



10/ Concimazione in orticoltura

Reto Neuweiler e Jürgen Krauss
Agroscope, 8820 Wädenswil, Svizzera

Contatto: reto.neuweiler@agroscope.admin.ch

Indice

1. Introduzione	10/3
2. Fabbisogno in elementi nutritivi delle colture orticole	10/3
3. Concimazione azotata mirata	10/8
3.1 Determinazione della concimazione azotata secondo il metodo N_{\min}	10/8
3.2 Concimazione azotata secondo l'analisi delle piante	10/13
4. Concimazione sulfurea	10/13
4.1 Carezza di zolfo	10/13
4.2 Fabbisogno in zolfo delle colture orticole	10/13
4.3 Distribuzione di concimi contenenti zolfo	10/13
5. Ruolo dei microelementi nella concimazione	10/13
6. Concimazione fogliare.....	10/14
7. Impiego di concimi ottenuti dal riciclaggio	10/15
8. Considerazioni finali	10/15
9. Bibliografia	10/15
10. Indice delle tabelle	10/16

In copertina: coltivazione di cetriolo olandese sotto protezione (fotografia: Carole Parodi, Agroscope).

1. Introduzione

Lo scopo principale della concimazione è preservare gli elementi nutritivi del suolo, reintegrando quelli esportati tramite i raccolti e compensando eventuali perdite di altro tipo. Una concimazione calibrata sul fabbisogno nutritivo delle colture è d'importanza basilare per produrre ortaggi di qualità in modo sostenibile (Finck 1979). Affinché lo sviluppo qualitativo delle colture orticole si svolga correttamente è fondamentale che ogni elemento nutritivo sia disponibile in quantità ottimale durante l'intero ciclo colturale.

Gli ortaggi che crescono in condizioni di carenza temporanea di alcuni elementi nutritivi sono generalmente invendibili, perché non soddisfano le esigenze qualitative richieste dal mercato e dai consumatori (Neuweiler *et al.* 2008). D'altro canto, anche la disponibilità eccessiva di uno o più nutrienti è negativa, perché può favorire l'insorgere di fisiopatie e/o di malattie (Bergmann 1993). In questo ambito, l'eccessiva distribuzione di azoto (N) appare particolarmente critica sia dal punto di vista ecologico sia da quello qualitativo, perché indebolisce i tessuti delle colture, che diventano più sensibili ad urti e pressioni durante la raccolta, la lavorazione e la commercializzazione (Krug 1991). Troppo N riduce frequentemente anche la serbevolezza degli ortaggi da conservazione. Per esempio, l'abbondanza di N verso la fine del ciclo colturale della cipolla ne ritarda la maturazione e può far aumentare la percentuale di bulbi che presentano ispessimenti indesiderati del colletto (Crüger 1982).

Negli ortaggi coltivati per la produzione di foglie e piccoli fogliari l'eccesso di N fa aumentare il tenore in nitrato (NO_3^-) nei prodotti raccolti (Vogel 1996). Il tenore in NO_3^- può superare le soglie di tolleranza, specialmente se la coltura cresce in periodi con scarsa luce naturale, come la primavera e l'autunno (Wonneberger e Keller 2004).

Di solito, l'eccessiva disponibilità di N stimola troppo la crescita delle piante e può indurre fenomeni di carenza secondaria di altri macro- e microelementi nutritivi. Nelle coltivazioni molto rigogliose di insalate e di cavoli, ciò fa aumentare la frequenza con la quale la necrosi marginale colpisce le foglie giovani (necrosi marginale del cuore o «tip burn») (Holtschulze 2005). Negli ortaggi a frutto, la sovraconcimazione N favorisce la comparsa di necrosi apicali, soprattutto in presenza di temperature elevate (Bergmann 1993). Entrambe queste fisiopatie sono legate alla carenza secondaria di calcio (Ca) indotta dall'eccessiva disponibilità di N. Anche apporti di potassio (K) troppo abbondanti possono favorire le necrosi marginali delle foglie e quelle apicali dei frutti, perché il K entra in antagonismo con il Ca riducendone la disponibilità per la pianta.

2. Fabbisogno in elementi nutritivi delle colture orticole

Le tabelle 1a e 1b riportano il **fabbisogno lordo**, il **tenore dei residui colturali** e il **fabbisogno netto** in N, fosforo (P), K e magnesio (Mg) di ortaggi coltivati in campo aperto e sotto protezione.

Il **fabbisogno lordo** corrisponde agli elementi nutritivi assorbiti dalle colture per produrre quantità ottimali di ortaggi di qualità. Tra la raccolta e la commercializzazione dei differenti ortaggi si generano quantità variabili di **residui colturali**. Nel caso di colture orticole in campo aperto, i residui colturali restano quasi sempre in loco, permettendo di dedurre integralmente il loro tenore in P, K, e Mg dalla concimazione della coltura successiva. Per l'N, invece, la quota disponibile dalla coltura successiva si limita a circa l'80 % del suo tenore totale nei residui colturali, a seconda del precedente colturale considerato ($=N_{\text{disponibile}}$). Siccome, però, parte dell'N si perde, soprattutto nel periodo che intercorre tra due colture successive, si stima che solo il 20 % dell' $N_{\text{disponibile}}$ sia effettivamente utilizzabile per la coltura successiva ($=N_{\text{utilizzabile}}$).

Il **fabbisogno netto** corrisponde agli elementi nutritivi esportati tramite i prodotti venduti e va reintegrato con la concimazione. Per P, K e Mg il fabbisogno netto si calcola sottraendo i tenori dei residui colturali rimasti in campo dal fabbisogno lordo, mentre per il calcolo del fabbisogno netto in N si sottrae solamente l' $N_{\text{utilizzabile}}$ ($=20\%$ dell' $N_{\text{disponibile}}$ dei residui colturali).

Il calcolo del fabbisogno in P, K e Mg degli ortaggi si basa su suoli aventi uno stato nutrizionale giudicato «sufficiente» (classe di fertilità C).

Calcolo della concimazione/bilancio degli elementi nutritivi. Se il tenore in P, K e Mg del suolo supera oppure non raggiunge la classe di fertilità C, il fabbisogno lordo delle diverse colture va corretto secondo i risultati dell'analisi del suolo (capitolo 4, modulo 2). Dal fabbisogno lordo corretto vanno quindi dedotti gli elementi nutritivi contenuti nei residui del precedente colturale. Suisse-Bilanz (strumento ufficiale utilizzato dall'UFAG, il cui scopo è fornire la prova che l'azienda ha un bilancio equilibrato di N e P) permette di distribuire apporti supplementari di P solo se li si giustifica presentando il piano di concimazione aziendale, calcolato in funzione dei risultati delle analisi del suolo. Il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz utilizza, come norme di riferimento, il fabbisogno netto in elementi nutritivi delle colture orticole senza considerare le correzioni basate sui risultati delle analisi del suolo.

In orticoltura, i tenori del suolo in elementi nutritivi disponibili si determinano con il metodo d'estrazione all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10) e/o con quello all'acqua ($\text{H}_2\text{O}10$). La scelta del metodo d'analisi dipende dalle caratteristiche del suolo (capitolo 4, modulo 2).

Se si dispone dei risultati di entrambi i metodi d'analisi, il fattore di correzione da moltiplicare per il fabbisogno lordo in P, K e Mg degli ortaggi si calcola facendo la media tra il fattore di correzione risultante dall'analisi all'acetato

d'ammonio + EDTA (AAE10) (1x) e il doppio di quello ottenuto con il metodo all'acqua (H₂O10) (2x) (Gysi *et al.* 2001).

$$\text{Fattore di correzione} = \frac{(1 \times F_{\text{corr}} \text{AAE10} + 2 \times F_{\text{corr}} \text{H}_2\text{O10})}{3}$$

La **concimazione N** si può ottimizzare conoscendo il tenore del suolo in N potenzialmente assorbibile dalle piante. L'analisi dell'N minerale presente nel suolo (metodo N_{min}) dà buone indicazioni sulla sua disponibilità nelle vicinanze delle radici delle colture, ma la sua validità si limita all'epoca in cui si esegue l'analisi.



Tabella 1a. Fabbisogno lordo e fabbisogno netto in elementi nutritivi e tenore in elementi nutritivi dei residui colturali di colture orticole in campo aperto.

Cultura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Crucifere														
Cavolfiore	350	300	43,6 (100)	348,5 (420)	30	200	40	26,2 (60)	249 (300)	20	260	17,5 (40)	99,6 (120)	10
Cavolo navone	400	160	21,8 (50)	182,6 (220)	40	60	10	8,7 (20)	83 (100)	20	150	13,1 (30)	99,6 (120)	20
Cavolo broccolo	180	250	21,8 (50)	141,1 (170)	20	150	30	8,7 (20)	66,4 (80)	10	220	13,1 (30)	74,7 (90)	10
Cavolo cinese	600	180	39,3 (90)	249 (300)	30	80	20	13,1 (30)	83 (100)	20	160	26,2 (60)	166 (200)	10
Cavolo cappuccio (cabis) sotto velo di protezione	300	160	34,9 (80)	215,8 (260)	20	100	20	17,5 (40)	91,3 (110)	10	140	17,5 (40)	124,5 (150)	10
Cavolo cappuccio (cabis) da conservazione	500	220	43,6 (100)	273,9 (330)	30	150	30	21,8 (50)	107,9 (130)	10	190	21,8 (50)	166 (200)	20
Cavolo cappuccio (cabis) da taglio	800	300	52,4 (120)	332 (400)	40	200	40	26,2 (60)	124,5 (150)	20	260	26,2 (60)	207,5 (250)	20
Cavolo rapa	300	140	26,2 (60)	149,4 (180)	30	40	10	8,7 (20)	49,8 (60)	10	130	17,5 (40)	99,6 (120)	20
Cavolo rapa da industria	450	180	34,9 (80)	190,9 (230)	40	50	10	13,1 (30)	66,4 (80)	10	170	21,8 (50)	124,5 (150)	30
Rapanello, 10 mazzi/m ²	300	50	8,7 (20)	66,4 (80)	10	0	0	0	0	0	50	8,7 (20)	66,4 (80)	10
Ramolaccio, 8-9 pezzi/m ²	400	120	21,8 (50)	182,6 (220)	20	40	10	4,4 (10)	58,1 (70)	10	110	17,5 (40)	124,5 (150)	10
Cavolo di Bruxelles	250	300	48,0 (110)	307,1 (370)	20	200	40	26,2 (60)	166 (200)	15	260	21,8 (50)	141,1 (170)	5
Rapa autunnale e primaverile	400	150	21,8 (50)	207,5 (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
Cima di rapa	400	170	26,2 (60)	232,4 (280)	20	150	30	8,7 (20)	99,6 (120)	10	140	17,5 (40)	132,8 (160)	10
Rucola, un taglio	200	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10	0	0	0	0	0	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10
Rucola, due tagli	300	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20	0	0	0	0	0	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Asteracee														
Cicoria belga	400	80	26,2 (60)	207,5 (250)	50	50	10	4,4 (10)	83 (100)	20	70	21,8 (50)	124,5 (150)	30
Cicorino rosso e radicchio	160	120	17,5 (40)	116,2 (140)	20	40	10	8,7 (20)	41,5 (50)	10	110	8,7 (20)	74,7 (90)	10
Indivia scarola	350	140	17,5 (40)	166 (200)	30	60	10	4,4 (10)	33,2 (40)	10	130	13,1 (30)	132,8 (160)	20
Indivia scarola	600	180	21,8 (50)	207,5 (250)	30	100	20	4,4 (10)	41,5 (50)	10	160	17,4 (40)	166 (200)	20
Insalate, lattughe diverse	350	100	17,5 (40)	99,6 (120)	20	40	10	8,7 (20)	41,5 (50)	10	90	8,7 (20)	58,1 (70)	10
Insalate, lattughe diverse	600	120	21,8 (50)	149,4 (180)	20	50	10	4,4 (10)	49,8 (60)	10	110	17,5 (40)	99,6 (120)	10
Insalata da taglio	150	60	13,1 (30)	83 (100)	20	20	0	4,4 (10)	33,2 (40)	0	60	8,7 (20)	49,8 (60)	20
Scorzonera	250	130	17,5 (40)	124,5 (150)	20	60	10	4,4 (10)	41,5 (50)	10	120	13,1 (30)	83 (100)	10
Cicoria pan di zucchero	350	140	21,8 (50)	149,4 (180)	30	60	10	13,1 (30)	74,7 (90)	20	130	8,7 (20)	74,7 (90)	10
Cicoria pan di zucchero «convenience»	600	170	21,8 (50)	149,4 (180)	30	60	10	13,1 (30)	74,7 (90)	20	160	8,7 (20)	74,7 (90)	10
Ombrellifere														
Finocchio	400	180	21,8 (50)	232,4 (280)	30	100	20	8,7 (20)	83 (100)	10	160	13,1 (30)	149,4 (180)	20
Carota tonda di Parigi	250	60	17,5 (40)	132,8 (160)	20	40	10	4,4 (10)	49,8 (60)	10	50	13,1 (30)	83 (100)	10
Carota precoce a mazzi	350	100	21,8 (50)	149,4 (180)	30	20	0	4,4 (10)	33,2 (40)	10	100	17,5 (40)	116,2 (140)	20
Carota da conservazione e da industria	600	120	26,2 (60)	315,4 (380)	30	70	10	8,7 (20)	107,9 (130)	10	110	17,5 (40)	207,5 (250)	20
Carota da conservazione e da industria	900	150	30,5 (70)	377,6 (455)	30	100	20	8,7 (20)	128,6 (155)	10	130	21,8 (50)	249 (300)	20
Prezzemolo	250	100	17,5 (40)	132,8 (160)	20	20	0	4,4 (10)	33,2 (40)	0	100	13,1 (30)	99,6 (120)	20
Sedano rapa	600	210	39,3 (90)	415 (500)	40	100	20	8,7 (20)	166 (200)	20	190	30,5 (70)	249 (300)	20
Sedano da coste	600	200	34,9 (80)	332 (400)	30	80	20	4,4 (10)	83 (100)	10	180	30,5 (70)	249 (300)	20
Chenopodiacee														
Bietola da coste	1000	160	34,9 (80)	249 (300)	50	40	10	8,7 (20)	66,4 (80)	20	150	26,2 (60)	182,6 (220)	30
Barbabietola rossa	600	150	21,8 (50)	182,6 (220)	40	60	10	4,4 (10)	49,8 (60)	20	140	17,5 (40)	132,8 (160)	20
Spinacio non svernante, semina prima della metà di aprile, un taglio	120	170	10,9 (25)	166 (200)	20	40	10	2,2 (5)	41,5 (50)	5	160	8,7 (20)	124,5 (150)	15
Spinacio non svernante, semina dopo la metà di aprile, un taglio	120	140	10,9 (25)	166 (200)	20	40	10	2,2 (5)	41,5 (50)	5	130	8,7 (20)	124,5 (150)	15

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Spinacio svernante, un taglio	120	190	10,9 (25)	166 (200)	20	40	10	2,2 (5)	41,5 (50)	5	180	8,7 (20)	124,5 (150)	15
Spinacio, due tagli	200	160	26,2 (60)	199,2 (240)	30	60	10	8,7 (20)	49,8 (60)	10	150	17,5 (40)	149,4 (180)	20
Leguminose														
Fagiolino nano o rampicante, raccolta manuale	150	30	26,2 (60)	166 (200)	10	150	30	17,5 (40)	107,9 (130)	5	0	8,7 (20)	58,1 (70)	5
Fagiolo da industria	90	20	17,5 (40)	124,5 (150)	10	140	20	13,1 (30)	99,6 (120)	5	0	4,4 (10)	24,9 (30)	5
Pisello da industria	70	20	24,0 (55)	174,3 (210)	20	120	20	15,3 (35)	124,5 (150)	15	0	8,7 (20)	49,8 (60)	5
Pisello fresco e taccola	100	0	21,8 (50)	174,3 (210)	20	40	0	8,7 (20)	83 (100)	10	0	13,1 (30)	91,3 (110)	10
Sovescio di leguminose	300	0	0	0	0	50	0	8,7 (20)	41,5 (50)	10	0	0	0	0
Cucurbitacee														
Cetriolo da sottaceto	300	150	21,8 (50)	207,5 (250)	30	60	10	8,7 (20)	66,4 (80)	10	140	13,1 (30)	141,1 (170)	20
Melone	400	150	21,8 (50)	207,5 (250)	60	60	10	8,7 (20)	66,4 (80)	20	140	13,1 (30)	141,1 (170)	40
Zucchina, zucca e patisson	500	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10	100	20	4,4 (10)	41,5 (50)	0	130	8,7 (20)	83 (100)	10
Solanacee														
Melanzana	400	190	21,8 (50)	166 (200)	30	80	20	13,1 (30)	58,1 (70)	20	170	8,7 (20)	107,9 (130)	10
Pomodoro ¹	800	130	21,8 (50)	215,8 (260)	30	0	0	0	0	0	130	21,8 (50)	215,8 (260)	30
Liliacee														
Porro	500	220	30,5 (70)	232,4 (280)	30	100	20	13,1 (30)	83 (100)	10	200	17,5 (40)	149,4 (180)	20
Erba cipollina	300	180	17,5 (40)	149,4 (180)	30	60	10	4,4 (10)	49,8 (60)	10	170	13,1 (30)	99,6 (120)	20
Asparago bianco ¹	50	140	13,1 (30)	107,9 (130)	20	0	0	0	0	0	140	13,1 (30)	107,9 (130)	20
Asparago verde ¹	25	150	13,1 (30)	91,3 (110)	20	0	0	0	0	0	150	13,1 (30)	91,3 (110)	20
Cipolla	600	130	26,2 (60)	132,8 (160)	20	0	0	0	0	0	130	26,2 (60)	132,8 (160)	20
Specie diverse														
Sovescio senza leguminose	400	30	0	0	0	20	0	8,7 (20)	41,5 (50)	10	30	0	0	0
Erbe aromatiche, piccole	50	40	6,5 (15)	49,8 (60)	10	0	0	0	0	0	40	6,5 (15)	49,8 (60)	10
Erbe aromatiche, medie	150	70	17,5 (40)	157,7 (190)	25	0	0	4,4 (10)	24,9 (30)	10	70	13,1 (30)	132,8 (160)	15
Erbe aromatiche, da medie a grandi	300	120	24,0 (55)	203,3 (245)	35	0	0	6,5 (15)	37,3 (45)	15	120	17,5 (40)	166 (200)	20
Erbe aromatiche, grandi	500	170	30,5 (70)	257,3 (310)	45	40	10	8,7 (20)	49,8 (60)	20	160	21,8 (50)	207,5 (250)	25

¹ Di solito, i residui colturali si allontanano dalla parcella. * N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Valerianella o formentino	100	50	8,7 (20)	49,8 (60)	10	0	0	0	0	0	50	8,7 (20)	49,8 (60)	10
Rabarbaro	450	140	21,8 (50)	182,6 (220)	30	60	10	8,7 (20)	83 (100)	20	130	13,1 (30)	99,6 (120)	10
Mais dolce	180	150	34,9 (80)	215,8 (260)	30	0	0	13,1 (30)	132,8 (160)	10	150	21,8 (50)	83 (100)	20
Media coltura orticola in campo aperto		130	19,6 (45)	153,5 (185)	25	50	10	6,5 (15)	53,9 (65)	10	120	13,1 (30)	99,6 (120)	15

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}

Tabella 1b. Fabbisogno lordo e fabbisogno netto in elementi nutritivi e tenore in elementi nutritivi dei residui colturali di colture orticole in serra e tunnel.

Coltura orticola in serra e tunnel	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Melanzana in piena terra	900	200	43,6 (100)	290,5 (350)	50	0	0	0	0	0	200	43,6 (100)	290,5 (350)	50
Fagiolo rampicante ^a	500	0-40	34,9 (80)	149,4 (180)	30	40	0	0	0	0	40	34,9 (80)	149,4 (180)	30
Indivia scarola autunnale	450	140	21,8 (50)	149,4 (180)	30	0	0	0	0	0	140	21,8 (50)	149,4 (180)	30
Cetrioli in piena terra, 30 pezzi/m ²	1500	200	43,6 (100)	249 (300)	60	0	0	0	0	0	200	43,6 (100)	249 (300)	60
Cetrioli in piena terra, 50 pezzi/m ² ^b	2500	300	65,4 (150)	332 (400)	80	0	0	0	0	0	300	65,4 (150)	332 (400)	80
Cavolo rapa	450	140	26,2 (60)	166 (200)	30	0	0	0	0	0	140	26,2 (60)	166 (200)	30
Bietola da coste	900	200	43,6 (100)	332 (400)	50	0	0	0	0	0	200	43,6 (100)	332 (400)	50
Crescione ^a	130	20	4,4 (10)	24,9 (30)	10	0	0	0	0	0	20	4,4 (10)	24,9 (30)	10
Porro	500	160	26,2 (60)	(220)	30	0	0	0	0	0	160	26,2 (60)	182,6 (220)	30
Valerianella o formentino ^a	120	50	4,4 (10)	49,8 (60)	10	0	0	0	0	0	50	4,4 (10)	49,8 (60)	10
Peperone in piena terra	600	160	21,8 (50)	207,5 (250)	30	0	0	0	0	0	160	21,8 (50)	207,5 (250)	30
Prezzemolo	300	100	21,8 (50)	149,4 (180)	20	0	0	0	0	0	100	21,8 (50)	149,4 (180)	20
Portulaca	150	70	8,7 (20)	74,7 (90)	20	0	0	0	0	0	70	8,7 (20)	74,7 (90)	20

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}^a La concimazione N si può tralasciare se la coltura precedente libera rilevanti quantità di N.^b La concimazione va adeguata proporzionalmente all'aumento di resa.

Tabella 1b (continuazione)

Coltura orticola in serra e tunnel	Resa (kg/a)	Fabbisogno lordo in elementi nutritivi (kg/ha) = norme P, K e Mg da correggere in funzione delle analisi del suolo				Tenore in elementi nutritivi dei residui colturali (kg/ha)					Fabbisogno netto in elementi nutritivi (kg/ha) = norme per il calcolo semplificato di Suisse-Bilanz			
		N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N _{disp} *	N _{util} **	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg	N	P (P ₂ O ₅)	K (K ₂ O)	Mg
Rapanello, 20 mazzi/m ² ^a	400	60	13,1 (30)	83 (100)	20	0	0	0	0	0	60	13,1 (30)	83 (100)	20
Ramolaccio 18 pezzi/m ²	600	90	21,8 (50)	166 (200)	30	0	0	0	0	0	90	21,8 (50)	166 (200)	30
Rucola, un taglio	200	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10	0	0	0	0	0	150	13,1 (30)	124,5 (150)	10
Rucola, due tagli	300	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20	0	0	0	0	0	210	17,5 (40)	149,4 (180)	20
Lattuga cappuccio, iceberg, lollo	400	80	13,1 (30)	116,2 (140)	20	0	0	0	0	0	80	13,1 (30)	116,2 (140)	20
Erba cipollina, una coltura ^c	300	100	17,5 (40)	149,4 (180)	30	0	0	0	0	0	100	17,5 (40)	149,4 (180)	30
Insalata da taglio	150	50	4,4 (10)	41,5 (50)	10	0	0	0	0	0	50	4,4 (10)	41,5 (50)	10
Sedano da condimento, 40 pezzi/m ²	600	120	30,5 (70)	182,6 (220)	30	0	0	0	0	0	120	30,5 (70)	182,6 (220)	30
Spinacio	120	100	13,1 (30)	116,2 (140)	20	0	0	0	0	0	100	13,1 (30)	116,2 (140)	20
Pomodoro in piena terra	1200	170	34,9 (80)	282,2 (340)	60	0	0	0	0	0	170	34,9 (80)	282,2 (340)	60
Pomodoro in piena terra	1800	250	43,6 (100)	415 (500)	80	0	0	0	0	0	250	43,6 (100)	415 (500)	80
Pomodoro in piena terra	2400	330	69,8 (160)	564,4 (680)	120	0	0	0	0	0	330	69,8 (160)	564,4 (680)	120
Pomodoro in piena terra	3000	400	87,3 (200)	705,4 (850)	150	0	0	0	0	0	400	87,3 (200)	705,4 (850)	150
Zucchina e patisson	600	160	13,1 (30)	124,5 (150)	10	0	0	0	0	0	160	13,1 (30)	124,5 (150)	10
Coltura orticola media in serra e tunnel		130	26,2 (60)	182,6 (220)	35	0	0	0	0	0	130	26,2 (60)	182,6 (220)	35

* N_{disponibile} ** N_{utilizzabile}^c La forzatura dell'erba cipollina si esegue senza concimazione supplementare.

3. Concimazione azotata mirata

3.1 Determinazione della concimazione azotata secondo il metodo N_{min}

Le tabelle 1a e 1b riassumono il fabbisogno N delle principali colture orticole. Gli orticoltori che determinano la concimazione N tenendo conto della quantità di N minerale presente nel suolo si basano sul confronto dei risultati dell'analisi N_{min} con i valori di riferimento, riportati nelle tabelle 2a e 2b, che esprimono la quantità di N minerale a disposizione degli ortaggi in un determinato momento del loro ciclo colturale (Wonneberger e Keller 2004). La profondità di prelievo dei campioni per l'analisi N_{min} è legata alla profondità di radicazione delle diverse specie d'ortaggi (Gysi et al. 1997). Per le colture orticole il cui appa-

rato radicale occupa un volume limitato di suolo e si limita a colonizzarne lo strato superficiale, la profondità di prelievo va da 0 a 30 cm. Nel caso l'apparato radicale sia più esteso e colonizzi il suolo in profondità, i campioni di suolo si prelevano da 0 a 60 cm. Affinché il campionamento sia rappresentativo, servono almeno 12 prelievi distribuiti sulla diagonale della parcella interessata. L'analisi N_{min} dà risultati affidabili solo se il campionamento si esegue almeno quattro settimane dopo l'ultima concimazione N.

I campioni appena prelevati non devono scaldarsi, quindi vanno trasferiti, immediatamente dopo il prelievo in appositi contenitori refrigerati. Se non è possibile consegnare direttamente i campioni al laboratorio d'analisi, bisogna congelarli, per evitare che la mineralizzazione dell'N prosegua nei sacchetti.

I risultati dell'analisi N_{\min} consentono di calcolare i kg di N/ha disponibili per le piante nel volume di suolo occupato dalle loro radici. Questo valore N_{\min} si confronta, quindi, con i valori di riferimento riportati nella tabelle 2a e 2b, che esprimono la quantità di N minerale a disposizione degli ortaggi in un determinato momento del loro ciclo colturale. La quantità di N da distribuire si ottiene sottraendo ai valori tabulari quelli ottenuti con l'analisi N_{\min} . L'analisi N_{\min} dà un'immagine istantanea della situazione esistente

e non permette di fare previsioni sulla mineralizzazione che si può svolgere nel prosieguo del ciclo colturale.

$$N \text{ da distribuire (kg N/ha)} = \text{Valore di riferimento } N_{\min} - \text{tenore } N_{\min} \text{ del suolo}$$

La concimazione N basata sui risultati dell'analisi N_{\min} va inserita in Suisse-Bilanz e nel piano di concimazione.

Tabella 2a. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in campo aperto.

Le caselle con fondo grigio indicano l'epoca raccomandata per eseguire l'analisi N_{\min} .

Cultura orticola in campo aperto	Resa kg/a	Fabbisogno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore di riferimento N_{\min} (kg N/ha) Attenzione: l'analisi N_{\min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Crucifere										
Cavolfiore	350	300	60	140	330	270	180	140	100	70
Cavolo navone	400	160	60	–	190	170	120	80	50	30
Cavolo broccolo	180	250	60	140	280	220	160	110	60	–
Cavolo cinese seminato	600	180	60	–	230	190	120	80	50	–
Cavolo cinese trapiantato	600	180	60	110	200	150	80	50	–	–
Cavolo cappuccio (cabis) sotto velo di protezione	300	160	60	120	190	150	100	60	50	50
Cavolo cappuccio (cabis) da conservazione	500	220	60	140	240	190	130	60	50	50
Cavolo cappuccio (cabis) da taglio	800	300	60	150	320	260	160	100	50	50
Cavolo rapa	300	140	30	80	170	120	60	40	40	–
Cavolo rapa da industria	450	180	30	90	200	150	80	50	40	–
Rapanello, 10 mazze/m ²	300	50	30	90	90	40	40	–	–	–
Ramolaccio, 8–9 pezzi/m ²	400	120	30	–	150	120	80	40	–	–
Cavolo di Bruxelles	250	300	60	140	320	250	180	100	50	50
Rapa autunnale e primaverile	400	150	60	90	180	130	70	40	40	–
Verza, leggera	300	140	60	160	140	130	110	80	50	–
Verza, pesante	400	170	60	180	160	140	120	100	80	60
Cima di rapa	400	170	60	180	160	140	120	100	80	60
Rucola, un taglio	200	150	30	100	160	150	120	90	70	50
Rucola, due tagli	300	210	30	100	160	150	120	120	80	50
Asteracee										
Cicoria belga	400	80	60	–	–	80	80	50	50	–
Cicorino rosso o radicchio seminato	160	120	60	–	160	130	100	80	60	40
Cicorino rosso o radicchio trapiantato	160	120	30	80	140	110	80	40	–	–
Indivia scarola seminata	350	140	60	–	180	160	130	100	70	40
Indivia scarola seminata	600	180	60	–	220	200	160	120	80	50

¹ Il valore di riferimento N_{\min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{\min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{\min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{\min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{\min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

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

Tabella 2a (continuazione)

Cultura orticola in campo aperto	Resa kg/a	Fabbiso- gno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore di riferimento N _{min} (kg N/ha) Attenzione: l'analisi N _{min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Indivia scarola trapiantata	350	140	30	80	170	140	110	80	40	–
Indivia scarola trapiantata	600	180	30	100	190	160	130	100	50	–
Insalate, lattughe diverse	350	100	30	100	130	70	40	40	–	–
Insalate, lattughe diverse	600	120	30	100	130	70	40	40	–	–
Insalata da taglio	150	60	30	50	80	70	50	30	–	–
Scorzonera	250	130	60	–	170	170	160	160	150	140
Cicoria pan di zucchero seminata	350	140	60	–	180	160	130	100	70	40
Cicoria pan di zucchero trapiantata	350	140	30	80	170	150	120	90	60	40
Cicoria pan di zucchero trapiantata	600	170	30	100	190	170	140	110	70	40
Ombrellifere										
Finocchio seminato	400	180	60	–	200	190	160	130	90	40
Finocchio trapiantato	400	160	30	80	180	150	120	80	40	–
Carota tonda di Parigi	250	60	60	–	90	90	70	50	30	30
Carota precoce a mazzi	350	100	60	–	–	130	120	80	40	30
Carota da conservazione e da industria	600	120	60	–	150	150	100	50	30	30
Carota da conservazione e da industria	900	150	60	–	180	170	120	70	30	30
Prezzemolo seminato	250	100	60	–	–	–	150	140	130	120
Prezzemolo trapiantato	250	100	30	60	150	140	130	120	110	100
Prezzemolo svernante	150	100	30	60	120	110	100	90	F	100
Sedano rapa	600	200	60	100	190	180	170	120	100	80
Sedano da coste	600	210	60	100	230	200	160	130	100	40
Chenopodiacee										
Bietola da coste seminata	1000	160	60	–	200	190	170	140	120	100
Bietola da coste trapiantata	1000	160	60	70	180	170	150	130	110	100
Barbabietola rossa	600	150	60	–	–	180	160	140	120	100
Spinacio non svernante, semina prima della metà di aprile, un taglio	120	170	30	–	160	150	110	50	–	–
Spinacio non svernante, semina dopo la metà di aprile, un taglio	120	140	30	–	160	150	110	50	–	–
Spinacio svernante, un taglio	120	190	30	–	160 ³	150	110	50	–	–
Spinacio, due tagli	200	160	30	–	160	150	110	110	110	50

¹ Il valore di riferimento N_{min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

³ Settimane dopo il risveglio vegetativo primaverile.

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

F Valore N_{min} al risveglio vegetativo primaverile.

Tabella 2a (continuazione)

Coltura orticola in campo aperto	Resa kg/a	Fabbisogno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore di riferimento N _{min} (kg N/ha) Attenzione: l'analisi N _{min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Leguminose										
Fagiolino nano o rampicante, raccolta manuale	150	0	30	30	30	30	30	30	–	–
Fagiolo da industria	90	0	30	30	30	30	30	30	–	–
Pisello da industria	70	0	60	–	30	30	30	30	30	30
Taccola	100	0	60	–	30	30	30	30	30	–
Cucurbitacee										
Cetriolo, cetriolo da sottaceto	300	150	30	100	180	160	130	100	70	50
Melone	400	150	30	100	180	160	130	100	70	50
Zucchina, zucca e patisson	500	150	60	100	180	140	120	100	80	50
Solanacee										
Melanzana	400	190	60	100	230	200	160	100	70	50
Pomodoro	800	130	60	100	140	120	100	80	80	50
Liliacee										
Porro seminato	500	220	60	–	–	–	260	220	180	150
Porro trapiantato	500	220	60	130	250	210	170	140	120	100
Porro svernante	200	170	60	100	170	160	150	120	F	120
Erba cipollina seminata	300	180	60	–	240	240	220	200	180	150
Erba cipollina trapiantata	300	180	60	90	220	200	180	160	140	120
Asparago bianco	50	140	60	E	170	170	170	170	170	170
Asparago verde	25	150	60	E	180	180	180	180	130	100
Cipolla seminata	600	130	60	–	–	180	150	120	100	100
Cipolla trapiantata	600	130	60	–	170	140	110	70	50	–
Cipolla svernante	300	120	60	–	80	70	60	50	F	100
Specie diverse										
Erbe aromatiche piccole	50	40	30	80	80	70	60	50	40	30
Erbe aromatiche medie	150	70	30	90	120	110	90	70	50	30
Erbe aromatiche da medie a grandi	300	120	30	100	200	180	160	110	70	30
Erbe aromatiche grandi	500	170	60	120	200	180	160	110	70	30
Valerianella o formentino	100	50	30	–	–	80	70	50	30	30
Rabarbaro	450	140	60	–	E	170	–	–	–	–
Mais dolce	180	150	60	100	190	180	150	110	80	50

¹ Il valore di riferimento N_{min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

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

F Valore N_{min} al risveglio vegetativo primaverile.

E Valore N_{min} dopo la raccolta; suddividere la concimazione N in due apporti; non distribuire N dopo la fine di luglio; per rabarbaro e asparago verde si raccomanda una concimazione N parziale aggiuntiva, prima dell'inizio della raccolta.

Tabella 2b. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in serra e tunnel.Le caselle con fondo grigio indicano l'epoca raccomandata per eseguire l'analisi N_{\min} .

Coltura orticole in serra e tunnel	Resa kg/a	Fabbisogno totale in N kg N/ha	Profondità di prelievo ² cm	Valore indicativo N_{\min} (kg N/ha)						
				Attenzione: l'analisi N_{\min} va eseguita al più presto 4 settimane dopo l'ultima concimazione N						
				Settimana di coltivazione						
				0 ¹	2	4	6	8	10	12
Melanzana	900	200	60	180	170	160	150	140	130	120
Fagiolo rampicante	500	40	30	50	50	50	50	50	50	50
Indivia scarola autunnale	450	140	30	90	180	150	120	80	50	–
Cetriolo, 30 pezzi/m ²	1500	200	60	180	170	160	150	140	120	50
Cetriolo, 50 pezzi/m ²	2500	300	60	180	170	160	150	140	120	120
Cavolo rapa	450	140	30	170	190	140	90	50	–	–
Bietola da coste	900	200	60	160	240	220	200	170	140	100
Crescione	130	20	30	30	30	–	–	–	–	–
Porro	500	160	30	100	210	230	200	160	100	50
Valerianella o formentino seminato	140	50	30	30	30	30	30	30	30	–
Valerianella o formentino trapiantato	120	50	30	30	30	30	30	–	–	–
Peperone	600	160	60	110	210	200	190	180	160	140
Prezzemolo	300	100	30	70	150	140	130	120	110	90
Rapanello, 20 mazzi/m ²	400	60	30	100	80	60	40	–	–	–
Ramolaccio, 18 pezzi/m ²	600	90	30	130	120	100	80	60	40	–
Rucola e portulaca, un taglio	200	150	30	100	160	150	120	90	70	50
Rucola e portulaca, due tagli	300	210	30	100	160	150	120	120	80	50
Lattuga cappuccio, iceberg, lollo	400	80	30	100	100	100	80	40	–	–
Erba cipollina (per coltura)	300	100	30	90	130	120	110	100	90	80
Insalata da taglio	150	50	30	70	70	30	30	–	–	–
Sedano da condimento, 40 pezzi/m ²	600	120	30	100	170	170	150	100	70	50
Spinacio	120	100	30	100	140	130	120	100	80	50
Pomodoro	1200	170	60	160	150	140	130	120	110	50
Pomodoro	1800	250	60	160	150	140	130	120	110	100
Pomodoro	2400	330	60	160	150	140	130	120	110	100
Pomodoro	3000	400	60	160	150	140	130	120	110	100
Zucchini e patisson	600	160	60	100	180	140	120	100	80	50

¹ Il valore di riferimento N_{\min} di inizio coltivazione indica un livello di N adeguato fino alla prima concimazione di copertura. Ad inizio coltivazione, il prelievo per l'analisi N_{\min} va limitato ai primi 30 cm di profondità.

² Se la profondità di prelievo raccomandata per l'analisi N_{\min} è 0–60 cm, ma il campione di cui si dispone si riferisce solo ai primi 30 cm di suolo, si può raddoppiare il valore N_{\min} del campione 0–30 cm; l'analisi N_{\min} dello strato di suolo 0–60 cm si può eseguire su un campione unico.

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

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

3.2 Concimazione azotata secondo l'analisi delle piante

L'analisi del tenore in NO_3^- degli ortaggi può fornire indicazioni utili su loro livello effettivo di nutrizione N. Questo metodo consente di decidere velocemente se, e quanto, N complementare è opportuno distribuire. Siccome non si tratta di un metodo d'analisi esatto nel senso stretto del termine, contrariamente a ciò che è il caso per il metodo N_{\min} , non è riconosciuto nel quadro della prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER), per giustificare fabbisogni in N che superano la norma ufficiale.

4. Concimazione sulfurea

Fino in tempi recenti, le ricadute atmosferiche consentivano di coprire la maggior parte delle esigenze in zolfo (S) delle principali colture orticole. Siccome questa fonte di approvvigionamento è in continua diminuzione (Flich et al. 2009), la sostanza organica (SO) del suolo assume sempre più il ruolo di principale fonte di rifornimento S per le piante coltivate. I suoli ricchi in SO e le parcelle sulle quali si distribuiscono regolarmente concimi aziendali e/o compost sono potenzialmente in grado di rifornire le colture in S con efficacia maggiore. La mineralizzazione della SO, oltre a liberare N e P, rilascia anche S sotto forma di solfato (SO_4^{2-}).

4.1 Carezza di zolfo

Lo S gioca un ruolo in molti processi metabolici, tra i quali c'è anche la sintesi clorofilliana. Inoltre, esso è un costituente essenziale di molti amminoacidi importanti e di altre componenti organiche delle piante, quali i glucosinolati (Bergmann 1993). Questi ultimi sono importanti costituenti delle sostanze aromatiche, che caratterizzano diversi tipi di cavolo e altre specie di colture della famiglia delle crucifere. Ad altre molecole organiche contenenti S vanno, invece, in gran parte attribuiti il gusto e l'aroma pungente delle parti commestibili di alcune specie d'ortaggi, quali: cipolla, aglio, porro e asparago.

La carezza di S si osserva inizialmente sulle foglie più giovani, dove si manifesta con lo scolorimento del lembo fogliare, che assume tonalità da verde pallido a giallo. In casi estremi, ingialliscono anche le nervature.

4.2 Fabbisogno in zolfo delle colture orticole

Le colture orticole di gran lunga più esigenti in S appartengono alla famiglia delle crucifere (diverse specie di cavoli, rapanello, ramolaccio, rucola, rafano), con fabbisogni che possono raggiungere 80 kg di S/ha. Anche le liliacee (cipolla, aglio, porro), così come le leguminose (fagiolo, pisello) presentano fabbisogni in S elevati. I fabbisogni delle insalate appartenenti alla famiglia delle asteracee sono, invece, relativamente più modesti (Bergmann 1993).

In generale, le colture primaverili precoci sono più esigenti in S rispetto a quelle estive e autunnali. Nelle regioni dove le precipitazioni sono da medie ad abbondanti, gran parte

del SO_4^{2-} disponibile per le piante, ancora presente nello strato superficiale del suolo a fine autunno, viene dilavata in profondità durante il periodo di riposo vegetativo. Ne consegue che le radici della maggior parte delle colture orticole non riescono più ad assorbirlo durante la primavera successiva. Considerando anche che la mobilizzazione dello S contenuto nella SO del suolo inizia solo quando le temperature sono sufficientemente elevate, si capisce perché la carezza di S si manifesta soprattutto in primavera, quando si coltivano ortaggi con esigenze in S da medie a elevate. Le colture più a rischio sono quelle precoci, coltivate sotto velo di protezione.

In primavera, i sintomi si manifestano in modo marcato soprattutto sulle colture svernanti, quali cavolfiore, cipolla e aglio. Anche se lo spinacio ha bisogno di poco S in assoluto, non è raro osservare evidenti clorosi primaverili su colture di spinacio svernanti (Reif et al. 2012). In primavera, il SO_4^{2-} distribuito con la concimazione di base dell'anno precedente non è praticamente più disponibile per le colture orticole svernanti. Per questo motivo, bisogna distribuire nuovamente concimi contenenti S prima del risveglio vegetativo.

4.3 Distribuzione di concimi contenenti zolfo

Numerose prove, svolte da Agroscope su colture precoci di ortaggi esigenti in S, mostrano che la carezza di S si può risolvere definitivamente distribuendo P, K e Mg tramite concimi contenenti anche SO_4^{2-} (superfosfato, solfato di potassio, solfato di magnesio, ecc.) (capitolo 4.2, modulo 4). Un'altra possibilità consiste nell'utilizzare solfato ammonico oppure concimi ENTEC® contenenti S, per prevenirne la carezza.

Prove incentrate sull'approvvigionamento in S di colture di cavolo rapa precoce hanno mostrato che una concimazione di base contenente S consente di ottenere un numero di pezzi (fusto ingrossato con foglie) commercializzabili che può superare dell'85% la resa ottenuta con una concimazione priva di S. Si è constatato come l'apporto di 75 kg S/ha si riveli sufficiente. Se si soddisfa il fabbisogno delle colture in P, K e Mg con concimi contenenti SO_4^{2-} , si copre interamente anche il loro fabbisogno in S, compreso quello delle specie di cavoli molto esigenti. Per evitare la comparsa di clorosi fogliari sullo spinacio svernante, che pregiudicano la qualità del prodotto, è sufficiente distribuire quantità di S dell'ordine di 10 kg/ha in primavera, prima del risveglio vegetativo.

5. Ruolo dei microelementi nella concimazione

La concimazione con microelementi è necessaria nei suoli che ne sono poveri per natura oppure quando la disponibilità di alcuni di essi è limitata da pH estremi (tabella 3). Bisogna tuttavia considerare che, in caso di pH sfavorevoli, una quota considerevole dei microelementi distribuiti viene fissata nel suolo e risulta poco disponibile per le piante (Schachtschabel et al. 1984). Nei suoli acidi, l'utilizzo di concimi a reazione basica e/o la calcitazione possono migliorare

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

Elemento	Culture orticole e situazioni ambientali potenzialmente carenti	Formulazione abituale	Informazioni complementari
Ferro (Fe)	Diversi ortaggi precoci coltivati su suoli pesanti ed alcalini, talvolta soggetti a ristagno idrico.	Solfato di Fe, chelato di Fe	Valori di pH alcalini limitano fortemente l'azione del solfato di Fe sul suolo.
Manganese (Mn)	Cipolla, patata, fagiolo, cetriolo, spinacio e insalata coltivati su suoli alcalini.	Solfato di Mn, chelato di Mn	Valori di pH da neutri ad alcalini riducono l'efficacia del solfato di Mn distribuito sul suolo. Valori di pH acidi aumentano considerevolmente la disponibilità di Mn nel suolo. Ne consegue che, in suoli pesanti e ben provvisti di questo microelemento, il Mn può diventare fitotossico. Il ristagno idrico può favorire in modo eccessivo la sua solubilità.
Boro (B)	Barbabietola rossa, sedano rapa, spinacio, bietola da coste, cavolfiore, cavolo broccolo e cavolo rapa coltivati su suoli alcalini e in condizioni siccitose.	Borace, acido borico	Se il pH del suolo è elevato e la siccità persiste si raccomanda, come misura immediata, di intervenire per via fogliare.
Zinco (Zn)	Le colture orticole più sensibili alla carenza di Zn sono il fagiolo, la cipolla e lo spinacio.	Solfato di Zn, chelato di Zn	Le colture orticole mostrano molto raramente sintomi di carenza in Zn. Perciò non bisogna quasi mai intervenire con concimazioni specifiche.
Molibdeno (Mo)	Il cavolfiore è una tipica coltura indicatrice della carenza di Mo. Questa carenza si può talvolta verificare anche in altre crucifere, come il cavolo rapa. La carenza in Mo si manifesta principalmente su suoli acidi.	Molibdato di sodio (Na), molibdato d'ammonio	In presenza di sintomi di carenza acuta su cavolfiore coltivato in terreni acidi, si raccomanda di distribuire Mo per via fogliare.

la disponibilità dei microelementi a medio e lungo termine (capitolo 5, modulo 2).

La distribuzione di concimi contenenti chelati di Fe, Mn e Zn migliora la disponibilità di questi microelementi per le piante (Odet *et al.* 1982). Nei chelati sopraccitati, i microelementi, in forma ionica, si legano, tramite più legami, a un composto organico che li circonda letteralmente, stabilizzandoli e impedendone la fissazione da parte delle componenti del suolo. Le forme di chelato che rimangono sufficientemente stabili a pH elevati sono relativamente costose. Il loro impiego si giustifica solo per colture orticole con valore aggiunto da medio a elevato.

Sovente, la concimazione con microelementi per via fogliare è l'intervento più efficace per rimediare a una carenza in tempi brevi. Per ciò che concerne i microelementi, la differenza tra carenza ed eccesso è molto piccola (Trott 2013). L'impiego inappropriato di concimi contenenti microelementi può portare rapidamente a una situazione di eccessiva disponibilità, con conseguente danneggiamento della coltura. Per questa ragione, quando si distribuiscono concimi contenenti microelementi si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

6. Concimazione fogliare

Le foglie sono in grado di assorbire gli elementi nutritivi disciolti in una pellicola d'acqua attraverso i loro micropori. La velocità d'assorbimento e la percentuale di elemento nutritivo assorbita dipendono dai seguenti fattori principali:

1. tipo e formulazione dell'elemento nutritivo;
2. persistenza e ripartizione della soluzione nutritiva sulla superficie del vegetale;

3. capacità d'assorbimento degli organi vegetali irrorati; questa caratteristica dipende principalmente dalla struttura fogliare propria di ogni specie (spessore della cuticola), dall'età delle foglie e dall'igrometria esistente prima dell'irrorazione;
4. igrometria esistente durante e dopo l'irrorazione ed eventuali precipitazioni successive (durata dell'umettazione del fogliame).

Gli elementi nutritivi distribuiti tramite concimazione fogliare non vengono fissati dalle componenti del suolo né devono passare attraverso l'assorbimento radicale. I concimi fogliari sono assorbiti più velocemente di quelli distribuiti tradizionalmente sul suolo. È bene sapere che con una singola concimazione fogliare è solitamente possibile fornire alla pianta solo una piccola parte del suo fabbisogno totale in elementi nutritivi. Di conseguenza, la concimazione fogliare serve soprattutto per correggere carenze temporanee in elementi nutritivi.

La tolleranza delle piante alla concimazione fogliare dipende in larga misura dalla concentrazione della soluzione nutritiva e dalle condizioni meteorologiche presenti a cavallo dell'irrorazione. La maggior parte delle colture orticole è particolarmente sensibile alla concimazione fogliare quando condizioni di secco e caldo succedono a periodi umidi. In questi casi, si raccomanda di rinunciare alla concimazione fogliare o di ridurre la concentrazione della soluzione nutritiva. Le irrorazioni vanno eseguite, nel limite del possibile, durante le ore serali più fresche.

Nell'eventualità che concimi fogliari e prodotti fitosanitari si distribuiscono insieme, bisogna verificarne preventivamente la miscibilità. La rapida formazione di flocculi nella poltiglia è un chiaro segno che i concimi fogliari e i prodotti fitosanitari scelti non si potevano miscelare. In linea di massima, l'applica-

zione combinata di concimi fogliari e prodotti fitosanitari aumenta il rischio di fitotossicità. Anche in questi casi, si raccomanda di seguire le indicazioni della ditta produttrice.

7. Impiego di concimi ottenuti dal riciclaggio

Compost e digestati solidi sono i concimi ottenuti dal riciclaggio che si stanno affermando sempre più nell'orticoltura in campo aperto. Da questi concimi, più che un apporto diretto di nutrienti alle colture, ci si aspetta un effetto ammendante sul suolo, che ne migliori la fertilità.

La distribuzione di SO contribuisce a migliorare la struttura del suolo, soprattutto se argilloso. Numerose prove, svolte principalmente su colture di piccoli frutti, hanno mostrato che il compost può anche stimolare l'attività di microrganismi, antagonisti naturali di diversi agenti patogeni trasmessi alle piante dal suolo. Chi acquista concimi ottenuti dal riciclaggio deve verificare attentamente la loro qualità.

Se li si utilizza come concimi, ogni tre anni è possibile distribuire al massimo 25 t/ha di compost o di digestato solido (in funzione del tenore in sostanza secca [SS]) oppure 200 m³ di digestato liquido, a condizione di non superare il fabbisogno delle piante in N e P.

Sull'arco di dieci anni, è possibile distribuire al massimo 100 tonnellate di ammendanti organici e organo-minerali, di compost o di digestato solido in qualità di ammendante, di substrato, come protezione contro l'erosione, per il ripristino di terreni coltivabili oppure come terriccio artificiale (ORRPChim 2005, all. 2.6, capitolo 3.2.2 compost e digestati).

I concimi aziendali e quelli ottenuti dal riciclaggio non si dovrebbero utilizzare, nel limite del possibile, sulle colture orticole, ma andrebbero distribuiti sulle colture che le precedono oppure subito prima delle lavorazioni di rinnovo, che preparano il terreno per la coltivazione degli ortaggi. Rispettando questo modo di procedere, si escludono eventuali problemi temporanei di crescita delle colture orticole e qualsiasi preoccupazione di carattere igienico-sanitario.

8. Considerazioni finali

Il successo e la qualità delle colture orticole sono strettamente legati a una disponibilità equilibrata in elementi nutritivi. In questo ambito, è importante essere consapevoli che non sempre la carenza di nutrienti è da ascrivere a una loro effettiva mancanza, ma piuttosto al cattivo stato fisico del suolo (compattamento, ristagno idrico, profondità insufficiente), che può provocare clorosi e/o ostacolare la crescita degli ortaggi, creando facilmente confusione. Inoltre, vanno anche considerati gli effetti negativi di eventuali patogeni trasmessi dal suolo alle colture. Quest'ultima avversità si può limitare efficacemente applicando una rotazione variata.

9. Bibliografia

- Bergmann W., 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena-Stuttgart. 835 pp.
- Crüger G., 1982. Pflanzenschutz im Gemüsebau – Handbuch des Erwerbsgärtners. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 422 pp.
- Finck A., 1979. Dünger und Düngung – Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen. Verlag Chemie Weinheim, New York. 442 pp.
- Flisch R., Sinaj S., Charles R. & Richner W., 2009. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau. Agrarforschung 16 (2), 1–97.
- Gysi C., Ryser J.-P. & Heller W., 1997. Bodenuntersuchung im Gemüsebau. Flugschrift der Eidg. Forschungsanstalt Wädenswil Nr. 122. 24 pp.
- Gysi C., Ryser J.-P., Matthäus D., Koch W., Wigger A. & Berner A., 2001. Düngung. Handbuch Gemüse herausgegeben vom Verband Schweizer Gemüseproduzenten, Bern, 55–88.
- Holtschulze M., 2005. Tip burn in head lettuce – the role of calcium and strategies to prevent the disorder. Inaugural-Dissertation. Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn. 107 pp.
- Krug H., 1991. Gemüseproduktion. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg. 541 pp.
- Neuweiler R., Krauss J., Konrad P. & Imhof T., 2008. Chicorée – die Wurzel richtig versorgen. Gemüse, das Magazin für den professionellen Gemüsebau 3, 10–12.
- Odet J., Musard M. & Wacquet C., 1982. Mémento fertilisation des cultures maraîchères. Edition réalisée par Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris. 398 p.
- ORRPChim, 2005. Ordinanza concernente la riduzione dei rischi nell'utilizzazione di determinate sostanze, preparati e oggetti particolarmente pericolosi (Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici, ORRPChim). Il consiglio federale svizzero, Berna. Link: <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20021520/index.html> [4.11.2016].
- Reif C., Arrigoni E., Neuweiler R., Baumgartner D., Nyström L., Hurrell R.H., 2012. Effect of Sulfur and Nitrogen Fertilization on the Content of Nutritionally Relevant Carotenoids in Spinach (*Spinacia oleracea*). Journal of Agricultural and Food Chemistry 60, 5819–5824.
- Schachtschabel P., Blume H.-P., Hartge K.-H. & Schwertmann U., 1984. Lehrbuch der Bodenkunde, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart. 442 pp.
- Trott H., 2013. Mikronährstoffe in der Landwirtschaft und im Gartenbau, Bedeutung – Mangelsymptome – Düngung. Broschüre. Bundesarbeitskreis Düngung (BAD), Frankfurt am Main. 66 pp.
- Vogel G., 1996. Handbuch des speziellen Gemüsebaues. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 1127 pp.
- Wonneberger C. & Keller F., 2004. Gemüsebau. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 373 pp.

10. Indice delle tabelle

Tabella 1a. Fabbisogno lordo e fabbisogno netto in elementi nutritivi e tenore in elementi nutritivi dei residui colturali di colture orticole in campo aperto.	10/4
Tabella 1b. Fabbisogno lordo in elementi nutritivi, residui colturali e fabbisogno netto in elementi nutritivi di colture orticole in serra e tunnel.	10/7
Tabella 2a. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in campo aperto.	10/9
Tabella 2b. Concimazione N basata sull'analisi N_{\min} di colture orticole in serra e tunnel.	10/12
Tabella 3. Sintesi su significato e impiego di microelementi in orticoltura.	10/14