

Gli elementi della nutrizione minerale delle piante

Elemento	Ruolo
<u>Carbonio</u>	Componente dell'organizzazione molecolare di tutte le biomolecole (carboidrati, proteine, lipidi, acidi nucleici, alcaloidi, etc.).
<u>Ossigeno</u>	Come il carbonio partecipa alla costituzione molecolare di tutte le biomolecole.
<u>Idrogeno</u>	Componente della costituzione molecolare di tutte le biomolecole. Svolge un ruolo funzionale nel controllare il bilancio ionico, il potenziale di membrana, i processi redox. Fondamentale nel trasferimento dell'energia.
<u>Azoto</u>	Componente della costituzione molecolare di biomolecole quali proteine, acidi nucleici, ormoni, clorofilla, vitamine, enzimi.
<u>Fosforo</u>	Coinvolto nei processi di trasferimento dell'energia. Componente della costituzione molecolare di lipidi, acidi nucleici e, negli organi di riserva, della fitina.
<u>Zolfo</u>	Componente della costituzione molecolare di biomolecole quali amminoacidi, enzimi, cofattori e vitamine. Coinvolto nei processi biosintetici e di trasferimento dell'energia.
<u>Potassio</u>	Ruolo funzionale, stabilizza la conformazione di molti enzimi. Partecipa ai meccanismi di regolazione osmotica e di controllo del bilancio idrico, ionico e del turgore cellulare. Coinvolto nella traslocazione dei prodotti della fotosintesi. Contrasta gli effetti di stress.
<u>Calcio</u>	È necessario per la distensione e la divisione cellulare. Mantiene l'integrità della cellula e la permeabilità delle membrane. Coinvolto nella traslocazione dei carboidrati. Mitiga l'azione tossica dei metalli pesanti. Favorisce l'infezione nodulare dei rizobi.
<u>Magnesio</u>	Componente della clorofilla. Cofattore enzimatico coinvolto nei processi di trasferimento di energia e del fosfato. Stabilizza i ribosomi nella sintesi delle proteine.
<u>Ferro</u>	Cofattore enzimatico nelle ossidoriduttasi partecipa al trasferimento di energia. Coinvolto nella biosintesi della clorofilla nei cloroplasti e nella riduzione di S e N.

Il ciclo del potassio

Il potassio nella pianta

Il potassio è elemento essenziale per tutti gli organismi viventi. Le piante ne assorbono quantità elevate, spesso in eccesso rispetto alle reali esigenze. E' caratterizzato da elevata mobilità. Generalmente viene trasferito dagli organi vegetali più vecchi verso quelli più giovani. Il maggiore assorbimento del nutriente ha luogo durante le fasi dello sviluppo vegetativo. In condizioni metaboliche normali, anche nel corso della maturazione, le radici rilasciano piccole quantità di potassio, non superiori all'1.5% del contenuto totale presente nella pianta. Il potassio svolge nei tessuti vegetali numerose funzioni fisiologiche:

- ❖ contribuisce ad abbassare il potenziale idrico delle radici
- ❖ incrementa l'assorbimento dell'acqua e la pressione radicale
- ❖ esercita influenza sul processo di traspirazione, aumentando il potenziale osmotico delle cellule del mesofillo e regolando il meccanismo di apertura e di chiusura degli stomi.

Il ciclo del potassio

Alta concentrazione endocellulare del nutriente è necessaria per:

- il mantenimento della conformazione attiva di molti sistemi enzimatici
- la regolazione della velocità del turnover dell'azoto e della sintesi proteica
- la neutralizzazione delle cariche di anioni inorganici ed organici durante il trasporto nel floema e nello xilema
- la traslocazione dei prodotti della fotosintesi

E' importante per la formazione della granella dei cereali e risulta indispensabile per lo sviluppo dei tuberi. Aumenta la resistenza delle piante coltivate ad alcune malattie e, rafforzando radici e steli, aiuta a prevenire il fenomeno dell'allettamento che può essere causato da eccessiva somministrazione di azoto.

Il potassio esercita notevole influenza sulla qualità della produzione: alla frutta conferisce sapidità e conservabilità, al tabacco migliore combustibilità e aroma più gradevole.

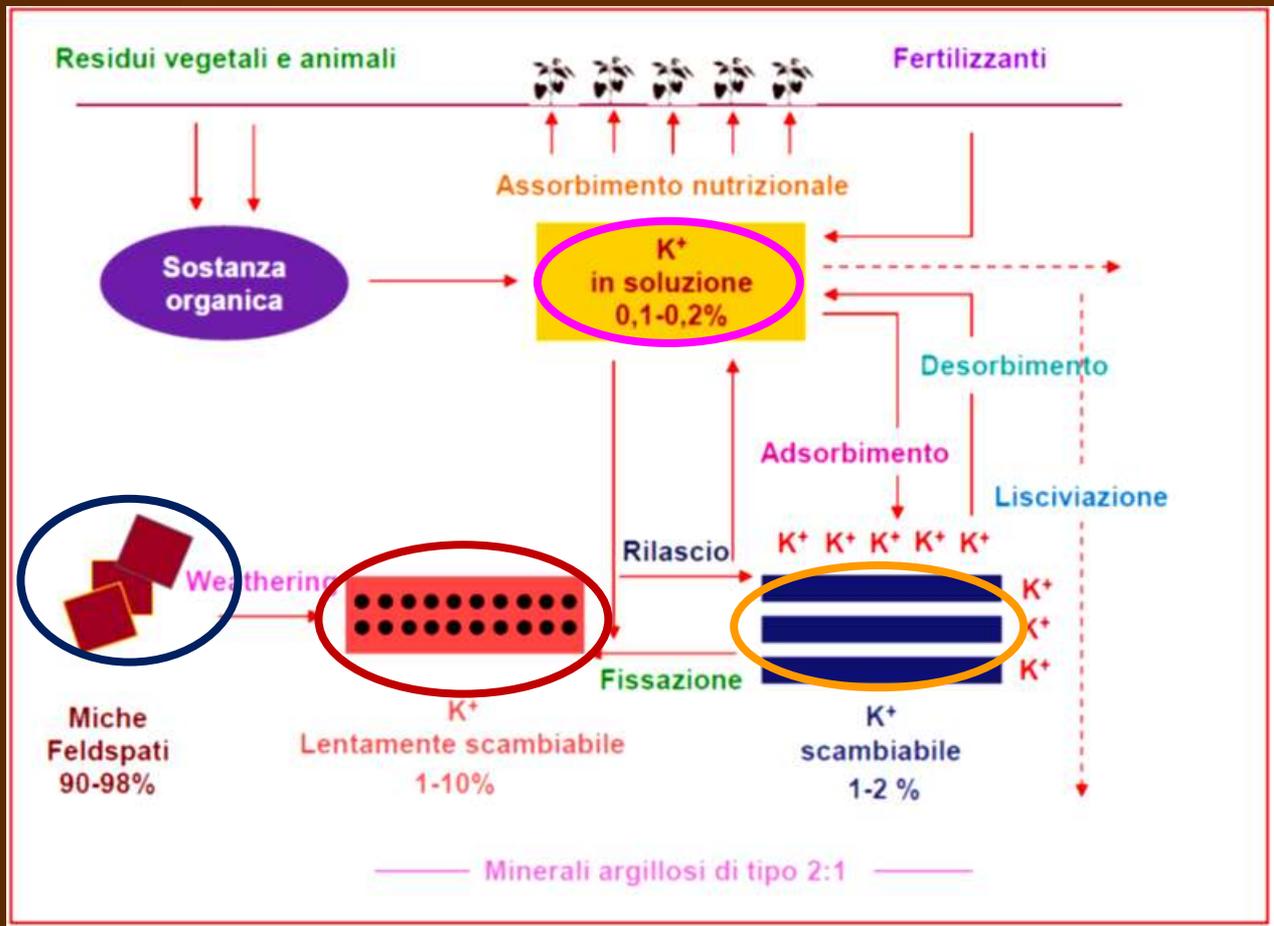
Il potassio nel suolo

Il contenuto di K totale nel suolo è variabile da <0.1 a >3% (mediamente 1-2%) e dipende da:

- ❖ il tipo di matrice litologica che ha originato il suolo
- ❖ il grado di alterazione
- ❖ il contenuto ed i tipo di minerali argillosi
- ❖ le condizioni climatiche
- ❖ erosione e ruscellamento
- ❖ la gestione agronomica

Il K non subisce variazioni nello stato redox ed è presente sempre come ione potassio (K^+) e quindi **non entra** a far parte dell'organizzazione strutturale delle biomolecole.

Il ciclo globale del potassio



(da Violante, 2013)

Apporti

Concimazione
Mineralizzazione dei residui colturali
Alterazione dei costituenti minerali

Perdite

Asportazioni colturali
Lisciviazione
Erosione

Pool solubile
(K soluzione)

Pool scambiabile
(K adsorbito)

Pool lentamente scambiabile
(K fissato)

Pool non scambiabile
(K costituzionale)

Il potassio ha un ciclo biogeochimico sedimentario

Il potassio nel suolo

Il K è presente nel suolo in quattro frazioni a diversa mobilità e disponibilità per la pianta:

- ✓ non scambiabile (minerale) 5,000-25,000 mg kg⁻¹ (0.5-2.5%)
- ✓ lentamente scambiabile 40-600 mg kg⁻¹
- ✓ scambiabile 50-75 mg kg⁻¹
- ✓ solubile 1-10 mg kg⁻¹

Il K costitutivo dei minerali primari costituisce il 90-98% del K totale; il K lentamente scambiabile costituisce una frazione tra l'1 ed il 10% del K totale; il K scambiabile rappresenta l'1-2% del K totale; il K solubile rappresenta 0.1 e 0.2% del K totale.

Il suo dinamismo nel suolo è legato ai processi di alterazione dei minerali primari, alla natura dei minerali argillosi, allo scambio cationico, al clima, all'assorbimento nutrizionale, ma *non alle attività microbiche.*

Il potassio non scambiabile (minerale)

Il K non scambiabile (minerale) è rappresentato dal K presente nella struttura cristallina dei minerali primari.

Il suo rilascio è legato all'intensità dei processi di pedogenesi a carico di feldspati e miche.

feldspati → ortoclasio e microclino: KAlSi_3O_8

miche → muscovite: $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

biotite: $\text{K}(\text{Mg},\text{Fe})_3(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

flogopite: $\text{KMg}_3(\text{AlSi}_3)\text{O}_{10}(\text{F},\text{OH})_2$

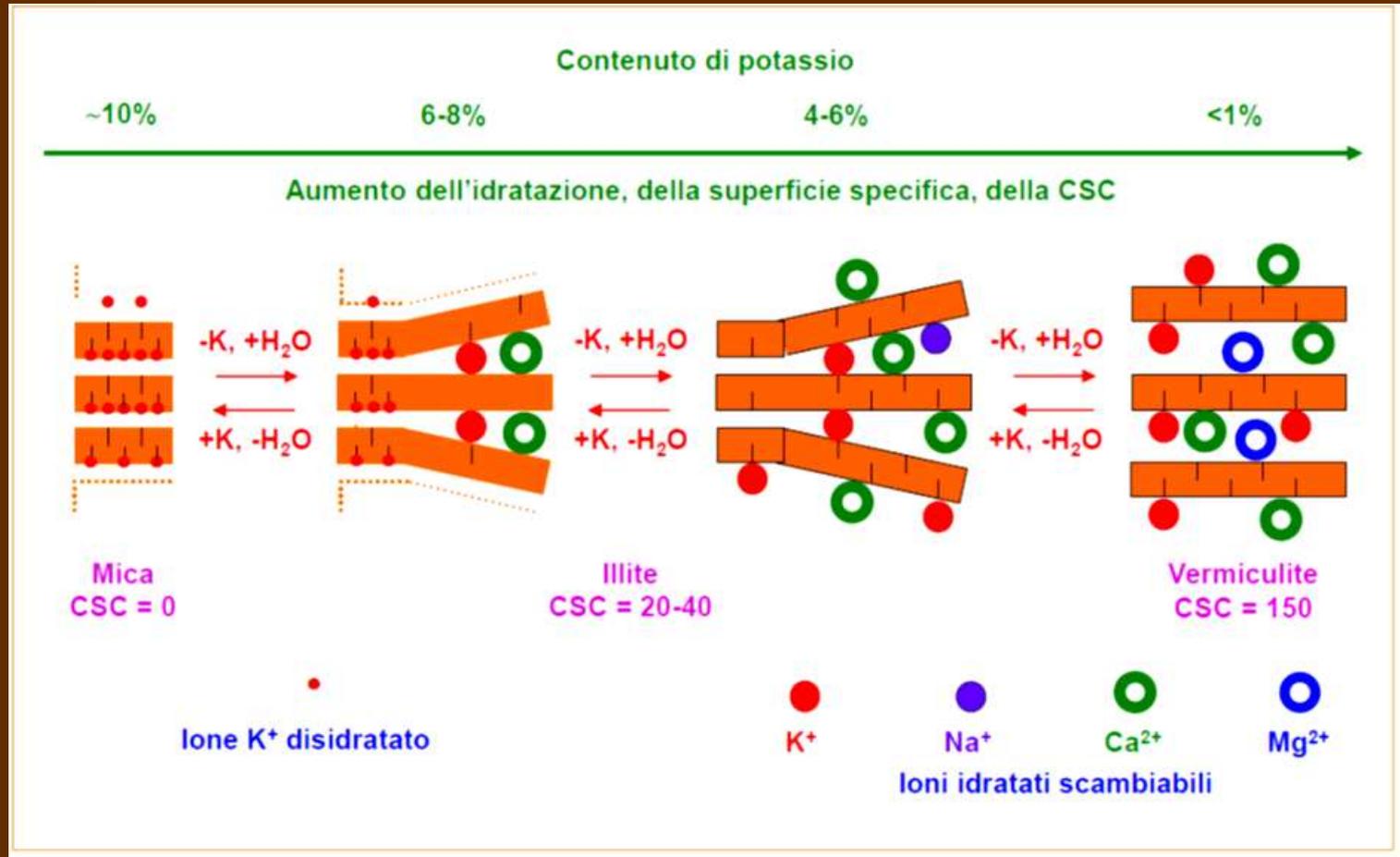
Il potassio non scambiabile (minerale)

	Minerali	K ₂ O%
Primari	Feldspati potassici	4-15
	Feldspati di calcio e sodio	0-3
	Muscovite	7-11
	Biotite	6-10
Secondari	Illite	4-7
	Vermiculite	0-2
	Clorite	0-1
	Montmorillonite	0-0.5

Contenuto di potassio (K₂O) in alcuni minerali primari e nei minerali secondari (modificata da Scheller e Schachtschabel, 1976)

La diffusione del nutriente procede iniziando dai margini e, proseguendo gradatamente verso l'interno delle particelle, induce apertura della struttura, neogenesi di minerali argillosi trimorfici, in parte espandibili (illite, vermiculite, smectite) e, conseguentemente, progressivo incremento della superficie specifica, dell'idratazione e delle cariche negative, neutralizzabili da cationi di scambio

Dinamiche di alterazione dei minerali primari

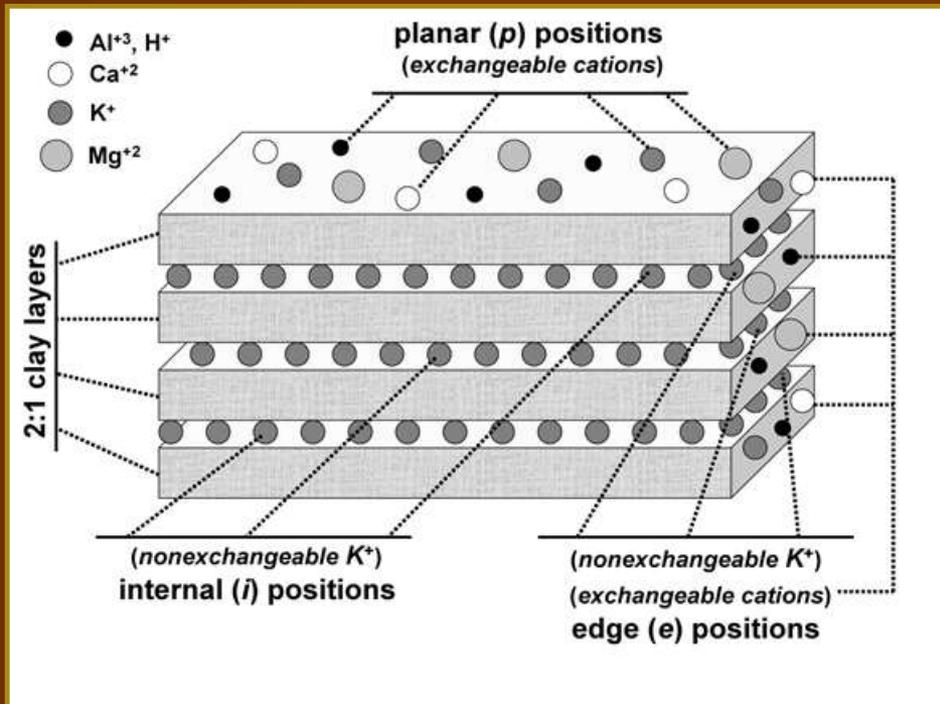


(da Violante, 2013)

Il potassio lentamente scambiabile

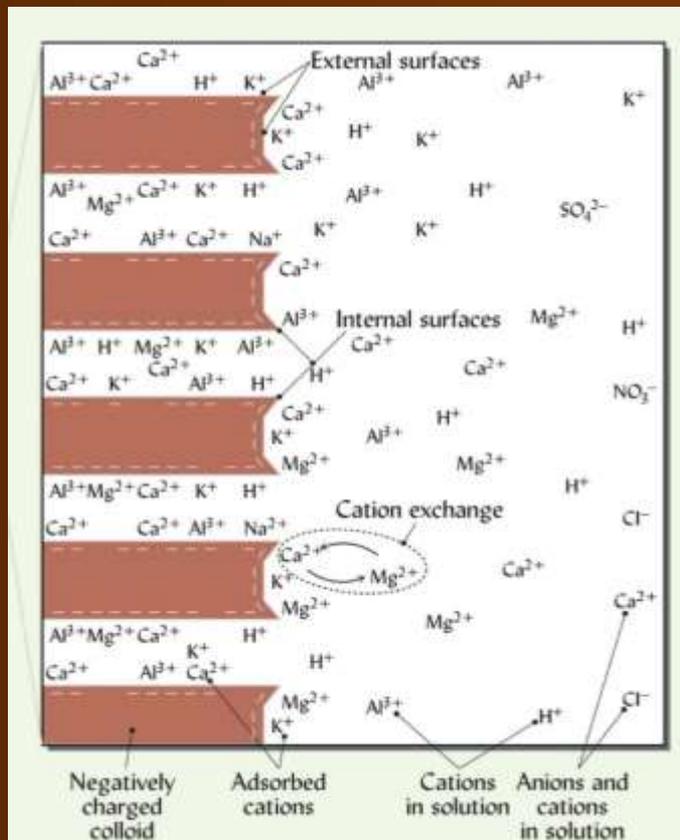
Gli ioni K^+ , presenti nella soluzione del suolo o aggiunti con i fertilizzanti, possono fissarsi nuovamente tra i fogli tetraedrici attigui dei minerali argillosi di tipo 2:1 provocando contrazione dell'organizzazione strutturale.

Le entità minerali di tipo micaceo alterate, le illiti e le vermiculiti bloccano il potassio sia in assenza sia alla presenza d'acqua mentre le smectiti lo immobilizzano solamente in condizioni di aridità.



Il potassio scambiabile

Il K^+ può essere trattenuto come ione idratato dalle superfici di scambio elettronegative dei colloidi del suolo sia dei minerali argillosi sia dei composti organici.



(da Weil & Brady, 2017)

cmol _e · kg ⁻¹		
ione scambiabile	pH _{acq} < 6, n = 1027 ^a	pH _{acq} > 7, n = 249
Ca ²⁺	3.80 ± 5.65	25.18 ± 16.28
Mg ²⁺	1.65 ± 2.49	10.06 ± 8.49
Na ⁺	0.249 ± 1.487	1.21 ± 4.31
K ⁺	0.234 ± 0.324	0.737 ± 0.684
Al ³⁺	8.76 ± 11.71	0

^a = numero dei campioni di suolo prelevati da orizzonti A e B

Composizione media (valore medio ± deviazione standard) dei cationi di scambio presenti in suoli di diverse parti del Mondo (modificata da Essington, 2004)

Il K adsorbito è controllato dal pH del suolo

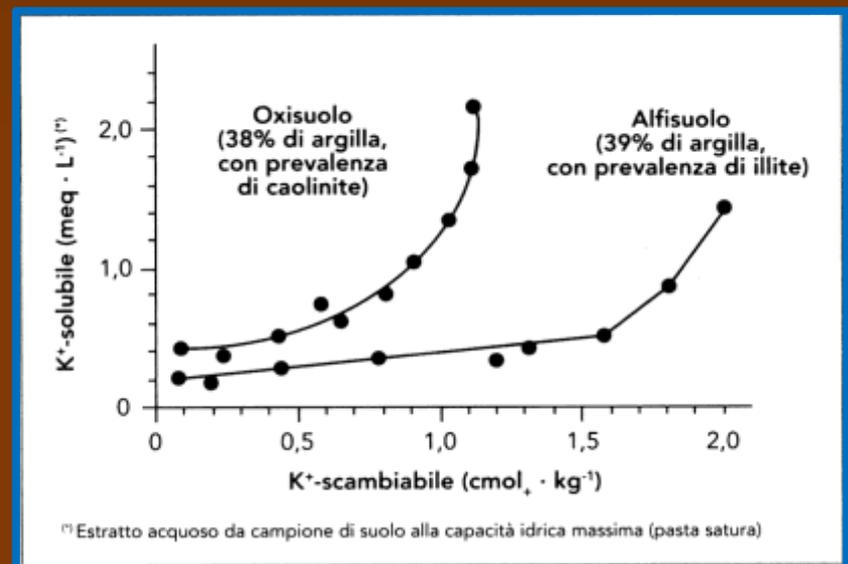
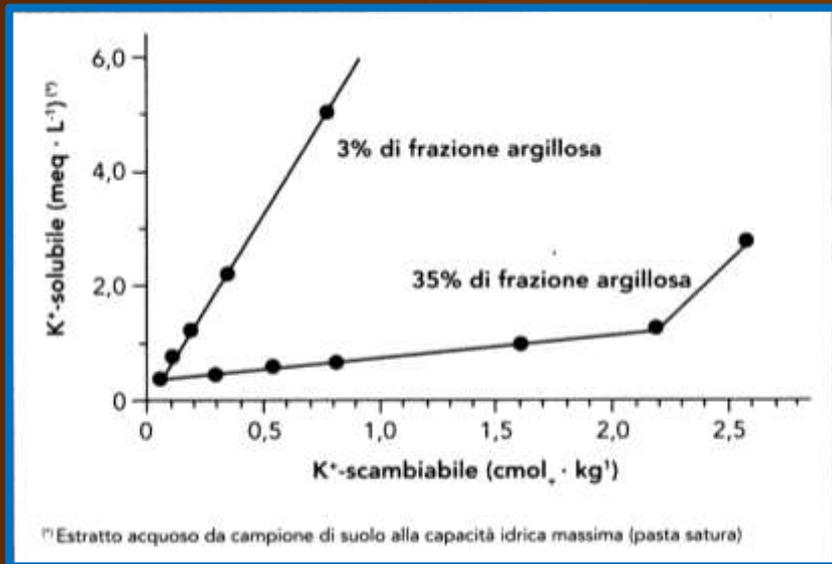
Il potassio solubile

- Gli apparati radicali delle piante assorbono il K^+ dalla *fase liquida del suolo* nella quale lo ione è presente ad una concentrazione variabile tra 1 e 2 ppm, in relazione all'assorbimento radicale, tessitura e clima.
- La quantità di ioni K^+ trasferiti verso la superficie radicale per *diffusione* e *flusso di massa* è relazionata alle caratteristiche del complesso di scambio.
- Il movimento del K per diffusione è un processo lento rispetto al flusso di massa ed interessa distanze di solo 1-4 mm. La diffusione fornisce circa il 90% del K assorbito dalla radice.
- Le forme del K di scambio e solubile si trovano tra loro in equilibrio dinamico, di grande importanza pratica nella gestione agronomica del nutriente.
- La somministrazione di concimi potassici aumenta il K solubile che si sposta nel K scambiabile.

Disponibilità del K nei suoli agrari

Contenuto e tipo di argilla

La quantità di K^+ -solubile è minore nei suoli a tessitura fine rispetto ai suoli a tessitura grossolana, a qualsiasi livello del K^+ -scambiabile. Tuttavia in suoli a tessitura fine maggiori sono le riserve del nutriente.



La relazione tra K^+ -solubile e K^+ -scambiabile è anche modulata dalla diversa composizione mineralogica della frazione argillosa.

Factors affecting K availability

Clay content and type

Soils containing vermiculite, montmorillonite, or mica have more K than soils containing mainly kaolinitic clays, common in highly weathered soils.

Table 14.8

THE INFLUENCE OF DOMINANT CLAY MINERALS ON THE AMOUNTS OF WATER-SOLUBLE, EXCHANGEABLE, FIXED (NONEXCHANGEABLE), AND TOTAL POTASSIUM IN SOILS

The values given are means for many soils in ten soil orders sampled in the United States.

Dominant clay mineralogy of soils, mg K/kg soil

Potassium pool	Kaolinitic (26 soils)	Mixed (53 soils)	Smectitic (23 soils)
Total potassium	3340	8920	15780
Exchangeable potassium	45	224	183
Water-soluble potassium	2	5	4

Data from Sharpley (1990).

(da Weil & Brady, 2017)

Suoli ricchi in minerali argillosi trimorfici (argille 2:1) hanno il più elevato contenuto di K, quelli ricchi in minerali argillosi dimorfici (argille 1:1) il più basso.

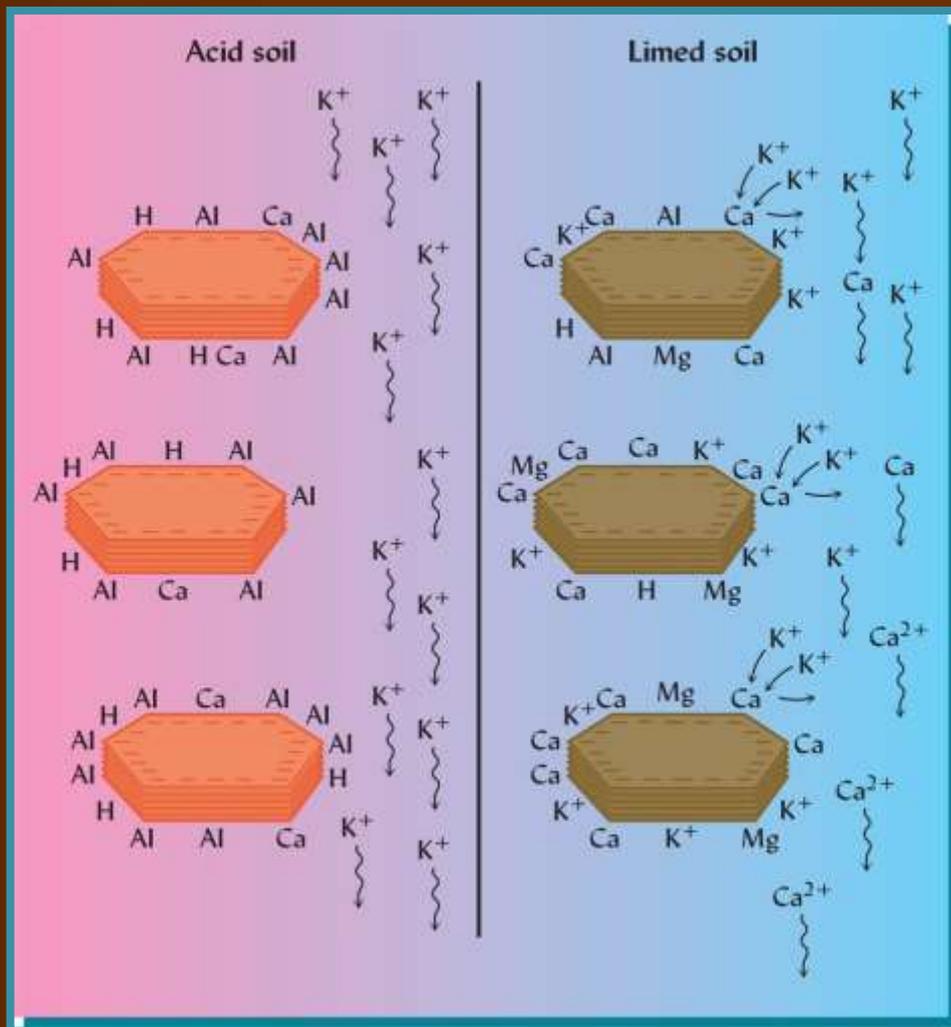
Disponibilità del K nei suoli agrari

Perdite per lisciviazione

Nella maggior parte dei suoli agrari la lisciviazione del K è trascurabile, eccetto che nei terreni a tessitura grossolana o ricchi in sostanza organica, in contesti ad elevata piovosità o in comprensori irrigui.

Il potassio, molto più del fosforo, è allontanato dal suolo per lisciviazione. La perdita annuale di K dai suoli delle regioni umide è di circa **25-50 kg K ha⁻¹**. Perdite più consistenti si accertano in suoli acidi e sabbiosi.

Disponibilità del K nei suoli agrari



La correzione dei suoli acidi può significativamente ridurre le perdite di K⁺ per lisciviazione. Il K fornito con la concimazione potassica può più facilmente scambiare ioni Ca²⁺ e Mg²⁺ piuttosto che i due cationi acidi Al³⁺ e H⁺.

Assorbimento nutrizionale del K

Plant uptake and removal

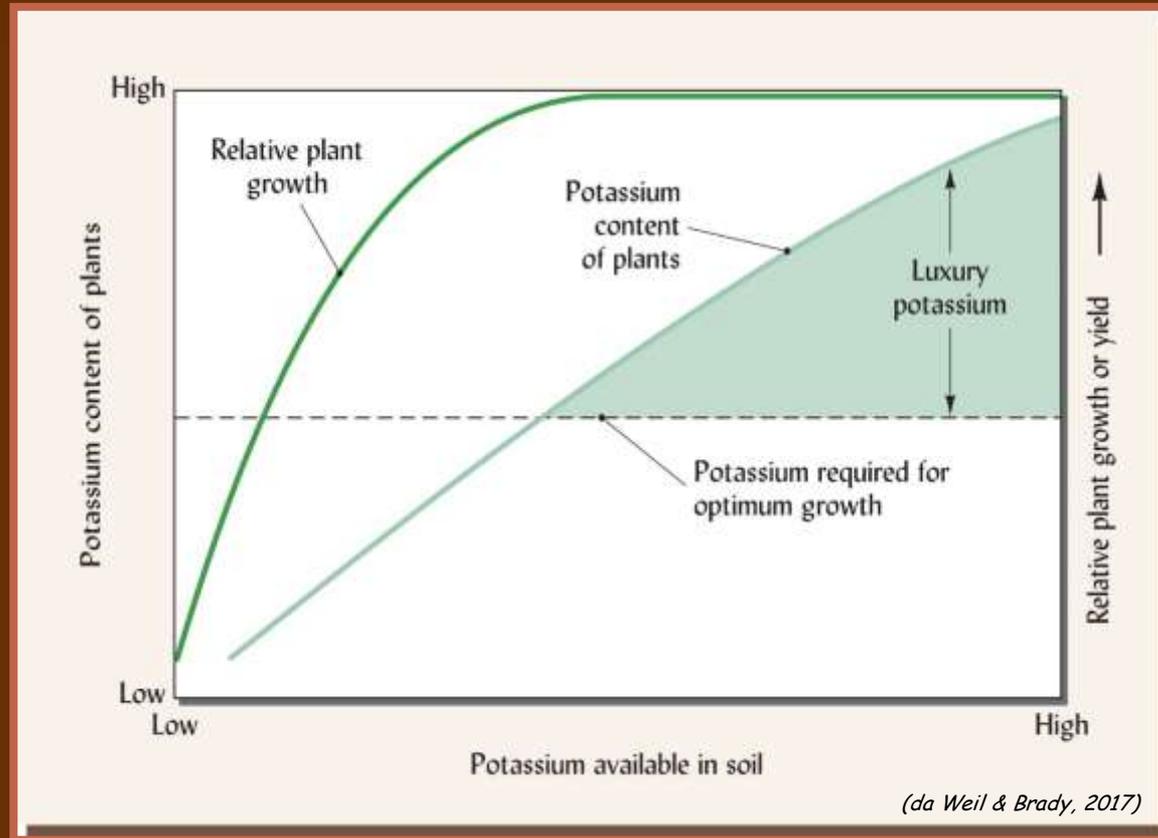
Plants take up very large amounts of potassium, often five to ten times as much as they do for phosphorus and about the same amount as for nitrogen.

A 60-Mg/ha yield of fresh corn silage ($\sim 18 \text{ t}_{\text{ss}}/\text{ha}$) may remove 180 kg/ha of potassium.

Harvest of high-yielding legume hay may remove 400 kg/ha of potassium each year.

Uptake and removal of potassium can be exaggerated by the tendency of plants to take much more potassium than they need if sufficiently large quantities of easily available potassium are present. This tendency is termed *luxury consumption*. *It is likely to depress Ca and Mg uptake.*

Il consumo di lusso



Definisce l'assorbimento dal suolo di una quantità del nutriente in accesso rispetto a quella necessaria per realizzare lo sviluppo di una pianta coltivata. Ciò determina un accumulo del nutriente senza alcun corrispondente incremento della resa produttiva. Può indurre squilibri nutrizionali sia a carico della pianta stessa che, nelle specie da foraggio, per il bestiame in allevamento.

Assorbimento nutrizionale del K

(g kg⁻¹)

Piante coltivate	Fase fenologica	Organo vegetale	Concentrazione sufficiente di K
Orzo (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Accestimento	Foglie	42 - 47
Orzo (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	Levata	Parti epigee	15 - 30
Frumento (<i>Triticum</i> spp.)	Accestimento	Lamine fogliari	34 - 42
Frumento (<i>Triticum</i> spp.)	Levata	Parti epigee	15 - 30
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.)	75 DAS (*)	Parti epigee	15 - 40
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.)	Fioritura	Parti epigee	12 - 30
Mais (<i>Zea mays</i> L.)	30-45 DAE (**)	Parti epigee	30 - 50
Mais (<i>Zea mays</i> L.)	Emissione dell'infiorescenza maschile	Foglie	20 - 25
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i> Pers.)	Germogliazione	Parti epigee	30 - 45
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i> Pers.)	Inizio della fase vegetativa	Parti epigee	25 - 40
Sorgo (<i>Sorghum vulgare</i> Pers.)	Antesi	3BBP(***)	10 - 15
Soia (<i>Glycine max</i> L.)	Inizio dell'interramento dell'ovario	Foglie trifogliate	17 - 25
Fagiolo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	Inizio della fioritura	Foglie più alte	15 - 35
Fagiolo dall'occhio (<i>Vigna unguicula</i> L.)	Inizio della fioritura	Foglie più alte	1,2 - 6,0
Arachide (<i>Arachis hypogaea</i> L.)	Inizio dell'interramento dell'ovario	Foglie più alte	17 - 30

(*) DAS = Days After Sowing = giorni dopo la semina

(**) DAE = Days After Emergence = giorni dopo l'emergenza

(***) 3BBP = Third Blade Below Panicle = terza foglia sotto il panicolo

La quantità di potassio assorbita dalla coltura (g kg⁻¹ s.s.) ed accumulata nei diversi organi vegetali cambia nel corso degli stadi fenologici della pianta.
Nutriente molto mobile all'interno della pianta.

Assorbimento nutrizionale del K

Molti fattori (per esempio, tipo di suolo, condizioni climatiche, specie di pianta) e le reciproche interazioni influenzano l'assorbimento del potassio da parte delle piante coltivate.

Le quantità del nutriente accumulate in diversi organi vegetali durante lo sviluppo di una specie vegetale danno un'idea della riduzione della fertilità del suolo e possono orientare la gestione della concimazione finalizzata alla sostenibilità della produzione della specifica coltura.

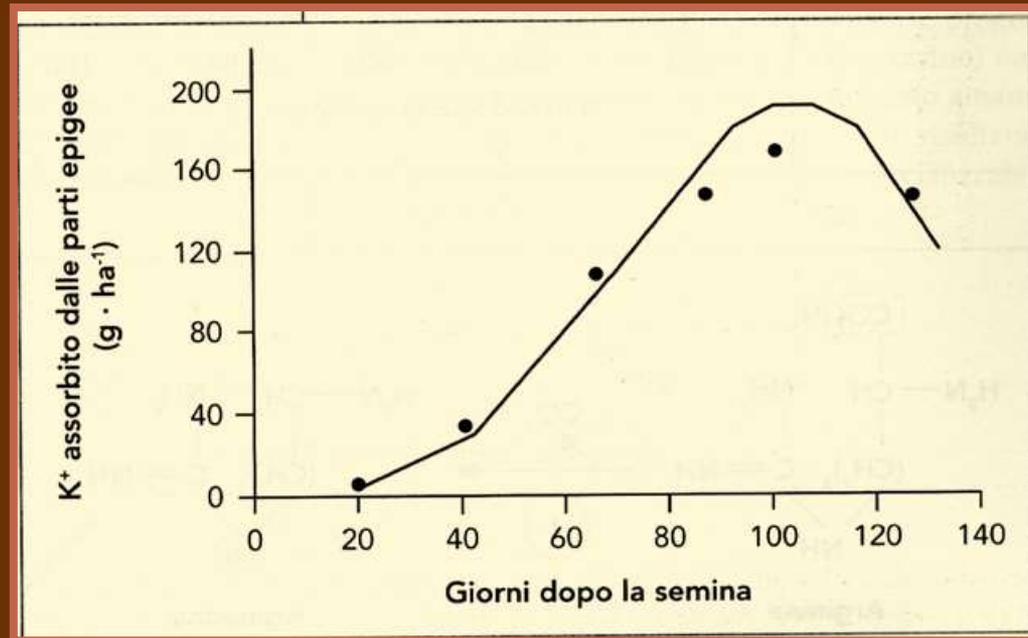
Piante coltivate	Peso secco delle parti epigee	Produzione di semi	Potassio assorbito dalle parti epigee	Potassio assorbito dai semi	Totale	KHI (***)
			kg · ha ⁻¹			
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.) (*)	6343	4568	150	56	206	0,27
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.) (**)	8093	5000	138	14	152	0,10
Riso (<i>Oryza sativa</i> L.) (**)	9423	6389	156	20	176	0,11
Mais (<i>Zea mays</i> L.)	11873	8501	153	34	187	0,18
Fagiolo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	2200	3409	41	64	105	0,61
Fagiolo (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	1481	1912	25	36	61	0,60
Soia (<i>Glycine max</i> L.)	2225	1441	30	28	58	0,50
Soia (<i>Glycine max</i> L.)	3244	3102	76	80	156	0,51

(*) coltivato "in asciutta",

(**) coltivato in suolo sommerso

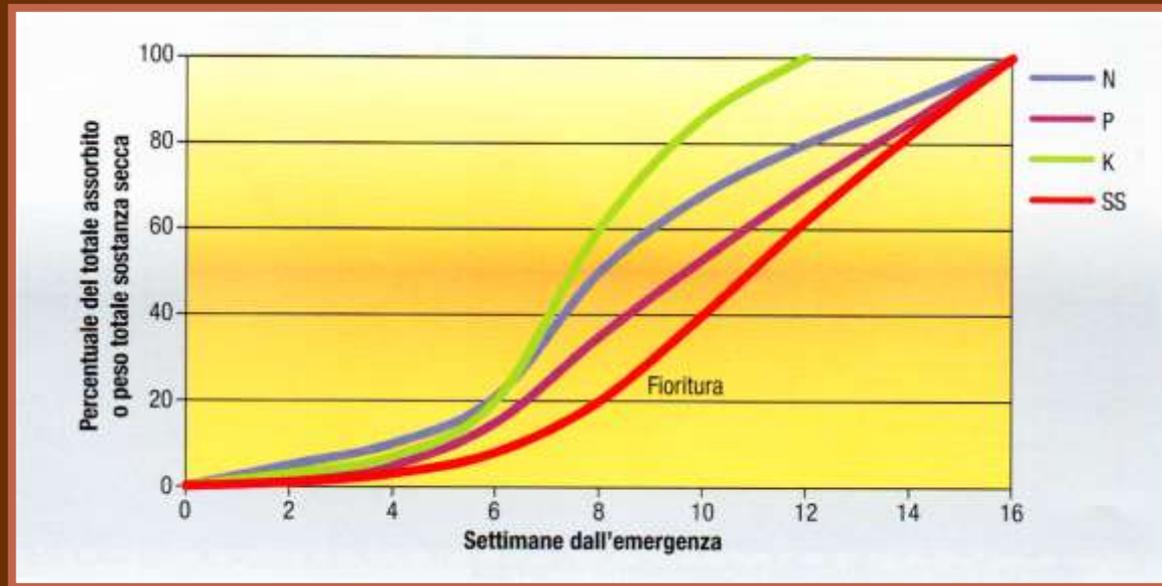
(***) KHI = Potassium Harvest Index = Indice di accumulo di potassio

Assorbimento nutrizionale del K



Variazione della quantità di potassio assorbito nel tempo dalle parti epigee di piante di riso coltivato in asciutta.

Assorbimento differenziato di N, P e K: mais



Dinamica dell'assorbimento di azoto, fosforo e potassio nella stagione di crescita da parte di una pianta di mais, espresso come percentuale dell'assorbimento totale (da Aldrich & Leng, 1966).

Asportazioni di N, P e K: mais

Tabella 1. Asportazioni della coltura del mais.

ASPORTAZIONI DEL MAIS DA GRANELLA (kg/ha)						
Elementi nutritivi (kg/ha)		PRODUZIONE (t/ha)				
		8	9	10	11	12
N	granella	120	135	150	165	180
	stocchi e foglie	58	65	72	79	86
	totale	178	200	222	244	266
P ₂ O ₅	granella	56	63	70	77	84
	stocchi e foglie	19	22	24	26	29
	totale	75	85	94	103	113
K ₂ O	granella	32	36	40	44	48
	stocchi e foglie	134	151	168	185	202
	totale	166	187	208	229	250

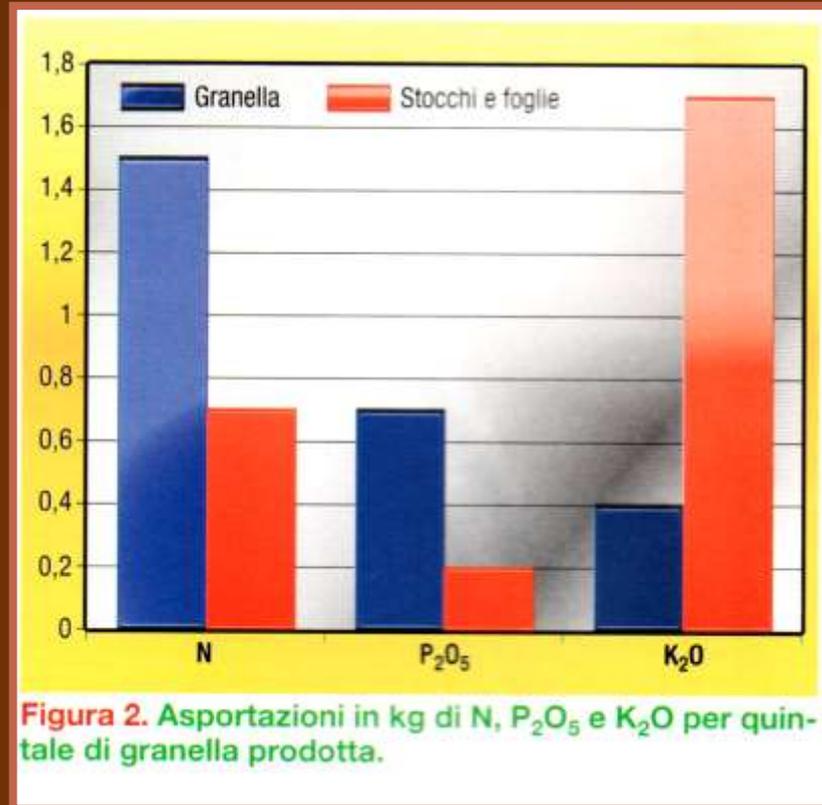
da: DPI Regione Emilia Romagna

ASPORTAZIONI MAIS DA TRINCIATO (kg/ha)						
Elementi nutritivi (kg/ha)		PRODUZIONE (T/HA)				
		30	40	50	60	70
N		111	148	185	222	259
P ₂ O ₅		48	64	80	96	112
K ₂ O		105	140	175	210	245

da: DPI Regione Emilia Romagna

Il mais è una coltura molto esigente dal punto di vista nutrizionale: si stimano delle asportazioni, per 100 kg di granella prodotta, pari a 1.5 unità di N, 0.70 unità di P₂O₅ e 0.40 unità di K₂O.

Asportazioni di N, P e K: mais



Nel caso in cui venga asportata l'intera porzione epigea, le asportazioni stimate saranno pari a 2.2 unità di N, 0.94 unità di P₂O₅ e **2.10 unità di K₂O**.

La carenza di potassio

Carenza di potassio

I sintomi di carenza di potassio, non evidenti immediatamente, si manifestano con la comparsa di clorosi a chiazze e di zone necrotiche lungo i margini e le estremità delle foglie, che possono arricciarsi ed accartocciarsi in modo molto caratteristico. Come per l'azoto e per il fosforo i fenomeni indotti dalla ridotta disponibilità del potassio si osservano inizialmente nelle foglie vecchie e solo successivamente in quelle giovani. Le piante potassio carenti presentano indebolimento del fusto, accresciuta sensibilità agli agenti patogeni, maggiore suscettibilità alle gelate e agli stress salini. Le radici sono facilmente attaccate da microrganismi con conseguente disgregazione dei tessuti e minore resistenza alle intemperie.

Notevole deficit del nutriente può indurre la sintesi di ammine tossiche quali l'agmatina e la putrescina.



- ✓ Il K è presente nei sistemi biologici sempre come ione K^+ ed ha un ciclo biogeochimico sedimentario
- ✓ Il contenuto di K totale nell'intero profilo di suolo è elevato (~2.5%), molto meno quello del K solubile
- ✓ Poco mobile nel terreno, il potassio è trattenuto dai colloidali del suolo (minerali argillosi espandibili 2:1 e SOM) e solo una quantità molto ridotta è disponibile per la nutrizione minerale della pianta
- ✓ Perdite per lisciviazione in climi umidi, in suoli acidi e sciolti (da 25 a 50 kg K ha⁻¹ anno⁻¹); accumulo in climi aridi
- ✓ L'assorbimento di potassio è maggiore durante lo sviluppo vegetativo della pianta; elevata disponibilità nel suolo induce consumo di lusso
- ✓ Molto mobile all'interno della pianta, è facilmente traslocato
- ✓ Svolge ruoli funzionali, aumenta la resistenza agli stress
- ✓ Asportazioni significative se non viene prevista la restituzione dei residui colturali al suolo e in caso di raccolta dell'intera parte aerea
- ✓ Nella nutrizione minerale della pianta determina interazioni sia positive (N, B, Cu, Zn, Mn, Fe) sia negative (Mg, Ca)
- ✓ Antagonismo nutrizionale di assorbimento con Mg (ed indirettamente con Ca)

Soil K balance

$$Q_K = F_K - K_{CP} + K_L$$

Q_K : Quantità di K da distribuire

F_K : Fabbisogno totale di K della coltura

K_{CP} : K derivante dall'interramento dei residui della coltura precedente

K_L : K perduto per lisciviazione

F_K: Fabbisogno totale di K della coltura

TABELLA 9.1 Quantità di biomassa secca della produzione utile e dei residui aerei, harvest index e concentrazione di N, P₂O₅ e K₂O della produzione utile e dei residui aerei delle principali colture erbacee e ortive

Coltura	Produzione utile				Harvest index	Residui aerei			
	t ha ⁻¹ di s.s.	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)		t ha ⁻¹ di s.s.	N (%)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)
Aglio	2,0-4,0	2,6	1,0	1,6	0,75	0,7-1,3	3,3	0,8	5,4
Anguria	5,0-7,0	1,0	0,8	1,7	0,85	0,9-1,2	3,3	1,3	4,2
Asparago	0,5-1,0	5,5	1,8	3,4	0,25	1,5-3,0	3,1	0,9	2,4
Avena da granella	3,0-5,0	2,1	0,9	1,3	0,40	4,5-7,5	0,5	0,3	1,2
Barbabietola	8,8-11,0	1,2	0,5	2,0	0,80	2,2-2,8	2,4	1,0	3,0
Carciofo rifiorente	2,4-3,6	2,6	1,2	2,3	0,42	3,3-5,0	3,6	0,5	3,6
Carota	2,4-3,6	1,8	0,9	3,0	0,85	0,4-0,6	3,6	1,0	4,5
Cavolfiore	6,0-8,0	4,0	1,2	4,4	0,98	0,1-0,2	4,4	2,1	4,4
Cavolo Broccolo	4,0-6,0	4,0	1,2	4,4	0,98	0,1	4,4	2,1	4,4
Cavolo verza	2,0-3,0	3,3	0,8	3,7	0,98	0,0-0,1	4,7	2,2	4,7
Cece	2,0-3,0	3,5	0,9	1,2	0,33	4,1-6,1	1,2	0,3	1,7
Cetriolo	3,0-5,0	2,2	1,2	3,7	0,80	0,8-1,3	4,4	1,6	4,9
Cipolla	3,6-4,8	2,8	1,6	2,2	0,80	0,9-1,2	4,7	0,8	4,7
Colza granella	2,0-4,0	4,2	2,0	2,4	0,33	4,1-8,1	2,0	1,3	2,5
Erba medica (fieno)	10,0-15,0	2,8	0,6	2,0	1,00				
Erbai graminacei (fieno)	5,0-10,0	2,4	0,9	3,1	1,00				
Fagiolina fresca	1,0-1,2	2,4	0,9	2,4	0,45	1,2-1,5	1,5	0,5	1,5
Fagiolo secco	2,0-3,0	2,4	1,0	2,7	0,75	0,7-1,0	1,5	0,5	1,5
Favino	2,0-4,0	4,8	1,6	2,3	0,40	3,0-6,0	1,6	0,6	1,4
Finocchio	1,8-2,7	2,8	1,2	3,5	0,80	0,5-0,7	2,8	1,2	3,5
Fragola	3,5-4,5	1,3	0,7	2,5	0,40	5,3-6,8	4,2	1,5	6,0
Frumento duro	3,0-6,0	2,5	1,1	1,3	0,40	4,5-9,0	0,5	0,2	1,1
Frumento tenero	4,0-8,0	2,3	1,0	1,2	0,40	6,0-12,0	0,5	0,2	1,0
Girasole	3,0-6,0	3,3	1,6	1,8	0,40	4,5-9,0	1,0	0,6	3,3
Indivia	1,4-2,1	3,0	1,0	6,0	0,98				
Lattuga	1,2-1,8	3,8	1,1	6,3	0,98				
Loiessa-fieno	7,0-15,0	1,5	0,3	1,0	1,00				
Mais granella	8,0-12,0	1,7	0,8	0,7	0,50	8,0-12,0	0,7	0,3	1,4
Mais trinciato	17,0-28,0	1,3	0,6	1,2	1,00	0,0			
Melanzana	2,4-4,0	2,5	1,0	3,6	0,50	2,4-4,0	4,2	0,9	4,6
Melone	4,0-6,0	1,5	0,8	3,8	0,60	2,7-4,0	5,0	1,8	5,0
Orzo granella	3,0-5,0	2,4	1,1	1,3	0,40	4,5-7,5	0,6	0,4	1,2
Orzo insilato	4,0-6,0	1,2	0,6	1,2	1,00				
Patata	6,9-11,5	1,6	0,6	3,2	0,80	1,7-2,9	4,0	0,7	5,0
Pomodoro da industria	3,6-6,0	2,8	1,1	5,6	0,70	1,5-2,6	4,0	0,9	5,0
Riso	5,0-7,0	1,4	0,8	0,6	0,46	5,9-8,2	0,7	0,4	2,4
Soia	2,0-4,0	6,6	1,7	2,7	0,40	3,0-6,0	1,9	0,6	1,8
Sorgo trinciato	7,0-9,0	1,6	0,5	1,1	1,00				
Spinacio fresco	1,8-2,3	4,5	1,2	6,4	0,90	0,2-0,3	4,5	1,2	6,4
Tabacco Burley	3,0-6,0	2,6	1,1	3,2	0,65	1,6-3,2	2,0	1,1	3,3
Triticale	5,0-8,0	1,9	1,0	0,8	0,45	6,1-9,8	0,4	0,2	1,5
Zucca	3,6-4,8	3,9	1,6	5,5	0,60	2,4-3,2	3,2	1,5	4,6
Zucchini	1,2-1,8	3,9	1,6	5,5	0,60	0,8-1,2	3,2	1,5	4,6

K_{CP} : K derivante dall'interramento dei residui della coltura precedente

$$K_{CP} = Q_{rSS} \cdot K_{SS}$$

Q_{rSS} : quantità di residui colturali interrati

K_{SS} : titolo di K presente nei residui colturali

K_L : K perduto per lisciviazione

Viene stimato per il periodo 1 ottobre-28 febbraio

$$K_L = K_{PL} \cdot \frac{k_L}{100}$$

Il **K potenzialmente lisciviabile** (K_{PL}) è una frazione del **K⁺-scambiabile** (calcolabile dal grado di saturazione in K).
Il **K⁺-scambiabile** si determina dal dettaglio analitico della CSC.

ANALISI C.S.C.

Parametro	Valore x100gr	Saturazione %	Giudizio
C.S.C.	meq 20,42		<i>alta</i>
CALCIO	meq 15,50	75,9	<i>alta</i>
MAGNESIO	meq 3,25	15,9	<i>m. alta</i>
POTASSIO	meq 1,44	7,1	<i>alta</i>
SODIO	meq 0,23	1,1	<i>normale</i>
SATURAZIONE BASICA		100,0	<i>alta</i>
RAPPORTO Mg/K	2,26		<i>medio</i>

Tabella 31. Caratteristiche chimiche fondamentali dei principali elementi nutritivi cationici e relativi fattori di conversione tra diverse unità di misura della concentrazione.

Elemento	Potassio	Magnesio	Calcio	Sodio
Simbolo	K	Mg	Ca	Na
Peso atomico	39,10	24,32	40,08	22,99
Valenza	1	2	2	1
Peso equivalente	39,10	12,16	20,04	22,99
Fattori di moltiplicazione:				
da mg/kg a meq/100 g	0,002558	0,008224	0,004990	0,004350
da meq/100 g a mg/kg	391	121,6	200,4	229,9
da meq/100 g a cmol/kg	1	0,5	0,5	1
da mg/kg a cmol(elemento)/kg	0,002558	0,004112	0,002495	0,004350
da cmol(elemento)/kg a mg/kg	391	243,2	400,8	229,9
Da meq/100 g a cmol(+)/kg	1	1	1	1

K_L : K perduto per lisciviazione

Viene stimato per il periodo 1 ottobre-28 febbraio

$$K_L = K_{PL} \cdot \frac{k_L}{100}$$

Il **K potenzialmente lisciviabile (K_{PL})** è una frazione del **K^+ -scambiabile** (calcolabile dal grado di saturazione in K) variabile dall'1 al 5%, in relazione al contenuto di argilla, rispettivamente, da superiore al 25% a minore del 10%.



SCHELETRO		AS <i>assente</i>
SABBIA	(2.0-0.020 mm)	% 39
LIMO	(0.020-0.002 mm)	% 33
ARGILLA	(<0.002 mm)	% 28
TESSITURA		FA <i>franco argillosa</i>

CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE		
SABBIA	%	55.12
LIMO	%	37.2
ARGILLA	%	7.68

K_L : K perduto per lisciviazione

Viene stimato per il periodo 1 ottobre-28 febbraio

$$K_L = K_{PL} \cdot \frac{k_L}{100}$$

Il K realmente lisciviato (K_L) è stimato tenendo conto di una dato climatico della zona: la piovosità.

TABELLA 9.4 Metodo di stima del coefficiente di lisciviazione (k_L)

Precipitazioni ottobre-febbraio (mm)	k_L
<250	0,0
250-300	16,7
301-350	37,5
351-400	50,0
401-450	58,3
451-500	64,3
501-550	68,8
551-600	72,2
601-650	75,0
651-700	77,3
701-750	79,2
751-800	80,8
801-850	82,1
851-900	83,3
901-950	84,4
951-1.000	85,3
>1.000	86,1