sull'osservazione della crescita vegetativa della vite. I vari aspetti di questo tipo d'approccio si integrano in un concetto che tiene conto di tutte le misure che influenzano la disponibilità di questo importante elemento nutritivo. Si inizia con la valutazione del livello nutrizionale N della vite tramite osservazione diretta, completandola, o meno, con l'analisi della pianta. In un secondo tempo e in caso di squilibrio manifesto, si segue uno schema decisionale che, oltre alla concimazione N vera e propria, considera anche altri aspetti suscettibili di giocare un ruolo importante come, per esempio, la gestione del suolo.

2.1 Scelta del portinnesto

L'impianto di un nuovo vigneto, o la sua ricostituzione, richiedono la scelta di un portinnesto idoneo. Il portinnesto influenza il vigore della pianta, la sua resistenza alla siccità o al ristagno idrico, nonché la sua capacità di assorbire gli elementi nutritivi. L'assorbimento di ferro (Fe) e la sensibilità alla clorosi ferrica dipendono molto dal portinnesto, ma anche da molteplici aspetti legati al tipo di suolo, al clima e ad alcune tecniche colturali (tabella 6). Il tenore del suolo in calcare, specialmente quello della sua parte attiva, è particolarmente importante sotto questo aspetto. Il calcare attivo è la percentuale di calcare totale del suolo presente sotto forma di particelle minute, aventi dimensioni simili a quelle dell'argilla o del silt. Si definisce calcare attivo perché, a parità di peso, possiede una superficie che reagisce con gli acidi del suolo nettamente superiore a quella che caratterizza le particelle di calcare più grandi. Alcune classificazioni internazionali dei portinnesti li suddividono in funzione del loro comportamento rispetto al calcare attivo. Prima dell'impianto di un nuovo vigneto, vale la pena determinare il tenore in calcare attivo del sottosuolo solo se il suo tasso di calcare totale supera il 10%. La tabella 1 riassume i valori limite di calcare totale e di calcare attivo dei principali portinnesti utilizzati in Svizzera.

2.2 Osservazione diretta della pianta

Il vigore vegetativo, lo sviluppo dei grappoli e il colore delle foglie rispecchiano spesso il buono o il cattivo funzionamento degli organi ipogei della vite. In caso di squilibri nutrizionali, è importante riconoscere i sintomi, individuare il momento della loro comparsa e determinare la loro distribuzione spaziale nella parcella o nella zona viticola interessata (capitolo 2.4). È opportuno risalire alle condizioni meteorologiche precedenti la loro comparsa, perché esse ne sono frequentemente la causa.

Tabella 1. Resistenza alla clorosi ferrica in funzione dei tenori in calcare totale e calcare attivo del suolo.

Portinnesto		Calcare totale (%)	Calcare attivo (%)
<i>V. riparia</i>	Riparia gloire de Montpellier	0-15	0-6
<i>V. riparia</i> x <i>V. rupestris</i>	3309 (Couderc)	0-22	0-11
	101-14 (Millardet e de Grasset)	0-20	0-9
<i>V. riparia</i> x <i>V. berlandieri</i>	5 BB (Kober)	0-40	0-20
	5 C (Téleki)	0-40	0-20
	SO4 (Sél. Oppenheim)	0-35	0-18
	125 AA (Kober)	0-35	0-13
	420 A (Millardet e de Grasset)	0-40	0-20
	161-49 (Couderc)	0-50	0-25
<i>V. berlandieri</i> x <i>V. rupestris</i>	1103 (Paulsen)	0-30	0-17
<i>V. vinifera</i> x <i>V. berlandieri</i>	41B (Millardet e de Grasset)	> 50	0-40
(<i>V. berlandieri</i> x <i>V. vinifera</i>) x (<i>V. berlandieri</i> x <i>V. longii</i>)	Fercal	> 60	> 40
161-49 C x 3309 C	Gravesac	0-15	0-6

2.3 Analisi della pianta

Esistono metodi analitici diversi, che consentono di precisare e/o di confermare le diagnosi effettuate tramite l'osservazione diretta della vite.

2.3.1 Analisi fogliare

L'analisi fogliare fornisce indicazioni sullo stato nutrizionale della vite durante la sua crescita vegetativa. È un metodo complementare che, da solo, non permette di allestire un piano di concimazione della vite. Con l'analisi fogliare si determinano solitamente i tenori in N, P, K, calcio (Ca) e Mg. È, comunque, possibile analizzare anche altri nutrienti, tra cui oligoelementi come boro (B), manganese (Mn), ferro (Fe) e zinco (Zn). Le foglie da analizzare si pre-

levano abitualmente a inizio invaiatura. Il prelievo si può eseguire anche al di fuori di questa fase fenologica, ma l'interpretazione dei risultati è più aleatoria. Si prelevano circa 25 foglie adulte con picciolo, distribuite regolarmente sui tralci principali a livello dei grappoli. Occorre evitare di prelevare foglie lacerate e/o necrotizzate. Le foglie vanno inviate al più presto al laboratorio d'analisi. L'analisi fogliare consente di evidenziare carenze latenti e fenomeni di antagonismo tra gli elementi nutritivi. Questi dati completano le informazioni scaturite dall'esame del profilo colturale e dall'interpretazione delle analisi del suolo. Per interpretare i risultati dell'analisi fogliare si utilizzano valori di riferimento citati in letteratura oppure ottenuti analizzando materiale vegetale considerato sano. Nel 1976, Agroscope ha creato una banca dati di valori di riferimento per interpretare i risultati dell'analisi fogliare dei

Tabella 2. Gamma dei valori di riferimento per l'interpretazione dell'analisi fogliare della vite a inizio invaiatura (valori in %). (I valori provengono dalla rete di riferimento presente nella Svizzera romanda e in Ticino dal 1976 al 2000; l'interpretazione normale interessa cinque classi, le classi «basso» e «elevato» si calcolano per differenza.)

Vitigno		Chasselas	Pinot noir	Gamay	Merlot
N	molto basso	< 1,74	< 1,93	< 1,74	< 1,85
	buono	1,93-2,31	2,08-2,38	1,93-2,31	1,98-2,24
	molto elevato	> 2,50	> 2,53	> 2,50	> 2,37
P	molto basso	< 0,15	< 0,18	< 0,18	< 0,13
	buono	0,17-0,20	0,20-0,23	0,21-0,27	0,14-0,18
	molto elevato	> 0,22	> 0,25	> 0,30	> 0,19
K	molto basso	< 1,38	< 1,45	< 1,05	< 1,95
	buono	1,56-1,92	1,59-1,87	1,24-1,62	2,10-2,40
	molto elevato	> 2,10	> 2,01	> 1,82	> 2,55
Ca	molto basso	< 2,07	< 2,24	< 3,07	< 1,47
	buono	1,49-3,33	2,66-3,51	3,42-4,14	1,64-2,00
	molto elevato	> 3,75	> 3,94	> 4,49	> 2,17
Mg	molto basso	< 0,15	< 0,16	< 0,15	< 0,18
	buono	0,19-0,27	0,20-0,29	0,21-0,34	0,20-0,24
	molto elevato	> 0,31	> 0,33	> 0,40	> 0,27

vitigni Chasselas, Gamay, Pinot noir e Merlot. La tabella 2 ne riporta l'intera gamma d'interpretazione. In caso si analizzino altri vitigni, si raccomanda di contattare il laboratorio d'analisi Sol-Conseil a Gland.

2.3.2 Misurazione della clorofilla

Il tenore in clorofilla si misura in campo aperto con uno strumento portatile (N-Tester, Yara International, Parigi, Francia) che rileva l'intensità del colore verde delle foglie. Questo metodo permette di diagnosticare in modo abbastanza affidabile il tenore in N della pianta, a patto che essa non soffra di altre carenze nutrizionali, sia effettive sia latenti, in grado di influenzare il colore della foglia, come avviene nel caso di carenza in Fe (clorosi ferrica) e Mg. Si sconsiglia di misurare il tenore in clorofilla in presenza di piante malate, con decolorazioni fogliari di origine parassitaria (virosi, cicaline, ecc.) e con foglie molto sporche oppure alterate a seguito di trattamenti fitosanitari o di altre cause (scottature, siccità, ecc.). Si raccomanda di effettuare la misurazione a inizio invaiatura su foglie principali integre e situate nella zona dei grappoli (almeno 4 misurazioni di 30 foglie ciascuna per ogni zona considerata omogenea). La tabella 3 propone dei valori di riferimento per interpretare il tenore in clorofilla delle foglie dei vitigni Chasselas, Pinot noir e Gamay, misurato con l'N-Tester a inizio invaiatura (Spring e Jelmini 2002). Si sconsiglia di anticipare le misurazioni.

Tabella 3. Valori di riferimento per l'interpretazione del tenore in clorofilla nelle foglie, misurato con l'N-Tester a inizio invaiatura. (Foglie principali situate nella zona dei grappoli; Spring e Jelmini 2002.)

Valutazione del livello di nutrizione N	Risultato N-Tester		
	Chasselas	Pinot noir	Gamay
Molto basso	< 420	< 460	< 380
Basso	420–460	460–500	380–430
Normale	460–540	500–580	430–530
Elevato	540–570	580–620	530–580
Molto elevato	> 570	> 620	> 580

2.3.3 Azoto assimilabile

Affinché la fermentazione alcolica si svolga correttamente, è essenziale che i lieviti trovino una quantità sufficiente di N assimilabile nel mosto. L'N assimilabile, composto principalmente da aminoacidi e ione ammonio (NH_4^+), è all'origine di diversi precursori aromatici del vino. Esso rappresenta il 25–40% dell'N totale presente nell'uva. La sua concentrazione nei mosti varia considerevolmente in funzione di diversi parametri (suolo, clima, rapporto tra foglie e frutti, vitigno, portinnesto e tecniche colturali). Il tenore in N assimilabile si misura prelevando un campione di mosto subito dopo la pigiatura. La sua concentrazione si esprime in mg N/l. L'N assimilabile si può anche rappresentare attraverso l'indice di formolo (Aerny 1996). I mosti carenti di N assimilabile danno generalmente origine a vini che esprimono meno aromi, più astringenti e più amari. Le

soglie di sensibilità alla carenza in N assimilabile nel mosto variano da un vitigno all'altro. Per i vitigni bianchi o per quelli rossi vinificati in rosato si indica solitamente, sull'esempio dello Chasselas, una soglia minima di carenza acuta pari a 140 mg N assimilabile per litro (indice di formolo uguale a 10), mentre si ritiene che una concentrazione di 200 mg N/l (indice di formolo uguale a 14) sia ideale e contribuisca efficacemente alla riuscita della vinificazione (tabella 4). Per i vitigni rossi, le conseguenze della carenza in N assimilabile nei mosti sono meno marcate.

Visto che, normalmente, la quantità di N assimilabile varia poco nel corso della maturazione dell'uva, la sua determinazione precoce su un campione di acini rappresentativi, raccolti a inizio invaiatura, può dare informazioni utili sull'eventuale necessità di effettuare una concimazione fogliare con urea, per aumentarne la concentrazione (capitolo 4.1). Per ottenere risultati rappresentativi, bisogna campionare gli acini con particolare cura (almeno 200 acini prelevati in tutta l'area interessata, ma al massimo un acino per ceppo, badando a prelevarli da parti diverse dei grappoli).

Tabella 4. Soglie di sensibilità del vitigno Chasselas alla carenza in N assimilabile nel mosto.

	Carenza acuta	Carenza moderata	Valore ottimale
N assimilabile (mg N/l)	< 140	140–200	200
Indice di formolo eq.	< 10	10–14	14

2.4 Profilo colturale

Il profilo colturale è uno strumento indispensabile per valutare alcune caratteristiche del suolo:

- successione degli orizzonti e profondità utile;
- volume occupato dai sassi (scheletro);
- stato e stabilità della struttura;
- porosità e presenza di zone compatte;
- attività biologica;
- sviluppo radicale della vite.

Queste caratteristiche condizionano la dinamica di acqua ed elementi nutritivi. Conoscerle è fondamentale per capire il funzionamento del suolo e le sue relazioni con la vite. L'acqua facilmente disponibile (AFD) si può stimare osservando la tessitura, lo scheletro e la profondità del suolo, nonché lo sviluppo radicale della vite. L'osservazione del profilo colturale è altresì utile quando si deve decidere:

- se conviene drenare il vigneto (ristagno idrico);
- se bisogna irrigare (AFD inferiore a 100 mm);
- a quale profondità effettuare le lavorazioni (arieggiamento in profondità, creazione di terrazzi);
- come gestire il suolo (AFD);

- che portinnesto privilegiare (presenza di calcare, vigore potenziale dettato dal suolo);
- che vitigno scegliere (in funzione delle sue esigenze pedologiche specifiche e dell'AFD);
- come distribuire concimi e ammendanti.

Ogni qualvolta la vegetazione della vite mostra sintomi negativi senza spiegazioni apparenti, oppure quando si eseguono movimentazioni di terra importanti, lo scavo e l'osservazione del profilo colturale sono caldamente raccomandati. L'esame del profilo colturale va eseguito in un sito rappresentativo dell'intera area che si vuole osservare (parcella o area omogenea al suo interno). Idealmente, andrebbe scavato a una distanza compresa tra 20 e 60 cm dalla base dei ceppi, per favorire la descrizione dello sviluppo radicale della vite. Le analisi fisico-chimiche del suolo, volte a determinare la concimazione necessaria e a scegliere il portinnesto, vanno eseguite su un campione di suolo rappresentativo dell'intera parcella.

3. Fabbisogno in elementi nutritivi

Il fabbisogno della vite in elementi nutritivi (norme di concimazione) è definito in modo da assicurare la crescita ottimale della coltura su un suolo con nutrizionale «sufficiente». La tabella 5 illustra i prelievi annui della vite in elementi nutritivi per una resa di 1,2 kg/m² d'uva, secondo Löhnertz (1988). Foglie e tralci si considerano residui colturali.

Per P, K, e Mg, la strategia di concimazione mira a mantenere uno stato nutrizionale del suolo «sufficiente», reintegrando i prelievi della vite esportati dalla parcella o immobilizzati nelle sue parti perenni ed evitando il manifestarsi di carenze e squilibri nutrizionali (antagonismi, consumo di lusso) pregiudizievole per la coltura e l'ambiente. L'N è probabilmente il nutriente più importante nel metabolismo della vite. Il suo eccesso, così come la sua carenza, hanno ripercussioni fisiologiche importanti sul vigore della vegetazione, sulla maturazione dell'uva, sulla sensibilità della vite alle malattie fungine e sulla qualità dei vini, che ne risultano sovente deprezzati (Maigre *et al.* 1995). Il fabbisogno N della vite è relativamente modesto, ma concentrato in un periodo abbastanza breve (figura 1). Dal germogliamento

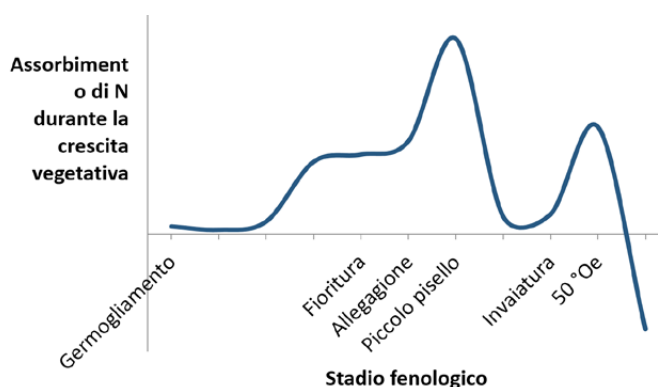


Figura 1. Evoluzione dell'assorbimento di N durante la crescita vegetativa annua della vite (tralci, foglie, grappoli) (Löhnertz 1988).

mento allo stadio di 5–6 foglie distese completamente, l'N proviene essenzialmente dalle riserve delle radici e del tronco. Il primo, e più importante, picco d'assorbimento N si localizza in post-fioritura precoce, mentre il secondo si situa appena finita l'invaiaitura. A fine stagione, prima che cadano le foglie, una quota dell'N presente nella pianta migra nei suoi organi di riserva. Le condizioni pedoclimatiche locali influenzano in modo decisivo la nutrizione N della vite. L'impatto delle condizioni caratteristiche di un'annata sul tenore in N assimilabile nel mosto, comunque, è spesso notevole. A partire dalla piantagione, la scelta di vitigni e portinnesti adatti alle condizioni pedoclimatiche locali, nonché la gestione razionale del suolo sono di basilare importanza per una buona nutrizione N della vite.

3.1 Squilibri nutrizionali e fisiopatie

La vite può mostrare diversi squilibri nutrizionali, ognuno caratterizzato da sintomi specifici. Le cause di questi problemi nutrizionali possono essere di varia natura (carenze, eccessi, condizioni pedoclimatiche locali, fisiologia della pianta, ecc.). Per determinare l'origine dei problemi e individuare l'intervento più indicato per risolverli, può essere necessario ricorrere a metodi d'indagine complementari. La tabella 6 riporta gli squilibri e le fisiopatie principali della vite, unitamente alle possibili cause e agli interventi risolutivi più appropriati. I concimi fogliari vanno utilizzati solo nei casi di carenze manifeste o quando ci si trova a fronteggiare situazioni critiche conosciute e/o ricorrenti.

Tabella 5. Prelievo in elementi nutritivi del vitigno Riesling secondo Löhnertz (1988).

(Le quantità esportate attraverso l'uva sono corrette per una resa di 1,2 kg/m².)

Ripartizione nella pianta	Elementi nutritivi (kg/ha e anno)			
	N	P	K	Mg
Legno vecchio	27	5	17	3
Uva	23	4	42	2
Totale immobilizzato o esportato	50	9	59	5
Tralci	5	1	10	1
Foglie	37	3	17	4
Prelievo totale	92	13	86	10

Tabella 6. Squilibri e fisiopatie principali della vite.



Carenza di N	Eccesso di N
	
Sintomi	Sintomi
<p>Foglie: verde chiaro e poi gialle, nervature incluse</p> <p>Piccioli: arrossamenti possibili</p> <p>Tralci: riduzione del vigore</p> <p>Grappoli: colatura</p> <p>Estensione del fenomeno: esteso all'intera parcella, con zone più colpite</p> <p>Comparsa: di solito, poco prima della fioritura</p>	<p>Foglie: grandi; verde scuro</p> <p>Tralci: molto vigorosi; agostamento ritardato</p> <p>Grappoli: compatti; sensibili alla botrite; in casi estremi, l'eccessivo vigore causa la colatura; disseccamento del rachide</p> <p>Estensione del fenomeno: esteso all'intera parcella, con zone più colpite</p>
Cause possibili	Cause possibili
<p>Concimazione: insufficiente; tasso di sostanza organica (SO) scarso</p> <p>Clima: disponibilità idrica eccessiva; freddo; siccità</p> <p>Gestione del suolo: concorrenza dell'inerbimento; compattamento; ammendanti organici con un rapporto carbonio (C):N > 50</p>	<p>Concimazione: concimazione N eccessiva</p> <p>Clima: favorevole alla mineralizzazione della SO</p> <p>Suolo: eccesso di SO; lavorazioni; calcitazione di suoli acidi e ricchi in SO</p>
Metodi d'indagine complementari	Metodi d'indagine complementari
<p>Analisi del suolo: granulometria; SO; pH</p> <p>Diagnosi fogliare</p> <p>N assimilabile nel mosto</p> <p>Misura della clorofilla (N-Tester)</p> <p>Profilo culturale: struttura; decomposizione della SO; regime idrico</p>	<p>Analisi del suolo: granulometria; SO; pH</p> <p>Diagnosi fogliare</p> <p>Misura della clorofilla (N-Tester)</p> <p>Profilo culturale: profondità; regime idrico</p>
Interventi risolutivi più appropriati	Interventi risolutivi più appropriati
<p>A corto termine:</p> <p>Concimazione fogliare: urea; nitrato di K; concimi specifici reperibili sul mercato</p> <p>Concimazione: nitrato di Ca</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Gestione del suolo: limitare la concorrenza dell'inerbimento; localizzare l'N sulla banda diserbata; piano di concimazione per le concimazioni minerale e organica; aerare; drenare; irrigare</p>	<p>A lungo termine:</p> <p>Azzerare la distribuzione di N organico e minerale; favorire l'inerbimento</p>

Tabella 6. Squilibri e fisiopatie principali della vite (continuazione).



Carenza di K	Carenza di Mg
	
Sintomi	Sintomi
<p>Foglie: colorazione iniziale brillante; arrotolamento del bordo fogliare, seguito da decolorazione e imbrunimento del bordo stesso; sintomi visibili su foglie giovani</p> <p>Piante: più sensibili alla siccità; rallentamento dell'accumulo di zuccheri nell'acino</p> <p>Estensione del fenomeno: spesso esteso all'intera parcella, con zone più colpite</p> <p>Comparsa: a partire dalla fioritura</p>	<p>Foglie: colorazione dello spazio internervale delle foglie basali dei tralci: - ingiallimento (vitigni bianchi) - arrossamento (vitigni rossi)</p> <p>Estensione del fenomeno: esteso all'intera parcella; più frequente su piante giovani</p> <p>Comparsa: di solito, da fine luglio – inizio agosto, prima, nei casi più gravi</p>
Cause possibili	Cause possibili
<p>Concimazione: concimazione K insufficiente</p> <p>Suoli: molto argillosi (immobilizzazione); leggeri (dilavamento); a seguito di importanti movimentazioni di terra; creazione di nuovi impianti su prati permanenti</p>	<p>Concimazione: insufficiente in Mg e/o eccessiva in K (antagonismo K-Mg); concimazione N sotto forma ammoniacale</p> <p>Clima: annate umide</p> <p>Equilibrio della pianta: equilibrio tra foglie e frutti; portinnesti e vitigni sensibili</p> <p>Radicazione: suolo e tecniche colturali che favoriscono la radicazione superficiale (negli orizzonti ricchi in K)</p>
Metodi d'indagine complementari	Metodi d'indagine complementari
<p>Analisi del suolo: capacità di scambio cationico (CSC); granulometria; K</p> <p>Diagnosi fogliare</p>	<p>Analisi del suolo: K; Mg</p> <p>Diagnosi fogliare</p> <p>Profilo colturale: radicazione</p>
Interventi risolutivi più appropriati	Interventi risolutivi più appropriati
<p>A corto termine:</p> <p>Concimazione fogliare: solfato di K; concimi specifici reperibili sul mercato (sono necessari più interventi)</p> <p>Concimazione: solfato di K; altri concimi solubili (distribuzione con palo iniettore)</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Concimazione: piano di concimazione per la concimazione minerale</p>	<p>A corto termine:</p> <p>Concimazione fogliare: solfato di Mg eptaidrato (Epsomite); concimi specifici reperibili sul mercato (sono necessari più interventi)</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Concimazione fogliare: solfato di Mg eptaidrato (Epsomite); concimi specifici reperibili sul mercato (sono necessari più interventi)</p> <p>Concimazione: ottimizzare la concimazione K e Mg</p> <p>Pianta: gestire la produzione; scegliere il portinnesto</p>

Tabella 6. Squilibri e fisiopatie principali della vite (continuazione).





Carenza di B	Carenza di Fe
	
Sintomi	Sintomi
<p>N.B.: i sintomi di eccesso e di carenza di B sono identici</p> <p>Foglie: deformate; piccole; ispessite e bollose; marmorizzate; con ingiallimenti a mosaico</p> <p>Tralci: poco vigorosi e con internodi corti; sintomi visibili su tralci giovani; femminelle dominanti rispetto al tralcio principale</p> <p>Grappoli: colatura importante: deformazione</p> <p>Estensione del fenomeno: esteso all'intera parcella, con zone più colpite</p> <p>Comparsa: di solito, prima della fioritura</p>	<p>Foglie: ingiallimenti dello spazio internervale; nei casi gravi, apparizione di necrosi</p> <p>Tralci: poco vigorosi; sintomi di clorosi visibili sulle foglie giovani o sull'apice dei tralci</p> <p>Grappoli: piccoli; gialli; con colatura evidente</p> <p>Tronco: nei casi gravi, deperimento</p> <p>Estensione del fenomeno: di solito, localizzato</p>
Cause possibili	Cause possibili
<p>Concimazione: concimazione in B insufficiente; calcitazione importante</p> <p>Clima: siccità</p> <p>Suolo: leggero e filtrante (dilavamento); calcareo (immobilizzazione); creazione di nuovi impianti su prati permanenti (carenza di B e K spesso associata)</p>	<p>Equilibrio della pianta: rapporto tra foglie e frutti squilibrato nell'annata precedente; portinnesto inadatto</p> <p>Clima: disponibilità idrica eccessiva; freddo</p> <p>Suolo: calcareo; asfittico</p> <p>Gestione del suolo: compattamento; lavorazioni; ammendamenti organici non ben decomposti e interrati</p> <p>N.B.: la carenza di Fe non è praticamente mai causata dalla sua mancanza effettiva nel suolo</p>
Metodi d'indagine complementari	Metodi d'indagine complementari
<p>Analisi del suolo: B; calcare totale; pH</p> <p>Diagnosi fogliare</p>	<p>Analisi del suolo: granulometria; SO; pH; calcare totale; calcare attivo</p> <p>Profilo culturale: struttura; decomposizione della SO; regime idrico</p> <p>Pianta: gestione culturale e resa delle annate precedenti</p>
Interventi risolutivi più appropriati	Interventi risolutivi più appropriati
<p>A corto termine:</p> <p>Concimazione fogliare: concimi specifici reperibili sul mercato</p> <p>Concimazione: purché sia possibile irrigare durante i periodi siccitosi</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Concimazione: piano di concimazione per la concimazione minerale e organica; prestare attenzione in caso di calcitazione</p>	<p>A corto termine:</p> <p>Concimazione fogliare: concimi specifici reperibili sul mercato (efficacia aleatoria)</p> <p>Concimazione: chelati di Fe (distribuzione con palo iniettore, soprattutto nei suoli pesanti)</p> <p>Pianta: diradare</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Concimazione: chelati di Fe (distribuzione con palo iniettore, soprattutto nei suoli pesanti)</p> <p>Gestione del suolo: aerare; inerbiare; drenare</p> <p>Pianta: favorire un rapporto equilibrato tra foglie e frutti; scegliere il portinnesto</p>

Tabella 6. Squilibri e fisiopatie principali della vite (continuazione).

Disseccamento del rachide	Disseccamento degli acini
	
Sintomi	Sintomi
<p>Grappoli: disseccamento di una parte o dell'intero rachide; arresto della maturazione della parte colpita del grappolo</p> <p>Comparsa: poco dopo l'invasiatura</p>	<p>Grappoli: arresto della maturazione degli acini; a volte, avvizzimento degli acini; apice del grappolo più sensibile; il rachide non dissecca</p> <p>Comparsa: poco dopo l'invasiatura</p>
Cause possibili	Cause possibili
<p>Concimazione: eccessiva in N e K, insufficiente in Mg</p> <p>Clima: umido; soggetto a cambiamenti repentini</p> <p>Equilibrio della pianta: vigore elevato; assorbimento di cationi squilibrato (K^+, Ca^{2+}, Mg^{2+})</p> <p>Vitigno: sensibilità varietale (p.es. lo Chasselas è molto sensibile, mentre il Pinot noir lo è meno)</p> <p>Portinnesto: che sfavorisce l'assorbimento di Mg e induce vigore</p>	<p>Concimazione: concimazione N e irrigazione eccessive</p> <p>Clima: umido; soggetto a cambiamenti repentini</p> <p>Equilibrio della pianta: vigore elevato; disponibilità idrica elevata; disfunzioni dell'apparato vascolare della pianta (floema e xilema)</p> <p>Vitigno: sensibilità varietale (p.es. Cabernet, Gamay, Chasselas, Humagne rouge sono tutti sensibili)</p> <p>Suolo: disponibilità idrica elevata; fertilità elevata</p>
Metodi d'indagine complementari	Metodi d'indagine complementari
<p>Analisi del suolo: K; Mg</p> <p>Diagnosi fogliare</p>	<p>Profilo colturale: valutazione della disponibilità idrica</p>
Interventi risolutivi più appropriati	Interventi risolutivi più appropriati
<p>A corto termine:</p> <p>Concimazione sul grappolo: solfato di Mg eptaidrato (Epsomite), bagnando bene i grappoli, a partire dall'invasiatura e da ripetere due volte a dieci giorni di distanza; concimi specifici reperibili sul mercato</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Equilibrio della pianta: gestire il vigore; scegliere il portinnesto</p> <p>Concimazione: ottimizzare la concimazione N, K e Mg</p> <p>Gestione del suolo: favorire l'inerbimento</p>	<p>A corto termine:</p> <p>Pianta: regolare la produzione, eliminando l'apice dei grappoli nei vitigni sensibili</p> <p>A lungo termine:</p> <p>Pianta: gestire la produzione; adattare il rapporto tra foglie e frutti; scegliere il portinnesto</p> <p>Concimazione: ottimizzare la concimazione N</p> <p>Disponibilità idrica: ottimizzare l'irrigazione</p>

4. La concimazione nella pratica

4.1 Concimazione azotata

Nel caso dell'N, si raccomanda di non eseguire concimazioni d'impianto (di fondo). Le viti giovani non hanno bisogno di N. La concimazione N va adeguata allo sviluppo vegetativo della vite. Qualsiasi variazione nella concimazione N o nella gestione del suolo va eseguita in base all'osservazione diretta del comportamento della pianta (tabella 7), eventualmente completata dalla sua analisi (analisi fogliare, tenore in N assimilabile nel mosto).

Se la situazione si rivela equilibrata, si possono ripetere le pratiche degli anni precedenti (concimazione N, gestione del suolo). A causa della grande influenza delle condizioni climatiche sulla nutrizione N della vite, è prudente confermare le osservazioni dirette eseguendo un'analisi della pianta ogni due o tre anni.

In caso di squilibrio nutrizionale N (carenza o eccesso), la tabella 8 consente di risalire alle cause e propone alcune soluzioni tecniche appropriate per ripristinare l'equilibrio. La norma di concimazione N per la vite varia tra 0 e 50 kg N/ha e anno. Apporti di N maggiori si giustificano solo in casi eccezionali. Se, variando la concimazione N all'interno dell'intervallo appena citato, la vite non risponde o lo fa in misura insufficiente, bisogna agire a livello di tecnica colturale o, in caso si rinnovi il vigneto, sulla scelta di vitigno e portinnesto.

La concimazione N non va distribuita né troppo presto né troppo tardi. Non troppo presto per ridurre il rischio che l'N sia dilavato (drenaggio). Non troppo tardi per evitare di prolungare la fase vegetativa della vite e favorire alcune malattie, come la botrite, o certe fisiopatie, come il disseccamento del grappolo. In condizioni di coltivazione normali e se si utilizza nitrato ammonico, la concimazione N andrebbe distribuita quando la vite conta da 3 a 5 foglie

Tabella 7. Nutrizione N, diagnosi relativa alla crescita vegetativa annuale della vite.

Parametro			Diagnosi		
			Eccesso	Equilibrio	Carenza
Parametro di base: osservazione della pianta	Vigore	Calibro dei tralci Grandezza delle foglie Lunghezza degli internodi	Elevato	Normale	Scarso
	Colorazione delle foglie	Colore delle foglie all'invaiaitura Misurazione della clorofilla delle foglie (N-Tester) all'invaiaitura	Verde scuro indice N-Tester elevato	Verde normale indice N-Tester normale	Verde chiaro indice N-Tester basso
	Sensibilità del grappolo	Marciume, colatura (vigore eccessivo) e disseccamento del rachide	Elevata	–	–
Informazioni complementari: dati analitici	Tenore in N delle foglie all'invaiaitura (diagnosi fogliare)		Elevato	Normale	Scarso
	Tenore in N assimilabile nel mosto alla vendemmia (vitigni bianchi e rossi vinificati in bianco e/o in rosato)		–	Normale	Scarso

Tabella 8. Possibili soluzioni tecniche per la gestione della nutrizione N.

Parametro gestionale	Eccesso di N	Carenza di N
Gestione del suolo	Se le condizioni quadro lo permettono (suolo, clima, tipo di gestione), inerbire o aumentare la superficie inerbita	Diminuire la superficie inerbita Inerbire con piante erbacee meno concorrenziali Favorire la radicazione della vite (drenare, decompattare, se necessario)
Sostanza organica (SO)	Se la SO è eccessiva, azzerarne la distribuzione	Se la SO è insufficiente, distribuirne quantità maggiori
Disponibilità idrica	Se la disponibilità idrica è eccessiva, ridurre l'irrigazione Se le condizioni quadro lo permettono (suolo, clima, tipo di gestione), inerbire o aumentare la superficie inerbita	In caso di marcata carenza idrica, ottimizzare l'irrigazione e la gestione del suolo
Scelta del portinnesto	Quando si rinnoverà il vigneto, scegliere un portinnesto meno vigoroso	Quando si rinnoverà il vigneto, scegliere un portinnesto più vigoroso
Gestione della parete fogliare	Mantenere un rapporto equilibrato tra foglie e frutti	Se manca N assimilabile nel mosto, ridurre l'altezza della parete fogliare in caso risultasse eccessiva
Concimazione N	Diminuire o azzerare la concimazione N	Aumentare la concimazione N Localizzare la concimazione N sulla banda diserbata All'invaiaitura, distribuire urea direttamente sulle foglie (corregge essenzialmente il tenore in N dei mosti)

principali completamente distese, in prossimità del primo grande picco d'assorbimento in fioritura. Quest'epoca di distribuzione è solo indicativa e può essere adattata in funzione di alcuni parametri. La si ritarda leggermente se l'annata o l'area di coltivazione sono tardive, il clima è umido, il suolo è molto leggero e drenante, nonché se si utilizza N unicamente in forma nitrica (p.es. nitrato di Ca). Viceversa, la si anticipa leggermente se l'annata o l'area di coltivazione sono precoci, il clima è secco, il suolo è pesante e poco drenante, nonché se si utilizza N unicamente in forma ammoniacale (p.es. solfato ammonico) o amidico (p.es. urea). Se del caso, il frazionamento della concimazione N può migliorarne l'efficacia, riducendo le perdite di N nell'ambiente. Nei vigneti inerbiti, è stata verificata l'efficacia degli apporti N localizzati sulle aree prive d'erba (lungo il filare, ecc.) (Spring 2003). Spesso, la localizzazione della concimazione permette di ridurre le dosi di N, rispetto alla sua distribuzione su tutta la superficie del vigneto, senza perdite d'efficacia. Chi distribuisce N sotto forma di concimi organici lo può fare già nell'autunno precedente l'annata di riferimento.

Quando, nel corso dell'estate, la vite mostra sintomi di carenza N (secondo i parametri visti in precedenza) o la carenza è molto probabile (siccità estiva molto marcata, parcella sensibile allo stress idrico-azotato), la concimazione fogliare con urea a cavallo dell'invaiaitura rappresenta una possibilità di correggere tardivamente il tenore N della vite (Spring e Lorenzini, 2006; Spring *et al.* 2015). Generalmente, la vite valorizza bene questi apporti che inducono l'aumento del tenore in N assimilabile dei mosti. La concimazione fogliare con urea è particolarmente consigliata su vitigni bianchi o rossi vinificati in rosato, perché diminuisce il rischio di subire perdite qualitative legate a uno stress idrico-azotato eccessivo (denaturazione aromatica, gusto amaro e astringenza dei vini). Questo metodo non dovrebbe sostituire la gestione ottimale delle usuali tecniche colturali (gestione del suolo, concimazione N classica) adattate alle condizioni pedoclimatiche locali, ma si può considerare una misura efficace per correggere tardivamente il tenore in N assimilabile dei mosti, alla quale ricorrere in caso di necessità (carenza N manifesta o molto probabile).

La concimazione fogliare con urea si limita ad apportare 10–20 kg N/ha in totale, tramite singole distribuzioni di 5 kg N/ha intervallate da periodi di 7–10 giorni, a cavallo dell'invaiaitura (solitamente durante il mese d'agosto). Per migliorare l'assorbimento dell'urea e ridurre i rischi di fitotossicità (legati alla presenza di biureto), bisogna intervenire preferibilmente la mattina presto o la sera tardi (temperature minori e umidità dell'aria maggiore), bagnando bene tutte le foglie (volume minimo della poltiglia pari a 200–400 l/ha; volume ideale se la vegetazione è completamente sviluppata pari a 600–800 l/ha).

La correzione effettiva del tenore in N assimilabile dei mosti ottenuta può variare in funzione del vitigno, delle condizioni pedoclimatiche locali e dell'annata. Osservazioni pluriennali, effettuate su vitigni bianchi presso l'azienda sperimentale Agroscope di Changins, mostrano un aumento medio del tenore in N assimilabile dei mosti di 15

mg N/l (equivalente a circa 1 punto dell'indice di formolo) per ogni apporto di 5 kg N/ha effettuato, sotto forma d'urea, a cavallo dell'invaiaitura.

4.2 Concimazione con P, K, Mg e B

4.2.1 Concimazione d'impianto (di fondo) P, K, Mg e B

Visto che la maggior parte dei suoli viticoli è ben dotata di elementi nutritivi, la concimazione d'impianto è una pratica eccezionale. In questo ambito, le norme di concimazione si raccomandano solo se lo stato nutrizionale del suolo risulta essere da «povero» a «moderato» per il K e «povero» per il P, secondo i metodi d'analisi del suolo usuali (AAE10 e H₂O10). In questi casi, la concimazione può richiedere importanti quantità di concimi e va incorporata omogeneamente lungo tutta la sezione di suolo interessata dallo scasso o dalle altre lavorazioni effettuate. Tale pratica è meno dannosa per l'ambiente rispetto a quanto lo siano cospicue concimazioni distribuite in superficie dopo l'impianto per rimediare a eventuali carenze. Il modo di procedere cambia in funzione dell'elemento nutritivo considerato.

In viticoltura, i suoli poveri in P sono rari. Ciononostante, in alcune situazioni si giustificano concimazioni d'impianto di 90–130 kg/ha di P (200–300 kg/ha di P₂O₅). La dose inferiore si distribuisce su suoli leggeri (< 10 % d'argilla), quella superiore su suoli pesanti (> 30 % d'argilla).

Nel caso del K, l'esperienza mostra che è ragionevole adattare la concimazione in funzione del tipo di terreno e del suo stato nutrizionale (tabella 9). Come appena indicato, è assolutamente necessario incorporare i concimi K omogeneamente lungo tutta la sezione di suolo lavorato (40–60 cm). Se si opta per una lavorazione e un'incorporazione più superficiali, la quantità di concime va ridotta proporzionalmente. Per evitare problemi di fitotossicità, se si distribuiscono quantità importanti di concime K, occorre scegliere il solfato di K.

Il Mg è facilmente dilavabile, perciò se ne sconsiglia la distribuzione all'impianto del vigneto. Eventuali necessità si soddisfano con la concimazione annua di mantenimento.

La distribuzione di B all'impianto ha senso se la coltura precedente ne manifestava la carenza oppure in seguito ai risultati dell'analisi del suolo. Se del caso, 2–3 kg di B/ha,

Tabella 9. Concimazione di base K (kg K/ha; kg K₂O/ha) in funzione del tipo e dello stato nutrizionale del suolo. (concimazione riferita a una profondità di lavorazione di 50 cm).

Valutazione del suolo	povero	moderato	sufficiente	ricco
leggero	500 (600)	350 (420)	0	0
di medio impasto	750 (900)	500 (600)	0	0
pesante	1000 (1200)	700 (840)	0	0

ben ripartiti su tutta la superficie interessata dall'impianto, sono ampiamente sufficienti.

4.2.2 Concimazione annua di mantenimento P, K e Mg

Le norme di concimazione seguenti si fondano sullo studio di Löhnhertz (1988), considerano tralci e foglie in qualità di residui colturali e riprendono le rese di riferimento delle direttive di classificazione dei vini (vini DOC, vini IGT, vini da tavola), delle uve da tavola e delle specialità regionali (tabella 10). Le norme di concimazione annue di mantenimento corrispondono alle quantità di elementi nutritivi da distribuire su un suolo il cui stato nutrizionale è giudicato «sufficiente». Le suddette norme si possono correggere tra -100 e +50 % in funzione dell'effettivo stato nutrizionale del suolo (metodi d'analisi del suolo usuali: AAE10 e H₂O10), essendo l'obiettivo finale quello di ottenere, sul lungo periodo, uno stato nutrizionale del suolo «sufficiente».

Tabella 10. Norme di concimazione P, K e Mg per la vite (kg/ha e anno) in funzione della resa e assumendo che lo stato nutrizionale del suolo sia «sufficiente».

Rese (kg/m ²)	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
0,8	10 (23)	45 (54)	25
1,0	10 (23)	55 (66)	25
1,2	12 (27)	65 (78)	25
1,6	12 (27)	75 (90)	25
2,0	15 (34)	85 (102)	25

Il P si può distribuire in una sola volta ogni 4–6 anni, a patto che le dosi necessarie siano modeste o che la concimazione avvenga sotto forma organica. Apporti di P relativamente importanti e sotto forma minerale andrebbero incorporati superficialmente, per ridurre il rischio di perdite dovute al ruscellamento.

Nel caso il suolo sia ricco oppure molto ricco in K, la distribuzione di K va azzerata, ma quella di Mg non deve comunque scendere al di sotto della norma di concimazione (anche se il suolo fosse ricco in Mg), in modo da prevenire l'eventuale carenza in Mg dovuta all'antagonismo K-Mg.

La norma di concimazione proposta per il Mg supera le esportazioni di questo nutriente perché esso è particolarmente mobile nel suolo. In presenza di suoli molto ricchi in K (antagonismo K-Mg) e di sintomi di carenza in Mg, la concimazione Mg classica si può integrare con la concimazione fogliare, per evitare momentaneamente l'insorgere della carenza. Comunque, la soluzione definitiva a questo squilibrio nutrizionale comporta il ripristino dell'equilibrio dello stato nutrizionale del suolo in K.

Il B svolge un ruolo importante nello sviluppo della vite, particolarmente all'allegagione. La carenza o l'eccesso di B perturbano gravemente lo sviluppo della pianta. L'utilizzo di concimi B, o di concimi completi contenenti B, consente di contrastare efficacemente i fenomeni di carenza. Nel

caso di suoli poveri in B, bisogna distribuire 2 kg/ha di B durante i primi due anni e 1 kg/ha nei tre anni successivi. Dopodiché, si deve analizzare nuovamente il suolo. Se lo stato nutrizionale del suolo in B è giudicato «sufficiente», si può considerare una concimazione annua di mantenimento di 1 kg/ha. In presenza di suoli ricchi, bisogna azzerare la concimazione B fino alle prossime analisi del suolo, a meno che il suolo sia leggero, calcareo o irriguo. In questi ultimi casi, si deve rinunciare alla concimazione B per due anni per poi riprendere a distribuire annualmente 1 kg B/ha. Le analisi del suolo vanno ripetute ogni cinque anni. Per evitare problemi di fitotossicità, il B va distribuito omogeneamente e senza mai superare le dosi prescritte. La coltivazione di piante esigenti in B nell'interfilare, come le crucifere, seguita dall'esportazione della loro biomassa, può aiutare a risolvere i casi di fitotossicità riconducibili all'eccesso di B.

4.3 Concimazione organica

La distribuzione di SO poco decomposta in prossimità delle lavorazioni per l'impianto del vigneto può provocare l'asfissia radicale delle giovani viti. Il fenomeno è causato dalla liberazione di gas (CO₂, metano), specialmente se la SO si interra in zone asfittiche. Se è necessario aumentare il tenore in SO, conviene distribuire letame o compost da uno a due anni prima della lavorazione del suolo oppure dopo la comparsa della seconda foglia sulle giovani viti. In caso sia necessario procedere con distribuzioni di SO importanti, gli elementi nutritivi così distribuiti possono superare le rispettive norme di concimazione.

4.4 Concimazione dei vigneti giovani

Se i risultati delle analisi del suolo indicano uno stato nutrizionale del suolo «sufficiente» oppure se si è effettuata la concimazione d'impianto in base alla necessità, per i primi due anni non vanno distribuiti né P, né K e nemmeno Mg. Dal terzo anno, si applica la concimazione annua di mantenimento descritta precedentemente.

4.5 Concimazione fogliare

La nutrizione minerale equilibrata della vite va assicurata prioritariamente tenendo in debito conto lo stato di nutrizionale del suolo (analisi del suolo e conseguente piano di concimazione), scegliendo il portinnesto più adatto e gestendo il suolo in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali. Tuttavia, nelle situazioni in cui si notano carenze (tabella 6) o si debbano gestire squilibri nutrizionali (antagonismi) pregiudizievoli per lo sviluppo della vite, la sua fruttificazione e la qualità dei suoi prodotti, può essere consigliabile distribuire una concimazione complementare per via fogliare. In generale, la vite assorbe bene gli elementi nutritivi attraverso le foglie, anche se l'assorbimento dipende da molteplici fattori.

- Superficie fogliare idonea: normalmente, non prima di metà/fine maggio e fino a fine agosto (l'epoca dipende dal tipo di carenza da gestire), evitando di intervenire durante la fioritura (rischio di perturbare la feconda-

zione). Di solito, le foglie vecchie assorbono meno elementi nutritivi.

- Condizioni d'applicazione ideali: è preferibile intervenire la mattina presto o la sera tardi (umidità dell'aria maggiore), bagnando bene tutte le foglie (volume minimo della poltiglia pari a 200–400 l/ha; volume ideale con vegetazione completamente sviluppata pari a 600–800 l/ha). Si devono evitare sia temperature troppo elevate (asciugatura troppo rapida), sia troppo basse (le condizioni ottimali si hanno a 20 °C circa).
- pH della poltiglia adatto: si considera ottimale un pH vicino a 6,5. Di solito la concimazione fogliare non si miscela con altri prodotti. Miscele sono possibili solo su espressa indicazione della ditta produttrice.
- Concentrazione massima conforme: la concentrazione massima della poltiglia indicata dalla ditta produttrice va rispettata (rischi di fitotossicità e concimazione eccessiva, specialmente nel caso di microelementi, in grado di indurre sintomi simili a quelli delle carenze che si stanno combattendo).

Le prescrizioni sulla concimazione fogliare variano a seconda delle problematiche sollevate da ogni singolo nutriente considerato.

Azoto

La concimazione fogliare N interessa essenzialmente la correzione del tenore in N assimilabile dei mosti tramite distribuzione di urea a cavallo dell'invaiaitura. Nel capitolo 4.1 si descrive questa tecnica dettagliatamente.

Potassio

La carenza di K è legata principalmente a nuovi impianti eseguiti su suoli poveri di K oppure a interruzioni pluriennali della concimazione K, senza alcun monitoraggio, specialmente su suoli sabbiosi con scarsa capacità di ritenzione. La soluzione a questi problemi implica la correzione dello stato nutrizionale del suolo. Tale correzione richiede, talvolta, concimazioni elevate e difficilmente disponibili in tempi rapidi per le radici di viti ormai adulte, perché il K è poco mobile nel terreno (capitolo 4.2.1 e tabella 6). Parallelamente alla concimazione classica, e in funzione della gravità dei sintomi di carenza, si possono, talvolta, consigliare concimazioni fogliari temporanee. La distribuzione di K per via fogliare si effettua tramite applicazioni ripetute di solfato di K (fino a 5–6 interventi l'anno, in caso di carenza grave). Il nitrato di K è un'alternativa possibile, ma spesso non la si consiglia perché comporta l'apporto automatico di N. Queste concimazioni hanno solo un effetto parziale e limitato nel corso della crescita vegetativa annua della vite.

Magnesio

Nella realtà della viticoltura svizzera, la carenza di Mg è raramente legata a una scarsa dotazione nei suoli, ma piuttosto all'eccessiva diffusione di suoli troppo ricchi in K (antagonismo K-Mg) (tabella 6). Lo squilibrio della nutrizione Mg è un fattore centrale per quanto concerne il rischio di disseccamento del rachide. L'assorbimento di Mg è particolarmente problematico nei vigneti giovani (radici

localizzate negli orizzonti superficiali del suolo arricchiti di K), in presenza di suoli e climi umidi, nonché con portinnesti che limitano l'assorbimento di Mg (SO₄, 125 AA, 5BB, 5C, 8B). In questi casi, la priorità va data al ripristino dell'equilibrio, a medio-lungo termine, dello stato nutrizionale del suolo in K. Tuttavia, nei suoli con elevata capacità di scambio cationico (CSC), questa misura può richiedere molti anni, durante i quali il rischio di ritrovarsi con una carenza di Mg resta elevato. Nei vigneti dove si osservano con regolarità forti sintomi di carenza di Mg, si può giustificare l'applicazione di concimazioni fogliari ripetute. Generalmente, si effettuano 3–4 concimazioni l'anno con solfato di Mg eptaidrato (Epsomite). Per volumi di poltiglia pari a 600–800 l/ha, la concentrazione abituale è del 2 %. Se si miscela il solfato di Mg con altre sostanze attive, si raccomanda di non superare la concentrazione dell'1 %, per evitare interazioni negative. Sul mercato esistono diversi preparati commerciali contenenti Mg (sali, chelati) altresì utilizzabili. Se la scelta cade su uno di questi prodotti, bisogna attenersi alle indicazioni della ditta produttrice.

La distribuzione mirata di Mg sui grappoli vuole ridurre il rischio di disseccamento del rachide. Questo intervento è circoscritto alle parcelle soggette a carenza Mg e ai vitigni sui quali questa carenza si manifesta regolarmente. La distribuzione di 18–20 kg/ha di solfato di Mg eptaidrato (9,8 %) disciolto in 600–800 l/ha di poltiglia ha lo scopo di bagnare bene i grappoli, una prima volta ad inizio invaiaitura e una seconda volta 10 giorni più tardi.

Boro

La carenza in B (tabella 6) si manifesta principalmente su suoli leggeri, poveri in SO₄, irrigui e con pH elevato. In virtù della sua mobilità, il B distribuito sul suolo (capitolo 4.2.2) è rapidamente disponibile per la vite (in caso di siccità bisogna irrigare). Con queste premesse, la concimazione fogliare si consiglia solo in casi estremi. La si esegue, generalmente, con acido borico, oppure con perborato di sodio, entrambi alla concentrazione dello 0,2 % (200 g/100 l d'acqua). In questi casi, si interviene da 2 a 3 volte prima della fioritura. Il sovradosaggio va assolutamente evitato, perché l'eccesso di B causa gli stessi sintomi della sua carenza.

Ferro

La carenza di Fe è riconducibile al suo insufficiente assorbimento da parte delle giovani radici formatesi in primavera. In Svizzera, la carenza di Fe non dipende praticamente mai dalla sua effettiva scarsità nel suolo. La manifestazione e la gravità dei sintomi dipendono da molteplici fattori diversi tra loro, come: tipologia di suolo (suoli molto calcarei, pH elevato), clima (primavere umide e fredde, ristagno idrico), riserve di carboidrati nella vite insufficienti (rapporto tra foglie e frutti dell'anno e/o clima dell'anno precedente) e scelta del portinnesto (grossa influenza sull'assorbimento di Fe) (tabella 6). Va data priorità assoluta alla lotta contro la clorosi ferrica intervenendo sui fattori appena elencati (p.es. cambiando il portinnesto al reimpianto, drenando, gestendo il suolo in modo diverso oppure limitando la produzione). La distribuzione di sali o di chelati di Fe, sia sul suolo sia fogliare, ha un effetto molto aleatorio e spesso passeggero.

Zinco

La carenza di Zn si osserva molto raramente sulla vite (tabella 6). In Svizzera, questa carenza si manifesta essenzialmente su suoli acidi, poveri di Zn a seguito di calcitazioni o di concimazioni P abbondanti. La concimazione fogliare con Zn si esegue distribuendo per tre volte solfato di Zn, chelato oppure un fungicida contenente Zn (p.es. mancozeb), rispettando un intervallo di 8 giorni tra le applicazioni. I fungicidi come il mancozeb, appartengono alla famiglia dei carbammati e sono soggetti a restrizioni d'uso in produzione integrata (tossicità per i teflodromi).

Manganese

La carenza di Mn si osserva abbastanza raramente in Svizzera. Può manifestarsi qua e là su suoli calcarei o che hanno ricevuto dosi elevate di ammendanti calcarei, ma anche in suoli ricchi di SO. Alcuni anni fa, questa carenza era ancora più rara, perché si utilizzavano frequentemente fungicidi della famiglia dei carbammati (p.es. mancozeb), che contengono Mn. Oggigiorno, il loro uso è stato ridotto drasticamente in produzione integrata. Distribuire Mn sul suolo è poco efficace. La concimazione fogliare con solfato di Mn si effettua con 2-4 interventi a cavallo della fioritura. La sua efficacia è buona, ma va ripetuta per alcuni anni.

5. Bibliografia

- Aerny J., 1996. Composés azotés des moûts et des vins. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 28 (3), 161-165.
- Collaud G., Ryser J.-P. & Schwarz J.-J., 1990. Capacité d'échange des cations. *Fiches de Sol-Conseil. Revue suisse Agric.* 22 (5), 285-289.
- Lönhertz O., 1988. Untersuchungen zum zeitlichen Verlauf der Nährstoffaufnahme bei *Vitis vinifera* (cv. Riesling). *Dissertation, Università di Giessen*, 228 pp.
- Maigre D., Aerny J. & Murisier F., 1995. Entretien des sols viticoles et qualité des vins de Chasselas: influence de l'enherbement permanent et de la fumure azotée. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 27 (4), 237-251.
- Spring J.-L. & Jelmini G., 2002. Nutrition azotée de la vigne: intérêt de la détermination de l'indice chlorophyllien pour les cépages Chasselas, Pinot noir et Gamay. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 34 (1), 27-29.
- Spring J.-L., 2003. Localisation de la fumure azotée sur l'intercep en vignes enherbées. Résultats d'un essai sur Chasselas dans le bassin lémanique. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* 35 (2), 113-119.
- Spring J. L. & Lorenzini, F., 2006: Effet de la pulvérisation foliaire d'urée sur l'alimentation azotée et la qualité du Chasselas en vigne enherbée. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 38, 105-113.
- Spring J. L., Verdenal T., Zufferey V. & Viret O., 2015: Fumure azotée en viticulture: influence de la période d'application. *Revue suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 47 (3), 178-183.

6. Indice delle tabelle

Tabella 1. Resistenza alla clorosi ferrica in funzione dei tenori in calcare totale e calcare attivo del suolo.	12/4
Tabella 2. Gamma dei valori di riferimento per l'interpretazione dell'analisi fogliare della vite a inizio invaiatura (valori in %) (i valori provengono dalla rete di riferimento presente nella Svizzera romanda e in Ticino dal 1976 al 2000; l'interpretazione normale interessa cinque classi, le classi «basso» e «elevato» si calcolano per differenza).	12/4
Tabella 3. Valori di riferimento per l'interpretazione del tenore in clorofilla nelle foglie, misurato con l'N-Tester a inizio invaiatura (foglie principali situate nella zona dei grappoli).	12/5
Tabella 4. Soglie di sensibilità del vitigno Chasselas alla carenza in N assimilabile nel mosto.	12/5
Tabella 5. Prelievo in elementi nutritivi del vitigno Riesling secondo Löhnertz (1988).	12/6
Tabella 6. Squilibri e fisiopatie principali della vite.	12/7
Tabella 7. Nutrizione N, diagnosi relativa alla crescita vegetativa annua della vite.	12/11
Tabella 8. Possibili soluzioni tecniche per la gestione della nutrizione N.	12/11
Tabella 9. Concimazione di base K (kg K/ha; kg K ₂ O/ha) in funzione del tipo e dello stato nutrizionale del suolo (concimazione riferita a una profondità di lavorazione di 50 cm).	12/12
Tabella 10. Norme di concimazione P, K e Mg per la vite (kg/ha e anno) in funzione della resa e assumendo che lo stato nutrizionale del suolo sia «sufficiente».	12/13

7. Indice delle figure

Figura 1. Evoluzione dell'assorbimento di N durante la crescita vegetativa annua della vite (tralci, foglie, grappoli).	12/6
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------



13/ Concimazione in frutticoltura

Thomas Kuster¹, Othmar Eicher², Lucie Leumann³, Urs Müller⁴,
Jeanne Poulet⁵ e Reto Rutishauser³

¹ Agroscope, 8820 Wädenswil, Svizzera

² Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, 5722 Gränichen, Svizzera

³ Ökohum, 8585 Herrenhof, Svizzera

⁴ BBZ Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg, 8268 Salenstein, Svizzera

⁵ Union fruitière lémanique, 1110 Morges, Svizzera

Contatto: thomas.kuster@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	13/3
2. Determinazione delle norme di concimazione	13/3
2.1 Valutazione del potenziale produttivo locale	13/3
2.2 Valutazione degli alberi da frutto	13/3
2.3 Analisi del suolo	13/5
2.4 Calcolo della norma di concimazione corretta (esempio)	13/7
2.5 Diagnostica fogliare	13/7
3. Elementi nutritivi e concimazione in frutticoltura	13/9
3.1 Dinamica annuale del fabbisogno in elementi nutritivi	13/10
3.2 Azoto	13/10
3.3 Fosforo	13/10
3.4 Potassio	13/11
3.5 Calcio	13/11
3.6 Magnesio	13/12
3.7 Zolfo	13/12
3.8 Boro	13/12
3.9 Rame	13/13
3.10 Ferro e manganese	13/13
3.11 Zinco	13/14
4. Tecnica di concimazione	13/14
4.1 Concimazione di superficie o concimazione localizzata	13/14
4.2 Reimpianto e concimazione di giovani frutteti	13/14
4.3 Concimi organici	13/15
4.4 Fertirrigazione e impiego di concimi in soluzione	13/16
4.5 Concimi fogliari	13/16
4.6 Concimi chelati	13/17
4.7 Concimazione di frutteti ad alto fusto	13/17
4.8 Concimazione in frutticoltura biologica	13/18
5. Bibliografia	13/18
6. Indice delle tabelle	13/20
7. Indice delle figure	13/20

In copertina: ciliegi in fiore (fotografia: Cornelia Heusser, Agroscope).

1. Introduzione

Questo documento definisce le linee direttive per la concimazione sostenibile degli alberi da frutto e costituisce un punto di riferimento per le aziende gestite secondo i principi della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER). Il fabbisogno in elementi nutritivi (norma di concimazione) in frutticoltura dipende principalmente dalla quantità di nutrienti esportata con il raccolto e, subordinatamente, dalla valutazione degli alberi da frutto e dall'analisi del suolo. L'insieme di questi fattori consente di determinare le norme di concimazione e di allestire un piano di concimazione sostenibile. Da un lato, ciò assicura rese elevate e di ottima qualità, evitando l'insorgere dell'alternanza di produzione e di altre fisiopatie; dall'altro, limita al minimo l'impatto ambientale della concimazione (p.es. perdite di elementi nutritivi causate dal dilavamento). Ne consegue che una tale strategia di concimazione risulta essere sostenibile sia dal punto di vista economico sia da quello ecologico. Le linee direttive per la concimazione sostenibile nella produzione integrata (PI) in frutticoltura, elaborate dal Gruppo di lavoro svizzero per la produzione integrata in frutticoltura (GLPI/SAIO/GPTI) (Richtlinien für den ÖLN und die integrierte Obstproduktion in der Schweiz, SAIO 2016; pubblicate in tedesco e in francese), possono differire da quanto riportato in questo modulo.

Il capitolo 2 riporta le indicazioni necessarie per calcolare le norme di concimazione, in base alla valutazione degli alberi da frutto e all'analisi del suolo, nonché le informazioni concernenti la manifestazione dei sintomi fogliari di carenza di elementi nutritivi e l'analisi fogliare. I capitoli 3 e 4 descrivono il ruolo degli elementi nutritivi e le tecniche di concimazione in frutticoltura, nonché le particolarità tecniche della concimazione (reimpianti e giovani frutteti, concimazione organica, fertirrigazione e concimi liquidi, concimi fogliari, concimi chelati, concimazione di frutteti ad alto fusto e concimazione in frutticoltura biologica). Il modulo 2 riporta i fattori di correzione ottenuti con l'analisi del suolo, debitamente armonizzati e aggiornati. I concimi e le loro peculiarità sono descritti nel modulo 4. La concimazione dei piccoli frutti si affronta, separatamente, nel modulo 14. Rispetto alla precedente versione di questo documento (Bertschinger *et al.* 2003), si segnalano due ulteriori cambiamenti: l'aumento della norma di concimazione del magnesio (Mg) in funzione della resa (tabella 1), per ridurre il rischio di carenza causato dall'eccessivo assorbimento (antagonismo) di potassio (K) e calcio (Ca), nonché, nell'ambito della valutazione degli alberi da frutto, l'eliminazione dei fattori di correzione «volume occupato dai sassi» e «sensibilità alle fisiopatie» (tabelle 3 e 5).

2. Determinazione delle norme di concimazione

2.1 Valutazione del potenziale produttivo locale

Il bilancio degli elementi nutritivi in un frutteto dipende principalmente dalla quantità di nutrienti esportata con il raccolto, ma subisce anche l'influenza delle condizioni pedoclimatiche locali (precipitazioni, temperatura, suolo),

che ne aumenta notevolmente la variabilità. L'allestimento di un bilancio di concimazione razionale richiede la determinazione della norma di concimazione in fosforo (P), K e Mg in funzione della resa (capitolo 2.2.1) e la sua successiva correzione attraverso i risultati scaturiti dalla valutazione delle colture (capitoli 2.2.2 e 2.2.3) e dall'analisi del suolo (modulo 2). L'elevata mobilità che caratterizza le forme assunte dall'azoto (N) nel suolo fa sì che sia difficile determinarne la disponibilità tramite l'analisi del suolo. Perciò, la norma di concimazione N si corregge solo in funzione della resa e della valutazione della coltura.

Se il potenziale produttivo locale è insufficiente (p.es. a causa di pH estremi o dell'eccessiva presenza di Ca) e non si riesce a migliorare la situazione entro pochi anni, né concimando, né con semplici cambiamenti gestionali e nemmeno applicando misure di risanamento, conviene cercare nuove strategie di gestione, più adatte alle caratteristiche locali oppure cambiare, eventualmente, la specie/varietà coltivata.

2.2 Valutazione degli alberi da frutto

2.2.1 Prelievo di elementi nutritivi tramite il raccolto

In un bilancio di concimazione equilibrato, la concimazione compensa, in modo sostenibile, le quantità di elementi nutritivi prelevate con il raccolto. Ne consegue che la norma di concimazione dipende dal livello di resa e aumenta con l'aumentare della produzione di frutti (tabella 1). Siccome il legno di potatura, le foglie e gli altri residui colturali restano generalmente nel frutteto, i loro tenori in elementi nutritivi non si considerano tra i prelievi (tabella 2). L'analisi del suolo consente, tramite i relativi fattori di correzione, di considerare i tenori in elementi nutritivi del suolo (riserve, perdite) (capitolo 2.3.2).

2.2.2 Correzione della norma di concimazione N in funzione della valutazione degli alberi da frutto

L'N è l'elemento nutritivo che influenza maggiormente la crescita e la resa delle piante. La grande variabilità che ne caratterizza la disponibilità nel suolo (N disponibile $[N_{disp}]$) rende difficile stimarne la quantità a disposizione delle colture durante il periodo vegetativo. Per questo motivo, in frutticoltura, la determinazione della norma di concimazione N corretta non si basa sull'analisi del suolo, bensì sulla valutazione degli alberi da frutto durante il periodo vegetativo (vigore della pianta/stato sanitario delle foglie, agostamento, formazione di gemme a fiore, entità della raccolta precedente) e sul vigore del portinnesto, ponderato con la profondità del suolo e il suo tenore in humus (tabella 3). Le correzioni applicate alla norma di concimazione N per drupacee e pomacee sono comprese in un intervallo variabile tra -45 e +45 kg/ha. Per il kiwi la correzione si esegue considerando unicamente il vigore della pianta e il tenore in humus del suolo (tabella 4).

Tabella 1. Norme di concimazione (kg/ha) per drupacee, pomacee e kiwi in funzione della resa (kg/m²).

Coltura	Resa (kg/m ²)	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	Mg
Melo e pero	2,0	40	10	4,4	40	33,2	10
	3,0	50	15	6,5	60	49,8	20
	4,0	60	20	8,7	75	62,3	20
	5,0	70	25	10,9	90	74,7	30
	6,0	80	30	13,1	110	91,3	40
Ciliegio	0,8	40	15	6,5	40	33,2	10
	1,2	60	20	8,7	50	41,5	20
	1,6	80	30	13,1	65	54,0	30
	2,0	100	40	17,4	80	66,4	40
Susino	1,0	40	10	4,4	35	29,1	10
	1,5	60	15	6,5	50	41,5	15
	2,0	80	20	8,7	65	54,0	20
Albicocco	1,5	45	20	8,7	60	49,8	10
	2,0	60	25	10,9	75	62,3	20
	2,5	75	30	13,1	90	74,7	30
Pesco	1,5	45	10	4,4	45	37,4	10
	2,0	60	15	6,5	55	45,7	20
	2,5	75	20	8,7	70	58,1	30
Kiwi	1,5	45	10	4,4	60	49,8	10
	2,0	50	15	6,5	75	62,3	15
	2,5	65	20	8,7	90	74,7	20

Tabella 2. Fabbisogno annuo in elementi nutritivi (kg/ha) di diversi organi del melo (Batjer et al. 1952)¹.

	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	Ca	Mg
Frutti (40 t/ha)	20,0	13,0	5,7	60,0	49,8	3,6	1,8
Foglie	43,0	6,5	2,8	54,5	45,2	70,1	16,3
Rami, tronco, radici	15,5	8,5	3,7	15,0	12,5	37,2	2,1
Organi diversi (gemme, legno di autopotatura)	10,5	3,0	1,3	15,5	12,9	2,9	0,9
Legno di potatura	10,0	4,4	1,9	4,0	3,3	22,9	1,5
Fabbisogno totale	99,0	35,4	15,4	149,0	123,7	136,7	22,6

¹ Le quantità di elementi nutritivi possono variare in funzione del luogo, della varietà e del sistema d'allevamento.

Tabella 3. Correzione della concimazione N per drupacee e pomacee. Le correzioni sono espresse in kg/ha.

Vigore della pianta/stato sanitario delle foglie	eccessivo/buono	-10	normale	0	limitato/povero	+10
Agostamento	tardivo	-5	normale	0	precoce	+5
Entità di fioritura e fruttificazione	limitata	-5	normale	0	elevata	+5
Entità del raccolto precedente	limitata	-5	normale	0	elevata	+5
Portinnesto	Profondità del suolo > 80 cm		Profondità del suolo 40–80 cm		Profondità del suolo < 40 cm	
vigoroso		-10		-5		0
mediamente vigoroso		-5		0		+5
debole		0		+5		+10
Tenore in humus ¹	elevato	-10	sufficiente	0	limitato	+10

¹ Per valutare il tenore in humus (elevato, sufficiente, limitato) ci si riferisce alla tabella 3 del modulo 2.

Tabella 4. Correzione della concimazione N per il kiwi. Le correzioni sono espresse in kg/ha.

Vigore	eccessivo	-30	normale	0	limitato	+15
Tenore in humus ¹	elevato	-12	sufficiente	0	limitato	+9

¹ Per valutare il tenore in humus (elevato, sufficiente, limitato) ci si riferisce alla tabella 3 del modulo 2.

Tabella 5. Correzione della concimazione P, K e Mg per drupacee (DRU), pomacee (PO) e kiwi. Le correzioni sono espresse in percentuale.

	DRU & PO	Kiwi						
Portinnesto:	X		profondità del suolo > 80 cm	profondità del suolo 40–80 cm	profondità del suolo < 40 cm			
da medio a vigoroso			-10 %	0 %	+10 %			
debole			0 %	0 %	+20 %			
Tenore in humus ¹	X	X	elevato	-10 %	sufficiente	0 %	limitato	+10 %

¹ Per valutare il tenore in humus (elevato, sufficiente, limitato) ci si riferisce alla tabella 3 del modulo 2.

Tabella 6. Esigenze minime e raccomandazioni per l'analisi del suolo in frutticoltura.

Necessità	Tipo d'analisi	Frequenza
Esigenze minime ¹	P, K, Mg (metodi d'estrazione H ₂ O10 e AAE10)	ogni 5–10 anni ²
	humus (stima colorimetrica)	ogni 5–10 anni ²
	pH(H ₂ O)	ogni 5–10 anni ²
	granulometria/tenore in argilla (prova tattile)	una tantum
Analisi raccomandate ³	microelementi (B, Fe, Mn, Zn)	ogni 5–10 anni ²
	humus (calcinazione umida)	ogni 5–10 anni ²
	granulometria/tenore in argilla (sedimentazione)	una tantum
	capacità di scambio cationico (CSC)	una tantum
	tasso di saturazione in basi (SB)	una tantum

¹ Per le aziende agricole gestite secondo i principi della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER) si tratta di rispettare le prescrizioni contenute nell'ordinanza sui pagamenti diretti all'agricoltura (UFAG 2016) e nelle direttive GLPI/ SAIO/GTPI, pubblicate in tedesco e in francese (GLPI/ SAIO/GTPI 2016)

² Con frequenza maggiore in caso di impianti professionali che presentano problemi colturali e/o di qualità dei frutti.

³ Ulteriori tipi d'analisi adatti a valutare lo stato del suolo e raccomandati, soprattutto, in caso di nuovi impianti e/o di situazioni problematiche.

2.2.3 Correzione della norma di concimazione P, K e Mg in funzione della valutazione degli alberi da frutto

La norma di concimazione P, K e Mg, correlata al livello della resa (tabella 1), si corregge sia in funzione della valutazione degli alberi da frutto sia considerando i risultati dell'analisi del suolo (modulo 2). Le correzioni relative alla valutazione visiva di drupacee e pomacee si esprimono in percentuale e si limitano a considerare il vigore del portinnesto, ponderato con la profondità del suolo, nonché il tenore in humus del suolo (tabella 5). Nel caso del kiwi, si considera solo il tenore in humus del suolo (tabella 5). Nei suoli ricchi in K, bisogna sempre distribuire annualmente almeno 20 kg/ha di Mg (capitolo 2.3.2).

2.3 Analisi del suolo

Il modulo 2 spiega dettagliatamente come si esegue il campionamento del suolo e come si calcolano i fattori di correzione basati sui risultati delle analisi del suolo. Nei paragrafi seguenti ci si limiterà, quindi, a riassumere i concetti principali descritti nel modulo 2 e a trattare gli aspetti specifici della frutticoltura.

2.3.1 Campionamento del suolo

La disponibilità in elementi nutritivi (P, K, Mg), il pH e il tenore in humus dello strato superficiale del suolo (2–25 cm) si determinano, di regola, ogni cinque anni e, comunque mai oltre i dieci anni d'intervallo (tabella 6). Le caratteristiche del suolo che non si possono modificare con la ge-

stione colturale (granulometria, capacità di scambio cationico [CSC]) si misurano, invece, una sola volta. Siccome le radici degli alberi da frutto si sviluppano prevalentemente nello strato superficiale del suolo si può, generalmente, tralasciare l'analisi del sottosuolo (25–50 cm). Allo scopo di riconoscere precocemente eventuali carenze o problemi legati alla nutrizione minerale, suolo e sottosuolo andrebbero analizzati entrambi e con una certa frequenza quando si vuole piantare un nuovo frutteto, se le piante manifestano sintomi di carenza nutrizionale, se si riscontrano problemi colturali di diversa natura oppure qualora si vogliono semplicemente migliorare le caratteristiche del suolo.

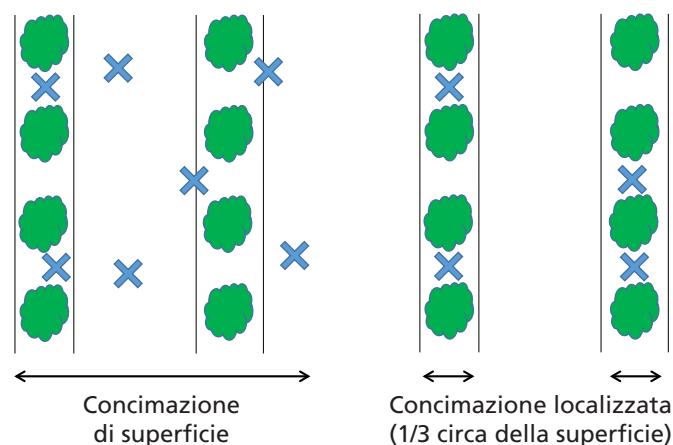


Figura 1. Schema per il prelievo di campioni di suolo (x) in caso si concimi l'intera superficie del frutteto (a sinistra) oppure qualora si localizzi la concimazione lungo il filare o sui terrazzamenti (a destra).



Figura 2. In ogni parcella, si prelevano 12–20 campioni di suolo rappresentativi. I carotaggi si eseguono con una sonda apposita, a profondità di 2–25 cm e 25–50 cm (fotografia: Andreas Naef, Agroscope).

Il campionamento va fatto eseguendo 12–20 carotaggi lungo la diagonale della parcella (figure 1 e 2; Agroscope 1996). I prelievi devono essere rappresentativi della parcella o dell'area che si vuole analizzare (una singola analisi può rappresentare al massimo una superficie di 3 ha). Se si concima tramite fertirrigazione (capitolo 4.4), oppure utilizzando un palo iniettore (capitolo 4.7), 12 prelievi non bastano per garantire la rappresentatività dell'analisi. In questi casi, si raccomanda di eseguirne almeno il doppio. Qualora si localizzi la concimazione lungo i filari (capitolo 4.1), oppure gli stessi si piantino su pendii terrazzati, bisogna prelevare i campioni di suolo solo lungo i filari stessi (figura 1). In frutticoltura, il periodo ideale per campionare il suolo va da agosto a novembre.

2.3.2 Correzione della norma di concimazione fosfatica, potassica e magnesiana in funzione dell'analisi del suolo

Lo stato nutrizionale del suolo per P, K e Mg si valuta con due diversi metodi d'analisi: il metodo d'estrazione all'acqua (H₂O10) e quello all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10). Il metodo all'acqua rileva soprattutto gli elementi minerali solubili e facilmente disponibili per le piante (tabelle 13–15, modulo 2), mentre il metodo AAE10 estrae anche gli elementi nutritivi di riserva, quelli cioè trattenuti dal suolo con maggiore forza (tabelle 16–18, modulo 2). Partendo dalle concentrazioni in elementi nutritivi rilevate da entrambi i metodi e conoscendo i tenori in argilla e humus del suolo, è possibile descrivere lo stato nutrizionale del suolo grazie a fattori di correzione specifici. Il tenore in P, K e Mg del suolo viene suddiviso in cinque classi di fertilità a dipendenza dei fattori di correzione ottenuti. Si va

dalla classe A (povero) alla classe E (molto ricco). Entrambi i metodi concorrono alla determinazione del fattore di correzione ponderato, che si ottiene facendo la media tra il doppio del fattore di correzione risultante dall'analisi all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10) (2x) e quello ottenuto con il metodo H₂O10 (1x).

Il fattore di correzione ponderato, espresso in percentuale, si somma alla correzione basata sulla valutazione visiva degli alberi da frutto (capitolo 2.2.3). Il risultato si moltiplica, quindi, con la norma di concimazione (tabella 1), per determinare il fabbisogno effettivo in P, K e Mg degli alberi da frutto (capitolo 4.5, modulo 2). Nel capitolo 2.4 si può trovare un esempio di calcolo delle quantità di concime necessarie per un frutteto. Se i fattori di correzione ottenuti con i metodi H₂O10 e AAE10 sono divisi da più di due classi di fertilità (A/E), bisogna chiedere il parere di un esperto per interpretare le analisi, perché una delle due analisi è probabilmente sbagliata. Per P e Mg, il metodo d'estrazione AAE10 è affidabile solo nei suoli non calcarei con pH < 6,8 o con AAE10 < 4000 mg/kg di terra fine (Stünzi 2006). Quando il pH si situa tra 6,8 e 7,8, il fattore di correzione per P e Mg si determina unicamente con il metodo d'estrazione H₂O10, mentre con pH al di sopra di 7,8 non esistono scale d'interpretazione per il P. In questi suoli, l'effettiva disponibilità di P può essere maggiore di quella risultante dall'estrazione H₂O10, a causa della ridotta solubilità di P che si riscontra, specialmente in presenza di grandi eccessi di Ca. Il risultato dell'analisi all'acqua di questi ultimi suoli va interpretato con l'aiuto di un esperto in materia ed, eventualmente, verificato con i risultati dell'analisi fogliare.

In frutticoltura, nei suoli caratterizzati da un rapporto K:Mg sfavorevole (tenore in K nelle classi di fertilità D/E e tenore in Mg in quelle A/B/C), sussiste il pericolo che si verifichi antagonismo tra K e Mg (capitolo 3.6). In situazioni simili, ogni anno bisogna distribuire almeno 20 kg/ha di Mg. Nei suoli alcalini (all'incirca con pH > 7,5), l'assimilazione di Mg entra in concorrenza con quella di Ca. L'elevata concentrazione di Ca riduce talmente l'assorbimento di Mg da parte delle radici, che nemmeno la distribuzione di Mg supplementare è risolutiva. In una tale situazione, si raccomanda di distribuire concimi contenenti Mg in forma chelata o di procedere con la concimazione fogliare.

2.3.3 Tenore in humus

Il tenore in humus del suolo è uno dei fattori utilizzati per correggere le norme di concimazione degli alberi da frutto (tabelle 3–5). Esso influenza notevolmente le proprietà fisiche e biologiche del suolo e va, perciò, verificato regolarmente. Indipendentemente dalla quantità di argilla presente, il tenore in humus del suolo non dovrebbe mai scendere al di sotto della classificazione «sufficiente» (tabella 3, modulo 2). In frutticoltura, i suoli con più del 5% di humus sono rari. Quando il suo tenore diminuisce eccessivamente,

$$\text{Fattore di correzione ponderato} = (2 \times F_{\text{corr AAE10}} + 1 \times F_{\text{corr H}_2\text{O10}}) : 3$$

bisogna valutare se modificare opportunamente la gestione del frutteto per mantenere l'attività biologica del suolo a un livello ottimale (capitolo 4.3). In generale, va considerato che le variazioni del tenore in humus del suolo richiedono molto tempo.

2.3.4 pH

Il pH del suolo influenza l'attività biologica e il grado di assimilazione della maggior parte degli elementi nutritivi (Scheffer *et al.* 2010). Per questa ragione, è necessario evitare variazioni repentine di pH, in particolare quelle causate da calcitazioni eccessive. Il pH ideale in frutticoltura si situa tra 6,0 e 7,5. Il pH si può aumentare senza grossi problemi con la calcitazione (capitolo 2.3.5, modulo 2), ma diminuirlo, per esempio distribuendo concimi acidificanti, è difficile, in ragione dell'elevato potere tampone del carbonato di Ca (CaCO₃).

2.3.5 Distribuzione di concimi contenenti Ca e calcitazione

Un'eventuale calcitazione va decisa in funzione del pH e del tenore in argilla del suolo, basandosi sulla tabella 22 del modulo 2. In frutticoltura, si considera ideale un pH compreso tra 6,0 e 7,5. La calcitazione va presa in considerazione soprattutto nei suoli il cui pH è inferiore a 5,9. Nelle situazioni caratterizzate da pH tra 5,9 e 6,5 e da

carenza di Ca, è preferibile limitarsi a distribuire concimi contenenti Ca. Dato che la concentrazione eccessiva di Ca nel suolo favorisce il suo assorbimento da parte delle piante a scapito di quello di altri elementi nutritivi (antagonismo), prima di eseguire una calcitazione, calcolata in equivalenti di ossido di Ca (CaO), o di distribuire concimi contenenti Ca, bisogna valutarne attentamente l'effettiva necessità. In nessun caso bisogna distribuire più Ca del necessario.

Le calcitazioni esigono grandi quantità di ammendanti calcarei, che vanno calcolate in funzione del tasso di saturazione in basi (SB) e della CSC del suolo (tabella 24, modulo 2). Questi calcoli vanno eseguiti da una persona esperta.

2.4 Calcolo della norma di concimazione corretta (esempio)

L'esempio riportato nella tabella 7 si riferisce a un meieto che produce 4 kg/m² di mele. Il suo scopo è facilitare il calcolo della norma di concimazione corretta, tenendo conto della valutazione di suolo e alberi da frutto.

2.5 Diagnostica fogliare

Le analisi fogliari e le osservazioni di sintomi di carenza sulle foglie permettono di stabilire lo stato nutrizionale di un frutteto durante il periodo vegetativo (p.es. casi di ca-

Tabella 7. Esempio di calcolo della norma di concimazione corretta (kg/ha) per un ipotetico meieto in piena produzione.

		Tabella	N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	Mg
Suolo	Fattore di correzione (H ₂ O10) ¹	13-15 ³		1,4	1,4	0,6	0,6	1,4
	Fattore di correzione (AAE10) ²	16-18 ³		1,0	1,0	0,4	0,4	1,4
	Fattore di correzione ponderato ⁴			1,1	1,1	0,5	0,5	1,4
Valutazione degli alberi da frutto	Vigore della pianta /stato sanitario delle foglie: normale	3	+ 0					
	Agostamento: precoce	3	+ 5					
	Entità di fioritura e fruttificazione: limitata	3	- 5					
	Entità del raccolto precedente: normale	3	+ 0					
	Portinnesto/profondità del suolo: debole / < 40 cm	3 & 5	+ 10	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %	+ 20 %
	Tenore in humus (4,1 % con il 22 % d'argilla): elevato	3 & 5	- 10	- 10 %	- 10 %	- 10 %	- 10 %	- 10 %
	Somma delle correzioni relative alla valutazione della coltura		+ 0	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %
Norma di concimazione	Norma di concimazione per una resa in mele pari a: 4 kg/m ²	1	60,0	20,0	8,7	75,0	62,3	20,0
	Correzioni suolo			110 %	110 %	50 %	50 %	140 %
	Correzioni valutazione coltura		+ 0	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %	+ 10 %
	Correzioni suolo + coltura		+ 0	120 %	120 %	60 %	60 %	150 %
	Norma di concimazione corretta⁵		60,0	24,0	10,4	45,0	37,4	30,0

¹ Elementi nutritivi determinati con il metodo H₂O10: 3 mg P/kg, 55 mg K/kg, 7 mg Mg/kg; tenore in argilla: 22 %.

² Elementi nutritivi determinati con il metodo AAE10: 46 mg P/kg, 330 mg K/kg, 40 mg Mg/kg; tenore in argilla: 22 %.

³ Modulo 2.

⁴ Ponderazione: (2 x F_{corr} AAE10 + 1 x F_{corr} H₂O10) : 3; il risultato va arrotondato a una cifra dopo la virgola.

⁵ Se si localizza la concimazione sulla fila si raccomanda di ridurre di un terzo la norma di concimazione N calcolata per un ettaro; il che corrisponde comunque a raddoppiare localmente la norma. Nel caso degli altri elementi nutritivi, è possibile localizzare sulla fila l'intera dose calcolata per un ettaro; ciò che corrisponde a triplicare la norma per la superficie effettivamente concimata (capitolo 4.1).

renze latenti dopo periodi di umidità eccessiva o di siccità oppure dovute ad antagonismo tra elementi nutritivi). Le analisi fogliari possono completare i risultati delle analisi del suolo, ma non si possono utilizzare per il calcolo delle norme di concimazione.

2.5.1 Analisi fogliare

Per ogni analisi fogliare vanno prelevate cento foglie con picciolo dalla parte centrale di un germoglio dell'anno (figura 3). Ogni foglia deve essere rappresentativa dell'albero e del frutteto da cui proviene per quanto riguarda la dimensione, il colore e l'inclinazione (circa 30 gradi). Vanno prelevate al massimo due foglie per albero, avendo cura di non mischiare foglie provenienti da varietà diverse. I prelievi non vanno fatti dopo abbondanti precipitazioni, dopo irrigazioni per asperione intensive oppure dopo concimazioni fogliari. I campioni di foglie vanno conservati in sacchetti perforati adatti alla congelazione e inviati al più presto al laboratorio d'analisi (al massimo entro tre

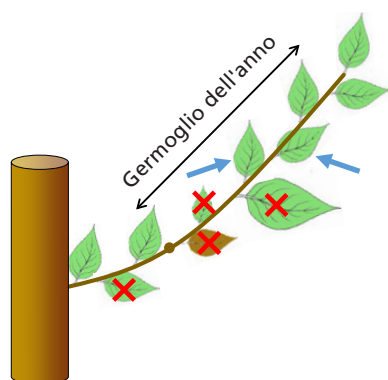


Figura 3. L'analisi fogliare si esegue su un campione formato da al massimo due foglie per albero, prelevate nella zona centrale di un germoglio dell'anno (→). Le foglie che per dimensioni, colore e inclinazione non sono rappresentative della pianta e/o del frutteto non vanno considerate (X).

giorni dal prelievo). I campioni non devono essere congelati. Per evitare ritardi di inoltro e di analisi dei campioni, si raccomanda di avvisare in anticipo il laboratorio dell'invio dei campioni fogliari.

La concentrazione degli elementi nutritivi nelle foglie è una misura istantanea che dipende molto da diversi fattori: lo stadio di sviluppo (età) della foglia, le condizioni meteorologiche, il grado di crescita del germoglio, il carico di frutti, l'età dell'albero, lo stato del suolo, i trattamenti fitosanitari, la varietà. Questi influssi complicano non poco l'interpretazione dei risultati (Baab 2004). In primavera, cioè al germogliamento, la maggior parte degli elementi nutritivi delle foglie proviene dalla mobilizzazione delle riserve della pianta. Questi elementi nutritivi di riserva, nel corso dello sviluppo della vegetazione, sono progressivamente rimpiazzati da quelli prelevati dal suolo. Per questa ragione, le concentrazioni dei nutrienti nelle foglie variano fortemente all'inizio del periodo vegetativo. Ne consegue che, in questo periodo, è difficile fare una valutazione rappresentativa dello stato nutrizionale della pianta sulla base dell'analisi fogliare (tabella 8). A partire da fine luglio–inizio agosto, le concentrazioni di elementi nutritivi nelle foglie sono relativamente costanti e possono dare un'indicazione affidabile in merito (tabella 9). Tuttavia, i problemi nutrizionali rilevati in questo periodo così avanzato non possono essere corretti, se non in vista delle misure da prendere nel corso della stagione vegetativa successiva (concimazione del suolo, iniezione di elementi nutritivi nel tronco). Per questo motivo, nonostante le incertezze e le variazioni nella concentrazione degli elementi nutritivi nelle foglie giovani, nella pratica si osserva una tendenza all'analisi fogliare precoce.

I valori di riferimento delle analisi fogliari (tabelle 8 e 9) comprendono valori di riferimento per un frutteto medio con caratteristiche ottimali. Dato che questi valori ottimali possono variare a seconda della varietà coltivata, l'interpretazione non si può fare secondo uno schema rigido.

Tabella 8. Valori di riferimento per l'analisi fogliare in frutticoltura a metà giugno. I valori sono espressi in percentuale e in mg/kg di sostanza secca (SS).

	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	B (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Melo	2,60–3,20	0,20–0,40	1,10–1,50	0,80–2,00	0,23–0,50	30–100	8–25	50–150	50–150	30–100
Pero	2,70–3,50	0,20–0,50	1,50–2,50	0,90–2,00	0,25–0,50	30–100	8–25	50–150	50–200	25–100

Fonte: Pcfuit (Obstbauversuchsstation Gorseim), Baab (2004).

Tabella 9. Valori di riferimento per l'analisi fogliare in frutticoltura in luglio/agosto (75–105 giorni dopo la piena fioritura). I valori sono espressi in percentuale e in mg/kg di sostanza secca (SS).

	N (%) ¹	P (%) ¹	K (%) ¹	Ca (%) ¹	Mg (%) ¹	B (mg/kg) ²	Cu (mg/kg) ²	Fe (mg/kg) ²	Mn (mg/kg) ²	Zn (mg/kg) ²
Melo	2,13–2,51	0,19–0,22	1,57–1,89	1,25–1,59	0,23–0,28	25–50	5–15	40–200	60–300	25–70
Pero	1,87–2,71	0,15–0,23	1,06–1,81	1,43–2,09	0,29–0,41	25–80	5–15	50–200	60–300	22–60
Susino	2,26–2,74	0,15–0,24	2,03–2,57	1,96–2,54	0,31–0,39	Nessun apporto				
Ciliegio	2,17–2,63	0,17–0,22	2,03–2,57	1,65–2,15	0,26–0,34	Nessun apporto				
Albicocco	2,40–2,80	0,16–0,21	2,58–3,14	1,90–2,46	0,35–0,49	Nessun apporto				
Pesco	3,18–3,86	0,19–0,24	2,46–3,12	2,08–2,70	0,41–0,53	Nessun apporto				

Fonte: ¹ Bertschinger et al. (2003), ² Pcfuit, (Obstbauversuchsstation Gorseim), Baab (2004).

Inoltre, va anche considerato che il frutteto ottimale è stato definito in modo diverso dai centri sperimentali e dai laboratori in Svizzera e all'estero, anche in ragione di differenti metodi di determinazione e di pratiche di gestione colturale. Considerando tutte queste difficoltà, per l'interpretazione dei risultati dell'analisi fogliare è opportuno rivolgersi a specialisti del ramo (consulenti degli uffici cantonali, laboratori). In ogni caso, si raccomanda di seguire l'evoluzione dei tenori in elementi nutritivi delle foglie per più anni, in modo da poter capire l'effetto della concimazione e compensare le variazioni annuali. Per tale motivo, è estremamente importante prelevare i campioni fogliari sempre allo stesso momento e allo stesso stadio di sviluppo vegetativo. Si possono trovare valori di riferimento per altri periodi (maggio: analisi delle foglie delle rosette, settembre: dati sul prelievo di elementi nutritivi) in Baab (2004) e ulteriori informazioni sulle analisi fogliari in Bergmann (1993).

2.5.2 Sintomi fogliari di carenza di elementi nutritivi

La carenza acuta di elementi nutritivi si manifesta con variazioni della colorazione fogliare. Questi sintomi possono anche dare una prima indicazione su quali elementi nutritivi siano insufficientemente assimilabili o non siano stati assimilati a sufficienza. Tuttavia, l'interpretazione dei sin-

tomi di carenza che si manifestano sulle foglie richiede esperienza ed è, quindi, consigliabile rivolgersi a una persona esperta in grado di dare un giudizio affidabile. I sintomi di carenza dei principali elementi nutritivi sono descritti nel capitolo 3.

Nel momento in cui sulle foglie si constatano sintomi evidenti di carenza in elementi nutritivi non è possibile intervenire con misure correttive nel corso della stessa stagione vegetativa. Per contro, ci si possono attendere buoni risultati produttivi nell'anno successivo, se si interviene apportando concimi al suolo o iniettando elementi nutritivi nel tronco.

3. Elementi nutritivi e concimazione in frutticoltura

Per ottenere rese elevate e frutti di qualità ineccepibile, gli alberi da frutto devono disporre di tutti gli elementi nutritivi necessari: in quantità sufficiente, al momento opportuno e nel giusto rapporto. Carenze, eccessi o squilibri nutrizionali possono condurre a sintomi di carenza e a fisiopatie (maturazione dei frutti perturbata, alternanza, crescita vegetativa piuttosto che generativa, diminuzione della qualità del raccolto).

Tabella 10. Campionamento, concimazione al suolo e concimazione fogliare di drupacee (DRU) e pomacee (PO)¹ nel corso dell'anno.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
	Riposo vegetativo	Germogliamento	Fioritura	Fruttificazione / raccolta drupacee			Raccolta pomacee			Riposo vegetativo		
Campionamento												
Concimazione al suolo												
Concimi organici												
N			apporti ripetuti									
P												
K												
Ca/calcitazione												
Mg		chelato ²										
B			chelato ²									
Fe			chelato ²									
Mn			chelato ²									
Concimi fogliari ³												
N							DRU		PO			
Ca												
Mg												
B												
Fe												
Mn												
Zn							DRU		PO			

¹ Caselle grigio scuro: epoca di distribuzione ottimale; caselle grigio chiaro: epoca di distribuzione possibile in presenza di situazioni problematiche e/o di difficoltà nel gestire la coltura. La pianificazione della concimazione va adattata in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali, dell'andamento meteorologico e della gestione del frutteto (specie, varietà). Concimazione e calcitazione non sono sempre opportune.

² Metà della concimazione va distribuita in primavera, mentre la restante metà va suddivisa in più apporti sull'arco di 6–12 settimane. I concimi chelati si possono distribuire in combinazione con il diserbo localizzato lungo il filare. Quando si miscelano erbicidi e concimi chelati si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

³ Unicamente in situazioni dove la disponibilità di elementi nutritivi e la gestione del frutteto sono difficoltose.

La concimazione non è l'unica possibilità per ristabilire l'equilibrio fisiologico degli alberi da frutto quando sussistono problemi d'approvvigionamento in elementi nutritivi. Infatti: potatura, diradamento, tecnica d'irrigazione e gestione del suolo possono, anch'essi, influenzare positivamente la crescita delle piante e, di conseguenza, anche il loro fabbisogno in elementi nutritivi. Va anche considerata la possibilità che l'abbinamento varietà/portinnesto non sia adatto alle condizioni pedoclimatiche locali. In questi casi, bisogna prendere in considerazione il cambio di coltura a lungo termine.

3.1 Dinamica annuale del fabbisogno in elementi nutritivi

In un frutteto, il fabbisogno in elementi nutritivi varia con l'alternarsi delle stagioni. Per sincronizzare la concimazione con le esigenze puntuali degli alberi da frutto, bisogna conoscerne i processi di crescita e la dinamica del fabbisogno in elementi nutritivi. In primavera, gli alberi da frutto hanno bisogno di importanti quantità di nutrienti per assicurare la crescita di radici, foglie e fiori. In questo periodo, a causa dell'assenza o dello scarso sviluppo fogliare e della limitata disponibilità in elementi nutritivi nei suoli ancora freddi, le piante coprono il loro fabbisogno mobilizzando le riserve accumulate nel legno di rami, tronco e radici durante la stagione precedente. La concimazione del suolo si esegue generalmente in primavera (tabella 10), quando la disponibilità in elementi nutritivi è limitata e il fabbisogno delle piante elevato.

L'epoca ideale per effettuare la concimazione N dipende dal tenore in argilla del suolo (mobilità di N nel suolo). Nei suoli argillosi, la si esegue a partire da inizio marzo, mentre quando il suolo è povero d'argilla si attendono i giorni precedenti la fioritura (fine marzo/inizio aprile, tabella 10). In ogni caso, la concimazione N va frazionata in due o tre apporti, sia prima (marzo/aprile) sia dopo (maggio/inizio luglio) la fioritura, con apporti massimi di 40 kg di N/ha per evitarne il dilavamento, a cui è particolarmente soggetto il nitrato (NO_3^-) (modulo 7). Gli elementi nutritivi contenuti nei concimi organici richiedono più tempo per trasformarsi in una forma assimilabile dalle piante. Ciò aumenta la loro efficacia nel tempo, perché vengono dilavati più lentamente (capitolo 4.3). Distribuire N troppo in là nella stagione (a partire da luglio) ritarda l'agostamento e, di conseguenza, riduce la resistenza al gelo della pianta. Ecco perché nei frutteti ad alto fusto non bisogna liquamare oltre l'inizio di luglio.

P, K e Mg sono meno mobili di N nel suolo. Ne consegue che questi elementi nutritivi si possono distribuire in una sola volta già durante il riposo vegetativo (a partire da febbraio/marzo; le restrizioni esistenti si trovano nel modulo 7). Se il fabbisogno in P e K è limitato, è possibile semplificare la concimazione distribuendone una dose doppia ad anni alterni. Tuttavia, in presenza di suoli argillosi, calcarei o caratterizzati da elevate concentrazioni di ossidi di ferro (Fe) e alluminio (Al), un apporto di P troppo precoce blocca tale elemento nel suolo, riducendo notevolmente il periodo in cui resta disponibile per le piante.

L'aumento delle temperature, che accompagna l'avanzamento della primavera, induce la mobilitazione crescente degli elementi nutritivi, N *in primis*, contenuti nella sostanza organica (SO) del suolo. A partire da maggio/giugno, ciò riduce l'importanza delle riserve di nutrienti presenti nel legno e della concimazione al suolo. Nelle situazioni problematiche e se l'assorbimento radicale è insufficiente (capitolo 4.5), si può favorire la formazione dei frutti eseguendo una concimazione fogliare dopo la fioritura, tenendo ben presente che, di regola, le foglie assorbono solo quantità limitate di elementi nutritivi. In autunno, gli alberi da frutto recuperano gli elementi nutritivi presenti nelle foglie e li accumulano nelle loro parti legnose per ricostituire le loro riserve.

3.2 Azoto

In frutticoltura, l'N è l'elemento nutritivo più importante, in quanto componente centrale di molecole organiche essenziali, quali: aminoacidi, acidi nucleici, proteine e clorofilla. La carenza o l'eccesso di N perturbano l'equilibrio fisiologico degli alberi da frutto, favoriscono l'instaurarsi di un rapporto sfavorevole tra crescita vegetativa e crescita generativa e causano la comparsa di difetti qualitativi sui frutti. La carenza di N (causata principalmente da errori di concimazione o dalla sua mancata mobilitazione nel suolo) riduce la resa della fotosintesi, aumenta la sensibilità alla siccità, limita la crescita vegetativa, ritarda l'agostamento e inibisce la formazione delle gemme a fiore. I frutti carenti di N restano piccoli e la pianta può entrare in alternanza di produzione. Sulle foglie, la carenza di N si manifesta inizialmente con la decolorazione del lembo fogliare, che assume tonalità da verde pallido a giallo. In seguito, l'apice fogliare prende colorazioni che vanno dall'arancione al rosso-violetto. Infine, le foglie assumono anticipatamente il tipico aspetto autunnale.

L'eccesso di N aumenta il vigore dei germogli e ne ritarda l'agostamento, riducendo la resistenza al gelo della pianta. I frutti maturano più lentamente e si colorano meno intensamente. La loro qualità diminuisce, così come la loro conservabilità, e diventano più sensibili alle fisiopatie (suberificazione, marciume del cuore, vitrescenza, imbrunimento della polpa).

L'N si distribuisce principalmente nel periodo che va da marzo a maggio (tabella 10), cioè quando il suo fabbisogno è massimo e l'attività dei microrganismi tellurici ancora limitata. A causa della sua grande mobilità nel suolo e del pericolo di dilavamento a cui è sottoposto, la concimazione N va frazionata in due-tre apporti da eseguire entro l'inizio di luglio. Si possono trovare informazioni supplementari su Baab (2009h).

3.3 Fosforo

Il P è un elemento chiave di fotosintesi e respirazione, nonché un componente basilare del DNA. Esso è anche coinvolto in tutti i processi metabolici legati sia all'attività vegetativa sia a quella generativa della pianta. Inoltre, svolge un ruolo centrale nel mantenimento della struttura cellulare, nella sintesi di proteine e carboidrati, nei processi di divisione cellulare e nei processi di trasporto degli assimilati. Ne consegue che la sua carenza



Figura 4. La carenza di P si manifesta attraverso la produzione di fogliame rado, formato da foglie di piccola taglia, di colore verde chiaro, con nervature rossicce e con necrosi marginali a forma di mezzaluna sulle foglie più vecchie. A partire dalla seconda metà del periodo vegetativo, le foglie diventano coriacee e fragili, assumendo tonalità verde opaco, bronzee oppure rosso-violetto. Nelle drupacee, le foglie sono punteggiate da macchie di colore bronzo-porpora e assumono forma lanceolata, rigida e con apice deformato (fotografia: Tom Deckers, Pcfruit, St. Truiden).

può perturbare la crescita, la fioritura e la fruttificazione degli alberi da frutto. La carenza di P (figura 4) si manifesta soprattutto in suoli freddi, asciutti, compattati, superficiali e poveri in SO, nei quali i microrganismi tellurici sono poco attivi. pH inferiori a 5,5 oppure superiori a 7,0 rappresentano un'ulteriore condizione favorevole all'instaurarsi della carenza di P. Per queste ragioni, gli interventi volti a favorire l'attività dei microrganismi tellurici e/o a migliorare la struttura del suolo, per favorire la radicazione della coltura, sono altrettanto importanti della distribuzione annua di P. La rapidità con cui il suolo blocca il P impone che la concimazione si esegua regolarmente in primavera anziché in autunno (tabella 10). L'eccesso di P può portare, anche se raramente, a fenomeni di carenza di altri elementi nutritivi. Si possono trovare informazioni supplementari su Baab (2009b).

3.4 Potassio



Figura 5. La carenza di K si manifesta soprattutto sotto forma di necrosi apicali sulle foglie basali, in progressiva estensione lungo i margini fogliari. Nel ciliegio, le foglie assumono colorazioni verde bluastrò e la pagina fogliare si incurva parallelamente alla nervatura principale. Nel susino, il margine fogliare presenta necrosi di colore marrone (fotografia: Tom Deckers, Pcfruit, St. Truiden).

Il K è attivo nella regolazione del bilancio idrico della pianta, nella regolazione degli enzimi, nella fotosintesi, nonché nella sintesi e nel trasporto di prodotti metabolici e sostanze di riserva. La carenza di K (figura 5) riduce la crescita della pianta, la resa e la qualità dei frutti (frutti di piccola taglia, poco colorati e privi d'aroma) e, a volte, la loro conservabilità. Gli alberi da frutto ben approvvigionati in K resistono meglio a stress, quali: siccità, gelo e malattie. L'eccesso di K influenza negativamente i rapporti K:Ca e K:Mg nelle piante, facendo aumentare il rischio di fisiopatie, con conseguente calo qualitativo dei frutti. L'eccesso di K può anche ritardare la maturazione dei frutti.

Generalmente, la concimazione K si esegue in primavera con concimi contenenti solfato di K (K_2SO_4) (tabella 10). Laddove ci sono problemi di disponibilità di K, si può prendere in considerazione la concimazione organica. La distribuzione di K tramite fertirrigazione (capitolo 4.4), da metà giugno a metà agosto, può migliorare la qualità dei frutti. L'eccesso di N può indurre la carenza di K, anche se solo raramente. Si possono trovare informazioni supplementari su Baab (2009a).

3.5 Calcio

Da un lato, il Ca è una componente importante per la stabilità delle pareti cellulari, dall'altro è coinvolto nel processo di maturazione dei frutti. La carenza di Ca (figura 6) causa fisiopatie (suberificazione, imbrunimento della polpa, maturazione precoce), che riducono la conservabilità dei frutti. Un



Figura 6. Ad inizio estate, la carenza di Ca si manifesta con la decolorazione degli apici fogliari, mentre più tardi appaiono vere e proprie aree clorotiche, parzialmente sotto forma di punteggiature diffuse, che possono trasformarsi in necrosi apicali (fotografie: Albert Widmer, Agroscope [in alto]; Jeanne Poulet, Union fruitière lémanique [in basso]).

altro problema provocato dalla scarsità di Ca è l'inibizione della crescita radicale, che influenza negativamente l'assorbimento d'acqua e nutrienti. L'eccessiva presenza di Ca si manifesta attraverso la carenza di altri elementi nutritivi per antagonismo (concorrenza durante l'assorbimento da parte della pianta).

Se necessario, è possibile ottimizzare la quota di Ca assimilabile del suolo distribuendo Ca, per esempio sotto forma di solfato (CaSO_4). Nei suoli con pH inferiore a 5,9, si può prendere in considerazione una calcitazione (capitolo 2.3.5). Solitamente, questa scelta influenza anche l'assimilabilità di altri elementi nutritivi. Laddove l'assimilazione del Ca è problematica, si può completare la concimazione distribuendo concimi fogliari contenenti Ca a partire da giugno (tabella 10, capitolo 4.5). Il ruolo svolto dalla gestione colturale (resa regolare, crescita moderata dei germogli e agostamento precoce, raccolta tempestiva) è altrettanto importante di quello assunto dalla concimazione. Si possono trovare informazioni supplementari su Baab (2009f).

3.6 Magnesio



Figura 7. A partire da agosto/settembre, la carenza di Mg su melo si manifesta sotto forma di clorosi internervali, soprattutto sulle foglie più vecchie. Le aree clorotiche sono di forma irregolarmente ovale e assumono tonalità che vanno da verde chiaro a giallo, mentre le nervature e le loro adiacenze rimangono verdi. Contrariamente a quanto capita con la carenza di Mn, le macchie clorotiche indotte dalla mancanza di Mg sono molto ben delimitate. Con il passare del tempo, le macchie imbruniscono e necrotizzano. Le nervature laterali assumono spesso un aspetto che ricorda una liscia di pesce. Su pero, i sintomi appaiono solo a tarda estate e sulle foglie più vecchie, sotto forma di macchie necrotiche ovali e di colore variabile tra marrone e nero. Le aree necrotiche si localizzano lungo la nervatura principale, tra le nervature laterali ancora verdi. Su ciliegio e susino, le aree sintomatiche sono sempre internervali, ma assumono colorazione da giallo-aranciata a marrone (fotografie: Agroscope).

In quanto componente di centrale importanza per la clorofilla, il Mg è essenziale per il processo fotosintetico. Esso attiva anche numerosi enzimi, partecipando così alla sintesi di carboidrati, proteine, grassi e vitamine. Non bisogna poi dimenticare il ruolo predominante che svolge nella stabilità delle pareti cellulari e nella regolazione del bilancio idrico degli alberi da frutto. La carenza di Mg (figura 7) causa la caduta prematura delle foglie. La riduzione degli assimilati che ne deriva si manifesta attraverso la diminuzione del calibro delle parti legnose, della fioritura e della resistenza al gelo. I frutti restano piccoli, insipidi, poveri in zuccheri e poco colorati. L'eccesso di Mg può influenzare negativamente l'assorbimento di altri elementi nutritivi quali, per esempio, K e manganese (Mn).

Il Mg è un elemento nutritivo problematico in numerosi frutteti, soprattutto a causa dell'antagonismo che lo oppone ad altri elementi nutritivi, quali K (principalmente), ammonio (NH_4^+), Ca e Mn. Quando il rapporto K:Mg nel suolo è sfavorevole, bisogna migliorare la disponibilità di Mg per evitarne la carenza. La concimazione Mg non va eseguita prima di febbraio/marzo, perché sussiste pericolo di dilavamento (tabella 10). Nei frutteti dove l'assimilazione di Mg è problematica, lo si può anche distribuire, tramite concimazione fogliare, a partire da fine fioritura e fino a giugno, per stimolare la produzione di clorofilla e, di conseguenza, l'attività fotosintetica. Si possono trovare informazioni supplementari su Heller e Ryser (1997b) e su Baab (2009e).

3.7 Zolfo

Lo zolfo (S) è un componente di aminoacidi, proteine, pigmenti e prodotti metabolici intermedi. Generalmente, l'apporto di S attraverso prodotti fitosanitari e concimi contenenti S come nutriente secondario è sufficiente per soddisfare il fabbisogno dei fruttiferi. Di conseguenza, la carenza di S appare raramente in frutticoltura. Comunque, i suoi sintomi si manifestano con la produzione di foglie di piccola taglia aventi colore verde opaco e nervature clorotiche.

3.8 Boro

Il boro (B) svolge un ruolo centrale soprattutto nei processi legati alla crescita della pianta (meristemi, divisioni cellulari) e degli organi fiorali (tubetto pollinico), inibisce la formazione di rugginosità sui frutti e partecipa al metabolismo dei carboidrati, alla differenziazione degli organi della pianta, nonché alla sintesi delle pareti cellulari. È anche in grado di attivare e disattivare le sostanze di crescita e gli ormoni vegetali. La carenza e l'eccesso di B determinano la deformazione dei frutti, la presenza di zone suberificate nella loro polpa e di rugginosità sulla loro buccia, la morte del tessuto meristemico e degli apici dei germogli nonché, nel ciliegio, la formazione di fiori striminziti.

La carenza di B (figura 8) si manifesta soprattutto su suoli molto calcarei o con pH elevato ($> 7,2$), durante periodi siccitosi o freddi, caratterizzati da ristagno idrico e in suoli ricchi in N oppure sabbiosi e permeabili. La carenza di B si



Figura 8. La carenza di B determina la deformazione dei frutti e la presenza di zone suberificate all'interno della loro polpa (fotografie: Karl Bachinger, Landwirtschaftskammer Niederösterreich [in alto]; Agroscope [in basso]).

risolve distribuendo B sul suolo. Ciononostante, qualche difficoltà può intervenire a causa della brevità del periodo ideale di concimazione. Per evitare la sovraconcimazione B, bisogna spesso distribuirne dosi minime. Nei frutteti problematici, si può fare ricorso, con successo, alla concimazione fogliare, eventualmente in miscela con dei prodotti fitosanitari (la miscibilità va sempre verificata in anticipo). Concimare con B precocemente ha sempre un'efficacia maggiore rispetto ad apporti più tardivi. Se necessario, la concimazione B va ripetuta da due a tre volte. Si possono trovare informazioni supplementari su Baab (2012).

3.9 Rame

Il rame (Cu) contribuisce al buon funzionamento del metabolismo degli alberi da frutto (carboidrati, proteine). Lo si trova anche come componente di alcuni enzimi coinvolti nei processi metabolici legati alla lignina (lignificazione delle pareti cellulari). La carenza di Cu, identificabile grazie a zone clorotiche sulle foglie apicali dei giovani germogli, si manifesta soprattutto su suoli torbosi e sabbiosi. Essa provoca la caduta delle foglie, la formazione di germogli con apici striminziti e la perturbazione della formazione dei frutti. A causa dei trattamenti fitosanitari, nei frutteti capita più frequentemente di dover far fronte all'eccesso di Cu piuttosto che alla sua carenza. Concentrazioni eccessive di Cu nel suolo possono influenzare negativamente la crescita radicale (> 200 mg Cu/kg; Österreicher e Aichner 1998), la vita degli organismi tellurici (lombrico) e l'assorbimento di K, Fe, Mn e zinco (Zn) da parte degli alberi da frutto.

3.10 Ferro e manganese

In qualità di componente di diversi enzimi, il Fe è presente nella clorofilla e, di conseguenza, anche nei cloroplasti. Esso svolge un ruolo centrale nei processi di trasporto dell'energia legati a fotosintesi e respirazione. Il Mn attiva



Figura 9. La carenza di Mn si manifesta soprattutto su foglie di età intermedia completamente sviluppate, attraverso aree clorotiche (prima verde pallido, poi giallo opaco) internervali, di forma diffusa e con contorni sfumati. Le nervature e una buona fetta delle loro adiacenze rimangono prevalentemente verdi. Le necrosi sopraggiungono tardi o non compaiono del tutto. Su pero, l'ingiallimento interessa tutta la foglia, similmente a quanto capita in carenza di N. Su ciliegio, compaiono spesso imbrunimenti lungo i margini fogliari (fotografie: Othmar Eicher, Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg [in alto]; Jeanne Poulet, Union fruitière lémanique [in basso]).



Figura 10. I sintomi di carenza di Fe interessano le foglie più giovani che, inizialmente, assumono tonalità giallo lucente e poi tendono ad imbrunire. Le nervature sono le sole parti della foglia a rimanere verdi (fotografia: Agroscope).

numerosi enzimi vegetali e partecipa così a numerosi processi metabolici. La disponibilità di Mn e Fe dipende dal pH del suolo. I suoli alcalini li bloccano entrambi tenacemente, riducendone la disponibilità per le piante ai minimi termini. La carenza di Mn (figura 9) e Fe (figura 10) può essere indotta anche dal compattamento del suolo, da calcitazioni inappropriate oppure da un'eccessiva distribuzione di Mg e NH_4^+ .

A causa della dipendenza dal pH del suolo, la disponibilità di Fe e Mn non si può migliorare con una semplice concimazione al suolo. La via da seguire sono piuttosto la concimazione fogliare e l'impiego di concimi contenenti questi elementi nutritivi in forma chelata, che si dimostrino stabili rispetto al pH (capitoli 4.5 e 4.6). Di solito, il fabbisogno in Fe e Mn è maggiore dopo la fioritura (tabella 10). Nei frutteti problematici, per ciò che concerne l'assimilabilità di Mn e/o di Fe, si può eventualmente già concimare prima della fioritura. Concimazioni complementari possono rivelarsi utili in estate o dopo la raccolta (drupacee). Si possono trovare informazioni supplementari su Heller e Ryser (1997a e 1997c) e su Baab (2009d e 2009g).

3.11 Zinco

Lo Zn attiva alcuni enzimi legati ai processi di divisione ed allungamento cellulare e ad altri processi metabolici. La sua carenza si manifesta soprattutto in suoli pesanti, ricchi in SO, compattati (ristagno idrico) oppure alcalini ($\text{pH} > 7,2$). La carenza di Zn causa problemi di crescita di radici e germogli, nonché la caduta di fiori e foglie. Occasionalmente, si possono anche verificare ritardi nella maturazione dei frutti, che restano piccoli. La carenza di Zn si manifesta inizialmente sulle foglie più vecchie ed esposte al sole, che formano rosette di foglie erette e di piccola taglia, lanceolate e caratterizzate da un mosaico di zone clorotiche. Le loro nervature sono chiaramente contornate da una bordura verde. I margini fogliari appaiono solitamente ondulati e, a volte, nettamente dentati. Le clorosi si notano soprattutto sulle foglie più giovani.

L'eccesso di Zn rappresenta un problema soprattutto nei suoli acidi, dove può sfociare nella distruzione della clorofilla, associata a una depressione della crescita degli alberi da frutto. Generalmente, lo Zn si distribuisce attraverso la concimazione fogliare. Si possono trovare informazioni supplementari su Baab (2009c).

4. Tecnica di concimazione

4.1 Concimazione di superficie o concimazione localizzata

In un frutteto, i concimi si possono distribuire su tutta la superficie, per mezzo di uno spandiconcime oppure lungo i filari, tramite installazioni specifiche o manualmente (figura 11). La concimazione localizzata lungo la fila è interessante soprattutto per gli alberi da frutto innestati su portinnesti deboli, le cui radici non si sviluppano molto oltre la larghezza della chioma. In questi casi, concimare occasional-

mente tutta la superficie del frutteto può risultare interessante, nel senso che favorisce lo sviluppo della cotica erbosa installata nell'interfila. Nel caso si localizzi la concimazione lungo i filari, il campionamento per l'analisi del suolo va eseguito solo sulla fila stessa (capitolo 2.3.1).

Il calcolo della quantità di concime da distribuire si riferisce all'intera superficie del frutteto. Se si localizza la concimazione lungo i filari, il dosaggio reale di P, K e Mg è triplicato in rapporto alla superficie realmente concimata, poiché la superficie occupata dai filari rappresenta circa un terzo della superficie totale del frutteto (figura 1). Nel caso dell'N, si raccomanda di ridurre di un terzo il dosaggio per ettaro, ciò che corrisponde a un apporto localizzato pari al doppio del fabbisogno calcolato. Apporti maggiori di N sono sconsigliati, per evitare danni alle piante, diminuzione della qualità dei frutti e perdite per dilavamento.



Figura 11. Spandiconcime centrifugo in azione durante una concimazione di superficie (fotografia: Thomas Kuster, Agroscope).

4.2 Reimpianto e concimazione di giovani frutteti

A differenza di altre colture, i frutteti hanno durata pluriennale. Il cambiamento di destinazione agricola dei suoli su cui sono impiantati è possibile solo dopo molti anni, se non addirittura dopo decenni. Nel caso si voglia reimpiantare un frutteto, la disposizione dei nuovi filari è resa particolarmente complicata dalla struttura eterogenea del frutteto, dalla presenza di impianti fissi per la protezione dalle intemperie e dalle installazioni per irrigare e distribuire i prodotti fitosanitari. Se si ripianta un frutteto sulla stessa superficie, disponendo oltre tutto le piante lungo le stesse file, esiste il rischio che si verifichino problemi di crescita ridotta delle piante e di scarsa resa (stanchezza del suolo, si veda anche il progetto «Steinobststerben»: Bosshard et al. (2004)). La stanchezza del suolo può avere cause legate al suo stato fisico e/o chimico oppure all'attività di funghi e/o di animali dannosi. Se si teme che si manifestino gli effetti della stanchezza, bisogna prendere in considerazione il cambiamento di specie o di varietà coltivata, una pausa nello sfruttamento, installando un sovescio, oppure lo spostamento delle file rispetto alla disposi-



Figura 12. Compost, ottenuto da substrato per la coltivazione di funghi prataioli, distribuito in qualità di ammendante su susini appena reimpiantati (fotografia: Thomas Schwizer, Agroscope).

zione precedente. In caso di problemi legati al reimpianto, poi, si raccomanda l'apporto di compost come ammendante (capitolo 4.3, figura 12). La preparazione del suolo per il reimpianto dovrebbe prevedere, già sulla coltura precedente, un apporto di letame, di digestato o di concime organico liquido.

La concimazione degli alberi da frutto giovani si deve adattare per rispondere alle esigenze delle piante nel corso della loro fase di crescita. Essi necessitano di grandi quantità di elementi nutritivi per costruire la loro struttura (radici, tronco, rami). Per questa ragione, pur non essendoci esportazione di elementi nutritivi tramite il raccolto, un frutteto giovane deve ricevere una quantità sufficiente di elementi nutritivi, che va calcolata e distribuita nel tempo, in base alle esigenze specifiche di ogni specie. Tuttavia, gli alberi giovani e poco vigorosi non sono in grado di assorbire grandi quantità di elementi nutritivi, perché il loro apparato radicale è ancora poco sviluppato. Per questo motivo, si ricorre alla concimazione localizzata sulla fila. Il calcolo del fabbisogno di concime (correzioni comprese) va fatto in base alla previsione di resa del frutteto pienamente sviluppato. Inizialmente, la concimazione si calcola in base ad una resa pari alla metà di quella massima prevista. In seguito, la quantità di elementi nutritivi distribuita va aumentata progressivamente fino a raggiungere il valore della norma di concimazione corrispondente alla resa prevista nella fase adulta del frutteto. La durata di questa concimazione progressiva si estende al massimo su cinque anni e dipende dalle condizioni pedoclimatiche locali, dalla strategia colturale, dalla crescita e dallo stato delle piante.

4.3 Concimi organici

La concimazione primaverile con concimi organici (compost, letame ben decomposto, liquami, ecc.), in alternativa alla concimazione minerale, presenta numerosi vantaggi, a

patto di eseguirla su suolo asciutto e portante. La sostanza organica deve essere degradata dai microrganismi tellurici, il che non soltanto stimola le proprietà biologiche del suolo e la formazione di micorrize, ma permette anche (tranne per i concimi organici liquidi, come per esempio i liquami) la liberazione continua e duratura di elementi nutritivi nella soluzione circolante del suolo. La liberazione graduale di N consente di risparmiare uno o più passaggi con lo spandiconcime in primavera, riducendo il rischio di compattamento, soprattutto in condizioni di umidità. L'apporto di materiale organico e il conseguente aumento dell'attività biologica del suolo preservano e, addirittura, migliorano il tenore in SO e la struttura glomerulare del suolo, influenzando positivamente la circolazione dell'acqua e dell'aria nei pori. Durante il primo anno del frutteto, la pacciamatura del filare con compost inibisce lo sviluppo delle avventizie. Più in generale, esso limita anche l'evaporazione, contribuisce a mantenere l'umidità del suolo, soprattutto in condizioni di siccità, e aiuta a limitare i danni da gelo. A seconda della composizione e del grado di decomposizione, il compost può anche inibire lo sviluppo di funghi dannosi presenti nel suolo. Questa proprietà può essere interessante in caso di problemi legati al reimpianto (capitolo 4.2). L'apporto di materiale organico, in particolare di compost, è una misura importante per il miglioramento di un suolo, soprattutto nel caso di colture di lunga durata come i frutteti.

Apporti eccessivi di compost possono avere effetti negativi sul frutteto. Nei suoli costantemente umidi, l'evaporazione può essere ridotta dalla copertura con materiale organico e favorire così il rischio di compattamento, perché il suolo asciuga più lentamente e rimane impraticabile per molto tempo. Possono aumentare anche i danni causati dai campagnoli. Inoltre, il compost è spesso ricco di K e N (capitolo 3, modulo 4) con conseguente concorrenza per l'assorbimento tra elementi nutritivi o problemi fisiologici, nel caso se ne distribuiscano grandi quantità. In generale, il tenore in elementi nutritivi della SO dovrebbe essere il più basso possibile, poiché la norma di concimazione fissa la quantità massima di elementi nutritivi da apportare soprattutto per il P. In ogni caso, bisogna esigere dal fornitore un'analisi del concime organico che permetta di conoscere il tenore in elementi nutritivi.

Un'attenzione particolare va riservata alla qualità del compost, che deve rispondere ai requisiti previsti dal settore (Abächerli et al. (2010)). Il tenore in metalli pesanti e sostanze estranee (plastiche, vetro, metallo ecc.) deve essere inferiore ai valori limite (ORRPChim) e il compost non deve contenere alcun organismo indesiderabile (semi, neofite, patogeni) (OCon). Il compost deve essere il più omogeneo possibile e il suo grado di decomposizione deve essere ottimale per la coltura. Informazioni supplementari si possono trovare presso Biomasse Suisse (www.biomassesuisse.ch) o l'ISCM (Ispettorato svizzero di compostaggio e metanizzazione, www.cvis.ch).

Per evitare gli effetti dannosi dovuti ad apporti eccessivi di compost, la quantità massima che è possibile distribuire come concime è fissata a 25 t di sostanza secca (SS) per

ettaro sull'arco di tre anni, corrispondenti a poco più di 50 t/ha di sostanza fresca (SF) oppure a 100 m³ di compost. Se lo si usa in qualità di ammendante, invece, se ne possono distribuire 100 t di SS per ettaro sull'arco di dieci anni, corrispondenti a 200 t/ha di SF oppure 400 m³ di compost (ORR-PChim, UFAM & UFAG 2012). Se l'impiego di un ammendante organico comporta il superamento della norma di concimazione, è necessaria un'autorizzazione speciale dell'ufficio cantonale competente (Linee direttive per le PER in frutticoltura e colture di piccoli frutti in Svizzera). Si possono trovare informazioni supplementari nel modulo 4.

4.4 Fertirrigazione e impiego di concimi in soluzione

La microirrigazione a goccia o per microaspersione (Monney e Bravin 2011) consente di veicolare e localizzare il concime attraverso i tubi del sistema d'irrigazione (fertirrigazione, figura 13). Questa soluzione è interessante soprattutto nei frutteti intensivi, caratterizzati dalla presenza di portinnesti deboli con sviluppo radicale limitato, e nei ciliegeti in coltura protetta (i filari sono riparati dalla pioggia grazie a teli trasparenti in plastica). La distribuzione di elementi nutritivi facilmente dilavabili si può frazionare e sincronizzare con le esigenze della coltura, con evidenti vantaggi in particolare per l'N e, talvolta, anche per il Mg. In primavera, quando si distribuisce la maggior parte dei concimi, il suolo è spesso abbastanza umido da non richiedere di essere irrigato. In questi casi, la concimazione si distribuisce spesso tramite una soluzione nutritiva concentrata, impiegando meno acqua possibile. Dopo ogni fertirrigazione bisogna sempre sciacquare i tubi con acqua pulita per evitare che i resti di concime cristallizzino, ostruendo il sistema.

Oltre che con la fertirrigazione, i concimi in soluzione si possono distribuire tramite installazioni mobili (barra per il diserbo localizzato, lancia a pressione). La barra per il diserbo localizzato si presta bene per distribuire N durante o



Figura 13. La fertirrigazione consente di localizzare la concimazione lungo il filare, a tutto beneficio delle radici (fotografia: Thomas Schwizer, Agroscope).

dopo la fioritura, per esempio sotto forma di nitrato di calcio (Ca[NO₃]₂) o di potassio (KNO₃) in soluzione. Dal punto di vista della resa e della qualità dei frutti, la fertirrigazione e l'impiego di concimi in soluzione non offrono vantaggi particolari rispetto alla classica distribuzione di concime granulato, anche se l'N può raggiungere con grande precisione il volume occupato dalle radici e tutti gli elementi nutritivi sono assimilabili più rapidamente, perché raggiungono il suolo già disciolti in acqua. Si può ipotizzare che la quantità d'acqua supplementare, utilizzata per ripartire al meglio gli elementi nutritivi nel suolo, rappresenti un aspetto positivo di queste tecniche di concimazione, specialmente nelle annate siccitose. La concentrazione salina della soluzione nutritiva va sempre tenuta sotto osservazione, perché valori troppo bassi possono causare carenze di elementi nutritivi, mentre valori eccessivi possono occasionare stress idrici localizzati. Il livello di salinità di una soluzione si esprime attraverso la sua conducibilità elettrica (electric conductivity [EC], mS/cm). La salinità ideale della soluzione nutritiva dipende dalla specie di fruttifero, dalle condizioni meteorologiche e dal livello di salinità del suolo. Ne consegue che non è possibile fare una raccomandazione univoca. Gli elementi nutritivi distribuiti tramite fertirrigazione o in soluzione vanno contabilizzati sia nel piano di concimazione sia nel bilancio aziendale di concimazione.

4.5 Concimi fogliari

Gli alberi da frutto assorbono gli elementi nutritivi principalmente per via radicale. Qualora la concimazione al suolo non dia gli effetti sperati, è possibile completare l'apporto in elementi nutritivi ricorrendo alla concimazione fogliare. Per esempio, nei suoli ricchi in Ca o in K la concimazione classica non consente di aumentare l'assimilabilità di Mg, B, Fe e Mn, perché il pH elevato ne favorisce la fissazione nel suolo e i fenomeni d'antagonismo ostacolano la loro assimilazione da parte delle piante. Queste limitazioni non valgono per gli elementi nutritivi distribuiti in forma chelata (capitolo 4.6). La concimazione fogliare può rivelarsi utile anche per rispondere all'elevata domanda in elementi nutritivi che si verifica durante l'allegagione successiva a una fioritura abbondante. Non bisogna, però, sopravvalutare l'effetto della concimazione fogliare. Essa va eseguita solo in caso di gestione problematica del frutteto. La concimazione fogliare post-raccolta ha senso solo se le foglie sono sane e c'è sufficiente tempo affinché l'albero possa immagazzinare gli elementi nutritivi nelle sue sostanze di riserva. Ricerche hanno evidenziato che, in presenza di sufficienti quantità di elementi nutritivi assimilabili nel suolo, la concimazione fogliare non aumenta né le rese né la qualità dei frutti e nemmeno influenza l'alternanza di produzione (Widmer *et al.* 2005, Widmer *et al.* 2006, Kuster e Schweizer 2015), perché gli alberi da frutto possono assimilare solo una piccola quota del loro fabbisogno in elementi nutritivi per via fogliare. Ne consegue che, in caso di frutteti sani e omogenei, i concimi fogliari non si giustificano né dal punto di vista economico né da quello ecologico.

Di regola, la concimazione fogliare si fraziona per limitare le perdite. I concimi fogliari vanno distribuiti rispettando

le dosi e i volumi d'acqua prescritti (di solito 1'000 l/ha d'acqua), senza variare la loro concentrazione in funzione del litraggio della poltiglia, come capita per i prodotti fitosanitari. Di conseguenza, si raccomanda di distribuirli separatamente. Se si miscelano più concimi fogliari o, malgrado tutto, li si miscela con dei prodotti fitosanitari, è molto importante rispettare le prescrizioni di utilizzazione, per evitare fenomeni di fitotossicità e/o cali d'efficacia. L'attrezzatura utilizzata per l'irrorazione dei concimi fogliari va sciacquata con cura prima e dopo l'uso.

Le piante assorbono i concimi fogliari passivamente attraverso cuticola ed epidermide fogliari. Ciò significa che non sono in grado di influenzare attivamente l'assorbimento degli elementi nutritivi per via fogliare come capita, invece, per l'assorbimento radicale. L'effetto dei concimi fogliari dipende dalle condizioni meteorologiche (dall'umidità in particolare), dal tipo di concime (igroscopia, dosaggio, umettazione) e dallo stadio di sviluppo di fiori, foglie e frutti (Baab 2009f). La velocità d'assorbimento degli elementi nutritivi per via fogliare aumenta con l'aumentare dell'umidità dell'aria, che favorisce la turgidità dell'epidermide. Quando l'umidità dell'aria è bassa, la soluzione nutritiva asciuga rapidamente e i concimi fogliari cristallizzano sulla superficie delle foglie prima che esse possano assorbirli. Se, invece, la soluzione nutritiva asciuga troppo lentamente, aumenta il rischio di bruciature fogliari. In generale, bisogna ridurre il dosaggio al di sopra dei 20 °C e rinunciare alla concimazione fogliare quando la temperatura supera i 25 °C.

Dosaggi e concentrazioni eccessivi possono danneggiare fiori o foglie, perciò si raccomanda di frazionare la distribuzione in più apporti quantitativamente moderati. In ogni caso, bisogna seguire scrupolosamente le prescrizioni d'utilizzazione di ogni prodotto.

I concimi fogliari si trovano in commercio in forma salina o già disciolti in soluzione. Nel secondo caso, i concimi sono miscelati a sostanze bagnanti, adesivanti, assorbenti e penetranti, che migliorano l'assorbimento degli elementi nutritivi attraverso cuticola ed epidermide fogliari. La scelta della formulazione (chelato, nitrato, sospensione, solfato, ecc.) dipende dal tipo di elemento nutritivo e dalle condizioni di distribuzione.

4.6 Concimi chelati

I concimi chelati sono un'alternativa ai concimi fogliari nelle situazioni problematiche, in cui la classica concimazione sul suolo non è risolutiva e va, in qualche modo, integrata. I concimi chelati sono stabili in un largo spettro di pH e gli elementi nutritivi che veicolano rimangono a disposizione delle piante per molto tempo. Grazie al loro contributo, è possibile assicurare al frutteto, per via radicale, il necessario apporto di Ca in un suolo acido oppure quello di Mg, B, Fe e Mn in uno calcareo. La loro distribuzione va effettuata, nel limite del possibile, attraverso la fertirrigazione (capitolo 4.4) o l'iniezione meccanica nel suolo per mezzo di un palo iniettore o simili (Baab 2009g). In alternativa, li si può anche distribuire tramite atomizzatore o barra per il diserbo localizzato. A causa della loro ri-

dotta stabilità nei confronti dei raggi UV, la distribuzione di chelati in superficie si deve fare la sera o prima che piova o si irrighi. A seconda del tipo di prodotto e dell'epoca di distribuzione, è possibile miscelarli con gli erbicidi.

Tra i concimi chelati da distribuire al suolo esistono grandi differenze in merito alla stabilità in un determinato spettro di pH. Si raccomanda di fare attenzione soprattutto alla loro stabilità in suoli con pH alcalino. Per esempio, i concimi chelati contenenti Fe legato con modalità orto-orto (o-o) sono più stabili di quelli in cui il Fe è legato con modalità orto-para (o-p) che, di conseguenza sono meno indicati per suoli caratterizzati da pH elevati. La forma di legame para-para (p-p) è quella meno stabile delle tre. Da qui l'importanza di verificare la forma di legame in sede d'acquisto. I chelati si possono distribuire anche per via fogliare, salvo quelli contenenti EDTA.

4.7 Concimazione di frutteti ad alto fusto

Il fabbisogno in elementi nutritivi degli alberi da frutto ad alto fusto si calcola sulla base del fabbisogno medio annuo di una singola pianta (0,45 kg N, 0,15 kg P₂O₅, 0,56 kg K₂O e 0,08 kg Mg) oppure secondo la resa annua espressa per tonnellata di frutti raccolti (1,5 kg N, 0,5 kg P₂O₅, 1,8 kg K₂O e 0,25 kg Mg). Tuttavia, i prelievi in nutrienti della cortica erbosa sono, di regola, nettamente superiori a quelli degli alberi stessi (figura 14). Ne consegue che il fabbisogno in elementi nutritivi del frutteto ad alto fusto dipende principalmente dall'intensità di gestione della superficie prativa che lo ospita, la cui concimazione si calcola secondo quanto riportato nel modulo 9. Per tenere conto delle incertezze legate ai valori di riferimento si raccomanda di verificare lo stato di fertilità del suolo ogni cinque anni per mezzo di un'analisi. Mediamente, la norma di concima-



Figura 14. In un frutteto ad alto fusto, il prelievo della cortica erbosa in elementi nutritivi supera, generalmente, quello degli alberi da frutto (fotografia: Richard Hollenstein, Landwirtschaftliches Zentrum SG).

zione annua degli alberi da frutto ad alto fusto (fabbisogno della superficie foraggera compreso) ammonta a 150 kg N, 100 kg P₂O₅, 300 kg K₂O e 50 kg Mg per ettaro.

Contrariamente a quanto capita nella frutticoltura intensiva, gli alberi da frutto ad alto fusto si concimano solitamente utilizzando concimi aziendali. In questo ambito, si raccomanda di distribuire in primavera (febbraio-marzo) moderate quantità (20 t/ha) di letame (tabella 10). A dipendenza delle condizioni climatiche, della crescita dei germogli e dell'intensità di gestione della cotica erbosa, bisognerà completare la letamazione appena descritta con una, eventualmente due, liquamazioni di 20 m³ ciascuna. Il liquame non va distribuito oltre l'inizio di luglio, per evitare che l'agostamento ritardi, aumentando il rischio che le piante subiscano danni da gelo durante l'inverno. Gli alberi da frutto ad alto fusto presenti su superfici gestite secondo i principi della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER) si possono concimare solo con un palo iniettore. Questo modo di procedere consente di localizzare la concimazione nel volume di suolo esplorato dalle radici dell'albero. Per ogni centimetro di diametro del tronco si utilizza un litro di soluzione acquosa al 6-8% di concime completo. La distribuzione avviene per mezzo di due iniezioni per m² di superficie e litro di soluzione.

4.8 Concimazione in frutticoltura biologica

La concimazione in frutticoltura biologica persegue gli stessi obiettivi di quella che si pratica nell'agricoltura convenzionale: fornire agli alberi da frutto elementi nutritivi in quantità sufficiente, al momento opportuno e nel giusto rapporto, per ottenere rese elevate e frutti di qualità ineccepibile. Tuttavia, le restrizioni esistenti in agricoltura biologica in materia di concimi e prodotti fitosanitari impongono che si dedichi molta attenzione a instaurare e/o a mantenere una fertilità del suolo elevata, all'equilibrio tra crescita vegetativa e generativa, nonché alla sanità degli alberi da frutto. Per riuscire in questo intento, bisogna integrare e armonizzare la concimazione con tutti gli altri interventi colturali legati alla gestione del frutteto. Informazioni supplementari in merito si trovano nel modulo 6, sulla lista dei mezzi di produzione autorizzati in agricoltura biologica pubblicata, in tedesco e francese, dall'Istituto di ricerche dell'agricoltura biologica (FiBL) (<https://www.fibl.org/de/shop/artikel/c/bml.html>) e nelle direttive edite da BioSuisse (<http://www.bio-suisse.ch/it/direttive-prescrizioni4.php>).

5. Bibliografia

- Abächerli F., Baier U., Berner F., Bosshard C., Fuchs J., Galli U., Gfeller H., Leuenberger R., Mayer J., Pfaffen P., Schleiss K., Trachsel D. & Wellinger A., 2010. Schweizerische Qualitätsrichtlinie 2010 der Branche für Kompost und Gärgut. Inspektoratskommission der Kompostier- und Vergärbranche der Schweiz (Hrsg.), Biogas Forum, Kompostforum Schweiz, Interessengemeinschaft Anlagen des Kompostforums Schweiz, Verband Kompost- und Vergärwerke Schweiz VKS. Link: http://www.biomassesuisse.ch/files/biomasse_temp/data/Das_bieten_wir/Q-Richtlinie_2010_def_weiss_web.pdf [16.11.2016].
- Agroscope, 1996. Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope, Band 1: Bodenuntersuchungen zur Düngeberatung, Ausgabe 2015. Agroscope Zürich-Reckenholz e Wädenswil.
- Baab G., 2004. Die Blattanalyse – ein wichtiger Beitrag zum Leistungszustand der Blätter. *Kernobst* 29 (8), 417–421.
- Baab G., 2009a. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 1: Kalium. *Besseres Obst* 54 (1), 16–19.
- Baab G., 2009b. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 2: Phosphor. *Besseres Obst* 54 (3), 20–23.
- Baab G., 2009c. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 3: Zink. *Besseres Obst* 54 (4), 20–24.
- Baab G., 2009d. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 4: Mangan. *Besseres Obst* 54 (5), 13–16.
- Baab G., 2009e. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 5: Magnesium. *Besseres Obst* 54 (6), 12–16.
- Baab G., 2009f. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 6: Calcium. *Besseres Obst* 54 (7), 18–21.
- Baab G., 2009g. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 7: Eisen. *Besseres Obst* 54 (8), 15–18.
- Baab G., 2009h. Damit sie keinen Mangel leiden – Die wichtigsten Nährstoffe im Obstbau, Teil 8: Stickstoff. *Besseres Obst* 54 (10–11), 22–26.
- Baab G., 2012. Das Spurennährelement Bor. *European Fruit Magazine* 2012 (3), 28–32.
- Batjer L., Rogers B. & Thompson A., 1952. Fertilizer applications as related to nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium utilization by apple trees. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 60, 1–6.
- Bergmann W., 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen: Entstehung, visuelle und analytische Diagnose. Spektrum Akademischer Verlag, Jena.
- Bertschinger L., Gysi C., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Ryser J.-P., Schmid A. & Weibel F., 2003. Grundlagen für die Düngung der Obstkulturen. Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, Nyon. 48 pp.
- Bosshard E., Rüegg J. & Heller W., 2004. Bodenmüdigkeit, Nachbauprobleme und Wurzelkrankheiten. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 140 (10), 6–9.
- Heller W. & Ryser J.-P., 1997a. Eisenmangelchlorose im Obstbau. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil.
- Heller W. & Ryser J.-P., 1997b. Magnesiummangel bei Obstbäumen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil.
- Heller W. & Ryser J.-P., 1997c. Manganmangel bei Obstbäumen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil.
- Kuster T. & Schweizer S., 2015. Nachernteblanddünger mit Harnstoff im Kirschenanbau: Aufwandmenge dem Fruchtansatz anpassen. *Früchte & Gemüse* 2015 (6), 11–12.
- Monney P. & Bravin E., 2011. Bewässerung von Obstbäumen. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Wädenswil. 27 pp.

- OCon, 2001. Ordinanza sulla messa in commercio di concimi. Il consiglio federale svizzero, Berna. Link: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20002050/index.html> [14. 11. 2016].
- ORRPChim, 2005. Ordinanza concernente la riduzione dei rischi nell'utilizzazione di determinate sostanze, preparati e oggetti particolarmente pericolosi. Il consiglio federale svizzero, Berna. Link: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html> [4. 11. 2016].
- Österreicher J. & Aichner M., 1998. Kupfergehalt beeinflusst Baumwachstum. *Obstbau Weinbau* 35 (1), 18–20.
- Scheffer F., Schachtschabel P., Blume H.-P. & Thiele-Bruhn S., 2010. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg. 569 pp.
- Stünzi H., 2006. Zur Phosphor-Bodenextraktion mit Ammoniumacetat-EDTA (AAE10). *Agrarforschung* 13 (11–12), 488–493.
- SAIO, 2017. *Richtlinien für den ökologischen Leistungsnachweis (ÖLN) im Obst- und Beerenbau in der Schweiz*. Schweiz. Arbeitsgruppe für Integrierte Obstproduktion (SAIO), Schweizer Obstverband, Zug. Link: <http://members.swissfruit.ch/system/files/2017-01/SAIO-Richtlinien-2017.pdf> [20. 3. 2016].
- UFAG, 2013. Ordinanza sui pagamenti diretti 2016. Ufficio federale dell'agricoltura UFAG, Berna. Link: <https://www.blw.admin.ch/blw/de/home/instrumente/direktzahlungen.html> [4. 11. 2016].
- UFAM & UFAG, 2012. *Nährstoffe und Verwendung von Düngern in der Landwirtschaft. Ein Modul der Vollzugshilfe Umweltschutz in der Landwirtschaft*. Ufficio federale dell'ambiente UFAM, Berna. 62 pp.
- Widmer A., Bünter M. & Stadler A., 2006. Blattdüngung: Ergebnisse aus der Praxis. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 2006 (20), 9–12.
- Widmer A., Stadler A. & Krebs C., 2005. Regelmässige Erträge dank Blattdüngung. *Schweizerische Zeitschrift für Obst- und Weinbau* 2005 (13), 6–9.

6. Indice delle tabelle

Tabella 1. Norme di concimazione (kg/ha) per drupacee, pomacee e kiwi in funzione della resa (kg/m ²).	13/4
Tabella 2. Fabbisogno annuo in elementi nutritivi (kg/ha) di diversi organi del melo.	13/4
Tabella 3. Correzione della concimazione N per drupacee e pomacee.	13/4
Tabella 4. Correzione della concimazione N per il kiwi.	13/4
Tabella 5. Correzione della concimazione P, K e Mg per drupacee (DRU), pomacee (PO) e kiwi.	13/5
Tabella 6. Esigenze minime e raccomandazioni per l'analisi del suolo in frutticoltura.	13/5
Tabella 7. Esempio di calcolo della norma di concimazione corretta (kg/ha) per un ipotetico meleto in piena produzione.	13/7
Tabella 8. Valori di riferimento per l'analisi fogliare in frutticoltura a metà giugno.	13/8
Tabella 9. Valori di riferimento per l'analisi fogliare in frutticoltura in luglio/agosto (75–105 giorni dopo la piena fioritura).	13/8
Tabella 10. Campionamento, concimazione al suolo e concimazione fogliare di drupacee e pomacee nel corso dell'anno.	13/9

7. Indice delle figure

Figura 1. Schema per il prelievo di campioni di suolo in caso si concimi l'intera superficie del frutteto oppure qualora si localizzi la concimazione lungo il filare o sui terrazzamenti.	13/5
Figura 2. In ogni parcella, si prelevano 12–20 campioni di suolo rappresentativi. I carotaggi si eseguono con una sonda apposita, a profondità di 2–25 cm e 25–50 cm.	13/6
Figura 3. L'analisi fogliare si esegue su un campione formato da al massimo due foglie per albero, prelevate nella zona centrale di un germoglio dell'anno. Le foglie che per dimensioni, colore e inclinazione non sono rappresentative della pianta e/o del frutteto non vanno considerate.	13/8
Figura 4. Carenza di P.	13/11
Figura 5. Carenza di K.	13/11
Figura 6. Carenza di Ca.	13/11
Figura 7. Carenza di Mg.	13/12
Figura 8. Carenza di B.	13/13
Figura 9. Carenza di Mn.	13/13
Figura 10. Carenza di Fe.	13/13
Figura 11. Spandiconcime centrifugo in azione durante una concimazione di superficie.	13/14
Figura 12. Compost, ottenuto da substrato per la coltivazione di funghi prataioli, distribuito in qualità di ammendante su susini appena reimpiantati.	13/15
Figura 13. La fertirrigazione consente di localizzare la concimazione lungo il filare, a tutto beneficio delle radici.	13/16
Figura 14. In un frutteto ad alto fusto, il prelievo della cotica erbosa in elementi nutritivi supera, generalmente, quello degli alberi da frutto.	13/17



14/ Concimazione dei piccoli frutti

Christoph Carlen e André Ançay
Agroscope, 1964 Conthey, Svizzera

Contatto: christoph.carlen@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	14/3
2. Scopi e principi della concimazione razionale	14/3
3. Norme di concimazione	14/3
4. Concimazione della fragola	14/3
4.1 Concimazione azotata	14/3
4.2 Concimazione fosfatica, potassica, magnesiacca e con microelementi	14/4
5. Concimazione di lampone, mora, ribes e piccoli frutti arbustivi alternativi	14/5
5.1 Concimazione azotata	14/5
5.2 Concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca	14/6
6. Concimazione del mirtillo	14/6
7. Fertirrigazione	14/6
8. Fragola, lampone e mora su substrato	14/7
8.1 Substrato	14/7
8.2 Soluzione nutritiva	14/7
8.3 Preparazione della soluzione nutritiva utilizzando concimi composti	14/8
8.4 Preparazione della soluzione nutritiva utilizzando concimi semplici	14/8
8.5 Distribuzione della soluzione nutritiva	14/9
8.6 Adattamento della soluzione nutritiva	14/9
8.7 Fertirrigazione a ciclo aperto o a ciclo chiuso	14/10
9. Bibliografia	14/10
10. Indice delle tabelle	14/11
11. Indice delle figure	14/11

In copertina: coltivazione di lamponi su substrato (fotografia: Agroscope).

1. Introduzione

Questo documento contiene le informazioni necessarie per concimare razionalmente i piccoli frutti, assicurando loro una nutrizione minerale equilibrata, nel pieno rispetto dell'ambiente. Le norme di concimazione delle diverse specie di piccoli frutti si basano su prove sperimentali svolte da Agroscope e su dati riportati in documenti, quali: «Guide des petits fruits» (Ançay *et al.* 2012), «Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière» (Bertschinger *et al.* 2003), «Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat» (Pivot *et al.* 2005) e altre pubblicazioni che trattano le colture su substrato (Lieten 1999; Guérineau 2003; Pivot e Gillioz 2000).

2. Scopi e principi della concimazione razionale

L'obiettivo della concimazione razionale è quello di fornire alle piante una nutrizione minerale equilibrata e adatta alle loro esigenze, per assicurarne la crescita ottimale e la qualità della produzione, nel pieno rispetto dell'ambiente. Nel caso delle fragole, le norme di concimazione relative agli elementi nutritivi principali, come fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg), corrispondono ai nutrienti esportati dalla parcella tramite il raccolto, in zone idonee alla sua coltivazione e su suoli sufficientemente approvvigionati in elementi nutritivi e in acqua. Nel caso di piccoli frutti arbustivi, le norme di concimazione si ottengono sommando i prelievi di nutrienti esportati con il raccolto a quelli immobilizzati nelle parti legnose.

Le norme di concimazione P, K e Mg si possono adattare alle rese stimate, nonché correggere in funzione dello stato nutrizionale del suolo. Lo stato nutrizionale dei suoli troppo ricchi o troppo poveri si riequilibra controllando periodicamente i tenori in P, K e Mg del suolo e applicando le relative correzioni delle norme di concimazione corrispondenti. Queste misure permettono di evitare carenze e squilibri nutrizionali (antagonismi) pregiudizievoli per la coltura.

Per l'azoto (N), invece, la norma di concimazione si definisce tenendo conto anche del suo tasso di mineralizzazione in condizioni pedoclimatiche medie. La norma di concimazione N si può adattare proporzionalmente alla resa stimata, nonché in funzione di diversi parametri legati alla risposta vegetativa e alla gestione della coltura. In caso servano più di 60 kg N/ha, la concimazione va frazionata in più apporti per ridurre le perdite dovute al dilavamento.

3. Norme di concimazione

Le norme di concimazione delle diverse colture di piccoli frutti coprono il fabbisogno in elementi nutritivi necessario per ottenere una buona resa e un raccolto di qualità su un suolo considerato sufficientemente approvvigionato (tabella 1). Per P, K e Mg, le quantità di elementi nutritivi da distribuire si correggono in base ai risultati dell'analisi del suolo.

4. Concimazione della fragola

4.1 Concimazione azotata

Per ridurre i rischi di dilavamento, è necessario frazionare la concimazione N (tabella 2) e localizzarla vicino alle piante. In questo modo, la norma si può ridurre di un terzo (tabella 2 e figura 1).

La concimazione N si può adattare in base ai risultati dell'analisi dell'Nminerale (N_{min}) che indica la quantità di N immediatamente disponibile per la pianta nei primi 30 cm di suolo. Si raccomanda di effettuare questa analisi dopo la piantagione, all'inizio del risveglio vegetativo e alla fioritura, per monitorare la dinamica dell'N nel suolo e gestire al meglio la sua distribuzione. Se i risultati dell'analisi N_{min} indicano tenori inferiori a 60 kg N/ha, la concimazione N è senz'altro necessaria. Se il valore N_{min} è superiore o uguale a 60 kg N/ha, invece, non è necessario distribuire N.

L'eccesso di N favorisce lo sviluppo vegetativo a scapito della resa e della qualità dei frutti. L'interpretazione dell'analisi N_{min} deve tener conto anche del vigore della coltura. In una coltura vigorosa con fruttificazione media, non bisogna apportare N dopo la fine della fioritura. L'eccesso di N comporta la diminuzione della qualità dei frutti e l'aumento del rischio di marciumi. In una coltura che fruttifica abbondantemente, invece, è necessario proseguire gli apporti N durante la raccolta per favorire la formazione di nuove foglie.

Le analisi N_{min} mostrano che il tenore in N direttamente disponibile per la coltura è maggiore negli impianti che prevedono la lavorazione e la rincalzatura dei filari (Neuweiler *et al.* 1997). Ne consegue che, in questi casi, spesso non c'è bisogno di distribuire N nell'anno di impianto.

La concimazione N si effettua distribuendo nitrato di calcio $[Ca(NO_3)_2]$ nei suoli con pH prevalentemente acido e solfato d'ammonio $[(NH_4)_2SO_4]$ in quelli con pH piuttosto alcalino.



Figura 1. Fragole ad inizio fioritura: le fragole sono i piccoli frutti più coltivati in Svizzera (fotografia: Agroscope).

Tabella 1. Norme di concimazione per piccoli frutti. Le norme si riferiscono alle rese stimate e riportate in tabella (Bertschinger et al. 2003; Ançay et al. 2012).

Coltura	Resa (kg/m ²)	Norme di concimazione (kg/ha)					
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Fragola	1,5	80	10	23	65	79	15
	2,0	100	15	34	100	121	20
	2,5	120	20	46	130	157	25
Lampone	1,0	30	5	11	35	42	10
	1,5	45	10	23	50	61	15
	2,0	60	15	34	65	79	15
	2,5	75	20	46	80	97	20
Mora	1,5	40	10	23	35	42	15
	2,0	55	15	34	55	67	15
	2,5	70	20	46	70	85	20
Ribes rosso e ribes bianco	1,5	60	15	34	75	91	15
	2,0	85	20	46	100	121	15
	2,5	110	25	57	125	151	20
Ribes nero	1,5	50	15	34	70	85	15
	2,0	70	20	46	100	121	15
	2,5	90	25	57	130	157	20
Uva spina	1,2	40	10	23	50	61	15
	1,7	60	15	34	65	79	15
	2,2	80	20	46	90	109	20
Mirtillo	1,5	50	5	11	55	67	15
	2,0	55	10	23	60	73	20
	2,5	60	15	34	65	79	25
Piccoli frutti arbustivi alternativi: sambuco, mini kiwi, goji, aronia, lonicera	1,0	35	10	23	50	61	10
	1,5	60	15	34	75	91	15
	2,0	85	20	46	100	121	15
	2,5	110	25	57	125	151	20

4.2 Concimazione fosfatica, potassica, magnesiacca e con microelementi

I concimi disponibili sul mercato contenenti elementi nutritivi poco dilavabili (P, K, Mg) vanno distribuiti prima della lavorazione del suolo. Le colture di fragola prediligono suoli ricchi in humus. La concimazione organica gioca un doppio ruolo: preserva la fertilità e migliora la struttura del suolo. Per coprire il fabbisogno delle piante, si possono distribuire da 15 a 30 m³/ha di letame ogni tre o quattro anni oppure 25 t SS/ha di compost ogni tre anni. Il letame maturo risponde meglio alle esigenze delle fragole rispetto a quello fresco. Naturalmente, gli elementi nutritivi distribuiti tramite i concimi organici vanno considerati quando si elabora il piano di concimazione.

La fragola è molto sensibile agli eccessi di salinità e sensibile ai concimi contenenti cloro (Cl). Di conseguenza, il K va distribuito sotto forma di solfato (SO₄²⁻).

Tabella 2. Frazionamento della concimazione N per la fragola.

	Concimazione di superficie (kg N/ha)	Concimazione localizzata sulla fila (kg N/ha)
Da due a tre settimane dopo la piantagione estiva	0–40	0–30
Al risveglio vegetativo della coltura	30–40	20–30
In fioritura; al più tardi prima della pacciamatura con paglia	30–40	20–30

Nei suoli con pH da neutro a alcalino, si devono impiegare concimi acidificanti per migliorare la disponibilità di microelementi come ferro (Fe) e manganese (Mn). Quando il pH del suolo è superiore a 7,5 è consigliabile distribuire i mi-

croelementi problematici (Fe, Mn) attraverso la concimazione fogliare.

5. Concimazione di lampone, mora, ribes e piccoli frutti arbustivi alternativi

5.1 Concimazione azotata

Nel caso di colture pluriennali, la norma di concimazione N si adatta tramite indici di correzione (tabelle 3 e 4) in funzione della resa stimata. La somma di questi indici permette di determinare la concimazione N annuale. Se si localizza l'N vicino alle piante, la norma di concimazione si può ridurre di un terzo.

Nel caso di varietà rifiorenti, si raccomanda di moderare gli apporti N. Se la concimazione N è eccessiva, la formazione di fiori è posticipata a vantaggio dello sviluppo vegetativo e, quindi, anche la raccolta dei frutti subisce ritardi.

Per ridurre il rischio di dilavamento e ottimizzare l'efficacia dell'N, è consigliabile frazionare la concimazione:

- 1° apporto al risveglio vegetativo: 20–60 kg N/ha;
- 2° apporto alla fioritura: 20–60 kg N/ha.

La concimazione N si può gestire in base ai risultati dell'analisi N_{\min} effettuata al risveglio vegetativo e al momento della fioritura. Se l'analisi N_{\min} indica un tenore inferiore a 60 kg N/ha, è necessario distribuire una concimazione complementare pari a 30–40 kg N/ha.

Nel caso di apporti regolari di compost o di letame, i concimi minerali N vanno limitati. Anche i lamponi e i piccoli frutti arbustivi sono sensibili agli eccessi di elementi nutritivi, che si manifestano con riduzioni di resa dovute all'allungamento degli internodi, scarsa produttività basale e maggiore incidenza del marciume grigio (botrite).

L'esigenza in N dipende anche dalla varietà. Le varietà molto vigorose richiedono apporti moderati, mentre quelle poco vigorose necessitano di maggiori quantità di N per sviluppare fusti sufficientemente lunghi.

Per il lampone, le norme di concimazione sono le stesse sia nel caso di colture annuali sia nel caso di colture perenni (tabella 1). Ciò che cambia è l'epoca di distribuzione dell'N. Le colture annuali hanno bisogno di un'abbondante concimazione N in estate, dopo la piantagione, quando i fusti crescono rigogliosi. Se al momento dell'analisi N_{\min} si ottiene un risultato inferiore a 60 kg N/ha, è necessario integrare l'N con la concimazione (30 – 40 kg N/ha). Il fabbisogno in N è invece minore dopo la fioritura, quando i giovani fusti vengono eliminati:

- 1° apporto alla piantagione in primavera/estate (20–40 kg N/ha);
- 2° apporto alla ripresa vegetativa dopo l'inverno (20–40 kg N/ha);
- 3° apporto alla fioritura (0–20 kg N/ha).

Tabella 3. Correzione della concimazione N per lampone e mora. Ogni unità di correzione corrisponde a 1 kg di N/ha da sottrarre (–) o da aggiungere (+) alla norma (Bertschinger et al. 2003; Ançay et al. 2012).

Parametri da valutare per ridurre (–) o aumentare (+) la concimazione N	kg/ha		
Vigore (lunghezza dei fusti)	– 11 (eccessivo)	0 (normale)	+ 11 (limitato)
Agostamento	– 3 (tardivo; gelo invernale)	0 (normale)	+ 2 (precoce)
Malattie e parassiti (botrite, didimella, afidi, ...)	– 2 (frequenti)		0 (rari)
Produzione di polloni	– 3 (elevata)	0 (media)	+ 1 (limitata)
Volume occupato dai sassi (scheletro)	– 3 (limitato, < 10 %)	0 (10–30 %)	+ 3 (elevato, > 30 %)
Tenore in sostanza organica del suolo	– 5 (molto elevato)	0 (moderato)	+ 5 (limitato)
Gestione del suolo	– 3 (suolo lavorato)		+ 10 (suolo inerbito)

Tabella 4. Correzione della concimazione N per ribes, uva spina, mirtillo e piccoli frutti arbustivi alternativi. Ogni unità di correzione corrisponde a 1 kg di N/ha da sottrarre (–) o da aggiungere (+) alla norma (Bertschinger et al. 2003; Ançay et al. 2012).

Parametri da valutare per ridurre (–) o aumentare (+) la concimazione N	kg/ha		
Vigore (lunghezza dei fusti)	– 15 (eccessivo)	0 (normale)	+ 15 (limitato)
Caduta delle foglie	– 4 (tardiva; gelo invernale)	0 (normale)	+ 3 (precoce)
Volume occupato dai sassi (scheletro)	– 3 (limitato, < 10 %)	0 (10–30 %)	+ 3 (elevato, > 30 %)
Tenore in sostanza organica del suolo	– 5 (molto elevato)	0 (moderato)	+ 5 (limitato)
Gestione del suolo	– 3 (suolo nudo)		+ 3 (suolo inerbito)
Produzione su segatura, cippato o altro substrato organico			+ 30

5.2 Concimazione fosfatica, potassica e magnesiacca

I concimi disponibili sul mercato contenenti elementi nutritivi poco dilavabili (P, K, Mg) vanno distribuiti in primavera, a partire dal risveglio vegetativo. Nel caso del lampone, sensibile ai concimi contenenti Cl, il K va somministrato sotto forma di SO_4^{2-} . Nei suoli con pH da neutro ad alcalino, è necessario usare concimi acidificanti per migliorare la disponibilità dei microelementi come Fe e Mn. Quando il pH è superiore a 7,0, bisogna eseguire concimazioni fogliari complementari con chelato di Fe e chelato di Mn.

6. Concimazione del mirtillo

La concimazione N del mirtillo si può adattare secondo le indicazioni della tabella 4. Se il mirtillo si pianta su un substrato organico diverso dalla torba, può essere necessario maggiorare la norma di concimazione N di 20–30 unità, per garantirne la crescita ottimale.

Quando i mirtilli sono coltivati su materiale organico non compostato (trucioli, fibre di legno, segatura), è necessario un apporto specifico di 100 kg N/ha nell'anno di distribuzione del substrato, per compensare l'immobilizzazione dell'N da parte dei microrganismi che lo decompongono.

Nel caso di impianti di mirtillo su substrato organico, la concimazione riguarda l'intera superficie. Nei sistemi di coltivazione messi a punto dal FiBL a Frick, la concimazione N si localizza vicino alle piante e si raccomanda di frazionarla (ogni tre o quattro settimane) dall'inizio del risveglio vegetativo fino alla metà di agosto.

Nel caso di mirtilli coltivati in vaso, o quando si pratica l'irrigazione goccia a goccia, gli elementi nutritivi si possono distribuire in forma liquida, ricorrendo alla fertirrigazione (figura 2).

Il mirtillo è una pianta acidofila, sensibile all'eccesso di calcare (CaCO_3), alla carenza di K e agli squilibri in microelementi, come zinco (Zn) e boro (B). Esso va concimato con

concimi ad azione acidificante, come il $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, il solfato di potassio (K_2SO_4), il solfato di magnesio (MgSO_4) e alcuni concimi fosfatici.

7. Fertirrigazione

La fertirrigazione (irrigazione fertilizzante) consente di fornire acqua ed elementi nutritivi alle colture tramite l'impianto d'irrigazione goccia a goccia.

La fertirrigazione può contribuire ad accrescere la resa e a migliorare la qualità della produzione dei piccoli frutti coltivati. Essa è indispensabile quando si eseguono impianti su suolo lavorato e rinalzato, quindi ricoperto con pacciamatura plastica nera.

La fertirrigazione richiede lo stoccaggio di una soluzione fertilizzante concentrata (soluzione madre) in un serbatoio. Tale soluzione è costituita da concimi solubili in acqua per evitare la formazione di precipitati, che otturerebbero le componenti dell'impianto d'irrigazione. I concimi contenenti calcio (Ca) vanno evitati proprio perché precipitano facilmente. La soluzione madre si distribuisce con una pompa di dosaggio. Una volta che la dose giornaliera o settimanale è passata nel circuito, si deve continuare a irrigare solo con acqua per risciacquare le tubature.

Con la fertirrigazione, solo una piccola parte del volume complessivo del suolo riceve acqua e concime. Siccome le radici delle piante coltivate si concentrano proprio in questa zona, è importante fornire a questo piccolo volume di suolo tutti gli elementi nutritivi necessari. La fertirrigazione, se comprensiva di tutti gli elementi nutritivi, è dunque positiva per la coltura, dato che ne favorisce la crescita e la resa. Quando il pH del suolo è elevato ($\text{pH} > 7,5$), è consigliabile apportare Fe e Mn sotto forma di chelati tramite concimazione fogliare.

La quantità di elementi nutritivi distribuita a ogni apporto dipende da numerosi fattori: periodo di concimazione, fertilità del suolo e numero di apporti previsto per la coltura (tabelle 5 e 6).



Figura 2. Mirtilli in vaso: prova varietale allestita presso Agroscope a Conthey (fotografia: Agroscope).

Tabella 5. Fertirrigazione goccia a goccia per colture annuali di piccoli frutti, come fragola e lampone, coltivati in campo aperto: periodo di concimazione, numero di apporti (n.) e quantità di elementi nutritivi per singolo apporto.

Periodo di concimazione	Anno d'impianto:	da due settimane dopo la piantagione fino a metà settembre
	Anno di raccolta:	dalla comparsa delle nuove foglie primaverili a metà della raccolta
Numero di apporti	Con frequenza da giornaliera a settimanale	
Quantità di elementi nutritivi per singolo apporto	Fragola:	
	Anno d'impianto:	30 % Norma _{corr} / n. di apporti previsto
	Anno di raccolta:	70 % Norma _{corr} / n. di apporti previsto
	Lampone unifero:	
	Anno d'impianto:	40 % Norma _{corr} / n. di apporti previsto
	Anno di raccolta:	60 % Norma _{corr} / n. di apporti previsto
Lampone rifiorante:		
Impianto e raccolta nello stesso anno:		100 % Norma _{corr} / n. di apporti previsto

Norma_{corr} = norma di concimazione corretta in funzione dei risultati dell'analisi del suolo.

Tabella 6. Fertirrigazione goccia a goccia per colture pluriennali di piccoli frutti, come lampone, mora, ribes, uva spina, mirtillo e piccoli frutti arbustivi alternativi, coltivati in campo aperto: periodo di concimazione, numero di apporti (n.) e quantità di elementi nutritivi per singolo apporto

Periodo di concimazione	Dalla comparsa delle nuove foglie primaverili alla fine della raccolta
Numero di apporti	Con frequenza da giornaliera a settimanale
Quantità di elementi nutritivi per singolo apporto	Norma _{corr} / n. di apporti previsto

Norma_{corr} = norma di concimazione corrette in funzione dei risultati dell'analisi del suolo.

8. Fragola, lampone e mora su substrato

8.1 Substrato

Nel caso di colture coltivate su substrato, il volume ridotto a disposizione delle radici, con conseguente effetto tampone esiguo, e l'assenza di elementi nutritivi nel substrato richiedono l'apporto regolare di una soluzione nutritiva equilibrata e adatta all'evoluzione del fabbisogno della coltura durante le sue fasi di sviluppo. La gestione degli apporti di soluzione nutritiva e la sua composizione in nutrienti sono d'importanza capitale per il successo nella coltivazione di piccoli frutti su substrato (figure 3 e 4).

8.2 Soluzione nutritiva

La soluzione nutritiva deve contenere sia macroelementi (N, P, K, Mg, S, Ca) sia microelementi (Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo). Va preparata tenendo conto del valore nutritivo dell'acqua della rete idrica, dal momento che i suoi tenori in elementi minerali possono essere considerevoli e coprire i fabbisogni in SO_4^{2-} , Ca e Mg.

Il tenore in nutrienti dell'acqua della rete dipende dalla sua origine (sorgente, falda freatica, lago) e può variare sensibilmente, anche nel corso del periodo vegetativo. Nel caso ideale, la conducibilità elettrica (EC) dell'acqua, indice della sua



Figura 3. Le fragole coltivate su substrato rendono di più e si raccolgono più facilmente (fotografia: Agroscope).



Figura 4. Negli ultimi anni, si sono diffusi i lamponi coltivati su substrato (fotografia: Agroscope).

salinità, della rete idrica non dovrebbe superare 0,5 mS/cm. Se supera 1 mS/cm, si rischia di riscontrare problemi di accumulo di certi elementi, con conseguenti squilibri nutrizionali, in particolare in impianti di fertirrigazione a ciclo chiuso. Per preparare le soluzioni nutritive si possono usare sia concimi composti sia concimi semplici. Il ricorso ai primi è adatto soprattutto alle piccole realtà produttive. Nel caso di grandi superfici colturali, invece, si giustifica l'impiego di concimi semplici, perché più economici. La composizione ottimale in elementi nutritivi della soluzione per fragola, lampone e mora è riportata nella tabella 7.

Tabella 7. Composizione ottimale in elementi nutritivi, EC e pH della soluzione nutritiva per fragola, lampone e mora (Lieten 1999; Guerineau 2003; Ançay et al. 2012).

Periodo vegetativo	Crescita vegetativa	Fioritura e raccolta
EC (mS/cm)	1,2 (0,8–1,6)	1,4 (0,8–1,8)
pH	5,8 (5,2–6,4)	5,8 (5,2–6,4)
Macroelementi (mmol/l)		
NH ₄ ⁺	1,0	0,0
K ⁺	3,5	5,5
Ca ²⁺	4,5	3,5
Mg ²⁺	1,5	1,5
NO ₃ ⁻	10,5	11,0
SO ₄ ²⁻	1,5	1,5
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	1,5
Microelementi (μmol/l)		
Fe	15–20	15–20
Mn	15–20	15–20
Zn	7,5–10	7,5–10
B	8–12	8–12
Cu	0,7–1,0	0,7–1,0
Mo	0,3–0,5	0,3–0,5

EC = conducibilità elettrica

8.3 Preparazione della soluzione nutritiva utilizzando concimi composti

Se necessario, è possibile completare la soluzione con concimi semplici. La concentrazione della soluzione madre è generalmente 100 volte maggiore di quella della soluzione nutritiva.

Così facendo, quest'ultima si può dosare semplicemente usando una pompa di dosaggio tipo «Dosatron».

In funzione della qualità dell'acqua della rete idrica e del tipo di concime utilizzato, è necessario lavorare con una seconda pompa di dosaggio per regolare il pH.

8.4 Preparazione della soluzione nutritiva utilizzando concimi semplici

Un'altra possibilità è la preparazione della soluzione nutritiva a partire da concimi semplici (tabella 8). Per ottenere una soluzione madre equilibrata, si deve calcolare la quantità necessaria di ciascun concime semplice. La concentrazione della soluzione madre è, generalmente, da 100 a 200 volte maggiore di quella della soluzione nutritiva finale ed è limitata dalla solubilità degli elementi che la compongono. Vale la regola secondo cui non si deve miscelare il Ca con concimi contenenti solfati o fosfati per evitare la formazione di precipitati. Per ovviare a questo problema, si preparano le componenti incompatibili della soluzione madre in due vasche separate. Gli acidi possono essere diluiti in una terza vasca per facilitare la gestione del pH. L'aggiunta di microelementi va fatta nella vasca contenente fosfati e solfati, quella di Fe nella vasca del Ca.

Con questo tipo d'impianto, la soluzione nutritiva si dosa usando tre pompe di dosaggio tipo «Dosatron» oppure tramite un'installazione automatizzata che miscela e gestisce il tutto (figura 5). In entrambi i casi, le pompe di dosaggio possono iniettare il concime sia direttamente nella rete di fertirrigazione sia in una vasca di miscelazione, in cui vengono convogliate anche le acque di riciclaggio, nel caso si tratti di un impianto di fertirrigazione a ciclo chiuso.

Tabella 8. Preparazione della soluzione per fertirrigazione a ciclo aperto partendo da concimi semplici.

Concime per 100 litri di soluzione madre	Crescita vegetativa			Fioritura e raccolta		
	Vasca A	Vasca B	Vasca C	Vasca A	Vasca B	Vasca C
<i>Regolazione della pompa di dosaggio</i>	0,8–1,2 %	0,8–1,2 %	0,5–1,5 % (qualità dell'acqua)	0,8–1,2 %	0,8–1,2 %	0,5–1,5 % (qualità dell'acqua)
Diidrogenofosfato di potassio KH ₂ PO ₄	2,0 kg			2,0 kg		
Solfato di magnesio MgSO ₄ · 7H ₂ O	3,7 kg			3,7 kg		
Miscela di microelementi per la coltivazione su substrato	0,15 kg			0,15 kg		
Nitrato di potassio KNO ₃		2 kg			4,0 kg	
Nitrato di calcio 5(Ca(NO ₃) ₂ · 2H ₂ O)NH ₄ NO ₃		7,6 kg			5,4 kg	
Acido nitrico HNO ₃ – 60 % (d = 1,37)			2 litri			2 litri



Figura 5. Installazione automatizzata per la preparazione della soluzione nutritiva destinata a piccoli frutti coltivati su substrato (fotografia: Agroscope).

8.5 Distribuzione della soluzione nutritiva

La durata e la frequenza degli apporti di soluzione nutritiva si devono adattare in funzione dei seguenti parametri:

- volume e ritenzione d'acqua del substrato;
- stadio di sviluppo delle piante coltivate;
- condizioni climatiche (intensità luminosa).

In generale, va prevista una fertirrigazione fissa ad inizio giornata e irrigazioni successive regolate da un solarimetro. L'ultima irrigazione va fatta entro le 18.00, per permettere al substrato di asciugare prima che scenda la notte. Utilizzando irrigatori autocompensanti, di solito è sufficiente irrigare da due a tre minuti, a seconda del volume di substrato da bagnare. Nel caso di substrati che hanno capacità di ritenzione idrica inferiore alla torba, come quelli a base di fibre di cocco, vanno previsti tempi d'irrigazione più brevi abbinati a frequenze d'intervento maggiori.

Il drenaggio giornaliero si deve situare tra il 10 e il 15% della soluzione distribuita per impianti a ciclo aperto, mentre può superare il 25% nel caso di impianti a ciclo chiuso. È necessario controllare regolarmente (come minimo due o tre volte alla settimana) sia le quantità d'acqua distribuite sia il volume di drenaggio, per assicurarsi che la pianificazione della fertirrigazione sia rispettata e che l'impianto funzioni correttamente. Durante queste verifiche, vanno controllati anche EC e pH (figura 6).

8.6 Adattamento della soluzione nutritiva

Le quantità d'acqua e di elementi nutritivi assorbite dalle colture variano in funzione della varietà, dello stadio di sviluppo e dell'intensità luminosa. Per questo motivo, l'EC della soluzione nutritiva va adattata durante la stagione a seconda della varietà e dello sviluppo della pianta considerata (tabella 9). L'EC si può aumentare di 0,2 unità qualora il cielo sia nuvoloso e ridurre dello stesso fattore se il tempo è soleggiato.

Per correggere e adattare l'equilibrio della soluzione nutritiva al fabbisogno della coltura, è indispensabile analizzare regolarmente la composizione della soluzione nutritiva e di quella di drenaggio. Solitamente, le analisi si effettuano ogni cinque o sei settimane negli impianti a ciclo aperto e ogni tre o quattro settimane in quelli a ciclo chiuso.



Figura 6. Verifica dei valori di pH e di EC di una soluzione nutritiva (fotografia: Agroscope).

La misura dell'EC della soluzione drenata rispecchia l'intensità relativa dell'assorbimento dell'acqua e degli elementi nutritivi da parte della coltura. Essa indica la concentrazione totale in elementi nutritivi, ma non dà informazioni sul tenore di ciascuno di essi. Nei periodi molto caldi, la pianta consuma più acqua che elementi nutritivi, mentre quando la luce scarseggia assorbe relativamente più nutrienti. Per favorire un buono sviluppo vegetativo e la produzione di frutti di qualità, nonché per evitare aborti fiorali o bruciate sulle radici, l'EC della soluzione di drenaggio va controllata regolarmente; essa non deve superare 2 mS/cm. In caso si superi questo valore, si deve irrigare per uno o due giorni solo con acqua.

Tutte le differenze di valori superiori al 20% tra EC della soluzione drenata e EC della soluzione nutritiva necessitano un aggiustamento del valore della soluzione madre.

Il pH della soluzione di drenaggio può variare da 5 a 7 senza conseguenze sul comportamento delle piante.

Tabella 9. Variazioni di EC e di pH delle soluzioni nutritive per le colture di piccoli frutti in funzione del loro stadio di sviluppo (Lieten 1999; Guérineau 2003; Ançay et al. 2012).

Stadio di sviluppo	Varietà unifere (EC)	Varietà rifioranti (EC)	Tutte le varietà (pH)
Inizio vegetazione	1,2	0,8-1,0	5,8
Fioritura	1,6	1,2-1,4	5,8
Fruttificazione	1,2	1,0-1,2	5,8

EC = conducibilità elettrica

8.7 Fertirrigazione a ciclo aperto o a ciclo chiuso

Gli impianti a ciclo aperto consentono di distribuire una soluzione nutritiva «fresca» ogni volta che si irriga. Le acque di drenaggio (effluenti) devono essere recuperate e riutilizzate per altre colture. Tale riutilizzo presuppone la conoscenza del tenore in elementi nutritivi della soluzione drenata, poiché i dati vanno inseriti in «Suisse-Bilanz».

Gli impianti a ciclo chiuso assicurano il riciclaggio dinamico degli effluenti sulla coltura fertirrigata. Il riciclaggio completo riutilizza la soluzione di drenaggio, la cui composizione varia in funzione dell'assorbimento degli elementi nutritivi da parte della pianta. Possono verificarsi accumuli di certi elementi e squilibri tra nutrienti, da cui la necessità di effettuare regolarmente (ogni tre o quattro settimane) analisi complete degli effluenti, per riequilibrare la soluzione nutritiva di partenza. Nel complesso, il riciclaggio consente di risparmiare quantità notevoli di acqua e concime. Attualmente, le tecniche di riciclaggio della soluzione nutritiva consistono essenzialmente nell'adattare l'EC della soluzione, ottenuta miscelando la soluzione di drenaggio con acqua, ai parametri previsti per la fertirrigazione.

In entrambi i casi, bisogna prevedere un volume di stoccaggio delle soluzioni drenate proporzionato alla superficie irrigata. Si può stimare un volume quotidiano di effluenti pari a circa 0,2–0,5 l/m².

9. Bibliografia

- Ançay A., Carlen C. & Sigg P., 2012. Düngungsgrundlagen. In: Handbuch Beeren, Anonymus, Schweizer Obstverband (éd.), Zug, 149 pp.
- Bertschinger L., Gysi C., Häseli A., Neuweiler R., Pfammatter W., Ryser J.-P., Schmid A. & Weibel F., 2003. Données de base pour la fumure en arboriculture fruitière. FAW fascicule 15, Wädenswil, 48 pp.
- Guerineau C., 2003. La culture du fraisier sur substrat. Réalisation Ctifl et Cifref. Editions Ctifl, Paris, 165 pp.
- Lieten P., 1999. Guidelines for nutrient solutions, peat substrate and leaf values of Elsanta strawberries. Communication COST ACTION 836, Integrated Research in Berries, 2^d meeting WG4, Nutrition and soilless culture, Versailles.
- Neuweiler R., Bertschinger L., Stamp P. & Feil B., 2003. The impact of ground cover management on soil nitrogen levels parameters of vegetative crop development, yield and fruits quality of strawberries. *European Journal of Horticultural Science* 86 (4), 189–191.
- Pivot D. & Gillioz J., 2000. Fraisier hors sol: alimentation minérale en solution recyclée. *Revue suisse de Vitic. Arboric. Hortic.* 32, (4), 207–210.
- Pivot D., Gilli C. & Carlen C., 2005. Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat. *Revue suisse de Vitic., Arboric. Hortic.* 34 (4), 3–8.

10. Indice delle tabelle

Tabella 1. Norme di concimazione per piccoli frutti. Le norme si riferiscono alle rese stimate riportate in tabella.....	14/4
Tabella 2. Frazionamento della concimazione N per la fragola.	14/4
Tabella 3. Correzione della concimazione N per lampone e mora. Ogni unità di correzione corrisponde a 1 kg di N/ha da sottrarre (-) o da aggiungere (+) alla norma.	14/5
Tabella 4. Correzione della concimazione N per ribes, uva spina, mirtillo e piccoli frutti arbustivi alternativi. Ogni unità di correzione corrisponde a 1 kg di N/ha da sottrarre (-) o da aggiungere (+) alla norma.	14/5
Tabella 5. Fertirrigazione goccia a goccia per colture annuali di piccoli frutti, come fragola e lampone, coltivati in campo aperto: periodo di concimazione, numero di apporti (n°) e quantità di elementi nutritivi per singolo apporto.	14/7
Tabella 6. Fertirrigazione goccia a goccia per colture pluriennali di piccoli frutti, come lampone, mora, ribes, uva spina, mirtillo e piccoli frutti alternativi, coltivati in campo aperto: periodo di concimazione, numero di apporti (n°) e quantità di elementi nutritivi per singolo apporto.	14/7
Tabella 7. Composizione ottimale in elementi nutritivi, EC e pH della soluzione nutritiva per fragola, lampone e mora.	14/8
Tabella 8. Preparazione della soluzione per fertirrigazione a ciclo aperto partendo da concimi semplici.	14/8
Tabella 9. Variazioni di EC e di pH delle soluzioni nutritive per le colture di piccoli frutti in funzione del loro stadio di sviluppo.	14/9

11. Indice delle figure

Figure 1. Fragole ad inizio fioritura: le fragole sono i piccoli frutti più coltivati in Svizzera.	14/3
Figure 2. Mirtilli in vaso: prova varietale allestita presso Agroscope a Conthey.	14/6
Figure 3. Le fragole coltivate su substrato rendono di più e si raccolgono più facilmente.	14/7
Figure 4. Negli ultimi anni, si sono diffusi i lamponi coltivati su substrato.	14/7
Figure 5. Installazione automatizzata per la preparazione della soluzione nutritiva destinata a piccoli frutti coltivati su substrato.	14/9
Figure 6. Verifica dei valori di pH e di EC della soluzione nutritiva.	14/9



15/ Concimazione delle piante aromatiche e medicinali

Christoph Carlen e Claude-Alain Carron
Agroscope, 1964 Conthey, Svizzera

Contatto: christoph.carlen@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	15/3
2. Obiettivi e principi della concimazione razionale	15/3
3. Norme di concimazione	15/3
4. Suolo ed esigenze delle piante	15/7
5. Fabbisogno e distribuzione di elementi nutritivi	15/7
5.1 Fosforo, potassio e magnesio	15/7
5.2 Azoto	15/7
6. Fonti di elementi nutritivi	15/7
6.1 Azoto del suolo	15/7
6.2 Residui colturali (P, K, Mg)	15/8
6.3 Concimi aziendali e compost	15/8
6.4 Concimi disponibili sul mercato	15/8
6.5 Concimazione in agricoltura biologica	15/8
6.6 Concimazione e ambiente	15/8
7. Bibliografia	15/9
8. Indice delle tabelle	15/10
9. Indice delle figure	15/10

In copertina: coltivazione di salvia (fotografia: Valplantes).

1. Introduzione

Questo documento contiene le informazioni necessarie a consulenti e produttori per concimare razionalmente le piante aromatiche e medicinali (PAM), assicurando loro una nutrizione minerale equilibrata nel pieno rispetto dell'ambiente. Le norme di concimazione sono state messe a punto da Agroscope sulla base di prove sperimentali, analisi delle piante e dati tratti dalla letteratura (Bomme e Nast 1998; Dachler e Pelzmann 1999; Marquard e Kroth 2002; Carlen *et al.* 2004; Carlen *et al.* 2006; Hoppe 2012; Hoppe 2013).

2. Obiettivi e principi della concimazione razionale

L'obiettivo della concimazione razionale è quello di fornire alle piante una nutrizione minerale equilibrata e adatta alle loro esigenze, per assicurarne la crescita ottimale e garantire la qualità della produzione, nel pieno rispetto dell'ambiente e preservando la fertilità del suolo. La concimazione, tuttavia, è solo uno dei fattori implicati nella nutrizione minerale delle piante, perché i loro processi nutrizionali interagiscono fortemente anche con il suolo, il clima e le tecniche colturali. Il potenziale produttivo locale per le PAM ha la precedenza sulla concimazione vera e propria, che entra in linea di conto solo dopo avere tenuto in considerazione aspetti, quali: la struttura e il tenore in sostanza organica (SO) del suolo, il clima, la rotazione colturale e le tecniche di coltivazione utilizzate.

Le norme di concimazione relative agli elementi nutritivi principali, come fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg), corrispondono ai prelievi di nutrienti tramite il raccolto, in zone idonee e su suoli sufficientemente approvvigionati in elementi nutritivi e in acqua. Le norme di concimazione P, K e Mg si possono adattare alle rese stimate, nonché correggere in funzione dello stato nutrizionale del suolo. Queste misure permettono di evitare carenze e squilibri nutrizionali (antagonismi) pregiudizievoli per le colture.

Per l'azoto (N), invece, la norma di concimazione non corrisponde solitamente ai prelievi effettivi delle piante, ma si definisce tenendo conto, in primo luogo, del suo tasso di mineralizzazione in condizioni pedoclimatiche medie. La norma di concimazione N si può adattare proporzionalmente alla resa stimata e alla risposta vegetativa delle PAM. Frazionando la concimazione N si riducono significativamente le perdite dovute al dilavamento.

3. Norme di concimazione

Le norme di concimazione delle diverse specie di PAM coprono il fabbisogno in elementi nutritivi necessario per ottenere una buona resa e un raccolto di qualità su un suolo considerato come sufficientemente approvvigionato. Per P, K e Mg, le quantità di elementi nutritivi da distribuire si basano principalmente sui prelievi di nutrienti esportati dalla parcella tramite il raccolto (tabelle 1 e 2).



Figura 1. Melissa: la varietà Lorelei di Agroscope in prova (fotografia: Agroscope).

Nel caso della concimazione N, le norme sono definite dai prelievi delle piante, dal loro periodo vegetativo e dalla mineralizzazione dell'N organico del suolo, dipendente, a sua volta, dal clima, dal tenore in SO del suolo, dal precedente colturale, dalla lavorazione del suolo, eccetera. Per le colture pluriennali che forniscono più raccolti sull'arco del periodo vegetativo (achillea, issopo, lippia, marrubio, melissa, menta, monarda, origano, ortica, piantaggine, rosmarino, santoreggia, salvia, timo, veronica), o per quelle annuali aventi un periodo vegetativo lungo (altea, aneto, levistico, maggiorana, malva, pimpinella), la norma di concimazione N è inferiore del 20 % circa rispetto al prelievo da parte della pianta, perché si tiene conto della mineralizzazione dell'N del suolo (figure 1, 2 e 3). Per le colture raccolte precocemente nel corso della stagione, come stella alpina e genepi, o prima dell'inizio di agosto, come alchemilla, arnica, iperico e camomilla, la norma di concimazione N è inferiore del 10 % circa rispetto ai prelievi (figura 4).

Per il basilico, la norma di concimazione N corrisponde al prelievo, allo scopo di incrementare la resa e il tenore in olio essenziale delle foglie (Marquard e Kroth 2002). Nel caso del finocchio, la norma di concimazione N è stata nettamente ridotta rispetto al prelievo, per non stimolare troppo la crescita vegetativa a discapito della formazione dei semi (Dachler e Pelzmann 1999).

Per la primula, di cui si raccolgono unicamente i fiori (0,5-0,7 t di fiori/ha), la norma relativa ai principali elementi nutritivi corrisponde a circa il 50 % dei prelievi della pianta intera (figura 5). Nel caso del sambuco, al contrario, la norma di concimazione è stata aumentata sulla base del confronto con i prelievi di altre specie da frutto aventi volume di produzione paragonabile (Kuster *et al.* 2017), per assicurare la buona crescita dell'arbusto.

Per le aziende che coltivano PAM su superfici relativamente piccole, sono state definite norme di concimazione semplificate per gruppi di specie in funzione della loro resa (tabella 3). Queste norme sono inserite in «Suisse-Bilanz», uno strumento di pianificazione e di controllo che serve per verificare che i bilanci aziendali di N e P siano equilibrati, conformemente alla prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER), secondo quanto definito dall'ordinanza sui pagamenti diretti.

Tabella 1. Prelievi di N, P, K e Mg delle piante aromatiche e medicinali (Carlen *et al.* 2006).

Coltura	Resa (t SS ¹ /ha)	Prelievi del prodotto raccolto (kg/ha)						
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg	
Achillea delle colline	6,5	138	21	48	213	258	18	
Alchemilla giallo-verde	5,0	84	15	34	104	126	16	
Altea	radici	4,0	86	21	48	86	104	13
	foglie	3,0	40	13	30	71	86	10
Aneto ²	3,0	87	10	23	177	214	10	
Arnica ²	fiori ²	0,4	10	2	5	10	12	2
	foglie ²	1,0	33	5	11	43	52	5
Basilico ²	5,0	96	12	27	96	116	16	
Camomilla	fiori ²	1,2	24	3	7	40	48	3
	foglie ²	3,0	34	7	16	37	45	4
Finocchio ²	semi ²	1,5	69	14	32	53	64	7
	foglie ²	3,0	59	10	23	144	174	15
Ginepi bianco	1,5	32	8	18	32	39	6	
Iperico (erba di San Giovanni)	4,0	105	17	39	99	120	10	
Issopo	4,5	101	13	30	115	139	14	
Levistico (erba maggi)	8,0	201	24	55	206	249	26	
Lippia	4,0	110	15	34	98	119	14	
Maggiorana ²	3,5	96	13	30	98	119	9	
Malva crespa	5,0	199	27	62	223	270	25	
Marrubio bianco	5,0	146	13	30	188	227	17	
Melissa	5,0	141	18	41	144	174	34	
Menta citrata	5,5	110	20	46	165	200	12	
Menta piperita	5,5	135	24	55	223	270	15	
Monarda fistulosa	4,5	74	13	30	109	132	14	
Origano	4,0	90	13	30	105	127	14	
Ortica comune	5,0	206	27	62	228	276	31	
Piantaggine lanceolata	5,0	168	17	39	208	252	22	
Pimpinella pellegrina	radici ²	2,5	24	5	11	29	35	4
	foglie ²	3,5	113	23	53	176	213	14
Primula vera (pianta intera) ²	2,5	53	7	16	76	92	14	
<i>Rhodiola rosea</i> radici ³	5,0	90	14	32	50	61	5	
Rosmarino	4,5	71	10	23	90	109	16	
Salvia	5,0	147	15	34	164	198	15	
Sambuco	0,6	24	3	7	15	18	5	
Santoreggia domestica	6,0	144	24	55	184	223	19	
Stella alpina	2,5	39	8	18	79	96	6	
Timo comune	4,0	68	9	21	87	105	9	
Veronica medicinale	2,0	42	7	16	55	67	8	

¹ SS = sostanza secca; nel caso delle colture pluriennali, si sono considerate le rese del secondo anno di coltivazione.

² Prelievi secondo Bomme e Nast (1998).

³ Prelievo delle radici di *Rhodiola rosea* dopo quattro anni di coltivazione secondo Ampong-Nyarko (2014).

Tabella 2. Norme di concimazione per piante aromatiche e medicinali (Carlen *et al.* 2006).

Coltura	Resa (t SS ¹ /ha)	Norme di concimazione (kg/ha)					
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Achillea delle colline	6,5	100	20	46	190	230	20
Alchemilla giallo-verde	5,0	70	15	34	100	121	15
Altea radici	4,0	100	35	80	150	182	20
Aneto	3,0	80	15	34	160	194	10
Arnica fiori	0,4	30	10	23	50	61	5
Basilico	5,0	100	15	34	100	121	15
Camomilla fiori	1,2	50	10	23	70	85	5
Finocchio semi	1,5	80	25	57	150	182	20
Genepi bianco	1,5	30	10	23	35	42	5
Iperico (erba di San Giovanni)	4,0	90	15	34	100	121	10
Issopo	4,5	80	15	34	110	133	15
Levistico (erba maggi)	8,0	150	25	57	190	230	25
Lippia	2,0	40	10	23	55	67	10
Maggiorana	3,5	80	15	34	100	121	10
Malva crespa	5,0	150	25	57	200	242	25
Marrubio bianco	5,0	120	15	34	180	218	20
Melissa	5,0	110	20	46	140	169	30
Menta citrata	5,5	90	20	46	150	182	15
Menta piperita	5,5	110	25	57	200	242	15
Monarda fistulosa	4,5	65	15	34	100	121	15
Origano	4,0	80	15	34	100	121	15
Ortica comune	5,0	150	25	57	200	242	30
Pimpinella radici	2,5	110	30	69	190	230	20
Piantaggine lanceolata	5,0	120	15	34	200	242	20
Primula vera (pianta intera)	2,5	30	5	11	50	61	10
<i>Rhodiola rosea</i> ² radici	5,0	40	10	23	60	73	10
Rosmarino	4,5	60	10	23	90	109	15
Salvia	5,0	120	15	34	150	182	15
Sambuco	0,6	60	10	23	50	61	10
Santoreggia domestica	6,0	110	25	57	180	218	20
Stella alpina	2,5	40	10	23	75	91	5
Timo comune	4,0	60	10	23	85	103	10
Veronica medicinale	4,0	90	15	34	100	121	15

¹ SS = sostanza secca; nel caso delle colture pluriennali, si sono considerate le rese del secondo anno di coltivazione.

² Norme di concimazione per *Rhodiola rosea* adattate secondo Buchwald *et al.* (2015).

Tabella 3. Norme di concimazione di N, P, K e Mg per piante aromatiche e medicinali suddivise in funzione della resa (Carlen et al. 2006).

Piante aromatiche e medicinali suddivise in funzione della resa (t SF ¹ /ha)		Resa (t SS ² /ha)	Norme di concimazione (kg/ha)					
			N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Limitata	5	0,8	40	10	23	50	61	10
Media	15	2,5	70	15	34	130	157	15
Elevata	35	5,0	120	20	46	160	194	20
Molto elevata	50	7,5	160	25	57	200	242	25

¹ SF = sostanza fresca. ² SS = sostanza secca.



Figura 2. Timo: la varietà Varico 3 di Agroscope è ricca in olio essenziale con elevato tenore in timolo (fotografia: Valplantes).



Figura 3. Salvia: una pianta aromatica e medicinale importante in Svizzera (fotografia: Agroscope).



Figura 4. Alchemilla: la varietà di Agroscope si adatta bene alle zone montane (fotografia: Agroscope).



Figura 5. Primula: confronto tra piante di provenienza diversa (fotografia: Agroscope).

4. Suolo ed esigenze delle piante

La scelta del luogo in cui coltivare le PAM richiede una buona conoscenza delle esigenze pedoclimatiche di ciascuna specie. Per quanto concerne le caratteristiche del suolo, ci sono grandi differenze. Per esempio, il timo preferisce condizioni piuttosto secche e, mentre la menta piuttosto umide; l'arnica predilige i suoli acidi e il genepi i suoli leggeri e magri. La buona conoscenza delle caratteristiche del suolo e delle condizioni climatiche locali consente di fare una scelta preliminare tra le specie, per assicurarsi che la produzione sia qualitativamente e quantitativamente soddisfacente.

5. Fabbisogno e distribuzione di elementi nutritivi

5.1 Fosforo, potassio e magnesio

Le norme di concimazione per questi elementi nutritivi compensano i prelievi delle singole specie coltivate su un suolo con uno stato nutrizionale giudicato «sufficiente». La resa considerata per la definizione della norma è quella che si ottiene nella maggior parte delle aziende. Tuttavia, quando, in certe regioni o parcelle (zone marginali per le PAM, suolo superficiale, assenza d'irrigazione, ecc.), le rese sono regolarmente inferiori, occorre ridurre le norme proporzionalmente. Nel caso di rese sistematicamente più elevate, invece, le norme vanno aumentate di conseguenza. Per esempio, a un aumento di resa del 10% deve corrispondere una maggiorazione della norma del 10%. Se si ottengono rese diverse dalla media solo occasionalmente, non è necessario tenerne conto. Nel primo anno d'impianto di colture pluriennali, la norma di concimazione deve essere ridotta in funzione della resa stimata. Questi adattamenti in base alla resa si possono correggere a seconda dello stato di fertilità del suolo.

L'obiettivo della concimazione P, K e Mg è quello di ottenere, o di preservare, uno stato nutrizionale del suolo sufficiente a lungo termine. Il P può essere apportato in una sola volta ogni tre o quattro anni, in particolare quando sono necessarie piccole quantità o quando gli apporti si effettuano in forma organica tramite letame o compost. K e Mg si distribuiscono di preferenza in primavera, prima del risveglio vegetativo.

5.2 Azoto

L'N influenza fortemente il vigore vegetativo delle PAM. La sua carenza riduce principalmente il vigore e il volume di produzione delle colture. L'eccesso ha soprattutto ripercussioni ambientali, perché l'N è soggetto a dilavamento, ma può anche essere all'origine di una maggiore sensibilità delle piante a malattie e parassiti. La norma di concimazione N va corretta in funzione della resa stimata, esattamente come già visto per P, K e Mg.

In caso di fabbisogno N elevato, la concimazione va assolutamente frazionata, per limitare i rischi di dilavamento, migliorandone così anche l'efficacia. Ogni apporto non deve superare i 60 kg N/ha. La distribuzione può avvenire in primavera, al risveglio vegetativo e dopo il primo taglio in maggio/giugno. Per le colture che hanno un fabbisogno N elevato si può prevedere un terzo apporto.

6. Fonti di elementi nutritivi

6.1 Azoto del suolo

Dal punto di vista agronomico, la fornitura di elementi nutritivi da parte del suolo è considerevole, soprattutto per l'N, e dipende fortemente dal potenziale di mineralizzazione della parcella. I principali fattori che influenzano la mineralizzazione sono il tenore in SO del suolo, il precedente colturale e la lavorazione del suolo (tabella 4).

Tabella 4. Effetto residuo dell'N dovuto al dissodamento di un prato, all'interramento di un sovescio e alla lavorazione del suolo. (I valori riportati in questa tabella variano molto in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali.) (Neuweiler et al. 2006, adattato)

Fonte di N		Effetto residuo dell'N (kg/ha)	
Prato (appena falciato)	Prato permanente o prato temporaneo di 3 o più anni	10–30	
	Prato temporaneo di 2 anni	0–10	
	Prato temporaneo di 1 anno	0	
Sovescio	Leguminose, facelia, colza, cavolo cinese	30	
	Segale, girasole	20	
	Avena, graminacee	10	
N liberato dalla sostanza organica (SO) del suolo grazie a lavorazioni del suolo o sarchiature a partire da maggio (giugno in montagna), a condizione che umidità e struttura del suolo siano ottimali		< 5% di SO	15
		5–2% di SO	20
		< 12% di SO	25

6.2 Residui colturali (P, K, Mg)

Per pianificare la concimazione di una coltura, bisogna tenere conto del contenuto in P, K e Mg degli eventuali residui della coltura precedente. Nel caso delle PAM, poche specie lasciano residui colturali degni di nota (tabella 5), mentre la maggioranza, o non ne lascia, oppure ne lascia quantità trascurabili.

6.3 Concimi aziendali e compost

Nella maggior parte dei casi, i concimi aziendali (liquami e letame) consentono di coprire gran parte del fabbisogno delle PAM. L'efficacia e la gestione economica della concimazione presuppongono che tutte le aziende dedite all'allevamento di bestiame utilizzino con criterio i concimi aziendali. L'agricoltore che conosce i valori di riferimento dei tenori in elementi nutritivi di questi concimi può valutarli meglio sia qualitativamente sia quantitativamente. Nel caso della coltivazione di PAM, liquami, letame e compost si utilizzano unicamente prima dell'impianto per ragioni di igiene alimentare.

6.4 Concimi disponibili sul mercato

In Svizzera, la maggior parte delle PAM è coltivata secondo le direttive dell'agricoltura biologica. I concimi disponibili sul mercato autorizzati in questo ambito figurano sull'«Elenco dei mezzi di produzione» pubblicato ogni anno dall'Istituto di ricerche dell'agricoltura biologica (FiBL) in francese o tedesco. I concimi organici N sono importanti per coltivare con successo le PAM (Carlen *et al.* 2004).

6.5 Concimazione in agricoltura biologica

Di principio, tutte le raccomandazioni contenute in questo documento sono applicabili in agricoltura biologica. Tutta-

via, si possono rilevare alcune eccezioni a proposito dell'impiego dei concimi. Il principio dell'agricoltura biologica consiste nella gestione attenta e rispettosa del suolo, in modo da mantenere e/o favorire un'elevata attività biologica. La stimolazione della fauna e della flora tellurica, responsabile delle trasformazioni dell'N, è frutto dell'aumento della quota di leguminose nella rotazione colturale e della gestione mirata di concimi aziendali e compost. Rispetto all'aratura, l'incorporazione superficiale di concimi aziendali e residui colturali favorisce la mineralizzazione dell'N e aumenta la sua valorizzazione da parte delle piante coltivate. Le direttive specifiche relative alla concimazione delle PAM in agricoltura biologica figurano nei relativi disciplinari.

6.6 Concimazione e ambiente

Una concimazione effettuata nel rispetto dell'ambiente garantisce la conservazione a lungo termine della fertilità del suolo, consente di mantenere sotto controllo le perdite evitabili di elementi nutritivi e contribuisce a mantenere integre sia le acque superficiali sia quelle sotterranee. Per salvaguardare la fertilità del suolo e ridurre i rischi d'inquinamento, i cicli aziendali degli elementi nutritivi devono essere il più chiusi possibile e il loro bilancio aziendale equilibrato. Si raccomanda di concimare tenendo conto dei risultati dell'analisi del suolo che dà informazioni sul suo stato di fertilità. In caso sia necessario distribuire elementi nutritivi, occorre considerare il fabbisogno specifico e puntuale di ogni pianta coltivata, allo scopo di permettere l'assorbimento dei nutrienti distribuiti.

Ogni agricoltore deve essere in grado di pianificare la concimazione delle sue colture in funzione di quanto riportato in questo documento, della sua esperienza e delle indicazioni dei servizi di consulenza agricola, onde concimare nel modo e al momento giusti.

Tabella 5. Restituzione di elementi nutritivi (P, K e Mg) attraverso i residui colturali; le piante aromatiche e medicinali non citate in questa tabella non lasciano, o quasi, residui colturali (Carlen *et al.* 2006).

Coltura	Residuo colturale (t/ha)	Residuo colturale (kg/ha)				
		P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Arnica foglie *	1,0	5	11	43	52	5
Camomilla foglie *	3,5	23	53	176	213	14
Finocchio foglie *	3,0	13	30	71	86	10
Altea foglie	2,5	10	23	144	174	15
Pimpinella foglie *	3,0	7	16	37	45	4

* Secondo Bomme e Nast (1998).

7. Bibliografia

- Ampong-Nyarko K., 2014. *Rhodiola rosea* Cultivation in Canada and Alaska, In: *Rhodiola rosea* (éd. Cuerrier A. & Ampong-Nyarko K.). CRC Press, Boca Raton, London, New York, 125–153.
- Bomme U. & Nast D., 1998. Nährstoffentzug und ordnungsgemässe Düngung im Feldbau von Heil- und Gewürzpflanzen. Zeitschrift für Arznei- und Gewürzpflanzen 3, 82–90.
- Buchwald W., Mordalski R., Kucharski W. A., Gryszczynska A. & Adamczak A., 2015. Effect of fertilization on rose-root (*Rhodiola rosea* L.) yield and content of active compounds. Acta Scientiarum Polonorum. Hortorum Cultus 14 (2), 109–121.
- Carlen C., Carron C.-A. & Amsler P., 2006. Données de base pour la fumure des plantes aromatiques et médicinales. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture, Horticulture 38 (6), I–VIII.
- Carlen C., Carron C.-A. & Rey C., 2004. La fertilisation en culture biologique: normes et choix des engrais. Actes du 5e colloque Mediplant, Evolène, 63–67.
- Dachler M. & Pelzmann H., 1999. Arznei- und Gewürzpflanzen. Österreichischer Agrarverlag, Klosterneuburg. 353 pp.
- Hoppe B. (éd.), 2012. Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 4: Arznei- und Gewürzpflanzen A-K. Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg. 800 pp.
- Hoppe B. (éd.), 2013. Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus, Band 5: Arznei- und Gewürzpflanzen L-Z. Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V. Bernburg. 800 pp.
- Kuster Th., Eicher O., Leumann L., Müller U., Poulet J. & Rutishauser R., 2017. 13/ Concimazione in frutticoltura. In: Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017) (Ed. S. Sinaj e W. Richner). Recherche Agronomique Suisse 8 (6), Pubblicazione speciale, 13/1–13/20.
- Marquard R. & Kroth E., 2002. Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen II. Buchedition Agrimedia GmbH. Bergen/Dumme. 191 pp.
- Neuweiler R., Gilli C., Freund M., Koch W., Wigger A., Koller M. & Moos D., 2006. Düngung. Handbuch Gemüse. Verband Schweizerischer Gemüseproduzenten, Berna, 71–96.

8. Indice delle tabelle

Tabella 1. Prelievi di N, P, K e Mg delle piante aromatiche e medicinali.	15/4
Tabella 2. Norme di concimazione per piante aromatiche e medicinali.	15/5
Tabella 3. Norme di concimazione di N, P, K e Mg per piante aromatiche e medicinali suddivise in funzione della resa.	15/6
Tabella 4. Effetto residuo dell'N dovuto al dissodamento di un prato, all'interramento di un sovescio e alla lavorazione del suolo (i valori riportati in questa tabella variano molto in funzione delle condizioni pedoclimatiche locali).	15/7
Tabella 5. Restituzione di elementi nutritivi (P, K e Mg) attraverso i residui colturali; le piante aromatiche e medicinali non citate in questa tabella non lasciano, o quasi, residui colturali.	15/8

9. Indice delle figure

Figura 1. Melissa: la varietà Lorelei di Agroscope in prova.	15/3
Figura 2. Timo: la varietà Varico 3 di Agroscope è ricca in olio essenziale con elevato tenore in timolo.	15/6
Figura 3. Salvia: una pianta aromatica e medicinale importante in Svizzera.	15/6
Figura 4. Alchemilla: la varietà di Agroscope si adatta bene alle zone montane.	15/6
Figura 5. Primula: confronto tra piante di provenienza diversa.	15/6



16/ Concimazione delle piante ornamentali

Christoph Carlen¹, Céline Gilli¹, Josef Poffet² e Hans Peter Wegmüller³

¹ Agroscope, 1964 Conthey, Svizzera

² Jardin Suisse, 5000 Aarau, Svizzera

³ Engrais Hauert HBG SA, 3257 Grossaffoltern, Svizzera

Contatto: christoph.carlen@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	16/3
2. Concimazione di piante in vaso e in contenitore	16/3
3. Concimazione di fiori da recidere coltivati in serra su substrato	16/7
4. Concimazione di fiori da recidere coltivati in piena terra	16/8
5. Concimazione di vivai di conifere e di arbusti coltivati in piena terra	16/9
6. Bibliografia	16/10
7. Indice delle tabelle	16/11
8. Indice delle figure	16/11

In copertina: coltivazione di stelle di Natale (fotografia: Agroscope).

1. Introduzione

Questo documento intende definire le linee direttive per la concimazione sostenibile nella coltivazione commerciale di piante ornamentali erbacee e legnose. L'apporto adeguato di elementi nutritivi è una condizione fondamentale se si vogliono ottenere piante sane, che crescano armoniosamente e assicurino una produzione di alto livello qualitativo. Le informazioni ivi contenute serviranno per definire le esigenze richieste da SwissGAP nell'ambito della concimazione in orticoltura. La loro redazione si basa su fonti bibliografiche più e meno recenti. In particolare, la definizione delle norme di concimazione si fonda sulle quantità di elementi nutritivi prelevate dalle colture (Wegmüller e Gysi 1993; Jentsch e Thalk 2007; Röber e Schacht 2008; Wartenberg 2008; Wegmüller *et al.* 2012). Finora, le molteplici possibilità esistenti per distribuire elementi nutritivi e renderli disponibili per le piante ornamentali sono state poco studiate.

Il termine «piante ornamentali» comprende diverse specie, sia erbacee sia legnose, coltivate in piena terra, su substrato organico oppure minerale, nonché in coltura idroponica. La coltivazione commerciale di piante ornamentali si articola in quattro categorie, che hanno esigenze nutrizionali diverse e si concimano con tecniche differenti (non si considera la coltura idroponica): a) piante in vaso e in contenitore; b) fiori da recidere coltivati in serra su substrato; c) fiori da recidere coltivati in piena terra; d) vivai di conifere e arbusti coltivati in piena terra.

2. Concimazione di piante in vaso e in contenitore

Le colture in vaso e in contenitore sono indipendenti dal suolo, in quanto le piante crescono all'interno di vari tipi di contenitore (figure 1, 2 e 3). Ne consegue che la concimazione di queste colture è particolarmente delicata, perché sovradosare o sottodosare il concime in un volume, limitato può causare problemi di crescita e di fioritura (tabelle 1 e 2). La concimazione si basa principalmente sull'azoto (N), in particolare perché questo elemento presenta l'intervallo di valori ottimali, quindi un suo apporto inadeguato compromette rapidamente il successo della coltura (Scharpf 1989; Wartenberg 2008). La quantità di altri macroelementi, come fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg), si determina di conseguenza, per mantenere un certo equilibrio rispetto all'N.

La tabella 1 riporta il fabbisogno in N delle principali piante in vaso coltivate in Svizzera e il fabbisogno in P, K e Mg che ne consegue. Il rapporto N:P è 1,0:0,2. I rapporti N:K variano, a seconda delle specie coltivate, tra 1,0:0,6 e 1,0:1,5; i rapporti N:Mg variano tra 1,0:0,10 e 1,0:0,15. Wartenberg (2008), basandosi sulla letteratura disponibile, ha definito le linee direttive per la concimazione delle piante in vaso. I dati considerano circa 200 specie e sono pubblicati nel sito

www.publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/14187.



Figura 1. *Primula (Primula acaulis)* coltivata in vaso (fotografia: Agroscope).



Figura 2. La stella di Natale (*Poinsettia, Euphorbia pulcherrima*) è una pianta in vaso di notevole valenza economica (fotografia: Agroscope).



Figura 3. *Brugo (Calluna vulgaris)* coltivato in vaso (fotografia: Agroscope).

Tabella 1. Norme di concimazione N, P, K e Mg per le principali piante coltivate in vaso. Il fabbisogno in P, K e Mg si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato l'elemento nutritivo di riferimento (Röber e Schacht 2008; Wartenburg 2008; Wegmüller *et al.* 2012).

Specie, gruppo	Dimensioni della pianta o del vaso	Fabbisogno in N (g N per pianta)	Rapporto N:P:K:Mg (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O:Mg)
Crisantemo	Piante piccole	0,2–0,3	1,0:0,2:1,5:0,15 (1,0:0,45:1,8:0,15)
	Piante medie	0,3–0,4	
	Piante grandi	0,4–0,5	
Primula	Vaso Ø 10 cm	0,2–0,3	1,0:0,2:1,25:0,15 (1,0:0,45:1,5:0,15)
Saintpaulia	Piante piccole	0,05–0,08	
	Piante grandi	0,1–0,2	
Fucsia	Vaso Ø 11 cm	0,3–0,4	1,0:0,2:1,0:0,15 (1,0:0,45:1,2:0,15)
Petunia	Vaso Ø 10 cm	0,3–0,4	
Ortensia	Vaso Ø 11 cm	0,5	
Impatiens Nuova Guinea	Varietà di media grandezza	0,3–0,4	
Kalanchoe	Vaso Ø 11 cm	0,4	
Viola	Vaso Ø 9–10 cm	0,15–0,2	
Ciclamino ¹	Piante «mini»	0,15–0,25	
	Piante normali	0,45–0,6	
	Piante grandi	0,7–0,8	
<i>Begonia elatior</i>	Piante piccole	0,2–0,3	
	Piante grandi	0,4–0,6	
Geranio	Plantule	0,3–0,4	
	Piante piccole	0,3–0,4	
	Piante medie	0,4–0,5	
	Piante grandi	0,5–0,7	
Stella di Natale	Piccola; un fusto	0,2	
	Piccola; più fusti	0,4–0,5	
	Media; più fusti	0,6–0,7	
	Grande; più fusti	0,8–1,0	
	Ad alberello	3,0–5,0	
Azalea	Vaso Ø 11 cm	0,5	1,0:0,2:0,7:0,10 (1,0:0,45:0,85:0,15)
Brugo	Vaso Ø 12 cm	0,5–0,6	
Erica	Vaso Ø 11 cm	0,5	
Rosa	Vaso Ø 10 cm	0,2	

¹ Durante l'ultimo terzo del periodo di coltivazione del ciclamino: N:P:K:Mg = 1,0:0,2:1,0:0,15.

È opportuno frazionare la concimazione delle piante in vaso e in contenitore in due apporti distinti, uno di base e uno complementare. Il primo assicura il necessario equilibrio in elementi nutritivi all'interno del substrato per mezzo di concimi solubili (tabella 3), mentre il secondo reintegra i nutrienti prelevati dalla specie coltivata durante il suo ciclo produttivo. La concimazione complementare si può miscelare al substrato, sotto forma di concime a lenta cessione, durante la sua preparazione oppure si può localizzare al momento del rinvaso. I concimi a lenta cessione, utilizzati frequentemente, forniscono elementi nutritivi per un periodo che copre gran parte, se non la totalità, del ciclo colturale (Wartenburg 2008; Wegmüller *et al.* 2012). La concimazione complementare si distribuisce solitamente per mezzo di un concime liquido (soprattutto tramite fertirrigazione) una volta alla settimana o a intervalli più lunghi. In questo caso, l'acqua d'irrigazione si arricchisce

con concimi idrosolubili. La sensibilità delle diverse colture alla salinità va tenuta in debita considerazione (tabella 4).

Un'altra tecnica di concimazione è la fertirrigazione a ciclo chiuso (bancali con flusso e riflusso, stuoie capillari, canaline, goccia a goccia). La fertirrigazione è una tecnica di grande importanza che, attraverso l'acqua usata per irrigare, permette di concimare regolarmente le piante, assicurandone la crescita ottimale. Richiede un impianto di miscelazione per creare la soluzione madre, un impianto di pompaggio per inviare la soluzione nutritiva alle piante e un sistema di riciclaggio e riutilizzo della soluzione esausta. La tecnica è identica a quella impiegata nel caso dei piccoli frutti coltivati su substrato (Carlen *et al.* 2016). I metodi previsti per il controllo della soluzione nutritiva sono la misura del pH e della conducibilità elettrica (EC)

Tabella 2. Norme di concimazione N, P, K e Mg per le principali piante legnose coltivate in contenitore. Il fabbisogno in P, K e Mg si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato l'elemento nutritivo di riferimento ¹.

Specie	Fabbisogno in N	Specie	Fabbisogno in N
<i>Abies nordmanniana</i> <i>Cotoneaster dammeri</i> <i>Deutzia rosea</i> , poco vigorosa <i>Pachysandra terminalis</i> <i>Pinus cembra</i> <i>Pinus mugo mughus</i> <i>Pinus wallichiana</i> <i>Potentilla fruticosa</i> <i>Prunus cerasifera</i> <i>Rhododendron repens</i> <i>Ribes sanguineum</i> <i>Salix repens</i> <i>Skimmia japonica</i>	limitato 0,3–0,45 kg/m ³ o g/l	<i>Juniperus communis</i> «Hibernica» <i>Juniperus squamata</i> «Meyeri» <i>Kolkwitzia amabilis</i> <i>Lonicera pileata</i> <i>Mahonia aquifolium</i> ibridi di <i>Malus</i> <i>Pinus nigra austriaca</i> <i>Prunus laurocerasus</i> <i>Pyracantha coccinea</i> <i>Spiraea bumalda</i> <i>Spiraea japonica</i> <i>Taxus baccata</i> <i>Thuja occidentalis</i> <i>Viburnum burkwoodii</i> <i>Viburnum plicatum</i>	medio 0,45–0,6 kg/m ³ o g/l
<i>Acer saccharinum</i> <i>Amelanchier canadensis</i> <i>Amelanchier laevis</i> <i>Berberis canadensis</i> <i>Berberis thunbergii</i> <i>Buddleja davidii</i> <i>Buxus sempervirens</i> <i>Callicarpa bodinieri</i> <i>Cedrus deodara</i> <i>Cotoneaster adpressus</i> <i>Cytisus scoparius</i> <i>Deutzia gracilis</i> <i>Deutzia rosea</i> <i>Euonymus alatus</i> <i>Euonymus fortunei</i> «Vegetus» <i>Exochorda racemosa</i> <i>Genista tinctoria</i> <i>Hibiscus syriacus</i> <i>Hypericum calycinum</i> <i>Hypericum patulum</i>	medio 0,45–0,6 kg/m ³ o g/l	<i>Chamaecyparis lawsoniana</i> <i>Cotoneaster multiflorus</i> <i>Forsythia x intermedia</i> <i>Hydrangea paniculata</i> <i>Ilex aquifolium</i> <i>Juniperus chinensis</i> <i>Kerria japonica</i> <i>Ligustrum ovalifolium</i> <i>Viburnum rhytidophyllum</i> ibridi di <i>Weigelia</i>	elevato 0,6–0,75 kg/m ³ o g/l

¹ N:P:K:Mg = 1,0:0,15:0,6:0,1 oppure N:P₂O₅:K₂O:Mg = 1,0:0,34:0,73:0,1 (Wegmüller et al. 2012).

espressa in mS/cm. I valori ottimali di questi parametri variano tra 5,6 e 6,2 per il pH e tra 0,5 e 2,5 mS/cm per l'EC (tabelle 4 e 5).

Per controllare il pH, l'EC e la distribuzione di in elementi nutritivi nel substrato, si raccomanda la procedura seguente. Dotarsi di un recipiente e contrassegnarlo, evidenziando il livello raggiunto da 200 e 300 ml di liquido. Riempirlo con 200 ml di acqua demineralizzata, quindi aggiungere un campione, rappresentativo e ben umido, di substrato colturale fino a raggiungere il livello di 300 ml. Agitare per circa un minuto (figura 4) e poi misurare pH ed EC della sospensione ottenuta. I risultati sono comparabili alle misurazioni di laboratorio secondo il metodo d'estrazione in volume comunemente utilizzato in Svizzera. Tali risultati si possono interpretare direttamente consultando i dati della tabella 4, relativi all'intervallo ottimale di EC nei substrati di coltura. In particolare, nel caso di valori di EC limitati, si può correggere facilmente questo parametro aumentando la concimazione complementare. Se, nonostante il risultato sia compreso nell'intervallo ottimale o addirittura lo superi, si sospettano problemi nutrizionali, si possono individuare gli elementi nutritivi deficitari ricorrendo all'analisi di laboratorio. La



Figura 4. Un recipiente con indicati i livelli raggiunti da 200 e 300 ml di liquido è utile per misurare il pH e l'EC del substrato (fotografia: Josef Poffet, Jardin Suisse).

Tabella 3. Elementi nutritivi solubili in acqua per litro di substrato secondo il metodo d'estrazione volumetrico 1:1,5. Le esigenze di base corrispondono al grado di necessità durante il ciclo colturale (Gysi *et al.* 1995; Wegmüller *et al.* 2012).

Fabbisogno in elementi nutritivi	Esigenze di base in elementi nutritivi solubili (mg/l di substrato) (riferito a ciascun elemento)			
	N	P ¹	K	Mg
Colture sensibili agli elementi nutritivi (semenzai)	60	10	85	15
Fabbisogno medio in elementi nutritivi	120	20	180	30
Fabbisogno elevato in elementi nutritivi	220	40	275	60

¹ La solubilità in acqua del P dipende molto dal pH. Con pH superiore a 6,5, non si riesce a raggiungere la quantità di P in soluzione richiesta; in questi casi, si valuta anche il P di riserva determinato con il metodo d'estrazione all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10).

Tabella 4. Tolleranza alla salinità, adattamento della conducibilità elettrica (EC) della soluzione nutritiva per la concimazione liquida (concimazione complementare o fertirrigazione) e valori ottimali di EC nel substrato di coltivazione per diverse piante (Wegmüller *et al.* 2012).

Tolleranza alla salinità	Coltura	Valori ottimali di EC nell'acqua d'irrigazione (mS/cm)	Valori ottimali di EC nel substrato (mS/cm)
Molto sensibile	Orchidea, Bromeliacee Felce Moltiplicazione: Erica, Brugo, Azalea Semenzai in generale	0,5–1,0	0,4–0,6
Sensibile	Azalea Brugo, Erica Plantule in generale	1,0–1,5	0,6–0,8
Poco sensibile	Begonia Ciclamino Stella di Natale Rosa	1,5–2,0	0,8–1,2
Tollerante	Crisantemo Geranio	2,0–2,5	1,3–1,8

Tabella 5. Composizione della soluzione nutritiva per piante in vaso e fiori da recidere coltivati su substrato con fertirrigazione a ciclo chiuso (CC) e a ciclo aperto (CA) (Pivot *et al.* 2005).

Impianto	Piante in vaso	Alstromeria		Anthurium		Garofano		Gerbera		Rosa	
	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC	CA	CC
EC (mS/cm)	1,6	1,2	1,6	0,8	1,1	1,1	1,8	1,1	1,6	0,7	1,6
pH	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2	5–6,2
Macronutrienti (mmol/l)											
NH ₄ ⁺	1,1	0,7	0,7	0,3	0,3	0,75	0,7	0,7	1,5	0,8	1,0
K ⁺	5,5	4,3	5,8	3,5	3,9	4,4	6,7	4,5	5,5	2,2	4,5
Ca ²⁺	3,0	2,0	3,5	0,9	1,3	1,5	3,5	1,6	3,0	0,8	3,2
Mg ²⁺	0,75	0,7	1,3	0,7	1,0	0,6	1,0	0,4	1,0	0,6	1,5
NO ₃ ⁻	10,6	7,3	11,2	4,7	6,4	7,3	13,0	7,2	11,2	4,3	11,2
SO ₄ ²⁻	1,0	1,2	1,9	0,8	0,8	0,7	1,2	0,7	1,2	0,5	1,2
H ₂ PO ₄ ⁻	1,5	0,7	1,0	0,7	0,8	0,7	1,2	0,6	1,2	0,5	1,2
Micronutrienti (µmol/l)											
Fe	20	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Mn	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Zn	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
B	20	20	30	20	30	20	30	20	30	20	30
Cu	0,5	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75	0,5	0,75
Mo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

tabella 5 descrive un esempio di composizione minerale della soluzione nutritiva per piante coltivate in vaso e fertirrigate con un impianto a ciclo chiuso. Se si utilizzano impianti a ciclo chiuso, è importante adattare gli apporti di elementi nutritivi al consumo effettivo della coltura. Se i consumi non corrispondono agli apporti, la soluzione nutritiva e il substrato possono presentare un eccesso di certi elementi. Pertanto, è necessario effettuare a intervalli regolari di tre o quattro settimane un'analisi degli elementi nutritivi e adeguare la soluzione nutritiva.

Le foglie hanno una capacità limitata di assorbire gli elementi nutritivi che, però, una volta entrati nella pianta agiscono molto più rapidamente di quelli assunti per via radicale. Per questa ragione, si raccomanda di correggere le carenze di microelementi tramite la concimazione fogliare. Nella tabella 2, è indicato il fabbisogno in N di diverse piante coltivate in contenitore. Le piante sono suddivise in tre categorie in funzione di questo parametro. La tabella riporta anche il fabbisogno in P, K e Mg delle piante espresso in rapporto al fabbisogno in N.

Il rapporto tra i nutrienti è equilibrato se N:P:K:Mg corrisponde a 1,0:0,15:0,6:0,1. Il metodo migliore per ottenerlo consiste nel mettere al centro del contenitore un concime confettato a lenta cessione. Esistono numerosi metodi efficaci per distribuire i concimi. Si ottengono buoni risultati effettuando la concimazione di base con un concime organo-minerale e la concimazione complementare con un concime parzialmente confettato a lenta cessione, distribuito in primavera, poco dopo la piantagione, oppure al momento del rinvaso. Questa strategia ha il vantaggio di ridurre il dilavamento e di uniformare la salinità nel substrato con conseguente effetto positivo sullo sviluppo delle piante.

3. Concimazione di fiori da recidere coltivati in serra su substrato

I fiori da recidere coltivati in serra sono particolarmente esigenti per quanto riguarda le caratteristiche del substrato colturale e della soluzione nutritiva per la fertirrigazione (figura 5). Il substrato, oggi, è d'origine minerale o organica e funge da serbatoio per la pianta che vi preleva gli elementi nutritivi necessari per la sua crescita. La fertirrigazione di queste colture consente di risparmiare acqua e di ottimizzare la concimazione. La soluzione nutritiva, però, deve essere equilibrata e adatta alle esigenze di crescita delle piante ornamentali coltivate su substrato. Indipendentemente dall'impianto di fertirrigazione scelto (a ciclo aperto o chiuso), gli elementi nutritivi contenuti nella soluzione esausta (drenata) vanno impiegati in modo agronomicamente razionale. Nel modulo 14 (Carlen *et al.* 2017), si descrive dettagliatamente come determinare e adattare la soluzione nutritiva con fertirrigazione a ciclo aperto o chiuso. La tabella 5 riporta la composizione della soluzione nutritiva per piante in vaso e fiori da recidere coltivati su substrato con fertirrigazione a ciclo chiuso e a ciclo aperto. La concimazione si può controllare tenendo conto delle norme relative al tenore ottimale in elementi nutritivi della soluzione presente nel substrato vicino alle radici (tabella 6). Il pH e l'EC della soluzione nutritiva vanno controllati regolarmente onde compensarne le eventuali variazioni per garantire un apporto nutrizionale ottimale. Negli impianti a ciclo aperto, la quantità giornaliera di soluzione esausta si deve situare attorno al 20% della soluzione distribuita, mentre può essere più elevata nel caso di impianti a ciclo chiuso. Nella maggior parte dei casi, è necessario prevedere la disinfezione della soluzione drenata, ma questo argomento non viene trattato in questo documento.



Figura 5. Gerbera coltivata in serra su substrato per la produzione di fiori da recidere (fotografia: Agroscope).



Figura 6. Margherita (*Leucanthemum vulgare*) coltivata in piena terra per la produzione di fiori da recidere (fotografia: Agroscope).

Tabella 6. Concentrazione ottimale in elementi nutritivi della soluzione presente nel substrato vicino alle radici di piante coltivate in vaso e di fiori da recidere (Pivot et al. 2005).

	Piante in vaso	Alstromeria	Anthurium	Garofano	Gerbera	Rosa
EC (mS/cm)	1,7	2,0	1,0	2,2	2,0	2,0
pH	5,5	5,5	5,5	5,5	5,2	5,5
Macronutrienti (mmol/l)						
NH ₄ ⁺	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
K ⁺	4,5	5	3	7	6	5
Ca ²⁺	<4	<5	<3	<4	<6	<6
Mg ²⁺	4	5	2	5	5	5
NO ₃ ⁻	9,5	13	5	14	13	12,5
SO ₄ ²⁻	2	2,5	1,5	3	2,5	2,5
H ₂ PO ₄ ⁻	1	1	0,75	0,9	1	0,9
Micronutrienti (μmol/l)						
Fe	20	30	15	20	40	25
Mn	10	5	2	3	3	3
Zn	3	5	4	5	5	3,5
B	20	40	40	60	40	20
Cu	0,5	1	1	1	1	1
Mo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabella 7. Fabbisogno in N di piante annuali da recidere coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato l'elemento nutritivo di riferimento (Jentsch e Thal 2007; concimazione N adattata secondo le esperienze effettuate in Svizzera).

Specie, gruppo	Fabbisogno in N ¹	Rapporto N:P:K:Mg (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O:Mg)
<i>Acrolinium roseum</i> <i>Ageratum houstonianum</i> <i>Anthriscus</i> <i>Centaurea cyanus</i> <i>Craspedia globosa</i>	<i>Euphorbia marginata</i> <i>Lathyrus odoratus</i> <i>Zinnia elegans</i> Graminacee	8 g N/m ² 1,0:0,2:1,5:0,12 (1,0:0,45:1,8:0,15)
<i>Amaranthus</i> <i>Ammi visnaga</i> <i>Antirrhinum majus</i> <i>Calendula officinalis</i> <i>Callistephus chinensis</i> <i>Carthamus tinctorius</i> <i>Celosia</i> <i>Chrysanthemum x grandiflorum</i> <i>Cosmos bipinnatus</i> <i>Eucalyptus globulus</i> <i>Gaillardia pulchella</i> <i>Gomphrena globosa</i> <i>Gypsophila elegans</i> <i>Helichrysum bracteatum</i>	<i>Lavatera trimestris</i> <i>Limonium sinuatum</i> <i>Limonium tetragonum</i> <i>Molucella laevis</i> <i>Nigella damascena</i> <i>Rudbeckia hirta</i> <i>Salvia farinacea</i> <i>Scabiosa atropurpurea</i> <i>Scabiosa stellata</i> <i>Tanacetum parthenium</i> <i>Trachelium caeruleum</i> <i>Trachymene coerulea</i> <i>Xanthophthalmum segetum</i>	12 g N/m ² 1,0:0,2:1,5:0,12 (1,0:0,45:1,8:0,15)
<i>Brassica oleracea</i> var. <i>acephala</i> <i>Cirsium japonicum</i>	<i>Dianthus barbatus</i> <i>Helianthus annuus</i>	15 g N/m ² 1,0:0,2:1,5:0,12 (1,0:0,45:1,8:0,15)

¹ Si tratta di linee direttive. Il fabbisogno si può modificare in funzione delle condizioni ambientali e delle tecniche colturali.

4. Concimazione di fiori da recidere coltivati in piena terra

I fiori da recidere si coltivano anche in piena terra, in campo aperto, sotto tunnel plastico e in serra (figura 6). Come nel caso delle piante in vaso, l'N è considerato l'elemento nutritivo principale. Le tabelle 7 e 8 illustrano le norme di concimazione per colture, annuali e vivaci, di

questi fiori stilate da Jentsch e Thalk (2007). La concimazione N si può ottimizzare in base ai risultati dell'analisi N_{min}.

La quantità di macroelementi P, K e Mg da distribuire si calibra in funzione della concimazione N. In mancanza di informazioni specifiche, ci si basa sulle ricerche svolte da Jentsch e Thalk (2007), purché si rispetti il rapporto N:P:K:Mg = 1,0:0,2:1,5:0,12. Per P, K e Mg, la norma di con-

Tabella 8. Fabbisogno in N di piante vivaci da recidere coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato l'elemento nutritivo di riferimento (Jentzsch e Thal 2007).

Specie, gruppo	Fabbisogno in N ¹	Rapporto N:P:K:Mg (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O:Mg)
<i>Asphodeline</i> <i>Astilbe</i> <i>Bergenia</i> <i>Carlina</i> <i>Centranthus</i> <i>Cimicifuga</i> <i>Convallaria</i> <i>Dicentra spectabilis</i> <i>Doronicum</i> <i>Gladiolus</i> <i>Helleborus</i> <i>Hemerocallis</i>	<i>Leontopodium</i> <i>Lupinus</i> <i>Narcissus</i> <i>Ornithogalum</i> <i>Paeonia</i> <i>Penstemon</i> <i>Primula</i> <i>Pseudolysimachion spicatum</i> <i>Silene chalconica</i> <i>Solidaster luteus</i> <i>Thalictrum</i>	8 g N/m ² 1,0:0,2:1,5:0,12 (1,0: 0,45:1,8: 0,15)
<i>Achillea millefolium</i> <i>Aconitum napellus</i> <i>Alchemilla mollis</i> <i>Alstroemeria</i> <i>Aquilegia</i> <i>Asclepias</i> <i>Asparagus officinalis</i> <i>Aster amellus</i> <i>A. ericoides</i> <i>A. novae-angliae</i> <i>A. novi-belgii</i> <i>A. pringlei</i> <i>Campanula glomerata</i> <i>Centaurea macrocephala</i> <i>Chelone obliqua</i> <i>Chrysanthemum x grandiflorum</i> <i>Coreopsis</i> <i>Cortaderia</i>	<i>Crocsmia</i> <i>Echinacea</i> <i>Eryngium</i> <i>Gentiana «Royal Blue»</i> <i>Goniolimon</i> <i>Gypsophila helenium</i> <i>Heliopsis</i> <i>Hosta</i> <i>Leucanthemum vulgare</i> <i>Liatris</i> <i>Monarda</i> <i>Phlox paniculata</i> <i>Physostegia</i> <i>Pseudolysimachion</i> <i>Scabiosa</i> <i>Sedum</i> <i>Trollius</i>	12 g N/m ² 1,0: 0,2:1,5:0,12 (1,0:0,45:1,8:0,15)
<i>Achillea filipendulina</i> <i>Aconitum carmichaelii</i> <i>Astilbe x arendsii</i> <i>Cynara</i> <i>Delphinium</i> <i>Echinops</i> <i>Eremurus</i>	<i>Erigeron</i> <i>Gaillardia</i> <i>Helianthus</i> <i>Iris</i> <i>Ligularia</i> <i>Papaver</i> <i>Rudbeckia nitida</i>	15 g N/m ² 1,0:0,2:1,5:0,12 (1,0:0,45:1,8:0,15)

¹ Si tratta di linee direttive. Il fabbisogno si può modificare in funzione delle condizioni ambientali e delle tecniche colturali. Nell'anno d'impianto, la concimazione N va ridotta di circa il 30%.

concimazione va corretta in funzione dello stato di fertilità del suolo. La concimazione si deve adattare per ottenere, a medio termine, riserve sufficienti, rilevabili con l'analisi del suolo.

Le colture in piena terra di fori da recidere si concimano con concimi minerali e organici. In linea generale, i due terzi del fabbisogno complessivo in elementi nutritivi si distribuiscono all'inizio della coltura, o al suo risveglio vegetativo, per sostenere le prime fasi di crescita, mentre il terzo restante si fornisce in seguito, durante la crescita (Wartenberg 2008). In caso di elevato fabbisogno in elementi nutritivi, gli apporti, soprattutto di N, vanno suddivisi in tre interventi, per limitare le perdite. È possibile utilizzare anche concimi a lenta cessione, che permettono di concimare in un unico intervento.

5. Concimazione di vivai di conifere e di arbusti coltivati in piena terra

La quantità di elementi nutritivi assorbita da conifere e arbusti in vivaio dipende principalmente dallo stadio di sviluppo delle piante, cioè dalla massa di germogli, foglie e radici per ettaro. Per garantire un apporto regolare di elementi nutritivi senza sbalzi di crescita è vantaggioso l'impiego di un concime N di lunga durata.

Anche nei vivai in campo aperto, come nel caso delle piante in vaso e dei fiori da recidere coltivati in piena terra, l'N è il principale elemento nutritivo. Le tabelle 9 e 10 riportano le norme di concimazione N per le conifere e gli arbusti. L'apporto di macroelementi P, K e Mg viene determinato di conseguenza, in modo da garantire l'equilibrio con l'N, secondo il rapporto N:P:K:Mg = 1,0:0,5:0,6:0,1 (Wegmüller e Gysi 1993). La concimazione P, K e Mg va adattata per ottenere, a medio termine, riserve sufficienti rilevabili con l'analisi del suolo.

Tabella 9. Fabbisogno annuale in N di vivai di conifere coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato l'elemento nutritivo di riferimento ¹.

Anno	Conifere	
	<i>Picea</i> (abete rosso)	<i>Abies</i> (abete bianco)
	Fabbisogno in N (kg N/ha)	Fabbisogno in N (kg N/ha)
1° – 2°	15–20	25–40
3° – 5°	20–40	40–60
dal 6°	40–60	60–80

¹ N:P:K:Mg = 1,0:0,15:0,6:0,1 oppure N:P₂O₅:K₂O:Mg = 1,0:0,34:0,73:0,1; Wegmüller *et al.* (2012).

Tabella 10. Fabbisogno annuale in N di vivai di piante arbustive coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato l'elemento nutritivo di riferimento ¹.

Crescita in sostanza fresca (senza le foglie)	Piante arbustive ²		
	Fabbisogno in N (kg N/ha)		
	4–8 t/ha (densità limitata)	6–12 t/ha (densità media)	10–20/ t/ha (densità elevata)
1° – 2° anno	30–40	40–60	60–80
3° – 5° anno	40–60	60–80	80–100
dal 6° anno	60–80	80–120	100–140

¹ N:P:K:Mg = 1,0:0,15:0,6:0,1 oppure N:P₂O₅:K₂O:Mg = 1,0:0,34:0,73:0,1; Wegmüller e Gysi (1993); Wegmüller *et al.* (2012).

² Durante l'anno d'impianto si esegue la concimazione di base per P, K e Mg, ma non si distribuisce N.

6. Bibliografia

- Carlen C. & Ançay A., 2017. 14/ Concimazione dei piccoli frutti. In: Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017) (Ed. S. Sinaj & W. Richner). Recherche Agronomique Suisse 8 (6), Pubblicazione speciale, 14/1–14/12.
- Gysi C., v. Allmen F., Heller W., Poffet J. & Wegmüller H. P., 1995. Substratuntersuchung für den Zierpflanzenbau. Flugschrift 113, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein-, und Gartenbau, Wädenswil, 11 pp.
- Jentsch M. & Thalk J., 2007. Produktion von Freiland-schnittblumen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 184 pp.
- Pivot D., Gilli C. & Carlen C., 2005. Données de base pour la fumure des cultures de légumes, de fleurs et de fraises sur substrat. Revue suisse de Viticulture, Arboriculture et Horticulture 34 (4), 3–8.
- Röber R. & Schacht H., 2008. Pflanzenernährung im Gartenbau. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, 444 pp.

- Scharpf H. C., 1989. Pflanzenernährung im Zierpflanzenbau – wohin geht die Entwicklung? In: Düngen im Zierpflanzenbau. Lehr und Versuchsanstalt für Gartenbau Hannover Ahlem. Verlag Bernhard Thalacker, Braunschweig, 7–16.
- Wartenberg S., 2008. Düngungsrichtlinien Zierpflanzenbau. Schriftenreihe des Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Heft 20, 120 pp.
- Wegmüller H. P. & Gysi C., 1993. Düngung in der Freilandbaumschule. Flugschrift 131, Eidgenössische Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil, 23 pp.
- Wegmüller H. P., Heckly C., Oester P. & Frühhaber P., 2012. Das Wichtigste zur Düngung. Hauert HGB Dünger AG (Hrsg.), Grossaffoltern, 7. Auflage, 99 pp.

7. Indice delle tabelle

Tabella 1. Norme di concimazione N, P, K e Mg per le principali piante coltivate in vaso. Il fabbisogno in P, K e Mg si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato come elemento nutritivo di riferimento.	16/4
Tabella 2. Norme di concimazione N, P, K e Mg per le principali piante legnose coltivate in contenitore. Il fabbisogno in P, K e Mg si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato come elemento nutritivo di riferimento.	16/5
Tabella 3. Elementi nutritivi solubili in acqua per litro di substrato secondo il metodo d'estrazione volumetrico 1:1,5. Le esigenze di base corrispondono al grado di necessità durante il ciclo colturale.	16/6
Tabella 4. Tolleranza alla salinità, adattamento della conducibilità elettrica (EC) della soluzione nutritiva per la concimazione liquida (concimazione complementare o fertirrigazione) e valori ottimali di EC nel substrato di coltivazione per diverse piante.	16/6
Tabella 5. Composizione della soluzione nutritiva per piante in vaso e fiori da recidere coltivati su substrato con fertirrigazione a ciclo chiuso (CC) e a ciclo aperto (CA).	16/6
Tabella 6. Concentrazione ottimale in elementi nutritivi della soluzione presente nel substrato vicino alle radici di piante coltivate in vaso e di fiori da recidere.	16/8
Tabella 7. Fabbisogno in N di piante annuali da recidere coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato come elemento nutritivo di riferimento (concimazione N adattata secondo le esperienze effettuate in Svizzera).	16/8
Tabella 8. Fabbisogno in N di piante vivaci da recidere coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato come elemento nutritivo di riferimento.	16/9
Tabella 9. Fabbisogno annuale in N di vivai di conifere coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato come elemento nutritivo di riferimento.	16/10
Tabella 10. Fabbisogno annuale in N di vivai di piante arbustive coltivate in campo aperto. Il fabbisogno in altri macronutrienti (P, K e Mg) si esprime in rapporto al fabbisogno in N, considerato come elemento nutritivo di riferimento.	16/10

8. Indice delle figure

Figura 1. Primula (<i>Primula acaulis</i>) coltivata in vaso.	16/3
Figura 2. La stella di Natale (Poinsettia, <i>Euphorbia pulcherrima</i>) è una pianta in vaso di notevole valenza economica.	16/3
Figura 3. Brugo (<i>Calluna vulgaris</i>) coltivato in vaso.	16/3
Figura 4. Un recipiente con indicati i livelli raggiunti da 200 e 300 ml di liquido è utile per misurare il pH e l'EC del substrato.	16/5
Figura 5. Gerbera coltivata in serra su substrato per la produzione di fiori da recidere.	16/7
Figura 6. Margherita (<i>Leucanthemum vulgare</i>) coltivata in piena terra per la produzione di fiori da recidere.	16/7

17/ Allegati

Sokrat Sinaj¹, Regula Wolz² e Walter Richner³

¹ Agroscope, 1260 Nyon, Svizzera

² Agroscope, 3003 Berna, Svizzera

³ Agroscope, 8046 Zurigo, Svizzera

Contatto: sokrat.sinaj@agroscope.admin.ch

Indice

Allegato 1. Elementi nutritivi e fattori di conversione	17/3
Allegato 2. Elenco delle abbreviazioni	17/5
Allegato 3. Definizione dei concetti principali	17/6
Allegato 4. Glossario	17/8
Allegato 5. Autori	17/13
Allegato 6. Coordinatori	17/15

In copertina: fotografia realizzata da Carole Parodi, Agroscope.

Allegato 1. Elementi nutritivi e fattori di conversione

Forma chimica nota		Fattore di conversione	Forma chimica ricercata	
Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale		Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale
N	azoto	4,427	NO ₃	nitrato
N	azoto	1,214	NH ₃	ammoniaca
N	azoto	1,286	NH ₄	ammonio
N	azoto	2,857	NH ₄ NO ₃	nitrato ammonico
N	azoto	4,716	(NH ₄) ₂ SO ₄	solfoato ammonico
N	azoto	2,144	CH ₄ N ₂ O	urea
NO ₃	nitrato	0,226	N	azoto
NH ₃	ammoniaca	0,824	N	azoto
NH ₄	ammonio	0,778	N	azoto
NH ₄ NO ₃	nitrato ammonico	0,350	N	azoto
(NH ₄) ₂ SO ₄	solfoato ammonico	0,212	N	azoto
CH ₄ N ₂ O	urea	0,466	N	azoto
P	fosforo	2,291	P ₂ O ₅	anidride fosforica (unità convenzionale)
P ₂ O ₅	anidride fosforica (unità convenzionale)	0,436	P	fosforo
K	potassio	1,205	K ₂ O	ossido di potassio (unità convenzionale)
K ₂ O	ossido di potassio (unità convenzionale)	0,830	K	potassio
Ca	calcio	2,497	CaO	ossido di calcio (calce viva)
Ca	calcio	1,399	Ca(OH) ₂	idrossido di calcio (calce spenta)
Ca	calcio	1,850	CaCO ₃	carbonato di calcio (calcare)
Ca	calcio	4,297	CaSO ₄ · H ₂ O	solfoato di calcio (gesso)
CaO	ossido di calcio (calce viva)	0,715	Ca	calcio
CaO	ossido di calcio (calce viva)	1,785	CaCO ₃	carbonato di calcio (calcare)
CaO	ossido di calcio (calce viva)	1,321	Ca(OH) ₂	idrossido di calcio (calce spenta)
Ca(OH) ₂	idrossido di calcio (calce spenta)	0,540	Ca	calcio
Ca(OH) ₂	idrossido di calcio (calce spenta)	0,757	CaO	ossido di calcio (calce viva)
Ca(OH) ₂	idrossido di calcio (calce spenta)	1,351	CaCO ₃	carbonato di calcio (calcare)
CaCO ₃	carbonato di calcio (calcare)	0,400	Ca	calcio
CaCO ₃	carbonato di calcio (calcare)	0,561	CaO	ossido di calcio (calce viva)
CaCO ₃	carbonato di calcio (calcare)	0,740	Ca(OH) ₂	idrossido di calcio (calce spenta)
CaSO ₄ · H ₂ O	solfoato di calcio (gesso)	0,233	Ca	calcio
Mg	magnesio	1,658	MgO	ossido di magnesio
Mg	magnesio	4,951	MgSO ₄	solfoato di magnesio
Mg	magnesio	3,472	MgCO ₃	carbonato di magnesio
MgO	ossido di magnesio	0,603	Mg	magnesio
MgO	ossido di magnesio	2,986	MgSO ₄	solfoato di magnesio
MgO	ossido di magnesio	2,093	MgCO ₃	carbonato di magnesio
MgSO ₄	solfoato di magnesio	0,202	Mg	magnesio
MgSO ₄	solfoato di magnesio	0,335	MgO	ossido di magnesio
MgSO ₄	solfoato di magnesio	0,701	MgCO ₃	carbonato di magnesio
MgCO ₃	carbonato di magnesio	0,288	Mg	magnesio
MgCO ₃	carbonato di magnesio	0,476	MgO	ossido di magnesio
MgCO ₃	carbonato di magnesio	1,427	MgSO ₄	solfoato di magnesio

Forma chimica nota		Fattore di conversione	Forma chimica ricercata	
Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale		Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale
S	zolfo	2,995	SO ₄	solfato
S	zolfo	2,498	SO ₃	solfito
SO ₄	solfato	0,334	S	zolfo
SO ₃	solfito	0,401	S	zolfo
B	boro	5,627	H ₃ BO ₃	acido borico
B	boro	8,819	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	borace
B	boro	3,220	B ₂ O ₃	anidride borica
B ₂ O ₃	anidride borica	0,311	B	boro
B ₂ O ₃	anidride borica	1,777	H ₃ BO ₃	acido borico
B ₂ O ₃	anidride borica	2,739	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	borace
H ₃ BO ₃	acido borico	0,178	B	boro
H ₃ BO ₃	acido borico	1,567	Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	borace
H ₃ BO ₃	acido borico	0,572	B ₂ O ₃	anidride borica
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	borace	0,113	B	boro
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	borace	0,638	H ₃ BO ₃	acido borico
Na ₂ B ₄ O ₇ · 10H ₂ O	borace	0,365	B ₂ O ₃	anidride borica
Mn	manganese	4,061	MnSO ₄ · 4H ₂ O	solcato di manganese
Mn	manganese	3,603	MnCl ₂ · 4H ₂ O	cloruro di manganese
MnSO ₄ · 4H ₂ O	solcato di manganese	0,246	Mn	manganese
MnCl ₂ · 4H ₂ O	cloruro di manganese	0,278	Mn	manganese
Cu	rame	3,928	CuSO ₄ · 5H ₂ O	solcato di rame
CuSO ₄ · 5H ₂ O	solcato di rame	0,255	Cu	rame
Mo	molibdeno	1,840	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	molibdato d'ammonio
Mo	molibdeno	2,522	Na ₄ MoO ₄ · 2H ₂ O	molibdato di sodio
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ · 4H ₂ O	molibdato d'ammonio	0,543	Mo	molibdeno
Na ₄ MoO ₄ · 2H ₂ O	molibdato di sodio	0,397	Mo	molibdeno
Fe	ferro	4,979	FeSO ₄ · 7H ₂ O	solcato di ferro
FeSO ₄ · 7H ₂ O	solcato di ferro	0,201	Fe	ferro
Zn	zinco	4,398	ZnSO ₄ · 7H ₂ O	solcato di zinco
ZnSO ₄ · 7H ₂ O	solcato di zinco	0,227	Zn	zinco

Allegato 2. Elenco delle abbreviazioni

AAE10	metodo d'estrazione all'acetato di ammonio + EDTA, rapporto suolo:mezzo d'estrazione 1:10	mm	millimetro
Al	alluminio	Mn	manganese
APF/AGFF/ ADCF	Associazione per il promovimento della foraggicoltura	Mo	molibdeno
B	boro	MUFA	acidi grassi monoinsaturi (monounsaturated fatty acids)
C	carbonio	N	azoto
Ca	calcio	N _{disp}	azoto disponibile
CaCO ₃	carbonato di calcio, calcare	NH ₃	ammoniaca
CaCl ₂	metodo d'estrazione al cloruro di calcio, rapporto suolo:mezzo d'estrazione 1:10	NH ₄ ⁺	ione ammonio
CaO	ossido di calcio, calce viva	N _{min}	azoto minerale
Ca(OH) ₂	idrossido di calcio, calce spenta	NO ₃ ⁻	ione nitrato
Cl	cloro	N _{sol}	azoto solubile in acqua
cm	centimetro	N _{tot}	azoto totale
CO ₂	metodo d'estrazione all'acqua satura di diossido di carbonio, rapporto suolo:mezzo d'estrazione 1:2,5	O	ossigeno
CSC	capacità di scambio cationico	P	fosforo
Cu	rame	P _{disp}	fosforo disponibile
DBC	Dati di base per la concimazione in campicoltura e foraggicoltura	P _{min}	fosforo minerale
DNA	acido desossiribonucleico	P _{org}	fosforo organico
EC	conducibilità elettrica (electric conductivity)	P _{tot}	fosforo totale
EDS	energia digeribile suini	P ₂ O ₅	anidride fosforica (ossido di fosforo V)
EDTA	acido etilendiamminotetracetico	PER	prova che le esigenze ecologiche sono rispettate
Fe	ferro	PG	proteina grezza
FiBL	Istituto di ricerche dell'agricoltura biologica	PGO	posta per gallina ovaioia
g	grammo	PI	produzione integrata
GLPI/SAIO/ GPTI/	Gruppo di lavoro svizzero per la produzione integrata in frutticoltura	PPI	posta per pollo da ingrasso
GM	gruppo di mungitura	ppm	parti per milione
H	idrogeno	PRIC	Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera
H ₂ O10	metodo d'estrazione all'acqua, rapporto suolo:mezzo d'estrazione 1:10	PSI	posta per suino da ingrasso
ha	ettaro	PSR	posta per suino da riproduzione
IPM	indice PUFA-MUFA (PUFA-MUFA-Index)	PUFA	acidi grassi polinsaturi (polyunsaturated fatty acids)
ISCM	Ispettorato svizzero di compostaggio e metanizzazione	q	quintale
K	potassio	S	zolfo
K _{disp}	potassio disponibile	S _{min}	zolfo minerale
K _{tot}	potassio totale	S _{tot}	zolfo totale
K ₂ O	ossido di potassio	SB	tasso di saturazione in basi
kg	chilogrammo	SF	sostanza fresca
l	litro	SO	sostanza organica
m	metro	SO ₃ ²⁻	ione solfito
Mg	magnesio	SO ₄ ²⁻	ione solfato
MgCO ₃	carbonato di magnesio	SS	sostanza secca
MJ	megajoule	t	tonnellata
		UBG	unità di bestiame grosso (adulto)
		UFAG	Ufficio federale dell'agricoltura
		UFAM	Ufficio federale dell'ambiente
		Zn	zinc

Allegato 3. Definizione dei concetti principali

Anione, ione negativo	Atomo (molecola) che ha acquisito uno o più elettroni. L'anione possiede carica elettrica negativa.
Antagonismo	Concorrenza tra elementi nutritivi presenti in forma ionica. L'elevata concentrazione di uno o più nutrienti ostacola l'assorbimento di un elemento nutritivo presente in concentrazione ridotta.
Azoto disponibile (N_{disp})	Percentuale dell'azoto totale, contenuto in: residui colturali, concimi aziendali, concimi ottenuti dal riciclaggio e sovesci, disponibile per le piante a breve e a medio termine in caso di gestione ottimale. L'azoto disponibile non corrisponde all'azoto valorizzabile dalle piante, poiché una quota dell'azoto organico diventa disponibile per le piante al di fuori della fase di formazione della resa. Questa quota di azoto può generare sia un aumento desiderato (p.es. nei cereali) sia un aumento indesiderato (p.es. nelle barbabietole da zucchero e negli ortaggi a foglia) del tenore in azoto dei prodotti principali e/o dei sottoprodotti oppure può incrementare il dilavamento dei nitrati, soprattutto nel caso di colture erbacee e orticole da pieno campo.
Azoto minerale (N_{min}) del suolo	Azoto nitrico ($N-NO_3^-$) + azoto ammoniacale ($N-NH_4^+$) presenti nel suolo.
Azoto solubile (N_{sol})	Azoto solubile in acqua (ammonio, urea, ecc.) presente nelle deiezioni animali e nei concimi aziendali.
Azoto totale (N_{tot})	Somma di tutte le forme di azoto, sia organico sia minerale.
Calcitazione, ammendamento calcareo	Distribuzione di ammendanti calcarei in suoli acidi, volta ad aumentarne il pH e a contrastarne l'acidificazione.
Capacità di scambio cationico (CSC)	La CSC esprime la quantità di cationi che il suolo può adsorbire a un pH determinato (in funzione del metodo d'analisi scelto). La si può utilizzare per valutare lo stato nutrizionale del suolo, perché ne indica la capacità di trattenere gli elementi nutritivi caricati positivamente. Più i tenori in argilla e humus del suolo sono elevati e maggiore è la CSC.
Carenza	Mancanza, latente o acuta, di un determinato elemento nutritivo. La carenza può essere visibile o no. Nel primo caso, si manifesta attraverso sintomi tipici, mentre, nel secondo e più frequente caso, la si può individuare unicamente attraverso l'analisi delle piante e/o il confronto di diverse varianti di concimazione.
Catione, ione positivo	Atomo (molecola) che ha perso uno o più elettroni. Il catione possiede carica elettrica positiva.
Clorosi, clorotico	Decolorazione del tessuto vegetale dovuto alla carenza di clorofilla. Le decolorazioni sono spesso destinate a degenerare in necrosi.
Coefficiente di utilizzazione apparente dell'azoto (CUA)	Quota dell'azoto totale di un concime (minerale oppure organico) assorbita dalle piante fino alla raccolta. Il CUA si determina partendo da prove nelle quali si confronta la quantità d'azoto assorbita dalla coltura tra una variante concimata ($N-Ass_{conc}$) e un testimone non concimato ($N-Ass_{test}$): $CUA (\%) = (N-Ass_{conc} - N-Ass_{test}) / X \cdot 100$, dove X = quantità di N distribuita nella variante concimata.
Compost di letame	Letame conservato per più di 6 mesi e rivoltato a più riprese. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) non è più riconoscibile. Il suo colore è marrone scuro. Materiale di base: letame bovino fresco, o di stabulazione libera, e letame di altre categorie di animali da reddito.
Concimazione fogliare	Distribuzione diretta di concimi sulla parte aerea delle piante, i cui elementi nutritivi sono in grado di attraversare passivamente la cuticola e l'epidermide delle foglie.
Concime chelato	Concime avente carica neutra, non influenzato dal pH del suolo e i cui elementi nutritivi restano a lungo disponibili per le piante. I concimi chelati impediscono che gli elementi nutritivi, soprattutto se si tratta di microelementi, siano immobilizzati nel suolo, aumentando così la loro disponibilità per le piante.
Deiezioni del pollame	Insieme delle deiezioni del pollame allevato in pollai con nastro trasportatore per deiezioni.
Efficacia dell'azoto	Effetto dell'azoto contenuto nei concimi organici sulle rese e/o sulla qualità dei prodotti vegetali. Le indicazioni sono espresse in percentuale rispetto all'effetto manifestato da una quantità equivalente d'azoto, fornita sotto forma di concime minerale (generalmente nitrato ammonico). Nelle colture che non crescono durante l'intera stagione vegetativa (p.es. cereali e patata), o in caso d'impiego non ottimale dei concimi aziendali, l'efficacia dell'azoto di questi concimi è spesso inferiore, mentre le perdite azotate aumentano.
Esportazione di elementi nutritivi	Quantità di elementi nutritivi che lasciano la parcella attraverso i prodotti raccolti.
Fattore di correzione	Fattore che consente di adattare la norma di concimazione di una coltura allo stato nutrizionale del suolo e al potenziale produttivo locale.
Fertirrigazione	Distribuzione di concimi liquidi, o idrosolubili, per mezzo dell'acqua d'irrigazione.
Fisiopatia	Indebolimento delle piante non causato da organismi viventi (malattie e/o parassiti), ma di origine nutrizionale, climatica oppure non identificabile.
Fosfato, ortofosfato	Ioni fosfatici presenti nella soluzione circolante e prelevati dalle piante coltivate ($H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-}). La loro proporzione varia con il variare del pH del suolo.

Fosforo disponibile (P_{disp}) del suolo	Quantità di fosforo del suolo potenzialmente in grado solubilizzarsi sotto forma di anioni fosfatici durante la crescita della coltura.
Granulometria	Percentuale in peso delle particelle di diverso calibro, che compongono la terra fine (argilla, silt e sabbia). La si può determinare per via analitica o tramite test tattile (precisione minore).
Humus	Totalità della sostanza organica morta presente nel suolo.
Ione	Atomo (molecola) caricato (a) elettricamente. Si distingue tra ioni aventi carica negativa (anioni) e ioni aventi carica positiva (cationi).
Letame compostato	Letame conservato per più di 3 mesi e rivoltato almeno una volta. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) è difficilmente riconoscibile. Il colore è marrone. Materiale di base: letame bovino fresco o di stabulazione libera, letame di altre categorie di animali da reddito.
Letame di mucchio	Letame conservato per più di 3 mesi, senza particolari cure, in una struttura esterna alla stalla con pavimentazione impermeabile. Contiene la lettiera, tutte le deiezioni solide e una quota variabile di urina. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) è ancora chiaramente riconoscibile. Il colore varia da marrone scuro a verdastro. Materiale di base: letame bovino fresco.
Letame di stabulazione libera	Letame prodotto in stalle a stabulazione libera. Contiene la lettiera e tutte le deiezioni degli animali da reddito.
Letame fresco	Letame conservato per meno di un mese.
Letame suino, di vitello, di cavallo, di pecora e di capra	Letame conservato per più di 3 mesi, senza particolari cure, in una struttura esterna alla stalla con pavimentazione impermeabile. Contiene la lettiera, tutte le deiezioni solide e una quota variabile di urina. La struttura della lettiera (paglia o altro materiale da stame) è ancora chiaramente riconoscibile.
Liquame completo	Contiene tutte le deiezioni ed, eventualmente, parte della lettiera (paglia triturrata, segatura, trucioli, eccetera).
Liquame povero di sterco	Liquame contenente quasi tutta l'urina e una quota variabile di deiezioni solide (in funzione del sistema di stabulazione e della quantità di lettiera utilizzati).
Macroelemento	Elemento nutritivo essenziale per la vita delle piante, che ne assorbono quantità relativamente importanti. Tra i macroelementi troviamo: N, P, K, Mg, Ca e S.
Microelemento	Elemento nutritivo essenziale per la vita delle piante, che ne assorbono quantità relativamente limitate. Tra i microelementi troviamo: Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo e, a seconda degli autori, anche ulteriori elementi nutritivi.
Necrosi	Area di tessuto vegetale morto. Può essere causata da una carenza nutrizionale.
Norma di concimazione azotata	Quantità d'azoto da distribuire, in condizioni standard, per ottenere, da una determinata coltura, la resa di riferimento osservata in Svizzera e un raccolto di qualità ineccepibile.
Norma di concimazione fosfatica, potassica e magnesica	Quantità di fosforo, potassio e magnesio da distribuire, per ottenere, da una determinata coltura, la resa di riferimento osservata in Svizzera e un raccolto di qualità ineccepibile, in presenza di suoli sufficientemente approvvigionati in elementi nutritivi (classe di fertilità C). La norma di concimazione non considera i residui del precedente culturale e corrisponde ai prelievi di fosforo, potassio e magnesio della coltura considerata, corretti in funzione della sua caratteristica capacità di prelevarli dal suolo.
Pollina (gallina, pollo o tacchino)	Letame contenente la lettiera e tutte le deiezioni del pollame.
Prelievo di elementi nutritivi	Totalità degli elementi nutritivi prelevati dalle piante coltivate, nel suolo e nell'aria, senza considerare quelli presenti nelle radici e nei residui colturali.
Residuo colturale	Sottoprodotto di una coltura, che rimane in campo a raccolta avvenuta (paglia, parte aerea della patata, foglie di bietola, ecc.).
Sostanza organica (SO) del suolo	Insieme delle componenti di origine biologica (vegetali, animali, ecc.) del suolo. Si distingue tra sostanza organica viva (radici delle piante, microrganismi e animali tellurici), quota minoritaria, e sostanza organica morta (humus), quota maggioritaria.
Stanchezza del terreno	Riduzione della crescita e/o della resa di una pianta coltivata, indotta dalla coltivazione ripetuta della stessa coltura sulla medesima parcella. Le sue cause dirette possono essere legate alle caratteristiche fisiche e chimiche del suolo oppure allo sviluppo di malattie e parassiti.
Suolo acido	Suolo con $pH < 6,8$ (misurato in sospensione acquosa).
Suolo alcalino	Suolo con $pH > 7,2$ (misurato in sospensione acquosa).
Suolo neutro	Suolo con pH tra $6,8-7,2$ (misurato in sospensione acquosa).
Tasso di saturazione in basi (SB)	Percentuale della capacità di scambio cationico (CSC) occupata da cationi, quali: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Na^+ .
Valori di riferimento relativi agli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali	La maggior parte dei valori di riferimento è stata calcolata sulla base di molteplici piani di foraggiamento (animali da reddito diversi e differenti razioni foraggere). In taluni casi, si è anche fatto capo all'analisi dei concimi aziendali comunemente utilizzati in agricoltura. Nel caso di singole aziende, i contenuti dei concimi aziendali possono variare molto rispetto ai valori di riferimento in funzione della razione foraggera e del tipo di stalla.

Allegato 4. Glossario

Il glossario è frutto del lavoro di traduzione dei PRIC. Non vi è alcuna garanzia per quanto riguarda la sua correttezza e la sua completezza.

Per i termini tecnici specifici si rimanda al Dizionario di terminologia agricola di Agroscope: www.agroterm.ch.

I	F	D
accestimento	tallage	Bestockung
aerazione dei liquami	aération du lisier/purin	Güllebelüftung
aerazione (del suolo)	aération	Durchlüftung
agricoltura biologica	agriculture biologique	biologischer Landbau
alterazione chimica	altération chimique	chemische Verwitterung
altre erbe	autres plantes	Kräuter
ammendanti calcarei	amendements calciques	Kalkdünger
analisi del suolo	analyses du sol	Bodenuntersuchungen
analisi fogliare	analyse foliaire	Blattuntersuchung, Blattanalyse
anno di sfruttamento principale	année principale d'utilisation	Hauptnutzungsjahr
apporto	apport	Gabe
approvvigionamento delle piante in azoto	approvisionnement des plantes en azote	Stickstoffernährung der Pflanzen
approvvigionamento in elementi nutritivi	état d'approvisionnement, état de nutrition	Nährstoffversorgung des Bodens
aspettativa di resa	rendement attendu	Ertragserwartung
associazione vegetale	communauté de plantes	Pflanzengemeinschaft
aziende a vocazione foraggera	exploitations herbagères	Graslandbetriebe
azoto ammoniacale	azote ammoniacal	Ammoniumstickstoff
Banca dati sul traffico di animali (BDTA)	Banque de données sur le trafic des animaux (BDTA)	Tierverkehrsdatenbank (TDV)
batteri dei noduli radicali	bactéries des nodosités	Knöllchenbakterien
biforcute (carote)	fourchure (des carottes)	Beinigkei (Karotten)
bilancio degli elementi nutritivi	bilan des éléments nutritifs	Nährstoffbilanz
bilancio foraggero	bilan fourrager	Futterbilanz
calcare d'alghe marine	chaux d'algues marines	Meeralgenkalk
calce spenta	chaux éteinte	Löschkalk
calce umidificata	chaux humide	Feuchtkalk
calce viva	chaux vive	Branntkalk
calcitazione, ammendamento calcareo	chaulage	Kalkung
calcitazione di correzione	chaulage de correction	Aufkalkung
calcitazione di mantenimento	chaulage d'entretien	Erhaltungskalkung
calcolo dei bilanci	calculs de bilans	Bilanzrechnungen
calcolo dei flussi di elementi nutritivi	calculs des flux d'éléments nutritifs	Nährstoffflussberechnungen
campionamento (del suolo)	échantillonnage, prélèvement d'échantillon(s)	Proben(ent)nahme
capacità d'assimilazione (bestiame)	capacité d'ingestion	Futteraufnahme-fähigkeit (der Tiere)
capacità d'assorbimento	capacité d'absorption	Nährstoffaneignungsvermögen
capacità di ritenzione degli elementi nutritivi	capacité de stockage en éléments nutritifs	Nährstoffspeicherkapazität
capacità di scambio cationico (CSC)	capacité d'échange de cations (CEC)	Kationenaustauschkapazität (KAK)
caratterizzazione del sito	caractérisation du site	Standorteigenschaften
carezza acuta	carence aigüe	akuter Mangel
carezza di zolfo	carence en soufre	Schwefelmangel
carezza latente (deficienza)	carence latente (déficiency)	latenter Mangel
ciclo degli elementi nutritivi	cycle des éléments nutritifs	Nährstoffkreislauf
classe di fertilità	classe de fertilité, fertilité/ricchezza du sol	Versorgungsklasse
coefficiente di utilizzazione apparente dell'azoto (CUA)	coefficient apparent d'utilisation de l'azote (CAU)	scheinbare Stickstoffausnutzung
coltura intercalare	culture dérobée, culture intermédiaire, interculture	Zwischenfrucht, Zwischenkultur
compattamento del suolo	tassement, compactage	Bodenverdichtung
componenti del suolo	composants du sol	Bodenbestandteile
composizione botanica	composition botanique	botanische Zusammensetzung
concentrazione critica	concentration critique	kritische Konzentration
concetto di concimazione	concept de fertilisation	Düngungskonzept

concimazione	fertilisation	Düngung
concimazione azotata	fertilisation azotée	Stickstoffdüngung
concimazione di base	fertilisation de fond, fumure de fond	Grunddüngung
concimazione di integrativa	fertilisation de complément	Aufdüngung
concimazione di copertura	fertilisation de couverture, fumure de couverture	Kopfdüngung
concimazione fosfatica	fertilisation phosphatée	Phosphordüngung
concimazione potassica	fertilisation potassique	Kaliumdüngung
concimazione raccomandata	recommandations de fertilisation	Düngungsempfehlungen
concime a base di residui colturali	engrais à base de résidus de récolte	Rückständerdünger
concime semplice	engrais simples	Einzelstoffdünger
concimi aziendali	engrais de ferme	Hofdünger
concime composto	engrais composés	Mehrnährstoffdünger
concime contenente chelati	engrais à base d'éléments chélatés	Chelatdünger
concime minerale	engrais minéraux	Mineraldünger
concime minerale azotato	engrais minéraux azotés	Stickstoffdünger, mineralische
concime ottenuto dal riciclaggio	engrais de recyclage	Abfalldünger
concime ottenuto dal riciclaggio	engrais de recyclage	Recyclingdünger
Conferenza svizzera delle stazioni d'arboricoltura	Conférence Svizzera des stations d'arboriculture	Svizzeraerische Konferenz der Obstfachstellen (SKOF)
consociazione	couvert associé	Mischkultur
consumo di lusso	consommation de luxe	Luxuskonsum
consumo giornaliero di foraggio (bestiame)	ingestion journalière	Verzehr, täglicher
copertura vegetale	couverts végétaux	Begrünung
cuore nero	noircissement interne	Schwarzfleckigkeit
deflettore a piattello	défecteur	Prallteller
digestati liquidi	digestats liquides	Gärgut, flüssiges
digestati solidi	digestats solides	Gärgut, festes
dilavamento	lessivage, lixiviation	Auswaschung
dispersione nell'aria (liquami)	distribution large	Breitverteilung
disponibilità d'azoto	disponibilité de l'azote	Stickstoffverfügbarkeit
disponibilità in elementi nutritivi	disponibilité en éléments nutritifs	Nährstoffangebot
disponibilità per le piante	disponibilité pour les plantes	Pflanzenverfügbarkeit
dissodamento (di una superficie prativa)	rompue (d'une prairie)	Umbruch (einer Kunstwiese)
distributore oscillante	épandeur pendulaire	Pendelverteiler
distribuzione di concimi aziendali	épandage des engrais de ferme	Hofdüngergaben
distribuzione di letame	épandage du fumier	Mistausbringung
distribuzione di concime, apporto di concime	apport d'engrais	Düngergabe
distribuzione di concimi aziendali	épandage des engrais de ferme	Hofdüngern, Ausbringung von
distribuzione unica, apporto unico	épandage fractionnés	Einzelgaben
dosaggio	dosage	Aufwandmenge
effetto fogliare, effetto sulle foglie	effet foliaire	Blattwirkung
effetto residuo	arrière-effet	Nachwirkung
effetto residuo dell'azoto	arrière-effet azoté	Stickstoffnachlieferung
effetto tampone	pouvoir/effet tampon	Pufferwirkung
elementi nutritivi escreti dal bestiame	éléments nutritifs excrétés ou déjections	Nährstoffausscheidungen
elemento nutritivo	élément nutritif	Nährstoff
emissioni d'ammoniaca (NH ₃)	émissions d'ammoniac (NH ₃)	Ammoniakemissionen (NH ₃)
essudati radicali	exsudats racinaires	Wurzelausscheidungen
estratto all'acqua	extrait à l'eau	Wasserextrakt
fabbisogno	besoins	Bedarf
fabbisogno in elementi nutritivi	besoins nutritionnels	Nährstoffbedarf
fabbisogno in zolfo	besoins en soufre	Schwefelbedarf
fabbisogno netto in elementi nutritivi	besoins nets en éléments nutritifs	Nettonährstoffbedarf
fattore di correzione	facteur de correction	Korrekturfaktor
fermentazione di sostanze solide	fermentation de produits solides	Feststoffvergärung
fertirrigazione	fertigation (irrigation fertilisante)	Fertigation

fissazione dell'azoto	fixation d'azote	Stickstofffixierung
fissazione simbiotica dell'azoto	fixation symbiotique de l'azote	symbiotische Stickstofffixierung
fitotossicità	phytotoxicité	Phytotoxizität
flussi di elementi nutritivi	flux d'éléments nutritifs	Nährstoffflüsse
foraggiamento a fasi	affouragement par phases	Phasenfütterung
formazione di aggregati	formation d'agrégats	Gefügebildung
friabile (suolo)	friable (sol)	krümelig (Boden)
frutteto	verger	Obstanlage
frutteto ad alto fusto	verger haute tige	Feldobstbau (-anlage)
gestione	exploitation (mode d')	Bewirtschaftung
graminacee	graminées	Gräser
granulometria	granulométrie	Körnung
Gruppo di lavoro svizzero per la produzione integrata in frutticoltura (GLPI)	Groupe de travail pour la production fruitière intégrée en Suisse (GTPI)	Schweizerische Arbeitsgruppe für Integrierte Obstproduktion (SAIO)
idoneità del suolo per la coltura prevista	aptitudes culturales du sol	Anbaueignung des Bodens
immobilizzazione degli elementi nutritivi	immobilisation des éléments nutritifs	Immobilisierung von Nährstoffen
incorporazione del liquame nel suolo	enfouissement du lisier	Gülledrill
indice di nutrizione	indice de nutrition	Versorgungsindex
indice di nutrizione (IN)	indice de nutrition	Gehaltsindex, Ernährungsindex, Versorgungsindex
indice di nutrizione K	indice de nutrition potassique	Kaliumgehaltsindex
indice di nutrizione P	indice de nutrition phosphatée	Phosphorgehaltsindex
indici di nutrizione P e K	indices de nutrition phosphatée et potassique	Phosphor- und Kaliumversorgungsindizes
inquinamento (dell'ambiente)	pollution (de l'environnement)	Belastung (Umwelt-)
intensità di gestione	intensité d'utilisation/d'exploitation	Bewirtschaftungsintensität
intensità di sfruttamento	intensité d'utilisation	Nutzungsintensität
lavorabilità del suolo	réaction au travail du sol	Bodenbearbeitbarkeit
leguminose da granella	légumineuses à grains	Körnerleguminosen
letame	fumier de stabulation	Stallmist
letame di mucchio	fumier au tas	Stapelmist
letame di stabulazione libera	fumier de stabulation libre	Laufstallmist
lista dei mezzi di produzione autorizzati	liste des intrants	Betriebsmittelliste
lista delle esigenze	cahier des exigences	Anforderungskatalog
livello (grado) d'approvvigionamento	niveau d'approvisionnement	Versorgungsstufe
maculatura nera	tâches blombées	Blaufleckigkeit
metodo del bilancio previsionale	méthode du bilan prévisionnel	Methode der prognostizierten Bilanz
microelementi, oligoelementi	éléments mineurs, microéléments	Spurenelemente, Mikronährstoffe
migrazione dell'argilla	migration en argile	Tonverlagerung
misure di risanamento	mesures d'assainissement	Sanierungsmassnahmen
nitrate ammonico	nitrate d'ammonium	Ammonsalpeter
norma di concimazione	normes de fumure, normes de fertilisation	Düngungsnormen
numero di sfruttamenti standard	nombre standard d'utilisations	Nutzungen, übliche Anzahl
nutrizione sulfurea	nutrition soufrée	Schwefelversorgung
obiettivo di resa	objectif de rendement	Ertragsziel
orizzonte pedologico	horizon (couche de sol)	Bodenschicht
pascolo	pâturage	Weide
pascolo continuo a cotico basso	pâturage continu sur gazon court	Kurzrasenweide
penetrazione delle radici	pénétration des racines	Durchwurzelbarkeit
PER (Prova che le esigenze ecologiche sono rispettate)	PER (Prestations écologiques requises)	ÖLN (ökologischer Leistungsnachweis)
percentuale di pietre e ghiaia, scheletro	pierrosité	Steinanteil
percolazione	lixiviation, percolation	Versickerung
perdita d'azoto	perte d'azote	Stickstoffverlust
perdite di conservazione	pertes de conservation	Lagerungsverluste
perdite di foraggio in campo	pertes au champ	Feldverluste
perdite di suolo	perte de sol	Bodenschwund
permeabilità all'acqua	perméabilité à l'eau	Wasserdurchlässigkeit

peso vivo	poids vif	Lebendgewicht
piano di concimazione	plan de fumure	Düngungsplan
piano di foraggiamento	plan d'affouragement	Fütterungsplan
piantagione (patate)	plantation (pommes de terre)	Pflanzung (Kartoffeln)
posta	place d'animal	Tierplatz
prati temporanei	herbages temporaires, prairies temporaires	Kunstwiesen
prato	prairie	Wiese
prato da fieno	prairie à faner	Heuwiese
prato da sfalcio	prairie de fauche	Mähwiese
prato-pascolo	prairie de fauche-pâture	Mähweide (gelegentlich beweidete Wiese)
prelievo	prélèvement	Entzug
prelievo di elementi nutritivi	prélèvements en éléments nutritifs	Nährstoffentzug / -entzüge
preparazione dei concimi aziendali	traitement des engrais de ferme	Hofdüngeraufbereitung
prescrizioni d'utilizzazione	indication pour l'application	Anwendungshinweis
produzione di concimi aziendali	production d'engrais de ferme	Anfall der Hofdünger
profondità fisiologica (del suolo), volume di suolo utilizzabile dalle radici	profondeur utile	Gründigkeit
profondità utile del suolo, volume di suolo utilizzabile dalle radici	profondeur utile du sol	Gründigkeit, pflanzennutzbare
proteina grezza (PG)	matière azotée (MA)	Rohprotein (RP)
quantità di concime	dose d'engrais	Düngermenge
quantità di foraggio consumata dal bestiame	rendement ingéré	Ertrag, verzehrer
quintale (q)	quintal, décitonne (dt)	Dezitonne (dt)
rapidità d'azione	rapidité d'action	Wirkungsgeschwindigkeit
razione foraggera	ration fourragère	Futterration
resa in granella	rendement en grains	Kornertrag
resa potenziale in granella	potentiel de rendement en grain	Kornertragspotenzial
residui colturali	résidus de récolte	Ernterückstände
resistenza agli urti	résistance aux chocs	Schlagempfindlichkeit
restituzioni di sostanze nutritive	restitutions	Rücklieferung (Nährstoffrücklieferung)
restituzioni durante il pascolo	restitutions au pâturage	Nährstoffrücklieferung bei der Beweidung
rincalzatura	buttage	Dammaufbau (Häufeln)
risveglio vegetativo	début/reprise de la végétation	Vegetationsbeginn
ritenzione idrica (suolo)	capacité hydrique	Wasserspeicherung
rotazione (pascolo)	rotation	Umtrieb
rotazione colturale	assolement, rotation des cultures	Fruchtfolge
ruscellamento	écoulement des eaux de surface	Oberflächenabfluss
ruscellamento	ruissellement	Abschwemmung
scheletro	part de squelette	Skelettgehalt
semina estiva di prati temporanei	semis d'août de prairies temporaires	Äugstlen
sensibilità al compattamento (suolo)	sensibilité au tassement	Verdichtungsanfälligkeit
sfalcio, ricrescita	coupe, cycle d'utilisation	Aufwuchs, Schnitt, Futteraufwuchs
sintomo di carenza	symptôme de carence	Mangelerscheinung
sistema di distribuzione	système de distribution, système d'épandage	Verteilsystem, Ausbringsystem
sistema di stabulazione	système de stabulation	Aufstallungssystem
sito	site	Standort
soglia di rinuncia	seuils de renoncement	Verzichtsgrenzen
solfo di magnesio	sulfate de magnésium	Bittersalz
sostanza organica (SO)	matière organique	Material, organisches
sostanza organica (SO) del suolo	matière organique du sol	Bodensubstanz, organische
sostanza secca (SS)	matière sèche (MS)	Trockensubstanz (TS)
sovescio	engrais verts	Gründüngung
sovraconcimazione	surfertilisation	Überdüngung
sovraconcimazione azotata	surfertilisation en azote	Stickstoffüberdüngung
spandiconcime a caduta	épandeur à rampe	Auslegerstreuer
spandiconcime a caduta a coclea	épandeur à vis	Schneckenstreuer
spandiconcime a caduta pneumatico	épandeur pneumatique	Pneumatikstreuer

spandiconcime centrifugo	épandeur centrifuge	Schleuderstreuer
spandiconcime centrifugo a dischi	épandeur à disque	Scheibenstreuer
spandiconcime centrifugo a tubo oscillante	épandeur à tube oscillant	Pendelrohrstreuer
spandiletame	épandeur à fumier	Miststreuer
spandiletame a distribuzione laterale	épandeur latéral	Seitenstreuer
spandiletame a piatti	épandeur à disques	Tellerstreuer
spandiletame monoscocca ribassato	épandeur monocoque	Muldenstreuer
spandiletame polivalente	épandeur universel	Universalstreuer
stabilità della struttura (suolo)	stabilité de la structure	Strukturstabilität
stadio di sviluppo	stade de développement	Entwicklungsstadium
stagione di pascolo	saison de pâture	Weidesaison
stato nutrizionale del suolo	niveau de fertilité du sol	Nährstoffversorgungsstufe des Bodens
stato nutrizionale	statut nutritionnel	Ernährungszustand
struttura del suolo	structure du sol	Bodenstruktur
superfici prative	herbages	Grasland, Wiesland
superfici prative permanenti	herbages permanents	Naturwiesen
tasso di saturazione in basi (SB)	saturation	Basensättigung
tecnica di distribuzione	technique d'épandage	Ausbringtechnik
tellurico	lié au sol	bodenbürtig
tenore in amido	teneur en amidon	Stärkegehalt
tenore in argilla	teneur en argile	Tongehalt
tenore in azoto	teneur azotée, teneur en azote	Stickstoffgehalt
tenore in CaCO ₃ del suolo	état calcique du sol	Kalkgehalt des Bodens
tenore in calcare	teneur en chaux	Kalkanteil
tenore in elementi nutritivi	teneur en éléments nutritifs	Nährstoffgehalt
tenore in fosforo	teneur en phosphore	Phosphorgehalt
tenore in humus	teneur en humus	Humusgehalt
tenore in potassio	teneur en potassium	Kaliumgehalt
tenore in sostanza secca (SS)	teneur en matière sèche	Trockensubstanzgehalt
tessitura del suolo	texture du sol	Bodentextur
tipo di sfruttamento	mode d'utilisation	Nutzungsart
tipo di suolo	type de sol	Bodenart
tolleranza al calcare	tolérance à la chaux	Kalkverträglichkeit
tubi flessibili a strascico (barra/liquame)	rampe d'épandage à tuyaux souples (pendillards)	Schleppschlauchverteiler
tubi semirigidi con assolcatore per incorporare o iniettare liquami nel suolo	enfouisseur à lisier	Gülfeschlitzgeräte
tubi semirigidi con assolcatore terminale (barra/liquame)	rampe d'épandage à socs	Schleppschuhverteiler
tubo di alimentazione flessibile per la distribuzione dei liquami	purinage par tuyaux	Gülleverschlauchung
turno (pascolo)	cycle de pâture	einzelne Weidenutzung
ugello orientabile	buses pivotantes	Schwenkdüsen
valore critico	valeur critique	kritischer Wert
valori di riferimento	valeurs indicatives	Richtwerte
valori soglia	valeurs seuils	Schwellenwerte
volatilizzazione dell'ammoniaca (NH ₃)	volatilisation d'ammoniac (NH ₃)	Ammoniakverflüchtigung (NH ₃)
vuoto sanitario	durée de vide sanitaire	Leerzeit

Allegato 5. Autori

Ançay André
Agroscope
Route des Eterpys 18, 1964 Conthey, Svizzera
Telefono +41 (0)58 481 35 50
andre.ancay@agroscope.admin.ch

Anken Thomas
Agroscope
Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Svizzera
Telefono +41 (0)58 480 33 52
thomas.anken@agroscope.admin.ch

Baux Alice
Agroscope
Route de Duillier 50, c.p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 47 22
alice.baux@agroscope.admin.ch

Blanchet Guillaume
Agroscope
Route de Duillier 50, c.p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 46 58

Bretscher Daniel
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 75 20
daniel.bretscher@agroscope.admin.ch

Cadot Selma
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 50 07
selma.cadot@agroscope.admin.ch

Carlen Christoph
Agroscope
Route des Eterpys 18, 1964 Conthey, Svizzera
Telefono +41 58 481 35 13
christoph.carlen@agroscope.admin.ch

Carron Claude-Alain
Agroscope
Route des Eterpys 18, 1964 Conthey, Svizzera
Telefono +41 58 481 35 39
claude-alain.carron@agroscope.admin.ch

Charles Raphaël
Istituto di ricerche dell'agricoltura biologica (FiBL)
Avenue des Jordils 3, PF 1080, 1001 Lausanne, Svizzera
Telefono +41 (0)21 619 44 77
raphael.charles@fibl.org

Dupuis Brice
Agroscope
Route de Duillier 50, c.p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 47 48
brice.dupuis@agroscope.admin.ch

Eicher Othmar
Landwirtschaftliches Zentrum Liebegg, Obstbau
Liebegg 1, 5722 Gränichen, Svizzera
Telefono +41 (0)62 855 86 39
othmar.eicher@ag.ch

Flisch René
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 73 23
rene.flisch@agroscope.admin.ch

Gilli Céline
Agroscope
Route des Eterpys 18, 1964 Conthey, Svizzera
Telefono +41 (0)58 481 35 19
celine.gilli@agroscope.admin.ch

Hiltbrunner Jürg
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 73 57
juerg.hiltbrunner@agroscope.admin.ch

Huguenin-Elie Olivier
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 72 42
olivier.huguenin@agroscope.admin.ch

Jeangros Bernard
Agroscope
Route de Duillier 50, c.p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 47 38
bernard.jeangros@agroscope.admin.ch

Kessler Willy
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 72 76
willy.kessler@agroscope.admin.ch

Krauss Jürgen
Agroscope
Schloss 1, c.p., 8820 Wädenswil, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 62 84
juergen.krauss@agroscope.admin.ch

Kuster Thomas
Agroscope
Schloss 1, c.p., 8820 Wädenswil, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 62 43
thomas.kuster@agroscope.admin.ch

Latsch Annett
Agroscope
Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Svizzera
Telefono +41 (0)58 480 33 31
annett.latsch@agroscope.admin.ch

Leumann Lucie
Ökohum GmbH
Tobelbachstrasse 8, 8585 Herrenhof, Svizzera
Telefono +41 (0)71 680 00 70
leumann@oekohum.ch

Levy Lilia
Agroscope
Route de Duillier 50, c.p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 47 18
lilia.levi@agroscope.admin.ch

Lüscher Andreas
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 72 73
andreas.luescher@agroscope.admin.ch

Mayer Jochen
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 72 14
jochen.mayer@agroscope.admin.ch

Menzi Harald
Agroscope
Rte de la Tioleyre 4, c. p. 64, 1725 Posieux, Svizzera
Telefono +41 (0)58 467 54 80
harald.menzi@agroscope.admin.ch

Mosimann Eric
Agroscope
Route de Duillier 50, c. p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 47 36
eric.mosimann@agroscope.admin.ch

Müller Urs
BBZ Bildungs- und Beratungszentrum Arenenberg
Arenenberg 1, 8268 Salenstein, Svizzera
Telefono +41 (0)71 663 33 04
urs.mueller@tg.ch

Neuweiler Reto
Agroscope
Schloss 1, c. p., 8820 Wädenswil, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 64 53
reto.neuweiler@agroscope.admin.ch

Hansrudolf Oberholzer
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 72 97
hansrudolf.oberholzer@agroscope.admin.ch

Pellet Didier
Agroscope
Route de Duillier 50, c. p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 47 16
didier.pellet@agroscope.admin.ch

Poffet Josef
JardinSvizzera
Bahnhofstrasse 94, 5000 Aarau, Svizzera
Telefono +41 (0)44 388 53 36
j.poffet@jardinSvizzera.ch

Poulet Jeanne
Union fruitière lémanique
Avenue de Marcelin 2, 1110 Morges, Svizzera
Telefono +41 (0)21 802 28 42
info@ufl.ch

Prasuhn Volker
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 71 45
volker.prasuhn@agroscope.admin.ch

Richner Walter
Agroscope
Reckenholzstrasse 191, 8046 Zurigo, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 71 65
walter.richner@agroscope.admin.ch

Rutishauser Reto
Ökohum GmbH
Tobelbachstrasse 8, 8585 Herrenhof, Svizzera
Telefono +41 (0)71 680 00 70
rutishauser@oekohum.ch

Sauter Joachim
Rüttihubelstrasse 561, 3077 Enggistein, Svizzera
gerd-joachim.sauter@bluewin.ch

Schlegel Patrick
Agroscope
Rte de la Tioleyre 4, c. p. 64, 1725 Posieux, Svizzera
Telefono +41 (0)58 466 72 75
patrick.schlegel@agroscope.admin.ch

Sinaj Sokrat
Agroscope
Route de Duillier 50, c. p. 1012, 1260 Nyon 1, Svizzera
Telefono +41 (0)58 460 46 58
sokrat.sinaj@agroscope.admin.ch

Spring Jean-Laurent
Agroscope
Centre de recherche de Pully
Avenue Rochettaz 21, 1009 Pully, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 65 63
jean-laurent.spring@agroscope.admin.ch

Verdenal Thibaut
Agroscope
Centre de recherche de Pully
Avenue Rochettaz 21, 1009 Pully, Svizzera
Telefono +41 (0)58 468 65 61
thibaut.verdenal@agroscope.admin.ch

Wegmüller Hans Peter
Hauert HBG Dünger AG
Dorfstrasse 12, 3257 Grossaffoltern, Svizzera
Telefono +41 (0)32 389 10 10
labor@hauert.com

Regula Wolz
Agroscope
Schwarzenburgstrasse 161, 3003 Berna, Svizzera
Telefono: +41 (0)58 480 32 79
regula.wolz@agroscope.admin.ch

Zähner Michael
Agroscope
Tänikon 1, 8356 Ettenhausen, Svizzera
Telefono +41 (0)58 480 33 13
michael.zaehner@agroscope.admin.ch

Allegato 6. Coordinatori



Sokrat Sinaj, classe 1956, frequenta la facoltà di agronomia presso l'*Agricultural University of Tirana*, in Albania. Concluso il dottorato presso l'*Institut national polytechnique de Lorraine* a Nancy (F), nel 1993, lavora per due anni in qualità di post-dottorando al *Centre de pédologie biologique*, sempre a Nancy (F). Per undici anni è stato attivo come senior scientist nel

Gruppo Nutrizione delle piante del Politecnico federale di Zurigo (ETHZ). Nel 2005, gli viene conferito il titolo di professore universitario e, a settembre 2007, inizia la sua collaborazione presso Agroscope. I due obiettivi principali della ricerca che conduce con il suo gruppo sono: da un lato, capire i processi e i fattori che stanno alla base dei flussi di sostanze nutritive negli agrosistemi e, dall'altro, fornire basi scientifiche che consentano la loro gestione integrata ed efficiente, indispensabile per sistemi agricoli produttivi e sostenibili. Sokrat Sinaj annovera più di 100 pubblicazioni su riviste scientifiche.



Walter Richner, classe 1963, dopo gli studi in agronomia, indirizzo produzione vegetale al Politecnico federale di Zurigo (ETHZ), e il dottorato nel 1992, svolge un post-doc presso la *Michigan State University*. Dal 1994 al 2001 lavora come assistente in capo nel Gruppo Campicoltura e selezione vegetale dell'ETHZ. Dal 2001, dirige il Gruppo di ricerca Protezione delle acque e

flussi di sostanze di Agroscope, il cui compito è migliorare la gestione delle sostanze nutritive nel settore agricolo e ridurre le immissioni nei corsi d'acqua. Su mandato dell'Ufficio federale dell'agricoltura, dirige l'«Analisi centralizzata degli indicatori agro-ambientali» e, con il suo gruppo, elabora basi scientifiche per l'esecuzione di misure politiche, in particolare nel settore del bilancio delle sostanze nutritive e in quello dell'omologazione dei concimi. Walter Richner è docente al Dipartimento delle scienze dei sistemi ambientali presso l'ETHZ.

Allegato 6. Coordinatori



Sokrat Sinaj, classe 1956, frequenta la facoltà di agronomia presso l'*Agricultural University of Tirana*, in Albania. Concluso il dottorato presso l'*Institut national polytechnique de Lorraine* a Nancy (F), nel 1993, lavora per due anni in qualità di post-dottorando al *Centre de pédologie biologique*, sempre a Nancy (F). Per undici anni è stato attivo come senior scientist nel

Gruppo Nutrizione delle piante del Politecnico federale di Zurigo (ETHZ). Nel 2005, gli viene conferito il titolo di professore universitario e, a settembre 2007, inizia la sua collaborazione presso Agroscope. I due obiettivi principali della ricerca che conduce con il suo gruppo sono: da un lato, capire i processi e i fattori che stanno alla base dei flussi di sostanze nutritive negli agrosistemi e, dall'altro, fornire basi scientifiche che consentano la loro gestione integrata ed efficiente, indispensabile per sistemi agricoli produttivi e sostenibili. Sokrat Sinaj annovera più di 100 pubblicazioni su riviste scientifiche.



Walter Richner, classe 1963, dopo gli studi in agronomia, indirizzo produzione vegetale al Politecnico federale di Zurigo (ETHZ), e il dottorato nel 1992, svolge un post-doc presso la *Michigan State University*. Dal 1994 al 2001 lavora come assistente in capo nel Gruppo Campicoltura e selezione vegetale dell'ETHZ. Dal 2001, dirige il Gruppo di ricerca Protezione delle acque e

flussi di sostanze di Agroscope, il cui compito è migliorare la gestione delle sostanze nutritive nel settore agricolo e ridurre le immissioni nei corsi d'acqua. Su mandato dell'Ufficio federale dell'agricoltura, dirige l'«Analisi centralizzata degli indicatori agro-ambientali» e, con il suo gruppo, elabora basi scientifiche per l'esecuzione di misure politiche, in particolare nel settore del bilancio delle sostanze nutritive e in quello dell'omologazione dei concimi. Walter Richner è docente al Dipartimento delle scienze dei sistemi ambientali presso l'ETHZ.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'economia,
della formazione e della ricerca DEFR
Agroscope