

Prefazione

I "Dati di base per la concimazione in campicoltura e foraggicoltura" (DBC), pubblicati dalle Stazioni di ricerca Agroscope Changins-Wädenswil ACW e Reckenholz-Tänikon ART, sono uno strumento efficace e prezioso per produrre derrate alimentari e foraggi d'alta qualità, nel rispetto dell'ambiente. Il documento, destinato in primo luogo ai consulenti agricoli, rappresenta per gli agricoltori un importante supporto per la pianificazione e la valutazione della concimazione. Questi lavori contribuiscono a utilizzare in maniera efficace il fattore di produzione "concime" e, di conseguenza, a produrre in maniera efficiente. I contenuti del documento costituiscono, inoltre, la base di strumenti esecutivi di Confederazione e Cantoni, quali Suisse-Bilanz.

I DBC si basano sui fondamenti delle scienze naturali e rappresentano lo stato attuale delle conoscenze della ricerca nel campo della concimazione. Vengono aggiornati periodicamente, per integrare le novità nelle tecniche di produzione e tener conto dei nuovi sviluppi di agricoltura e ricerca. La nuova edizione 2009 sostituisce quella del 2001. La sua elaborazione è il frutto di diversi anni di lavoro e di una collaborazione intensa tra i vari gruppi di ricerca di Agroscope. A titolo d'esempio, per tre anni sono state condotte prove di concimazione in diversi siti disseminati sul territorio elvetico, al fine di verificare e aggiornare, laddove necessario, le norme di concimazione azotata relative alle principali colture erbacee da pieno campo.

Le principali modifiche apportate alla nuova versione dal profilo dei contenuti sono una maggiore flessibilità della norma di concimazione azotata per alcune colture erbacee da pieno campo, una precisazione dei limiti d'utilizzo del metodo d'analisi del suolo "acetato d'ammonio + EDTA", un nuovo capitolo che illustra l'effetto della concimazione sulla qualità dei prodotti, l'aggiornamento del prelievo di elementi nutritivi da parte delle colture erbacee da pieno campo, sulla base di prove di lunga durata delle stazioni di ricerca, l'adeguamento, conforme alla produzione e all'ecologia, degli schemi d'interpretazione per le analisi del suolo, nonché un'impostazione chiara del concetto di concimazione.

Ringrazio il gruppo di redazione di questa nuova edizione per il coordinamento dei numerosi lavori tecnici preliminari e per la loro sintesi, nonché per la stesura del manoscritto. Porgo, inoltre, un sentito ringraziamento ai coautori dei vari capitoli, tra i quali figurano numerosi collaboratori delle stazioni di ricerca Agroscope e della Scuola universitaria svizzera di agronomia. Un grazie anche ai partner della produzione, del commercio e dell'industria, che hanno seguito con interesse critico la nuova edizione dei DBC, nonché ai numerosi utilizzatori di questo documento, per il loro prezioso contributo, dato in occasione di vari seminari e consultazioni.

Sono sicuro che la nuova edizione dei DBC sarà accolta con favore dalla pratica, dalla consulenza, dall'industria dei concimi, dall'Amministrazione, dalla formazione e dalla ricerca. Essa favorirà nuovi progressi verso una produzione alimentare e foraggera rispettosa dell'ambiente ed economicamente competitiva.

Manfred Bötsch

Presidente del Consiglio di direzione di Agroscope

Editori: Stazioni di ricerca Agroscope Changins-Wädenswil ACW
e Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

Redazione: Sokrat Sinaj, ACW - René Flisch, ART - Walter Richner, ART -
Raphaël Charles, ACW

Contributi: Alice Beaux, ACW - Jean-François Collaud, ACW - Elisabeth Fortier, ACW -
Lilia Levy, ACW - Didier Pellet, ACW - Ruedi Schwärzel, ACW -
Hans Dieter Hess, Stazione di ricerca Agroscope Liebefeld-Posieux ALP -
Christine Bosshard, ART - Olivier Huguenin, ART - Jochen Mayer, ART -
Gerd Joachim Sauter, ART - Hans Stünzi, ART - Ludo van Caenegem, ART -
Harald Menzi, Scuola universitaria svizzera di agronomia (SUSA), Zollikofen

Indice

1	Introduzione	4
2	Funzioni e obiettivi della concimazione	4
3	Norme di concimazione	7
3.1	Campicoltura	7
3.2	Correzione della norma di concimazione per fosforo, potassio e magnesio, in funzione della capacità d'assorbimento delle diverse colture e della loro resa	12
3.3	Foraggicoltura.....	14
4	Analisi del suolo e interpretazione dei risultati	20
5	Analisi delle piante	23
6	Concimazione con fosforo, potassio e magnesio	25
6.1	Correzione della norma di concimazione per fosforo e potassio, sulla base del metodo d'analisi all'acqua saturata di CO ₂	25
6.2	Correzione della norma di concimazione per il magnesio, sulla base del metodo d'analisi al cloruro di calcio (CaCl ₂)	28
6.3	Correzione della norma di concimazione per fosforo, potassio e magnesio, sulla base del metodo d'analisi all'acetato di ammonio + EDTA (AAE10)	28
6.4	Osservazioni particolari sull'impiego di concimi fosfatici, potassici e magnesiaci.....	31
7	Concimazione azotata	33
7.1	Campicoltura	33
7.1.1	Correzione della concimazione azotata in funzione della resa	35
7.1.2	Metodo della norma corretta (metodo di stima)	36
7.1.3	Misurazione della quota di azoto minerale del suolo (metodo N _{min}).....	38
7.1.4	Altri metodi (metodi complementari)	40
7.1.5	Frazionamento degli apporti di azoto.....	40
7.2	Foraggicoltura.....	42
8	Ammendamenti calcarei	44
8.1	Campicoltura	46
8.2	Foraggicoltura.....	46
9	Zolfo e oligoelementi	47
9.1	Zolfo.....	47
9.1.1	Procedimento per la determinazione del rischio di carenza di zolfo	47
9.1.2	Forma ed epoca della concimazione sulfurea	48
9.2	Boro, manganese e altri oligoelementi	48
10	Residui colturali	49
11	Concimi aziendali	51
11.1	Produzione e tenori di elementi nutritivi.....	51
11.1.1	Produzione di elementi nutritivi da parte degli animali da reddito	51
11.1.2	Produzione di liquami e di letame	55
11.1.3	Tenore in elementi nutritivi dei concimi aziendali.....	57
11.2	Preparazione dei concimi aziendali	58
11.3	Disponibilità dell'azoto dei concimi aziendali	59
11.4	Utilizzo dei concimi aziendali	60
11.4.1	Epoca di distribuzione per liquami e letame	60
11.4.2	Criteri per calcolare le dosi di concimi aziendali da distribuire.....	60

12 Concimi provenienti dal riciclaggio	62
12.1 Tenori in elementi nutritivi nei concimi provenienti dal riciclaggio.....	62
12.2 Indicazioni per l'utilizzo dei digestati.....	62
12.3 Restrizioni legali concernenti la distribuzione di concimi provenienti dal riciclaggio.....	64
13 Nutrizione delle piante in agricoltura biologica	64
13.1 Concimazione azotata.....	64
13.2 Concimazione fosfo-potassica.....	65
14 Concimazione e ambiente	67
14.1 La concimazione fa parte del ciclo degli elementi nutritivi.....	67
14.2 Idoneità dei diversi concimi a integrarsi in una concimazione mirata, economica e rispettosa dell'ambiente.....	67
14.3 Misure volte a evitare perdite di elementi nutritivi.....	68
14.3.1 Dilavamento e percolazione.....	69
14.3.2 Scorrimento superficiale.....	69
14.3.3 Volatilizzazione dell'ammoniaca.....	70
14.4 Conseguenze della sovraconcimazione.....	71
14.5 Sostanze nocive e agenti patogeni.....	71
14.6 Riassunto delle raccomandazioni per concimare rispettando l'ambiente.....	71
15 Concimazione e qualità dei prodotti	73
15.1 Cereali.....	73
15.1.1 Influsso della concimazione azotata sulla qualità dei cereali panificabili..	73
15.1.2 Influsso della concimazione azotata sulla qualità dei cereali per biscotti..	73
15.1.3 Influsso della concimazione azotata sulla qualità dei cereali foraggeri.....	73
15.2 Oleaginose.....	74
15.2.1 Influsso delle concimazioni azotata e sulfurea sul tenore in olio e sulla sua composizione.....	74
15.2.2 Influsso della concimazione sulfurea sulla concentrazione di glucosinolati.....	75
15.3 Patate.....	75
15.4 Bietola da zucchero.....	76
16 La concimazione nella pratica	77
16.1 Piano di concimazione.....	77
16.2 Possibilità di ridurre la concimazione azotata e di rinunciare a quella con fosforo, potassio e magnesio.....	78
16.3 Scelta dei concimi.....	80
16.4 Concimazione di rotazione.....	80
16.5 Possibilità e limiti dei diversi metodi utilizzati per allestire il bilancio degli elementi nutritivi.....	80
17 Tecnica di distribuzione di concimi minerali, concimi aziendali e concimi provenienti dal riciclaggio	82
18 Bibliografia	86
18.1 Bibliografia citata.....	86
18.2 Bibliografia d'approfondimento.....	87
19 Allegati	89
19.1 Caratteristiche delle diverse forme di elementi nutritivi e concimi.....	89
19.2 Tenore in elementi nutritivi dei principali prodotti vegetali e animali.....	91
19.3 Tavola di conversione.....	95
19.4 Leggi e ordinanze concernenti il commercio e l'impiego di concimi.....	97

1 Introduzione

I dati di base per la concimazione in coltura e foraggicoltura sono regolarmente sottoposti a un attento lavoro di revisione che consente di prendere in considerazione i risultati delle sperimentazioni più recenti e l'evoluzione delle conoscenze pratiche acquisite, nonché di aggiornare determinati dati. Quale base complementare sono stati utilizzati, dopo averli sottoposti a una nuova e critica valutazione, anche i risultati di esperimenti e attività di ricerca svolte precedentemente.

Il presente documento, benché principalmente indirizzato ai servizi di consulenza agricola e ai docenti delle scuole d'agricoltura, può servire anche agli agricoltori quale strumento decisionale in materia di concimazione.

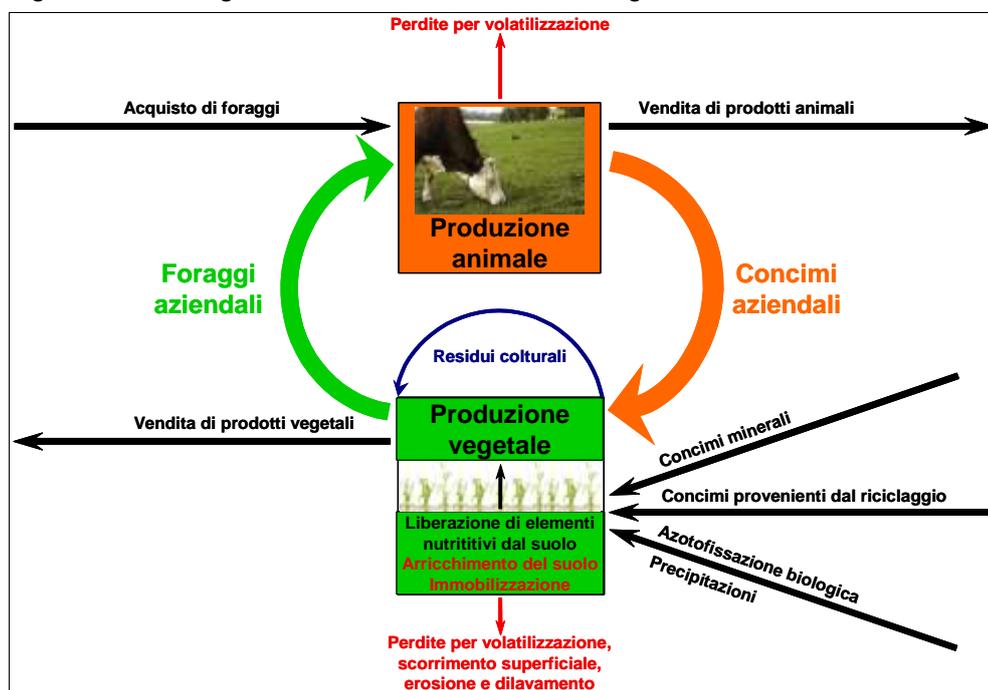
La veloce evoluzione delle tecniche e dei mezzi di produzione e la grande diversificazione che caratterizza l'agricoltura implicano che non tutte le domande possano trovare una risposta con l'aiuto di questo documento. In caso d'incertezza, è opportuno cercare soluzioni adeguate in collaborazione con i servizi di consulenza o con le stazioni di ricerca.

Le informazioni contenute in questo documento si fondano sui principi fondamentali delle scienze naturali e sono perciò valide per tutti i sistemi di produzione agricola.

2 Funzioni e obiettivi della concimazione

Gli elementi nutritivi vengono assorbiti dalle piante attraverso il suolo e l'aria. Una quota di questi nutrienti esce dal ciclo aziendale degli elementi nutritivi sotto forma di prodotti vegetali e animali. A livello aziendale, il compito principale della concimazione consiste nel riequilibrare il ciclo degli elementi nutritivi (**figura 1**), evitando d'impoverire le riserve del suolo, ma anche di arricchirle inutilmente, in modo da mantenere la fertilità del suolo sul lungo periodo.

Figura 1 - Ciclo degli elementi nutritivi in un'azienda agricola.



La nozione di concimazione comprende qualsiasi apporto di elementi nutritivi indispensabili ai vegetali (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn, ecc.), indipendentemente dalla loro forma. Lo scopo della concimazione è assicurare un'offerta di elementi nutritivi che permetta alle piante di svilupparsi in modo armonioso e garantisca rese ottimali e una qualità ineccepibile dei prodotti, riducendo al minimo l'impatto ambientale.

Il concetto attuale di concimazione adattata al fabbisogno delle piante e rispettosa dell'ambiente è illustrato nella **figura 2**. Una tale concimazione richiede la valutazione dei seguenti fattori:

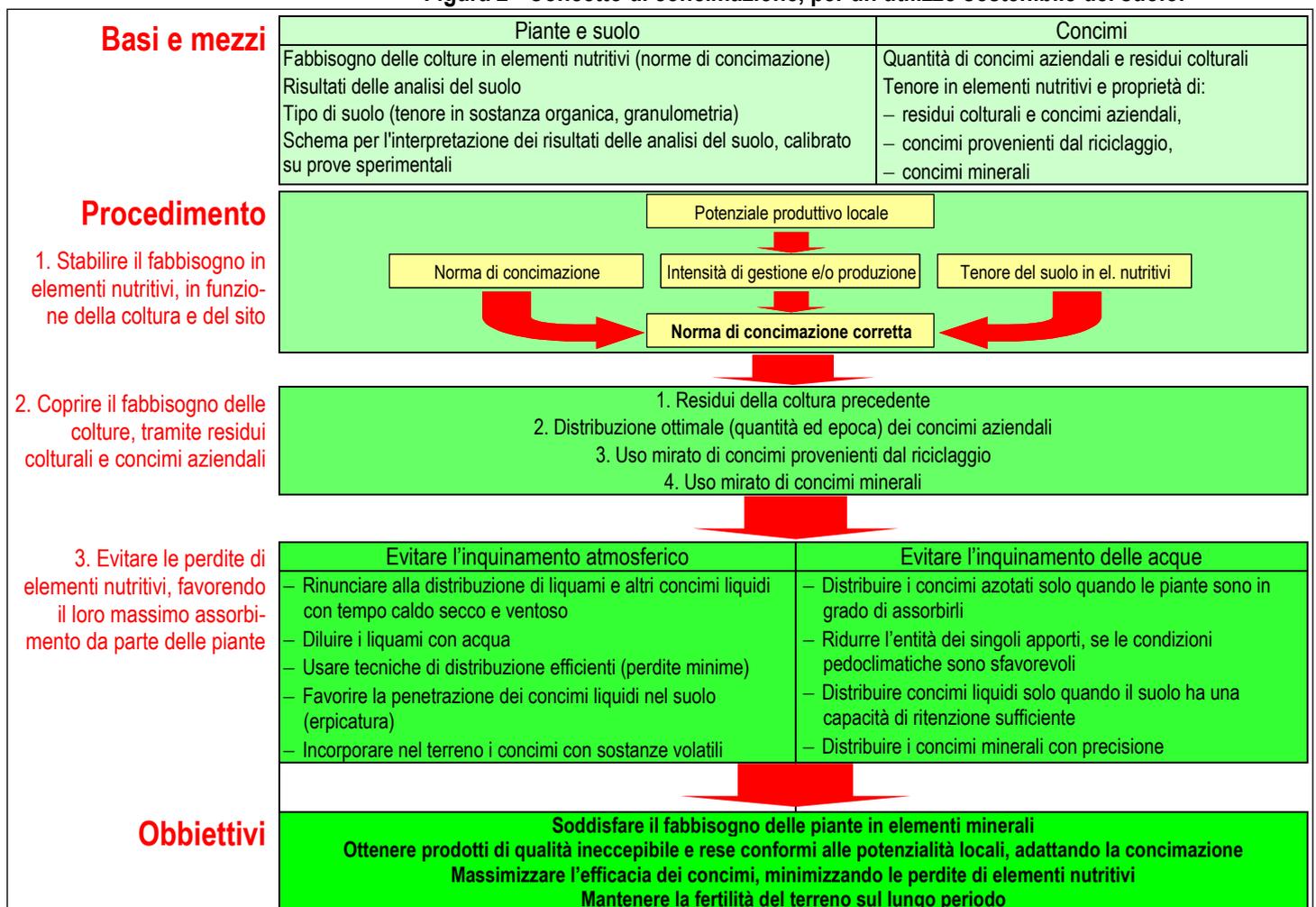
- fabbisogno della pianta in elementi nutritivi (quanto e quando),
- stato (disponibilità) degli elementi nutritivi nel suolo,
- restituzione di elementi nutritivi attraverso i residui colturali,
- quantità, contenuti e caratteristiche di: concimi aziendali, concimi provenienti dal riciclaggio e altri concimi organici,
- quantità, contenuti e caratteristiche dei concimi minerali,
- comportamento dei concimi e degli elementi nutritivi nel sistema suolo - pianta - ambiente (aria, acqua),
- economicità.

In questo contesto è opportuno ricordare due principi fondamentali per la produzione vegetale, particolarmente importanti per la concimazione:

- a la legge dei fattori limitanti stabilisce che rendimento e/o qualità dipendono dal fattore di crescita disponibile in minore quantità rispetto alle necessità della coltura (elementi nutritivi, acqua, luce, temperatura, ecc.),
- b la legge degli incrementi di resa decrescenti dimostra che la quantità di raccolto aumenta meno che proporzionalmente rispetto a dosi successive di fattore di crescita fornite; addirittura, un apporto di concime esagerato può provocare cali di resa e di qualità del raccolto, come pure inquinare l'ambiente.

L'obiettivo della concimazione consiste nell'ottimizzare le rese e produrre raccolti di qualità ineccepibile, valorizzando al massimo le risorse disponibili di elementi nutritivi e conservando la fertilità del suolo sul lungo periodo. Per contro, la concimazione non è il mezzo appropriato per correggere carenze nutritive indotte da tecniche colturali errate (p. es.: compattamento del suolo, rotazione colturale squilibrata, semina tardiva, scelta di varietà non adatte, interventi fitosanitari inadeguati, ecc.).

Figura 2 - Concetto di concimazione, per un utilizzo sostenibile del suolo.



3

Norme di concimazione



3 Norme di concimazione

Le norme di concimazione sono basate sul fabbisogno delle diverse colture in elementi nutritivi (azoto (N), fosforo (P), potassio (K) e magnesio (Mg)), necessario ad ottenere una resa media di riferimento. Queste norme sono corrette in funzione di diversi fattori relativi alle piante, al suolo e al clima.

In campicoltura, le norme per fosforo, potassio e magnesio corrispondono ai prelievi di elementi nutritivi da parte delle piante. Tali norme (valori) sono successivamente corrette in funzione della capacità di assorbimento della coltura e della sua resa (**capitolo 3.2**), nonché dello stato di fertilità del suolo (**capitolo 6**).

In foraggicoltura, queste norme sono uguali o inferiori ai prelievi. Le possibili differenze sono spiegate nel **capitolo 3.3**. La norma è successivamente corretta in funzione dello stato di fertilità del suolo (**capitolo 6**).

Le norme per la concimazione azotata in campicoltura e foraggicoltura sono state elaborate grazie ai risultati di molteplici esperimenti, condotti sotto le più disparate condizioni climatiche e pedologiche. L'adattamento della concimazione azotata in funzione della specificità delle singole parcelle e di altri fattori d'influenza è descritta nel **capitolo 7**.

3.1 Campicoltura

I prelievi di azoto, fosforo, potassio e magnesio, così come le norme di concimazione corrispondenti per le colture erbacee da pieno campo sono illustrate nella **tabella 1**. La resa presa in considerazione corrisponde al livello medio raggiunto in Svizzera. Essa si basa sui risultati della statistica agricola dell'Unione svizzera dei contadini (USC). I tenori in elementi nutritivi sono forniti dai risultati di diversi esperimenti delle stazioni di ricerca Agroscope ACW e ART, nonché dal Libro verde (Agroscope ALP, 2004). Le norme relative a fosforo, potassio e magnesio sono state elaborate a partire da tali dati. Quelle relative all'azoto, ottenute dai risultati degli esperimenti condotti da ACW e ART, non rappresentano i prelievi effettivi come nel caso di fosforo, potassio e magnesio, ma indicano la concimazione ottimale dal punto di vista economico per una determinata resa.

Tabella 1 - Rese di riferimento, prelievi d'azoto, fosforo, potassio e magnesio e norme di concimazione per le diverse colture erbacee da pieno campo

I prelievi indicati si riferiscono alle quantità effettivamente raccolte (non si tiene conto delle perdite inevitabili) e alle quantità medie di sottoprodotti (senza contare né stoppie, né radici).

Coltura	Rese di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi in funzione della resa di riferimento (kg/ha)				Norme di concimazione (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Frumento autunnale (panificabile e da biscotti)	60	granella	121	49 (21)	26 (22)	7				
	70	paglia	22	13 (6)	75 (62)	5				
	Totale		143	62 (27)	101 (84)	12	140	60 (27)	100 (84)	15
Frumento autunnale da foraggio	75	granella	130	62 (27)	32 (27)	9				
	75	paglia	21	14 (6)	80 (66)	5				
	Totale		151	76 (33)	112 (93)	14	140	75 (33)	110 (93)	15
Frumento primaverile	50	granella	101	41 (18)	22 (18)	6				
	60	paglia	19	11 (5)	64 (53)	4				
	Totale		120	52 (23)	86 (71)	10	120	50 (23)	85 (71)	10

Coltura	Rese di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi in funzione della resa di riferimento (kg/ha)				Norme di concimazione (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Orzo autunnale	60	granella	89	50 (22)	32 (27)	7				
	60	paglia	26	13 (6)	96 (80)	4				
	Totale		115	63 (28)	128 (107)	11	110	65 (28)	130 (107)	15
Orzo primaverile	55	granella	81	46 (20)	30 (25)	6				
	55	paglia	24	12 (5)	88 (73)	3				
	Totale		105	58 (25)	118 (98)	9	90	60 (25)	120 (98)	10
Avena autunnale	55	granella	88	44 (19)	28 (23)	6				
	70	paglia	35	19 (8)	147 (122)	6				
	Totale		123	63 (27)	175 (145)	12	90	65 (27)	175 (145)	15
Avena primaverile	55	granella	91	44 (19)	28 (23)	6				
	70	paglia	29	19 (8)	147 (122)	6				
	Totale		120	63 (27)	175 (145)	12	90	65 (27)	175 (145)	15
Segale autunnale	55	granella	72	44 (19)	28 (23)	6				
	70	paglia	21	14 (6)	84 (70)	7				
	Totale		93	58 (25)	112 (93)	13	90	60 (25)	110 (93)	15
Segale ibrida autunnale	65	granella	85	52 (23)	33 (27)	7				
	75	paglia	23	15 (7)	90 (75)	8				
	Totale		108	67 (30)	123 (102)	15	90	65 (30)	125 (102)	15
Spelta	45	granella	72	36 (16)	23 (19)	5				
	70	paglia	35	18 (8)	84 (70)	7				
	Totale		107	54 (24)	107 (89)	12	100	55 (24)	105 (89)	15
Triticale autunnale	60	granella	96	43 (19)	29 (24)	5				
	75	paglia	25	11 (5)	135 (112)	5				
	Totale		121	54 (24)	164 (136)	10	110	55 (24)	165 (136)	10
Triticale primaverile	55	granella	88	40 (17)	27 (22)	5				
	70	paglia	23	10 (4)	126 (105)	4				
	Totale		111	50 (21)	153 (127)	9	100	50 (21)	155 (127)	10

Coltura	Rese di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi in funzione della resa di riferimento (kg/ha)				Norme di concimazione (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Farro, piccola spelta	25	granella	55	20 (9)	13 (11)	4				
	45	paglia	18	14 (6)	41 (34)	3				
	Totale		73	34	54 (45)	7	30	35 (15)	55 (45)	10
Mais da granella	95	granella	124	56 (24)	38 (32)	9				
	105	paglia	77	26 (11)	183 (152)	14				
	Totale		201	82 (35)	221 (184)	22	110	80 (35)	220 (184)	25
Mais da silo	170 ²	pianta intera	201	82 (36)	221 (183)	22				
	Totale		201	82 (36)	221 (183)	22	110	80 (36)	220 (183)	25
Mais "verde" (consumo fresco)	60 ²	pianta intera	114	39 (17)	162 (134)	6				
	Totale		114	39 (17)	162 (134)	6	70	40 (17)	160 (134)	10
Patate per il consumo e per l'industria di trasformazione	450	tuberi	135	59 (26)	243 (202)	9				
	200	fogliame	28	10 (4)	130 (108)	8				
	Totale		163	69 (30)	373 (310)	17	120	70 (30)	375 (310)	20
Patate precoci	300	tuberi	69	45 (20)	150 (125)	6				
	200	fogliame	66	14 (6)	140 (116)	12				
	Totale		135	59 (26)	290 (241)	18	110	60 (26)	290 (241)	20
Patate da seme (tuberi)	250	tuberi	58	38 (17)	125 (104)	5				
	200	fogliame	66	14 (6)	140 (116)	12				
	Totale		124	52 (23)	265 (220)	17	100	50 (23)	265 (220)	20
Bietola da zucchero	750	radici	90	45 (20)	150 (125)	23				
	500	foglie e coll.	165	40 (17)	315 (261)	45				
	Totale		255	85 (37)	465 (386)	68	100	85 (37)	465 (368)	70
Bietola da foraggio	175 ²	radici	193	88 (38)	315 (261)	23				
	400	foglie	140	32 (14)	280 (232)	36				
	Totale		333	120 (52)	595 (493)	59	100	120 (52)	595 (493)	60
Colza autunnale	35	granella	91	51 (22)	30 (25)	8				
	65	paglia	46	13 (6)	81 (67)	4				
	Totale		137	64 (28)	111 (92)	12	140	65 (28)	110 (92)	15

Coltura	Rese di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi in funzione della resa di riferimento (kg/ha)				Norme di concimazione (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Colza primaverile	25	granella	65	37 (16)	21 (17)	7				
	45	paglia	32	9 (4)	56 (46)	7				
	Totale		97	46 (20)	77 (63)	14	120	45 (20)	75 (63)	15
Girasole	30	granella	95	33 (14)	25 (21)	9				
	60	paglia	54	16 (7)	369 (306)	45				
	Totale		149	49 (21)	394 (327)	54	60	50 (21)	395 (327)	55
Canapa da olio	13	granella	60	33 (14)	14 (12)	7				
	60	paglia	54	24 (10)	84 (70)	9				
	Totale		114	57 (24)	98 (82)	16	60	55 (24)	100 (82)	20
Canapa da fibra ³	100	steli	30	30 (13)	90 (75)	5				
	40	foglie / granella	110	60 (26)	110 (91)	20				
	Totale		140	90 (39)	200 (166)	25	100	90 (39)	200 (166)	25
Lino da olio	20	granella	109	24 (10)	19 (16)	1				
	25	paglia	15	13 (6)	45 (37)	2				
	Totale		124	37 (16)	64 (53)	3	80	35 (16)	65 (53)	5
Lino da fibra	45	fibra	45	32 (14)	90 (75)	9				
	15	granella	82	18 (8)	14 (12)	1				
	Totale		127	50 (22)	104 (87)	10	60	50 (22)	105 (87)	10
Miscanto	200 ²	pianta intera	42	20 (9)	112 (93)	6				
	Totale		42	20 (9)	112 (93)	6	30	20 (9)	110 (93)	10
Kenaf	50 ²	pianta intera	100	60 (26)	80 (66)	10				
	Totale		100	60 (26)	80 (66)	10	70	60 (26)	80 (66)	10
Piselli proteici	40	granella	140	40 (17)	48 (40)	5				
	50	paglia	100	38 (17)	80 (66)	11				
	Totale		240	78 (34)	128 (106)	16	0	80 (34)	130 (106)	20
Favino	40	granella	160	56 (24)	56 (46)	10				
	45	paglia	135	16 (7)	90 (75)	15				
	Totale		295	72 (31)	146 (121)	25	0	70 (31)	145 (121)	25

Coltura	Rese di riferimento ¹ q/ha	Prodotto	Prelievi in funzione della resa di riferimento (kg/ha)				Norme di concimazione (kg/ha)			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Soia	30	granella	180	35	58 (48)	6				
	30	paglia	105	35	64 (53)	9				
	Totale		285	70 (30)	122 (101)	15	0	70 (30)	120 (101)	15
Lupino dolce	30	granella	165	30 (13)	41 (34)	6				
	30	paglia	105	12 (5)	60 (50)	12				
	Totale		270	42 (18)	101 (84)	18	0	40 (18)	100 (84)	20
Sovescio (con leguminose)	25 ²	pianta intera	70	25 (11)	90 (75)	5				
	Totale		70	25 (11)	90 (75)	5	0	0 (0)	0 (0)	0
Sovescio (senza leguminose)	25 ²	pianta intera	70	25 (11)	90 (75)	5				
	Totale		70	25 (11)	90 (75)	5	30 ⁴	0 (0)	0 (0)	0
Colture intercalari (per ogni utilizzazione)	25 ²	pianta intera	70	24 (10)	88 (73)	6				
	Totale		70	24 (10)	88 (73)	6	30	25 (10)	90 (73)	10
Tabacco Burley	25 ²	foglie	75	18 (8)	125 (104)	7				
	30 ²	steli	69	22 (10)	135 (112)	6				
	Totale		144	40 (18)	260 (216)	13	170	40 (18)	260 (216)	15
Tabacco Virginia	25 ²	foglie	63	14 (6)	119 (99)	5				
	25 ²	steli	25	21 (9)	125 (104)	10				
	Totale		88	35 (15)	244 (203)	15	0	35 (15)	245 (203)	15

Spiegazione dei calcoli: i calcoli si basano sui prelievi di P₂O₅, K₂O e Mg tramite prodotti principali e sottoprodotti. La conversione di P₂O₅ e K₂O in P e K si effettua moltiplicando il valore dei primi per 0,436 (fosforo) e 0,830 (potassio). Il prelievo totale equivale alla somma dei prelievi dei prodotti principali e dei sottoprodotti. Per P₂O₅ e K₂O la norma è arrotondata al multiplo di 5 più vicino, per il Mg è arrotondata al multiplo di 5 superiore, mentre non c'è nessun arrotondamento per P e K.

- 1 Con un tenore d'acqua medio alla raccolta.
- 2 Resa in sostanza secca.
- 3 A seconda dell'epoca di raccolta e della tecnica impiegata, si raccoglie la pianta intera o solamente il fusto.
- 4 Come concimazione "starter" per accrescere la concorrenzialità della coltura principale

3.2 Correzione della norma di concimazione per fosforo, potassio e magnesio, in funzione della capacità d'assorbimento delle diverse colture e della loro resa

Le differenti piante coltivate hanno una diversa capacità d'assorbimento degli elementi nutritivi, che dipende molto dalla forma e dalla lunghezza dell'apparato radicale. Per tenere in considerazione questo fatto, la norma per fosforo, potassio e magnesio è corretta in funzione della capacità di assorbimento delle specie (**tabella 2**). La norma corretta corrisponde alla quantità raccomandata di elementi nutritivi da apportare, per una resa media e uno stato di fertilità del suolo giudicato soddisfacente (**capitolo 6**).

I cereali autunnali hanno una buona capacità d'assorbimento del potassio, perciò la norma di concimazione può essere ridotta rispetto ai prelievi effettivi. Lo stesso vale per le colture dotate di radici fittonanti, come le bietole, che possono prelevare una grande quantità di potassio dagli strati di suolo più profondi. Al contrario, piante con apparato radicale poco sviluppato e/o con una scarsa capacità d'assorbimento, come le patate, abbisognano di concentrazioni maggiori di elementi nutritivi nella soluzione del suolo. In questi casi, la norma di concimazione va aumentata.

Questo approccio è opportuno laddove la concimazione ha lo scopo di mantenere uno stato di fertilità del suolo giudicato soddisfacente. È altresì appropriato nel caso in cui si effettui una rotazione equilibrata tra colture con forte capacità d'assorbimento e colture poco capaci in questo senso. Il limite di questa correzione può risiedere nell'incapacità del suolo di contribuire all'apporto di elementi nutritivi, necessario ad una successione di colture con forte capacità d'assorbimento.

Se le rese variano in maniera regolare rispetto al valore di riferimento (**tabella 1**), le norme per fosforo, potassio e magnesio devono essere corrette in modo direttamente proporzionale.

Tabella 2 - Norme di concimazione, fattori di correzione relativi alla capacità d'assorbimento di fosforo, potassio e magnesio e norme di concimazione corrette per le diverse colture erbacee da pieno campo

La norma di concimazione per fosforo, potassio e magnesio, corretta in funzione della capacità d'assorbimento delle diverse colture, corrisponde alla quantità raccomandata di elementi nutritivi da apportare per uno stato di fertilità del suolo giudicato soddisfacente (**capitolo 6**).

Coltura	Norme di concimazione (tabella 1) (kg/ha)			Fattori di correzione relativi alla capacità d'assorbimento			Norme di concimazione corrette (kg/ha)		
	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	P	K	Mg	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Fruento autunnale (panificabile e da biscotti)	60 (27)	100 (84)	15	1,0	0,8	1,0	60 (27)	80 (67)	15
Fruento autunnale (da foraggio)	75 (33)	110 (93)	15	1,0	0,8	1,0	75 (33)	90 (74)	15
Fruento primaverile	50 (23)	85 (71)	10	1,0	1,0	1,0	50 (23)	85 (71)	10
Orzo autunnale	65 (28)	130 (107)	15	1,0	0,8	1,0	65 (28)	105 (86)	15
Orzo primaverile	60 (25)	120 (98)	10	1,0	1,0	1,0	60 (25)	120 (98)	10
Avena autunnale	65 (27)	175 (145)	15	1,0	0,8	1,0	65 (27)	140 (116)	15
Avena primaverile	65 (27)	175 (145)	15	1,0	1,0	1,0	65 (27)	175 (145)	15
Segale autunnale	60 (25)	110 (93)	15	1,0	0,8	1,0	60 (25)	90 (74)	15
Segale ibrida autunnale	65 (30)	125 (102)	15	1,0	0,8	1,0	65 (30)	100 (82)	15
Spelta	55 (24)	105 (89)	15	1,0	0,8	1,0	55 (24)	85 (71)	15
Triticale autunnale	55 (24)	165 (136)	10	1,0	0,8	1,0	55 (24)	130 (109)	10

Coltura	Norme di concimazione (tabella 1) (kg/ha)			Fattori di correzione relativi alla capacità d'assorbimento			Norme di concimazione corrette (kg/ha)		
	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	P	K	Mg	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Triticale primaverile	50 (21)	155 (127)	10	1,0	1,0	1,0	50 (21)	155 (127)	10
Farro, piccola spelta	35 (15)	55 (45)	10	1,0	0,8	1,0	35 (15)	45 (36)	10
Mais da granello	80 (35)	220 (184)	25	1,2	1,0	1,0	95 (42)	220 (184)	25
Mais da silo	80 (36)	220 (183)	25	1,2	1,0	1,0	95 (43,2)	220 (183)	25
Mais verde (consumo fresco)	40 (17)	160 (134)	10	1,0	1,0	1,0	40 (17)	160 (134)	10
Patate (per il consumo e l'industria di trasformazione)	70 (30)	375 (310)	20	1,2	1,2	1,2	85 (36)	450 (372)	25
Patate (precoci)	60 (26)	290 (241)	20	1,2	1,2	1,2	70 (31,2)	350 (289)	25
Patate da seme (tuberi)	50 (23)	265 (220)	20	1,2	1,2	1,2	60 (27,6)	320 (264)	25
Bietola da zucchero	85 (37)	465 (386)	70	1,0	0,8	1,0	85 (37)	370 (294)	70
Bietola da foraggio	120 (52)	595 (493)	60	1,0	0,8	1,0	120 (52)	475 (394)	60
Colza autunnale	65 (28)	110 (92)	12	1,0	1,0	1,0	65 (28)	110 (92)	15
Colza primaverile	45 (20)	75 (63)	15	1,0	1,0	1,0	45 (20)	75 (63)	15
Girasole	50 (21)	395 (327)	55	1,0	1,0	1,0	50 (21)	395 (327)	55
Canapa da olio	55 (24)	100 (82)	20	1,0	1,0	1,0	55 (24)	100 (82)	20
Canapa da fibra	90 (39)	200 (166)	25	1,0	1,0	1,0	90 (39)	200 (166)	25
Lino da olio	35 (16)	65 (53)	5	1,0	1,0	1,0	35 (16)	65 (53)	5
Lino da fibra	50 (22)	105 (87)	10	1,0	1,0	1,0	50 (22)	105 (87)	10
Miscanto	20 (9)	110 (93)	10	1,0	1,0	1,0	20 (9)	110 (93)	10
Kenaf	60 (26)	80 (66)	10	1,0	1,0	1,0	60 (26)	80 (66)	10
Piselli proteici	80 (34)	130 (106)	20	1,0	1,2	1,0	80 (34)	155 (127)	20
Favino	70 (31)	145 (121)	25	1,0	1,2	1,0	70 (31)	175 (145)	25
Soia	70 (30)	120 (101)	15	1,0	1,2	1,0	70 (30)	145 (121)	15
Lupino dolce	40 (18)	100 (84)	20	1,0	1,2	1,0	40 (18)	120 (101)	20
Sovescio (con leguminose)	0 (0)	0 (0)	0	1,0	1,0	1,0	0 (0)	0 (0)	0
Sovescio (senza leguminose)	0 (0)	0 (0)	0	1,0	1,0	1,0	0 (0)	0 (0)	0
Colture intercalari (per ogni utilizzazione)	25 (10)	90 (73)	10	1,0	0,8	1,2	25 (10)	70 (58)	10
Tabacco Burley	40 (18)	260 (216)	15	1,0	1,0	1,0	40 (18)	260 (216)	15
Tabacco Virginia	35 (15)	245 (203)	15	1,0	1,0	1,0	35 (15)	245 (203)	15

3.3 Foraggicoltura

Prati e pascoli sono associazioni vegetali composte da numerose specie di valore agronomico ed ecologico variabile. Nei prati permanenti, dove la cotica erbosa è costituita dal 50 - 70% di graminacee, dal 10 - 30% di leguminose e dal 10 - 30% di "altre erbe", si ottiene nella maggior parte dei casi un foraggio abbondante e di buona qualità. Le specie vegetali che formano la cotica erbosa di prati e pascoli hanno esigenze diverse per quanto riguarda le condizioni pedoclimatiche ed il tipo di gestione praticato dall'agricoltore. Per conseguire e mantenere nel tempo una buona composizione botanica, evitando la proliferazione di specie indesiderate, è essenziale adeguare il livello di concimazione all'intensità di sfruttamento (**figura 3**). Siccome l'intensità di sfruttamento deve giocoforza adattarsi alle condizioni pedoclimatiche locali, è la concimazione che va modificata di conseguenza e non viceversa. In particolare, quando le condizioni pedoclimatiche locali non permettono lo sviluppo di buone piante foraggere (clima rigido, esposizione sfavorevole, parcella poco soleggiata, suolo pesante e/o superficiale) si sconsiglia di condurre uno sfruttamento intensivo.

La concimazione in foraggicoltura si differenzia da quella praticata per le colture erbacee da pieno campo, perché non prende in considerazione solo i prelievi di elementi nutritivi da parte delle piante e la fertilità del suolo, ma considera anche la composizione botanica della cotica erbosa e, parzialmente, il tenore in sali minerali del foraggio. Un'altra differenza importante è che le colture foraggere sono fertilizzate principalmente con concimi aziendali, che contengono gran parte degli elementi nutritivi presenti nei foraggi. Errori nella gestione (concimazione e sfruttamento) di prati e pascoli si manifestano solo dopo anni. A quel punto, rimediare risulta estremamente difficile e richiede diverso tempo.

La **tabella 3** contiene i prelievi di azoto, fosforo, potassio e magnesio, nonché le norme di concimazione corrette per prati e pascoli secondo l'intensità di sfruttamento. Il rapporto tra prelievo e norma di concimazione varia a seconda dell'intensità di sfruttamento, in modo da tenere conto della composizione botanica della cotica erbosa e della qualità del foraggio (**tabella 4**). Le indicazioni della **tabella 3** sono valide per prati permanenti e temporanei. È importante scegliere correttamente il tipo e l'intensità di sfruttamento. Bisogna tenere conto delle condizioni pedoclimatiche locali, della composizione botanica (specialmente delle graminacee dominanti), dello stadio fenologico delle foraggere al momento dello sfruttamento e della frequenza dello stesso. Il foraggio giovane (sfruttamento intensivo) presenta di regola tenori in elementi nutritivi superiori a quelli riscontrati nel foraggio vecchio (sfruttamento estensivo), come riportato nella **tabella 60b**. A parità di resa dunque, un prato intensivo (utilizzato frequentemente) asporta dal suolo maggiori quantità di elementi nutritivi di un prato sfruttato in modo meno intensivo. Di conseguenza, la norma di concimazione aumenta con l'aumentare dell'intensità di sfruttamento. Varie pubblicazioni editate dall'APF (Associazione per il promovimento della foraggicoltura) e da AGRIDEA facilitano il riconoscimento dei tipi più importanti di prati e pascoli.

Figura 3 - Intensità di gestione dei prati in funzione dello sfruttamento e della concimazione (in particolare la concimazione azotata).

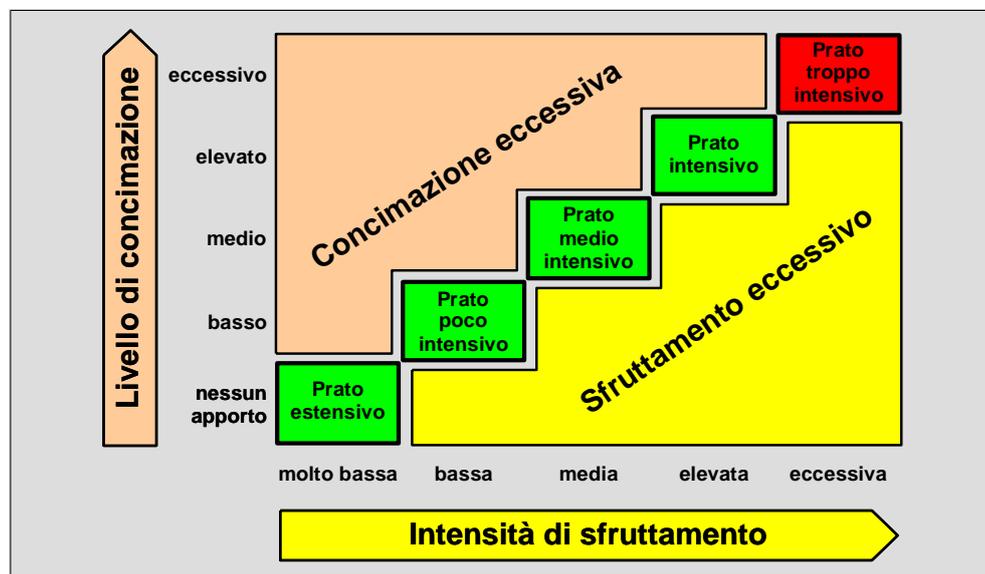


Tabella 3 - Prelievi annui di azoto, fosforo, potassio e magnesio e norme di concimazione per prati e pascoli, corrette secondo quanto riportato nella tabella 4 e in funzione dell'intensità di sfruttamento e dell'altitudine

Queste norme sono valide per prati permanenti e temporanei.

Intensità di sfruttamento (numero di utilizzazioni per anno ¹)	Altitudine ² (m s.l.m.)	Rese annue ³ (q SS/ha)	Prelievi annui di elementi nutritivi ⁴				Norme di concimazione corrette			
			(kg/ha)				kg/q SS; kg/ha			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁵ (K)	Mg	N ⁶	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁷ (K)	Mg
PRATI										
Intensivi^{8,9}							1,0-1,3	0,8 (0,35)	2,4 (2,0)	0,3
- 5-6 utilizzazioni ¹⁰	< 600	135	330	108 (47)	430 (357)	34	150-180	110 (48)	325 (270)	40
- 5 utilizzazioni	< 700	115	280	92 (40)	370 (307)	29	130-150	90 (39)	275 (228)	35
- 4 utilizzazioni	600-1100	100	245	80 (35)	320 (266)	25	100-130	80 (35)	240 (199)	30
- 3 utilizzazioni	1000-1500	80	195	64 (28)	255 (212)	20	70-100	65 (28)	190 (158)	25
- 2 utilizzazioni	> 1400	55	135	44 (19)	175 (145)	14	50-70	45 (20)	130 (108)	15
Medio intensivi^{8,9}							0,8-1,1	0,7 (0,31)	1,9 (1,6)	0,25
- 4 utilizzazioni	< 700	100	195	75 (33)	270 (224)	23	80-110	70 (31)	190 (158)	25
- 3 utilizzazioni	600-1100	75	145	56 (24)	205 (170)	17	60-80	50 (22)	145 (120)	20
- 2 utilizzazioni	1000-1500	50	100	38 (17)	135 (112)	12	40-60	35 (15)	95 (79)	15
- 1-2 utilizzazioni	> 1400	35	70	26 (11)	95 (79)	8	30-40	25 (11)	65 (54)	10
Poco intensivi⁸ (prati da fieno ricchi in specie)							0,4-0,7	0,6 (0,26)	1,5 (1,2)	0
- 3 utilizzazioni	< 700	65	105	47 (20)	145 (120)	14	25-40	40 (17)	95 (79)	0
- 2 utilizzazioni	600-1100	50	80	36 (16)	115 (95)	11	20-30	30 (13)	75 (62)	0
- 1-2 utilizzazioni	1000-1500	35	55	25 (11)	80 (66)	7	15-25	20 (9)	50 (42)	0
- 1 utilizzazione	> 1400	25	40	18 (8)	55 (46)	5	10-20	15 (7)	35 (29)	0
Estensivi¹ (prati magri e prati da strame)							0	0	0	0
- 1 utilizzazione		10-30	15-40	5-20 (2-9)	20-60 (17-50)	2-6	0	0	0	0
Colture intercalari e semine estive							0,7-1,2	0,8 (0,35)	2,4 (2,0)	0,4
per ogni utilizzazione		25	70	25 (11)	90 (75)	5	30	20 (9)	60 (50)	10
PRODUZIONE DI SEMENTE										
Con produzione di foraggio medio intensiva							0-1,9	0,7 (0,31)	1,9 (1,6)	0,25
- leguminose in purezza		120	360	84 (37)	330 (274)	26	0	80 (35)	230 (191)	30
- graminacee in purezza		120	230	90 (39)	320 (266)	26	170-230	85 (37)	225 (187)	30
Con produzione di foraggio molto intensiva¹⁵							1,7-1,9	0,8 (0,35)	2,0 (1,7)	0,25
- graminacee in purezza		135	265	105 (46)	370 (307)	32	230-260	100 (44)	270 (224)	30

Intensità di sfruttamento (numero di utilizzazioni per anno ¹)	Altitudine ² (m s.l.m.)	Rese annue ³ (q SS/ha)	Prelievi annui di elementi nutritivi ⁴				Norme di concimazione corrette			
			(kg/ha)				kg/q SS; kg/ha			
			N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁵ (K)	Mg	N ⁶	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O ⁷ (K)	Mg
PASCOLI¹¹										
intensivi^{13,14} (> 3 UBG/ha e periodo di pascolo)¹²							1,0-1,4	0,53/0,37 (0,23/0,16)	1,06/0,32 (0,88/0,27)	0,20/0,20
- 5-7 turni	< 700	100	270	85 (37)	355 (295)	25	100-140	55/35 (24/15)	105/30 (87/25)	20/20
- 4-6 turni	600-1100	85	230	72 (31)	300 (249)	21	80-120	45/30 (20/13)	90/25 (75/21)	15/15
- 3-5 turni	1000-1500	70	190	60 (26)	250 (208)	18	60-100	35/25 (15/11)	75/20 (62/17)	15/15
medio intensivi¹³ (> 2-3 UBG/ha e periodo di pascolo)¹²							0,7-1,0	0,48/0,33 (0,21/0,14)	0,80/0,24 (0,66/0,20)	0,15/0,15
- 4-5 turni	<700	85	185	68 (30)	260 (216)	20	60-75	40/30 (17/13)	65/20 (54/17)	15/15
- 3-4 turni	600-1100	65	140	52 (23)	200 (166)	15	45-60	30/20 (13/9)	50/15 (42/12)	10/10
- 2-3 turni	1000-1500	40	90	32 (14)	120 (100)	9	30-45	20/15 (9/7)	35/10 (29/8)	5/5
- 1-3 turni	> 1400	30	65	24 (10)	90 (75)	7	15-30	15/10 (7/4)	25/5 (21/4)	5/5
poco intensivi (> 1-2 UBG/ha e periodo di pascolo)¹²							0	0,4 (0,17)	0,4 (0,3)	0
- 2-4 turni	< 700	50	90	36 (16)	130 (108)	11	0	20 (9)	20 (17)	0
- 2-3 turni	600-1100	40	70	29 (13)	100 (83)	8	0	15 (7)	15 (12)	0
- 1-3 turni	1000-1500	30	50	22 (10)	75 (62)	6	0	10 (4)	10 (8)	0
- 1-2 turni	> 1400	20	35	15 (7)	50 (42)	4	0	10 (4)	10 (8)	0
estensivi (< 1,0 UBG/ha e periodo di pascolo)¹²							0	0	0	0
- 1-2 turni	-	10-25	15-40	5-15 (2-7)	25-55 (21-46)	2-5	0	0	0	0

1 L'ultimo pascolo autunnale non conta come utilizzazione se la sua resa è inferiore a 10 q SS/ha.

2 Le indicazioni altimetriche sono valide per le Prealpi e le Alpi; nel Giura (clima più rude) le fasce altimetriche si devono abbassare e diventano: < 600, 600-900, 900-1300, > 1300 m.

3 Le rese corrispondono alla quantità di foraggio raccolto o consumato dagli animali al pascolo; per i prati da sfalcio si sono dedotte le perdite sul terreno, ma non quelle di conservazione (insilato, fieno ventilato, fieno imballato).

4 Per i prati si tratta di prelievi medi calcolati in base alla resa effettiva e al valore medio dei contenuti indicati nella **tabella 60b** (in realtà questi prelievi possono variare considerevolmente); per i pascoli corrispondono alle quantità medie di elementi nutritivi ingerite dagli animali con il foraggio.

5 I prelievi di potassio sono chiaramente superiori alle norme di concimazione. Ciò è dovuto al fatto che molte aziende hanno troppo potassio all'interno del loro ciclo degli elementi nutritivi. Questa situazione indesiderata è da imputare ad apporti massicci eseguiti in passato.

6 La concimazione azotata di prati e pascoli viene frazionata in più apporti, come descritto nella **tabella 27**. Le miscele a base di erba medica (L) e trifoglio violetto (M) non ricevono di norma alcun apporto d'azoto, se la loro percentuale di leguminose è sufficiente.

7 Apporti di potassio superiori a 200 kg K₂O/ha, distribuiti sotto forma di concimi minerali, devono essere frazionati (p. es.: al risveglio vegetativo e dopo la prima o la seconda utilizzazione).

8 Nel caso si pratichi lo sfalcio-pascolo, si calcola la norma di concimazione come se tutti gli sfruttamenti fossero degli sfalci, per poi applicare, per ogni pascolo, le deduzioni riportate nella **tabella 5**.

9 La concimazione di prati temporanei a base di erba medica o trifoglio violetto con fosforo, potassio e magnesio si esegue applicando le norme relative ai prati sfruttati in modo intensivo, anche se la frequenza delle utilizzazioni corrisponde a uno sfruttamento medio intensivo.

10 Queste indicazioni sono valide, soprattutto, per i prati a loglio italico.

11 Le norme di concimazione per i pascoli includono già le deduzioni relative al pascolo.

12 Il carico medio (numero di UBG/ha e periodo di pascolo) permette di valutare l'intensità di sfruttamento media a cui sono sottoposte le superfici pascolate, nella misura in cui l'apporto di foraggio grezzo complementare sia nullo o estremamente limitato. A seconda delle condizioni pedoclimatiche locali, l'intensità di sfruttamento può variare fortemente da una parcella all'altra, per cui la concimazione deve essere adattata alla situazione specifica.

13 Le norme di concimazione (P, K e Mg) per pascoli sfruttati in modo intensivo e medio intensivo contengono due valori. Il primo si riferisce a un pascolo con stabulazione, il secondo a un pascolo senza stabulazione.

14 Queste norme di concimazione sono valide anche per il pascolo continuo a cotico basso.

15 Questo tipo di produzione è possibile soltanto con condizioni pedoclimatiche locali particolarmente favorevoli.

I prelievi e le norme di concimazione corrette riportate nella **tabella 3** si riferiscono alle produzioni ivi indicate. Queste ultime diminuiscono con l'aumentare dell'altitudine (accorciamento del periodo vegetativo). Il pascolo presenta perdite di foraggio mediamente maggiori rispetto allo sfalcio. La gestione ottimale del pascolo riduce questa differenza. Se le condizioni pedoclimatiche locali sono particolarmente favorevoli, si ottengono produzioni superiori al valore indicato nella **tabella 3**. Ciò vale soprattutto per determinati tipi di prati temporanei. Se, al contrario, il soleggiamento è insufficiente (esposizione a nord, vicinanza del bosco, ecc.) oppure le piante soffrono periodicamente di carenza o eccessi d'acqua (suoli superficiali e leggeri, suoli pesanti e compattati, precipitazioni troppo esigue o troppo abbondanti), le rese calano. Le rese menzionate nella **tabella 3** sono indicative. Pertanto, si consiglia di verificarle a livello aziendale, basandosi sul consumo annuale di foraggio da parte del bestiame. Per il pascolo, la quantità di foraggio consumata dal bestiame può essere stimata nel modo seguente:

$$\text{Resa consumata (q SS/ha)} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Carico istantaneo (UBG/ha)} \\ \text{Durata del pascolo (giorni)} \\ \text{Consumo giornaliero medio al pascolo (kg SS/UBG e gg)} \end{array} \right\} \times 100$$

Il carico istantaneo è uguale al numero di UBG/ha che pascolano contemporaneamente, la durata del pascolo è uguale al numero totale di giorni di pascolo nel corso di un anno, mentre il consumo giornaliero medio del bestiame sul pascolo varia secondo la disponibilità d'erba, l'importanza della quota di foraggio grezzo consumato in stalla e il livello produttivo degli animali. Il consumo giornaliero può raggiungere i 17-18 kg di SS/UBG, se la disponibilità d'erba è sufficiente e si pratica il pascolo integrale. Il calcolo delle rese si basa su un consumo medio giornaliero di 16 kg di SS/UBG (1 UBG = una vacca da latte che produce 6'500 kg di latte all'anno).

Tabella 4 - Rapporto tra il prelievo di P, K e Mg da parte di prati e pascoli e le relative norme di concimazione, in funzione dell'intensità di sfruttamento

Intensità di sfruttamento	P	K	Mg
Prati intensivi	1,00	0,75	1,2
Prati medio intensivi	0,95	0,70	1,1
Prati poco intensivi	0,85	0,65	-
Prati estensivi	-	-	-
Pascoli intensivi ¹	0,60/0,40	0,30/0,08	0,80/0,80
Pascoli medio intensivi ¹	0,60/0,40	0,30/0,07	0,70/0,70
Pascoli poco intensivi	0,55	0,15	-
Pascoli estensivi	-	-	-
Produzione di semente (graminacee o leguminose in purezza)	0,95	0,70	1,15

¹ Il primo valore si applica al **pascolo con stabulazione**, il secondo al **pascolo senza stabulazione**; le varie tecniche di pascolo sono descritte nel **capitolo 3.3**.

Se le rese effettivamente ottenute si scostano molto da quelle riportate nella **tabella 3**, si devono correggere le norme di concimazione. A questo scopo, dalla stessa tabella, si prendono le norme di concimazione per fosforo, potassio e magnesio espresse per unità di resa (q di SS) e si moltiplicano per la resa effettiva (misurata o stimata).

Le norme di concimazione per prati e pascoli sono spesso inferiori rispetto ai prelievi, in particolare per:

azoto: le norme sono nettamente inferiori ai prelievi, poiché le piante dispongono di altre fonti d'azoto, come l'azotofissazione biologica da parte delle leguminose, la mineralizzazione della sostanza organica del suolo e la deposizione atmosferica,

potassio: le norme sono inferiori ai prelievi, poiché il tenore di potassio nei foraggi prativi (la media svizzera è di 30 g K/kg SS) supera molto spesso il tenore desiderato (al massimo 20 g K/kg SS), utile a mantenere una composizione botanica equilibrata, assicurare una buona crescita delle piante e preservare la salute degli animali. I tenori elevati osservati nei foraggi

prativi sono generalmente dovuti ad una disponibilità eccessiva di potassio nel suolo e ad un suo consumo “di lusso” da parte delle piante. La norma relativa al tenore di potassio nei concimi aziendali si basa sul contenuto medio effettivo dei foraggi prativi (30 g K/kg SS). In tal modo, i concimi aziendali apportano spesso quantitativi di potassio che eccedono il fabbisogno effettivo di prati e pascoli. In simili situazioni bisogna spargere i concimi aziendali in funzione del loro tenore in azoto e fosforo, rinunciando a concimare con concimi minerali potassici,

prati estensivi e prati poco intensivi: per preservare la diversità botanica di queste superfici prative, gli apporti di elementi nutritivi devono essere inferiori ai prelievi. Gli elementi nutritivi mancanti sono prelevati dalle riserve del suolo,

pascoli: gli apporti di elementi nutritivi sono inferiori alle quantità contenute nel foraggio consumato dagli animali, poiché una quota di questi nutrienti torna direttamente al suolo tramite le deiezioni (feci ed urina).

Le norme riferite al pascolo (senza sfalcio), indicate alla **tabella 3**, tengono già conto delle restituzioni di elementi nutritivi tramite le deiezioni degli animali. Queste ultime dipendono soprattutto dalla durata del pascolo giornaliero, dalla tecnica di pascolo e dalla quota di razione consumata al pascolo. Riguardo al pascolo intensivo e medio intensivo, la **tabella 3** indica due norme di concimazione. La prima è valida per il pascolo con stabulazione, dove gli animali si nutrono per lo più al pascolo (p. es. fabbisogno alimentare giornaliero coperto al 50% con il pascolo, durante 5-6 ore giornaliere oppure una copertura quasi integrale con il pascolo per un massimo di 12 ore al giorno). La seconda norma è valida per il pascolo senza stabulazione, in cui gli animali si nutrono esclusivamente al pascolo, dove soggiornano in permanenza, salvo eventualmente durante la mungitura. In caso di pascolo senza stabulazione la maggior parte degli elementi nutritivi, torna direttamente al suolo con le deiezioni animali (i prelievi effettivi sono minimi). Tuttavia, le norme di concimazione non vengono ridotte proporzionalmente all'incremento delle deiezioni sul pascolo, perché, quando gli animali non soggiornano al pascolo unicamente per nutrirsi, la ripartizione di feci ed urina è meno regolare. I pascoli destinati prioritariamente alla libera uscita degli animali, piuttosto che al loro nutrimento non devono essere concimati, poiché le deiezioni coprono da sole il fabbisogno delle piante.

Nel caso di superfici pascolate saltuariamente (sfalcio-pascolo), le restituzioni di elementi nutritivi occasionate dal pascolo sono dedotte dalla norma di concimazione dei prati da sfalcio. Queste deduzioni si riferiscono ad uno sfruttamento medio del pascolo (resa consumata pari a 15 q SS/ha, che corrisponde al consumo giornaliero di 95 UBG/ha che brucano 16 kg SS ognuno). La **tabella 5** riporta le restituzioni occasionate dal pascolo per fosforo, potassio e magnesio, a dipendenza dell'intensità di sfruttamento e della tecnica di pascolo.

Tabella 5 - Deduzioni dalle norme di concimazione di fosforo, potassio e magnesio, per ogni pascolo effettuato su prati sfruttati in modo medio intensivo e intensivo (alternanza sfalcio-pascolo)

Queste deduzioni valgono per un pascolo medio di circa 15 q SS/ha, equivalenti al consumo giornaliero di 95 UBG/ha che brucano 16 kg SS ognuno (1 UBG = una vacca da latte da 6'500 kg di latte/anno).

Intensità di sfruttamento	Sistema di pascolo ¹	Deduzioni per ogni pascolo effettuato ² (kg/ha)			
		N ³	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg
Intensiva	Pascolo con stabulazione	-	5,5 (2,4)	27 (22)	2,0
	Pascolo senza stabulazione	-	8,5 (3,7)	43 (36)	3,0
Medio intensiva	Pascolo con stabulazione	-	4,5 (2,0)	23 (19)	1,5
	Pascolo senza stabulazione	-	6,5 (2,8)	32 (27)	2,0
Poco intensiva	Tutti i sistemi	-	4,0 (1,7)	20 (17)	-

1 Le differenti tecniche di pascolo sono descritte al **capitolo 3.3**.

2 L'ultimo pascolo autunnale non conta come utilizzazione, se la sua resa è inferiore a 10 q SS/ha.

3 Le deduzioni per l'N sono già incluse nelle norme di concimazione corrette per ogni utilizzazione (**tabella 27**).

4

Analisi del suolo e interpretazione dei risultati



4 Analisi del suolo e interpretazione dei risultati

Oltre ai fabbisogni nutritivi delle piante, una concimazione mirata deve tenere in considerazione, le diverse proprietà del suolo. Queste ultime si rilevano mediante periodiche analisi (ogni 3-4 anni in campicoltura e ogni 4-6 anni in foraggicoltura). Le analisi servono a ottimizzare le concimazioni future, ma anche a verificare l'effetto di quelle già eseguite. La documentazione che descrive come prelevare correttamente i campioni di suolo (fattore decisivo per l'affidabilità dei risultati) si può richiedere ai servizi di consulenza agricola.

È possibile seguire l'evoluzione a lungo termine dello stato di fertilità del suolo e confrontare i risultati con gli apporti (concimazione) e i prelievi (piante) di elementi nutritivi. Per riuscirci, la procedura di prelevamento dei campioni di suolo (luogo, epoca nella rotazione, profondità dei prelievi, ecc.) deve essere confrontabile nel tempo.

I principali metodi d'analisi attualmente utilizzati dalle stazioni di ricerca sono riassunti nella **tabella 6**. Le metodologie descritte sono state messe a punto nel corso di numerosi esperimenti in pieno campo svolti sull'arco di più decenni.

Tabella 6 - Principali metodi d'analisi del suolo utilizzati dalle stazioni di ricerca Agroscope, per ottimizzare la concimazione in campicoltura e foraggicoltura

Per una descrizione completa si rinvia a "Metodi di riferimento delle stazioni di ricerca Agroscope".

Prelevamento dei campioni		Preparazione dei campioni	Parametro da analizzare (elemento nutritivo o caratteristica del suolo)	Mezzo / metodo d'estrazione	Rapporto tra suolo e soluzione estrattiva	Tempo d'agitazione e d'estrazione	Unità di misura del risultato d'analisi	Relazione tra unità di misura e risultati; calcoli
Epoca	Profondità							
Tra la raccolta dell'ultima coltura e la concimazione di quella seguente. Preferibilmente sempre nello stesso momento della rotazione	0-10 cm nei prati permanenti e 0-20 cm nei prati temporanei e nei campi	Essiccare all'aria a 40°C e setacciare a 2 mm	P	H ₂ O satura di CO ₂	1 : 2,5	1 ora	Indice	1 indice P = 0,0356 mg P ₂ O ₅ / 100 g di terra
			K	H ₂ O satura di CO ₂	1 : 2,5	1 ora	Indice	1 indice K = 1 mg K ₂ O / 100 g di terra
			Mg	0,0125-M CaCl ₂	1 : 10	2 ore	Indice	1 indice Mg = 1 mg Mg / 100 g di terra
			Mn (scambiabile)	1 M acetato d'ammonio	1 : 10	30 min.	ppm	mg Mn / kg di terra
			Mn (facilmente riducibile)	1 M acetato d'ammonio + idrochinone	1 : 10	30 min.	ppm	mg Mn / kg di terra
			B	Acqua calda	1 : 5	5 min. (condensatore a riflusso)	ppm	mg B / kg di terra
			H ⁺	Acqua distillata	1 : 2,5	12 ore	Valore di pH	
			CaCO ₃	HCl concentrato, diluizione 1:1	1 : 1		%	g CaCO ₃ / 100 g di terra

Prelevamento dei campioni		Preparazione dei campioni	Parametro da analizzare (elemento nutritivo o caratteristica del suolo)	Mezzo / metodo d'estrazione	Rapporto tra suolo e soluzione estrattiva	Tempo d'agitazione e d'estrazione	Unità di misura del risultato d'analisi	Relazione tra unità di misura e risultati; calcoli			
Epoca	Profondità										
Tra la raccolta dell'ultima coltura e la concimazione di quella seguente. Preferibilmente sempre nello stesso momento della rotazione colturale	0-10 cm nei prati permanenti e 0-20 cm nei prati temporanei e nei campi	Essiccare all'aria a 40°C e setacciare a 2 mm	P, K, Mg	0,5 M acetato d'ammonio + 0,5 M acido	1 : 10	1 ora	ppm	mg / kg di terra			
			Granulometria ¹								
			- Argilla - Silt - Sabbia	Sedimentazione Sedimentazione Calcolato per diff.				% % %	g / 100 g di terra g / 100 g di terra g / 100 g di terra		
			Sostanza organica (SO) ¹	Calcinazione umida con K ₂ Cr ₂ O ₇ Titolazione				% C org.	% SO = % C org. x 1,725		
			- SO - Argilla - Silt	Prova tattile				% % %			
			Capacità di scambio cationico (CSC) su terreni con valori pH(H ₂ O) < 6,0								
			K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺	0,05 M HCl + 0,0125 M H ₂ SO ₄	1 : 4	5 min.	cmol+	CSC = (H ⁺ +K ⁺ +Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ +Na ⁺) cmol+ / 100 g di terra			
			H ⁺	Differenza pH	1 : 1		cmol+				
			Capacità di scambio cationico (CSC) per i suoli con pH(H ₂ O) > 5.9								
			K ⁺ , Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺	0,1-n cloruro di bario + 2-n trietanolamina	1 : 25	lasciare riposare per 15 ore a 45 °C, poi agitare per 1 ora	cmol+	CSC = (H ⁺ +K ⁺ +Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ +Na ⁺) cmol+ / 100 g di terra			
H ⁺	Titolazione			cmol+							
Tasso di saturazione in basi (SB)					%	SB = (K ⁺ + Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ + Na ⁺) cmol+ x 100 / CSC					
Poco prima della concimazione azotata (primavera; maggio-giugno)	0-90 cm (0-30, 30-60, 60-90)	Mantenere l'umidità naturale e raffreddare; setacciare a 10 mm	NO ₃ -N + NH ₄ -N	0,0125 M CaCl ₂	1 : 4	1 ora	kg N / ha	kg N _{min} / ha			

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

La capacità di scambio cationico (capacità del suolo d'immagazzinare gli elementi nutritivi) è determinante per l'interpretazione dei contenuti in fosforo, potassio e magnesio del suolo. Fra capacità di scambio cationico e contenuto d'argilla nel suolo esiste una stretta relazione. È perciò sensato valutare i contenuti in fosforo, potassio e magnesio in funzione del tenore d'argilla presente (prova tattile o risultato analitico). Nei suoli con contenuto in sostanza organica superiore al 10%, l'interpretazione dei contenuti di elementi nutritivi tiene in considerazione anche il contenuto di sostanza organica.

L'adattamento delle norme di concimazione alle disponibilità del suolo avviene con l'aiuto di fattori di correzione. Lo stato generale di fertilità del suolo in fosforo, potassio e magnesio viene suddiviso in 5 classi a dipendenza dei fattori di correzione considerati (**tabella 7**).

Tabella 7 - Valutazione dello stato di fertilità del suolo sulla base dei fattori di correzione descritti nelle tabelle da 11 a 16

Fattore di correzione	Valutazione	Classe di fertilità
> 1,4	Povero	A
1,2-1,4	Moderato	B
0,9-1,1	Sufficiente	C
0,2-0,8	Ricco	D
< 0,2	Molto ricco	E

In certi tipi di suolo, il livello di fertilità (P, K e Mg) determinato con le analisi non riflette sempre la situazione reale, perché alcune caratteristiche del suolo interagiscono con i metodi d'analisi, influenzandone il risultato.

Applicando il metodo di estrazione **all'acqua satura di CO₂** ai suoli con **contenuto d'argilla superiore al 40%**, vengono spesso riscontrate basse concentrazioni di fosforo e/o potassio (classe di fertilità A), malgrado si concimi abbondantemente per anni e lo sviluppo delle colture sia normale. In rapporto ai prelievi delle piante non esiste alcuna relazione fra l'eccedenza della concimazione applicata e i risultati delle analisi del suolo.

L'impiego di un agente d'estrazione acido più aggressivo come l'**acetato di ammonio + EDTA** non dà risultati affidabili nei suoli calcarei e, parzialmente, nemmeno in quelli acidi e poveri d'argilla. Ciò è dovuto al fatto che l'AA + EDTA estrae anche parte degli elementi non disponibili per la pianta. Il risultato è un'elevata disponibilità di elementi nutritivi per la pianta, che però non corrisponde alla realtà.

In questi casi specifici occorre far capo al prodotto d'estrazione che più si addice al tipo di suolo da analizzare. In determinate circostanze, per valutare in modo affidabile il contenuto di fosforo e/o potassio nel suolo, è raccomandabile eseguire analisi supplementari con un metodo analitico idoneo. Arrivati a questo punto, conviene contattare direttamente le stazioni di ricerca Agroscope, per cercare di trovare la soluzione migliore.

Il contenuto di sostanza organica del suolo (humus) viene suddiviso in 5 classi. La valutazione si può fare considerando principalmente le proprietà chimico-fisiche del suolo (criteri pedologici) oppure tenendo conto soprattutto dei suoi effetti sulla dinamica dell'azoto nel suolo (criteri agronomici) (**tabella 8**).

Tabella 8 - Valutazione pedologica e agronomica del contenuto di humus nel suolo

Il contenuto di humus del suolo si calcola moltiplicando il tenore di carbonio legato organicamente (C) per 1,725.

Valutazione pedologica in funzione del tipo di suolo (proprietà chimico-fisiche)		Valutazione agronomica (tiene soprattutto conto della dinamica dell'azoto)			
Tenore in humus (%)	Valutazione	Tenore in humus del suolo (%), in funzione del tenore in argilla del suolo			Valutazione
		< 15% argilla	15-30% argilla	> 30% argilla	
< 2	Povero in humus	< 1,2	< 1,8	< 2,5	Debole / scarso
2-4,9	Leggermente umifero	1,2-2,9	1,8-3,9	2,5-5,9	Sufficiente / normale
5-9,9	Umifero	3,0-6,9	4,0-7,9	6,0-9,9	Ricco / elevato
10-19,9	Ricco in humus	7,0-19,9	8,0-19,9	10,0-19,9	Molto ricco / molto elevato
> 20	Torboso	20,0	20,0	20,0	Torboso

Il grado di acidità (reazione) del suolo si esprime con la scala pH, che è suddivisa in 6 classi (**tabella 9**). Il pH serve a valutare a grandi linee il contenuto di calcare del suolo e a scegliere i concimi più adatti alla situazione specifica. Ciò è molto importante per i concimi fosfatici. I dati tecnici che servono a valutare il contenuto di calcare del suolo, in vista di eventuali calcitazioni, figurano nel **capitolo 8**.

Tabella 9 - Valutazione del pH del suolo (reazione) e conseguente necessità di calce in campicoltura

pH (H ₂ O)	Valutazione	Prova HCl	Calcitazione ¹
< 5,3	Molto acido	-	Necessaria
5,3-5,8	Acido	-	Necessaria
5,9-6,7	Leggermente acido	-	Di mantenimento
6,8-7,2	Neutro	+/-	Di mantenimento
7,3-7,6	Leggermente alcalino	+	Inutile
> 7,6	Alcalino	+	Inutile

¹ L'opportunità di una calcitazione viene considerata soprattutto in campicoltura. Prima di distribuire calcio in foraggicoltura occorre tener conto della composizione botanica della cotica erbosa e delle condizioni pedoclimatiche locali (**capitolo 8.2**).

Con rese elevate e condizioni del suolo e di sfruttamento particolari, i microelementi possono raggiungere valori minimi. In casi eccezionali (colture esigenti, rischio di carenze elevate) è necessario determinare il loro tenore nel suolo, soprattutto per quanto concerne boro e manganese. L'interpretazione dei valori d'analisi relativi ai microelementi è riportata nel **capitolo 9**.

La determinazione del contenuto d'azoto minerale del suolo (N_{\min}) serve a ottimizzare la concimazione azotata in campicoltura. Nel **capitolo 7** si spiega come determinare gli apporti di azoto, in funzione del contenuto N_{\min} del suolo. Il metodo N_{\min} può rivelarsi utile anche per analizzare problemi ecologici. Non è comunque idoneo per verificare a posteriori la correttezza della concimazione azotata somministrata ad una coltura, né dopo la concimazione, né dopo la raccolta.

5 Analisi delle piante

Durante il periodo vegetativo si possono analizzare i contenuti di elementi nutritivi delle piante. Queste analisi affiancano e completano le analisi del suolo e servono per seguire l'evoluzione dei contenuti di elementi nutritivi nelle piante e risolvere problemi specifici di concimazione.



In **campicoltura**, l'analisi sulle piante è usata principalmente per ottimizzare la concimazione azotata durante la vegetazione. I risultati delle analisi mostrano, direttamente o indirettamente (attraverso la clorofilla), soltanto il contenuto di elementi nutritivi presenti nella pianta o in una sua determinata parte al momento del campionamento. L'interpretazione dei risultati si esegue confrontando i contenuti dei campioni con valori di riferimento (letteratura specializzata o valori analitici). L'analisi del materiale vegetale (pianta intera, fusto, foglia, picciolo, ecc.) dà un quadro della situazione, ma non permette alcuna deduzione sulle cause di eventuali disturbi nutrizionali. Per contro, può essere di prezioso aiuto per valutare l'efficacia a breve termine di una concimazione. È bene sapere che la concentrazione di elementi minerali e costitutivi nelle diverse parti delle piante varia molto in funzione dello stadio di sviluppo della pianta e delle condizioni meteorologiche e colturali del periodo precedente il campionamento (vale anche per i cambiamenti che possono accadere nella giornata stessa del campionamento). Pertanto, i risultati delle analisi delle piante non si possono utilizzare, per correggere un piano di concimazione.

In **foraggicoltura**, per calcolare la concimazione, oltre alle analisi del suolo, conviene prendere in considerazione anche i risultati delle analisi del foraggio e tenere conto della composizione botanica della cotica erbosa. I risultati delle analisi del foraggio possono essere interpretati soltanto se la campionatura è rigorosa e effettuata con estrema cura. Per calcolare la concimazione potassica in presenza di un contenuto di potassio nel suolo subottimale (fattore di correzione >1; **tabella 12**), si raccomanda di considerare le analisi del foraggio. Le analisi del foraggio consentono pure di correggere le norme relative al potassio emesso dagli animali che consumano foraggio grezzo (**nota 5 della tabella 36**) e il contenuto di potassio dei concimi aziendali prodotti (**nota 7 della tabella 39**).

6

Concimazione con fosforo, potassio e magnesio



6 Concimazione con fosforo, potassio e magnesio

Il calcolo della concimazione con fosforo, potassio e magnesio si basa sul principio della sostituzione delle quantità di elementi nutritivi prelevate dalle piante, nel caso di suoli normalmente dotati di nutrienti. Nella messa a punto delle norme di concimazione, oltre ai prelievi da parte delle colture, si sono considerati anche altri fattori (**capitoli 3.2 e 3.3**). L'**adattamento della norma di concimazione** in funzione dei risultati delle analisi del suolo avviene mediante **fattori di correzione** (**capitoli da 6.1 a 6.3**).

In Svizzera, la valutazione dello stato di fertilità del suolo per P, K e Mg avviene con due diversi metodi d'analisi. Il primo è un metodo d'estrazione "dolce" (acqua satura di CO₂ per P e K; cloruro di calcio per Mg), il secondo è più "aggressivo" (acetato d'ammonio + EDTA per tutti e tre gli elementi). Il metodo d'estrazione "dolce" rileva prevalentemente gli elementi nutritivi solubili e facilmente disponibili per la pianta; il cosiddetto fattore "intensità" (Frossard *et al.*, 2004). Nel caso si usi un estraente più "aggressivo", si parte dal principio che gli elementi estratti possano venir utilizzati dalla pianta solo sul lungo periodo; il cosiddetto fattore "quantità" (elementi nutritivi in grado di passare da un momento all'altro nella soluzione del suolo ed essere mobilizzati dalle piante) (Frossard *et al.*, 2004). A seconda del tipo di suolo, la valutazione dello stato di fertilità con il metodo d'estrazione all'acetato d'ammonio + EDTA si rivela valida soltanto parzialmente.

Entrambi i tipi di estrazione presentano vantaggi e svantaggi. Non esistono agenti estraenti adatti a tutte le situazioni. Ciò significa che data la varietà di suoli esistenti in Svizzera ogni metodo si rivela più o meno valido per allestire un consiglio di concimazione corretto, sia dal punto di vista agronomico, sia da quello ecologico.

Di norma, i risultati delle analisi del suolo sono interpretati sulla scorta di esperimenti pluriennali condotti in pieno campo e in luoghi diversi. L'interpretazione affidabile dei risultati delle analisi del suolo è fondata su criteri determinanti, come la relazione fra i contenuti di elementi nutritivi del suolo e quelli della pianta e la reazione della pianta alla concimazione.

Nel determinare i fattori di correzione delle norme di concimazione bisogna tenere contemporaneamente conto del contenuto di elementi nutritivi, del tasso d'argilla (**tabelle da 11 a 16**) e del contenuto di sostanza organica del suolo (**tabella 10**).

Tabella 10 - Determinazione dei fattori di correzione delle norme di concimazione per suoli con contenuto di humus superiore al 10%

Il contenuto di humus del suolo si calcola, moltiplicando il tenore di carbonio legato organicamente (C) per 1,725.

Contenuto di humus nel suolo (%)	Tenore in argilla della terra fine (%)	Utilizzare i fattori di correzione delle tabelle da 11 a 16. Scegliere le colonne in funzione del contenuto di argilla sottoindicato (invece del tasso d'argilla effettivo)
10-20	< 30	10-15% d'argilla
20-40	< 30	5-10% d'argilla
> 40	-	5-10% d'argilla
-	> 30	tenore in argilla effettivo

6.1 Correzione della norma di concimazione per fosforo e potassio, sulla base del metodo d'analisi all'acqua satura di CO₂

Il metodo all'acqua satura di CO₂ è utilizzato in Svizzera da decenni ed è adatto per determinare le forme di fosforo del suolo disponibili per la pianta. La valutazione dei contenuti di fosforo rilevati si basa su un gran numero di esperimenti pluriennali svolti in pieno campo. Nella maggior parte dei casi, è stata constatata una buona relazione tra il contenuto di fosforo del suolo, da un lato, e le rese ed i contenuti delle piante, dall'altro.

Per il metodo all'acqua satura di CO₂, le norme di concimazione di ogni parcella si adattano al tenore in fosforo e potassio del suolo, utilizzando i fattori di correzione riportati nelle **tabelle da 11 a 13**. Questi fattori dipendono dal contenuto di fosforo, di potassio e d'argilla del suolo. Essi sono validi per la maggior parte dei suoli con un contenuto di humus inferiore al 10% dell'Altopiano svizzero, delle Prealpi e del Giura. Per suoli con un contenuto di

humus superiore al 10% bisogna far riferimento alla **tabella 10**. In questa nuova edizione, le correzioni delle norme di concimazione sono state aggiornate, grazie ai risultati attuali di esperimenti svolti in pieno campo.

L'esperienza ha dimostrato che i suoli siltosi originati dalla disgregazione dei calcescisti dei Grigioni e quelli sabbiosi e acidi del Cantone Ticino richiedono una valutazione speciale per il fosforo; i relativi fattori di correzione sono contenuti nella **tabella 11**.

I fattori di correzione definiti in funzione di un'analisi del suolo si devono utilizzare per la concimazione di tutte le colture che verranno coltivate fino alla prossima analisi del suolo.

Tabella 11 - Fattori di correzione delle norme di concimazione corrette per il fosforo in campicoltura (tabella 2) e foraggicoltura (tabella 3), secondo il tenore in P (indice P, metodo CO₂) e il contenuto d'argilla del suolo, in suoli con tenore in humus inferiore al 10%

Per prati poco intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,0.

Indice P	Tenore in argilla nella terra fine del suolo (%) con tenore in humus < 10%										Indice P	Suoli speciali (siltosi ¹)	Suoli speciali (sabbiosi ²)
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	> 45			
0,0-0,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	0,0-0,9	1,5	1,5
1,0-1,9	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0-1,9	1,5	1,4
2,0-2,9	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	2,0-2,9	1,5	1,3
3,0-3,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	3,0-3,9	1,4	1,2
4,0-4,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	4,0-4,9	1,4	1,1
5,0-5,9	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	5,0-5,9	1,4	1,0
6,0-6,9	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	6,0-6,9	1,3	1,0
7,0-7,9	1,1	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	7,0-7,9	1,3	1,0
8,0-8,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	8,0-8,9	1,3	0,9
9,0-9,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	9,0-9,9	1,2	0,8
10,0-10,9	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0	10,0-10,9	1,2	0,7
11,0-11,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2	0,0		11,0-11,9	1,2	0,6
12,0-12,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,4	0,2	0,0			12,0-12,9	1,1	0,5
13,0-13,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,6	0,2	0,0				13,0-13,9	1,1	0,4
14,0-14,9	0,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,0					14,0-14,9	1,0	0,3
15,0-15,9	0,8	0,8	0,6	0,4	0,2						15,0-15,9	1,0	0,2
16,0-16,9	0,8	0,7	0,6	0,2	0,0						16,0-16,9	1,0	0,2
17,0-17,9	0,7	0,7	0,4	0,2							17,0-17,9	0,9	0,0
18,0-18,9	0,7	0,6	0,4	0,0							18,0-18,9	0,9	
19,0-19,9	0,6	0,6	0,2								19,0-19,9	0,8	
20,0-20,9	0,6	0,5	0,2								20,0-20,9	0,8	
21,0-21,9	0,5	0,5	0,2								21,0-21,9	0,7	
22,0-22,9	0,5	0,4	0,0								22,0-22,9	0,7	
23,0-23,9	0,4	0,4									23,0-23,9	0,6	
24,0-24,9	0,4	0,2									24,0-24,9	0,6	
25,0-25,9	0,3	0,2									25,0-25,9	0,5	
26,0-26,9	0,3	0,0									26,0-26,9	0,5	
27,0-27,9	0,2										27,0-27,9	0,4	
28,0-28,9	0,2										28,0-28,9	0,3	
29,0-29,9	0,2										29,0-29,9	0,2	
≥ 30,0	0,0										≥ 30,0	0,0	

1 Suoli siltosi originati dalla disgregazione dei calcescisti dei Grigioni con un tenore in argilla < 25% e un contenuto di silt > 40% della terra fine.

2 Suoli sabbiosi e acidi del Cantone Ticino con un tenore in argilla < 10%, un tenore in sabbia > 40% della terra fine e un valore pH < 5,9.

Tabella 12 - Fattori di correzione delle norme di concimazione corrette per il potassio in campicoltura (tabella 2) e foraggicoltura (tabella 3), secondo il tenore in K (indice K, metodo CO2) e il contenuto d'argilla del suolo, in suoli con tenore in humus inferiore al 10%

Per prati intensivi e medio intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,2. Per prati poco intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,0. Nei prati medio intensivi e intensivi, con contenuti di potassio nel foraggio superiori a 25 g K/kg SS, non bisogna superare il fattore di correzione 1,0.

Indice K	Tenore in argilla (%) della terra fine del suolo con tenore in humus < 10%									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0,00-0,49	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
0,50-0,74	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
0,75-0,99	1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
1,00-1,24	1,5	1,5	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0
1,25-1,49	1,5	1,5	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9
1,50-1,74	1,5	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8
1,75-1,99	1,5	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
2,00-2,24	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
2,25-2,49	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
2,50-2,74	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4
2,75-2,99	1,1	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,3	0,2
3,00-3,24	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,7	0,5	0,4	0,2	0,0
3,25-3,49	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,0	
3,50-3,74	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2		
3,75-3,99	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7	0,5	0,3	0,0		
4,00-4,24	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,5	0,3			
4,25-4,49	0,9	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,2			
4,50-4,74	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6	0,3	0,0			
4,75-4,99	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3				
5,00-5,24	0,8	0,7	0,6	0,6	0,4	0,2				
5,25-5,49	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,0				
5,50-5,74	0,8	0,7	0,6	0,5	0,3					
5,75-5,99	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3					
6,00-6,24	0,7	0,6	0,5	0,4	0,2					
6,25-6,49	0,7	0,6	0,5	0,3	0,0					
6,50-6,74	0,6	0,5	0,4	0,3						
6,75-6,99	0,6	0,5	0,4	0,2						
7,00-7,24	0,6	0,5	0,4	0,2						
7,25-7,49	0,5	0,4	0,3	0,0						
7,50-7,74	0,5	0,4	0,3							
7,75-7,99	0,5	0,4	0,2							
8,00-8,24	0,4	0,3	0,2							
8,25-8,49	0,4	0,3	0,0							
8,50-8,74	0,4	0,3								
8,75-8,99	0,3	0,2								
9,00-9,24	0,3	0,2								
9,25-9,49	0,3	0,0								
9,50-9,74	0,2									
9,75-9,99	0,2									
10,00-10,24	0,2									
≥ 10,25	0,0									

6.2 Correzione della norma di concimazione per il magnesio, sulla base del metodo d'analisi al cloruro di calcio (CaCl₂)

Per il metodo CaCl₂, l'interpretazione dei risultati analitici e la correzione delle norme di concimazione avvengono, analogamente al caso del potassio, in funzione del tenore in argilla del suolo. Date le caratteristiche dell'agente estraente (soluzione di scambio), l'approvvigionamento ottimale del suolo (fattore di correzione 1,0) aumenta con l'aumentare del tenore in argilla.

Tabella 13 - Fattori di correzione delle norme di concimazione corrette per il magnesio in campicoltura (tabella 2) e foraggicoltura (tabella 3), secondo il tenore in Mg (indice Mg, metodo CaCl₂) e il contenuto d'argilla del suolo, in suoli con tenore in humus inferiore al 10%

Per prati poco intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,0.

Indice Mg	Tenore in argilla (%) della terra fine del suolo con tenore in humus < 10%									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-1,9	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
2-2,9	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
3-3,9	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
4-4,9	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
5-5,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
6-6,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,6	1,6	1,6
7-7,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4	1,6	1,6
8-8,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4	1,6
9-9,9	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,4	1,4	1,4
10-10,9	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,4	1,4
11-11,9	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
12-12,9	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
13-13,9	0,0	0,4	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
14-14,9		0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
15-15,9		0,0	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
16-16,9			0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	1,0	1,0	1,0
17-17,9			0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0
18-18,9				0,0	0,4	0,4	0,6	0,8	0,8	1,0
19-19,9					0,2	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
20-20,9					0,0	0,2	0,4	0,6	0,6	0,8
21-21,9						0,0	0,4	0,6	0,6	0,6
22-22,9							0,2	0,4	0,6	0,6
23-23,9							0,0	0,4	0,4	0,6
24-24,9								0,2	0,4	0,4
25-25,9								0,0	0,4	0,4
26-26,9									0,2	0,4
27-27,9									0,0	0,2
28-28,9										0,2
≥ 29										0,0

6.3 Correzione della norma di concimazione per fosforo, potassio e magnesio, sulla base del metodo d'analisi all'acetato di ammonio + EDTA (AAE10)

Da numerose ricerche effettuate sui processi chimici che intervengono durante l'estrazione all'acetato di ammonio + EDTA con un rapporto di 1:10 (AAE10) è emerso che l'effetto di questo agente estraente è diverso a seconda che i suoli siano ricchi o meno in calcio. Ciò vale soprattutto nella determinazione del fosforo (Stünzi, 2006). Nei suoli poco calcarei, la ridotta quantità di Ca²⁺ estratto in soluzione è complessata dall'EDTA. Ciò impedisce la precipitazione P-Ca e lascia il fosforo estratto libero in soluzione. Quando la concentrazione di Ca²⁺ è molto bassa, dall'EDTA possono essere solubilizzati anche fosfati metallici supplementari (frazione di riserva). Inoltre, questa frazione dipende dalla composizione minerale del suolo e non può essere determinata nell'estratto AAE10. Con l'aumentare del tenore calcareo, la solubilità del fosforo nell'estratto AAE10 diminuisce progressivamente. A seconda del campione può essere ridotta in maniera più o meno forte (fino a 1/20).

Tabella 14 - Fattori di correzione delle norme di concimazione per il fosforo (tabella 2 e 3) secondo il tenore in P (mg P/kg, metodo all'acetato di ammonio + EDTA (AAE10-P)) e il contenuto di argilla del suolo, per suoli non calcarei (prova preventiva negativa o pH < 6.8), con tenore in humus inferiore al 10%

Per suoli calcarei (prova preliminare positiva o pH > 6.8) utilizzare tassativamente il metodo CO₂ per determinare il tenore in P.

Per prati poco intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,0.

AAE10-P (mg P/kg)	Tenore in argilla (%) della terra fine del suolo con tenore in humus < 10%									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	>= 45
0-9,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
10-14,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
15-19,9	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2	1,2	1,2
20-24,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
25-29,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0
30-34,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35-39,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40-44,9	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45-49,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50-54,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
55-59,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8
60-64,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
65-69,9	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4
70-74,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4
75-79,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
80-84,9	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0
85-89,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0		
90-94,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,0	0,0				
95-99,9	0,4	0,0	0,0	0,0						
100-104,9	0,0									
105-109,9										
>= 110										

Tabella 15 - Fattori di correzione delle norme di concimazione per il potassio (tabelle 2 e 3), secondo il tenore in K (mg K/kg, metodo all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10-K)) e il contenuto di argilla del suolo, per suoli con tenore in humus inferiore al 10%

Per prati intensivi e medio intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,2. Per prati poco intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,0.

Se il tenore in potassio del foraggio dei prati medio intensivi e intensivi è superiore a 25 g K/kg SS, non bisogna superare il fattore di correzione 1,0.

AAE10-K (mg K/kg)	Tenore in argilla (%) della terra fine del suolo con tenore in humus < 10%									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	>= 45
0-39,9	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2
40-59,9	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,0
60-79,9	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0
80-99,9	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0
100-119,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
120-139,9	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8
140-159,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8
160-179,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8
180-199,9	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6
200-219,9	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6
220-239,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6
240-259,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4
260-279,9	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4
280-299,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2
300-319,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2
320-339,9	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,0
340-359,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	
360-379,9	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0		
380-399,9	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,0			
400-419,9	0,2	0,2	0,0	0,0						
>= 420	0,0	0,0								

Tabella 16 - Fattori di correzione delle norme di concimazione per il magnesio (tabelle 2 e 3), secondo il tenore in Mg (mg Mg/kg, metodo all'acetato d'ammonio + EDTA (AAE10-Mg)) e il contenuto di argilla del suolo, per suoli con tenore in humus inferiore al 10% e con pH < 6,8

Per suoli calcarei (prova preliminare positiva o pH > 6,8), utilizzare tassativamente il metodo CaCl₂. Per prati poco intensivi, il fattore di correzione massimo è 1,0.

AAE10-Mg mg Mg/kg	Tenore in argilla (%) della terra fine del suolo con tenore in humus < 10%									
	0-4,9	5-9,9	10-14,9	15-19,9	20-24,9	25-29,9	30-34,9	35-39,9	40-44,9	≥ 45
0-49,9	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6
50-74,9	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,6
75-99,9	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4
100-124,9	0,8	0,8	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4
125-149,9	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4
150-174,9	0,4	0,4	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2
175-199,9	0,4	0,4	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2
200-224,9	0,2	0,2	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2
225-249,9	0,2	0,2	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0
250-274,9	0,0	0,0	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
275-299,9			0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0
300-324,9			0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8	1,0
325-349,9			0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8	0,8
350-374,9			0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6	0,8
375-399,9			0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6	0,6
400-424,9				0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4	0,6
425-449,9					0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,4
450-474,9						0,0	0,2	0,2	0,2	0,4
475-499,9							0,0	0,2	0,2	0,2
500-524,9								0,0	0,2	0,2
525-549,9									0,0	0,2
≥ 550										0,0

I processi chimici precedentemente descritti spiegano la mancanza di concordanza tra la determinazione del fosforo eseguita con il metodo CO₂ e quella effettuata con il metodo AAE10 (DBC 2001). Come avvenuto per il metodo CO₂, il metodo AAE10 è stato testato in esperimenti svolti in pieno campo. Nei suoli non calcarei, le relazioni tra tenori in fosforo del suolo, rese e tenori in fosforo nei vegetali sono simili per entrambi i metodi. Nei suoli acidi con elevati tenori di fosfati di ferro e alluminio vi sono alcune incertezze nell'interpretazione del tenore di fosforo in base al metodo AAE10, poiché è impossibile valutare se, e quanti, fosfati metallici minerali sono stati liberati durante l'estrazione. In suoli di questo tipo, talvolta, l'estrazione con AAE10 dà tenori di fosforo non riproducibili. Nei suoli calcarei, le relazioni tra i tenori in fosforo del suolo determinati con i due metodi e la reazione delle piante sono a volte simili, a volte diverse. Con l'AAE10, il tenore in fosforo disponibile per le piante può essere, sia sottovalutato, sia sopravvalutato con la stessa facilità. Siccome non si può sapere quali siano i processi chimici che si producono nei diversi siti durante l'estrazione, l'impiego del metodo AAE10 per i suoli calcarei non permette di ottenere informazioni attendibili, per quanto riguarda il fabbisogno in fosforo.

La situazione sembra essere la stessa per il magnesio, anche se attualmente mancano sufficienti risultati per affermarlo con certezza. Inoltre, una serie di confronti con il metodo CaCl₂ (utilizzato in numerosi Paesi) mostra che per i suoli calcarei esistono differenze notevoli, relative al tenore di magnesio estratto con i due metodi (CaCl₂ e AAE10). Le differenze osservate tra i due metodi non si spiegano, né con la concimazione praticata negli anni precedenti, né con la struttura aziendale e nemmeno con i tenori di magnesio delle piante, ma soltanto attraverso il ruolo svolto dall'agente estraente. L'AAE10 infatti, solubilizza le forme non scambiabili di magnesio sotto forma di dolomite, mentre il "CaCl₂" estrae soltanto quelle scambiabili.

Per il metodo AAE10, la correzione delle norme di concimazione per fosforo, potassio e magnesio secondo lo stato di fertilità del suolo di ogni parcella, si esegue utilizzando i fattori di correzione riportati nelle **tabelle da 14 a 16**. Questi fattori dipendono dal contenuto di fosforo, di potassio e d'argilla del suolo. Essi sono validi per i suoli con un contenuto di humus inferiore al 10%. Per suoli con un contenuto di humus superiore al 10% bisogna far riferimento alla **tabella 10**.

I fattori di correzione definiti in funzione di un'analisi del suolo si devono utilizzare per la concimazione di tutte le colture che verranno coltivate fino alla prossima analisi del suolo.

6.4 Osservazioni particolari sull'impiego di concimi fosfatici, potassici e magnesiaci

In generale, i concimi minerali fosfatici si devono distribuire prima della lavorazione primaria del suolo o prima della preparazione del letto di semina. Per quanto concerne la scelta fra le diverse forme di fosfato disponibili, si rimanda alle informazioni contenute nelle **tabelle 56 e 59**.

Per impedire un eccessivo consumo di potassio (consumo "di lusso") da parte di certe specie foraggere (riduzione dell'assorbimento di magnesio da parte delle piante), le concimazioni potassiche superiori a 200 kg K₂O/ha devono essere ripartite in due apporti (p. es.: all'inizio del periodo vegetativo e dopo il primo o il secondo sfruttamento). In campicoltura è possibile ridurre i possibili danni causati dalla salinità su colture sensibili, limitando la concimazione potassica in forma minerale a 300 kg K₂O/ha. Apporti più elevati di potassio vanno somministrati, se possibile, in parte sotto forma di concimi aziendali oppure distribuiti parzialmente al momento dell'impianto di un sovescio. Su suoli sabbiosi, la concimazione potassica dovrebbe essere eseguita nel tardo inverno o in primavera, in modo da impedire che quantità ragguardevoli di potassio possano raggiungere gli strati profondi del suolo non accessibili alle radici. Al momento di scegliere il concime minerale potassico bisogna tener conto delle sue caratteristiche (**tabelle 56 e 59**).

Il magnesio è relativamente mobile nel suolo. Per evitare perdite dovute al dilavamento, si consiglia di impiegare i concimi magnesiaci solubili nell'acqua (solfato di magnesio) secondo le regole utilizzate per la distribuzione dei concimi azotati (concimazioni primaverili, poco prima di un'importante necessità da parte della coltura). Per migliorare a medio e a lungo termine l'approvvigionamento in magnesio del suolo, almeno parte dei concimi magnesiaci devono contenere forme di magnesio poco solubili (**tabella 56**), come ossido di magnesio o carbonato di magnesio (MgCO₃, p. es. nella dolomia).

Se il fattore di correzione è inferiore a 0,8, i concimi aziendali ottenuti da foraggi prodotti in azienda possono essere applicati anche se il suolo contiene notevoli riserve di elementi nutritivi. Tuttavia, la quantità di questi ultimi non dovrebbe superare l'80% della norma (fattore di correzione 0,8).

Invece, i concimi aziendali ottenuti da foraggi acquistati dall'azienda (ivi compresi i foraggi concentrati), così come i concimi di provenienza esterna all'azienda, possono essere applicati soltanto in quantità corrispondenti agli indici di fertilità del suolo.

7

Concimazione azotata



7 Concimazione azotata

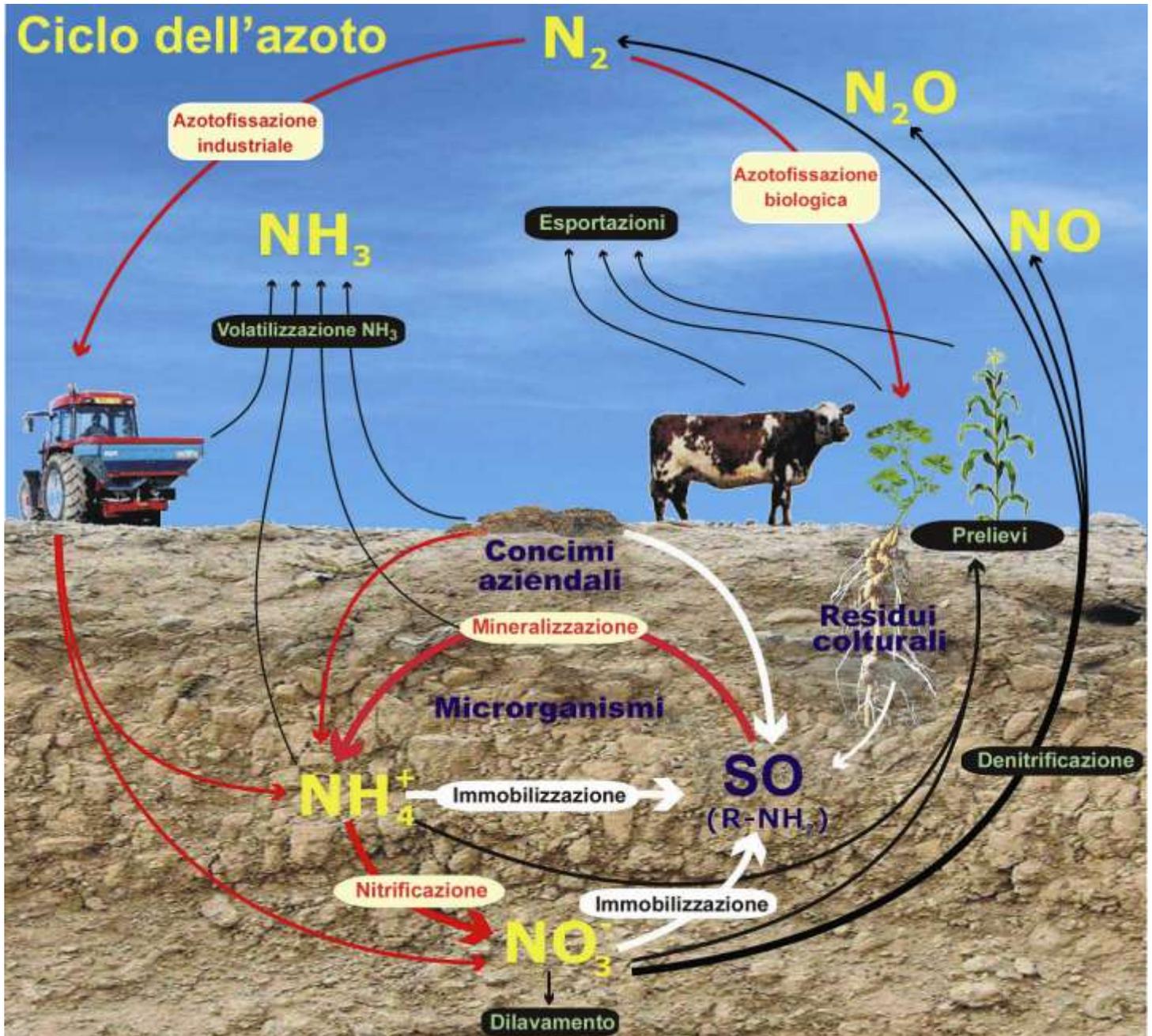
7.1 Campicoltura

I principali parametri di calcolo utilizzati per ottimizzare la concimazione azotata sono: (i) fabbisogno momentaneo delle colture, (ii) dinamica della mineralizzazione della sostanza organica del suolo e dei concimi organici distribuiti (concimi aziendali, residui colturali, sovesci e concimi provenienti dal riciclaggio) e (iii) importanza delle perdite d'azoto per dilavamento, volatilizzazione e denitrificazione (figura 4).

Le molteplici interazioni tra questi fattori rendono impossibile mettere a punto un metodo esatto per ottimizzare la concimazione azotata. Qui di seguito se ne illustrano tre, che si basano su approcci diversi.

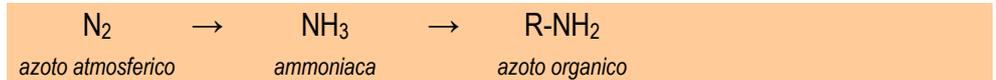
- **Metodo di stima o metodo della norma corretta;** è un metodo basato sulla stima di diversi fattori che influenzano la dinamica dell'azoto sul lungo periodo.
- **Metodo analitico o metodo N_{min} ;** è un metodo basato sul dosaggio dell'azoto minerale presente nel suolo in periodi decisivi per la crescita delle piante.
- **Metodo di pilotaggio della concimazione;** è un metodo basato sull'analisi delle piante mediante test rapidi o sull'osservazione delle colture in corso di vegetazione.

Figura 4 - Ciclo dell'azoto a livello di singola parcella



Nel ciclo dell'azoto, i processi di fissazione, mineralizzazione e nitrificazione aumentano la quantità d'azoto disponibile nel suolo, mentre quelli di denitrificazione, volatilizzazione, immobilizzazione, dilavamento e assimilazione da parte delle piante, generano una riduzione temporanea o permanente dell'azoto nella zona esplorata dalle radici.

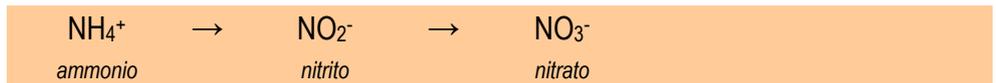
L'azotofissazione è il processo di conversione dell'azoto atmosferico (N_2) in una forma disponibile per le piante. L'azotofissazione può essere industriale (produzione di concimi minerali di sintesi) o biologica (simbiosi rizobica con le leguminose). L'azotofissazione biologica è dispendiosa per la pianta, che consuma energia, enzimi e sali minerali. Pertanto, appena possibile, la pianta utilizzerà l'azoto minerale disponibile nel suolo, invece di fissare quello gassoso presente nell'atmosfera.



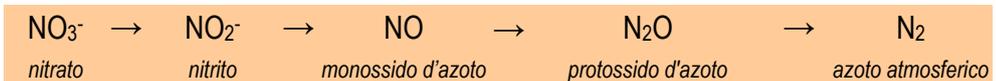
La mineralizzazione è il processo attraverso il quale i microrganismi trasformano l'azoto organico (concimi aziendali, residui colturali, sostanza organica del suolo) in azoto inorganico o ammoniacale (NH_3). L'intensità della mineralizzazione dipende da: tenore e qualità della sostanza organica del suolo, precedente colturale, effetto residuo dei concimi organici (concimi aziendali, residui colturali, sovesci), clima (temperatura, umidità) e presenza d'ossigeno nel suolo (aerazione).



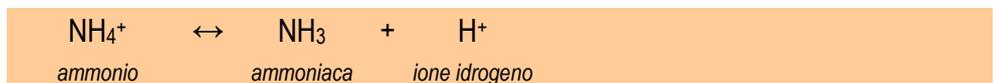
La nitrificazione è il processo attraverso cui i microrganismi (*Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) trasformano l'ammonio in nitrito e poi in nitrato, per ottenere energia. Il nitrato è la forma di azoto del suolo più disponibile per le piante, ma anche quella più facilmente dilavabile.



La denitrificazione è il risultato della trasformazione dei nitrati in molecole gassose contenenti azoto, quali: monossido d'azoto (NO), protossido d'azoto (N_2O ; gas esilarante) e azoto atmosferico (N_2). Siccome la denitrificazione avviene in assenza d'ossigeno, le emissioni di protossido d'azoto sono più importanti nei suoli pesanti, compattati e mal drenati o nelle zone dove l'acqua ristagna.



La volatilizzazione dell'ammoniaca ha luogo principalmente nelle ore seguenti la distribuzione superficiale di concimi contenenti ammoniaca. Questo fenomeno riguarda in particolare liquame e colaticcio, che contengono elevate quantità di NH_4^+ , e può ridurre fortemente la loro azione fertilizzante. Il miglior modo per ridurre le perdite d'azoto per volatilizzazione è incorporare nel terreno (anche superficialmente) questi concimi aziendali liquidi il prima possibile. Naturalmente, le condizioni atmosferiche e l'attrezzatura utilizzata hanno un notevole influsso e devono essere confacenti.



L'immobilizzazione è il processo inverso della mineralizzazione. È collegata al prelievo di nitrati e di ammonio da parte dei microrganismi del suolo, che genera una riduzione della loro disponibilità per le piante.



Il dilavamento dei nitrati avviene quando i terreni ricevono più acqua di quanta ne possano trattenere. L'acqua in eccesso s'infiltra nel suolo e porta con sé i nitrati che raggiungono il sistema di drenaggio sotterraneo e poi la falda freatica o le acque sotterranee. Questo fenomeno è più marcato nei suoli leggeri e superficiali. La profondità a cui arrivano i nitrati dipende dalla quantità d'acqua che s'infiltra nel suolo, dall'umidità del suolo prima delle precipitazioni e dal tipo di suolo stesso. I concimi azotati contenenti nitrati sono soggetti a queste perdite a partire dal momento della loro distribuzione. Nei suoli sabbiosi può essere dilavata anche una certa quantità di ammonio.

L'assimilazione da parte delle piante è il primo obiettivo della gestione della concimazione azotata (minerale e organica). Per aumentare l'efficacia d'utilizzo dell'azoto e ridurre le perdite nell'ambiente e quelle economiche che ne conseguono, l'agricoltore deve ottimizzare soprattutto tre aspetti: (i) la quantità distribuita (diversi studi hanno dimostrato che, superando la quantità di azoto ottimale, il coefficiente d'utilizzo dell'azoto da parte di diverse colture diminuisce notevolmente e il rischio di perdite nell'ambiente aumenta di molto), (ii) l'epoca di distribuzione (**tabella 26**) e (iii) le condizioni del suolo (la maggior parte dei processi di trasformazione dell'azoto dipende dall'attività biologica del suolo).

Le condizioni climatiche e le proprietà fisico-chimiche del suolo influenzano fortemente l'attività biologica del suolo stesso. Perciò, l'efficacia della concimazione azotata aumenta se il suolo ha una buona struttura ed è ben drenato.

7.1.1 Correzione della concimazione azotata in funzione della resa

In certi casi, una concimazione azotata superiore alla norma consente di ottenere rese maggiori. I risultati di prove recenti condotte da ACW e ART su una vasta gamma di condizioni climatiche e di tipi di suolo presenti in Svizzera, mostrano che aumentando la concimazione azotata è possibile ottenere una resa maggiore di quella media, presa come riferimento per il calcolo della norma (**tabella 1**). Quando le rese sono sistematicamente superiori alla norma (p. es. almeno 3 volte in 5 anni) e la concimazione azotata sembra essere il principale fattore limitante, si può prendere in considerazione una correzione verso l'alto della norma di concimazione azotata. A titolo indicativo, queste situazioni particolari possono verificarsi nelle zone maggiormente vocate per la coltura, in aziende senza bestiame, con suoli profondi, ma con un tenore in sostanza organica da medio a scarso.

Secondo lo stesso principio, se le rese sono regolarmente inferiori a quelle di riferimento, la concimazione va ridotta. Ciò capita soprattutto nelle regioni marginali per le colture erbacee da pieno campo o in condizioni di produzione estensive (agricoltura biologica, colture estensive). Le colture per le quali la concimazione azotata può essere modificata, in funzione della resa auspicata sono elencate nella **tabella 17**, dove è anche indicata la correzione da apportare per unità di produzione supplementare o inferiore.

Tabella 17 - Correzione della norma di concimazione per l'azoto, in funzione di un obiettivo di resa più o meno elevato rispetto alla resa media di riferimento

Esempio: per una resa auspicata di 75 q/ha di frumento autunnale panificabile, aggiungere 15 kg N alla norma.

Coltura	Correzione della concimazione azotata in funzione della resa (kg N/q granella)	Obiettivo massimo di resa (q/ha di granella)
Frumento autunnale panificabile	1,0	80
Frumento autunnale da foraggio	1,0	95
Orzo autunnale	0,7	90
Segale autunnale	0,8	80
Segale ibrida autunnale	1,2	90
Triticale autunnale	0,3	95
Colza autunnale	4,0	40

Per tutte le altre colture, sulla base delle ultime prove, non può essere proposta o giustificata alcuna correzione della concimazione azotata, se le rese sono regolarmente superiori. Al contrario, se le rese sono regolarmente inferiori, la correzione della concimazione è proporzionale alla differenza di resa. In generale, si raccomanda di fare particolare attenzione ad apportare correzioni, specialmente per le sarchiate primaverili (bietola, mais, patata). Infatti, le prove hanno dimostrato che queste colture reagiscono in maniera marcata a variazioni dello stato di fertilità del suolo e del clima. Una correzione al rialzo o al ribasso della norma di concimazione azotata può essere necessaria, in funzione di quanto riportato nelle **tabelle da 18 a 22** (metodo della norma corretta).

Per le patate possono essere proposte correzioni in funzione delle varietà, al fine di garantire resa e qualità del raccolto (**capitolo 15**). Infatti, le varietà Agria, Derby, Naturella, Nicola, Pamela e Panda hanno bisogno di 40 kg di N/ha in meno rispetto alla norma, mentre le varietà Charlotte, Lady Claire e Lady Rosetta ne richiedono generalmente 30 kg/ha in più.

7.1.2 Metodo della norma corretta (metodo di stima)

Il metodo della norma corretta si basa su una norma di concimazione che copre il fabbisogno delle colture in suoli normalmente dotati e su correzioni successive che consentono di adeguare tale fabbisogno alle condizioni pedoclimatiche locali. La **figura 5** riporta il procedimento da seguire per ottimizzare la concimazione azotata in campicoltura, secondo il metodo della norma corretta.

Figura 5 - Rappresentazione schematica del metodo della norma corretta

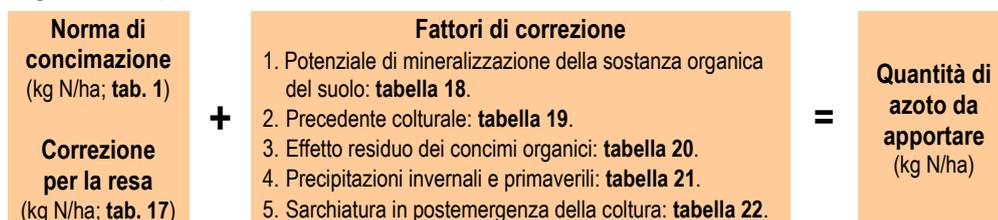


Tabella 18 - Correzione della norma di concimazione per l'azoto, in funzione del potenziale di mineralizzazione della sostanza organica (SO) del suolo (stima della quota di N_{min}; capitolo 7.1.3)

Potenziale di mineralizzazione della SO del suolo	Tenore in sostanza organica (SO) del suolo (%)			Fattori di correzione rispetto alla norma (kg N/ha)
	< 15% argilla	15-30% argilla	> 30% argilla	
Da scarso a medio	< 1,2	< 1,8	< 2,5	da 0 a +40
Medio	1,2 - 2,9	1,8 - 3,9	2,5 - 5,9	0
Da medio a elevato	3,0 - 6,9	4,0 - 7,9	6,0 - 9,9	da 0 a -40
Da elevato a molto elevato	7,0 - 19,9	8,0 - 19,9	10,0 - 19,9	da -40 a -80
Molto elevato	> 20,0	> 20,0	> 20,0	da -80 a -120

Tabella 19 - Correzione della norma di concimazione per l'azoto, in funzione del precedente colturale

Precedente colturale	Fattore di correzione per la coltura successiva (kg N/ha)	
	Aratura / incorporazione	
	Autunno	Primavera
Prati permanenti o temporanei (3 anni o più di utilizzo)	-30	-40
Prati temporanei (2 anni)	-20	-30
Prati temporanei (1 anno)	-10	-20
Prati permanenti o temporanei (più di 3 anni) come precedente del precedente colturale ¹	-10	-10
Prati temporanei trinciati (mulching) prima della spigatura delle graminacee	-	da -30 a -60 ²
Prati temporanei trinciati (mulching) prima della fioritura delle graminacee	-	da -20 a -40 ²
Cereali o mais (paglia incorporata nel suolo) prima di:		
- colture autunnali		+20
- colture primaverili (semina in febbraio-marzo)		+10
Leguminose da granella (piselli, favino, soia e lupino) prima di:		
- colture autunnali		-20
- colture primaverili		-10
Bietola (foglie incorporate nel suolo)		-20
Sovescio non svernante (facelia, senape, ecc.)	-10	0
Sovescio non svernante a base di leguminose	-20	-10
Sovescio svernante (colza, ravizzone, ecc.)	0	-20
Sovescio svernante a base di leguminose	0	-30
Canapa da fibra		-10
Patate		-10
Altri precedenti colturali ³		0

1 Questa correzione può essere sommata a un'altra correzione di questa tabella.

2 Valore minore: con poche leguminose; valore maggiore: con molte leguminose.

3 Cereali (paglia raccolta), mais da silo, colza, girasole, soia, tabacco, colture intercalari, ecc.

Sulla base delle norme della **tabella 1** e dei fattori di correzione della **tabella 17**, l'utilizzatore deve gestire le correzioni proposte nelle **tabelle da 18 a 22**. La quantità d'azoto da distribuire è calcolata secondo lo schema riportato nella **figura 5**. Le correzioni riguardano: il potenziale di mineralizzazione della sostanza organica del suolo, l'effetto del precedente colturale, l'effetto residuo degli apporti di concimi organici, gli effetti del clima e della sarchiatura in postemergenza della coltura.

Tabella 20 - Correzione della norma di concimazione per l'azoto, in funzione dell'effetto residuo degli apporti di concimi organici

I valori relativi all'azione dell'azoto nei concimi aziendali e nei concimi provenienti dal riciclaggio già durante l'anno della distribuzione sono riportati nella **tabella 40**.

Concime organico	Percentuale (%) dell'azoto totale contenuto nei concimi organici e utilizzabile l'anno successivo alla loro distribuzione; quantità da dedurre dalla norma di concimazione per l'azoto della coltura successiva
Liquame completo e povero di sterco (bovini)	-5
Letame di mucchio e letame di stabulazione libera	-10
Letame compostato	-15
Compost di letame	-20
Letame di cavallo	-5
Letame ovino o caprino	-10
Liquame e letame suini	-10
Deiezioni di ovaiole (nastro per deiezioni)	-10
Letame di ovaiole (allevamento al suolo)	-10
Letame di volatili da ingrasso (polli, tacchini)	-5
Compost	0
Calce d'Aarberg	-10

Tabella 21 - Correzione della norma di concimazione per l'azoto, in funzione delle precipitazioni invernali e primaverili

Coltura	Fattore di correzione (kg N/ha)			
	Periodo delle precipitazioni e loro intensità			
	Riposo vegetativo (novembre-gennaio)		Risveglio vegetativo /semine (marzo-maggio)	
	deboli (< 60 mm/mese)	forti (> 90 mm/mese)	deboli (< 60 mm/mese)	forti (> 90 mm/mese)
- Colza autunnale	-10	+10	0	0
- Cereali autunnali	-20	+20	0	0
- Cereali primaverili	-20	0	-10	+10
- Patate precoci e ortaggi da pieno campo	-20	+10	-10	+30
- Patate da seme, patate per il consumo e per l'industria di trasformazione, bietole e mais	0	+10	-10	+30

Tabella 22 - Liberazione di azoto supplementare, dovuta a ripetute sarchiature in post-emergenza della coltura, in funzione dei contenuti di sostanza organica nel suolo

Queste correzioni non si devono utilizzare se si esegue una sola sarchiatura su bietole, patate e mais, poiché nella maggior parte delle prove condotte su queste colture è stata eseguita una sarchiatura, il cui influsso è quindi già considerato nella norma.

Sostanza organica nel suolo (%)	Fattore di correzione (kg N/ha)
< 8	-10
da 8 a 20	-15
> 20	-20

7.1.3 Misurazione della quota di azoto minerale del suolo (metodo N_{min})

Di regola, un metodo basato su valori misurati è più preciso di un metodo che fa capo a delle stime. Tuttavia, il vantaggio in termini di precisione va confrontato con l'onere correlato, che nel caso di questo metodo corrisponde al notevole lavoro di prelievo dei campioni, al loro trasporto fino al laboratorio e ai costi per le analisi.

L'analisi del contenuto di azoto minerale (N_{min}) del suolo si esegue misurando i contenuti di nitrato e ammonio di campioni provenienti da diversi strati di suolo. Per un impiego affidabile del metodo N_{min} occorre prestare particolare attenzione a diversi elementi descritti qui di seguito. Il momento e la profondità del prelievo devono essere rispettati (**tabella 23**); affinché il campionamento sia rappresentativo, sono necessari almeno 10-12 punti di prelievo per parcella, sempre tenendo conto di eventuali variazioni delle caratteristiche del suolo; durante il prelievo sul campo bisogna stimare correttamente lo scheletro del suolo (percentuale di sassi e ghiaia); i campioni prelevati devono essere protetti dal calore, ponendoli in un contenitore refrigerante e portati il giorno stesso al laboratorio, oppure congelati.

L'impiego di test rapidi e affidabili per la determinazione dell'azoto minerale (N_{min}) del suolo non è raccomandato in campicoltura, a causa dell'insufficiente precisione della misurazione.

La determinazione degli apporti ottimali di azoto (specifici a ogni singola parcella) partendo dall'analisi N_{min} avviene con l'aiuto di valori di riferimento scaturiti da prove pluriennali, rappresentanti il fabbisogno specifico della coltura ad un determinato periodo di sviluppo (**tabelle 24 e 25**). Va però notato che la valutazione agronomica dei risultati N_{min} per suoli con contenuti di humus superiori al 20% è difficile, mentre è impossibile nelle zone con falda freatica alta o variabile.

Tabella 23 - Epoca e profondità di prelievo dei campioni per la determinazione del contenuto di N_{min} del suolo, allo scopo di ottimizzare la concimazione azotata delle diverse colture

Coltura	Epoca dei prelievi	Profondità del prelievo (cm) ¹
Cereali autunnali, colza	Poco prima del risveglio vegetativo	0-30, 30-60, 60-90
Cereali primaverili	Dalla semina allo stadio di 3 foglie	0-30, 30-60, 60-90
Bietole ²	Dallo stadio di 4 fino a quello di 6 foglie	0-30, 30-60, 60-90
Mais ²	Dallo stadio di 5 fino a quello di 6 foglie (contare solo le foglie completamente sviluppate!)	0-30, 30-60, 60-90
Patate ^{2,3}	Piante alte circa 10 cm	0-30, 30-60

1 Nella pratica, i prelievi sono spesso limitati a 60 cm di profondità. In tal caso, i valori di riferimento per il calcolo della concimazione azotata devono essere adattati di conseguenza. La documentazione idonea è reperibile presso il laboratorio d'analisi o il servizio di consulenza agricola.

2 Il metodo N_{min} fornisce risultati affidabili solo con concimazioni azotate modeste (al massimo 40 kg N/ha) effettuate subito prima o al momento della semina o piantagione.

3 I prelievi devono essere eseguiti nel mezzo della fila ricalzata, precedentemente livellata.

Tabella 24 - Calcolo della concimazione azotata in cerealicoltura, in funzione dei contenuti in N_{min} del suolo (prelievi tra 0 e 90 cm)

Le indicazioni concernenti la suddivisione degli apporti di azoto e le quantità massime per ogni singolo apporto figurano nella **tabella 26**. Se il calcolo per il primo apporto di azoto risultasse superiore alle quantità massime indicate nella **tabella 26**, bisogna riportare queste eccedenze nel secondo apporto. Se invece la dose calcolata per il primo apporto risultasse negativa, bisogna tenerne conto al momento del secondo o eventualmente del terzo apporto. In cerealicoltura, una concimazione azotata che dia la priorità al secondo apporto (in levata) può essere vantaggiosa sul piano della resa. Secondo le necessità particolari della specie e della varietà di cereale, una certa quantità d'azoto può essere dedotta dal primo apporto per essere riportata nel secondo.

Coltura	1° apporto (kg N/ha)	2° apporto ¹ (kg N/ha)	3° apporto ^{1,2} (kg N/ha)
Frumento autunnale	120 meno N_{min}	30	40
Frumento primaverile, spelta	110 meno N_{min}	30	40
Orzo autunnale	80 meno N_{min}	30	40
Triticale autunnale	90 meno N_{min}	30	40
Orzo e triticale primaverili, segale autunnale	80 meno N_{min}	30	30
Avena	100 meno N_{min}	30	30

Queste raccomandazioni sono valide soltanto con i seguenti presupposti:

potenziale produttivo del luogo uguale o superiore ai valori della **tabella 1**,

– rischio di allettamento minimo (eventuale impiego di un regolatore di crescita),

– rischio minimo di perdite di resa a causa di malattie e fitofagi (scelta della varietà, tecnica di coltivazione, rotazione colturale, eventuale impiego di prodotti fitosanitari),

– contenuto di humus nel suolo inferiore al 5% e profondità utile del suolo superiore a 70 cm.

In casi particolari bisogna considerare le seguenti correzioni (queste correzioni non sono cumulabili; la correzione massima è di 30 kg N/ha).

Motivo della correzione	1° apporto (kg N/ha)	2° apporto (kg N/ha)	3° apporto (kg N/ha)
Prato temporaneo sfruttato per diversi anni o prato permanente quale precedente colturale	-20	-10	-20
Contenuto di humus nel suolo tra il 5 e il 20%	-10	-20	-20
Profondità utile del suolo inferiore a 70 cm oppure potenziale di produzione del luogo da scarso a medio (aree marginali per le colture erbacee da pieno campo)	-10	-10	-20
Rinuncia all'impiego di regolatori della crescita	da -10 ³ a -20 ⁴	-10	0

1 A seconda delle condizioni particolari di crescita e di sviluppo della coltura, queste dosi di azoto possono essere aumentate o ridotte di 10 kg/ha.

2 In caso di forti attacchi di malattie o in caso di produzione estensiva, bisogna rinunciare al 3° apporto.

3 Orzo, triticale, segale.

4 Frumento, spelta, avena.

Tabella 25 - Calcolo della concimazione azotata per le sarchiate, in funzione dei contenuti di N_{min} del suolo (prelievi tra 0 e 90 cm)

Le indicazioni concernenti la suddivisione degli apporti di azoto e le quantità massime per ogni singolo apporto figurano nella **tabella 26**. Il primo apporto di azoto avviene di regola alla semina o alla piantagione. Questo apporto può essere omissivo, se il precedente colturale apporta una quantità elevata di azoto o se il potenziale di mineralizzazione del suolo è particolarmente elevato. Il secondo apporto va eseguito subito dopo aver ottenuto i risultati dell'analisi N_{min} .

Coltura	1° apporto (kg N/ha)	2° apporto (kg N/ha) ¹
Mais	0-30	$N_{min} > 120$: 200 meno N_{min} $N_{min} < 120$: 180 meno N_{min}
Bietole da zucchero o da foraggio	0-30	200 meno N_{min}
Patate per il consumo e per l'industria di trasformazione	0-30	200 meno N_{min}
Patate precoci o patate da seme	0-30	180 meno N_{min}
Colza	0-40 (alla semina)	160 meno N_{min}

Correzioni legate a un contenuto di humus elevato o a uno scarso potenziale produttivo del luogo:

Motivi per la correzione		
Contenuto di humus nel suolo tra il 5 e il 20%	da 0 a -30	da -20 a -40
Potenziale produttivo del luogo da scarso a medio	0	da -20 a -40

Non vanno apportate correzioni in relazione all'effetto residuo di colture intercalari, sovesci o concimi aziendali, perché già in gran parte compreso nel valore di N_{min} misurato.

1 Un frazionamento dell'azoto in 2 apporti è particolarmente raccomandabile su suoli con una profondità utile inferiore a 70 cm e per regioni molto piovose (più di 260 mm tra aprile e giugno). A seconda delle condizioni meteorologiche e di crescita, l'intervallo tra gli apporti deve essere di 2-4 settimane.

7.1.4 Altri metodi (metodi complementari)

Oltre all'analisi del suolo, si possono anche analizzare direttamente le piante durante il periodo vegetativo. Questa tecnica fa parte dei mezzi complementari a disposizione per la gestione dinamica e precisa della concimazione azotata in corso di vegetazione o per la diagnosi di eventuali carenze.

Finestra di controllo: serve come strumento di controllo o decisionale. Le finestre di controllo sono superfici delimitate di circa un'ara, sulle quali la concimazione viene ridotta (-40 kg N/ha) od omessa. Per ogni singolo apporto di azoto si deve predisporre una nuova finestra. Il confronto tra lo stato della coltura all'interno e all'esterno della finestra, in particolar modo in cerealicoltura, fornisce indicazioni su come ottimizzare il successivo apporto di azoto.

Per le colture di girasole si applica un concetto leggermente diverso: "l'heliotest". Il criterio di decisione è il confronto visivo di una fascia di terreno concimata alla semina con la superficie restante della particella non concimata alla semina. Quando il girasole ha tra 6 e 14 foglie si osservano tutte le differenze (colore, altezza, volume della vegetazione) tra le piante dei due settori. Lo stadio fenologico del girasole in cui compare la differenza permette di valutare la fornitura di azoto da parte del terreno e l'eventuale complemento di concimazione azotata necessario. Prima compare la differenza, maggiore è la carenza in azoto. A partire dai contenuti del suolo e dalle esigenze della coltura (45 kg di azoto assorbito dalla pianta intera matura/q di granella prodotto) è possibile utilizzare il metodo della norma corretta per calcolare la quantità di azoto da apportare, in funzione dello stadio in cui compare la differenza e dell'obiettivo di resa (Pellet e Grosjean, 2007).

Analisi del succo vegetale: si effettua con strumenti per test rapidi (Nitrachek, Jubil[®] o altri). Per i cereali, i prelievi si effettuano alla base del culmo principale e in un periodo ben preciso. Dopo aver tarato lo strumento in funzione della specie coltivata, i risultati ottenuti possono fornire utili indicazioni per la determinazione degli apporti di azoto (Pellet, 2000a e b).

Misurazioni del livello di clorofilla: l'analisi della colorazione delle foglie con test rapidi determina lo stato nutrizionale delle piante, misurando la loro concentrazione di clorofilla (metodo N-Tester; Yara, 2008). A tal fine è necessaria una taratura specifica per ogni varietà. Il colore delle foglie non è influenzato solo dal contenuto di azoto della pianta, ma anche da altri fattori (contenuto di zolfo), che possono rendere difficile l'interpretazione affidabile dei valori misurati.

Densità doppia: questo metodo, praticato soprattutto in cerealicoltura, si basa sul confronto con una parcella seminata a densità doppia rispetto al resto del campo. Il principio è che nella superficie a densità doppia, a parità di tempo trascorso, si consumerà più azoto rispetto a quanto capita nella parcella seminata a densità semplice e quindi, se il suolo non sarà concimato, l'azoto in esso disponibile si esaurirà più rapidamente. I primi sintomi di carenza (marcato ingiallimento delle foglie) compariranno prima dove la densità di piante è doppia. A quel punto si dovrà procedere con il primo apporto di azoto. Per decidere quando passare al secondo apporto, si attende che sulla superficie a densità doppia, concimata nel primo apporto con la stessa quantità di azoto somministrata al resto della superficie, ingialliscano nuovamente le foglie (Limaux *et al.*, 1999).

7.1.5 Frazionamento degli apporti di azoto

A prescindere dal metodo utilizzato, la **tabella 26** fornisce indicazioni sul frazionamento della concimazione azotata, sul periodo di distribuzione e sulle quantità massime da apportare per ogni singola distribuzione. Quest'ultima indicazione è particolarmente importante per le prime concimazioni primaverili su colture autunnali e anche per le concimazioni effettuate alla semina o alla piantagione di colture primaverili, dove il rischio di perdere azoto per dilavamento è elevato.

Tabella 26 - Frazionamento, epoca di distribuzione ottimale e quantità massima ammissibile per i vari apporti d'azoto, in funzione della pluviometria e delle condizioni pedologiche

Coltura o gruppo di colture	Regioni siccitose ¹ o suoli profondi ²		Regioni umide ³ o suoli superficiali ⁴	
	Epoca o stadio di sviluppo della coltura	Apporto max (kg N/ha)	Epoca o stadio di sviluppo della coltura	Apporto max (kg N/ha)
Cereali e mais				
Cereali autunnali	In autunno (prima o dopo la semina)	0	In autunno (prima o dopo la semina)	0
	Da fine inverno al risveglio vegetativo	60	Risveglio vegetativo	60
	Da inizio levata al 1° nodo	80	1° nodo	70
	Da 2 nodi a botticella	40	Dalla comparsa dell'ultima foglia ad inizio spigatura	50
	Fumento da biscotti: evitare 3° apporto		Fumento da biscotti: evitare 3° apporto	
Cereali primaverili	Semina	40	Semina	30
	Dall'accestimento ad inizio levata	80	Da 3 foglie ad inizio accestimento	50
	Da 2 nodi a stadio botticella	40	1° nodo	40
			Dalla comparsa dell'ultima foglia ad inizio spigatura	40
Mais da granella e mais da silo	Semina	80	Semina	40
	Da 6 a 8 foglie	80	Da 4 a 6 foglie	40
			Da 6 a 8 foglie	80
Mais "verde"	Semina	60	Semina	50
Tuberi, radici				
Patate per il consumo e per l'industria di trasformazione	Piantagione	80	Piantagione	40
	Dal germogliamento a piante alte 10 cm	80	Piante alte da 10 a 15 cm	80
			Poco prima che le foglie coprano tutta la superficie	40
Patate precoci	Piantagione	60	Piantagione	40
	Dal germogliamento a piante alte 10 cm	60	Piante alte da 5 a 10 cm	80
Patate da seme (tuberi)	Piantagione	50	Piantagione	40
	Dal germogliamento a piante alte 10 cm	50	Piante alte da 5 a 10 cm	60
Bietola da zucchero e bietola da foraggio	Semina	80	Semina	40
	Da 4 a 6 foglie	80	Da 4 a 6 foglie	60
			Da 6 a 8 foglie	60
Oleaginose e piante destinate alla produzione di fibre				
Colza autunnale	Semina	0	Semina	0
	Da fine inverno al risveglio vegetativo	80	Risveglio vegetativo	80
	Inizio allungamento del fusto	60	Allungamento del fusto (30-40 cm)	60
Colza primaverile	Semina	50	Semina	30
	Dalla formazione di rosette ad inizio allungamento del fusto	80	Stadio di rosette	60
			Allungamento del fusto (30-40 cm)	40
Girasole	Semina	80	Semina	60
Canapa da olio	Semina	40	Semina	40
	Piante alte da 15 a 20 cm	40	Piante alte da 15 a 20 cm	30
Canapa da fibra	Semina	50	Semina	40
	Piante alte da 15 a 20 cm	70	Piante alte da 15 a 20 cm	80
Lino da olio	Semina	50	Semina	20
	Piante alte da 15 a 20 cm	30	Piante alte da 15 a 20 cm	40
Lino da fibra	Semina	30	Semina	20
	Piante alte da 15 a 20 cm	30	Piante alte da 15 a 20 cm	40
Miscanto	Risveglio vegetativo	40	Risveglio vegetativo	40
Kenaf	Semina	50	Semina	30
	Piante alte da 15 a 20 cm	50	Piante alte da 15 a 20 cm	60
Altre colture				
Sovescio	Semina	40	Semina	40
Tabacco (Burley)	Piantagione	100	Piantagione	80
	Da 4 a 6 foglie	80	Da 4 a 6 foglie	100

1 Somma delle precipitazioni da gennaio a giugno < 450 mm.

2 Capacità di ritenzione dell'acqua facilmente disponibile > 70 mm.

3 Somma delle precipitazioni da gennaio a giugno > 450 mm.

4 Capacità di ritenzione dell'acqua facilmente disponibile < 70 mm.

7.2 Foraggicoltura

La concimazione azotata in foraggicoltura supera raramente il 50% del prelievo d'azoto da parte delle piante foraggere, perché esse possono contare su altre fonti, quali: l'azotofissazione delle leguminose, la mineralizzazione della sostanza organica del suolo, l'effetto residuo di apporti regolari di concime aziendale e i depositi atmosferici. La **tabella 27** riporta le norme per l'azoto, in funzione del tipo di prato, della sua intensità di gestione e del tipo di sfruttamento praticato (sfalcio o pascolo). Le quantità sono indicate per utilizzazione e non per anno, visto che gli apporti si devono suddividere su tutto il periodo di vegetazione. Ad eccezione delle miscele a base di erba altissima, avena bionda e bromo (miscele standard 450, 451 e 455), su tutti i nuovi impianti con miscele standard si raccomanda un apporto all'emergenza di 20-30 kg N/ha.

Tabella 27 - Norme di concimazione per l'azoto in foraggicoltura, in funzione dell'intensità e del tipo di sfruttamento praticati

Tipo di prato	Tipo di sfruttamento	Apporto raccomandato per ogni utilizzazione (kg N/ha)
Prato permanente		
Intensivo	per sfalcio	30 ¹
	per pascolo	20 ¹
Medio - intensivo	per sfalcio	25
	per pascolo	15
Poco intensivo	per sfalcio	15 ²
	per pascolo	0 ³
Estensivo	per sfalcio	0
	per pascolo	0
Prato temporaneo		
Miscela annuali e biennali		
Miscela a base di loglio italico e/o loglio westerwoldico		30 ^{1,4}
Miscela triennali e di lunga durata		
Miscela a base di graminacee - erba medica (tipo L)		0 ^{4,5,6}
Miscela a base di graminacee - trifoglio violetto (tipo M)		0 ^{4,5}
Miscela a base di graminacee - trifoglio bianco (tipi G e G*)	per sfalcio	30 ^{1,4}
	per pascolo	20 ^{1,4}
Miscela a base di erba altissima, avena bionda o bromo (miscele standard 450, 451 e 455)		15 ^{2,7}
Colture intercalari, semine estive		
- Una sola utilizzazione		30 ⁴
- Più utilizzazioni		30 ⁴
Produzione di semente		
- Leguminose in purezza		0 ⁴
- Graminacee in purezza	prod. di semente	50-100 ^{4,8}
	prod. di foraggio	50

- 1 Per i prati intensivi, permanenti o temporanei (miscele annuali e biennali e miscele G o G* triennali e di lunga durata), l'apporto d'azoto per ogni utilizzazione può essere leggermente aumentato nella misura in cui le condizioni naturali siano buone e si voglia favorire le graminacee a scapito delle leguminose (dose massima per ogni utilizzazione 50 kg n/ha)
- 2 Sotto forma di letame ben decomposto, eventualmente di liquame fortemente diluito dopo il 1° sfalcio; bisogna però evitare l'impiego regolare di liquame e di azoto sotto forma minerale.
- 3 Sono tollerate le quantità di azoto presenti nel letame impiegato per coprire i fabbisogni in fosforo e potassio (tabella 3).

- 4 Si raccomanda un apporto di 20-30 kg N/ha all'emergenza, corrispondente all'apporto per la prima utilizzazione; se si tratta di una coltura intercalare svernante che verrà utilizzata solo dopo l'inverno, l'apporto di azoto deve essere differito alla primavera successiva.
- 5 Con scarsa presenza di leguminose, concimare come se si trattasse di miscele a base di graminacee-trifoglio bianco.
- 6 Si raccomanda un apporto annuale unico di 30 kg N/ha in primavera.
- 7 Queste miscele non ricevono alcun apporto di azoto all'emergenza.
- 8 50 kg N/ha all'inizio del periodo vegetativo e un eventuale apporto complementare (max. 50 kg/ha di N, a seconda dello sviluppo delle piante) all'inizio della levata delle graminacee.

Le quantità indicate nella **tabella 27** sono valide per un numero di utilizzazioni annue corrispondente alle indicazioni riportate nella **tabella 3**. La resa media per ogni utilizzazione in un prato da sfalcio è stimata in 25 q SS/ha, mentre per un pascolo sfruttato in modo intensivo ammonta soltanto a 15 q SS/ha.

Calcolo del n° di utilizzazioni da considerare per determinare la norma di concimazione azotata

$$\text{Prato da sfalcio} \rightarrow \text{Numero standard di utilizzazioni} = \frac{\text{Resa annuale (q SS/ha)}}{25 \text{ (q SS/ha)}}$$

$$\text{Pascolo intensivo} \rightarrow \text{Numero standard di utilizzazioni} = \frac{\text{Resa annuale (q SS/ha)}}{25 \text{ (q SS/ha)}}$$

Se il numero effettivo di utilizzazioni è maggiore, bisogna evitare di concimare dopo ogni sfruttamento oppure si deve ridurre la quantità di concime per ogni apporto, in modo tale che la somma di tutti gli apporti non superi la quantità standard (= numero standard di utilizzazioni x norma secondo la **tabella 27**).

Gli apporti di azoto raccomandati mirano soprattutto a mantenere l'equilibrio della composizione botanica: dal 50 al 70% di graminacee, dal 10 al 30% di leguminose (fino al 70% nei prati temporanei seminati con miscele di tipo "L" o "M") e dal 10 al 30% di "altre erbe" foraggere (fino al 40% nei prati da sfalcio di montagna). Riducendo la quantità di azoto ad ogni apporto, si favorisce lo sviluppo delle leguminose, mentre un aumento degli apporti azotati avvantaggia graminacee e "altre erbe" (quest'ultime sono particolarmente favorite nelle zone meno favorevoli alla foraggicoltura). In tutti i casi, si consiglia di non superare i 50 kg N/ha per utilizzo. In montagna, si sconsiglia di superare le dosi raccomandate, poiché vi sono maggiori rischi di degenerazione della composizione botanica. Per i sistemi di produzione basati sul pascolo integrale, può essere interessante modificare leggermente il principio degli apporti azotati frazionati in quantità uguali per ogni singola utilizzazione onde influenzare la curva di crescita della vegetazione nel corso dell'anno. A parità di azoto distribuito, un frazionamento in cinque apporti tra maggio e settembre diminuisce la produzione di foraggio in primavera e l'aumenta a fine estate e in autunno nella misura del 10% circa (la resa totale resta costante) (Thomet *et al.*, 2007). Per contro, una concimazione abbondante in autunno, aumenta il rischio di dilavamento dei nitrati durante il periodo invernale.

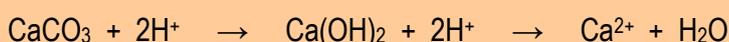
Nonostante gli apporti raccomandati per i pascoli siano inferiori di 10 kg rispetto a quelli previsti per i prati da sfalcio, la quantità globale annua di azoto è simile in entrambi i casi, poiché le superfici pascolate sono sottoposte a un maggior numero di utilizzazioni. Ciò non significa che l'azoto lasciato con gli escrementi degli animali non sia disponibile per le piante. Tuttavia, queste ultime assorbono le deiezioni solo in parte, poiché esse sono distribuite in modo eterogeneo sulla superficie prativa.

8 Ammendamenti calcarei

Il tenore in calcio del suolo è un importante parametro da considerare se si vuole praticare un'agricoltura sostenibile, che rispetti il territorio. Esso è fortemente influenzato dalla roccia madre, che ha originato il suolo, dall'andamento delle precipitazioni e dal tipo di gestione agricola praticato. Le perdite di calcio (Ca) del suolo sono principalmente dovute al dilavamento, al fabbisogno intrinseco del suolo per la sua neutralizzazione e ai prelievi da parte delle colture. Le perdite annuali possono raggiungere diverse centinaia di chili di ossido di calcio (CaO) per ettaro. Queste perdite si possono generalmente compensare con gli apporti di calcio contenuti nei concimi aziendali, nei concimi provenienti dal riciclaggio e in quelli minerali oppure con modesti apporti sporadici di calcio (calcitazioni di mantenimento). Per aumentare il tenore in calcio di suoli più o meno acidi, bisogna eseguire apposite calcitazioni mirate, distribuendo calcio quanto basta. La quantità e la frequenza delle calcitazioni dipendono dal tipo di suolo, dal suo pH, dalla sua capacità di scambio cationico (CSC) e dal suo tasso di saturazione in basi (SB). È importante ricordare che gli ammendamenti calcarei aumentano il pH del suolo e possono dunque modificare la disponibilità degli elementi nutritivi per le piante.

Gli ammendanti calcarei sono sostanze ad azione basica, che fanno diminuire la concentrazione di ioni idrogeno (H⁺) nel suolo e aumentare il suo pH e la presenza di ioni Ca²⁺ e Mg²⁺. L'ossido (CaO) e l'idrossido (Ca(OH)₂) di calcio, così come i carbonati di calcio e di magnesio (CaCO₃, MgCO₃), possiedono queste proprietà. Il potere neutralizzante di queste molecole è espresso in equivalenti di ossido di calcio o calce viva (CaO), secondo le convenzioni internazionali. Ciò permette di calcolare agevolmente le dosi di ammendante necessarie, indipendentemente dalle forme chimiche in esso contenute. L'effetto neutralizzante è svolto dal carbonato di calcio (CaCO₃) e dall'idrossido di calcio (Ca(OH)₂), che si forma nel suolo a partire dall'ossido di calcio (CaO).

Formule di sintesi dell'effetto neutralizzante degli ammendamenti calcarei:



Il gesso (CaSO₄·2H₂O) non è un ammendante calcareo (non modifica il pH del suolo), bensì un concime contenente zolfo e calcio.

Il pH del suolo dà indicazioni di massima sulla necessità di effettuare una calcitazione e sulla dose di CaO da distribuire (**tabella 28**). Occorre tenere conto del fatto che la necessità di CaO cresce con l'aumentare del tenore in argilla del suolo e diminuisce con il crescere del suo tenore in humus.

Tabella 28 - Valutazione di massima della dose di ossido di calcio (CaO) da apportare in funzione del pH del suolo, del suo tenore in argilla e del tipo d'utilizzazione

Tenore in argilla; tenore in humus del suolo	pH _(H2O) del suolo	Calcitazione di correzione ¹		Calcitazione di mantenimento
		Dose di CaO (q/ha)		Dose di CaO (q/ha) ogni 4-5 anni
		Terre aperte e prati temporanei	Prati permanenti	Prati permanenti
< 10% d'argilla	< 5,3	20	10	-
	5,3-5,8	15	7,5 ²	5-7 ³
	5,9-6,2	10	5 ²	5-7 ³
	> 6,2	0	0	-
10-30% d'argilla	< 5,3	30	15	-
	5,3-5,8	25	12,5 ²	8-10 ³
	5,9-6,2	20	10 ²	8-10 ³
	> 6,2	0	0	-
> 30 % d'argilla	< 5,3	35	20	-
	5,3-5,8	30	17,5 ²	9-12 ³
	5,9-6,7	25	15 ²	9-12 ³
	> 6,7	0	0	-
> 10% di humus		0	0	-

1 In foraggicoltura occorre tener conto della composizione botanica e delle condizioni locali.

2 Di norma è sufficiente un ammendamento calcareo ogni 4-5 anni.

3 Si raccomanda un ammendamento calcareo, in caso di progressiva acidificazione del suolo.

Per stimare la necessità di un ammendamento calcareo, soprattutto in campicoltura, può essere utile valutare, unitamente alle esigenze nutritive delle colture, l'effetto dei concimi minerali utilizzati sul tenore in calcio del suolo. Il grado di acidificazione o di alcalinizzazione teorico (E) di un concime, espresso in equivalenti di CaO, può essere calcolato con la formula di Sluijsmans:

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

(n = 0,8 per prati e pascoli e 1,0 per colture erbacee da pieno campo)

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

L'analisi della capacità di scambio cationico del suolo (CSC) e del suo tasso di saturazione in basi (SB) consente una quantificazione più precisa degli apporti di calcio necessari rispetto a quanto stimabile con il solo valore di pH. La valutazione del tasso di saturazione in basi è riportata nella **tabella 29**. Le dosi di calcio consigliate, in funzione della capacità di scambio cationico, del tasso di saturazione in basi e del tipo di utilizzazione agricola praticata sono riportate nella **tabella 30**. In generale, un ammendamento calcareo può essere necessario se il tasso di saturazione in basi è inferiore al 50% per i prati permanenti e al 60% per i prati temporanei e le terre aperte.

Tabella 29 - Valutazione del tenore in calcio del suolo, in funzione del tasso di saturazione in basi (SB) e del tipo di utilizzazione agricola praticato

Tasso di saturazione in basi (%)		Valutazione del tenore in calcio del suolo	Classe di fertilità
Terre aperte e prati temporanei	Prati permanenti		
< 40	< 30	Molto povero	A
40-49	30-39	Povero	A
50-59	40-49	Moderato	B
60-80	50-80	Sufficiente	C
> 80	> 80	Ricco	D

Tabella 30 - Dose di ossido di calcio (CaO) da apportare, in funzione della capacità di scambio cationico del suolo (CSC) e del suo tasso di saturazione in basi (SB)

Le dosi sono calcolate per una profondità di 0-20 cm. I fattori di conversione tra le diverse forme chimiche degli ammendanti calcarei sono riportati nella **tabella 62**.

Tasso di saturazione in basi (%)		Dose di CaO (q/ha) in funzione della CSC (meq/100 g di terra)			
Terre aperte e prati temporanei	Prati permanenti				
		< 10	10-15	15-20	> 20
> 60	> 50	0	0	0	0
50-60	40-50	7,3	12,5	15,5	20,0 ¹
40-49	30-39	10,0	19,0	21,5 ¹	28,0 ¹
< 40	< 30	13,0	24,5 ¹	27,5 ¹	36,0 ¹

¹ Frazionare la dose in 2-3 apporti, con un intervallo di 2-4 anni fra i singoli apporti. Prima di ogni nuovo apporto, si raccomanda un'analisi del pH del suolo.

8.1 Campicoltura

I valori ottimali di pH del suolo in campicoltura si situano in un intervallo relativamente ampio, tra acido e leggermente alcalino. Se è necessario distribuire un ammendante calcareo, bisogna procedere prima di una coltura che ha un elevato fabbisogno in Ca o che sia in grado di sopportare tale sostanza. È preferibile apportare frequentemente piccole dosi piuttosto che un'unica dose massiccia, al fine di evitare il rischio d'immobilizzazione degli oligoelementi e/o danni causati dall'eccessiva presenza di calcio nelle colture sensibili.

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

8.2 Foraggicoltura

In foraggicoltura, i valori ottimali di pH del suolo sono generalmente inferiori a quelli visti per la campicoltura. La maggior parte delle piante foraggere cresce meglio in suoli da leggermente acidi ad acidi (pH 5,5-6,7). In questo intervallo di valori, la disponibilità della maggior parte degli elementi nutritivi utili alle piante è buona. Nonostante il processo sia lento, nelle nostre condizioni climatiche i suoli utilizzati a prato presentano la tendenza alla progressiva acidificazione. La velocità di questa acidificazione dipende dalle condizioni locali e dal tipo di concimazione. Se il pH del suolo scende al di sotto di 5,5, la crescita delle leguminose diminuisce, così come la quantità di azoto atmosferico fissata nelle loro radici. Ciò può comportare un calo di resa (per l'erba medica, già a partire da un pH di 6,5). Per contrastare questa acidificazione naturale, si raccomanda di utilizzare concimi azotati, fosfatici e/o magnesiaci con effetto alcalinizzante o di distribuire regolarmente dosi moderate di calcio (**tabella 28**).

Se il pH del suolo è inferiore a 5,5 e la composizione botanica del prato non è ottimale (p. es. le leguminose non crescono bene), si può optare per una calcitazione di correzione, tenendo conto della capacità di scambio cationico del suolo e del suo tasso di saturazione in basi (**tabelle 29 e 30**). Se la composizione botanica è equilibrata, non è necessario ricorrere a correttivi. Le dosi superiori a 15 q/ha di CaO devono essere ripartite in più apporti, da effettuare a intervalli di 2 anni. Il tenore di calcio del foraggio non permette di stimare lo stato calcareo del suolo e nemmeno la necessità di apporti di calcio, in quanto dipende fortemente dalla composizione botanica del prato.

Diverse serie di prove hanno dimostrato che spesso dopo un ammendamento calcareo di suoli con pH superiore a 5,0-5,5 non si manifesta un aumento significativo della resa dei prati (Schechtner, 1993; Fabre e Kockmann, 2006). Dosi troppo elevate di calcio possono addirittura causare una diminuzione della disponibilità di elementi nutritivi (a partire da un pH del suolo $\geq 7,0$).

Una correzione del pH del suolo può avere un effetto positivo sulla presenza di leguminose e/o di graminacee foraggere. Le graminacee foraggere più produttive, in grado di sopportare un'utilizzazione e una concimazione intensive, prosperano laddove il clima è mite e favorevole. I climi rigidi ne limitano però la crescita e, di conseguenza, la produzione di foraggio, che è fortemente pregiudicata dalla temperatura, dalle precipitazioni e/o dalla brevità del periodo di vegetazione. In tali condizioni, le graminacee che dominano la composizione botanica della cotica erbosa devono essere utilizzate in modo meno intensivo e danno una resa più scarsa. A queste condizioni, la resa delle superfici foraggere è meno influenzata dalla fertilità del suolo. Più le condizioni climatiche del luogo sono difficili e più elevato è il rischio che gli ammendamenti calcarei abbiano un effetto negativo sulla resa. Una composizione botanica pregiudicata a causa di errori di gestione (concimazione eccessiva, utilizzazione troppo intensiva, compattamento del suolo) non può essere corretta con apporti di calcio. Sui pascoli alpestri naturalmente acidi, nei quali la vegetazione naturale è adeguata a tali condizioni, l'ammendamento calcareo può incidere negativamente sulla composizione botanica.

9 Zolfo e oligoelementi

Normalmente, per le condizioni svizzere, una concimazione regolare con oligoelementi non è necessaria. Grazie alla composizione della roccia madre, la maggior parte dei terreni contiene sufficienti quantità di oligoelementi per ottenere rese ottimali e di qualità ineccepibile. Tuttavia, è bene prestare attenzione alle specifiche esigenze di alcune colture, quali: zolfo per le crucifere, boro per le bietole e manganese per bietole e girasole.

9.1 Zolfo

Il fabbisogno di zolfo viene principalmente coperto attraverso i residui colturali, i concimi aziendali e quelli minerali. Durante alcuni decenni precedenti il 1980, la maggior parte degli apporti di zolfo proveniva dalla combustione di carbone e olio da riscaldamento. Lo zolfo si liberava nell'aria e ricadeva poi al suolo con le precipitazioni. Questi apporti erano dell'ordine di 30-50 kg S/ha all'anno, con punte di 100 kg S/ha all'anno attorno agli agglomerati urbani. Un tale apporto assicurava il fabbisogno delle piante più esigenti (**tabella 32**). L'abbandono del carbone e l'eliminazione dello zolfo nell'olio da riscaldamento, avvenuto a partire dagli anni '80, hanno determinato una forte riduzione degli apporti di zolfo provenienti dall'atmosfera. Ciò ha comportato la comparsa di casi di carenza di zolfo nelle colture più esigenti.



9.1.1 Procedimento per la determinazione del rischio di carenza di zolfo

La maggior parte delle riserve di zolfo del suolo (> 95% S_{tot}) si trova in forma organica (humus, concimi organici). La pianta assorbe lo zolfo sotto forma di solfato (SO₄²⁻).

Tenendo conto delle condizioni pedoclimatiche locali e di alcuni parametri gestionali, è possibile valutare se la parcella ha o meno le potenzialità per soddisfare il fabbisogno di zolfo della coltura prevista. I parametri considerati sono: (i) contenuto di sostanza organica, quantità d'argilla e di sassi (scheletro), (ii) profondità utile del suolo, (iii) entità delle precipitazioni da ottobre a marzo, (iv) distribuzione di concimi organici e azotati (**tabella 31**). Il risultato della **tabella 31** si confronta poi con il fabbisogno di zolfo delle colture, allo scopo di stimare l'ev. necessità di concime a base di zolfo (**tabella 32**; Pellet *et al.*, 2003 a e b).

Tabella 31 - Parametri per la valutazione del rischio di carenza di zolfo e la stima delle necessità di concime a base di zolfo delle diverse colture

I punti ottenuti per ogni parametro di valutazione vanno sommati. Il totale dei punti va poi confrontato con i dati della **tabella 32**.

Parametri	Criteri di valutazione	Punti
Contenuto di humus del suolo (%)	< 2	1
	2-5	3
	> 5	5
Contenuto d'argilla del suolo (%)	< 10	1
	10-30	3
	> 30	5
Scheletro del suolo (volume in %)	> 30	1
	10-30	3
	< 10	5
Profondità utile del suolo (cm)	10-30	1
	31-70	5
	> 70	7
Precipitazioni da ottobre a marzo (mm)	> 540	1
	370-540	3
	< 370	5
Distribuzione di concimi aziendali	Mai	1
	Meno di una volta ogni 3 anni	3
	Almeno una volta ogni 3 anni	5
Differenza tra la dose di azoto distribuita e quella prevista ¹	Supplemento > 40 kg N/ha	1
	Dose prevista +/- 40 kg N/ha	3
	Riduzione < 40 kg N/ha	5

¹ Dose d'azoto calcolata in base al metodo della norma corretta o al metodo N_{min}.



Tabella 32 - Prelievi di zolfo di alcune colture e calcolo della concimazione sulfurea

Coltura	Prelievo di zolfo (kg/ha)	Concimazione sulfurea in base al punteggio ottenuto nella tabella 31 (kg S/ha)		
		< 15 punti	15-23 punti	> 23 punti
Colture molto esigenti		< 15 punti	15-23 punti	> 23 punti
Colza	80	60	35	0
Colture mediamente esigenti		< 14 punti	14-20 punti	> 20 punti
Graminacee foraggere	35	25	15	0
Bietola	35	25	15	0
Erba medica	30	20	15	0
Mais	30	20	15	0
Colture poco esigenti		< 13 punti	13-18 punti	> 18 punti
Frumento	25	20	10	0
Orzo	20	10	0	0
Patate	20	10	0	0
Prati intensivi	20-35	15-20	0	0
Altre colture	< 20	0	0	0

9.1.2 Forma ed epoca della concimazione sulfurea

Le piante assorbono lo zolfo sotto forma di ione solfato (SO_4^{2-}). Visto che nel suolo lo ione solfato si comporta esattamente come lo ione nitrato (NO_3^-), la concimazione sulfurea mirata va fatta rispettando le regole valide per quella azotata. La concimazione di base è assicurata dai concimi aziendali (1 t di letame o 1 m³ di liquame completo bovino contengono circa 0,3 - 0,4 kg di S). Il modo migliore per eseguire una concimazione sulfurea mirata è quello d'impiegare un concime minerale azotato contenente zolfo (**tabella 58**). In alternativa, si possono scegliere concimi potassici, magnesiaci o composti aventi sufficiente tenore in zolfo (**tabella 58**). In presenza di sintomi di carenza, è possibile coprire parte del fabbisogno di zolfo della pianta a breve termine, ricorrendo a una concimazione fogliare con solfato di magnesio o Epsomite (solfato di magnesio eptaidrato).

9.2 Boro, manganese e altri oligoelementi

Una concimazione con boro o manganese è necessaria solo in circostanze speciali, come quando si coltivano colture esigenti in boro (bietole, colza, girasole) su suoli alcalini. In questi casi, il fabbisogno è pari a 1,5-2 kg di boro per ettaro. In suoli alcalini e ricchi di humus, la disponibilità di manganese è fortemente ridotta. Massicce dosi di calcio possono causare alle colture serie difficoltà di approvvigionamento in boro e manganese (**cap. 8**). In casi particolari, è indispensabile valutare il tenore di manganese e boro del suolo. L'interpretazione dei risultati di queste analisi e le dosi di concimi contenenti boro e manganese sono descritte nella **tabella 33**.

Per gli altri oligoelementi, l'analisi del suolo si giustifica solo in via eccezionale e dopo aver consultato il servizio di consulenza agricola o una stazione di ricerca agronomica.

Tabella 33 - Apporti di boro e manganese, in funzione dei risultati delle analisi del suolo, del tipo di suolo e della coltura prevista

Elemento	Classe di fertilità	Valutazione	Contenuto del suolo (ppm)		Tenore in sostanza organica del suolo < 10%		Tenore in sostanza organica del suolo > 10%			
							Suoli da acidi a leggermente acidi		Suoli da neutri a alcalini	
					Colture poco esigenti	Colture esigenti ¹	Colture poco esigenti	Colture esigenti ¹	Colture poco esigenti	Colture esigenti ¹
Boro	A	Povero	< 0,6		1,5-2,0 kg B/ha ²	2,5-3,0 kg B/ha ²	1,5-2,0 kg B/ha ²	2,5-3,0 kg B/ha ²	1,5-2,0 kg B/ha ²	2,5-3,0 kg B/ha ²
	B	Moderato	0,6-1,5		—	1,5-2,0 kg B/ha ²	—	2,0-2,5 kg B/ha ²	—	2,0-2,5 kg B/ha ²
	C	Sufficiente	1,6-2,0		—	—	—	—	—	—
	D	Ricco	2,1-5,0		—	—	—	—	—	—
	E	Molto ricco	> 5,0		—	—	—	—	—	—
Manganese			Scambiabile	Facilmente riducibile						
	A	Povero	< 2		20-40 kg Mn/ha ²	30-50 kg Mn/ha ²	30-50 kg Mn/ha ²	40-60 kg Mn/ha ²	10-15 kg/ha di solfato di manganese ³	
	B	Moderato	> 2	< 50	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	20-40 kg Mn/ha ²	10-15 kg/ha di solfato di manganese ³	
	C	Sufficiente	> 2	> 50	—	—	—	—	—	—

- 1 Boro: bietola, colza, girasole. Manganese: cereali, leguminose, bietola.
- 2 Concimazione del suolo (il boro può essere distribuito sotto forma di borace, polverizzato sotto forma di acido borico oppure sparso sotto forma di concimi composti contenenti sufficienti quantità di boro).
- 3 In queste condizioni, la concimazione del suolo con manganese non è efficace. Si consiglia allora la concimazione fogliare, che va eseguita con 600-1'000 l d'acqua/ha, ripetendo le applicazioni e rimpiazzando eventualmente il solfato di manganese con altri prodotti specifici contenenti manganese (osservare le istruzioni d'utilizzazione).

10 Residui colturali

Le norme di concimazione indicano sempre il fabbisogno per la produzione principale (raccolto) e per i sottoprodotti (**tabella 1**). Quando questi ultimi (paglia, stoppie, foglie, ecc.) rimangono sul campo dopo la raccolta del prodotto principale, il loro tenore in elementi nutritivi va sottratto dalla norma di concimazione della coltura successiva. Analogamente a quanto visto per i concimi aziendali, la concimazione della coltura successiva considera la totalità dei contenuti in P, K e Mg dei residui colturali (**tabella 1**). Per l'azoto si agisce in modo diverso; se si utilizza il metodo della norma corretta, si tiene conto dei valori indicati nella **tabella 19**, mentre con il metodo N_{min} ci si riferisce unicamente al valore dell'analisi.

Se una parte dei residui colturali viene raccolta, la deduzione applicata alla concimazione della coltura successiva sarà proporzionale alla quota di residui rimasta in campo.



11

Concimi aziendali



11 Concimi aziendali

Nella maggior parte dei casi, i concimi aziendali (letame e liquami) coprono una parte considerevole del fabbisogno nutrizionale delle colture. Per questo motivo, è molto importante che le aziende detentrici di animali li utilizzino correttamente, in modo da praticare una concimazione economica e confacente alle esigenze delle piante. Siccome i concimi aziendali impiegati in modo inadeguato sono dannosi per l'ambiente (**capitolo 14.3**), la loro accurata gestione riveste una grande importanza anche dal punto di vista ecologico. L'impiego mirato dei concimi aziendali è reso difficile dalle grandi quantità prodotte, dal loro contenuto di elementi nutritivi relativamente scarso e non precisamente conosciuto e dall'incertezza che avvolge la disponibilità delle diverse forme di azoto legate alla sostanza organica. I valori indicativi rappresentano generalmente l'unica possibilità di stimare le quantità di concimi aziendali e i loro tenori in elementi nutritivi, anche se questi ultimi possono differenziarsi in maniera molto marcata da un'azienda all'altra. Nonostante ciò, i valori indicativi forniscono, unitamente alle raccomandazioni d'impiego, una buona base per riuscire a utilizzare i concimi aziendali in maniera razionale, sia dal punto di vista agronomico, sia da quello ecologico.

11.1 Produzione e tenori di elementi nutritivi

11.1.1 Produzione di elementi nutritivi da parte degli animali da reddito

Gli escrementi degli animali da reddito contengono buona parte degli elementi nutritivi assimilati con il foraggio (**tabella 34**). A dipendenza del tipo di foraggiamento, del livello di produzione e dello stato di salute degli animali, la percentuale di elementi nutritivi presenti negli escrementi può variare entro i limiti indicati nella **tabella 34** anche nel medesimo ambito aziendale. Utilizzando questi escrementi come concimi, si riesce a chiudere una parte importante del ciclo aziendale degli elementi nutritivi. Tutte le indicazioni inerenti ai tenori in elementi nutritivi dei concimi aziendali si fondano su piani di foraggiamento calcolati per differenti razioni. Fanno eccezione l'azoto direttamente utilizzabile dalle piante ($N_{sol} = \text{ammonio} + \text{nitrato}$) e quello disponibile a medio termine (N_{disp}). Il primo si fonda sui risultati analitici dei concimi aziendali, mentre il secondo si basa sulle risultanze di una lunga attività sperimentale. I tenori in elementi nutritivi dei foraggi sono estrapolati dalle norme di foraggiamento della Stazione di ricerca Agroscope Posieux-Liebefeld (ALP). I tenori in elementi nutritivi nei prodotti animali sono contenuti nella **tabella 61** (vedi allegati).

Tabella 34 - Percentuale di N, P e K restituita con gli escrementi, rispetto alla quantità ingerita con il foraggio

Specie animale	N (%)	P (%)	K (%)
Vacca da latte	65-80	65-80	85-95
Bovino da ingrasso	75-85	70-85	96-98
Suino d'allevamento, lattonzoli compresi	75-85	75-85	90-98
Suino da ingrasso	70-80	75-85	90-97
Gallina ovaioia	65-80	80-90	85-95
Pollo da ingrasso	50-65	45-60	75-85

La **tabella 35** fornisce le quantità di elementi nutritivi contenute negli escrementi per posta animale e per anno, in normali condizioni di produzione. Le eventuali differenze rispetto alle norme sono spiegate nella **tabella 36**.

Qualora, in casi particolari le indicazioni della **tabella 36** non dovessero bastare per tenere in considerazione le tecniche di produzione specifiche dell'azienda, gli elementi nutritivi contenuti negli escrementi possono essere calcolati mediante appositi bilanci. Le quantità di elementi ingeriti sono determinate a partire dal consumo e dai tenori dei foraggi (compresi i sali minerali). Da queste quantità vengono dedotti gli elementi presenti nei prodotti animali (compreso l'accrescimento). I dati inerenti al contenuto di elementi nutritivi nei prodotti animali sono riportati nella **tabella 61**.

Tabella 35 - Quantità annuali di elementi nutritivi contenute negli escrementi (feci e urina) di diverse specie animali

Osservazioni e dati inerenti alle condizioni di produzione sono riportati nella **tabella 36**. Tutti i valori si riferiscono agli escrementi prodotti (senza strame), per un'intensità di produzione media e un'alimentazione conforme alle raccomandazioni delle Stazioni di ricerca Agroscope.

In casi particolari, dove il ciclo di produzione animale è breve e non occupa un'intera annata, oltre ai valori per posta e per anno sono indicati anche quelli per singolo animale. I tempi morti usuali fra due cicli di produzione sono compresi nei dati per posta e per anno.

Specie animale		Elementi nutritivi contenuti negli escrementi in kg/unità (animale o posta) e anno ^{1,2,3}						Consumo di foraggio grezzo (q SS/anno)	
		N ⁴	P	P ₂ O ₅	K	K ₂ O ⁵	Mg		Ca
Vacca da latte	6'500 kg latte/anno ⁶	115	18	41	153	184	12	45	58
Vacca madre ⁷		80	13	30	99,5	120	8	30	40
Bovino d'allevamento	di meno di 1 anno	25	3	7,5	29	35	4	10	11
	da 1 a 2 anni	40	6	13	50	60	5	15	22
	di più di 2 anni	55	9	20	62	75	7	23	33
Vitello da ingrasso ⁹	per posta	13	2	4,5	6	7	0,3	1,5	1
	per animale	5	0,7	1,5	2	2,7	0,1	0,6	0,4
Vitello allattato ¹⁰	per animale e posta	34	3,5	8	28	34	2	8	11
Bovino da ingrasso intensivo (65-520 kg) ¹¹	per posta	33	5	11	27	33	4	9	14
	per animale	41	6	14	34	41	5	11	17,5
Bovino da ingrasso pascolo (65-530 kg) ¹²	per posta	40	5	12	45,5	55	4	13	16
	per animale	65	8	18	66,5	80	6	20	25
Toro d'allevamento		50	8	18	70,5	85	5	20	30
Giumenta con puledro ¹³		52	13,5	31	73	88	7	23	29
Altri cavalli di più di 3 anni ¹⁴		44	10	23	62	75	5	19	29
Puledro da 0,5 a 3 anni		42	8	19	56,5	68	4	14	26
Posta capra ¹⁵		16	2	5	18	22	1,5	6	6,8
Posta pecora ¹⁵		12	2	4,5	16,5	20	2	7	8
Posta pecora da latte ¹⁵		21	4	9	26,5	32	3	9	11
Daino ¹⁶	per unità	20	3	7	24	29	2,4	8	10
Cervo ¹⁶	per unità	40	6	14	48	58	4,8	16	20
Bisonte di più di 3 anni		60	13	30	91	110	6	30	39
Bisonte di meno di 3 anni		20	4	10	37	45	2,5	11	18
Lama di più di 2 anni		17	3	6,5	23	28	1,7	6	8,5
Lama fino a 2 anni		11	2	4	12,5	15	1	3	4,9
Alpaca di più di 2 anni		11	2	4	15	18	1	4	5,5
Alpaca fino a 2 anni		7	1	2,5	7,5	9	0,5	2	3,0
Suino da ingrasso/ rimonta ¹⁷	per posta	13	2,5	6	6	7	1	2	0
	per animale	4	1	2	2	2,3	0,3	0,7	0
Suino da allevamento ¹⁸	per posta	35	8	19	16	19	3	12	0
Verro		18	4	10	8	10	1,5	6	0
		42	10	23	15	18	4	15	0
Scrofa allattante ¹⁸	per posta	5,1	1	2,8	2	2,2	0,5	1,8	0
	per scrofa e rotazione								
Scrofa in gestazione ¹⁸	per posta	20	5	11	11	13	2	8	0
	per scrofa e rotazione	6,5	1,5	3,5	3,5	4,2	0,6	2,6	0
Suinetto svezzato ¹⁸	per posta	4,6	1	2,6	2	2,5	0,4	2	0
	per suinetto	0,4	0,1	0,2	0,15	0,2	0,04	0,2	0
Gallina ovaioia ¹⁹	per 100 poste	80	20	45	25	30	6,5	100	0
Pollastrella ²⁰	per 100 poste	34	9	21	10	12	2,5	11	0
	per 100 animali	15	4	9	4	5	1,1	5	0
Pollo da ingrasso ²¹	per 100 poste	45	7	16	18	22	4,5	3	0
Tacchino da ingrasso ²²	per 100 poste	140	30,5	70	33	40	18	35	0
	per 100 animali	48	11	25	11	13	6,5	12	0
Struzzo di più di 13 mesi		24	4	10	12,5	15	1,3	15	11
Struzzo fino a 13 mesi		11	2,5	6	6,5	8	0,8	8	2
Posta per coniglia madre ²³		9	2,5	6	4	5	1	4	0

Note da 1 a 23: vedi **tabella 36**.

Tabella 36 - Spiegazioni delle note riportate nella tabella 35 con osservazioni generali e indicazioni sulle condizioni di produzione sulle quali si basano i calcoli

Note della tabella 35	Criterio; parola chiave	Descrizione del tipo di produzione
1	Paglia, lettiera	In caso di stabulazione fissa, il consumo giornaliero di materiale per lettiera è pari a 1,5-2 kg di paglia per vacca. Ciò corrisponde, per paglia con tenori medi, a una produzione annua di 3,1 kg di N, 1,1 kg di P ₂ O ₅ , 9 kg di K ₂ O e 0,5 kg di Mg (tabella 60a).
2	Correzione del numero di animali (alpeggio, ecc.)	Se gli animali sono alpeggiati o la presenza in azienda è stagionale, la produzione di elementi nutritivi si deve proporzionare al numero di giorni di foraggiamento.
3	Composizione delle razioni	<p>I valori si riferiscono a razioni medie usuali. Per il bestiame lattifero (rimonta compresa; ingrasso escluso) la produzione d'azoto e soprattutto quella di K₂O possono risultare inferiori, se la razione è composta in gran parte da mais (insilato, cubettato). In questi casi, si può far capo alle seguenti formule per correggere il contenuto degli escrementi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - fattore di correzione per K₂O (%) presente negli escrementi = (proporzione di mais nella razione di base invernale x 0,1) + (proporzione di mais nella razione di base estiva x 0,4). Esempio: con il 30% di mais in inverno e il 20% in estate, il fattore di correzione diventa (30 x 0,1) + (20 x 0,4) = 3 + 8 = 11; il K₂O prodotto risulta quindi inferiore dell'11% rispetto a quanto riportato nella tabella 35. - fattore di correzione per N (%) presente negli escrementi = proporzione di mais nella razione estiva x 0,4 (nessuna correzione per il foraggiamento invernale). <p>Non è necessario apportare correzioni in altre razioni, né per altre specie animali, salvo quando si attuano strategie di foraggiamento particolari (p. es. foraggio a ridotto tenore in elementi nutritivi; foraggio NPr).</p>
4	Disponibilità di azoto per le piante (N _{disp})	Tenuto conto delle perdite di azoto in stalla durante lo stoccaggio e la distribuzione, come pure della parziale disponibilità dell'azoto organico (definizione di N _{disp} ; tabella 63), la quantità di azoto indicata non corrisponde a quella che potrà essere utilizzata per pianificare la concimazione. In generale, si presume che circa il 60% dell'azoto totale contenuto nei concimi aziendali sia disponibile a medio termine per le piante. Tenendo conto delle inevitabili perdite in stalla e durante lo stoccaggio, ciò corrisponde a una disponibilità finale pari a circa il 50% dell'azoto prodotto dagli animali con gli escrementi. Questi valori sono soggetti a grandi variazioni a seconda della specie animale, del tipo di stabulazione e delle condizioni locali. Devono innanzitutto essere considerati quali valori di riferimento per regioni estese. Nel caso di aziende singole contano maggiormente la specie animale e le caratteristiche del terreno.
5	Potassio contenuto negli escrementi di animali che consumano foraggio grezzo	Nelle aziende con un tenore medio di potassio nei foraggi secchi pari a 20-25 g di K per kg di SS, la quantità di potassio presente negli escrementi di animali che consumano essenzialmente foraggio grezzo risulta inferiore del 15%. Con un tenore medio di 20 g di K per kg di SS, la riduzione è del 30%.
6	Vacca da latte	Peso medio in età adulta: 650 kg; produzione media annua di latte: 6'500 kg. Per ogni 1'000 kg di latte in meno, ridurre la quantità di escrementi ed i loro contenuti del 10%, per ogni 1'000 kg di latte in più, aumentarle del 2%. Questa correzione tiene conto delle differenze di peso vivo. A parità di produzione di latte, un animale che pesa 100 kg in meno ingerisce ed espelle il 6% in meno.
7	Vacca madre o nutrice	<p>Vacca madre (un vitello) senza vitello, per razze il cui peso vivo raggiunge circa 600 kg e più. Per le vacche nutrici (2 vitelli per vacca), la quantità espulsa ammonta a 90 kg N, 32 kg P₂O₅, 125 kg K₂O, 8,5 kg Mg e 32 kg Ca; il consumo di foraggio grezzo è pari a 45 q l'anno di SS.</p> <p>Per le razze che raggiungono un peso vivo di 450 kg, la quantità espulsa ammonta a 70 kg N, 26 kg P₂O₅, 110 kg K₂O, 7 kg Mg e 28 kg Ca; il consumo di foraggio grezzo è pari a 35 q l'anno di SS.</p>
8	Bovino d'allevamento	<p>Valido per una vacca da latte secondo quanto indicato nella nota 6. Le indicazioni riportate nella tabella 35 si applicano per un'età al primo parto di 30 mesi. Per un parto all'età di 24 mesi circa, la quantità espulsa nel 1° anno ammonta a: 30 kg N, 10 kg P₂O₅, 44 kg K₂O, 4 kg Mg, 12 kg Ca, mentre durante il 2° anno è pari a: 45 kg N, 15 kg P₂O₅, 65 kg K₂O, 6 kg Mg, 18 kg Ca; il consumo di foraggio grezzo è pari a 17 q di SS al 1° anno e 30 q di SS al 2° anno.</p> <p>I vitelli venduti all'età di 3-6 settimane per essere ingrassati non sono presi in considerazione.</p>
9	Vitello da ingrasso	Vitello ingrassato da 50 a 200 kg circa, con un accrescimento giornaliero medio di 1'250-1'300 g; 2,6 rotazioni per posta e anno.
10	Vitello allattato	All'età di 10 mesi circa raggiunge un peso vicino ai 350 kg; è possibile una sola rotazione all'anno. Se gli animali sono ingrassati fino a 400 kg, gli escrementi (per posta e animale) ammontano a 43 kg di N, 11 kg di P ₂ O ₅ , 45 kg di K ₂ O, 3 kg di Mg e 11 kg di Ca, per un consumo di foraggio grezzo pari a 16 q di SS.
11	Bovino da ingrasso (intensivo)	Ingrasso intensivo da 65 kg fino a 520 kg, con un accrescimento giornaliero pari mediamente a 1'100 g per i torelli. Se gli animali sono stabulati soltanto dopo lo svezzamento, gli escrementi per posta e per anno (ca. 1 rotazione all'anno; accrescimento giornaliero pari a 1'200 g) ammontano a 38 kg di N, 13 kg di P ₂ O ₅ , 39 kg di K ₂ O, 5 kg di Mg e 10 kg di Ca, per un consumo di foraggio grezzo pari a 17 q di SS. Per i vitelli in preingrasso si possono applicare gli stessi valori previsti per i vitelli da ingrasso.
12	Bovino da ingrasso al pascolo	Ingrasso al pascolo dalla nascita fino a un peso di 530 kg ca.; 1 o 2 stagioni di pascolo (17 o 22 mesi ca.).
13	Giumenta con puledro	Prima di essere venduti, i puledri nati in primavera rimangono con la madre fino all'autunno. Se restano in azienda più a lungo, devono essere considerati separatamente. La quantità di foraggio grezzo destinata

Note della tabella 35	Criterio; parola chiave	Descrizione del tipo di produzione
		alla giumenta non viene aumentata rispetto a quella prevista per un cavallo da equitazione o da tiro, poiché il suo fabbisogno è coperto da foraggio concentrato. Se il foraggio concentrato è composto unicamente da avena (max. 700 kg l'anno), il consumo di foraggio grezzo aumenta di 5 q di SS.
14	Altri cavalli di età superiore a 3 anni	Cavallo adulto con peso medio di 550 kg. I valori relativi agli animali più leggeri (pony, asini, giovani cavalli) possono essere convertiti in funzione del loro peso effettivo. I valori sono validi per carichi di lavoro ridotti (1 ora al giorno di lavoro o d'equitazione). In caso di sollecitazioni più importanti, la produzione di N e P ₂ O ₅ aumenta del 7% per ogni ora supplementare, mentre quella degli altri elementi solo del 4%.
15	Posta capra	Produzione annua per capra, compresi gli animali d'allevamento, da ingrasso e una parte del becco.
15	Posta pecora	Produzione annua per pecora, compresi gli animali d'allevamento, da ingrasso e una parte dell'ariete. Questi valori si riferiscono a una produzione basata prevalentemente su foraggi grezzi provenienti da prati estensivi. Con una produzione più intensiva basata su fieno di buona qualità ed erba insilata, gli elementi nutritivi prodotti ammontano a 18 kg di N, 6 kg di P ₂ O ₅ , 25 kg di K ₂ O, 2 kg di Mg e 7 kg di Ca, per un consumo di foraggio grezzo pari a 7,2 q di SS.
15	Posta pecora da latte	Produzione annua per pecora da latte, compresi gli animali da rimonta, da ingrasso e una parte dell'ariete.
16	Cervide	Un'unità cervide (cervo o daino) è composta dalla madre e dai suoi piccoli, fino all'età di 16 mesi. Gli animali che superano quest'età devono essere considerati separatamente. Un'unità cervide corrisponde a 2 animali in aprile (censimento degli animali).
17	Posta suino da ingrasso	Una posta per suino da ingrasso (PSI) corrisponde a una posta per l'ingrasso di un animale da 25 a 100 kg, con un accrescimento giornaliero pari mediamente a 700-800 g (ca. 3-3,2 rotazioni all'anno). La produzione di P ₂ O ₅ indicata è calcolata in base a un tenore di 6 g di P per ogni kg di foraggio (13,5 MJ EDS/kg di foraggio). Variazioni di 1 g di P/kg di foraggio comportano un aumento o una riduzione del 25% circa della produzione in P ₂ O ₅ . La produzione di azoto si basa su un tenore in proteina grezza di 170 g/kg di foraggio (13,5 MJ EDS/kg di foraggio). Variazioni di 10 g del tenore in proteina grezza/kg determinano un aumento o una riduzione dell'8% della produzione di N. La quantità di elementi nutritivi prodotta si può ridurre al massimo a 10 kg di N e 2,7 kg di P ₂ O ₅ .
18	Scrofa d'allevamento	Una posta per scrofa d'allevamento (PSA) considera una scrofa (dopo il primo parto), compresa la tenuta dei lattinzoli fino a un peso di 25-30 kg. In ogni PSA possono essere svezzati annualmente 20-24 suinetti. La rimonta va calcolata come se si trattasse di suini da ingrasso. Se gli animali ricevono regolarmente foraggio grezzo, il consumo è corretto in funzione della situazione effettiva. La produzione di P ₂ O ₅ è calcolata in base a un contenuto di 6,5 g di P per ogni kg di foraggio (88% SS; media ponderata di tutti gli alimenti, compresi quelli per i lattinzoli). Variazioni di 1 g di P/kg di foraggio comportano un aumento o una riduzione della quantità di P ₂ O ₅ prodotta di circa il 20%. La produzione d'azoto è calcolata in base al contenuto di proteina grezza di 145 g per ogni kg di foraggio per le scrofe in gestazione, di 165 g/kg per le scrofe allattanti e di 175 g/kg per i lattinzoli (tutti i valori fanno riferimento a foraggi con l'88% di SS). Una riduzione media del tenore in proteina grezza nei foraggi di 10 g/kg comporta una riduzione della quantità di azoto prodotto dell'8% per le scrofe e del 10% per i lattinzoli. La quantità di elementi minerali prodotta per PSA può essere ridotta al massimo a 29,2 kg di N e 12 kg di P ₂ O ₅ .
19	Gallina ovaioia	La durata di produzione (un anno circa) non incide sulla produzione di escrementi. La produzione di P ₂ O ₅ si calcola sulla base di un contenuto di 5,7 g di P per ogni kg di foraggio. Variazioni di 1 g di P/kg di foraggio comportano un aumento o una riduzione della quantità di P ₂ O ₅ prodotta di circa il 20%.
20	Pollastrella	I pulcini raggiungono un peso di 1,3 - 1,6 kg in 18 settimane; 2-2,5 rotazioni all'anno.
21	Pollo da ingrasso	I contenuti in elementi minerali degli escrementi equivalgono a quelli di un'unità di produzione "100 poste normali" (peso finale degli animali almeno pari a 2 kg), in condizioni di detenzione (max. 30 kg/m ²) e di foraggiamento normali, ma senza permanenza parziale all'aria aperta. Per le razze da ingrasso intensivo, questi valori corrispondono a una durata d'ingrasso di circa 40 giorni, mentre per quelle da ingrasso estensivo a un periodo di circa 60 giorni. I bilanci in elementi nutritivi possono essere calcolati mediante il modulo 7 "Bilancio entrate/uscite", messo a disposizione dall'Ufficio federale dell'agricoltura, tenendo conto della permanenza all'aria aperta. Contrariamente ad altre specie animali, i valori degli elementi nutritivi presenti negli escrementi si calcolano soltanto in base alle poste e non in funzione del numero di animali allevati, visto che il peso finale degli animali e la durata di rotazione possono variare notevolmente.
22	Tacchino da ingrasso	Produzione di tacchini con un peso medio finale di 12 kg; 2,8 rotazioni all'anno. Per tacchini in preingrasso (fino a un peso vivo di circa 1,5 kg; 6 rotazioni all'anno), si calcola una produzione di 40 kg di N, 20 kg di P ₂ O ₅ e 12 kg di K ₂ O per 100 poste tacchini all'anno. Per la fase finale d'ingrasso (da 1,5 a 13 kg di peso vivo, 2,9 rotazioni all'anno), la produzione ammonta a 230 kg di N, 115 kg di P ₂ O ₅ e 70 kg di K ₂ O per 100 poste.
23	Posta per coniglia madre	Le indicazioni sono valide se gli animali si ingrassano prevalentemente con foraggio concentrato. Singoli animali destinati all'autoconsumo e nutriti principalmente con granaglie non sono considerati nei calcoli del bilancio di concimazione. Una posta per coniglia madre corrisponde a una madre, ingrasso dei piccoli compreso. Con l'ingrasso intensivo vengono svezzati, per madre e per anno, una quarantina di conigli con un peso vivo finale di 2,7 - 3 kg. Il consumo di foraggio per posta e per anno è di circa 450 - 500 kg.

11.1.2 Produzione di liquami e di letame

Il foraggiamento influenza la quantità di escrementi prodotta, quindi le quantità di liquami e di letame. I valori indicativi della produzione di liquami e di letame, espressi in funzione delle diverse specie animali e dei sistemi di stabulazione (**tabella 37**), servono innanzitutto a determinare le dimensioni necessarie al loro stoccaggio e a pianificarne approssimativamente la distribuzione. Nel caso dei liquami, i valori si riferiscono alla produzione di escrementi non diluiti. Nella maggior parte delle aziende, la fossa per liquami riceve anche notevoli quantità d'acqua (pulizia della stalla, scarichi del locale latte, acqua piovana da piazzali scoperti, scarichi fognari dell'economia domestica, ecc.). La quantità effettiva di liquami da stoccare si può determinare soltanto quando, oltre alla produzione di liquami non diluiti, si conosce anche la quantità di acqua aggiunta. I valori indicativi, che permettono di stimare la quantità d'acqua che finisce nella fossa sono illustrati nella **tabella 38**. La diluizione consueta è di 1:1 (una parte di liquame : una parte d'acqua). Per evitare di perdere ingenti quantità di azoto durante la distribuzione in campo (volatilizzazione dell'ammoniaca; **tabella 46**), la diluizione dei liquami deve essere tendenzialmente superiore, soprattutto in estate.

Tabella 37. Valori indicativi della produzione annua di concimi aziendali da parte degli animali da reddito, in funzione del sistema di stabulazione

Specie animale / orientamento produttivo	Quantità annuale di concimi aziendali prodotti durante la stabulazione ¹ e quantità di paglia utilizzata in funzione del sistema di stabulazione ²					
	Solo liquame completo ³	Liquame e letame ^{3,4}			Solo letame ⁴	
		Paglia	Liquame povero di sterco	Letame	Paglia	Letame
	(m ³)	(q/anno)	(m ³)	(t)	(q/anno)	(t)
1 Vacca da latte: produzione annua 6'500 kg di latte ⁵	23	6,8	11,5	8,9	30	21
1 Vacca madre	15,5	5	8	6	25	14
1 Bovino d'allevamento di meno di 1 anno	5,5	1,5	2,7	2	8	5
1 Bovino d'allevamento da 1 a 2 anni	8	2,5	4	3	12	7
1 Bovino d'allevamento di più di 2 anni	11	3,5	5,5	4	16	10
1 Posta vitello da ingrasso					3,5	2,2
1 Vitello allattato		3,5	1,8	1,4	3,5	3
1 Posta bovino da ingrasso (125-500 kg)	7,5	a seconda della stalla ⁶			15	6,8
1 Posta bovino da ingrasso al pascolo	8	a seconda della stalla ⁶			15	7
1 Cavallo (letame fresco)					29	12 ⁷
1 Giumenta con puledro (letame fresco)					36	14 ⁷
1 Puledro da 0,5 a 2,5 anni (letame fresco)					15	10 ⁷
1 Posta capra					3,7	1,6
1 Posta pecora					3,7	1,7
1 Posta pecora da latte					3,7	2,3
1 Posta suino da ingrasso ⁸	1,6	a seconda della stalla ⁶			2,6	1,2
1 Posta suino d'allevamento	6	a seconda della stalla ⁶			8	3,4
1 Posta scrofa dopo il parto ⁸	7,2	a seconda della stalla ⁶			10	4
1 Posta scrofa in gestazione	3,6	a seconda della stalla ⁶			6	2
1 Posta suinetto	0,8	a seconda della stalla ⁶			1	0,5
	nastro per escrementi		cassone per escrementi / allevamento al suolo			
100 Poste galline ovaiole	2,7		1,5			
100 Poste pollastrelle			0,8			
100 Poste polli da ingrasso			0,8			
100 Poste tacchini da ingrasso			3,0			

1 Con assenze temporanee dalla stalla (pascolo, estivazione) bisogna ridurre in maniera proporzionale la quantità di concime aziendale prodotta. Le quantità si riferiscono a una produzione media. In caso di produzione più intensiva, la quantità di concime aziendale aumenta di conseguenza.

2 La produzione di liquame completo, letame o di letame e liquame dipende dal sistema di stabulazione. Per le stabulazioni fisse e libere è possibile considerare le medesime quantità di concimi aziendali. Le quantità di letame indicate tengono conto delle perdite di stoccaggio. Queste ultime possono variare a seconda del tipo di letame, del metodo di stoccaggio, delle condizioni climatiche, eccetera, quindi anche la quantità effettiva di letame può differire dal valore indicato. Per letame di mucchio maturo o letame di stabulazione libera (**tabella 63**) si può considerare un peso volumetrico medio di 700-800 kg/m³. Per letame caricato sullo spandiletame con la gru o il caricatore frontale si calcola un peso di circa 550-650 kg/m³, mentre per letame caricato a mano si stima un peso di circa 700-800 kg/m³. Tutte queste indicazioni non si applicano per il letame contenente grosse quantità di residui di foraggio o altri rifiuti organici e nemmeno per feci senza stame (stalle d'alpeggio). Per ottenere indicazioni più specifiche per l'azienda, si raccomanda di determinare il peso di uno spandiletame caricato normalmente.

- 3 Le quantità di liquame indicate si riferiscono a liquame non diluito. Le quantità d'acqua supplementari che possono giungere nella fossa per liquami, si devono definire mediante la **tabella 38**. Il tipo di liquame dipende dalla specie animale e dalla percentuale di feci in esso contenuto. Il liquame completo contiene tutto le feci e tutta l'urina; il liquame povero di sterco contiene una parte di feci e praticamente tutta l'urina. La diluizione consueta è di 1:1 (una parte di liquame : una parte d'acqua). Aumentando la diluizione, si possono ridurre considerevolmente le perdite di ammoniaca, in particolare d'estate.
- 4 Il tipo e la qualità del letame dipendono dalla quantità di stame utilizzato e dalla percentuale di feci e di urina in esso contenute. Se si utilizza molto stame e/o se molte feci vanno a finire nella fossa per liquami, si ottiene un letame ricco di paglia.
- 5 Le indicazioni valgono per una produzione annuale media di 6'500 kg di latte. Per ogni 1'000 kg di latte in meno, bisogna ridurre del 10% la quantità di concimi aziendali prodotta, mentre per ogni 1'000 kg in più, bisogna aumentarla del 2%. Questa correzione tiene conto delle variazioni del peso vivo degli animali.
- 6 Di regola, in queste stalle la produzione di liquame o di letame avviene su superfici differenti. I prodotti sono pertanto paragonabili al liquame completo e al letame di stabulazione libera. La ripartizione può essere stimata a partire dalla proporzione di superficie interessata. Ad esempio: in una stalla la cui superficie è per il 60% ricoperta da stame e per il 40% dotata di pavimento grigliato si può calcolare un 40% di liquame completo e un 60% di letame di stabulazione libera.
- 7 I valori concernono il letame di cavallo fresco (stoccaggio inferiore a 1 mese). Per tempi di stoccaggio e maturazione superiori ai 3 mesi, i valori indicati si possono dimezzare.
- 8 Sono prese in considerazione anche le quantità d'acqua consuete che vengono convogliate nella fossa per liquami dagli abbeveratoi a tettarella perdenti. In caso di forti perdite, il liquame si può diluire fortemente e, quindi, la sua quantità può aumentare considerevolmente.

Tabella 38 - Valori indicativi per il calcolo della quantità d'acqua esausta convogliata nella fossa per liquami

Tipo di acqua esausta	Unità di riferimento	m ³ /mese		m ³ /anno
		Estate	Inverno	
Acqua per la pulizia della stalla e la cura degli animali (bovini) ¹	UBG	1	0,2	7
Evacuazione liquida del letame ²	UBG	0,5	0,5	6
Acqua per la pulizia della stalla e la cura degli animali (suini) ³	PSI	per ogni serie 0,15		0,5
Acqua per la pulizia della stalla per galline ovaiole ³	100 PO			0,5
Acqua per la pulizia della stalla per volatili da ingrasso ³	100 PI			0,8
Colaticcio proveniente dalla concimaia, deflusso da superfici scoperte, con fondo consolidato e impermeabile ⁴	m ²	0,05	0,1	1
Refrigerazione dei bidoni di latte con acqua corrente ⁴	1'000 l latte raffreddato	4	-	4
Acqua per la pulizia di: locale del latte ⁵ cisterna di raffreddamento ⁵ impianto di mungitura a secchio ⁵ impianto di mungitura a condotta ⁵	PM ⁶ volume PM PM	0,5 + 0,05 x PM 0,0015 x volume 3 + 0,5 x PM 0,5 x PM		6 + 0,6 x PM 0,018 x vol. 36 + 6 x PM 6 x PM
Acqua di scarico dell'economia domestica				
Condizioni normali (lavatrice, doccia/bagno, WC)	abitante	4,5	4	50
Installazioni sanitarie semplici	abitante	3	3	36
Casi particolari con deflusso regolarmente inferiore alla norma ⁷	abitante	1,7	1,7	20

- 1 Il consumo d'acqua per UBG può variare fortemente. Indicazioni precise per ogni singola azienda possono essere ottenute tramite l'installazione di contatori dell'acqua. Le quantità d'acqua indicate sono generalmente sufficienti per evacuare il letame con un pistone idraulico senza problemi.
- 2 Queste quantità d'acqua vengono generalmente aggiunte a quelle per la normale pulizia delle stalle. Esse sono necessarie per il buon funzionamento del sistema, quindi non possono venir ridotte in inverno.
- 3 Senza una lancia per la pulizia ad alta pressione, le quantità utilizzate sono nettamente superiori al valore indicato. In linea di massima, la pulizia si effettua alla fine di una rotazione. Nelle stalle per galline ovaiole, bisogna tenere conto di una produzione di acque di scarico di 0,5 m³ per 1'000 capi e per ogni pulizia effettuata a fine rotazione.
- 4 Questa quantità si considera soltanto se l'acqua viene convogliata nella fossa per liquami.
- 5 Queste formule, che servono a calcolare il fabbisogno di acqua rispetto alle dimensioni dell'azienda, si fondano su dati provenienti dall'estero e non sono ancora state convalidate dalla ricerca in ambito elvetico. Pertanto, esse hanno carattere provvisorio.
- 6 Numero di poste di mungitura (p. es. numero di poste della sala di mungitura).
- 7 Questo valore è valido soltanto per costruzioni molto vecchie, senza installazioni sanitarie e in regioni con problemi d'approvvigionamento idrico.

11.1.3 Tenore in elementi nutritivi dei concimi aziendali

La **tabella 39** riporta i tenori medi indicativi degli elementi nutritivi contenuti nei diversi tipi di concimi aziendali. Anche se il foraggiamento influenza questi contenuti, i tenori riportati nella **tabella 39** sono stati determinati in modo tale da rendere necessarie delle correzioni soltanto in condizioni particolari (**tabella 36**). Ciò può ad esempio essere il caso in un'azienda biologica, laddove il foraggio grezzo presenti di regola contenuti di potassio che si scostano dai valori standard. Il metodo di preparazione dei concimi aziendali (**capitolo 11.2**) può avere un effetto non trascurabile sui loro tenori in elementi nutritivi.

Tabella 39 - Tenori medi indicativi in sostanza secca (SS), in sostanza organica (SO) e in elementi nutritivi dei concimi aziendali prodotti da diverse specie animali da reddito stabulati

Specie animale / tipo di concime aziendale	Tenori (in kg/m ³ di liquame non diluito e in kg/t di letame)										
	SS	SO	N _{tot} ³	N _{sol} ⁴	N _{disp} ⁵	P	P ₂ O ₅ ⁶	K	K ₂ O ⁷	Mg ⁶	Ca ⁶
Vacche da latte / bovini d'allevamento											
Liquame completo ¹	90	70	4,3	2,3	2,2-3,0	0,8	1,8	6,6	8,0	0,5	2,0
Liquame povero di sterco ¹	75	40	4,9	3,2	3,2-4,2	0,5	1,2	9,6	11,6	0,5	1,3
Letame di mucchio ²	190	150	4,9	0,8	1,0-2,0	1,4	3,2	5,5	6,6	0,8	3,7
Letame di stabulazione libera ²	210	175	5,3	1,3	1,3-2,5	1,0	2,2	9,0	10,8	0,7	2,7
Bovini da ingrasso											
Liquame completo ¹	90	65	4,3	2,3	2,2-3,0	0,7	1,7	4,3	5,2	0,7	1,3
Letame di stabulazione libera ²	210	155	5,4	1,3	1,3-2,5	1,0	2,3	7,4	8,9	0,9	2,3
Vitelli											
Letame di vitello ²	200	150	5,3	2,0	1,3-2,5	1,0	2,3	4,6	5,5	0,3	1,0
Cavalli											
Letame di cavallo, fresco ²	350	300	4,4	1,2	0,3-0,8	1,1	2,5	8,1	9,8	0,6	2,5
Letame di cavallo, maturo ²	350	240	6,8	0,7	0,7-1,8	2,2	5,0	16,2	19,5	1,3	5,0
Ovini / caprini											
Letame di pecora/capra ²	270	200	8,0	2,3	3,2-4,8	1,4	3,3	13,3	16,0	1,2	4,7
Suini											
Liquame suino, ingrasso ^{1,8}	50	36	6,0	4,2	3,0-4,2	1,7	3,8	3,7	4,4	0,6	1,3
Liquame suino, allevamento ^{1,9}	50	33	4,7	3,3	2,4-3,3	1,4	3,2	2,7	3,2	0,5	2,0
Letame suino ²	270	40	7,8	2,3	3,1-4,7	3,1	7,0	6,9	8,3	1,2	4,7
Volatili											
Escrementi di gallina (nastro per escrementi) ²	350	250	21	6,3	8,4-12,6	7,4	17	9,1	11	2,4	37
Letame di gallina (cassone per escrementi, allevamento al suolo) ²	500	330	27	7	11-16	13	30	16,6	20	4,3	65
Letame di pollastrella	500	430	30	9	12-18	11	26	12,5	15	3,1	14
Letame di pollo ^{2,10}	650	440	34	10	14 - 21	8,7	20	23,2	28	5,6	3,8
Letame di tacchino ²	600	400	28	7,5	12-18	10	23	10,8	13	6,0	12

1 Le quantità di liquame si riferiscono a liquami non diluiti. Le quantità d'acqua supplementari che possono giungere nella fossa per liquami devono essere definite mediante la **tabella 38**. Ad esempio: per una diluizione di 1:1,5 (una parte liquame : 1,5 parti d'acqua), la quantità non diluita è 1+1,5 parti d'acqua. La diluizione usuale è pari a 1:1. Applicando diluizioni maggiori prima della distribuzione in campo si possono ridurre in modo significativo le perdite d'azoto (ammoniacale), soprattutto d'estate.

2 Se non è specificato altrimenti, i valori si riferiscono a un livello di maturazione medio (**tabella 63**).

3 Azoto totale. Rispetto alle quantità di N riportate nella **tabella 35**, sono state dedotte le inevitabili perdite in stalla e durante lo stoccaggio (principalmente volatilizzazione dell'ammoniacale). L'ammontare delle perdite nel caso di animali che consumano foraggio grezzo (cavalli esclusi) è del 15% in stabulazione fissa e del 20% in stabulazione libera; del 10% per il letame di cavallo fresco e del 30% per il letame di cavallo ammucchiato; del 20% per i suini; del 30% per le galline ovaiole con nastro per escrementi e del 50% per quelle con cassone per escrementi; del 40% per i polli da ingrasso.

4 Azoto solubile (principalmente in forma ammoniacale). Immediatamente disponibile per la pianta, ma, nel contempo, a rischio di andar perso (volatilizzazione dell'ammoniacale, dilavamento e denitrificazione dei nitrati).

5 Azoto disponibile. Vedi definizioni e note della **tabella 63**.

- 6 I tenori vanno aumentati del 5-10% quando l'alimentazione minerale complementare (bovini) eccede il fabbisogno degli animali oppure quando il tenore del foraggio (soprattutto per suini e volatili) è più elevato di quello raccomandato dalle stazioni di ricerca agronomica.
- 7 Per animali che consumano foraggio grezzo. Dati validi per aziende il cui tenore medio in K del foraggio essiccato ammonta a 25-30 g/kg SS. Nelle aziende il cui foraggio essiccato ha un tenore medio in K di 20-25 g/kg SS, il potassio prodotto dagli animali che si nutrono principalmente di foraggi prativi diminuisce all'incirca del 15%. Per un tenore medio inferiore a 20 g K/kg SS, il tenore di potassio del concime aziendale diminuisce del 30%. Per i suini da ingrasso, le cui razioni contengono una forte proporzione di siero di latte, bietole e patate, questo tenore aumenta del 30%.
- 8 Il tenore in fosfato si basa su un tasso di 6 g di P/kg di foraggio (13,5 MJ EDS). Una variazione di 2 g di P/kg genera un aumento o una riduzione del 25%. Il tenore in azoto si basa su un tenore in proteina grezza di 170 g/kg di foraggio (13,5 MJ EDS). Una variazione della proteine grezza di 10 g/kg di foraggio genera un aumento o una riduzione dell'8% della produzione di N.
- 9 Si considerano anche le quantità di acqua consuete che vengono convogliate nella fossa per liquami dagli abbeveratoi a tettarella pendenti. In caso di forti perdite, la diluizione aumenta e il tenore in elementi nutritivi diminuisce di conseguenza. La produzione di P₂O₅ si basa su un tenore in P del foraggio di 5.7 g P/kg (88% SS, media ponderata di tutti i foraggi). Variazioni di 1 g di P/kg di foraggio comportano un aumento o una riduzione della quantità di P₂O₅ prodotta di circa il 20%.
- 10 Questi dati si applicano ai sistemi di produzione in uso, indipendentemente dalla durata del periodo d'ingrasso e dal tipo di animali.

11.2 Preparazione dei concimi aziendali

L'aerazione del liquame non presenta alcun vantaggio agronomico o ecologico di rilievo. Per ciò che concerne l'emissione di cattivi odori, questo processo presenta indubbi vantaggi rispetto allo stoccaggio anaerobico del liquame, pur dovendosi confrontare con i relativi costi d'installazione e di gestione. Qualora l'aerazione non avvenga in modo appropriato (frequenza troppo elevata e/o intensità eccessiva), le perdite d'azoto per volatilizzazione (emissioni di NH₃) sono inevitabili.

Gli additivi per il liquame sono molto diffusi sul mercato. Sovente, gli effetti positivi riscontrati sono difficili da verificare, in quanto spesso legati ad una manipolazione globale del liquame maggiormente accurata. L'opuscolo informativo dell'APF "Additifs pour les purins et les lisiers" fornisce una panoramica di gran parte dei prodotti disponibili sul mercato. La pubblicazione può essere ordinata presso l'Associazione per il promovimento della foraggicoltura (APF), c/o Agroscope Changins-Wädenswil, Casella postale 1012, 1260 Nyon 1.

La separazione del liquame è un processo meccanico che separa la frazione solida dei liquami (concime ad azione lenta, ricco in P) da quella liquida, che corrisponde a un liquame chiarificato e diluito (concime ad azione rapida, contenente principalmente elementi nutritivi solubili in acqua). Separando dal liquame completo le particelle solide più grosse, si migliorano le caratteristiche generali del liquame chiarificato. I suoi vantaggi, rispetto ad un liquame completo non separato sono i seguenti: riduzione del volume, nessuno strato solido galleggiante (di norma non è necessario miscelarlo prima di distribuirlo), nessun intasamento di tubi, botti, ecc., deflusso rapido dalla superficie delle foglie, migliore capacità d'infiltrazione nel suolo, emissioni di gas ridotte, migliore valorizzazione dell'azoto. Lo svantaggio di questa tecnica è che servono due zone di stoccaggio distinte e coperte; una per la fase liquida e una per quella solida.

La fermentazione anaerobica dei liquami consente di valorizzare i liquami a scopo energetico, tramite la produzione di biogas. Durante la fermentazione anaerobica, la sostanza organica si decompone, la sostanza secca diminuisce, il pH aumenta e il tenore di azoto organico diminuisce, facendo aumentare proporzionalmente la quota d'azoto ammoniacale. La diminuzione di sostanza secca fa aumentare la fluidità del liquame, favorendone la rapida infiltrazione nel suolo e riducendo il rischio di perdite di azoto sotto forma gassosa. Questo effetto viene però contrastato dall'aumento del pH e dell'azoto ammoniacale, che accresce il rischio di perdite di azoto per volatilizzazione, se lo stoccaggio e la distribuzione dei liquami sono inadeguati. L'aumento della proporzione di ammonio consente di stimare in modo più preciso la parte di azoto assimilabile dalle piante.

11.3 Disponibilità dell'azoto dei concimi aziendali

Ovunque i concimi aziendali vengano stoccati o utilizzati si verificano perdite di azoto, soprattutto sotto forma di ammoniaca (NH_3). Abitualmente, le perdite di azoto inevitabili che avvengono in stalla e durante lo stoccaggio si stimano pari al 15% circa per i bovini in stabulazione fissa e al 20% circa per quelli in stabulazione libera. Per i suini queste perdite toccano il 20% e per i volatili vanno dal 30 al 50% (**nota 3 della tabella 39**). Anche durante la distribuzione dei liquami o del letame si verificano perdite dovute alla volatilizzazione dell'ammoniaca. Inoltre, l'azoto organico contenuto in entrambi i tipi di concimi aziendali non è immediatamente disponibile per le piante. Questo azoto si integra nella sostanza organica del suolo e viene liberato e reso disponibile per le piante solo dopo un processo di decomposizione e di mineralizzazione che in parte si protrae per anni. Risulta così estremamente difficile stimare il momento e l'importanza della mineralizzazione. L'azoto disponibile (N_{disp}) presente nei concimi aziendali corrisponde alla quantità di azoto assimilabile dalle piante nell'arco di 3 anni, a condizione che i concimi aziendali siano gestiti in maniera ottimale. L'azoto disponibile è composto da una frazione solubile, disponibile per le piante a partire dalla distribuzione, e da una frazione disponibile a medio termine (entro 2-3 anni dalla distribuzione), dopo la mineralizzazione della sostanza organica. La **tabella 40** mostra le quote di azoto disponibile per le piante contenute nei diversi concimi aziendali, sia durante l'anno di distribuzione, sia sul medio periodo.

In foraggicoltura, si considerano i valori superiori, mentre in campicoltura si utilizzano quelli inferiori dell'intervallo indicato. Nei liquami, per stimare la percentuale d'azoto disponibile già durante l'anno di distribuzione, si può utilizzare il valore relativo all'azoto ammoniacale ivi contenuto. Questo può essere determinato in modo sufficientemente preciso con un test rapido. Nei concimi aziendali, la differenza tra azoto totale (N_{tot}) e azoto disponibile è immagazzinata a tempo indeterminato nel suolo, sotto forma di sostanza organica (humus).

Tabella 40 - Percentuale d'azoto disponibile a medio termine e durante l'anno di distribuzione in diversi tipi di concimi aziendali

Tipo di concime aziendale	Disponibilità dell'azoto a medio termine (% azoto totale) ¹	Disponibilità dell'azoto durante l'anno di distribuzione (% azoto totale) ²	
		Foraggicoltura	Campicoltura
Liquame (bovino)	50-70	55	45
Liquame (povero di sterco)	65-85	70	60
Letame di mucchio	20-40 ³	20	15
Letame di stabulazione libera	25-50 ³	25	20
Letame di cavallo	10-25 ³	15	10
Letame di pecora / capra	40-60 ³	40	30
Liquame suino	50-70	60	50
Letame suino	40-60 ³	4	35
Escrementi di ovaiole (nastro per escrementi)	40-60 ³	4	40
Letame di ovaiole (cassone per escrementi, allevamento al suolo)	40-60 ³	4	35
Letame di volatili (ingrasso, polli, tacchini)	40-60 ³	4	35

- 1 Questa quantità di azoto dovrebbe essere disponibile per le piante nelle condizioni pedologiche e climatiche medie riscontrabili in Svizzera e con una distribuzione ottimale. Essa comprende, sia la disponibilità a breve termine, sia l'effetto residuo negli anni successivi (**note N_{disp} , tabella 63**). Su parcelle che ricevono regolarmente concimi aziendali, questa disponibilità può essere utilizzata nel calcolo del piano di concimazione, così da considerare in modo semplice anche l'effetto residuo di distribuzioni effettuate precedentemente. Con apporti unici di letame, l'azoto disponibile può venir distribuito sull'arco di 2-3 anni. Questo modo di procedere non ha tuttavia alcun senso con il liquame. In foraggicoltura bisogna considerare i valori massimi, mentre in campicoltura i valori minimi dell'intervallo indicato. Se i concimi aziendali non vengono applicati al momento ottimale (nel tardo autunno, durante il riposo vegetativo, in condizioni atmosferiche o pedologiche sfavorevoli, ecc.), la valorizzazione dell'azoto può essere nettamente inferiore. Una buona parte dell'azoto, che non viene valorizzato va persa con il dilavamento, lo scorrimento superficiale o la volatilizzazione. Queste perdite sono nocive per l'ambiente e devono essere ridotte al minimo.
- 2 Con un impiego ottimale dei concimi aziendali e con poche perdite. L'azoto restante è mineralizzato negli anni seguenti. La mineralizzazione dipende fortemente dalle condizioni atmosferiche e pedologiche. La disponibilità può, a seconda del momento e della mineralizzazione, avere effetti agronomici e/o economici diversi (resa e qualità delle piante, perdite) (**nota N_{disp} , tabella 63**).
- 3 Nei suoli con un tasso d'argilla superiore al 30% si può contare al massimo sul valore inferiore dell'intervallo; in queste condizioni la disponibilità è spesso ancora più debole. Lo stesso dicasi per l'anno successivo alla distribuzione.
- 4 Non consigliato per i prati permanenti.

11.4 Utilizzo dei concimi aziendali

11.4.1 Epoca di distribuzione per liquami e letame

La produzione di liquami e di letame è continua. Il loro impiego è però limitato dal tipo e dal fabbisogno di elementi nutritivi della coltura, dal suo stadio di sviluppo e dalle condizioni pedoclimatiche locali (possibilità di entrare sulle parcelle con veicoli, rischi di perdite di elementi fertilizzanti, ecc.). Per distribuire in modo ottimale i concimi aziendali, è indispensabile disporre di una sufficiente capacità di stoccaggio (**tabella 41**), in modo da non dover spargere i concimi aziendali in epoche inadeguate o al di fuori del periodo vegetativo. La **figura 6** mostra quali siano i momenti dell'anno, dove è ragionevole e/o possibile utilizzare i concimi aziendali, in funzione di diverse colture.

Tabella 41 - Norme per la durata dello stoccaggio dei liquami e il calcolo della capienza della fossa

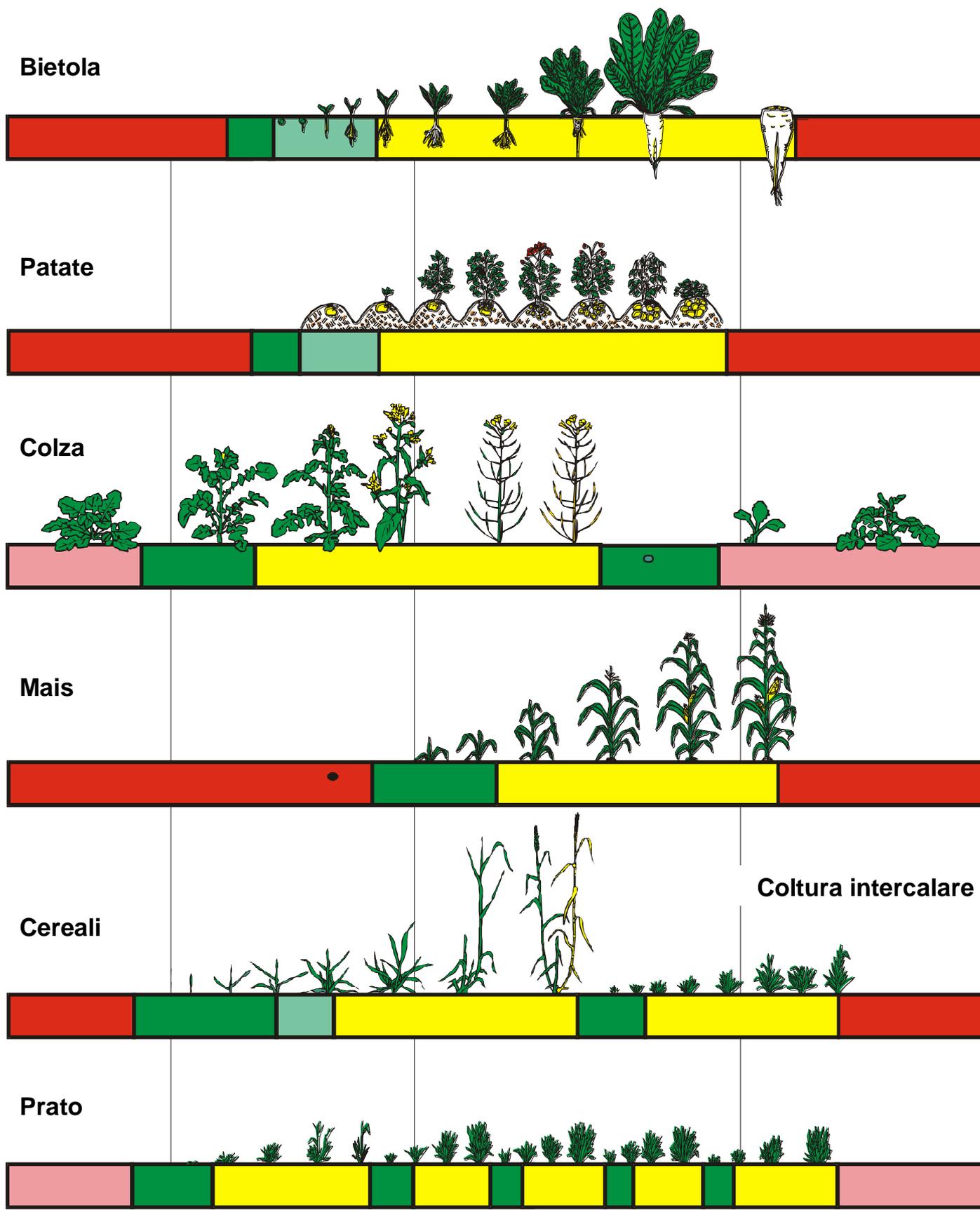
Durata del periodo vegetativo (secondo la carta delle attitudini climatiche)	Durata più frequentemente registrata, secondo il catasto della produzione animale	Durata dello stoccaggio in mesi ¹
A (> 210 giorni)	Zona campicola	3,0-5,0
B (190-210 giorni)	Zona campicola	3,5-5,0
C (180-190 giorni)	Zona collinare	4,0-5,0
D (170-180 giorni)	Zona di montagna I	4,5-5,5
E (150-170 giorni)	Zona di montagna II a IV	5,0-6,0
F (< 150 giorni)	Zona di montagna II a IV	6,0-7,0

¹ I dati si riferiscono alla durata minima dello stoccaggio dei liquami in aziende nelle quali sia possibile spargere i concimi aziendali liquidi su almeno il 25% della superficie agricola utile. Nelle aziende con una rotazione colturale semplice (mais, cereali) la durata minima dello stoccaggio è più lunga di quella che sarebbe richiesta dalla durata effettiva del periodo vegetativo, ma comunque non supera mai i 9 mesi.

11.4.2 Criteri per calcolare le dosi di concimi aziendali da distribuire

Il calcolo dei singoli apporti di concimi aziendali va finalizzato principalmente al fabbisogno di azoto e fosforo delle colture, al loro contenuto e alla loro disponibilità nei concimi aziendali. Singoli apporti di liquame di 20-30 m³/ha in foraggicoltura e di 30-50 m³/ha in campicoltura sono di regola appropriati. Esistono apparecchi di misurazione appositi, che consentono una stima rapida e sufficientemente precisa del tenore in ammonio nel liquame (p. es. Güllemax). Il rischio di perdite aumenta considerevolmente utilizzando concimi aziendali con tenori in azoto ammoniacale troppo alti, distribuendone dosi troppo elevate o applicando tecniche di distribuzione non appropriate (**tabella 53**). Per quanto concerne le dosi massima per ogni singolo apporto, vanno rispettati i limiti indicati nelle **tabelle 44 e 45**. Dopo la distribuzione di concimi aziendali, le quantità di potassio, magnesio e fosforo distribuite devono essere considerate nella concimazione di fondo successiva. Di principio si suppone che tutto il fosforo, il potassio e il magnesio abbiano un'efficacia completa già nell'anno di distribuzione. Le quantità di elementi nutritivi apportati con il liquame non dovrebbero superare in maniera significativa il fabbisogno delle colture, corretto in base alle analisi del suolo.

**Figura 6 - ►
Idoneità dei diversi periodi dell'anno per la
distribuzione di liquami su suoli assorbenti,
in funzione dello sviluppo delle colture
e del potenziale rischio ambientale
(le date vanno adattate alle condizioni
pedoclimatiche locali)**



gen.	feb.	mar.	apr.	mag.	giu.	lug.	ago.	sett.	ott.	nov.	dic.
------	------	------	------	------	------	------	------	-------	------	------	------

Distribuzione di liquami consigliata

- Epoca ideale, efficacia massima
- Epoca ideale, ma con possibili difficoltà tecniche

Distribuzione di liquami sconsigliata

- Pericoloso per l'ambiente (dilavamento dell'azoto)
- Mediamente pericoloso per l'ambiente
- Impossibile per ragioni tecniche

12 Concimi provenienti dal riciclaggio

Compost e digestati sono tipici concimi organici provenienti dal riciclaggio. Il compost è il risultato della decomposizione aerobica di materiali vegetali o animali, mentre i digestati sono i sottoprodotti della fermentazione anaerobica, con produzione di metano (metanizzazione o produzione di biogas).



I digestati possono essere liquidi o solidi. Provengono solitamente da impianti agricoli per la produzione di biogas e da impianti per il trattamento dei rifiuti (figura 7). Conformemente all'ordinanza sui concimi (articolo 5b OCon), il digestato si definisce liquido se il suo tenore in sostanza secca non supera il 12%. Il digestato liquido risultante dalla fermentazione anaerobica di fasi solide può, tuttavia, presentare un tenore in sostanza secca più elevato (tabella 42). Il digestato prodotto da impianti agricoli per la produzione di biogas è considerato un concime proveniente dal riciclaggio soltanto se la quota di materiale di origine non agricola supera del 20 e più per cento la quantità di concimi aziendali posta in fermentazione.

Figura 7 - Digestati di impianti agricoli (quota del materiale di origine non agricola superiore al 20% del totale di origine agricola) e industriali per la produzione di biogas



12.1 Tenori in elementi nutritivi nei concimi provenienti dal riciclaggio

Nei digestati e nel compost i tenori in elementi nutritivi possono variare considerevolmente, a seconda dei materiali di provenienza (tabella 42). Per tale motivo, è preferibile basarsi sui valori indicati nelle bollette di fornitura del prodotto (se disponibili), piuttosto che sui valori indicativi riportati nella tabella 42. Gli apporti di questi concimi devono essere calcolati, tenendo conto del fabbisogno delle piante in elementi nutritivi, dell'efficacia del prodotto in questione, dell'effetto residuo di apporti precedenti e del livello di fertilità del suolo. I controlli di "routine" garantiscono che i concimi provenienti dal riciclaggio utilizzati in agricoltura abbiano un basso contenuto di sostanze inquinanti.

12.2 Indicazioni per l'utilizzo dei digestati

Digestato liquido proveniente da impianti agricoli per la produzione di biogas: il digestato risultante da una fermentazione anaerobica presenta caratteristiche diverse dal liquame non fermentato. Occorre pertanto tenerne conto durante la sua distribuzione in campo. Il tenore in sostanza secca e la viscosità del digestato sono ridotti dalla fermentazione. Il digestato liquido è più fluido del liquame non fermentato e può quindi penetrare più rapidamente nel suolo. Una volta terminato il processo di degradazione della sostanza organica del materiale iniziale (metanizzazione), una parte dell'azoto legato alla sostanza organica è mineralizzato (azoto ammoniacale) e diventa disponibile per le piante. La fermentazione anaerobica fa dunque diminuire il tenore in azoto legato alla sostanza organica del digestato e aumentare quello in azoto ammoniacale. Ciò comporta pure un incremento del pH visto che una parte dell'azoto legato alla sostanza organica viene trasformato in carbonato d'ammonio. Questo aumento di concentrazione dell'azoto ammoniacale e del pH comporta un aumento dei rischi di perdite di ammoniaca durante lo stoccaggio e la distribuzione. Di conseguenza occorre:

- distribuire il digestato liquido avvalendosi di una tecnica appropriata (p. es. barra di distribuzione, dotata di tubi flessibili trainati), onde evitare perdite di fertilizzanti e altre emissioni;
- incorporarlo immediatamente nel suolo, in caso di suoli privi di copertura;
- procedere alla sua distribuzione soltanto con condizioni meteorologiche adeguate (tempo fresco e umido).

Digestato liquido proveniente da impianti industriali per la produzione di biogas: a causa del loro tenore elevato in azoto solubile (tabella 42), le prescrizioni d'impiego sono analoghe a quelle appena viste per il digestato prodotto negli impianti agricoli.

Digestato solido: può essere distribuito tal quale, miscelato con del compost o compostato a sua volta.

Tabella 42 - Tenori (valori medi, minimi e massimi) in sostanza secca (SS), sostanza organica (SO) ed elementi nutritivi dei concimi provenienti dal riciclaggio

	Concimi provenienti dal riciclaggio			
	Digestato solido ¹ (IMI) ³	Digestato liquido ¹ (IMI) ³	Compost ²	Calce d'Aarberg
	kg per t di sostanza fresca			
SS	490	130	510	700
min	290	50	220	
max	820	230	930	
n ⁴	197	106	1041	
SO	235	61	214	110
min	44	47	46	
max	368	77	480	
n	197	106	1041	
N_{tot}	6	4	7	
min	2	2	2	
max	14	8	15	
n	197	106	1039	
N_{sol}⁵	0,3	2	0,3	
min	0,005	1	0,01	
max	2,5	5	3	
n	197	82	362	
N_{disp} (% N_{tot})	6	6	5-10	70-80
P (P₂O₅)	1,3 (3)	0,9 (2)	1,3 (3)	4,8 (11)
min	0,4 (1)	0,4 (1)	0,4 (1)	
max	3,5 (8)	1,7 (4)	6,5 (15)	
n	197	106	1038	
K (K₂O)	4,2 (5)	3,3 (4)	4,2 (5)	
min	1,7 (2)	0,8 (1)	1,7 (2)	
max	12,5 (15)	6,6 (8)	14 (17)	
n	197	106	1038	
Mg	3	1	3	6
min	1	0,5	0,5	
max	7	2	10	
n	197	106	1038	
Ca	25	5	25	220
min	11	3	7	
max	80	11	28	
n	197	106	943	
Salinità (mS/cm)⁷	3	12	3	
min	0,6	7	0,6	
max	8	30	8	
n	197	82	481	

- Attualmente non è possibile indicare dei valori, perché si dispone di un'insufficiente quantità di dati sui digestati (sia liquidi, sia solidi) prodotti da impianti agricoli per la produzione di biogas.
- Compost di rifiuti biogeni (rifiuti organici da giardino e prodotti dalle economie domestiche). Mediana dei valori riferiti a diverse preparazioni (compost fresco, compost maturo, compost preparato al limite del campo, ecc.) Peso specifico: 500-800 kg/m³.
- Impianti industriali per la produzione di biogas.
- Numero di campioni analizzati.
- Azoto immediatamente disponibile per le piante (ammonio e nitrati).
- I risultati delle prove svolte in pieno campo non sono sufficienti per fornire un'indicazione valida sulla disponibilità media di azoto dei digestati (sia liquidi, sia solidi). Si parte dal presupposto che nell'anno della distribuzione, la disponibilità di azoto del digestato d'impianti agricoli per la produzione di biogas corrisponda almeno a quella dei concimi aziendali (**tabella 40**). Considerato che il tenore in azoto ammoniacale aumenta durante il processo di fermentazione e che il rapporto C:N diminuisce, è possibile che il coefficiente d'utilizzo dell'azoto nell'anno di distribuzione superi quello dei concimi aziendali, i quali non hanno subito la metanizzazione, se la tecnica di distribuzione utilizzata è ottimale (p. es. barra di distribuzione dotata di tubi flessibili trainati).
- Salinità < 1: debole, nessun danno per le piante; da 1 a 2: normale, nessun danno per le piante; da 2 a 4: da leggera a media, eventuali danni per piante sensibili; > 4: elevata, danni su numerose specie di piante. Se la salinità è superiore a 2 mS/cm, si raccomanda di non applicare il prodotto su giovani colture potenzialmente sensibili (p. es. mais, patate, fagiolini verdi, piselli, trifoglio violetto e tabacco).

12.3 Restrizioni legali concernenti la distribuzione di concimi provenienti dal riciclaggio

Se li si utilizza come concimi, ogni tre anni è possibile distribuire al massimo 25 t/ha di compost o di digestato solido (secondo il tenore in sostanza secca) oppure 200 m³ di digestato liquido, a condizione di non superare il fabbisogno delle piante in N e P. Su un periodo di dieci anni, è possibile distribuire al massimo 100 tonnellate di compost o di digestato solido (secondo il tenore in sostanza secca), in qualità di ammendante, di substrato, di prodotto per la rimessa in coltivazione, di terriccio artificiale o come protezione contro l'erosione (ORRPChim, allegato 2.6).

13 Nutrizione delle piante in agricoltura biologica

Uno dei principi dell'agricoltura biologica consiste nel chiudere nel miglior modo possibile il ciclo aziendale degli elementi nutritivi. Così facendo, la produzione agricola si basa essenzialmente sul riciclaggio degli elementi nutritivi, preservando le risorse naturali. Gli apporti di elementi nutritivi e il carico di bestiame, adattato alla produttività del luogo, sono generalmente inferiori a quelli delle aziende convenzionali. Mediante provvedimenti colturali mirati, si vuole ottimizzare la produzione vegetale migliorando le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo. In agricoltura biologica, un apporto regolare di concime organico (concime aziendale, compost, residui vegetali, ecc.) rafforza le potenzialità organiche del suolo e ne aumenta le risorse naturali (azoto, fosforo, ecc.). Per evitare di sovraccaricare l'ambiente, le perdite di elementi nutritivi nell'atmosfera e nelle acque di superficie o sotterranee sono ridotte al minimo. In agricoltura biologica, l'accento è posto sulla ricerca di soluzioni aziendali a lungo termine. A tal fine, la rotazione colturale e la gestione dei concimi svolgono un ruolo importante.

13.1 Concimazione azotata

L'azoto gioca un ruolo di primo piano nella produzione vegetale. Una sua carenza comporta una diminuzione certa della resa. In caso di rinuncia a concimi azotati di sintesi, occorre utilizzare concimi organici, approfittare della fissazione biologica dell'azoto atmosferico (N₂) da parte delle leguminose e valorizzare le sostanze organiche presenti nel suolo. Va inoltre considerato, che una quantità non indifferente di azoto è fornita dall'atmosfera. In agricoltura biologica, le diverse forme d'azoto minerale presenti nel suolo sono solitamente di limitata entità ed importanza. L'approvvigionamento delle piante viene di solito assicurato partendo dalle varie forme di azoto organico del suolo. Affinché l'azoto legato alla materia organica del suolo possa essere assimilato dalle piante deve prima essere mineralizzato dai microrganismi tellurici, che lo trasformano in ammonio o nitrati. Il grado di mineralizzazione dell'azoto dipende dall'attività microbica nel suolo che, a sua volta, è influenzata dalla disponibilità d'acqua, ossigeno, temperatura sufficiente e sostanza organica.



Disponibilità di azoto

A dipendenza della rotazione colturale scelta, è possibile che vi siano momenti in cui la disponibilità di azoto nel suolo sia più o meno elevata. Per esempio, dopo l'aratura di un prato temporaneo o di un campo coltivato a leguminose da granella si liberano quantità di azoto minerale relativamente elevate. Questa disponibilità diminuisce man mano che ci si allontana temporalmente dall'aratura. Onde sfruttare al massimo la disponibilità di azoto nel suolo, si consiglia di seminare colture esigenti in azoto (p. es. patate o frumento autunnale) direttamente dopo una leguminosa e di prevedere la messa a dimora di colture meno esigenti verso la fine della rotazione. L'avvicendamento colturale non influenza soltanto la disponibilità di azoto, bensì anche la struttura del suolo (aerazione, capacità di assorbimento dell'acqua), la quale agisce sull'attività microbica responsabile della mineralizzazione e dell'immobilizzazione degli elementi nutritivi.

Il tenore in azoto dei concimi aziendali e la disponibilità di tale elemento possono variare considerevolmente a dipendenza del tipo di bestiame, della composizione del foraggio, del sistema di stabulazione e del tipo di stoccaggio dei concimi stessi. È difficile valutare il momento esatto in cui l'azoto dei concimi aziendali viene mineralizzato e messo a disposizione delle piante. Ne consegue che, spesso la disponibilità di azoto non è sincronizzata con le reali esigenze delle piante. La sfida maggiore nell'utilizzo di concimi aziendali è proprio quella di riuscire a sincronizzare la liberazione dell'azoto con le esigenze delle colture, onde valorizzare nel miglior modo possibile l'azoto disponibile. Alla luce di tali elementi, l'impiego di concimi aziendali deve essere pianificato e mirato. Generalmente, la quantità di azoto disponibile nei concimi aziendali non è sufficiente per coprire il fabbisogno di azoto delle colture. L'inserimento delle leguminose nella rotazione colturale e l'incorporazione di residui colturali nel suolo rappresentano fonti d'azoto supplementari, essenziali per chi sceglie di praticare l'agricoltura biologica.

Fissazione simbiotica dell'azoto atmosferico (N₂)

La fissazione simbiotica dell'azoto atmosferico è garantita dalla simbiosi tra le leguminose e i batteri che abitano i noduli presenti sulle loro radici. Dopo l'aratura di un prato temporaneo per esempio, l'azoto fissato dalle leguminose della cotica erbosa diventa disponibile per la coltura successiva, grazie alla mineralizzazione dell'azoto dei residui colturali da parte dei microrganismi tellurici. Il potenziale di fissazione simbiotica dell'azoto delle diverse leguminose da prato varia considerevolmente e dipende da numerosi fattori come ad esempio: la specie, l'età del prato temporaneo, la quantità di azoto disponibile nel suolo, il clima, eccetera. La capacità delle miscele foraggere a base di trifoglio e graminacee di fissare azoto nella loro biomassa aerea può raggiungere i 250 kg di N per ettaro e anno. Per le leguminose da granella questa capacità varia da 120 a 240 kg di N per ettaro e anno, in condizioni di crescita ottimali.

Residui colturali

Anche i residui colturali costituiscono un'importante fonte d'azoto per la coltura successiva. Considerando la quantità e la qualità dei residui colturali, dal 5 al 20% dell'azoto che contengono può andare a beneficio della coltura che segue. L'incorporazione nel suolo di residui ricchi d'azoto e aventi un rapporto C:N basso ne accelera la mineralizzazione e determina un rapido incremento della quantità di azoto minerale disponibile nel suolo. Se vengono interrati residui poveri di azoto e con un rapporto C:N elevato (paglia di cereali), la mineralizzazione dell'azoto avviene invece lentamente, mentre nei casi più sfavorevoli richiede addirittura parte dell'azoto minerale presente nel suolo, il quale viene temporaneamente immobilizzato nella sostanza organica.

13.2 Concimazione fosfo-potassica

La maggior parte del fosforo e del potassio prelevati dalle piante vengono reintegrati nel suolo, sia tramite i concimi organici (concimi aziendali, residui colturali, compost), sia attraverso il prelievo naturale delle piante dalle riserve del suolo. Nei suoli ritenuti poco o mediamente dotati di P e K (aziende prive di bestiame), questi elementi possono essere forniti mediante concimi autorizzati (vedi la lista dei mezzi di produzione autorizzati dall'IRAB).

Regolari analisi del suolo consentono di appurare lo stato di fertilità del suolo e d'individuare per tempo l'eventuale diminuzione. La trasformazione degli elementi nutritivi nel suolo è opera dei microrganismi in esso contenuti, delle radici delle piante e di processi pedochimici lenti. Per tale motivo, nella rotazione colturale delle aziende biologiche i concimi contenenti P e K acquistati sul mercato non sono applicati in funzione delle colture presenti, ma vengono preferibilmente distribuiti sulle leguminose. Queste piante hanno, da un lato un fabbisogno elevato di P e, dall'altro, la facoltà di prelevare relativamente bene P e K presenti nel suolo sotto forma poco solubile.

14

Concimazione e ambiente



14 Concimazione e ambiente

14.1 La concimazione fa parte del ciclo degli elementi nutritivi

Con la concimazione vengono restituiti al suolo gli elementi nutritivi prelevati dalle piante coltivate. In molte aziende, gran parte delle restituzioni di elementi nutritivi avviene grazie ai concimi aziendali (liquami e letame) e ai residui colturali. Gli elementi nutritivi provenienti dall'esterno dell'azienda (concimi organici e minerali) vengono utilizzati per coprire eventuali deficit tra il fabbisogno delle colture e gli apporti interni all'azienda. Per evitare perdite inquinanti e preservare a lungo termine la fertilità del suolo, occorre che le quantità di nutrienti in entrata e in uscita dal ciclo degli elementi nutritivi (figura. 1) tendano all'equilibrio. Per questo motivo, l'effettivo del bestiame presente in azienda, quindi la sua produzione di concimi aziendali, viene definito in base al fabbisogno delle colture, al livello di fertilità del suolo ed all'intensità di gestione permessa dalle condizioni pedoclimatiche locali. Nelle aziende di pianura a gestione intensiva si possono valorizzare quantità maggiori di elementi nutritivi rispetto a quanto è possibile fare in aziende di montagna. Di conseguenza, il carico di bestiame per unità di superficie delle prime può essere più elevato.

14.2 Idoneità dei diversi concimi a integrarsi in una concimazione mirata, economica e rispettosa dell'ambiente

A dipendenza delle proprie caratteristiche, ogni tipo di concime presenta un diverso rischio potenziale per l'ambiente (tabella 43). Di diversa entità sono anche le spese da sostenere per stoccare e distribuire i concimi, tenendo conto del loro potenziale inquinante. I concimi aziendali e quelli provenienti dal riciclaggio rappresentano un carico potenziale per l'ambiente piuttosto elevato. Dal momento che qualsiasi forma di produzione animale genera concimi aziendali, il modo più logico e vantaggioso per salvaguardare l'ambiente è quello di utilizzarli direttamente in azienda per sostenere la produzione vegetale. La loro valorizzazione deve essere fatta mettendo in pratica tutte le misure possibili per gestirli in modo ecologico (tenori ottimali di elementi nutritivi nei foraggi, stoccaggio, epoca e tecnica di distribuzione).

Tabella 43 - Rischi potenziali per l'ambiente rappresentati da diversi tipi di concime e costi correlati alla riduzione del loro carico ambientale per suolo, acqua e aria

In questa tabella, la fossa per i liquami, il cumulo di letame e l'azienda costituiscono i limiti del sistema. Non si è tenuto conto dei rischi potenziali per l'ambiente rappresentati dai concimi aziendali nelle stalle e dai concimi minerali e provenienti dal riciclaggio, durante la loro fabbricazione e il loro trasporto. Si parte dal principio che tutti i concimi siano impiegati in modo ottimale, per quanto riguarda la quantità e l'epoca di distribuzione.

Tipo di concime	Carico potenziale per...				Criteri tecnici ed economici		
	Falda freatica ¹	Acque superficiali ²	Aria ³	Suolo ⁴	Costi correlati allo stoccaggio e alla manutenzione	Costi correlati a una precisa distribuzione	Costi e limiti correlati a una distribuzione rispettosa dell'ambiente ⁷
Liquami	3	3	3	3	3	3	3
Letame	3	2	2	2	2	2	3
Digestato liquido ⁵	3	3	3	3	2	3	3
Compost	2	2	2	2	1	2	2
Concime minerale N ⁶	2	1	2	1	1	2	2
Concime minerale P ⁶	1	1	0	2	1	2	1
Concime minerale K ⁶	2	1	0	1	1	2	1
Concime minerale Mg ⁶	1	1	0	1	1	2	1
Concime minerale S ⁶	2	1	0	1	1	2	1

0 = nessun carico, 1 = carico relativamente basso, 2 = carico medio, 3 = carico relativamente elevato.

1 Carico in nitrati, cloruri, solfati, ecc.; agenti patogeni.

2 Carico in fosforo e azoto; agenti patogeni.

3 Ammoniaca, gas esilarante (ossidi d'azoto) e metano.

4 Sostanze nocive e compattamento.

⁵ Digestato proveniente da impianti per la produzione di biogas agricoli e industriali

⁶ I carichi correlati alla fabbricazione e al trasporto in azienda non sono considerati.

⁷ Investimenti (edifici, macchine) e ore di lavoro necessarie.

In quest'ottica, non sono tanto i concimi aziendali come tali a mettere potenzialmente a repentaglio l'ambiente, bensì le quantità distribuite. Se la produzione di concimi aziendali per unità di superficie aumenta, il carico ambientale aumenta a sua volta più che proporzionalmente. Il carico di bestiame, presente in azienda deve essere adattato alla produzione foraggera dell'azienda stessa. Il carico massimo di concime aziendale per ettaro di superficie coltivata non dovrebbe superare la produzione di 1 UBG (oppure la produzione equivalente di N e/o P di un'altra categoria di animali). Sulle superfici foraggere sfruttate in modo intensivo e mediamente intensivo questo valore si situa attorno a 2 UBG (varia secondo il potenziale produttivo locale). Questi valori si applicano alle regioni di pianura e diminuiscono man mano che aumenta l'altitudine.

14.3 Misure volte a evitare perdite di elementi nutritivi

Le perdite di elementi nutritivi sono inquinanti e rappresentano un costo netto per l'agricoltore. Le principali forme di perdite provengono da: dilavamento, percolazione, scorrimento superficiale e volatilizzazione. Tutte queste perdite, pericolose per l'ambiente, sono riscontrabili anche su superfici non coltivate.

Tabella 44 - Misure volte a evitare le perdite per dilavamento e percolazione

Parametri	Condizioni	Rischio di perdite per dilavamento e percolazione; massimo carico sopportabile in concimi liquidi	Raccomandazioni concernenti la distribuzione di concimi liquidi; dose massima per apporto ¹
Condizioni meteorologiche	Precipitazioni intense e/o persistenti	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione
Porosità del suolo	a. Classificazione e forma dei pori: – permeabilità elevata, pori grossolani, suolo fessurato, drenaggi artificiali – permeabilità limitata, pori fini, ristagno idrico frequente – permeabilità normale, pori medi b. Ritenzione idrica: – suoli senza capacità di ritenzione, saturi d'acqua – suoli con capacità di ritenzione media, possibilità di assorbire 3-5 mm di liquidi – suoli con buona capacità di ritenzione, possibilità di assorbire più di 5 mm di liquidi	Elevato; carico da basso a non sopportabile Medio; carico ridotto Basso; carico normale Molto elevato; nessun carico sopportabile Medio; carico ridotto Basso; carico normale	Fino a 25 m ³ /ha Fino a 40 m ³ /ha Fino a 60 m ³ /ha ¹ Evitare la distribuzione Fino a 40 m ³ /ha Fino a 60 m ³ /ha ¹
Profondità fisiologica utile del suolo	a. Profondità da insufficiente a scarsa (inferiore a 30 cm) b. Profondità sufficiente (da 30 a 50 cm) c. Profondità da buona a molto buona (superiore a 50 cm)	Elevato; carico basso Medio; carico ridotto Basso; carico normale	Fino a 25 m ³ /ha Fino a 40 m ³ /ha Fino a 60 m ³ /ha ¹
Capacità di ritenzione degli elementi nutritivi nel suolo	a. Suoli con scarsa capacità di ritenzione: – contenuto di humus < 2% – contenuto di argilla < 10% b. Suoli con ridotta capacità di ritenzione: – contenuto di humus < 5% – contenuto di argilla > 30% c. Suoli con buona capacità di ritenzione: – contenuto di humus da 2 a 10% – contenuto di argilla da 10 a 30%	Elevato; carico basso Medio; carico ridotto Basso; carico normale	Fino a 25 m ³ /ha Fino a 40 m ³ /ha Fino a 60 m ³ /ha ¹
Copertura del suolo	a. Fabbisogno di elementi nutritivi immediato o a breve termine b. Fabbisogno di elementi nutritivi inesistente: – Colture erbacee da pieno campo – Prati e pascoli	Basso; carico normale Molto elevato; carico non sopportabile Elevato; carico basso	Apporti adatti alla situazione Evitare la distribuzione Fino a 25 m ³ /ha

¹ Visto il fabbisogno delle piante, queste quantità sono troppo elevate e devono essere ridotte, soprattutto in foraggicoltura.

Perdite di azoto provenienti dal sistema suolo-pianta possono provenire anche dalla denitrificazione (alcuni microrganismi utilizzano l'azoto del nitrato come accettore di elettroni per ottenere energia in assenza di ossigeno). In questo processo i nitrati vengono trasformati in sostanze azotate gassose (**paragrafo 7.1**).

Il rischio di perdite aumenta se la concimazione è inadeguata. Tale rischio può essere ridotto prevedendo una capacità di stoccaggio sufficiente per i concimi aziendali (**tabella 41**), che consenta di distribuire liquami e letame al momento opportuno.

14.3.1 Dilavamento e percolazione

Entrambi questi fenomeni sono responsabili del trasporto degli elementi nutritivi in profondità (fuori dalla portata delle radici) e pregiudicano la qualità dell'acqua di falda. Nel caso del dilavamento, le sostanze nutritive solubili (azoto nitrico, magnesio, calcio, zolfo, ecc.) vengono trasportate verso il basso dall'acqua che attraversa il suolo, mentre la percolazione diretta di concimi liquidi si ha in determinate condizioni del suolo. L'applicazione di tecniche colturali adeguate permette di ridurre considerevolmente il rischio di perdite per dilavamento e percolazione (**tabella 44**).

14.3.2 Scorrimento superficiale

I concimi presenti sulla superficie del suolo possono venir trascinati via dall'acqua piovana che non riesce a penetrare nel suolo. In questo modo, gli elementi nutritivi dei concimi possono inquinare le acque di superficie (eutrofizzazione, moria di pesci, ecc.). I concimi liquidi utilizzati in modo scorretto e/o con condizioni pedoclimatiche sfavorevoli, possono scorrere direttamente sulla superficie del suolo. La **tabella 45** mostra quali precauzioni occorre prendere per prevenire questi rischi.

Tabella 45 - Misure volte a evitare le perdite per scorrimento superficiale

Parametri	Condizioni	Rischio di perdite per scorrimento superficiale; massimo carico sopportabile in concimi liquidi	Raccomandazioni concernenti la distribuzione di concimi liquidi; dose massima per apporto
Condizioni meteorologiche	Piogge persistenti e/o temporali imminenti	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione
Porosità del suolo	a. Suolo senza copertura:		
	– capacità d'infiltrazione ridotta (compattamento, crosta superficiale, pori sup. ostruiti, saturazione idrica, gelo importante, superficie impermeabile)	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione
	– buona capacità d'infiltrazione (terra smossa, asciutta, suolo con superficie rugosa)	Da medio a basso; carico da ridotto a normale	Fino a 60 m ³ /ha ¹
	b. Suolo con copertura:		
	– capacità d'infiltrazione ridotta (compattamento, crosta superficiale, pori sup. ostruiti, saturazione idrica, gelo importante, superficie impermeabile)	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione
	– buona capacità d'infiltrazione (terra smossa, asciutta, suolo con superficie rugosa)	Medio; carico normale	Fino a 60 m ³ /ha ¹
c. Manto nevoso			
– neve asciutta e fredda	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione	
– neve in fusione	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione	
Condizioni topografiche	Declività fino al 18%	Basso; carico normale	Fino a 60 m ³ /ha ¹
	Declività dal 19 al 35%	Medio; carico ridotto	Fino a 40 m ³ /ha
	Declività dal 36 al 50%	Elevato; carico basso	Fino a 25 m ³ /ha
	Declività di oltre il 50%	Molto elevato; nessun carico sopportabile	Evitare la distribuzione

¹ Visto il fabbisogno delle piante, queste quantità sono troppo elevate e devono essere ridotte, soprattutto in foraggicoltura.

14.3.3 Volatilizzazione dell'ammoniaca

L'ammoniaca (NH₃) di origine agricola si forma partendo dallo ione ammonio (NH₄⁺), per poi volatilizzarsi parzialmente nell'atmosfera, sotto forma di gas. In un secondo tempo, la maggior parte dell'ammoniaca gassosa si deposita sulla superficie del suolo. Nell'atmosfera, questa molecola favorisce diversi processi indesiderati, mentre quando raggiunge il suolo può danneggiare alcuni ecosistemi sensibili (sovracconcimazione, acidificazione).

La riduzione delle perdite di ammoniaca per volatilizzazione va a vantaggio dell'azienda agricola, in quanto le restano maggiori quantità di azoto disponibile per le piante. Per contenere le perdite di ammoniaca in stalla e durante lo stoccaggio dei concimi aziendali occorre ridurre le superfici sporche, pulirle regolarmente e coprire le fosse per i liquami.

Le perdite maggiori di ammoniaca per volatilizzazione intervengono dopo la distribuzione dei concimi aziendali. Misure semplici per ridurre tali perdite sono riassunte nella **tabella 46**. Con le dovute premesse, è possibile ridurre considerevolmente le perdite, utilizzando adeguate tecniche di distribuzione (barra dotata di tubi flessibili trainati, assolcatori che interrano il liquame, ecc.).

Tabella 46 - Parametri che influiscono sulla volatilizzazione dell'ammoniaca e misure volte a ridurla

Parametri	Condizioni	Rischio	Misure volte a ridurre le perdite di ammoniaca	
			Liquami e/o digestati liquidi	Letame e digestati solidi
Condizioni meteorologi-che	Temperatura dell'aria elevata, aria secca, vento Fresco, umido, senza vento Pioggia durante la distribuzione	Elevato Medio Basso	Distribuire nei giorni freschi e umidi; nel tardo pomeriggio o la sera; immediatamente prima o durante una leggera pioggia (attenzione allo scorrimento superficiale)	Distribuire nei giorni freschi e umidi; immediatamente prima o durante una leggera pioggia (attenzione allo scorrimento superficiale)
Grado di diluizione dei liquami	Non diluito Mediamente diluito (fino a 1:1) ¹ Fortemente diluito (fino a 1:2) ¹	Elevato Medio Basso	Liquame bovino: diluire almeno 1:1, meglio 1:2 ¹ Liquame bovino povero di sterco, liquame suino: diluire almeno 1:2, meglio 1:3 ¹	
Stato del suolo	Superficie del suolo satura d'acqua, disseccata, compattata, con pori superiori ostruiti, presenza di crosta superficiale. Suolo umido, con buona capacità di assorbimento	Elevato Da basso a medio	Distribuire solo su suoli con buona capacità di assorbimento	
Copertura del suolo in campicoltura	Copertura con paglia trinciata, strato di pacciamatura naturale, residui vegetali (semina diretta) Copertura vegetale fitta Suolo senza copertura vegetale	Elevato Da medio a elevato Medio	Rottura delle stoppie con iniezione simultanea (botte per liquame con dispositivo d'incorporazione) oppure precedente la liquamazione Apporto di liquame nel mais dopo sarchiatura dell'interfila Diluire sufficientemente il liquame	
Tecnica di distribuzione	Distribuzione su tutta la superficie Distribuzione localizzata ³ Incorporazione nel suolo ^{2,3}	Elevato Medio Basso	Barra dotata di tubi flessibili trainati, distributori localizzati, iniezione profonda, distribuzione con incorporazione simultanea	Incorporare immediatamente (nelle prime ore dopo l'applicazione), mediante aratro o coltivatore

1 Parte di liquame : parte d'acqua.

2 Nessuna diluizione particolare.

3 Soltanto per il liquame.

14.4 Conseguenze della sovraconcimazione

Se nell'arco di diversi anni un elemento nutritivo viene fornito in quantità superiore rispetto ai prelievi delle piante, si accumula nel suolo, raggiunge le acque e/o l'atmosfera. Un elevato arricchimento può avere diverse conseguenze negative: squilibrio tra gli elementi nutritivi del suolo, tenori eccessivi nelle piante (p. es. nitrati o potassio) con conseguente minaccia per la salute di animali e uomini, modifica della composizione botanica dei prati (invasione di malerbe, calo della biodiversità, ecc.), aumento del rischio di perdite di elementi nutritivi, eccetera.

14.5 Sostanze nocive e agenti patogeni

Con la concimazione possono accumularsi nel suolo anche delle **sostanze nocive**, tra le quali bisogna prestare particolare attenzione ai metalli pesanti. Queste sostanze non derivano solo da concimi provenienti dal riciclaggio, ma anche da alcuni concimi aziendali (rame e zinco nel liquame suino) e minerali (cadmio nei concimi fosforici). Le prescrizioni contenute nell'Ordinanza sui concimi (OCon; RS 916.171) e nell'Ordinanza sul libro dei concimi (OLCon; RS 916.171.1), nonché i valori limite per le sostanze nocive riportati nell'allegato 2.6 dell'Ordinanza sulla riduzione dei rischi inerenti ai prodotti chimici (ORRPChim; RS 814.81), hanno lo scopo di ridurre al minimo il carico per suolo e raccolti causato da sostanze nocive provenienti dai concimi. Vi sono tuttora poche informazioni sull'effetto dell'accumulo nel suolo di inquinanti organici e sostanze simili agli ormoni. Questi inquinanti derivano in parte dai concimi provenienti dal riciclaggio.

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

14.6 Riassunto delle raccomandazioni per concimare rispettando l'ambiente

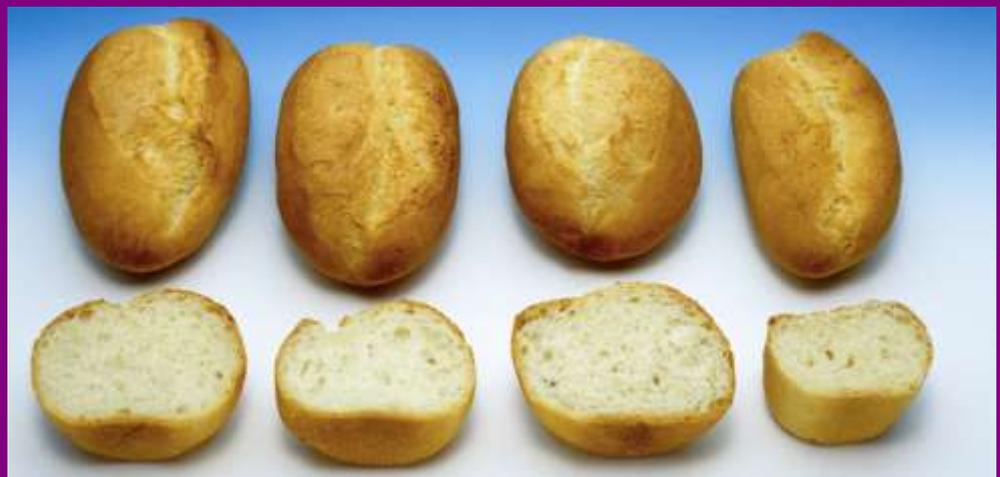
Una concimazione mirata e rispettosa dell'ambiente garantisce la salvaguardia (a lungo termine) della fertilità del suolo, riduce le perdite di elementi nutritivi e i costi di concimazione e contribuisce a preservare la qualità delle acque di superficie, della falda freatica e dell'aria. Tuttavia, è spesso difficile concimare rispettando tutte le condizioni che consentono di proteggere l'ambiente. È compito di ogni agricoltore (sulla base delle proprie esperienze, con l'aiuto della consulenza e con l'ausilio dei mezzi disponibili) organizzare la concimazione in modo che sia adattata al fabbisogno delle piante, che tenga conto delle condizioni pedoclimatiche locali e che sia eseguita al momento giusto. Occorre altresì sottolineare che determinate misure, volte a ridurre le potenziali perdite (p. es. la volatilizzazione dell'ammoniaca), possono favorire altre (p. es. il dilavamento dei nitrati).

Principali misure di salvaguardia dell'ambiente

- Adattare il carico di bestiame alla situazione locale e al fabbisogno in elementi nutritivi delle colture.
- Pianificare accuratamente la concimazione (piano di concimazione), tenendo conto della rotazione colturale e dei risultati delle analisi del suolo.
- Utilizzare in maniera mirata gli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali; impiegare gli elementi nutritivi di origine extra-aziendale (concimi aziendali di terzi, concimi provenienti dal riciclaggio, concimi minerali) unicamente per integrare il fabbisogno non coperto dai concimi aziendali.
- Evitare gli apporti di concimi al di fuori del periodo vegetativo (prevedere sufficiente spazio per lo stoccaggio di letame e liquami).
- Distribuire i concimi unicamente quando il suolo è in grado di assorbirli (non su suoli saturi d'acqua, fortemente compattati, infangati, coperti di neve o gelati); prestare particolare attenzione ai suoli dotati di drenaggi.
- Adattare il tipo di concime, la dose e il momento dell'applicazione al fabbisogno delle piante, alle caratteristiche del suolo nonché alle condizioni locali e meteorologiche.
- Distribuire liquami e letame con tempo fresco e in giornate poco ventose (se possibile a una temperatura inferiore a 15° C e a un'umidità relativa dell'aria superiore al 60%, durante la distribuzione e nelle 24 ore successive); per le colture erbacee da pieno campo, dove possibile, epicare prima della distribuzione dei concimi oppure incorporarli rapidamente nel suolo.
- Evitare di lasciare il suolo senza copertura vegetale (prevedere una coltura intercalare, un sovescio, una semina su lettiera, ecc.).

15

Concimazione e qualità dei prodotti



15 Concimazione e qualità dei prodotti

La resa non è il solo obiettivo della concimazione. Essa mira anche a ottimizzare la qualità del prodotto raccolto. La qualità comprende un aspetto esteriore (forma, grandezza, colore, ecc.) e un valore intrinseco caratterizzato principalmente dal tenore in determinate componenti: proteine, amido, zuccheri, vitamine, sali minerali, eccetera. Una concimazione eccessiva o insufficiente comporta spesso una variazione dei tenori di queste sostanze, che determinano la qualità del prodotto raccolto. In questo senso, spesso e volentieri si utilizza l'espressione "concimazione di qualità". L'aumento del tenore in proteine nei cereali, indotto da apporti d'azoto dopo la spigatura, e la riduzione del tenore in zucchero nella bietola, dovuta a un'eccessiva quantità di azoto disponibile, ne sono due esempi classici. Da tempo ormai, la concimazione non è più solo in funzione della resa ottenuta, ma anche di altri parametri, quali la qualità dei prodotti raccolti, la qualità del paesaggio (influenzata dalla composizione botanica di prati e pascoli), nonché la qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo. Affinché questi obiettivi siano raggiunti, si devono tenere sotto controllo le perdite di elementi nutritivi.

15.1 Cereali

In Svizzera, i cereali a paglia si valorizzano in modi diversi. La maggior parte della produzione si utilizza per la panificazione (frumento, segale) e per il foraggiamento degli animali (triticale, orzo, frumento da foraggio, avena), mentre la parte restante serve a produrre biscotti, fiocchi, zuppe, eccetera. Le varietà di cereali sono classificate in base alla loro qualità e vengono raccomandate a dipendenza dell'utilizzo previsto. A prescindere dalla genetica, che gioca un ruolo preponderante, la concimazione azotata può influire considerevolmente sulla qualità finale voluta (Levy *et al.*, 2007). Le esigenze in materia di qualità dettate dalla filiera di trasformazione sono specifiche per ogni utilizzo, tanto che, cambiando tipo di produzione, appaiono molto diverse tra esse, se non addirittura contraddittorie.

15.1.1 Influsso della concimazione azotata sulla qualità dei cereali panificabili

È noto che la concimazione azotata aumenta il tenore in proteine della granella dei cereali. Studi condotti recentemente hanno confermato un miglioramento dei criteri reologici: se l'indice di sedimentazione Zeleny aumenta, l'impasto è più stabile, la sua perdita di consistenza è meno elevata, il potere di gelatinizzazione, la tenacità e il rapporto tenacità/estensibilità sono maggiori. Tuttavia, un tenore proteico più elevato non è forzatamente sinonimo di una migliore qualità panificabile. Una maggiore concimazione azotata determina una modifica nella composizione delle proteine. Il tenore in glutine aumenta, mentre diminuisce l'indice di glutine (viscosità del glutine). Un apporto di azoto più elevato ha un effetto indurente sui granelli. Il peso ettolitrico è sostanzialmente determinato dalla varietà, ma una maggiore concimazione azotata esercita un influsso positivo su questo criterio (Levy *et al.*, 2007).

15.1.2 Influsso della concimazione azotata sulla qualità dei cereali per biscotti

Le esigenze qualitative richieste dalla filiera biscottiera sono molto diverse (spesso opposte) rispetto a quelle poste dalla filiera panificatoria. La filiera biscottiera predilige un frumento con basso tenore in proteine, bassa qualità di proteine, basso potere d'idratazione, forte estensibilità e debole elasticità dell'impasto. Questi parametri non sono influenzati solo dalle caratteristiche genetiche della varietà, ma pure dalla concimazione azotata (**tabella 47**).

15.1.3 Influsso della concimazione azotata sulla qualità dei cereali foraggeri

Diverse specie di cereali, come orzo e triticale, sono utilizzate principalmente per produrre foraggio. In tempi recenti, il frumento di qualità panificabile declassato è stato sostituito da varietà di frumento foraggero ad alta resa, ma a basso tenore in proteine. Attualmente, la valutazione della qualità dei cereali foraggeri viene effettuata sostanzialmente sulla base del peso ettolitrico; un criterio facilmente misurabile, ma poco affidabile. Altri criteri, più specifici ai diversi utilizzi (tenore in proteine, tenore in lisina, tenore in acidi grassi, ecc.), rivestono un ruolo importante nella valutazione della qualità. Un maggiore apporto di concimi azotati non influenza soltanto la resa, bensì anche la produzione di proteine (**tabella 47**).

Tabella 47 - Effetto della concimazione azotata sulle caratteristiche del frumento e ruolo di tali criteri nella determinazione della qualità dei diversi tipi di frumento

Caratteristiche	Effetto della concimazione e azotata	Valutazione in base al tipo di valorizzazione (classificazione)		
		Frumento panificabile	Frumento per biscotti	Frumento foraggero
Peso ettolitrico	o/+	o/+	o/+	o/+
Peso di mille semi	o	o	o	o
Tenore in proteine	+	+	-	+
Indice di Zeleny ¹	+	+	-	o
Durezza dei granelli	+	+	-	o
Capacità d'assorbimento idrico della farina	o/+	o/+	o/-	o
Stabilità dell'impasto	+	+	-	o
Perdita di consistenza dell'impasto	+	+	-	o
Tenacità dell'impasto	+	+	-	o
Tenacità/estensibilità dell'impasto	+	+	+	o
Gelatinizzazione massima	+	o/+	o	o

o = senza influenza; + = influenza positiva; - = influenza negativa.

1 Il test Zeleny rispecchia la qualità delle proteine e la loro attitudine al rigonfiamento in un ambiente lattico-acido.



15.2 Oleaginose

Il tenore in olio delle oleaginose e il tenore in glucosinolati dei semi di colza sono due importanti parametri di qualità, che possono essere modificati dalla concimazione. Il tenore in olio è influenzato da numerosi fattori, tra i quali troviamo la varietà, le condizioni ambientali e la concimazione azotata. In Svizzera, contrariamente alla prassi europea, il tenore in olio non è attualmente tenuto in considerazione, per decidere il prezzo della produzione.

15.2.1 Influsso delle concimazioni azotata e sulfurea sul tenore in olio e sulla sua composizione

Per la colza, la relazione esistente tra concimazione azotata, rendimento, nonché tenore e resa in olio può essere riassunta come segue: l'aumento della concimazione azotata comporta un'evoluzione positiva della resa in granella (fino al raggiungimento di un livello ottimale di azoto) e una diminuzione lineare del tenore in olio. Di conseguenza, la resa in olio aumenta leggermente fino al raggiungimento di un livello ottimale di azoto. Questa reazione è dovuta alla concorrenza tra il metabolismo del carbonio (olio) e quello dell'azoto (proteine). In caso di eccessiva concimazione azotata, il tenore in olio diminuisce da 0,3 fino a 1,2 punti percentuali per 40 unità d'azoto distribuite oltre la dose ottimale (Champolivier e Reau, 2005). Per il girasole si rileva una tendenza analoga.

La concimazione azotata può esercitare un influsso anche sulla composizione dell'olio. Pellet (2001) ha mostrato che nella colza una concimazione azotata crescente determina il cambiamento del profilo degli acidi grassi e una diminuzione del tenore in acido oleico.

La concimazione sulfurea della colza può avere un effetto benefico sul tenore in olio del raccolto. Pellet *et al.* (2003) hanno analizzato una serie di 15 prove di concimazione sulfurea a dosi crescenti (0, 40, 80 kg S/ha). Nella metà dei casi studiati, con un rischio di carenza di zolfo moderato, soltanto una concimazione sulfurea adeguata (40 kg S/ha) ha esercitato un effetto positivo sul tenore in olio dei granelli. Nel caso di rischio di debole carenza (concimazione sulfurea non raccomandata), un apporto di zolfo non ha esercitato alcun influsso sul tenore in olio.

15.2.2 Influsso della concimazione sulfurea sulla concentrazione di glucosinolati

I glucosinolati sono composti sulfurei che penalizzano la qualità del pannello di colza, destinato a foraggiare gli animali monogastrici (suini e volatili). In Svizzera, il tenore massimo nei semi è fissato a 20 $\mu\text{mol/g}$. Anche se si sono riscontrate notevoli differenze tra le varietà, il fattore che incide maggiormente sulla concentrazione di glucosinolati è la disponibilità di zolfo nel suolo. In una serie di esperimenti effettuati su suoli a rischio di carenza di zolfo da debole a media, si è constatato un forte aumento dei tenori di glucosinolati, in funzione dell'apporto di zolfo attraverso la concimazione. Ciò è risultato valido soprattutto per i suoli a rischio medio che richiedevano una concimazione sulfurea (Pellet *et al.*, 2003). Benché in nessuno di questi esperimenti sia stato raggiunto il valore limite di 20 $\mu\text{mol/g}$, è comunque importante evitare un apporto eccessivo di zolfo su colture di colza.

Tabella 48 - Sintesi degli effetti delle concimazioni azotata e sulfurea sul tenore in olio e glucosinolati del colza

Concimazione	% d'olio	Glucosinolati ($\mu\text{mol} / \text{g}$)
Concimazione N	-	o
Concimazione S (rischio di carenza medio-elevato)	+	+
Concimazione S (rischio di carenza debole)	o	o

o = senza influenza; + = influenza positiva; - = influenza negativa.

15.3 Patate

La concimazione azotata è uno dei fattori determinanti la qualità delle patate perché ne influenza il tenore in amido, la consistenza della polpa, la maturazione e l'idoneità alla conservazione (**tabella 49**) (Reust *et al.*, 2006). La concimazione azotata deve essere differenziata in base al tipo di suolo, agli apporti organici, alle condizioni climatiche e alla destinazione delle patate. Il frazionamento della concimazione azotata (**tabella 49**) influenza la qualità dei tuberi (è opportuno effettuare l'ultima applicazione prima della loro formazione). Anche la concimazione con P e K può influenzare la qualità dei tuberi (**tabella 49**). Un apporto localizzato di P al momento della piantagione favorisce la precocità delle patate.

La patata non è una pianta che esige molto zolfo, ma reagisce meglio ai concimi contenenti solfati piuttosto che cloruri, sia in termini di resa, sia per ciò che concerne il tenore in amido (Fritsch, 2003).

La patata è una pianta acidofila che reagisce bene ai concimi acidificanti. Nei suoli molto calcarei, il rischio che contragga la scabbia comune è notevole. È possibile correggere lievemente gli effetti del pH del suolo applicando concimi acidificanti come solfato ammonico e/o solfato di potassio.

Tabella 49 - Influsso della concimazione con N, P e K sulla qualità dei tuberi di patata

Caratteristiche	N	P	K
Commerciabilità dei tuberi (calibro)	+	o	+
Resistenza agli urti e alla maculatura nera	-	+	+
Tenore in amido	-	+	o/+
Tenore in sostanza secca	-	o	o/+
Cuore nero (conseguenza di uno shock termico)	-	o	+
Imbrunimento alla frittura (tenore in amido)	-	o	o/+
Annerimento dopo la cottura	o/-	o/+	o/+
Perdita di peso alla conservazione	o	o	o

o = senza influenza; + = influenza positiva; - = influenza negativa

15.4 Bietola da zucchero

La concimazione influenza direttamente la qualità della bietola, tramite il suo tenore in zucchero e l'idoneità alla sua estrazione (**tabella 50**). Considerato che entrambi questi parametri sono tenuti in considerazione nel sistema di pagamento delle bietole, è opportuno prestare particolare attenzione alla pratica della concimazione.

Ad esempio, bietole con un tenore in zucchero grezzo del 18% possono perderne l'1,9% circa durante la raffinazione, ciò che corrisponde a un'idoneità all'estrazione pari all'89%. Queste perdite sono provocate da agenti melassigeni sfavorevoli all'estrazione, come: l'azoto alfa-amminico (nell'esempio 1,33 mmol/100g), i sali di K (4,25 mmol/100g) e di Na (0,25 mmol/100g) e altre componenti solubili che non contengono zuccheri (composti organici azotati, composti organici non azotati, sali minerali).

La concimazione azotata mira all'equilibrio tra una resa elevata in radici e un elevato tenore in zucchero, per ottenere una produzione di zucchero ottimale in funzione della modalità di pagamento. Questo equilibrio è molto fragile, perché la concimazione azotata favorisce notevolmente la produzione di radici, ma anche un calo del tenore in zucchero e della capacità di estrarlo. Grazie a un sistema radicale molto sviluppato e al suo lungo ciclo vegetativo, la bietola ha una notevole capacità di assorbimento dell'azoto necessario alla sua crescita. Quando si concima si devono pertanto tenere adeguatamente in considerazione le condizioni locali di fertilità e la dinamica di mineralizzazione della sostanza organica nel suolo. È possibile adattare considerevolmente la concimazione azotata per ottenere una qualità ottimale, soprattutto nei casi in cui la fertilità del suolo è elevata (aziende con bestiame; suoli profondi, pesanti o ricchi di sostanza organica; temperature primaverili elevate). Per ottenere una qualità elevata, gli apporti di azoto devono essere concentrati all'inizio del ciclo di crescita fino allo stadio di 6-8 foglie, in modo da tener conto della successiva notevole disponibilità che può compromettere la qualità. Per gli altri elementi nutritivi, l'interazione tra resa e qualità non è così evidente come per l'azoto. Il tenore in zucchero è generalmente favorito da una concimazione potassica e da una disponibilità di sodio sufficienti. Se presenti in quantità eccessive, questi due elementi possono arricchire la concentrazione del succo e ridurre l'estraibilità dello zucchero. È quindi opportuno evitare apporti eccessivi di potassio su suoli ricchi di questo elemento.

Tabella 50 - Influsso della concimazione con N, P e K sulla qualità della bietola da zucchero

Caratteristiche	N	P	K
Tenore in zucchero	-	o	+
Perdite alla raffinazione	-	o	+ ¹

o = senza influenza; + = influenza positiva; - = influenza negativa.

¹ Se in eccesso.

16 La concimazione nella pratica

Ogni azienda agricola è un caso a sé stante. Pianificarne razionalmente la concimazione significa considerare tutte le sue peculiarità. Il piano di concimazione ne integra quindi i molteplici aspetti che la caratterizzano, come: vocazione produttiva (prati e pascoli concimati con concimi aziendali, superfici foraggere affiancate da campi coltivati, solo colture erbacee da pieno campo, ecc.), caratteristiche pedoclimatiche, situazione parcellare (ubicazione, esposizione, dimensione e giacitura delle parcelle), forma di produzione scelta (convenzionale, integrata, biologica), eccetera. Altre informazioni necessarie alla redazione di un piano di concimazione corretto sono: gli obiettivi di resa, lo stato di fertilità del suolo, nonché la quantità, il tipo e le proprietà dei concimi aziendali e minerali a disposizione.

16.1 Piano di concimazione

L'allestimento annuale del piano di concimazione permette di soddisfare le molteplici esigenze di una concimazione razionale e mirata, che tenga conto dei fabbisogni colturali e rispetti l'ambiente. Moduli e programmi informatici necessari all'elaborazione del piano di concimazione si possono richiedere presso i servizi di consulenza agricola e la maggior parte dei laboratori che eseguono analisi del suolo.

Procedimento consigliato per allestire il piano di concimazione.

1. Stabilire le esigenze delle colture in funzione della loro resa e delle loro caratteristiche (**tabelle 2, 3 e 17**).
2. Correggere le norme di concimazione relative a P, K e Mg in funzione dei risultati delle analisi del suolo (**tabelle da 11 a 16**). Per le colture erbacee da pieno campo sottrarre alle norme corrette l'apporto fornito dai residui del precedente colturale (**capitolo 10 e tabella 1**). Nel caso di superfici foraggere falciate e/o pascolate, sottrarre alle norme corrette le restituzioni riportate nella **tabella 5**.
3. Correggere le norme di concimazione azotata; per le colture erbacee da pieno campo, in funzione dell'analisi dell'azoto minerale N_{min} (**tabelle 24 e 25**) o applicando il metodo della norma corretta (**tabelle da 18 a 22**); per prati e pascoli, utilizzando le indicazioni del **capitolo 7.2** e i dati riportati nella **tabella 27**.
4. Calcolare le quantità di concimi aziendali da distribuire su ogni parcella in funzione del fabbisogno delle singole colture (**punti 1, 2 e 3**) e dei contenuti in elementi nutritivi e delle caratteristiche dei concimi aziendali stessi (**capitolo 11**).
5. Calcolare la differenza tra il fabbisogno delle singole colture e gli apporti assicurati dai concimi aziendali.
6. Completare gli eventuali ammanchi, distribuendo concimi aziendali provenienti da altre aziende o dal riciclaggio e/o concimi minerali acquistati sul mercato. L'utilizzo di questi concimi extra-aziendali va fatto tenendo in debito conto gli aspetti: ecologici, pedologici, agronomici, tecnici, economici e legali (**capitolo 19.4**).



Qualora si volesse allestire un piano di concimazione su base informatica è importante informarsi anticipatamente sul suo contenuto (dati di base) e sul programma di calcolo utilizzato (vedi esempio seguente).

Dati parcellari

Coltura		Superficie	Resa
Precedente	Frumento autunnale	1,5 ha	60 q/ha
Intercalare	Sovescio (senza leguminose)	1,5 ha	0
Principale	Patate da consumo	1,5 ha	450 q/ha

Analisi del suolo (AAE10 per P, K, Mg)

Analisi	Risultato	Interpretazione	Fattore di correzione
Argilla	24,6%	Limo-argilloso	
pH	6,5	Leggermente acido	-
sostanza organica	1,7	Povero in humus	-
P	49,4	Sufficiente	1,0
K	231,2	Ricco	0,8
Mg	97,1	Moderato	1,2

Piano di concimazione

	(kg/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Mg
Norma di concimazione					
Coltura intercalare		30	0	0	0
Coltura principale		120	85	450	20
Correzioni della norma					
Correzione resa coltura intercalare		0	0	0	0
Correzione resa coltura principale		0	0	0	0
Analisi del suolo		0	0	-82	4
Precedente colturale		0	-13	-75	-5
Potenziale di mineralizzazione sostanza organica		0	-	-	-
Effetto residuo concimi organici		0	-	-	-
Effetto residuo sovescio		-20	-	-	-
Precipitazioni invernali e primaverili		-10	-	-	-
Lavorazione del suolo (sarchiatura)		0	-	-	-
Saldo campagna precedente		0	0	0	0
Fabbisogno totale in elementi nutritivi		120	72	293	19
Concimazione					
Concimi aziendali		0	0	0	0
Concimi minerali		120	72	290	32
Saldo campagna in corso		0	0	3	-11
Riporto all'anno successivo (-: eccesso)		0	0	3	-11

16.2 Possibilità di ridurre la concimazione azotata e di rinunciare a quella con P, K e Mg

La concimazione azotata, determinata secondo i principi descritti nel **capitolo 7**, può essere ulteriormente ottimizzata o estensificata, applicando una strategia di concimazione dinamica a livello aziendale.

- La distribuzione di azoto sulle singole colture va fatta sulla base di criteri economici.
- Le dosi di liquami, distribuite in funzione delle esigenze colturali, si devono diluire sufficientemente (almeno 1:2, meglio se 1:3), per limitare le perdite per volatilizzazione (**tabella 46**).
- Se dose ed epoca d'applicazione sono corrette, il rischio di perdite per volatilizzazione (NH₃) diminuisce con l'aumento della quota di nitrati presenti nel concime.
- Evitare singoli apporti superiori a 60 kg N/ha.

- In campicoltura, considerare sempre la disponibilità di azoto nel suolo (metodo N_{min}) o applicare il metodo della norma corretta.
- Pianificare a livello aziendale la distribuzione di azoto, dando la priorità alle colture che ne hanno più bisogno o che lo valorizzano meglio.
- Rinunciare al terzo apporto di azoto in cerealicoltura oppure sostituirlo parzialmente, aumentando il secondo apporto (il terzo apporto ha un influsso limitato sulla resa in granella dei cereali).
- Tralasciare o ridurre gli apporti d'azoto alla semina (piantagione) di bietole, mais e patate.
- Non concimare i sovesci con azoto.
- In foraggicoltura, utilizzare prioritariamente i concimi azotati sulle superfici più produttive, meglio esposte e gestibili in modo intensivo.
- Ridurre l'apporto di azoto su prati temporanei ricchi in leguminose e, soprattutto, su prati gestiti in modo poco intensivo.
- In caso di siccità estiva, rinunciare all'apporto di azoto su prati e pascoli intensivi (la rinuncia non va sempre fatta sulla stessa parcella e nemmeno per due utilizzazioni consecutive).
- Distribuire prioritariamente i concimi aziendali sui prati da sfalcio.
- Liquamare i pascoli una o due volte al massimo, coprendo eventuali ulteriori necessità mediante azoto minerale.

Nell'elaborazione del piano di concimazione può accadere che la quantità di concimi contenenti P, K e Mg da distribuire su determinate parcelle sia limitata o risulti difficile da applicare per motivi tecnici. La **tabella 51** consiglia sul da farsi in questi casi.

Tabella 51 - Possibilità di rinunciare alla concimazione minerale con P, K e Mg in funzione dei contenuti e della profondità utile del suolo, nonché delle quantità di concime minerale da spargere

Classe di fertilità del suolo (secondo analisi)	Profondità utile del suolo ¹	Possibilità di rinunciare alla concimazione con P e/o K	Possibilità di rinunciare alla concimazione con Mg
Povero	Superficiale	No	No
	Profondo	No	No
Moderato	Superficiale	No	No
	Profondo	Sì	Sì
Sufficiente	Superficiale	Sì	No
	Profondo	Sì	Sì
Ricco	Superficiale	Sì	Sì
	Profondo	Sì	Sì

1 ¹ Suolo superficiale: profondità utile < 70 cm. Suolo profondo: profondità utile > 70 cm.

Rinuncia: rinuncia a qualsiasi apporto di concime minerale in quanto il fabbisogno della coltura prevista è ampiamente coperto dalle riserve del suolo, dai residui del precedente colturale o, se del caso, dalla concimazione organica distribuita e dalla deduzione anticipata dei residui colturali della coltura prevista (p.es. potassio nel caso si voglia seminare girasole). È anche possibile optare per la rinuncia, se le quantità di concime minerale da apportare sono molto limitate e rappresentano soltanto una frazione della norma di concimazione.

Soglie di rinuncia: 100 kg/ha per i concimi contenenti P e K (sia semplici, sia composti) e 50 kg/ha per i concimi magnesiaci specifici.

Riporto dei deficit: la rinuncia alla concimazione implica che le quantità non distribuite siano riportate, e debitamente considerate, nel piano di concimazione dell'anno successivo.

16.3 Scelta dei concimi

Nella scelta dei concimi extra-aziendali bisogna considerare "in primis" le loro caratteristiche rispetto alle esigenze del suolo e delle piante. Gli aspetti economici entrano in considerazione soltanto a parità di caratteristiche. I criteri più importanti per la scelta di un concime sono le esigenze specifiche delle diverse colture, le caratteristiche del suolo (pH, SO, struttura, disponibilità di elementi nutritivi, ecc.), che permettono lo stoccaggio degli elementi nutritivi in forma disponibile, la rapidità d'azione desiderata, nonché il contenuto in elementi secondari utili (calcio, zolfo, oligoelementi) e in elementi indesiderati (sostanze nocive). Nelle **tabelle da 56 a 59** sono riportati gli effetti e le caratteristiche delle diverse forme di elementi nutritivi presenti nei concimi.

16.4 Concimazione di rotazione

Se la rotazione colturale è chiaramente definita, la concimazione di rotazione permette di semplificare la fertilizzazione annuale con fosforo, potassio e magnesio. Consiste nel sommare il fabbisogno netto di tutte le colture della rotazione per P, K e Mg, per poi distribuire ogni anno la quantità media ottenuta. Questo metodo richiede l'allestimento di un piano di concimazione pluriennale e si adatta solo a parcelle il cui livello di fertilità è sufficiente o ricco (classe di fertilità C o D). La concimazione di rotazione può diventare problematica se il suolo è povero e se la rotazione comprende una coltura con elevati fabbisogni nutritivi rispetto alle altre oppure colture inclini a un consumo di lusso per uno qualsiasi degli elementi nutritivi considerati.

16.5 Possibilità e limiti dei diversi metodi utilizzati per allestire il bilancio degli elementi nutritivi

Il bilancio degli elementi nutritivi di un'azienda fornisce indicazioni sulla gestione globale dei concimi. Il bilancio degli elementi nutritivi può essere fatto in diversi modi:

- il bilancio di **entrata/uscita** confronta gli elementi nutritivi che entrano nel ciclo aziendale sotto forma di mezzi di produzione con quelli che lo lasciano sotto forma di prodotti venduti. Questo metodo non fornisce indicazioni su ampiezza e intensità dei movimenti di elementi nutritivi all'interno dell'azienda, quindi non serve a pianificare la concimazione aziendale;
- il bilancio **produzione/fabbisogno** confronta gli elementi nutritivi contenuti nei concimi aziendali e in quelli extra-aziendali con i fabbisogni delle piante, tenendo conto del livello di fertilità del suolo. Questo bilancio si basa sui fondamenti del piano di concimazione, ma considera l'azienda come un'unica entità, senza indicare la concimazione delle singole parcelle;
- per verificare se è fornita la **prova che le esigenze ecologiche sono rispettate (PER)** nel quadro dell'ordinanza sui pagamenti diretti (**capitolo 19.4**), i servizi centrali di consulenza agricola (AGRIDEA Losanna e Lindau) hanno sviluppato il modulo "Suisse-Bilanz", che tuttavia non tiene conto dei tenori in elementi nutritivi presenti nel suolo (N, P, K e Mg).

Riassumendo, il bilancio degli elementi nutritivi nell'azienda non fornisce indicazioni sulla concimazione di ogni singola parcella e il bilancio calcolato secondo le PER non consente, né di tener conto, né di migliorare la disponibilità di elementi nutritivi nel suolo. Pertanto, nessun bilancio può fornire le indicazioni necessarie per una concimazione precisa di suolo e colture, né tanto meno sostituire questo documento.

17

Tecnica di distribuzione di concimi minerali, aziendali e provenienti dal riciclaggio



17 Tecnica di distribuzione di concimi minerali, concimi aziendali e concimi provenienti dal riciclaggio

Esistono numerose tecniche per distribuire concimi aziendali, concimi minerali e concimi provenienti dal riciclaggio. Nel corso degli anni, sono stati compiuti notevoli progressi nella precisione di dosaggio e distribuzione, per fare in modo che ogni coltura riceva ciò di cui ha bisogno. Altri miglioramenti hanno interessato la salvaguardia del suolo che, grazie a pneumatici larghi, ruote gemellate, gonfiaggi a bassa pressione, eccetera, ha visto ridursi i danni da calpestio. Laddove non fosse possibile utilizzare pneumatici larghi (p.es. in postemergenza nel mais), anche la scelta del tipo di concime (concime minerale invece di liquami) può contribuire alla protezione del suolo. Durante la distribuzione dei liquami il sistema di ripartizione, le condizioni meteorologiche e il tasso di diluizione influiscono considerevolmente sulle perdite di azoto dovute alla volatilizzazione dell'ammoniaca.

Le **tabelle da 52 a 55** forniscono una panoramica dei principali sistemi di distribuzione per concimi minerali, concimi aziendali e concimi provenienti dal riciclaggio.

Per quanto concerne la **distribuzione di concimi minerali**, si osserva che le aziende tendono a utilizzare spandiconcime centrifughi a due dischi, con larghezza di lavoro fino a 36 m. Questo sistema permette una distribuzione orizzontale più precisa rispetto a quella degli spandiconcime dotati di un solo disco. Per aumentare ulteriormente la precisione degli spandiconcime centrifughi, i fabbricanti di macchine agricole si orientano verso dispositivi che consentono la realizzazione di zone a sovrapposizione tripla piuttosto che doppia. Per garantire una distribuzione precisa anche a bordo campo e rispettare le zone cuscinetto di protezione delle acque, deve essere assolutamente utilizzato un dispositivo di distribuzione adeguato. Gli spandiconcime pneumatici invece sono in costante calo, perché generano costi elevati. Queste macchine distribuiscono i concimi senza creare zone di sovrapposizione.

Tabella 52 - Idoneità e valutazione di diversi sistemi di distribuzione per concimi minerali

Concimi minerali		Idoneo per la distribuzione di concimi minerali			Valutazione concernente ¹				
	Dispositivo di distribuzione	Granulati	Polverulenti	Liquidi	Precisione di dosaggio/distribuzione	Perdite di ammoniaca	Tutela del suolo	Idoneità al lavoro in pendenza	Costo delle macchine
Spandiconcime centrifugo	1 o 2 dischi	x	x		2	1 ²	1	1	1
	Tubo oscillante	x	x		2	1 ²	1	1	1
Distributore a barra	Pneumatico	x			1	1 ²	1	2	3
Irroratrice	Ugelli a 3 fori			x	1	1	1	2	2

Tabella 53 - Idoneità e valutazione di diversi sistemi di distribuzione per liquami

Liquami *		Valutazione concernente ¹				
	Dispositivo di distribuzione	Precisione di dosaggio/distribuzione	Perdite di ammoniaca	Tutela del suolo	Idoneità al lavoro in pendenza	Costo della macchina
Botte a pressione	Deflettore a piattello	3-4	3 ³	3	3	1
	Distributore oscillante	2	3 ³	3	3	1
	Barra con tubi flessibili trainati	1	2	3	4	3
	Dispositivo assolcatore	1	1	4	4	4
Tubi flessibili	Deflettore a piattello	3-4	3 ³	1	1	2
	Ugello orientabile	2	3 ³	1	1	2
	Barra con tubi flessibili trainati	1	2	1	3	3
Fertirrigazione automatica (irrigatore con rotolone)	Getto ad alta pressione	4	4 ³	1	3	3
	Barra porta ugelli	2	3 ³	1	3	4
	Barra con tubi flessibili trainati	1	2	1	3	4

* Per la distribuzione di digestati liquidi si consiglia l'impiego di barre dotate di tubi flessibili trainati oppure l'iniezione diretta nel terreno, tramite assolcatori (**capitolo 12.2**).

Tabella 54 - Idoneità e valutazione di diversi sistemi di distribuzione per letame e concimi provenienti dal riciclaggio

Letame/concimi provenienti dal riciclaggio				Valutazione concernente ¹				
	Dispositivo di distribuzione	Idoneo per lo distribuzione di		Precisione di dosaggio/distribuzione	Perdite di ammonia-ca	Tutela del suolo	Idoneità al lavoro in pendenza	Costo delle macchine
Letame		Letame						
Carro spandiletame	Rulli orizzontali	x		4	3	4	3	2
	Rulli verticali	x		3	3	3	3	2
	A distribuzione laterale	x		3	3	2	2	3
	Con piattelli di distr.	x		2	3	2	3	3
Concimi provenienti dal riciclaggio		Compost/materiale trinciato	Calce d'Aarberg					
Carro spandiletame	Rulli orizzontali	(x)		3	⁵	3 ⁴	3	2
	A distribuzione laterale	x	x	3	⁵	2 ⁴	2	3
Spandicompost	Dispositivo con 2 o 4 piattelli di distr.	x		2	⁵	2 ⁴	3	3
Spandiconcime a grande capacità	Dispositivo con 2 dischi di distr.	x	x	1	⁵	2 ⁴	3	4

Legenda delle tabelle 52-54

- 1 1 = molto favorevole; 2 = favorevole; 3 = poco favorevole, lacunoso; 4 = molto sfavorevole, insufficiente.
- 2 Concimi azotati: per i concimi ammoniacali il rischio di perdite è leggermente più elevato rispetto agli altri concimi azotati.
- 3 Le perdite di azoto dipendono fortemente dalle condizioni meteorologiche durante e immediatamente dopo la distribuzione.
- 4 Dipende dalle dimensioni degli pneumatici e dalla grandezza e dal peso della macchina distributrice.
- 5 Il tipo di concime (struttura e composizione) è più importante della tecnica di distribuzione.

Le proprietà fisiche del concime e l'umidità dell'aria possono influenzare notevolmente la dose distribuita. È quindi indispensabile regolare lo spandiconcime con le sue tabelle di distribuzione e verificare l'esattezza della regolazione, effettuando una prova in bianco. L'applicazione di concimi minerali in forma liquida, mediante irroratrici per prodotti fitosanitari, si esegue raramente in campicoltura. Se necessario, si utilizzano principalmente concimi liquidi contenenti azoto o azoto e fosforo.

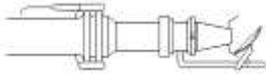
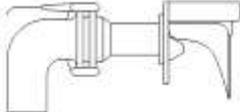
Per distribuire i **liquami**, l'agricoltore può scegliere tra una vasta gamma di soluzioni tecniche, che consentono di spargere il liquame con elevata precisione e perdite minime. In particolare, le barre di distribuzione dotate di tubi flessibili trainati si differenziano dagli altri sistemi per l'elevata precisione e le perdite di ammoniaca ridotte. Gli assolcatori posti all'estremità dei tubi flessibili consentono di evitare intasamenti e rientrano nell'equipaggiamento standard.

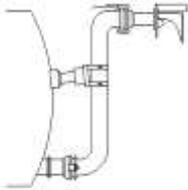
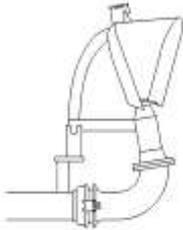
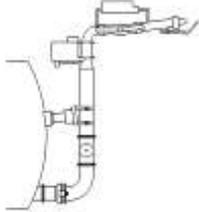
Nella scelta dell'epoca di distribuzione si consiglia di tener conto delle condizioni meteorologiche. Con tempo fresco e umido diminuiscono le perdite di ammoniaca. È possibile ridurre le perdite di ammoniaca anche diluendo il concime con acqua in una proporzione minima di 1:1. Nei casi in cui si utilizzino botti a pressione occorre prestare particolare attenzione al compattamento del suolo. Le botti a pressione monoasse con pneumatici larghi rispettano il suolo e la cotica erbosa. Quelle a due assi (tipo tandem) sono più stabili durante i tragitti su strada. La distribuzione tramite tubi flessibili (senza botte a pressione) rispetta il suolo e può essere combinata con una barra di distribuzione con tubi flessibili trainati. Questa tecnica non è così versatile come quelle che prevedono l'uso di botti a pressione.

La difficoltà principale della distribuzione del **letame** è riuscire a spargere la quantità voluta con la massima regolarità possibile su tutta la parcella. Su prati e pascoli è importante che non si superi il limite di 15 t/ha di letame finemente sminuzzato per non ostacolare la decomposizione. I carri spandiletame dotati di rulli di distribuzione verticali assicurano una buona ripartizione orizzontale. La propulsione idraulica del fondo a paratie mobili consente di regolarne costantemente l'avanzamento. Nelle regioni di montagna sono tuttora molto diffusi gli spandiletame a distribuzione laterale.

Per spargere **concimi solidi provenienti dal riciclaggio** si impiegano frequentemente carri spandicompost o spandiconcime polivalenti, a grande capacità, muniti di piattelli di distribuzione e caratterizzati da una notevole solidità (cassone, telaio, assale).

Tabella 55 - Panoramica delle caratteristiche dei principali sistemi di distribuzione per liquami

	Deflettore a piattello	Distributore laterale	Distributore verticale
			
Tipo di costruzione	Semplice	Semplice	Semplice
Investimento in CHF	160-1'000.-	200-360.-	500-1'200.-
Larghezza di lavoro effettiva	5-13 m; a seconda della marca e/o del tipo	Fino a 14 m; (senza sovrapposizione)	9-13 m; a seconda del tipo di costruzione
Precisione di distribuzione / coefficiente di variazione (CV)	15-18-35%	35-42%	19-24%
Precisione di distribuzione	Da piuttosto soddisfacente a mediocre	Insoddisfacente	Soddisfacente
Sensibilità al vento	Elevata	Elevata	Media
Larghezza di sovrapposizione richiesta	0,5-2 m	-	0,5-1 m
Tolleranza alle differenze di sovrapposizione	Debole	-	Molto debole
Regolazione della larghezza di lavoro	Generalmente limitata	Possibile	Impossibile
Apporto esatto di concime a inizio e fine campo	Impossibile	Senza problemi	Senza problemi
Altri criteri	Difficoltà d'installazione di un distributore preciso	Sovrapposizione problematica; Distribuzione possibile dalla strada	
Raccomandato per	Foraggicoltura	Foraggicoltura, regione di montagna (limitato)	Foraggicoltura

Distributore sopraelevato	Distributore oscillante	Ugello orientabile	Barra con tubi flessibili trainati
			
Medio	Da semplice a complicato	Complicato	Complicato
1'600-2'000.-	1'500-3'300.-	4'700-5'057.-	20'000-23'000.-
9-10 m	11-16 m; a seconda della regolazione	Fino a 20 m; a seconda della pressione di regolazione	9-12 m
16%	8-10%	8-9%	3-8%
Soddisfacente	Da buona a ottima	Ottima	Ottima
Media	Media	Debole	Da debole a nulla
4 m	1,5-2 m	3 m	0
Debole	Buona	Ottima	Debole
Possibile (tubo telescopico)	Possibile, ma in modo limitato	Senza problemi	Fissa
Senza problemi	Impossibile	Impossibile	Senza problemi
A una larghezza di lavoro di 12 m; Distribuzione approssimativa		Possibilità di distribuzione su un solo lato; Non idoneo per una botte a pressione	Buona riduzione delle emissioni di ammoniaca
Foraggicoltura, campicoltura	Foraggicoltura, campicoltura	Foraggicoltura, regione di montagna	Foraggicoltura, campicoltura

18 Bibliografia

18.1 Bibliografia citata

- AGFF, 1999. Güllezusatzmittel. Associazione per il promovimento della foraggicoltura (APF).(AGFF), Zurigo.
- ALP, 2007. Apports alimentaires recommandés et tables de la valeur nutritive des aliments pour les ruminants (Livre vert). Editore: Stazione di ricerca Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, Posieux.
- Champoliver L. & Reau R., 2005. Améliorer la richesse en huile des oléagineux pour répondre aux besoins du marché. *Oléoscope* **82**, 10-13.
- Fabre B. & Kockmann F., 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. Synthèse bibliographique. *Fourrages* **185**, 103-122.
- Fritsch F., 2003. Anwendung von Düngemitteln in landwirtschaftlichen Kulturen: Kartoffeln. In: H. Knittel und E. Albert (Hrsg.), Praxishandbuch Dünger und Düngung. AGRIMEDIA GmbH, Bergen/Dumme.
- Frossard E., Julien P., Neyroud J.-A. & Sinaj S., 2004: Phosphor in Böden – Standortbestimmung Schweiz. Serie di articoli Ambiente n. 368, Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, Berna, 174 p.
- Levy L., Schwaerzel R. & Kleijer G., 2007. Influence de la fumure azotée sur la qualité des céréales panifiables. *Revue suisse Agric.* **39**, 255-260.
- Limaux F., Recous S., Meynard J. M. et J. M. & Guckert A., 1999. Relationship between rate of crop growth at date fertiliser N application and fate of fertiliser N applied to winter wheat. *Plant Soil* **214**, 49-59.
- Pellet D., 2000a. Dosage du nitrate dans les tiges pour affiner le pilotage de la fumure azotée du blé d'automne. I. La méthode Jubil est-elle adaptée aux variétés cultivées en Suisse? *Revue suisse Agric.* **32** (3), 103-108.
- Pellet D., 2000b. Dosage du nitrate dans les tiges pour affiner le pilotage de la fumure azotée du blé d'automne. II. La méthode Jubil R comme complément à celle des normes corrigées. *Revue suisse Agric.* **32** (4), 165-171.
- Pellet D., 2001. Oilseed rape varietal response to nitrogen fertilization. Poster paper presented at the GCIRC technical meeting held in Poznan.
- Pellet D. & Grosjean Y., 2007. Fumure azotée du tournesol: intérêt de la méthode Héliotest pour la Suisse. *Revue suisse Agric.* **39** (1), 5-9.
- Pellet D., Mercier E., Balestra U., Lavanchy J. C., Pfeifer H. R., Keiser A. & Bezençon N., 2003a. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. I. Colza d'automne. *Revue suisse Agric.* **35**, 161-167.
- Pellet D., Mercier E. & Balestra U., 2003b. Optimisation de la fumure soufrée par estimation du risque de carence. II. Blé d'automne. *Revue suisse Agric.* **35** (4), 181-186.
- Reust W., Hebeisen T. & Ballmer T., 2006. Fumure azotée et nouvelles variétés de pommes de terre cultivées en Suisse. *Revue suisse Agric.* **38** (6), 309-313.
- Ryser J.-P., Walther U. & Flisch R., 2001. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse Agric.* **33** (3) 1-80.
- Schechtner G., 1993. Wirksamkeit der Kalkdüngung auf Grünland. *Die Bodenkultur* **44** (2), 135-152.
- Sluijsmans C. M. J., 1970. Der Einfluss von Düngemitteln auf den Kalkzustand des Bodens. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* **126**, 97-103.
- Stünzi H., 2006. Zur Phosphor-Bodenextraktion mit Ammoniumacetat-EDTA (AAE10). *Agrarforschung* **13** (11-12), 488-493.
- Thomet P., Stettler M., Hadorn M. & Mosimann E., 2007. N-Düngung zur Lenkung des Futterangebotes von Weiden. *Agrarforschung* **14** (10), 472-477.
- VSGP/UMS, 2008. Handbuch Gemüse/Manuel des légumes. Unione svizzera dei produttori di verdure (VSGP/USPV), Berna.
- Walther U., Ryser J.-P. & Flisch R., 2001. Grundlagen für die Düngung im Acker- und Futterbau 2001. *Agrarforschung* **8** (6), 1-80.
- Yara, 2008. N-Tester®, Le pilotage de l'azote tout simplement. Opuscolo disponibile su www.yara.fr, 12 p.

18.2 Bibliografia d'approfondimento

- Anonimo, 1964. Richtlinien für die Düngeberatung. Versuchsanstalten Liebefeld, Losanna e Zurigo.
- Anonimo, 1966. Les nouvelles normes de fumure minérale. *Agriculture romande* **5**, 4 p.
- Anonimo, 1972. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. *Mitt. für die schweiz. Landwirtschaft* **20**, 33-49.
- Anonimo, 1974. Nouvelles directives de fumure. *Revue suisse Agric.* **6**, 189-195.
- Anonimo, 1987. Directives de fumure pour les grandes cultures et les herbages en Suisse romande. *Revue suisse Agric.* **19**, 297-314.
- Anonimo, 1987. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. Editore: FAC, RAC e FAC 36.
- Celardin F., 1991. Méthode d'estimation du pouvoir fixateur du sol: application au phosphore dans les sols genevois/Method of estimation of the fixing ability of soil: application of phosphorus in the soils of Geneva. *Archives des Sciences Geneva* **44**, 245-251.
- Celardin F., 1993. Fertilization du sol: methode de calcul du coefficient à la norme de fumure à partir des resultats de deux extraits de sol/Soil fertilization: method for calculating coefficients of fertilizer standards from the results of two soil extracts. *Archives des Sciences Geneva* **46**, 137-140.
- Celardin F., 1996. Fertilizer requirement calculation moderated by apparent retention as deduced from two soil extracts. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* **27**, 1047-1054.
- Celardin F., 2003. Evaluation of soil P-test values of canton Geneva/Switzerland in relation to P loss risks. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **166**, 416-421.
- Charles R. & Vullioud P., 2001. Pois protéagineux et azote dans la rotation. *Revue suisse Agric.* **33**, 265-270.
- Chauvin B., Morier R., Dessureault Rompre J. & Neyroud J. A., 2007. Réseau azote romand: évaluation de la fumure azotée et du risque de perte d'azote nitrique en grandes cultures. *Revue suisse Agric.* **39**, 145-152.
- Collaud J.-F., 1995. Influence de la fumure azotée sur le poids à l'hectolitre de l'avoine de printemps. *Revue suisse Agric.* **27**, 117-119.
- Demaria P., Flisch R., Frossard E. & Sinaj S., 2005. Exchangeability of phosphate extracted by four chemical methods. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **168**, 89-93.
- Maillard A., 1988. Les engrais verts en grandes cultures. *Revue suisse Agric.* **20**, 161-163.
- Maillard A., Ryser J. P. & Vez A., 1989. Bilan d'un essai de fumure phosphopotassique dans un sol argileux (1970 à 1985). *Revue suisse Agric.* **21**, 93-98.
- Maillard A., 1994. Techniques culturales et productivité de l'épeautre en Suisse romande. *Revue suisse Agric.* **26**, 77-80.
- Münster J., 1970. La culture de la pomme de terre de primeur. *Revue Horticole Suisse* **43**, 65-69.
- Neyroud J.-A. & Zuodar L., 1981. Enquête sur la fertilité. II. Etude critique des relations entre les fumures pratiquées et l'évolution correspondante des indices de fertilité du sol. *Revue suisse Agric.* **13**, 221-228.
- Neyroud J.-A. & Vez A., 1981. La fumure azotée du blé. Essai de prévision des doses. *Revue suisse Agric.* **13**, 7-13.
- Neyroud J.-A., Ryser J.-P., Chauvin B. & Schwab P., 1987. La fumure azotée du blé. Résultats de 7 années de conseil des doses à appliquer selon la méthode N_{\min} des bilans. *Revue suisse Agric.* **19**, 149-153.
- Neyroud J.-A. & Chauvin B., 2000. Mesure de N_{\min} pour la gestion de la fumure azotée et l'appréciation du risque de perte par lixiviation au niveau parcellaire. *Revue suisse Agric.* **32**, 153-158.
- Neyroud J.-A. & Lischer P., 2003. Do different methods used to estimate soil phosphorus availability across Europe give comparable results? *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* **166**, 422-431.
- Pellet D. & Vullioud P., 2004. Lin d'hiver ou de printemps: une culture à découvrir. *Revue suisse Agric.* **36**, 110-116.
- Pittet J.-P. & Ryser J.-P., 1999. Incidence des conditions hivernales et d'une fumure azotée sur les teneurs en éléments fertilisants dans le feuillage des engrais verts. *Revue suisse Agric.* **31**, 235-238.

- Rod P. & Ryser J.-P., 1969. Normes de fumure et état de fertilité des sols. *Revue suisse Agric.* **1**, 56-60.
- Ryser J.-P., 1982. Etude du potassium assimilable pour les cultures sur quelques sols du canton de Vaud. Politecnico federale di Zurigo.
- Ryser J.-P., 1989. La fertilisation du tabac, étude des besoins et des prélèvements de la culture du tabac Burley suisse. *Revue suisse Agric.* **21**, 207-208.
- Ryser J.-P. & Pittet J.-P., 1993. Rétention de l'azote du sol par un engrais vert. *Revue suisse Agric.* **25**, 297-301.
- Ryser J.-P., Walter V. & Menzi H., 1994. Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages. *Revue suisse Agric.* **26**, 193-242.
- Ryser J.-P., Gysi C. & Heller W., 1995. Analyse de terre et interprétation en cultures spéciales. *Revue suisse d'Viticulture, Arboriculture, Horticulture.* **27**, 319-323.
- Ryser J.-P., 1998. Analyses de sol dans les grandes cultures et les herbages. Barème provisoire d'interprétation des résultats obtenus par extraction à l'acétate d'ammonium + EDTA 1/10. *Revue suisse Agric.* **30**, 143-146.
- Ryser J.-P. & Vullioud P., 2003. Bilan d'un essai de fumure phosphopotassique de trente ans dans un sol argileux (Changins 1971 à 2000). *Revue suisse Agric.* **35**, 77-81.
- Stunzi H., 2006. The methods of soil extraction with water and CO₂ saturated water. *Agrarforschung* **13**, 284-289.
- Veiz A., 1975. La fumure azotée du blé d'automne sur la base d'expériences récentes. *Revue suisse Agric.* **7**, 177-183.
- Vullioud P., 1995. La culture du tournesol en Suisse romande. *Revue suisse Agric.* **27**, 29-36.
- Vullioud P., 1996. Grandes cultures et herbages. p. 45-62. Rapporto d'attività 1994-1995 della Stazione federale di ricerca in produzione vegetale di Changins/Nyon.
- Vullioud P., 1998. Grandes cultures et herbages. Rapporto d'attività 1996-1997 della Stazione federale di ricerca in produzione vegetale di Changins/Nyon, 45-62.
- Walther U., 1996. Fumure N en grandes cultures: indépendante du niveau de rendement. *Revue UEA* **3**, 18-20.
- Walther U., Weisskopf P. & Jaggi F., 1998. Schätzung der optimalen N-Düngung zu Wintergetreide?; Assessment of optimum N fertilization of winter cereals. *Agrarforschung* **5**, 185-188.

19 Allegati

19.1 Caratteristiche delle diverse forme di elementi nutritivi e concimi

Tabella 56 - Caratteristiche delle diverse forme di elementi nutritivi

Elemento	Forma	Caratteristiche	Raccomandazioni
Azoto	Nitrato	Azione rapida Rischio elevato di dilavamento	Adattare dose ed epoca di distribuzione alle esigenze della pianta ed alle sue capacità d'assorbimento
	Ammonio	Azione relativamente lenta e persistente Rischio elevato di volatilizzazione	Se non piove per molto tempo, incorporare superficialmente
	Nitrato ammonico	Azione in parte rapida, in parte lenta	Se non piove per molto tempo, incorporare superficialmente
	Urea	Azione lenta e persistente Rischio elevato di volatilizzazione	Su suoli neutri e alcalini, incorporare superficialmente In foraggicoltura, non distribuire con tempo bello e se è caldo
	Organico	Azione da lenta a molto lenta e incerta Mineralizzazione incontrollabile, perché effettuata dai microrganismi; conseguente rischio di dilavamento se riposo vegetativo o assenza colture	Evitare apporti importanti e saltuari in favore di apporti regolari e moderati Limitare l'assenza di colture durante il periodo vegetativo (la mineralizzazione incontrollabile aumenta il rischio di dilavamento)
Fosforo	Solubile in acqua (p.es. superfosfato)	Azione rapida su tutti i suoli Leggermente acidificante	Impiego regolare su suoli neutri e alcalini Impiego occasionale su suoli acidi
	Solubile in citrato d'ammonio (p.es. fosfato del Reno)	Azione in parte rapida, in parte lenta	Impiego su suoli con pessimo approvvigionamento in P e valori di pH fino a 6,6; su suoli con buon approvvigionamento in P e valori di pH fino a 7,5
	Solubile in acido citrico (p.es. scorie Thomas, farina d'ossa)	Azione lenta Leggermente alcalinizzante Mantiene stabile il pH in suoli leggermente acidi	Impiego su suoli con pessimo approvvigionamento in P, fino a valori di pH di 6,2; su suoli con buon approvvigionamento in P, fino a valori di pH di 7,5
	Fosfato naturale (p.es. iperfosfato)	Azione molto lenta	Impiego su suoli acidi (pH < 5,8) e leggermente acidi (pH 5,9-6,7)
Potassio	Cloruro di potassio (p.es. sali di potassio)	Solubile in acqua Azione rapida Rischio di dilavamento su suoli sabbiosi Contiene dal 40 al 50% di cloro	Limitare i singoli apporti a 300 kg/ha di K ₂ O Distribuire in primavera su suoli molto sabbiosi Ridurre l'apporto su colture sensibili al cloro
	Solfato di potassio (p.es. solfato di potassio; solfato doppio di potassio e magnesio (patentkali))	Solubile in acqua Azione rapida Leggermente acidificante Contiene dal 15 al 20% di zolfo	Impiego su colture sensibili al cloro Impiego su colture che necessitano di apporti di zolfo Impiego su colture che prediligono un ambiente acido
	Nitrato di potassio	Solubile in acqua Azione rapida	Idoneo per la concimazione fogliare Concime speciale per casi particolari (ortaggi, tabacco)
Magnesio	Solfato di magnesio (p.es. Kieserite; Epsomite (solfato di magnesio eptaidrato))	Solubile in acqua Azione rapida Rischio di dilavamento su suoli sabbiosi	Impiego in caso di acuta carenza di magnesio (concimazione fogliare con Epsomite, concimazione classica con solfato di magnesio) Distribuire in primavera su suoli sabbiosi
	Carbonato di magnesio	Poco solubile Azione lenta e persistente Debole rischio di dilavamento	Adatto a prevenire deboli carenze su suoli acidi Adatto al mantenimento della fertilità su suoli neutri, leggermente acidi e acidi
	Ossido di magnesio	Azione lenta e persistente	Adatto al mantenimento della fertilità su tutti i tipi di suolo

Tabella 56 (continuazione) - Caratteristiche delle diverse forme di elementi nutritivi

Elemento	Forma	Caratteristiche	Raccomandazioni
Zolfo	Solfato	Solubile in acqua Azione rapida Forte rischio di dilavamento	Adattare dose ed epoca di distribuzione alle esigenze della pianta ed alle sue capacità d'assorbimento
	Organico	Azione da lenta a molto lenta e incerta Mineralizzazione incontrollabile, perché effettuata dai microrganismi; conseguente rischio di dilavamento se riposo vegetativo o assenza colture	Evitare apporti importanti e saltuari in favore di apporti regolari e moderati Limitare l'assenza di colture durante il periodo vegetativo (la mineralizzazione incontrollabile aumenta il rischio di dilavamento)

Tabella 57 - Principali proprietà di alcuni ammendanti calcarei

Denominazione commerciale	Tenore in ossido di calcio (CaO)		Tenore in elementi secondari	Velocità di neutralizzazione
	Formula chimica	Tenore in CaO da considerare per la neutralizzazione (%)		
Calcare Roccia calcarea macinata Carbonato di calcio	CaCO ₃	50		Lenta
Calce d'alghe marine	CaCO ₃ /MgCO ₃	50	2-3% Mg	Lenta
Dolomia	CaCO ₃ /MgCO ₃	50	12% Mg	Lenta
Calce spenta	Ca(OH) ₂	55		Rapida
Calce viva	CaO	75		Rapida
Calce d'Aarberg	CaCO ₃	32	30% H ₂ O 1,1% P ₂ O ₅ 0,6% Mg 0,3% N	Media

Tabella 58 - Concimi minerali contenenti zolfo

Concime	Tenore in zolfo (% S)
Solfato ammonico	24
Solfato di magnesio (Kieserite)	20
Solfato doppio di potassio e magnesio (patentkali)	18
Solfato di potassio	18
Superfosfato	12
Supertriplo	1,5
Concimi composti	Variabile (vedi imballaggio)
Epsomite (solfato di magnesio eptaidrato), concimazione fogliare 10-20 kg in 1000 litri d'acqua	13

Tabella 59 - Influsso di alcuni concimi sul pH del suolo

Azione acidificante	Azione neutra o alcalinizzante
Concimi solforici	Calcio cianamide, nitrato di calcio
Concimi ammoniacali	Scorie Thomas, Scorilor
Urea	Iperfosfato
Superfosfato, supertriplo	Liquame suino
Liquame bovino	Ammendanti calcarei (tabella 57)

19.2 Tenore in elementi nutritivi dei principali prodotti vegetali e animali

Tabella 60a - Tenore in elementi nutritivi dei principali prodotti vegetali

Se non c'è differenziazione tra coltura autunnale e coltura primaverile, i tenori sono uguali.

Coltura	Resa del prodotto raccolto (q/ha)	Prodotto	SS (%)	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza fresca)											
				N			P ₂ O ₅ (P)			K ₂ O (K)			Mg		
				inf	sup	val.	inf	sup	val.	inf	sup	val.	inf	sup	val.
Cereali e mais															
Frumento autunnale (panificabile e da biscotti)	60	granella	85	15,0	25,0	20,2	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,2 (3,6)	3,0 (2,5)	6,0 (5)	4,3 (3,6)	0,8	1,2	1,2
	70	paglia	85	3,0	7,0	3,1	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	1,9 (0,8)	7,0 (5,8)	15,0 (12,5)	10,7 (8,9)	0,6	1,0	0,7
Frumento autunnale da foraggio	75	granella	85	15,0	25,0	17,3	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,2 (3,6)	3,0 (2,5)	6,0 (5)	4,3 (3,6)	0,8	1,2	1,2
	75	paglia	85	2,0	7,0	2,8	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	1,9 (0,8)	7,0 (5,8)	15,0 (12,5)	10,7 (8,9)	0,6	1,0	0,7
Frumento primaverile	50	granella	85	18,0	26,0	20,2	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,2 (3,6)	3,0 (2,5)	5,0 (4,2)	4,3 (3,6)	1,0	1,4	1,2
	60	paglia	85	3,0	7,0	3,1	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	1,9 (0,8)	8,0 (6,6)	14,0 (11,6)	10,7 (8,9)	0,3	0,7	0,7
Orzo autunnale	60	granella	85	13,0	17,0	14,8	8,0 (3,5)	10,0 (4,4)	8,4 (3,7)	4,0 (3,3)	8,0 (6,6)	5,4 (4,5)	0,8	1,2	1,1
	60	paglia	85	3,0	6,0	4,3	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	2,2 (1)	12,0 (10)	24,0 (19,9)	16,0 (13,3)	0,2	0,6	0,6
Orzo primaverile	55	granella	85	10,0	16,0	14,8	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,4 (3,7)	5,0 (4,2)	7,0 (5,8)	5,4 (4,5)	0,9	1,3	1,1
	55	paglia	85	3,0	7,0	4,3	1,0 (0,4)	3,0 (1,3)	2,2 (1)	16,0 (13,3)	24,0 (19,9)	16,0 (13,3)	0,2	0,6	0,6
Avena autunnale	55	granella	85	13,0	19,0	16,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,0
	70	paglia	85	3,0	7,0	5,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	2,7 (1,2)	18,0 (14,9)	24,0 (19,9)	21,0 (17,4)	0,6	1,2	0,9
Avena primaverile	55	granella	85	13,0	19,0	16,5	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,0
	70	paglia	85	3,0	7,0	4,1	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	2,7 (1,2)	18,0 (14,9)	24,0 (19,9)	21,0 (17,4)	0,6	1,2	0,9
Segale autunnale	55	granella	85	13,0	18,0	13,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,1
	70	paglia	85	3,0	7,0	3,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,0 (0,9)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,8	1,2	1,0
Segale ibrida autunnale	65	granella	85	13,0	18,0	13,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,1
	75	paglia	85	3,0	7,0	3,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,0 (0,9)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,8	1,2	1,0
Spelta	45	granella	85	14,0	18,0	16,0	7,0 (3,1)	9,0 (3,9)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,9	1,3	1,1
	70	paglia	85	3,0	7,0	5,0	2,0 (0,9)	3,0 (1,3)	2,5 (1,1)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,8	1,2	1,0
Triticale autunnale	60	granella	85	15,0	20,0	16,0	7,0 (3,1)	11,0 (4,8)	7,2 (3,1)	4,0 (3,3)	7,0 (5,8)	4,9 (4,1)	0,8	1,2	0,9
	75	paglia	85	3,0	10,0	3,3	1,0 (0,4)	4,0 (1,7)	1,4 (0,6)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	18,0 (14,9)	0,6	0,9	0,6
Triticale primaverile	55	granella	85	15,0	20,0	16,0	7,0 (3,1)	11,0 (4,8)	7,2 (3,1)	4,0 (3,3)	7,0 (5,8)	4,9 (4,1)	0,8	1,2	0,9
	70	paglia	85	3,0	10,0	3,3	1,0 (0,4)	4,0 (1,7)	1,4 (0,6)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	18,0 (14,9)	0,6	0,9	0,6
Farro, piccola spelta	25	granella	85	17,0	27,0	22,0	6,0 (2,6)	10,0 (4,4)	8,0 (3,5)	4,0 (3,3)	6,0 (5)	5,0 (4,2)	0,8	2,0	1,4
	45	paglia	85	3,0	5,0	4,0	2,0 (0,9)	4,0 (1,7)	3,0 (1,3)	7,0 (5,8)	11,0 (9,1)	9,0 (7,5)	0,4	0,8	0,6

Tabella 60a (cont.) - Tenore in elementi nutritivi dei principali prodotti vegetali
 Se non c'è differenziazione tra coltura autunnale e coltura primaverile, i tenori sono uguali.

Coltura	Resa del prodotto raccolto (q/ha)	Prodotto	SS (%)	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza fresca)											
				N			P ₂ O ₅ (P)			K ₂ O (K)			Mg		
				inf	sup	val.	inf	sup	val.	inf	sup	val.	inf	sup	val.
Mais da granella	95	granella	85	11,0	15,0	13,0	4,0	8,0	5,9	4,0	6,0	4,0	0,6	1,4	0,9
	105	paglia	85	4,0	8,0	7,3	2,0	5,0	2,4	14,0	30,0	17,4	0,7	1,9	1,3
Mais da silo	170	pianta intera	100	10,0	15,0	11,8	4,0	7,0	4,8	10,0	21,0	13,0	0,9	1,5	1,3
Mais "verde" (consumo fresco)	60	pianta intera	100	14,0	24,0	19,0	5,0	8,0	6,5	22,0	32,0	27,0	0,8	1,2	1,0
Tuberi e radici															
Patate per il consumo e per l'industria di trasformazione	450	tuberi	22	2,0	4,0	3,0	1,0	2,0	1,3	4,0	6,0	5,4	0,2	0,2	0,2
	200	fogliame	14	0,9	2,0	1,4	0,3	1,0	0,5	4,0	9,0	6,5	0,2	0,5	0,4
Patate precoci	300	tuberi	18	1,0	3,0	2,3	1,0	2,0	1,5	4,0	6,0	5,0	0,2	0,2	0,2
	200	fogliame	8	2,0	5,0	3,3	0,5	1,0	0,7	4,0	10,0	7,0	0,3	0,8	0,6
Patate da seme (tuberi)	250	tuberi	18	1,0	3,0	2,3	1,0	2,0	1,5	4,0	6,0	5,0	0,2	0,2	0,2
	200	fogliame	8	2,0	5,0	3,3	0,5	1,0	0,7	4,0	10,0	7,0	0,3	0,8	0,6
Bietola da zucchero	750	radici	22	1,0	3,0	1,2	0,6	1,0	0,6	2,0	4,0	2,0	0,2	0,4	0,3
	500	foglie e colletti	15	2,0	4,0	3,3	0,6	2,0	0,8	5,0	7,0	6,3	0,4	1,0	0,9
Bietola da foraggio	175	radici	100	9,0	13,0	11,0	4,0	6,0	5,0	15,0	21,0	18,0	1,1	1,5	1,3
	400	foglie	15	2,0	5,0	3,5	0,6	1,0	0,8	6,0	8,0	7,0	0,5	1,3	0,9
Oleaginose e piante da fibra															
Colza autunnale	35	granella	90	26,0	34,0	26,1	13,0	19,0	14,6	8,0	11,0	8,5	2,0	3,2	2,4
	65	paglia	85	5,0	10,0	7,0	2,0	4,0	2,0	12,0	18,0	12,4	0,6	2,0	0,6
Colza primaverile	25	granella	90	26,0	34,0	26,1	13,0	19,0	14,6	8,0	11,0	8,5	2,0	3,2	2,6
	45	paglia	85	5,0	10,0	7,0	2,0	4,0	2,0	12,0	18,0	12,4	1,0	2,0	1,5
Girasole	30	granella	85	28,0	35,0	31,5	9,0	13,0	11,0	7,0	10,0	8,4	2,3	3,7	3,0
	60	paglia	60	8,0	10,0	9,0	2,0	3,0	2,7	55,0	68,0	61,5	6,5	8,5	7,5
Canapa da olio	13	granella	90	40,0	52,0	46,0	20,0	30,0	25,0	7,0	15,0	11,0	4,1	6,7	5,4
	60	paglia	85	7,0	11,0	9,0	3,0	5,0	4,0	10,0	18,0	14,0	1,0	2,0	1,5
Canapa da fibra	100	steli	85	2,0	4,0	3,0	2,0	4,0	3,0	7,0	11,0	9,0	0,3	0,7	0,5
	40	foglie/ granella,	90	23,0	32,0	27,5	12,0	18,0	15,0	20,0	35,0	27,5	3,0	7,0	5,0

Tabella 60a (cont.) - Tenore in elementi nutritivi dei principali prodotti vegetali
 Se non c'è differenziazione tra coltura autunnale e coltura primaverile, i tenori sono uguali.

Coltura	Resa del prodotto raccolto (q/ha)	Prodotto	SS (%)	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza fresca)											
				N			P ₂ O ₅ (P)			K ₂ O (K)			Mg		
				inf	sup	val.	inf	sup	val.	inf	sup	val.	inf	sup	val.
Lino da olio	20	granella	90	45,0	64,0	54,5	9,0 (3,9)	15,0 (6,5)	12,0 (5,2)	7,0 (5,8)	12,0 (10)	9,5 (7,9)	0,3	0,7	0,5
	25	paglia	85	4,0	8,0	6,0	4,0 (1,7)	6,0 (2,6)	5,0 (2,2)	13,0 (10,8)	23,0 (19,1)	18,0 (14,9)	0,5	1,2	0,9
Lino da fibra	45	paglia	85	8,0	12,0	10,0	6,0 (2,6)	8,0 (3,5)	7,0 (3,1)	15,0 (12,5)	25,0 (20,8)	20,0 (16,6)	1,0	3,0	2,0
	15	granella	90	45,0	64,0	54,5	9,0 (3,9)	15,0 (6,5)	12,0 (5,2)	7,0 (5,8)	12,0 (10)	9,5 (7,9)	0,3	0,7	0,5
Miscanto	200	pianta intera	100	1,0	3,0	2,1	0,8 (0,3)	2,0 (0,9)	1,0 (0,4)	4,0 (3,3)	7,0 (5,8)	5,6 (4,6)	0,2	0,3	0,3
Kenaf	50	pianta intera	100	15,0	25,0	20,0	9,0 (3,9)	15,0 (6,5)	12,0 (5,2)	12,0 (10)	20,0 (16,6)	16,0 (13,3)	1,0	3,0	2,0
Leguminose da granella															
Piselli proteici	40	granella	85	30,0	40,0	35,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	10,0 (8,3)	14,0 (11,6)	12,0 (10)	0,9	1,5	1,2
	50	paglia	85	16,0	24,0	20,0	5,0 (2,2)	10,0 (4,4)	7,5 (3,3)	13,0 (10,8)	19,0 (15,8)	16,0 (13,3)	1,8	2,6	2,2
Favino	40	granella	85	30,0	50,0	40,0	11,0 (4,8)	17,0 (7,4)	14,0 (6,1)	10,0 (8,3)	18,0 (14,9)	14,0 (11,6)	2,0	3,0	2,5
	45	paglia	85	20,0	40,0	30,0	3,0 (1,3)	4,0 (1,7)	3,5 (1,5)	15,0 (12,5)	25,0 (20,8)	20,0 (16,6)	2,8	3,8	3,3
Soia	30	granella	85	45,0	75,0	60,0	10,0 (4,4)	18,0 (7,8)	11,7 (5,1)	15,0 (12,5)	23,0 (19,1)	19,3 (16)	2,0	3,0	2,0
	30	paglia	85	25,0	45,0	35,0	10,0 (4,4)	15,0 (6,5)	11,7 (5,1)	20,0 (16,6)	40,0 (33,2)	21,4 (17,8)	2,9	8,0	2,9
Lupino dolce	30	granella	88	45,0	65,0	55,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	11,0 (9,1)	16,0 (13,3)	13,5 (11,2)	1,6	2,4	2,0
	30	paglia	85	25,0	45,0	35,0	3,0 (1,3)	5,0 (2,2)	4,0 (1,7)	15,0 (12,5)	25,0 (20,8)	20,0 (16,6)	3,0	5,0	4,0
Colture intercalari e sovesci															
Sovescio (con leguminose)	25	pianta intera	100	20,0	36,0	28,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	24,0 (19,9)	48,0 (39,8)	36,0 (29,9)	1,5	2,5	2,0
Sovescio (senza leguminose)	25	pianta intera	100	20,0	36,0	28,0	8,0 (3,5)	12,0 (5,2)	10,0 (4,4)	24,0 (19,9)	48,0 (39,8)	36,0 (29,9)	1,5	2,5	2,0
Colture intercalari (ad ogni utilizzazione)	25	pianta intera	100	24,0	32,0	28,0	8,0 (3,5)	11,0 (4,8)	9,5 (4,1)	25,0 (20,8)	45,0 (37,4)	35,0 (29,1)	2,0	3,0	2,5
Tabacco															
Tabacco Burley	25	foglie	100	25,0	35,0	30,0	6,0 (2,6)	8,0 (3,5)	7,3 (3,2)	40,0 (33,2)	60,0 (49,8)	50,0 (41,5)	2,3	3,3	2,8
	30	steli	100	20,0	26,0	23,0	6,0 (2,6)	8,0 (3,5)	7,3 (3,2)	35,0 (29,1)	55,0 (45,7)	45,0 (37,4)	1,5	2,5	2,0
Tabacco Virginia	25	foglie	100	20,0	30,0	25,0	5,0 (2,2)	6,0 (2,6)	5,5 (2,4)	40,0 (33,2)	55,0 (45,7)	47,5 (39,4)	1,5	2,5	2,0
	25	steli	100	8,0	12,0	10,0	7,0 (3,1)	10,0 (4,4)	8,5 (3,7)	40,0 (33,2)	60,0 (49,8)	50,0 (41,5)	3,0	5,0	4,0

Tabella 60b - Tenore in elementi nutritivi di prati e pascoli

Prati e pascoli	Tenore in SS (%)	Tenori in elementi nutritivi (kg/t di sostanza secca)				
		N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	Ca
Prati intensivi	100	22 - 27 ¹	6,5-9,5 ² (2,8-4,1)	21-43 ³ (17,4-35,7)	2-3 ⁴	6-10 ⁵
Prati medio intensivi	100	16 - 23 ¹	6-9 ² (2,6-3,9)	16-38 ³ (13,3-31,5)	1,8-2,8 ⁴	5,5-9,5 ⁵
Prati poco intensivi	100	12 - 20 ¹	5,5-8,0 ² (2,4-3,5)	12-33 ³ (10,0-27,4)	1,6-2,6 ⁴	4-9 ⁵
Prati estensivi	100	10 - 15 ¹	5-7 ² (2,2-3,1)	12-28 ³ (10,0-23,2)	1,5-2,5 ⁴	3,5-7,5 ⁵
Pascoli intensivi	100	24 - 30 ¹	7-10 ² (3,1-4,4)	25-46 ³ (20,8-38,2)	2-3 ⁴	6,5-10 ⁵
Pascoli medio intensivi	100	18 - 26 ¹	6,5-9,5 ² (2,8-4,1)	19-42 ³ (15,8-34,9)	1,8-2,8 ⁴	6-9,5 ⁵
Pascoli poco intensivi	100	13 - 22 ¹	6,0-8,5 ² (2,6-3,7)	14-37 ³ (11,6-30,7)	1,6-2,6 ⁴	4,5-9 ⁵
Pascoli estensivi	100	10 - 20 ¹	5,5-7,5 ² (2,4-3,3)	12-33 ³ (10,0-27,4)	1,5-2,5 ⁴	4-7,5 ⁵
Leguminose in purezza (produzione di semente)	100	20 - 40	4-10 (1,7-4,4)	16-39 (13,3-32,4)	1,4-3	12-18
Graminacee in purezza (produzione di semente)	100	12-26	4-11 (1,7-4,8)	14-39 (11,6-32,4)	1,4-3	3-6

- 1 Un foraggio ricco in graminacee contiene dal 5 al 10% in meno di azoto, uno ricco in leguminose dal 10 al 25% in più e un foraggio ricco in "altre erbe" fino al 10% in più.
- 2 I prelievi di fosforo per un prato ricco in leguminose o in graminacee sono comparabili a quelli di un prato con composizione equilibrata; un foraggio ricco in altre piante contiene dal 10 al 20% in più di fosforo.
- 3 Il valore inferiore indica il prelievo per prati con un approvvigionamento normale in potassio; il valore superiore corrisponde alla situazione, più frequente, di un'offerta eccessiva in potassio; i valori indicati valgono anche per prati ricchi in graminacee o leguminose; un prato dove dominano le "altre erbe" preleva dal 10 al 20% in più di potassio.
- 4 Questi valori sono poco influenzati dalla percentuale di graminacee o leguminose presenti; un prato ricco di "altre erbe" preleva dal 10 al 20% in più di magnesio; un prato a luglio italico può produrre un foraggio che contiene il 15% in meno di magnesio, soprattutto in primavera; in estate, i valori dei prelievi sono generalmente del 30% maggiori rispetto a quelli primaverili.
- 5 Un prato ricco in graminacee preleva il 20% in meno di calcio; un prato ricco in leguminose o in "altre erbe" dal 20 al 50% in più; in estate i valori dei prelievi per unità di resa sono mediamente del 20% maggiori rispetto a quelli primaverili.

Tabella 61 - Tenore in elementi nutritivi dei principali prodotti animali e del latte

Questi valori sono stati utilizzati per elaborare i bilanci, che hanno permesso di determinare gli elementi nutritivi nelle deiezioni animali.

Specie animale/prodotto	Tenore in elementi nutritivi (g/kg peso vivo; g/l)				
	N	P ₂ O ₅ (P)	K ₂ O (K)	Mg	Ca
Vacca da latte	25	13,8 (6)	1,9 (1,6)	0,5	11,6
Vitello	24	13,4 (5,85)	2,2 (1,6)	0,35	11
Toro da ingrasso	28	16,1 (7)	2,5 (2,1)	0,4	13
Pecora	22	13,8 (6)	1,4 (1,2)	0,3	11
Capra	26	13,8 (6)	2,3 (1,9)	0,4	11
Suinetto	24,6	12,2 (5,3)	2,2 (1,8)	0,35	7,8
Suino da ingrasso ¹	22,2	12,2 (5,3)	1,9 (1,6)	0,35	8,7
Aumento di peso (25-120 kg)	21,4	12,2 (5,3)	1,8 (1,5)	0,35	9
Volatili	26	11,9 (5,2)	2,9 (2,4)	0,3	10
Latte	5,5	2,2 (0,96)	1,66 (1,38)	0,12	1,25
Uova	18	4,1 (1,8)	1,4 (1,2)	0,5	33

- 1 La scrofa non viene generalmente presa in considerazione nei bilanci (al massimo, viene equiparata ai suini da ingrasso).

19.3 Tavola di conversione

Tabella 62 - Fattori di conversione tra diverse forme di elementi nutritivi

Forma nota		Fattore di conversione	Forma cercata	
Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale		Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale
N	Azoto	4,427	NO ₃ ⁻	Nitrato
N	Azoto	1,214	NH ₃	Ammoniaca
N	Azoto	1,286	NH ₄ ⁺	Ammonio
N	Azoto	2,857	NH ₄ NO ₃	Nitrato ammonico
N	Azoto	4,716	(NH ₄) ₂ SO ₄	Solfato ammonico
N	Azoto	2,144	CH ₄ N ₂ O	Urea
NO ₃ ⁻	Nitrato	0,226	N	Azoto
NH ₃	Ammoniaca	0,824	N	Azoto
NH ₄ ⁺	Ammonio	0,778	N	Azoto
NH ₄ NO ₃	Nitrato ammonico	0,350	N	Azoto
(NH ₄) ₂ SO ₄	Solfato ammonico	0,212	N	Azoto
CH ₄ N ₂ O	Urea	0,466	N	Azoto
P	Fosforo	2,291	P ₂ O ₅	Anidride fosforica (unità convenzionale)
P ₂ O ₅	Anidride fosforica (unità convenzionale)	0,436	P	Fosforo
K	Potassio	1,205	K ₂ O	Ossido di potassio (unità convenzionale)
K ₂ O	Ossido di potassio (unità convenzionale)	0,830	K	Potassio
Ca	Calcio	2,497	CaCO ₃	Calcare
Ca	Calcio	1,399	CaO	Calce viva (ossido di Ca)
Ca	Calcio	1,850	Ca(OH) ₂	Calce spenta
Ca	Calcio	4,297	CaSO ₄ •2H ₂ O	Solfato di calcio idrato (gesso)
CaO	Calce viva (ossido di Ca)	0,715	Ca	Calcio
CaO	Calce viva (ossido di Ca)	1,785	CaCO ₃	Calcare
CaO	Calce viva (ossido di Ca)	1,321	Ca(OH) ₂	Calce spenta
Ca(OH) ₂	Calce spenta	0,540	Ca	Calcio
Ca(OH) ₂	Calce spenta	0,757	CaO	Calce viva (ossido di Ca)
Ca(OH) ₂	Calce spenta	1,351	CaCO ₃	Calcare
CaCO ₃	Calcare	0,400	Ca	Calcio
CaCO ₃	Calcare	0,561	CaO	Calce viva (ossido di Ca)
CaCO ₃	Calcare	0,740	Ca(OH) ₂	Calce spenta
CaSO ₄ •2H ₂ O	Solfato di calcio idrato (gesso)	0,233	Ca	Calcio
Mg	Magnesio	1,658	MgO	Ossido di magnesio
Mg	Magnesio	4,951	MgSO ₄	Solfato di magnesio
Mg	Magnesio	3,472	MgCO ₃	Carbonato di magnesio
MgO	Ossido di magnesio	0,603	Mg	Magnesio
MgO	Ossido di magnesio	2,986	MgSO ₄	Solfato di magnesio
MgO	Ossido di magnesio	2,093	MgCO ₃	Carbonato di magnesio
MgSO ₄	Solfato di magnesio	0,202	Mg	Magnesio
MgSO ₄	Solfato di magnesio	0,335	MgO	Ossido di magnesio
MgSO ₄	Solfato di magnesio	0,701	MgCO ₃	Carbonato di magnesio
MgCO ₃	Carbonato di magnesio	0,288	Mg	Magnesio
MgCO ₃	Carbonato di magnesio	0,476	MgO	Ossido di magnesio
MgCO ₃	Carbonato di magnesio	1,427	MgSO ₄	Solfato di magnesio
S	Zolfo	2,995	SO ₄ ⁻	Solfato
S	Zolfo	2,498	SO ₃ ⁻	Solfito

Tabella 62 (cont.) - Fattori di conversione tra diverse forme di elementi nutritivi

Forma nota		Fattore di conversione	Forma cercata	
Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale		Elemento chimico o molecola	Denominazione usuale
SO ₄ ⁻	Solfato	0,334	S	Zolfo
SO ₃ ⁻	Solfito	0,401	S	Zolfo
B	Boro	5,627	H ₃ BO ₃	Acido borico
B	Boro	8,819	Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O	Borace
B	Boro	3,220	B ₂ O ₃	Anidride borica
B ₂ O ₃	Anidride borica	0,311	B	Boro
B ₂ O ₃	Anidride borica	1,777	H ₃ BO ₃	Acido borico
B ₂ O ₃	Anidride borica	2,739	Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O	Borace
H ₃ BO ₃	Acido borico	0,178	B	Boro
H ₃ BO ₃	Acido borico	1,567	Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O	Borace
H ₃ BO ₃	Acido borico	0,572	B ₂ O ₃	Anidride borica
Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O	Borace	0,113	B	Boro
Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O	Borace	0,638	H ₃ BO ₃	Acido borico
Na ₂ B ₄ O ₇ •10H ₂ O	Borace	0,365	B ₂ O ₃	Anidride borica
Mn	Manganese	4,061	MnSO ₄ •4H ₂ O	Solfato di manganese
Mn	Manganese	3,603	MnCl ₂ •4H ₂ O	Cloruro di manganese
MnSO ₄ •4H ₂ O	Solfato di manganese	0,246	Mn	Manganese
MnCl ₂ •4H ₂ O	Cloruro di manganese	0,278	Mn	Manganese
Cu	Rame	3,928	CuSO ₄ •5H ₂ O	Solfato di rame
CuSO ₄ •5H ₂ O	Solfato di rame	0,255	Cu	Rame
Fe	Ferro	4,979	FeSO ₄ •7H ₂ O	Solfato di ferro
FeSO ₄ •7H ₂ O	Solfato di ferro	0,201	Fe	Ferro
Zn	Zinco	4,398	ZnSO ₄ •7H ₂ O	Solfato di zinco
ZnSO ₄ •7H ₂ O	Solfato di zinco	0,227	Zn	Zinco
Mo	Molibdeno	1,840	(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ •4H ₂ O	Molibdato di ammonio
Mo	Molibdeno	2,522	Na ₂ MoO ₄ •2H ₂ O	Molibdato di sodio
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ •4H ₂ O	Molibdato di ammonio	0,543	Mo	Molibdeno
Na ₂ MoO ₄ •2H ₂ O	Molibdato di sodio	0,397	Mo	Molibdeno

19.4 Leggi e ordinanze concernenti il commercio e l'impiego di concimi

- RS 916.171** Ordinanza del 10 gennaio 2001 sulla messa in commercio di concimi (Ordinanza sui concimi, OCon)
- RS 916.171.1** Ordinanza del DFE del 16 novembre 2007 sulla messa in commercio di concimi (Ordinanza DFE sul libro dei concimi, OLCon)
- RS 910.18** Ordinanza del 22 settembre 1997 sull'agricoltura biologica e la designazione dei prodotti e delle derrate alimentari ottenuti biologicamente (Ordinanza sull'agricoltura biologica) Concimazione (art. 12)
- RS 910.181** Ordinanza del DFE del 22 settembre 1997 sull'agricoltura biologica
Concimi (art. 2)
Concimi, preparati e substrati autorizzati (allegato 2)
- RS 814.20** Legge federale del 24 gennaio 1991 sulla protezione delle acque (LPAc)
Obbligo di diligenza (art. 3)
Principio (art. 6)
Casi particolari nel perimetro delle canalizzazioni pubbliche (art. 12 cpv. 4)
Aziende con allevamento di bestiame da reddito (art. 14)
Costruzione e controllo di impianti e installazioni (art. 15)
Sfruttamento del suolo (art. 27)
Consulenza in materia di concimazione (art. 51)
Impianti per il deposito dei concimi aziendali (art. 77)
Quantità massime di concime autorizzate (art. 78)
- RS 814.01** Legge federale del 7 ottobre 1983 sulla protezione dell'ambiente (Legge sulla protezione dell'ambiente, LPAmb)
Utilizzazione conforme alle esigenze ecologiche (art. 28)
Obbligo d'informare (art. 46)
- RS 814.81** Ordinanza del 18 maggio 2005 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)
- RS 814.201** Ordinanza del 28 ottobre 1998 sulla protezione delle acque (OPAc)
Aziende con allevamento di bestiame da reddito (art. 22)
Unità di bestiame grosso-fertilizzazione (UBGF) (art. 23)
Raggio d'esercizio d'uso locale (art. 24)
Deroghe alle esigenze sulla superficie utile (art. 25)
Contratti di ritiro del concime (art. 26)
Registro delle forniture di concime aziendale (art. 27)
Controllo degli impianti adibiti al deposito dei concimi aziendali (art. 28)
- RS 921.0** Legge federale del 4 ottobre 1991 sulle foreste (Legge forestale, LFo)
Sostanze pericolose per l'ambiente (art. 18)
- RS 921.01** Ordinanza del 30 novembre 1992 sulle foreste (OFo)
Sezione 3: Impiego di sostanze pericolose per l'ambiente
Concimi (art. 27)
- RS 910.13** Ordinanza del 7 dicembre 1998 concernente i pagamenti diretti all'agricoltura (Ordinanza sui pagamenti diretti, OPD)
Bilancio di concimazione equilibrato (art. 6)
Allegato (cap. 3 tit. 1) Prova che le esigenze ecologiche sono rispettate: regole tecniche
Bilancio di concimazione equilibrato (cifra 2)
- RS 910.133** Ordinanza del 29 marzo 2000 concernente i contributi d'estivazione (Ordinanza sui contributi d'estivazione, OCEst)
Determinazione del carico usuale e carico normale (art. 6)

Tabella 63 - Elenco delle abbreviazioni e loro descrizione

Abbreviazione	Descrizione
B	Boro
Ca	Calcio
Ca(OH) ₂	Calce spenta, idrossido di calcio, calce spenta
CaCO ₃	Calcere, carbonato di calcio, calcare
CaO	Calce viva, ossido di calcio, calce viva
Cl	Cloro
Compost di letame	Letame stoccato per più di 6 mesi e rivoltato a più riprese. La struttura della paglia/lettieria non è più riconoscibile. Il colore è marrone scuro. Materiale di base: letame bovino fresco o di stabulazione libera, letame di altre specie animali.
CSC	Capacità di scambio cationico
Cu	Rame
EDS	Energia digeribile suini
Efficacia dell'N	Efficacia dell'azoto contenuto nei concimi aziendali, o nei concimi provenienti dal riciclaggio, sulle rese e sulla qualità delle piante. Le indicazioni sono espresse in percentuale rispetto all'efficacia di una quantità equivalente d'azoto, fornita sotto forma di concime minerale (generalmente nitrato ammonico). Nelle colture che non crescono durante l'intera stagione vegetativa (p.es. cereali, patate), o in caso d'impiego non ottimale dei concimi aziendali, l'efficacia dell'azoto è sovente inferiore, perché aumentano le perdite.
Escrementi di volatili	Contengono tutte le deiezioni di volatili provenienti da sistemi di stabulazione con nastro per escrementi.
Fe	Ferro
K ₂ O	Potassa, ossido di potassio, potassa
Letame compostato	Letame stoccato per più di 3 mesi e rivoltato almeno una volta. La struttura della paglia/lettieria è difficilmente riconoscibile. Il colore è marrone. Materiale di base: letame bovino fresco o di stabulazione libera, letame di altre specie animali.
Letame di cavallo, pecora, capra, vitello	Letame ammucciato per più di 3 mesi, senza cure particolari, in una struttura con fondo duro, posta all'esterno della stalla. La struttura della paglia/lettieria è ancora chiaramente riconoscibile. Contiene la lettiera, la totalità delle feci e una proporzione variabile di urina.
Letame di mucchio	Letame ammucciato per più di 3 mesi, senza cure particolari, in una struttura con fondo duro, posta all'esterno della stalla. La struttura della paglia/lettieria è ancora chiaramente riconoscibile. Il colore è scuro (da marrone a verdastro). Materiale di base: letame bovino fresco.
Letame di stabulazione libera	Letame proveniente da stalle a stabulazione libera. Contiene la totalità delle feci, dell'urina e della lettiera.
Letame fresco	Letame con una durata di stoccaggio inferiore a un mese.
Liquame completo, liquame completo suino	Contiene tutte le deiezioni animali ed, eventualmente, la parte della lettiera (paglia triturrata, segatura, trucioli, ecc.).
Liquame povero di sterco	Contiene praticamente tutta l'urina e una parte variabile di sterco (a seconda del sistema di stabulazione e della quantità di lettiera).
Mg	Magnesio
MgCO ₃	Carbonato di magnesio
MJ	Megajoule
Mn	Manganese
Mo	Molibdeno
N	Azoto
N solubile	Percentuale di azoto solubile nell'acqua (ammonio, urea, ecc.) delle deiezioni animali e dei concimi aziendali.

Tabella 63 (continuazione) - Elenco delle abbreviazioni e loro descrizione

Abbreviazione	Descrizione
N_{disp}	Azoto disponibile. Percentuale disponibile, a breve e medio termine, dell'azoto totale contenuto: nei residui colturali, nei concimi aziendali, in quelli provenienti dal riciclaggio e nei sovesci (se gestiti in modo ottimale). Questo valore non è identico all'azoto valorizzabile dalle piante poiché una parte dell'azoto organico è disponibile per le piante al di fuori della fase di formazione della resa. Esso può generare un aumento desiderato (p.es. nei cereali) o indesiderato (p.es. nelle barbabietole da zucchero e negli ortaggi a foglia) del contenuto d'azoto nei prodotti raccolti (prodotto principale o sottoprodotto), oppure incrementare il dilavamento dei nitrati, soprattutto in campicoltura e nell'orticoltura da pieno campo.
NH₃	Ammoniaca
NH₄⁺	Ammonio
N_{min}	Azoto minerale del suolo. Comprende l'azoto nitrico e quello ammoniacale, presenti nei campioni di suolo appena raccolti.
NO₃⁻	Nitrato
Norma (N)	Fabbisogno delle colture in concimi azotati per ottenere, in condizioni pedoclimatiche medie, una buona resa, qualitativamente ineccepibile.
Norma (P, K, Mg)	Fabbisogno delle colture in P, K e Mg, per ottenere una buona resa, qualitativamente ineccepibile.
Norma corretta (P, K, Mg)	Fabbisogno delle colture in concimi fosfatici, potassici e magnesiaci, per ottenere una buona resa di qualità ineccepibile, su suoli con fertilità ottimale.
N_{tot}	Azoto totale, indipendentemente dalla forma.
N_{utilizzato}	Percentuale di azoto che si riscontra nella pianta, rispetto a quello fornito dal concime. Si ottiene confrontando i prelievi di azoto tra una superficie concimata e una non concimata.
P₂O₅	Anidride fosforica
PI	Posta per polli da ingrasso
PO	Posta ovaiole
Pollina (galline, polli, tacchini)	Contiene la lettiera e la totalità delle deiezioni dei volatili.
Prelievo	Quantità di elementi nutritivi prelevati dalle piante a partire dal suolo (o dall'aria) dalle piante (senza contare quelli contenuti in stoppie e radici).
PSA	Posta suino d'allevamento
PSI	Posta suino da ingrasso
Residui colturali	Sottoprodotti risultanti dalla produzione vegetale (paglia, parte aerea delle piante di patate, foglie di bietola, ecc.).
S	Zolfo
SB	Tasso di saturazione in basi. Corrisponde alla percentuale della somma degli ioni: calcio, potassio, magnesio e sodio della CSC
SF	Sostanza fresca
SO	Sostanza organica
SO₃⁻	Solfito
SO₄⁻	Solfato
SS	Sostanza secca
UBG	Unità di bestiame grosso
Valori indicativi per i concimi aziendali	Valori calcolati, principalmente, a partire dai piani di foraggiamento (con più razioni a seconda della specie animale). A volte vengono pure utilizzate analisi di concimi aziendali, provenienti da diverse aziende. Saltuariamente, si possono riscontrare variazioni importanti dovute al foraggiamento e al sistema di stabulazione.
Zn	Zinco