Pubblicazione speciale / 2023

10/ Concimazione in orticoltura

Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2023) – Capitolo 10

Edizione 2023

Autori

Torsten Schöneberg e Frank Liebisch

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'economia, della formazione e della ricerca DEFR
Agroscope

Agroscope alimenti buoni, ambiente sano

Ringraziamenti

Per le correzioni puntuali e i preziosi suggerimenti ricevuti desideriamo ringraziare:

Irene Weyermann (AGRIDEA)

Wolf Bischoff (TerrAquat)

Martin Freund (Inforama)

Reto Neuweiler (Agroscope)

Colophon

Editore	Agroscope Müller-Thurgau-Strasse 29 8820 Wädenswil www.agroscope.ch
Informazioni	Torsten Schöneberg, torsten.schoeneberg@agroscope.admin.ch
Traduzione	Servizio linguistico Agroscope
Foto di copertina	Johann Marmy
Edizione	2ª edizione rivista nel 2023 (1ª edizione pubblicata nell'edizione completa PRIC 2017); cfr. anche Cronaca dei principi di concimazione: I PRIC e i loro precursori
Download	www.pric.ch
Copyright	© Agroscope 2023
DOI	https://doi.org/10.34776/pric23-10

Esclusione di responsabilità:

Le indicazioni contenute nella presente pubblicazione hanno scopo puramente informativo. Agroscope si impegna a fornire informazioni corrette, aggiornate e complete, ma non si assume alcuna responsabilità a riguardo. Decliniamo ogni responsabilità per eventuali danni derivanti dalla messa in pratica delle informazioni riportate. Valgono le leggi e le disposizioni in vigore in Svizzera. Si applica la giurisprudenza attuale.

Indice

1 Introduzione 4
2 Fabbisogno in elementi nutritivi delle colture orticole 5
3 Concimazione azotata mirata 10
3.1 Ottimizzazione dell'efficienza dell'azoto 10
3.2 Concimazione azotata basata sull'analisi N_{min} 11
3.3 Concimazione azotata basata sull'analisi delle piante 16
3.4 Concimazione azotata basata su metodi digitali di misurazione 16
3.5 Mantenimento dell'azoto residuo durante l'autunno 16
4 Concimazione sulfurea 17
4.1 Carenza di zolfo 17
4.2 Fabbisogno in zolfo delle colture orticole 17
4.3 Distribuzione di concimi sulfurei 18
5 Ruolo dei microelementi nella concimazione 18
6 Sintomi di carenza in elementi nutritivi 20
7 Concimazione fogliare 21
8 Impiego di concimi ottenuti dal riciclaggio 22
9 Considerazioni finali 22
10 Bibliografia 23
11 Indice delle tabelle 25

1 Introduzione

Calibrare la concimazione sul fabbisogno nutritivo delle singole colture orticole è d'importanza basilare, se si intende produrre ortaggi di qualità elevata in modo sostenibile, anche perché è sufficiente una leggera carenza di nutrienti per rendere spesso invendibile l'intera produzione (Feller *et al.*, 2022). Ciò comporta che ogni elemento nutritivo debba essere disponibile in quantità ottimale durante l'intero ciclo colturale, così da soddisfare le esigenze qualitative di mercato e consumatori (Neuweiler *et al.*, 2008). Per queste ragioni, uno degli obiettivi principali della concimazione in orticoltura consiste nel preservare gli elementi nutritivi del suolo, reintegrando quelli esportati tramite i raccolti e compensando eventuali perdite d'altro tipo.

Bisogna comunque tenere presente che anche la disponibilità eccessiva di uno o più nutrienti è negativa, perché può favorire l'insorgere di fisiopatie e/o di malattie (Bergmann, 1993; Huber & Haneklaus, 2007; Spann & Schumann, 2010), nonché causare significativi problemi ambientali (Guntern *et al.*, 2020). 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 a urti e pressioni durante raccolta, lavorazione e commercializzazione (Krug 1991). Troppo N riduce frequentemente anche la conservabilità degli ortaggi destinati allo stoccaggio. 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 cipolle che presentano ispessimenti del colletto indesiderati (Crüger 1982; Lichtenhahn *et al.*, 2003).

Negli ortaggi da foglia e da fusto, l'eccesso di N fa aumentare il tenore in nitrato (NO_3^-) del raccolto (Vogel *et al.*, 1996). Il tenore in NO_3^- può superare le soglie di tolleranza, specialmente se la coltura si sviluppa in periodi con scarsa luce naturale, come primavera e autunno (Wonneberger *et al.* 2004).

Di solito, l'eccessiva disponibilità di N stimola eccessivamente la crescita delle piante e può indurre fenomeni di carenza secondaria di altri macro- e microelementi. Nelle coltivazioni molto rigogliose di insalate e 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 da frutto, apporti elevati di N favoriscono 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 (Feller *et al.*, 2022; Liebisch *et al.*, 2009; Taylor & Locascio, 2004).

2 Fabbisogno in elementi nutritivi delle colture orticole

Per le colture orticole, il fabbisogno lordo in azoto (N), fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg) (tab. 1a & 1b) corrisponde alla quantità di elementi nutritivi necessari ad assicurare una produzione quantitativamente e qualitativamente ideali. Tra la raccolta e la commercializzazione dei differenti ortaggi si generano quantità variabili di residui colturali che, nell'orticoltura in campo aperto, rimangono quasi sempre sul posto, consentendo di dedurre integralmente il loro tenore in P, K, e Mg dalla concimazione della coltura successiva. Per l'N, invece, a seconda del precedente colturale, la quota a disposizione della coltura successiva si limita a circa l'80 % di quanto presente nei residui colturali (= $N_{disponibile}$). Siccome, però, parte di questo N si perde, soprattutto nel periodo che intercorre tra due colture successive, in Svizzera, si stima che solo il 20 % dell'N disponibile sia effettivamente utilizzabile dalla coltura successiva (= Nutilizzabile). Nel fabbisogno lordo in elementi nutritivi delle colture orticole non sono inclusi gli apporti provenienti dal suolo.

Il fabbisogno netto in nutrienti corrisponde a quanto esportato tramite i prodotti venduti è va reintegrato con la concimazione. Per P, K e Mg, il fabbisogno netto si calcola sottraendo dal fabbisogno lordo i tenori dei residui colturali rimasti in campo. La tabella 1a e l'Ordinanza sulla concimazione in vigore in Germania (DüV, 2017; tab. 4, pag. 26 e segg.) danno indicazioni sulla quantità di N presente nei residui colturali e potenzialmente disponibile per la coltura che seguirà. A differenza di quanto capita in Svizzera, per calcolare il fabbisogno netto in N, in Germania è possibile prendere in considerazione fino al 70 % dell'N disponibile contenuto nei residui del precedente colturale (Feller *et al.*, 2011; Krug, 1991). Va, però, ancora verificato in via definitiva in che misura sia possibile trasferire questi dati alla realtà dei nostri suoli.

Anche in orticoltura, calcolare il fabbisogno netto in N delle colture, tenendone in considerazione l'apporto proveniente dal suolo, fa ormai parte delle buone pratiche professionali (Krug, 1991). Oggigiorno, per determinare le quantità di N in gioco, si utilizzano dei metodi di stima o si analizza l'azoto minerale (N_{min}) presente in campioni di suolo. 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 (PRIC 2017, modulo «Caratteristiche e analisi del suolo», capitolo 4, Flisch *et al.*, 2017). Dal fabbisogno lordo corretto vanno, quindi, dedotti gli elementi nutritivi contenuti nei residui del precedente colturale (tab. 1a). Suisse-Bilanz (strumento ufficiale utilizzato dall'UFAG, il cui scopo è fornire la prova che il bilancio aziendale in N e P sia equilibrato) consente 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 (H_2O10) (Agroscope, 2020c, 2020a). La scelta del metodo d'analisi dipende dalle caratteristiche del suolo. (Flisch *et al.*, 2017, capitolo 4).

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 (H_2O10) (2x) (Gysi *et al.* 2002).

$$\textbf{Fattore di correzione} = \frac{(1 \text{ x fattore di correzione AAE10} + 2 \text{ x fattore di correzione H2O10})}{3}$$

La concimazione N si può ottimizzare conoscendo l'N disponibile per le piante presente nel suolo in un preciso istante. A complemento dei metodi di stima, l'analisi dell'N minerale (metodo N_{min}) consente di tenere conto della disponibilità di N presente, in un dato momento, nelle vicinanze delle radici delle colture (Agroscope, 2020d, 2020b).

Tabella 1a: Fabbisogno lordo in elementi nutritivi, tenore in elementi nutritivi dei residui colturali e fabbisogno netto in elementi nutritivi di differenti colture orticole in campo aperto (Neuweiler & Krauss, 2017).

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_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N disp*	N util**	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg
Brassicacee														
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
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
Cavolo piuma	300	270	34.9 (80)	215.8 (260)	20	90	20	13.1 (30)	83 (100)	10	250	21.8 (50)	132.8 (160)	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)	207.5 (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
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
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

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_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N disp*	N util**	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg
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 conserva-zione 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 conserva-zione 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
Pastinaca	400	200	52.3 (120)	340.2 (410)	35	100	20	13.1 (30)	99.6 (120)	10	180	40.3 (90)	240.7 (290)	25
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
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

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_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N disp*	N util**	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg
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 [a]	800	130	21.8 (50)	215.8 (260)	30	0	0	0	0	0	130	21.8 (50)	215.8 (260)	30
Liliacee														
Aglio	200	130	20.1 (45)	166 (200)	20	70	10	6.7 (15)	66.4 (80)	10	120	13.4 (30)	99.6 (120)	10
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 [a]	50	140	13.1 (30)	107.9 (130)	20	0	0	0	0	0	140	13.1 (30)	107.9 (130)	20
Asparago verde [a]	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														
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
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
Fabbisogni medi di colture orticole 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**

[a] Di solito, i residui colturali vengono allontanati dalla parcella.

* A seconda del precedente colturale, la quota di N disponibile per la coltura successiva è pari a circa l'80 % di quanto contenuto nei residui colturali (= Ndisponibile).

** Siccome parte dell'N disponibile si perde, si stima che solo circa il 20 % sia effettivamente utilizzabile dalla coltura successiva (= Nutilizzabile).

*** Questi valori consentono di farsi un'idea sui fabbisogni medi di tutte le colture orticole in campo aperto di cui non si conoscono le norme di concimazione.

Non essendo frutto di medie ponderate, le cifre vanno considerate come semplici direttive e non come consigli di concimazione veri e propri.

Tabella 1b: Fabbisogno lordo in elementi nutritivi, tenore in elementi nutritivi dei residui colturali e fabbisogno netto in elementi nutritivi di differenti colture orticole in serra e tunnel (Neuweiler & Krauss, 2017).

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				Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg
Melanzana in piena terra	900	200	43.6 (100)	290.5 (350)	50	200	43.6 (100)	290.5 (350)	50
Fagiolino rampicante [a]	500	0-40	34.9 (80)	149.4 (180)	30	40	34.9 (80)	149.4 (180)	30
Indivia scarola autunnale	450	140	21.8 (50)	149.4 (180)	30	140	21.8 (50)	149.4 (180)	30
Cetrioli in piena terra, 30 pezzi/m^2	1500	200	43.6 (100)	249 (300)	60	200	43.6 (100)	249 (300)	60
Cetrioli in piena terra, 50 pezzi/m^2 [b]	2500	300	65.4 (150)	332 (400)	80	300	65.4 (150)	332 (400)	80
Cavolo rapa	450	140	26.2 (60)	166 (200)	30	140	26.2 (60)	166 (200)	30
Bietola da coste	900	200	43.6 (100)	332 (400)	50	200	43.6 (100)	332 (400)	50
Crescione [a]	130	20	4.4 (10)	24.9 (30)	10	20	4.4 (10)	24.9 (30)	10
Porro	500	160	26.2 (60)	182.6 (220)	30	160	26.2 (60)	182.6 (220)	30
Valerianella o formentino [a]	120	50	4.4 (10)	49.8 (60)	10	50	4.4 (10)	49.8 (60)	10
Peperone in piena terra	600	160	21.8 (50)	207.5 (250)	30	160	21.8 (50)	207.5 (250)	30
Prezzemolo	300	100	21.8 (50)	149.4 (180)	20	100	21.8 (50)	149.4 (180)	20
Portulaca	150	70	8.7 (20)	74.7 (90)	20	70	8.7 (20)	74.7 (90)	20
Rapanello, 20 mazzi/m^2 [a]	400	60	13.1 (30)	83 (100)	20	60	13.1 (30)	83 (100)	20
Ramolaccio, 18 pezzi/m^2	600	90	21.8 (50)	166 (200)	30	90	21.8 (50)	166 (200)	30
Rucola, un taglio	200	150	13.1 (30)	124.5 (150)	10	150	13.1 (30)	124.5 (150)	10
Rucola, due tagli	300	210	17.5 (40)	149.4 (180)	20	210	17.5 (40)	149.4 (180)	20
Lattuga cappuccio, iceberg, lollo	400	80	13.1 (30)	116.2 (140)	20	80	13.1 (30)	116.2 (140)	20
Erba cipollina, una coltura [c]	300	100	17.5 (40)	149.4 (180)	30	100	17.5 (40)	149.4 (180)	30
Insalata da taglio	150	50	4.4 (10)	41.5 (50)	10	50	4.4 (10)	41.5 (50)	10
Sedano da condimento, 40 pezzi/m^2	600	120	30.5 (70)	182.6 (220)	30	120	30.5 (70)	182.6 (220)	30
Spinacio	120	100	13.1 (30)	116.2 (140)	20	100	13.1 (30)	116.2 (140)	20
Pomodoro in piena terra	1200	170	34.9 (80)	282.2 (340)	60	170	34.9 (80)	282.2 (340)	60
Pomodoro in piena terra	1800	250	43.6 (100)	415 (500)	80	250	43.6 (100)	415 (500)	80
Pomodoro in piena terra	2400	330	69.8 (160)	564.4 (680)	120	330	69.8 (160)	564.4 (680)	120
Pomodoro in piena terra	3000	400	87.3 (200)	705.4 (850)	150	400	87.3 (200)	705.4 (850)	150
Zucchina e patisson	600	160	13.1 (30)	124.5 (150)	10	160	13.1 (30)	124.5 (150)	10

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				Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg	N	P (P_2O_5)	K (K_2O)	Mg
Fabbisogni medi di colture orticole in serra e tunnel *		130	26.2 (60)	182.6 (220)	35	130	26.2 (60)	182.6 (220)	35

[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.

[c] La forzatura dell'erba cipollina si esegue senza concimazione supplementare.

* Questi valori consentono di farsi un'idea sui fabbisogni medi di tutte le colture orticole in serra e tunnel di cui non si conoscono le norme di concimazione.
Non essendo frutto di medie ponderate, le cifre vanno considerate come semplici direttive e non come consigli di concimazione veri e propri.

Nel caso di ortaggi coltivati in serra e tunnel, i fabbisogni netti e lordi in elementi nutritivi corrispondono quasi sempre, perché, di solito, i residui colturali non vengono incorporati nel suolo. Solo se si coltivano leguminose, quali, per esempio, i fagiolini rampicanti, si possono contabilizzare 40 kg/ha di N in Suisse-Bilanz in virtù dell'avvenuta azotofissazione.

3 Concimazione azotata mirata

A differenza di quanto capita nei seminativi, molte colture orticole si raccolgono già nelle prime fasi del loro sviluppo; ben prima che raggiungano la maturazione fisiologica. Ciò vale in particolare per gli ortaggi da foglia raccolti in piena fase di crescita vegetativa e, quindi, bisognosi di ricevere un apporto di N che copra le loro esigenze fino a raccolta avvenuta.

3.1 Ottimizzazione dell'efficienza dell'azoto

Se si esegue una concimazione N conforme alle esigenze di ogni singolo ortaggio, a fine ciclo, nella zona occupata dalle radici, rimangono quantità di N residue da medie a elevate, a dipendenza della coltura considerata. In alcune situazioni, poi, anche i residui colturali ne contengono quantità considerevoli, che, una volta rilasciate, vanno ad aggiungersi alla quota di N disponibile per la coltura successiva. (Spiess *et al.*, 2022). L'effetto residuo dell'N dipende molto dal tipo e dalla quantità di residui colturali che rimangono in campo (cavolfiore: 77-90 kg/ha di N con periodo di mineralizzazione di 10 settimane; lattuga: 9 kg/ha di N con periodo di mineralizzazione di 4 settimane), nonché dal modo con cui li si incorpora nel suolo e dalle condizioni meteorologiche presenti durante il periodo interessato. A seconda delle condizioni prevalenti, la coltura successiva può valorizzare dal 20 al 70 % dell'N presente nei residui del precedente colturale (Feller *et al.*, 2011; Neuweiler & Krauss, 2017). Questa percentuale si attesta attorno al 50 % se la situazione è favorevole (suolo né troppo bagnato né compattato e periodo vegetativo tra maggio e settembre), per aumentare fino al 70 % se si verificano ulteriori condizioni molto favorevoli (incorporazione superficiale dei residui colturali, clima caldo e umido).

In primavera, non appena il suolo si riscalda, la mineralizzazione della sostanza organica diventa una fonte aggiuntiva di N da non sottovalutare. Se i primi ortaggi primaverili hanno possono attingere solo parzialmente all'N presente nel suolo, le colture orticole che seguono possono valorizzarne quantità significativamente più elevate (residui colturali e mineralizzazione della sostanza organica accelerata da temperature crescenti). Questo azoto è utilizzabile dalle colture orticole in crescita alla stessa stregua di quello contenuto nei concimi N. Ne consegue che, integrando queste disponibilità nel calcolo della concimazione N, a seconda della coltura considerata, si può ridurre la quantità di N apportato con i concimi fino al 15 %, (Baumgarten, 2008).

Nei suoli caldi e biologicamente attivi, l'analisi N_{min} è molto utile per determinare la quantità di N disponibile nel suolo. Diverse analisi N_{min}, svolte nel quadro di rotazioni comprendenti colture orticole, hanno dimostrato che, nel caso di ortaggi a ciclo estivo, l'N minerale del suolo è in grado di coprire buona parte del fabbisogno colturale. Valide informazioni sul grado di approvvigionamento in N degli ortaggi si possono ottenere anche analizzando direttamente le piante (analisi dei NO_3^- presenti nella linfa). Finora, tuttavia, nell'ambito dell'orticoltura svizzera, questa tipologia di analisi è stata utilizzata solo sporadicamente.

3.2 Concimazione azotata basata sull'analisi N_{min}

Le tabelle 1a e 1b riassumono, tra l'altro, il fabbisogno N delle principali colture orticole. Gli orticoltori che determinano la concimazione N tenendo conto della quantità di N disponibile presente nel suolo si basano sul confronto tra i risultati dell'analisi N_{min} (Agroscope, 2020d, 2020b) e i valori di riferimento riportati nelle tabelle 2a e 2b. L'analisi N_{min} esprime la quantità di N minerale del suolo a disposizione degli ortaggi in un determinato momento del loro ciclo colturale (Wonneberger *et al*. 2004).

L'ideale è analizzare campioni di suolo prelevati appena prima del trapianto, della semina e di ogni concimazione di copertura (Baumgarten, 2008). La profondità di prelievo dei campioni per l'analisi N_{min} (tabb. 2a & 2b) è legata alla profondità di radicazione della specie (Gysi *et al.* 1997; Zemek *et al*., 2020). Per le colture orticole il cui apparato radicale occupa un volume limitato di suolo e ne colonizza il solo 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 tra 0 e 60 cm oppure tra 0 e 90 cm (tabb. 2a & 2b). Nei terreni molto sassosi, scendere fino a 90 cm di profondità può risultare molto oneroso. Esperienze empiriche mostrano che, riducendo la profondità di campionamento di 30 cm (da 90 a 60), influenza generalmente poco la stima del fabbisogno in N (Zemek *et al*., 2020). Affinché il campionamento sia rappresentativo servono almeno 12 prelievi, distribuiti lungo le diagonali della parcella interessata. I campioni parziali vanno quindi miscelati con cura per formare il campione definitivo, destinato all'analisi. I parametri del suolo si possono valutare correttamente se il suolo è in tempera al momento del campionamento (Baumgarten, 2008).

L'analisi N_{min} dà risultati affidabili solo se il campionamento si esegue almeno 4 settimane dopo l'ultima concimazione N oppure a 3 mesi dalla concimazione organica più recente (Baumgarten, 2008). Il campionamento non andrebbe eseguito nemmeno subito dopo una lavorazione del suolo, per non contabilizzare l'N mobilizzato dalla mineralizzazione della sostanza organica (Baumgarten, 2008). Per ridurre i picchi di lavoro e garantire prelievi corretti, sempre più spesso, le aziende agricole delegano il campionamento a contoterzisti adeguatamente meccanizzati.

I campioni di suolo non devono assolutamente scaldarsi per evitare che la mineralizzazione dell'N prosegua nei sacchetti. Vanno, perciò, trasferiti in appositi contenitori refrigerati immediatamente dopo il prelievo. La spedizione va eseguita tempestivamente e utilizzando imballaggi isolanti. Il materiale necessario per la spedizione è solitamente fornito dai laboratori d'analisi. Se non è possibile consegnare i campioni direttamente al laboratorio, bisogna congelarli.

I risultati dell'analisi N_{min} consentono di calcolare i kg/ha di N disponibile presenti nel volume di suolo occupato dalle radici al momento del campionamento (Agroscope, 2020b). Il dato analitico si confronta 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. La quantità di N da distribuire si ottiene sottraendo ai valori tabulari quelli ottenuti con l'analisi N_{min} (= differenza). L'analisi N_{min} dà un'immagine istantanea della situazione, ma non consente di fare previsioni sulla mineralizzazione che si può verificare nel prosieguo del ciclo colturale.

N da distribuire (kg N/ha) = Valore di riferimento N_{min} – tenore N_{min} 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 Nmin di colture orticole in campo aperto. Le caselle con fondo grigio indicano l'epoca raccomandata per eseguire l'analisi Nmin.

Coltura orticola in campo aperto	Resa	Fabbisogno totale in N	Profondità di prelievo[2]	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						
	(kg/a)	(kg N/ha)	(cm)	0[1]	2	4	6	8	10	12
Brassicacee										
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	–	–
Cima di rapa	400	170	60	180	160	140	120	100	80	60
Cavolo piuma	300	270	60	110	290	220	150	70	50	–
Cavolo cappuccio (cabis) sotto velo di protezione	300	160	60 (90)	120	190	150	100	60	50	50
Cavolo cappuccio (cabis) da conservazione	500	220	60 (90)	140	240	190	130	60	50	50
Cavolo cappuccio (cabis) da taglio	800	300	60 (90)	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 mazzi /m^2	300	50	30	90	90	40	40	–	–	–
Ramolaccio, 8–9 pezzi /m^2	400	120	30 (60)	–	150	120	80	40	–	–
Cavolo di Bruxelles	250	300	60 (90)	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 (90)	160	140	130	110	80	50	–
Verza, pesante	400	170	60 (90)	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 (90)	–	–	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
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 (60)	100	130	70	40	40	–	–
Insalata da taglio	150	60	30	50	80	70	50	30	–	–
Scorzonera	250	130	60 (90)	–	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

Coltura orticola in campo aperto	Resa	Fabbisogno totale in N	Profondità di prelievo[2]	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						
	(kg/a)	(kg N/ha)	(cm)	0[1]	2	4	6	8	10	12
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 (90)	–	150	150	100	50	30	30
Carota da conservazione e da industria	900	150	60 (90)	–	180	170	120	70	30	30
Pastinaca	400	200	60	–	230	220	170	120	80	50
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
Leguminose										
Fagiolino nano o rampicante, raccolta manuale	150	0	30 (60)	30	30	30	30	30	–	–
Fagiolo da industria	90	0	30 (60)	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	–

Coltura orticola in campo aperto	Resa	Fabbisogno totale in N	Profondità di prelievo[2]	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						
	(kg/a)	(kg N/ha)	(cm)	0[1]	2	4	6	8	10	12
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										
Aglio	200	130	60	-	80	70	60	50	F	110
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 (90)	E	170	170	170	170	170	170
Asparago verde	25	150	60 (90)	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 (90)	–-	E	170	–-	–	–	–
Mais dolce	180	150	60 (90)	100	190	180	150	110	80	50

– Analisi Nmin e concimazione N da evitare.

F Valore Nmin al risveglio vegetativo primaverile.

E Valore Nmin 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.

[1] Il valore di riferimento Nmin ad inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi Nmin va limitato ai primi 30 cm di profondità del suolo.

[2] Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi Nmin 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 Nmin del campione 0−30 cm; l'analisi Nmin dello strato di suolo 0−60 cm si può eseguire su un campione unico. I valori riportati tra parentesi si riferiscono alle profondità di campionamento in uso nei paesi limitrofi (Zemek et al., 2020). A seconda del tipo di suolo, un campionamento più profondo può contribuire a una stima più accurata del fabbisogno di N della coltura in oggetto.

[3] Settimane dall'inizio della crescita primaverile.

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 orticola in serra e tunnel	Resa	Fabbisogno totale in N	Profondità di prelievo[2]	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						
	(kg/a)	(kg N/ha)	(cm)	0[1]	2	4	6	8	10	12
Melanzana	900	200	60	180	170	160	150	140	130	120
Fagiolino 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
Zucchina e patisson	600	160	60	100	180	140	120	100	80	50

– Analisi N_{min} e concimazione N da evitare.

[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 del suolo.

[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.

Al fine di ottimizzare la valorizzazione degli elementi minerali da parte delle colture, si raccomanda di frazionare la distribuzione dei concimi N ad azione rapida e media. In questo modo, si evita il trasferimento dei NO_3^- negli strati più profondi del suolo, irraggiungibili dalle radici, e contemporaneamente, si adatta la concimazione allo sviluppo della coltura (Lindemann-Zutz *et al.*, 2021). I fabbisogni in N dipendono dal tipo d'ortaggio, dal suo stadio di sviluppo, dall'obiettivo di resa e da svariati parametri ambientali locali. In Feller *et al.* (2011) si trova una panoramica sui fabbisogni N dei diversi stadi di sviluppo di ogni ortaggio. Tenendo conto dei fabbisogni in N e della sua disponibilità nel suolo, è possibile applicare il metodo KNS, basato sui valori N_{min} di riferimento, e accompagnare così la coltura (Lorenz, 1989) distribuendo N in modo flessibile. La suddivisione dell'N tra concimazione di base e concimazione di copertura può anche contribuire a evitare marciumi, monta a fiore e livelli eccessivi di NO_3^- nelle colture orticole.

Promemoria: Le prescrizioni emanate dal marchio SUISSE GARANTIE e dall'associazione SwissGAP limitano a 60 kg/ha i singoli apporti di N distribuiti sotto forma di NO_3^-.

I requisiti sulle procedure e le quantità massime di concime consentite per ogni singola distribuzione variano a seconda del marchio di produzione scelto. L'opuscolo «Elementi nutritivi e uso dei concimi nell'agricoltura» (UFAM & UFAG, 2012) riporta ulteriori informazioni in merito.

3.3 Concimazione azotata basata sull'analisi delle piante

L'analisi del tenore in NO_3^- della linfa può fornire indicazioni utili su livello effettivo di nutrizione N degli ortaggi. Questo metodo consente di decidere velocemente se e quanto N è opportuno distribuire. In pratica, si confrontano i ppm di NO_3^- misurati nella linfa (mg/kg di sostanza fresca) con i valori di riferimento della coltura (Neuweiler, 2011). Se i valori misurati sono inferiori di 500-1'000 ppm rispetto ai valori di riferimento, si distribuiscono circa 30 kg di N/ha in copertura, mentre se la differenza negativa supera i 1'000 ppm, si sale a 60 kg di N/ha (Neuweiler, 2011). Il metodo è in corso di valutazione; i risultati si confrontano con quanto ottenuto all'estero, allo scopo di adattarlo con maggiore precisione alla futura gestione delle colture orticole.

3.4 Concimazione azotata basata su metodi digitali di misurazione

Come ribadito più volte, l'analisi N_{min} dà un'immagine istantanea della disponibilità in N del suolo, senza però prevederne l'evoluzione. Il suo punto debole risiede nell'elevato onere in tempo e lavoro richiesto dalla sua applicazione che la rende poco adatta quando si tratta di decidere in tempi rapidi e/o di adattare la concimazione azotata di copertura a numerose parcelle, magari di ampiezza limitata. L'alternativa rappresentata dall'analisi della linfa, pur se più veloce, fornisce informazioni sullo stato nutrizionale della coltura, ma non dice nulla a proposito delle riserve di N presenti nel suolo. In questo ambito, i metodi digitali di misurazione, che si avvalgono di appositi sensori, rappresentano un supporto decisionale che, in futuro, potrebbe colmare le lacune di entrambi i metodi appena descritti. Esistono diversi metodi digitali capaci di determinare in tempo reale lo stato nutrizionale di suolo e/o pianta, consentendo di pianificare e mettere in pratica velocemente la concimazione di copertura, adattandola alle diverse parcelle aziendali.

In ragione della grande varietà che caratterizza le colture orticole, i risultati dei metodi digitali sono ancora limitati. Tuttavia, i riscontri ottenuti applicando questi metodi ai seminativi dimostrano come sia possibile ridurre le eccedenze di N, mantenendo inalterato il livello delle rese. (Grossrieder *et al.*, 2022). Per ottenere risultati affidabili e facilitarne l'introduzione nella pratica, i metodi digitali sono costantemente migliorati e confrontati, a livello d'applicazione e precisione, con l'analisi N_{min}. Attualmente (giugno 2023), non esiste un metodo digitale di misurazione sufficientemente validato, che consenta di elaborare delle raccomandazioni pratiche per la concimazione degli ortaggi.

3.5 Mantenimento dell'azoto residuo durante l'autunno

Se si pianifica la concimazione azotata delle colture orticole senza considerare l'offerta di N disponibile presente nel suolo, se ne peggiora la valorizzazione, aumentando il rischio che l'N venga dilavato entro il successivo il riposo vegetativo invernale. I rischi maggiori si corrono con l'N residuo lasciato da cavoli e

ortaggi da foglia (lattuga, spinaci, cavolfiori, broccoletti) particolarmente esigenti in N e la cui raccolta avviene da fine estate all'autunno, senza che siano seguite da altre colture prima della primavera successiva.

Quando queste colture orticole vengono raccolte a stagione non troppo avanzata, il modo più efficace per ridurre il dilavamento dei NO_3^- è quello di seminare sovesci a rapido sviluppo. Miscele foraggere adatte a semine tardive o cereali, come l'avena, si adattano bene allo scopo, visto che sono esigenti in N e non crescono in inverno, liberando poi N in primavera, una volta incorporate nel terreno. In presenza di ortaggi raccolti a stagione molto avanzata e che, quindi, non consentono la semina di una coltura intercalare, la gestione dei residui colturali diventa delicata. In pratica, non li si dovrebbe lasciare in campo, ma andrebbero idealmente valorizzati in altro modo, per esempio compostandoli o facendoli fermentare in un impianto di produzione di biogas. Ciò vale in particolare per le regioni dove sussistono problemi di NO_3^- nelle acque sotterranee.

4 Concimazione sulfurea

L'obbligo di desolforare i fumi ha di fatto eliminato gli apporti di zolfo (S) atmosferico che consentivano di coprire la maggior parte delle esigenze in S delle principali colture orticole. La continua diminuzione di questa fonte di approvvigionamento (Flisch *et al*. 2009) fa sì che la sostanza organica (SO) del suolo e la concimazione sulfurea assumano sempre più importanza come fonti di S per gli ortaggi. I suoli ricchi in SO e le parcelle sulle quali si distribuiscono regolarmente concimi aziendali e/o compost sono in grado di fornire alle piante maggiori quantità di S disponibile. Va comunque tenuto in debito conto che la quota di nutrienti rilasciata dalla SO durante l'anno di distribuzione si limita al 5-10 % circa del totale (Becker et al., 2016). 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 zolfo gioca un ruolo in molti processi metabolici, tra i quali anche la sintesi clorofilliana. Inoltre, esso è un costituente essenziale di molti amminoacidi e di altre componenti organiche delle piante, quali i glucosinolati (Bergmann, 1993), costituenti importanti delle sostanze aromatiche che caratterizzano diversi tipi di cavolo e altre colture appartenenti alla famiglia delle brassicacee. Ad altre molecole organiche contenenti S vanno principalmente attribuiti il gusto e l'aroma pungente delle parti commestibili di cipolla, aglio, porro e asparago.

4.2 Fabbisogno in zolfo delle colture orticole

Le colture orticole di gran lunga più esigenti in S appartengono alla famiglia delle brassicacee (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; Flisch *et al*., 2017).

In generale, le colture primaverili precoci sono più esigenti in S rispetto a quelle estive e autunnali. Nelle regioni con precipitazioni 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 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, durante la coltivazione di ortaggi con esigenze in S da medie a elevate. Le colture più a rischio sono quelle esigenti, precoci e coltivate sotto velo di protezione.

In primavera, i sintomi di carenza 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 svernanti di questo ortaggio (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 sulfurei

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 SO_4^{2-}, quali: superfosfato, solfato di potassio, solfato di magnesio, ecc. (PRIC 2017, modulo «Caratteristiche e utilizzo dei concimi», capitolo 4.2, Richner *et al*., 2017). Un'altra possibilità consiste nell'utilizzare, a scopo preventivo, solfato ammonico oppure concimi ENTEC® contenenti S.

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 commercializzabili che può superare dell'85 % la resa ottenuta con una concimazione priva di S. Per ottenere un tale risultato, si è constatato come l'apporto di 75 kg S/ha sia sufficiente (Neuweiler, 2013). 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, anche nel caso di 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 (tab. 3). Bisogna tuttavia considerare che, in caso di pH sfavorevoli, una quota considerevole dei microelementi distribuiti viene fissata nel suolo e risulta, quindi, 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 la disponibilità dei microelementi a medio e lungo termine (PRIC 2017, modulo «Caratteristiche e analisi del suolo», capitolo 5, Flysch *et al*., 2017).

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 sopracitati, 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 in tempi brevi a una carenza. Per ciò che concerne i microelementi, la differenza tra carenza ed eccesso è molto piccola (Trott, 2013). L'impiego inappropriato di questi concimi può portare rapidamente a una situazione di eccessiva disponibilità, con conseguente danneggiamento della coltura. Per questa ragione, quando li si distribuisce si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

Tabella 3: Sintesi su significato e impiego di microelementi in orticoltura.

Elemento nutritivo	Colture orticole esigenti e situazioni ambientali potenzialmente critiche	Formulazione abituale	Informazioni complementari
Ferro (Fe)	Diversi ortaggi precoci coltivati su suoli pesanti e alcalini, talvolta soggetti a ristagno idrico.	Solfato di Fe, chelato di Fe	Valori di pH alcalini limitano fortemente l'azione del solfato di Fe nel 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 nel 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, broccoletto 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 fagiolo, cipolla e 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 brassicacee, 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.

6 Sintomi di carenza in elementi nutritivi

In una pianta, non appena l'equilibrio nutrizionale si sbilancia, compaiono sintomi di carenza la cui osservazione dà indicazioni sulle cause del problema. Nella tabella 4, si riporta una sintesi dei più evidenti sintomi di carenza in nutrienti che caratterizzano le colture orticole (Knickmann & Tepe, 1966; Krug, 1991). Descrizioni più dettagliate per le singole specie di ortaggi si trovano in Zorn *et al*. (2016) e Wissemeier & Olfs (2019).

Tabella 4: Sintesi sui sintomi di carenza in elementi nutritivi.

Elemento nutritivo	Sintomi di carenza
Azoto (N)	Principalmente sulle foglie più vecchie e solo successivamente anche su quelle giovani. La pianta cresce stentatamente e forma foglie piccole e strette. L'intera foglia assume spesso un aspetto clorotico, caratterizzato da colorazioni tra il verde e il giallo chiari. Le foglie dei cavoli appaiono spesso grigio verdi, mentre quelle di cavolo rosso e barbabietola rossa tendono al rosso scuro. La formazione delle infiorescenze, così come quella dei frutti è inibita.
Fosforo (P)	Principalmente sulle foglie più vecchie. Le foglie assumono una colorazione verde scuro e la crescita si riduce fortemente. A seconda del tipo di ortaggio (cavoli, pomodori), sulla pagina inferiore delle foglie si notano riflessi rosso-violacei e, talvolta, deformazioni e arricciamenti. In caso di carenza grave, si sviluppano necrosi e colorazioni rosso-brune.
Potassio (K)	Principalmente sulle foglie più vecchie. Spesso, le foglie assumono una colorazione blu verde (di solito più chiara nei piselli e nei fagioli). La pianta appare floscia («appassita») e le foglie ingialliscono partendo dal bordo e poi disseccano (necrosi del bordo fogliare). Nelle insalate, il cespo non si forma correttamente e le foglie rimangono ondulate. Le foglie di fagioli e piselli si arricciano.
Magnesio (Mg)	Principalmente sulle foglie più vecchie e solo successivamente anche quelle giovani. Apparizione di clorosi, seguite da necrosi. Talvolta, si notano anche colorazioni rosse, viola o arancioni. Le nervature delle foglie rimangono verdi. Le foglie dei cavoli diventano spesso marmorizzate.
Zolfo (S)	Principalmente sulle foglie più giovani. Foglie da verde pallido a giallastre. In casi di carenza grave, ingialliscono anche le nervature.
Calcio (Ca)	Principalmente sulle foglie giovani. Parti della pianta appaiono deformate. Sviluppo di marciumi apicali (pomodoro, peperone, peperoncino piccante). Nelle insalate, apparizione di necrosi marginali o «tip burn».
Boro (B)	Principalmente sulle parti giovani della pianta. La pianta cresce stentatamente e le foglie si deformano. Spesso, i sintomi si riscontrano sull'apice vegetativo. La formazione dei fiori è perturbata, mentre la buccia dei frutti tende a scoppiare (rafano, ravanello)
Manganese (Mn)	Principalmente sulle foglie giovani, ma possibile su tutte le parti della pianta. Apparizione di clorosi e necrosi puntiformi. Lo sviluppo delle radici è inibito.
Ferro (Fe)	Principalmente sulle foglie giovani. Le foglie diventano clorotiche: gli spazi internervali ingialliscono, mentre le nervature rimangono verdi.
Molibdeno (Mo)	Principalmente sulle foglie giovani, che si deformano. Tra gli ortaggi più sensibili troviamo quelli appartenenti a brassicacee (cavolfiore, ravanello, cavolo bianco, cavolo rapa) e leguminose.
Rame (Cu)	Principalmente sulle giovani parti della pianta, che si deformano.
Zinco (Zn)	A seconda della specie vegetale, sulle foglie giovani e/o anche su quelle più vecchie compaiono aree prima clorotiche quindi necrotiche. La crescita della pianta è inibita.

7 Concimazione fogliare

Attraverso i loro micropori, le foglie sono in grado di assorbire gli elementi nutritivi disciolti in una pellicola d'acqua. La velocità d'assorbimento e la percentuale di nutriente assorbita dipendono principalmente da:

a. **tipo e formulazione dell'elemento nutritivo;**
b. **persistenza e ripartizione della soluzione nutritiva sulla superficie della pianta;**
c. **capacità d'assorbimento degli organi vegetali irrorati; questa caratteristica dipende soprattutto dalla struttura fogliare propria di ogni specie (spessore della cuticola), dall'età delle foglie e dall'umidità dell'aria presente prima dell'irrorazione;**
d. **umidità dell'aria presente durante e dopo l'irrorazione ed eventuali precipitazioni successive (durata dell'umettazione fogliare).**

Gli elementi nutritivi distribuiti tramite concimazione fogliare non sono fissati dalle componenti del suolo né devono passare attraverso l'assorbimento radicale. I concimi fogliari sono assorbiti più velocemente di quelli distribuiti tradizionalmente a terra. 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 e per assicurare la qualità dei prodotti richiesta dal mercato.

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 a questa pratica quando condizioni calde e siccitose succedono a periodi umidi. In questi casi, si raccomanda di rinunciarvi o di ridurre la concentrazione della soluzione nutritiva. Le irrorazioni vanno eseguite, nel limite del possibile, la sera durante le ore più fresche.

Nell'eventualità che si distribuisca una miscela tra concimi fogliari e prodotti fitosanitari, bisogna verificare preventivamente la miscibilità di tutti i prodotti in gioco. La rapida formazione di flocculi nella poltiglia è un chiaro indice di non miscibilità. In linea di massima, l'irrorazione combinata di concimi fogliari e prodotti fitosanitari aumenta il rischio di fitotossicità. Come sempre in questi casi, si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

8 Impiego di concimi ottenuti dal riciclaggio

Compost e digestati, sia solidi sia liquidi, sono i concimi ottenuti dal riciclaggio che si stanno affermando sempre più nell'orticoltura in campo aperto. Da questi concimi, oltre che un apporto diretto di nutrienti, 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 impianti di piccoli frutti (Neuweiler & Heller, 2000), hanno mostrato che il compost può anche stimolare l'attività di microrganismi antagonisti naturali di diversi agenti patogeni trasmessi alle piante dal suolo (De Corato, 2020; Grand & Michel, 2020). 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 m^3 di digestato liquido, a condizione di non superare il fabbisogno delle piante in N e P (ORRPChim, 2005, all. 2.6, cap. 3.2.2 compost e digestati).

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 quantitativi di N e P in essi contenuti vanno contabilizzati in Suisse-Bilanz e sommati a quelli degli altri concimi utilizzati nell'annata.

I concimi aziendali e quelli ottenuti dal riciclaggio non si dovrebbero utilizzare sulle colture orticole, ma andrebbero preferibilmente distribuiti sui seminativi e sulle colture foraggere che le precedono oppure subito prima delle lavorazioni profonde eseguite prima della preparazione del letto di semina/piantagione degli ortaggi. Rispettando questo modo di procedere, si escludono problemi temporanei di crescita e qualsiasi preoccupazione di carattere igienico-sanitario.

9 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'ultimo tipo di avversità si può limitare efficacemente applicando una rotazione colturale variata. L'ottimizzazione della concimazione N realizzata grazie all'analisi e ai valori di riferimento N_{min}, associati ai diversi stadi di sviluppo dei singoli ortaggi, o a software informatici dedicati può contribuire ad aumentare l'efficienza della concimazione a parità di resa e di qualità dei prodotti finali. Così facendo, è possibile evitare inutili immissioni di nutrienti nell'ambiente, risparmiare sui costi di concimazione e ridurre nel contempo il carico amministrativo.

10 Bibliografia

Agroscope (2020a). Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope – Extraktion mit Ammoniumacetat + EDTA (1:10); Version 3.2. (in tedesco e francese) https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/45962

Agroscope (2020b). Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope – Extraktion von NO3-N und NH4-N mit 0.01M Calciumchlorid (1:4) zur Bestimmung von N_{min}; Version 1.2. (in tedesco e francese) https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/45978

Agroscope (2020c). Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope – Extraktion von P, K und Mg mit Wasser (1:10); Version 4.1. (in tedesco e francese) https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/45973

Agroscope (2020d). Schweizerische Referenzmethoden der Forschungsanstalten Agroscope – Probenahme für die N_{min}-Untersuchung; Version 1.2 (2020). (in tedesco e francese) https://link.ira.agroscope.ch/de-CH/publication/45984

Baumgarten A. (2008). Richtlinien für die sachgerechte Düngung im Garten- und Feldgemüsebau (87 pp.). Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. https://info.bml.gv.at/dam/jcr:eb74563c-fc09-4f78-bda2-2f203c4ecc29/RichtlinienfuerdiesachgerechteDuengungimGarten-undFeldgemuesebau.pdf

Becker K., Riffel A., Schmidtke K. & Fischinger S. A. (2016). Schwefeldüngung zu Futter- und Körnerleguminosen Empfehlungen für den ökologischen Landbau. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Bonn.

Bergmann W. (1993). Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.

Crüger G. (1982). Pflanzenschutz im Gemüsebau – Handbuch des Erwerbsgärtners. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 422 pp.

De Corato U. (2020). Disease-suppressive compost enhances natural soil suppressiveness against soil-borne plant pathogens: A critical review. Rhizosphere, 13 (100192), 15. https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2020.100192

DüV (2017). Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen, Pub. L. No. BGBl. I S. 1305, 46. https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/BJNR130510017.html

Feller C., Dümig A., Spirkaneder S. F. M., Ludwig-Ohm S., Wildenhues H., Garming H., Ziegler J., Paladey E. & Heid P. (2022). Stickstoffdüngung im Freilandgemüsebau (Broschüre Nr. 1778; S. 144). Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung. https://www.ble-medienservice.de/1778/stickstoffduengung-im-freilandgemuesebau?c=152

Feller C., Fink M., Laber H., Maync A., Paschold P., Scharpf H. C., Schlaghecken J., Strohmeyer K., Weier U. & Ziegler J. (2011). Düngung im Freilandgemüsebau. In: M. Fink (Ed.), Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) (3rd ed.). IGZ.

Flisch R., Neuweiler R., Kuster T., Oberholzer H., Huguenin-Elie O. & Richner W. (2017). 2/ Caratteristiche e analisi del suolo. In: Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017). (Ed. W. Richner & S. Sinaj). www.pric.ch

Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W. (2009). Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau (GRUDAF). Agrarforschung, 16(2), 1–97.

Grand A. & Michel V. (2020). Kompost: Vor- und Nachteile. Best4Soil. https://www.best4soil.eu/factsheets

Grossrieder J., Ringger C., Argento F., Grandgirard R., Anken T. & Liebisch F. (2022). Standortangepasste Stickstoffdüngung: Aktuelle Methoden und Erfahrungen. Agrarforschung Schweiz, 13, 103–113. https://doi.org/10.34776/afs13-103g

Guntern J., Eichler A., Hagedorn F., Pellissier L., Schwikowski M., Seehausen O., Stamm C., van der Heijden M. G., Waldner P., Widmer I. & Altermatt F. (2020). Übermässige Stickstoff- und Phosphoreinträge schädigen Biodiversität, Wald und Gewässer. Swiss Academies Factsheet, 15(8), 1–8. https://doi.org/10.5281/zenodo.4269631

Gysi C., Ryser J.-P. & Heller W. (2002). Düngung. Handbuch Gemüse. Verband Schweizer Gemüseproduzenten.

Gysi Ch., Ryser J. P. & Heller W. (1997). Bodenuntersuchung im Gemüsebau. Flugschrift Nr. 112, 2. Auflage. Eidg. Forschungsanstalt für Obst-, Wein- und Gartenbau, Wädenswil.

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.

Huber D. M. & Haneklaus S. (2007). Managing nutrition to control plant disease. Landbauforschung Volkenrode, 57(4), 313–322.

Knickmann E. & Tepe W. (1966). Pflanzenernährung im Gartenbau (2. Auflage, Band 4). Verlag Eugen Ulmer Stuttgart.

Krug H. (1991). Gemüseproduktion – Ein Lehr und Nachschlagewerk für Studium und Praxis (2. Auflage). Verlag Paul Parey.

Lichtenhahn M., Koller M. & Schmutz R. (2003). Zwiebeln. Merkblatt. Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frick. https://orgprints.org/id/eprint/2873/1/lichtenhahn-2003-zwiebeln.pdf

Liebisch F., Max J. F., Heine G. & Horst W. J. (2009). Blossom-end rot and fruit cracking of tomato grown in net-covered greenhouses in Central Thailand can partly be corrected by calcium and boron sprays. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 172(1), 140–150. https://doi.org/10.1002/jpln.200800180

Lindemann-Zutz K., Block R., Banna-Köthemann C., Meyer S. F., Graaff E., Lessmann C. & Kohl M. (2021). Massnahmen zur Steigerung der N-Effizienz im Freilandgemüsebau – Leitfaden für Beratung und Praxis. Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen.

Lorenz H.-P. (1989). Ordnungsgemässe Stickstoff-Versorgung im Freiland-Gemüsebau nach dem «Kulturbegleitenden N_{min}-Sollwerte(KNS)-System»: KNS-Daten für 38 Gemüsearten-145 Anbauverfahren. Verein Ehemaliger Gartenbauschüler.

Neuweiler R. (2011). Düngungsrichtlinien für den Gemüsebau. Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW.

Neuweiler R. (2013). Optimierung der Schwefelversorgung im Feldgemüsebau. Merkblatt. Agroscope, Wädenswil. https://ira.agroscope.ch/de-CH/publication/31612

Neuweiler R. & Heller W. (2000). Compost and raised bed cultivation for preventing raspberry root disease. Proceedings 13th IFOAM Scientific Conference.

Neuweiler R. & Krauss J. (2017). 10/ Concimazione in orticoltura. In: Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017). (Ed. W. Richner & S. Sinaj). www.pric.ch

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 pp.

ORRPChim (2005). Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici, RS 2005 2917. https://fedlex.data.admin.ch/eli/cc/2005/478

Reif C., Arrigoni E., Neuweiler R., Baumgartner D., Nyström L. & Hurrell R. F. (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(23), 5819–5824. https://doi.org/10.1021/jf301114p

Richner W., Flisch R., Mayer J., Schlegel P., Zähner M., & Menzi H. (2017). 4/ Caratteristiche e utilizzo dei concimi. In: Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2017). (Ed. W. Richner & S. Sinaj). www.pric.ch

Schachtschabel P., Blume H.-P., Hartge K.-H. & Schwertmann U. (1984). Lehrbuch der Bodenkunde. Ferdinand Enke.

Spann T. M. & Schumann A. W. (2010). Mineral nutrition contributes to plant disease and pest resistance. EDIS, 2010(4). https://doi.org/10.32473/edis-hs1181-2010

Spiess E., Humphrys C., Liebisch F., Prasuhn V. & Neuweiler R. (2022). Nitratauswaschung unter Gemüse bei unterschiedlichem Ernterückstandsmanagement. Agroscope Science, 142, 1-26. https://doi.org/10.34776/as142g

Taylor M. D. & Locascio S. J. (2004). Blossom-end rot: A calcium deficiency. Journal of Plant Nutrition, 27(1), 123–139. https://doi.org/10.1081/PLN-120027551

Trott H. (2007). Mikronährstoffe in der Landwirtschaft und im Gartenbau: Bedeutung – Mangelsymptome – Düngung. 66 pp. https://www.iva.de/publikationen/mikronaehrstoffe-der-landwirtschaft-und-im-gartenbau

UFAM & UFAG (2012). Elementi nutritivi e utilizzo dei concimi nell'agricoltura. Un modulo dell'aiuto all'esecuzione per la protezione dell'ambiente nell'agricoltura (n° 1225-I; 61 pp.). Ufficio federale dell'ambiente, Berna. Pratica ambientale. https://www.bafu.admin.ch/bafu/it/home/themen/wasser/publikationen-studien/publikationen-wasser/naehrstoffe-verwendung-duengern-landwirtschaft.html

Vogel G., Hartmann H. D. & Krahnstöver K. (1996). Handbuch des speziellen Gemüsebaues. Eugen Ulmer.

Wissemeier A. & Olfs H. W. (2019). Diagnose des Ernährungszustands von Kulturpflanzen (A. Wissemeier, Ed.; 1st ed.). Erling Verlag.

Wonneberger C., Keller F., Bahnmüller H., Böttcher H., Geyer B., & Meyer J. (2004). Gemüsebau. Ulmer Stuttgart.

Zemek, O., Neuweiler, R., Spiess, E., Stüssi, M. & Richner, W. (2020). Nitratauswaschungspotenzial im Freilandgemüsebau – eine Literaturstudie. Agroscope Science, 95, 117 S. https://doi.org/10.34776/as95g

Zorn W., Marks G., Hess H. & Bergmann W. (2016). Handbuch zur visuellen Diagnose von Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Springer-Verlag.

11 Indice delle tabelle

Tabella 1a: Fabbisogno lordo in elementi nutritivi, tenore in elementi nutritivi dei residui colturali e fabbisogno netto in elementi nutritivi di differenti colture orticole in campo aperto (Neuweiler & Krauss, 2017).

Tabella 1b: Fabbisogno lordo in elementi nutritivi, tenore in elementi nutritivi dei residui colturali e fabbisogno netto in elementi nutritivi di differenti colture orticole in serra e tunnel (Neuweiler & Krauss, 2017).

Tabella 5a: 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}.

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}.

Tabella 3: Sintesi su significato e impiego di microelementi in orticoltura.

Tabella 4: Sintesi sui sintomi di carenza in elementi nutritivi.