

Pubblicazione speciale / 2024



14/ Concimazione dei piccoli frutti

Principi di concimazione delle colture agricole in Svizzera (PRIC 2024) – Capitolo 14

Edizione 2024

Autori

Louis Sutter, Christophe Carlen e André Ançay



Colophon

Editore	Agroscope Route des Eterpys 18 1964 Conthey www.agroscope.ch
Informazioni	louis.sutter@agroscope.admin.ch
Redazione	Louis Sutter, Christophe Carlen e André Ançay
Fotografie	Agroscope
Edizione	2ª edizione rivista nel 2024 (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 2024
DOI	https://doi.org/10.34776/pric24-14

Esclusione di responsabilità

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

Indice

1	Introduzione	4
2	Scopi e principi della concimazione razionale	4
3	Norme di concimazione	4
4	Concimazione della fragola	5
4.1	Concimazione azotata	5
4.2	Concimazione fosfatica, potassica, magnesiana e con microelementi	7
5	Concimazione di lampone, mora, ribes e piccoli frutti arbustivi alternativi	8
5.1	Concimazione azotata	8
5.2	Concimazione fosfatica, potassica e magnesiana	9
6	Concimazione del mirtillo	10
7	Fertirrigazione	11
8	Fragola, lampone e mora su substrato	12
8.1	Substrato	12
8.2	Soluzione nutritiva	12
8.3	Preparazione della soluzione nutritiva utilizzando concimi composti.....	14
8.4	Preparazione della soluzione nutritiva utilizzando concimi semplici	14
8.5	Distribuzione della soluzione nutritiva	15
8.6	Adattamento della soluzione nutritiva.....	15
8.7	Fertirrigazione a ciclo aperto o a ciclo chiuso	16
9	Fertirrigazione e produzione di plantule	16
10	Bibliografia	17
11	Indice delle tabelle	18
12	Indice delle figure	18

1 Introduzione

Qui di seguito si riportano le linee guida per concimare razionalmente i piccoli frutti, assicurando loro una nutrizione minerale equilibrata, nel pieno rispetto dell'ambiente. Questo documento è destinato principalmente ai frutticoltori e agli agronomi attivi nella consulenza. Le norme di concimazione indicate si basano sui risultati di numerose prove sperimentali, svolte da Agroscope e da diversi produttori svizzeri (Carlen & Ançay, 2017), nonché su quanto riportato nei documenti seguenti: «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 diverse altre pubblicazioni che trattano le colture su substrato (Lieten 1999 ; Guerineau 2003 ; Pivot e Gillioz 2000).

2 Scopi e principi della concimazione razionale

L'obiettivo della concimazione razionale è 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 della fragola, le norme di concimazione relative agli elementi nutritivi principali (fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg)) corrispondono ai nutrienti esportati tramite il raccolto, assumendo che la coltivazione avvenga in condizioni pedoclimatiche idonee e che il suolo sia sufficientemente dotato di elementi nutritivi e acqua. Nel caso di piccoli frutti arbustivi, le norme di concimazione si ottengono sommando i prelievi dei nutrienti allontanati con il raccolto a quelli immobilizzati nelle parti legnose di ogni singola coltura.

Le norme di concimazione P, K e Mg si possono adattare alle rese stimate, nonché correggere in funzione dello stato nutrizionale del suolo. Quest'ultimo, in presenza di suoli troppo ricchi o troppo poveri, si può riequilibrare controllando periodicamente i tenori in P, K e Mg e applicando le relative correzioni alle norme di concimazione corrispondenti. Queste misure consentono di evitare carenze e squilibri nutrizionali (antagonismi) potenzialmente dannosi per i piccoli frutti.

Per l'azoto (N), la norma di concimazione si definisce tenendo conto anche del suo tasso di mineralizzazione nel suolo 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 N va frazionata in più apporti, sia per ridurre le perdite dovute al dilavamento, sia per aumentarne l'efficienza.

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 avente uno stato nutrizionale considerato sufficiente (tabella 1). Per P, K e Mg, le dosi di elementi nutritivi da distribuire si correggono in base ai risultati dell'analisi del suolo. È importante far notare che le cifre riportate nella tabella 1 si riferiscono al singolo ciclo produttivo di ogni coltura e non al suo fabbisogno annuo. Ciò significa che, se in un anno si ripetono due colture di lampone, la norma va raddoppiata, in modo da considerare correttamente la resa di entrambe le coltivazioni. La presente versione ha tenuto conto dei cambiamenti necessari, integrando l'evoluzione dei sistemi di coltivazione, l'introduzione di nuovi tipi di piante e l'aumento degli obiettivi di produzione. Questi elementi hanno richiesto una revisione delle pratiche di fertilizzazione, adattata sulla base dei risultati delle prove condotte da Agroscope e dei dati scientifici internazionali (Cvelbar *et al.* 2021, Lieten & Gallace 2021, BMEL 2022, Prasad *et al.* 2022, Zydlik & Zydlik 2023, Sutter & Ançay 2024).

4 Concimazione della fragola

4.1 Concimazione azotata

Per ridurre i rischi di dilavamento, è necessario frazionare la concimazione N in tre apporti (tabella 2) e localizzarla vicino alle piante. In questo modo, la norma può venir ridotta di un terzo (tabella 2 e figura 1).



Figura 1. Fragole a inizio fioritura: le fragole sono i piccoli frutti più coltivati in Svizzera.

La concimazione N si può adattare in base ai risultati dell'analisi dell'azoto minerale (N_{min}), che indica la quantità di N immediatamente disponibile per la pianta nei primi 30 cm di suolo. Si raccomanda di eseguire 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 e va eseguita seguendo le indicazioni riportate nella tabella 2. Se il valore N_{min} è superiore o uguale a 60 kg N/ha, invece, non è necessaria nessuna aggiunta.

L'eccesso di N favorisce lo sviluppo vegetativo a discapito della resa e della qualità dei frutti. L'interpretazione dell'analisi N_{min} deve tener conto anche della vigoria della coltura. In una coltura vigorosa e con fruttificazione media non bisogna apportare N a partire dalla fine della fioritura. In questi casi, 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 con 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 durante l'anno d'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.

Tabella 1. Norme di concimazione per piccoli frutti (le norme si riferiscono alle rese stimate e riportate in tabella).

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
	3	140	25	57	155	187	30
	3,5	160	30	69	180	217	35
	4	180	35	80	205	247	40

Coltura	Resa (kg/m ²)	Norme di concimazione (kg/ha)					
		N	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O	Mg
Lampone	1,0	30	5	11	35	42	10
	1,5	45	10	23	50	60	15
	2,0	60	15	34	65	78	15
	2,5	75	20	46	80	96	20
	3	90	25	57	95	115	25
	3,5	105	30	69	110	133	30
Mora	1,5	40	10	23	35	42	15
	2,0	55	15	34	55	66	15
	2,5	70	20	46	70	84	20
	3,0	85	25	57	85	102	20
	3,5	100	30	69	105	127	25
	4,0	115	35	80	120	145	25
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
	3,0	135	30	69	180	217	25
	3,5	160	35	80	210	253	25
Ribes nero	1,5	50	10	23	70	84	15
	2,0	70	15	34	100	121	15
	2,5	90	20	46	130	157	20
	3,0	110	25	57	160	193	20
	3,5	130	30	69	190	229	25
Uva spina	1,2	40	10	23	50	60	15
	1,7	60	15	34	65	78	15
	2,2	80	20	46	90	108	20
	2,5	95	25	57	105	127	20
Mirtillo	1,0	50	5	11	55	66	15
	1,5	55	10	23	60	72	20
	2,0	60	15	34	65	78	25
	2,5	65	20	46	70	84	30
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. La fragola predilige suoli ricchi in humus. La concimazione organica ha un doppio ruolo, in quanto preserva la fertilità del suolo e ne migliora la struttura. Per coprire il fabbisogno delle piante, si possono distribuire da 15 a 30 m³/ha di letame ogni tre-quattro anni oppure 25 t SS/ha di compost ogni tre anni. Il letame maturo risponde meglio alle esigenze della fragola 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, come pure ai concimi contenenti cloro (Cl). Di conseguenza, il K va distribuito solo sotto forma di solfato (SO₄²⁻).

Nei suoli con pH da neutro ad alcalino vanno utilizzati concimi acidificanti, per migliorare la disponibilità di microelementi quali ferro (Fe) e manganese (Mn). Quando il pH del suolo è superiore a 7,5 è, invece, consigliabile distribuire i microelementi problematici (Fe, Mn) attraverso la concimazione fogliare.

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

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 basata sulla resa stimata si adatta tramite indici di correzione (tabelle 3 e 4). La somma di questi indici consente 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, la raccolta dei frutti subisce ritardi.

Per ridurre il rischio di dilavamento e ottimizzare l'efficacia dell'N, è consigliabile frazionare la concimazione come segue:

- 1° apporto al risveglio vegetativo: 15–60 kg N/ha;
- 2° apporto alla fioritura: 15–60 kg N/ha.

La concimazione N si può gestire in base ai risultati dell'analisi N_{\min} eseguita al risveglio vegetativo e in 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 sulla parte basale dei fusti e maggiore incidenza del marciume grigio (botrite).

L'esigenza in N dipende anche dalla varietà: quelle molto vigorose richiedono apporti moderati, mentre quelle poco vigorose necessitano di maggiori quantità di N per sviluppare fusti sufficientemente lunghi.

Per il lampone, la norma di concimazione N è la stessa sia nel caso di colture annuali sia per quelle perenni (tabella 1). Ciò che cambia è l'epoca di distribuzione. 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 durante la 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 magnesiana

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 chelati di Fe e 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 kg/ha, per garantirne la crescita ottimale.

Quando i mirtilli sono coltivati su substrato organico non compostato (trucioli, corteccia, segatura), è necessario un apporto specifico di 100 kg N/ha nell'anno di distribuzione del substrato entro i primi due anni, per compensare l'immobilizzazione dell'N da parte dei microrganismi che lo decompongono.

Nel caso di impianti su substrato organico, la concimazione riguarda l'intera superficie. Nei sistemi di coltivazione messi a punto dal FiBL a Frick (coltivazione in trincea o su aiuola), 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 solfato d'ammonio $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$, solfato di potassio (K_2SO_4), solfato di magnesio (MgSO_4) e concimi fosfatici a reazione acida.



Figura 2. Mirtilli in vaso: prova varietale allestita presso Agroscope a Conthey.

7 Fertirrigazione

La fertirrigazione 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. È indispensabile quando si eseguono impianti su aiuole ricoperte con pacciamatura in plastica nera.

La fertirrigazione richiede lo stoccaggio di una soluzione fertilizzante concentrata (soluzione madre). Tale soluzione è costituita da concimi solubili in acqua, in modo da 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 procedere continuando a irrigare solo con acqua per risciacquare l'impianto.

Con la fertirrigazione, solo una piccola parte del volume complessivo del suolo riceve acqua e nutrienti. Siccome le radici si concentrano proprio in questa zona, è importante fornire a questo piccolo volume di suolo tutti gli elementi nutritivi necessari. La fertirrigazione, se completa, si rivela positiva per la coltura, dato che ne favorisce sia la crescita sia 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 dose dipende da numerosi fattori: periodo di concimazione, fertilità del suolo e numero di apporti previsto per la coltura (tabelle 5 e 6).

Tabella 5. Fertirrigazione goccia a goccia per colture annuali di piccoli frutti, quali 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 % $\text{Norma}_{\text{corr}}$ / n° di apporti previsto
	Anno di raccolta:	70 % $\text{Norma}_{\text{corr}}$ / n° di apporti previsto
	Lampone unifero:	
	Anno d'impianto:	40 % $\text{Norma}_{\text{corr}}$ / n° di apporti previsto
	Anno di raccolta:	60 % $\text{Norma}_{\text{corr}}$ / n° di apporti previsto
	Lampone rifiorante:	
Impianto e raccolta nello stesso anno:	100 % $\text{Norma}_{\text{corr}}$ / n° di apporti previsto	

$\text{Norma}_{\text{corr}}$ = norma di concimazione corretta in funzione dei risultati dell'analisi del suolo.

Tabella 6. Fertirrigazione goccia a goccia per colture pluriennali di piccoli frutti, quali 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	$\text{Norma}_{\text{corr}}$ / n° di apporti previsto

$\text{Norma}_{\text{corr}}$ = norma di concimazione corretta 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 di questa tecnica colturale (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 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 d'irrigazione, fattore che indica la sua salinità, 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 concimi composti oppure semplici. Il ricorso ai primi è adatto soprattutto alle realtà produttive più piccole. 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.



Figura 3. Le fragole coltivate su substrato rendono di più e si raccolgono più facilmente.



Figura 4. Negli ultimi anni, si sono diffusi i lamponi coltivati su substrato.

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

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
Regolazione della pompa di dosaggio	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

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.



Figura 5. Installazione automatizzata per la preparazione della soluzione nutritiva destinata a piccoli frutti coltivati su substrato.

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.

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 della coltura;
- condizioni climatiche (intensità luminosa, temperatura).

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 consentire al substrato di asciugare prima che cali la notte. Utilizzando irrigatori autocompensanti, di solito, è sufficiente irrigare per periodi lunghi dai due ai 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.

Per impianti a ciclo aperto, il drenaggio giornaliero si deve situare tra il 10 e il 15 % della soluzione distribuita, 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 distribuita 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).



Figura 6. Verifica dei valori di pH e di EC di una soluzione nutritiva.

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 bruciature 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 valore 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 per le piante.

8.6 Adattamento della soluzione nutritiva

Le quantità d'acqua e di elementi nutritivi assorbite dalle colture variano in funzione della varietà scelta, dello stadio di sviluppo della coltura e dell'intensità luminosa. Per questo motivo, l'EC della soluzione nutritiva va adattata durante la stagione (tabella 9). L'EC si può aumentare di 0,2 unità qualora il cielo fosse nuvoloso e ridurre dello stesso fattore quando splende il sole.

Per correggere/adattare l'equilibrio della soluzione nutritiva al fabbisogno della coltura, è indispensabile analizzarne regolarmente la composizione così come quella delle acque di drenaggio (effluenti). 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.

La misura dell'EC della soluzione drenata rispecchia l'intensità relativa dell'assorbimento d'acqua ed 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

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; Guerineau 2003; Ançay *et al.* 2012).

Stadio di sviluppo	Varietà unifere (EC)	Varietà rifiorenti (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 vanno recuperate e riutilizzate per altre colture. Tale riutilizzo presuppone la conoscenza del loro tenore in elementi nutritivi, poiché i dati vanno inseriti in «Suisse-Bilanz».

Gli impianti a ciclo chiuso assicurano, invece, il riciclaggio dinamico degli effluenti sulla coltura fertirrigata. Il riciclaggio completo riutilizza tutta la soluzione di drenaggio, la cui composizione varia in funzione dell'assorbimento degli elementi nutritivi da parte della pianta. Ne consegue che i nutrienti in gioco non vanno contabilizzati in «Suisse-Bilanz». 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 Fertirrigazione e produzione di plantule

In Svizzera, vi sono anche aziende agricole che producono plantule, sia per utilizzo proprio sia per venderle a terzi. La tabella 10 riporta i fabbisogni nutrizionali specifici della produzione di plantule di fragola e lampone. Rispondendo con precisione alle esigenze di questo settore produttivo, si consente alle aziende interessate di migliorare la pianificazione e l'attuazione delle proprie strategie di concimazione, nell'ottica di ottimizzare la produzione, assicurandone, nel contempo, anche la sostenibilità. Come visto in precedenza negli altri capitoli dedicati alla fertirrigazione, anche in questo caso, gli elementi nutritivi in gioco vanno contabilizzati in «Suisse-Bilanz» solo se non si ricicla interamente la soluzione nutritiva (impianto a ciclo aperto).

Tabella 10. Norme di concimazione per la produzione di plantule di fragola (Tray Plant) e lampone (Long-cane).

Coltura	Norme di concimazione (kg/ha)					
	N	P	P2O5	K	K2O	Mg
Fragola (Tray-Plant)	120	15	34	95	114	20
Lampone (Long-Cane)	130	35	80	140	169	15

10 Bibliografia

- Ançay A., Carlen C. & Sigg P., 2012. Düngungsgrundlagen. In: Handbuch Beeren, Anonymus, Schweizer Obstverband (éd.), Zug, 149 p.
- 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 p.
- Cvelbar Weber, N.; Koron, D.; Jakopič, J.; Veberič, R.; Hudina, M.; Baša Česnik, H. Influence of Nitrogen, Calcium and Nano-Fertilizer on Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) Fruit Inner and Outer Quality. *Agronomy* 2021, 11, 997. <https://doi.org/10.3390/agronomy11050997>
- German Federal Ministry of Food and Agriculture. (n.d.). Statistischer Monatsbericht des BMEL, Kapitel A: Landwirtschaft. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/statistischer-monatsbericht-des-bmel-kapitel-a-landwirtschaft>
- Guerineau C., 2003. La culture du fraisier sur substrat. Réalisation Ctifl et Ciref. Editions Ctifl, Paris, 165 p.
- Lieten P., 1999. Guidelines for nutrient solutions, peat substrate and leaf values of Elsanta strawberries. Communication COST ACTION 836, Integrated Research in Berries, 2d meeting WG4, Nutrition and soilless culture, Versailles.
- Lieten, P. and Gallace, N. (2021). Nitrogen fertilization in the nursery: effect on strawberry tray plant yield and performance. *Acta Hortic.* 1309, 373-378 DOI: 10.17660/ActaHortic.2021.1309.54
- 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. et Hortic.* 34 (4), 3–8.
- Prasad, R.; Lisiecka, J.; Kleiber, T. Morphological and Yield Parameters, Dry Matter Distribution, Nutrients Uptake, and Distribution in Strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) cv. 'Elsanta' as Influenced by Spent Mushroom Substrates and Planting Seasons. *Agronomy* 2022, 12, 854. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040854>
- Sutter, L., & Ançay, A. (in preparation). Consequences of varying fertilization strategies on yield quantity and quality in strawberries and raspberries. *Agroscope*, 2024.
- Zydlik, Z.; Zydlik, P. The Effect of a Preparation Containing Humic Acids on the Growth, Yield, and Quality of Strawberry Fruits (*Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier). *Agronomy* 2023, 13, 1872. <https://doi.org/10.3390/agronomy13071872>

11 Indice delle tabelle

Tabella 1. Norme di concimazione per piccoli frutti (le norme si riferiscono alle rese stimate e riportate in tabella)...	5
Tabella 2. Frazionamento della concimazione N per la fragola.	7
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 <i>et al.</i> 2003; Ançay <i>et al.</i> 2012).	9
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 <i>et al.</i> 2003; Ançay <i>et al.</i> 2012).	9
Tabella 5. Fertirrigazione goccia a goccia per colture annuali di piccoli frutti, quali fragola e lampone, coltivati in campo aperto: periodo di concimazione, numero di apporti (n°) e quantità di elementi nutritivi per singolo apporto.	11
Tabella 6. Fertirrigazione goccia a goccia per colture pluriennali di piccoli frutti, quali 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	11
Tabella 7. Composizione ottimale in elementi nutritivi, EC e pH della soluzione nutritiva per fragola, lampone e mora (Lieten 1999; Guerineau 2003; Ançay <i>et al.</i> 2012).	13
Tabella 8. Preparazione della soluzione per fertirrigazione a ciclo aperto partendo da concimi semplici.	13
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; Guerineau 2003; Ançay <i>et al.</i> 2012).	16
Tabella 10. Norme di concimazione per la produzione di plantule di fragola (Tray Plant) e lampone (Long-cane). .	16

12 Indice delle figure

Figura 1. Fragole a inizio fioritura: le fragole sono i piccoli frutti più coltivati in Svizzera.	5
Figura 2. Mirtilli in vaso: prova varietale allestita presso Agroscope a Conthey.	10
Figura 3. Le fragole coltivate su substrato rendono di più e si raccolgono più facilmente.	12
Figura 4. Negli ultimi anni, si sono diffusi i lamponi coltivati su substrato.	12
Figura 5. Installazione automatizzata per la preparazione della soluzione nutritiva destinata a piccoli frutti coltivati su substrato.	14
Figura 6. Verifica dei valori di pH e di EC di una soluzione nutritiva.	15