

PIANO DI CONCIMAZIONE: ESEMPIO DI SVOLGIMENTO

Testo

Predisporre il piano di fertilizzazione per la coltivazione di **mais da granella**, sul terreno le cui caratteristiche sono riportate sotto. Si assumano le seguenti condizioni:

- Superficie dell'appezzamento: **1 ha**
 - Rese della coltura negli ultimi 5 anni su appezzamenti simili: **12.5; 14.5; 13.5; 12.5; 13** (t/ha; U 24 %)
 - Destino residui coltura da effettuare: **interramento**
 - Coltura precedente: **mais trinciato**.
 - Apporto di fertilizzanti organici anno precedente: **50 t/ha di letame applicazione pre-semina primaverile (0.32% N)**
 - Disponibilità di fertilizzanti organici per l'anno di coltivazione: **Liquame (0.37% N; 0.25% P₂O₅; 0.4% K₂O) dose massima applicabile 340 kg N/ha.**
- 1) Descrivere brevemente le caratteristiche del suolo considerato basandosi sui valori riportati nelle tabelle fornitevi.
 - 2) Calcolare il quantitativo di liquame da distribuire per coprire i fabbisogni e, eventualmente, calcolare il quantitativo di concime minerale da apportare.
 - 3) Scegliere i concimi da utilizzare e definirne momento e modalità di applicazione. Argomentare accuratamente le scelte.

Caratteristiche del suolo

	unità di misura	Voce piano conc.	Valore
Tessitura			
Sabbia	%	S	30
Limo	%	L	25
Argilla	%	A	45
Scheletro	%	Sc	0
Sostanza Organica	%	S.O.	2
Calcare totale	(g/kg)	Calcare	200
Calcare attivo	(g/kg)	Calc. Attivo	48
CSC	(meq/100g)	CSC	18
Fosforo assimilabile Olsen	(mg P ₂ O ₅ /kg)	Ra	23
Potassio scambiabile	(mg K ₂ O/kg)	Ra	150
pH		pH	7.5
Profondità suolo considerato	(cm)	Prof.	30
Densità apparente	(t/m ³)	Da	1.3
N_{tot}	g/kg	N	1.1

1) **COMMENTO ALL'ANALISI DEL SUOLO** (condurre una descrizione per punti o articolata come testo)

- Tessitura: ARGILLOSA, classificabile come FINE (rispetto a quanto riportato nella tabella “Dotazione di Carbonio organico e raggruppamento tessiturale”)
- Scheletro: ASSENTE
- pH: SUBALCALINO
- Sostanza organica: SUFFICIENTEMENTE DOTATO
- Calcare totale: SENSIBILMENTE CALCAREO
- Calcare attivo: NORMALE
- CSC: MEDIA

- Fosforo assimilabile: MEDIO (per definire la classe occorre trasformare il dato dell'analisi da P₂O₅, a P)

$$P = P_2O_5 \times 0.44 \rightarrow 23 \text{ mg } P_2O_5/\text{kg} \times 0.44 = 10.12 \text{ mg/kg di P}$$

- Postassio scambiabile: MEDIO (per definire la classe occorre trasformare il dato dell'analisi da K₂O a K)

$$K = K_2O \times 0.83 \rightarrow 150 \text{ mg } K_2O/\text{kg} \times 0.83 = 124.5 \text{ mg/kg di K}$$

- rapporto C/N: BEN UMIFICATO

- determinazione C: s.o. (%) / 1.72 $\rightarrow 2 / 1.72 = 1.16 \%$ $\rightarrow 1.16 \% \times 10 = 11.6 \text{ ‰}$ (= g/kg)

$$\text{rapporto C/N} = 11.6 \text{ g/kg} / 1.1 \text{ g/kg} = 10.54 (-)$$

FORMULA DEL BILANCIO

$$Yb + P = \pm Rm + Rh + Rc + Ro + An + Cm + Co \quad (\text{kg N/ha})$$

2) AZOTO

N.B. Iniziare il piano di concimazione sempre dall'azoto poiché, in caso di distribuzione di effluenti di allevamento, è da considerarsi l'elemento limitante; pertanto è possibile che si verifichino apporti di fosforo e potassio superiori alle asportazioni.

- a) **Rc + Rm:** non sono distinguibili e sono stimati in funzione della coltura precedente e al destino dei suoi residui.

*Dalla teoria sappiamo che l'azoto disponibile in funzione della coltura in precessione per il mais da trinciato è **-10 kg/ha** (Attenzione il valore è negativo!!!!). Vedi tabella Azoto residuo dalla coltura precedente.*

- b) **Rh**: Azoto disponibile nel suolo derivante dalla mineralizzazione del humus stabile e nutritivo calcolato utilizzando la seguente formula.

$$\mathbf{Rh = S.O. * 0,05 * K_m * Pr * 100000 * Da * (1 - Fvs) \quad (kg/ha)}$$

Dove:

S.O. = sostanza organica del suolo (% espressa in decimale)

0,05 = stima dell'azoto presente nella S.O. (5%)

K_m = coefficiente di mineralizzazione della S.O.

Pr = profondità del suolo (cm)

Da = densità apparente (t/m^3)

100000 = fattore conversione = $10\,000\, m^2/ha$ (per calcolare il peso del suolo in 1 ha) * 1 000 (da t/m^3 a kg/m^3) / 100 (da cm a m)

Fvs = frazione di scheletro in volume espressa in decimale (20% = 0.2). calcolata:

$$Fvs = \frac{Sc}{2.6} / \left[\frac{Sc}{2.6} + \frac{(100 - Sc)}{Da} \right]$$

Dove:

Sc è la percentuale in peso dello scheletro

2.6 (t/m^3) è il peso specifico dello scheletro

Da (t/m^3) la densità apparente del suolo.

Attenzione alle unità di misura che utilizzate nella formula poiché se sono diverse cambia anche il fattore di conversione!

In questo caso il suolo non ha scheletro quindi **Fvs= 0**

Km= 0.0057 dalla tabella valori di Km in funzione del contenuto di argilla e di calcare totale.

$$\mathbf{Rh = 0.02 (-) \times 0.05 (-) \times 0.0057 (-) \times 30\, cm \times 1.3\, t/m^3 \times (1-0 (-))}$$

Per ottenere Rh in kg/ha è necessario eseguire una serie di trasformazioni:

- per calcolare il peso del suolo in un ettaro è necessario moltiplicare per 10000 m^2/ha ;
- per convertire la densità apparente da t/m^3 a kg/m^3 è necessario moltiplicare per 1000;
- per convertire la profondità da cm a m è necessario dividere per 100

quindi semplificando si ricava 100000 (vedi formula)

$$\mathbf{Rh = 0.02 (-) \times 0.05 (-) \times 0.005 (-) \times 30\, cm \times 100000 \times 1.3\, t/m^3 \times (1-0 (-))}$$

$$\mathbf{Rh = 22.2\, (kg\, N/ha)}$$

Però dalla teoria sappiamo che mediamente le perdite a carico del Rh sono stimate nell'ordine del 30% per cui è necessario detrarre il valore calcolato di tale quota

$$\mathbf{Rh = 22.2\, (kg\, N/ha) \times 0.7 = 15.5\, (kg\, N/ha)}$$

- c) **Ro**: Azoto derivante da precedenti concimazioni con ammendanti organici, è calcolato con la seguente formula:

$$Ro = Qa * N * Kr * 10$$

Dove:

Qa = quantità letame distribuito alla coltura precedente(t/ha)

N = % di N presente nel letame (rimane espresso come valore percentuale)

Kr = % di N utilizzabile dalla coltura successiva, quella oggetto del piano di concimazione (vedi tabella valori di kr)

10 = fattore conversione: * 1000 (da t/ha a kg/ha) / 100 (per calcolare la % di N)

Kr = 0.2

$$Ro = 50 \text{ (t/ha)} \times 0.32 \text{ (%N)} \times 0.2 \text{ (-)}$$

Per ottenere **kr** in kg N/ha è necessario:

- convertire la Da da t/m³ a kg/m³ moltiplicando per 1000;

- dividere per 100 la % di N per trasformare il valore da % a decimale

quindi semplificando si ottiene il fattore di conversione x 10

$$Ro = 50 \text{ (t/ha)} \times 0.32 \text{ (%N)} \times 0.2 \text{ (-)} \times 10$$

Ro= 32 (kg N/ha)

- d) **An**: azoto derivante da apporti naturali (precipitazioni).

Tali apporti si stimano essere compresi tra i 30 e 40 kg N/ha e, di questi, se ne ritengono utilizzabili mediamente 25 kg N/ha. *Attenzione per il riso sono da considerarsi pari a 0 kg N/ha.*

- e) A questo punto è possibile calcolare il **totale della disponibilità di azoto presente nel suolo** che è dato da:

$$\pm Rm + Rh + Rc + Ro + An = 62.5 \text{ kg N/ha}$$

- f) **Yb: Asporti colturali**

Gli asporti sono calcolati in base alle produzioni della stessa coltura ottenute negli anni precedenti, facendo una media delle rese degli ultimi 5 anni; è possibile considerare anche un piccolo aumento di produzione nel caso venga utilizzata una nuova varietà geneticamente più produttiva. Nel nostro caso abbiamo deciso di non considerare tale aumento. (incremento ipotizzabile = 20%)

Gli asporti delle colture (vedi tabella asporti colture) si riferiscono alla produzione di sostanza secca, quindi occorre calcolare la resa ottenuta in ss controllando sempre qual è l'umidità dichiarata delle produzioni (in questo caso l'umidità è uguale tutti gli anni e pari al 24%) e poi fare la media.

Resa granella ss ultimi 5 anni:

$$12.5 \text{ t/ha} \times (1-0.24) = 9.5 \text{ t ss/ha}$$

$$14.5 \text{ t/ha} \times (1-0.24) = 11.02 \text{ t ss/ha}$$

$$13.5 \text{ t/ha} \times (1-0.24) = 10.26 \text{ t ss/ha}$$

$$12.5 \text{ t/ha} \times (1-0.24) = 9.5 \text{ t ss/ha}$$

$$13 \text{ t/ha} \times (1-0.24) = 9.88 \text{ t ss/ha}$$

$$\text{Resa media granella ss} = (9.5 + 11.02 + 10.26 + 9.5 + 9.88) / 5 = \mathbf{10 \text{ t ss/ha}}$$

Per poter calcolare gli asporti totali della pianta è necessario conoscere anche la resa media dei residui colturali, in questo caso gli stocchi per il mais. Per calcolarli è necessario utilizzare l'HI.

Biomassa totale = resa granella (t ss/ha) / HI
Biomassa totale = 10 (t ss/ha) / 0.45 = 22.2 t ss/ha
Resa stocchi = biomassa totale (t ss/ha) x (1 - HI)
Resa stocchi = 22.2 (t ss/ha) x (1-0.45(-)) = **12.2 t ss/ha**

Asporti = resa ss x asporto unitario

Asporti granella = 10 (t ss/ha) x 20.9 (kg N/t ss) = 209 kg N/ha
Asporti stocchi = 12.2 (t ss/ha) x 6.8 (kg N/t ss) = 82.9 kg N/ha

Yb = 209 (kg N/ha) + 82.9 (kg N/ha) = **291.9 kg N/ha**

Attenzione: per l'azoto si considerano le asportazioni dell'intera biomassa sia che i residui siano lasciati in campo sia che siano asportati, mentre per fosforo e potassio si considerano gli asporti del solo prodotto utile cioè quello che esce dal sistema suolo-pianta con la raccolta dei prodotti.

- g) Calcolo del fabbisogno di azoto.** Il fabbisogno di azoto rappresenta il quantitativo dell'elemento che occorre apportare per coprire i fabbisogni della pianta, considerando l'azoto disponibile nel suolo calcolato in precedenza.

Fabbisogno di azoto = Asporti totali – disponibilità presente nel suolo

Fabbisogno di azoto = 291.9 kg N/ha – 62.5 kg N/ha = **229.4 kg N/ha**

Questo è il quantitativo di azoto **efficiente** da apportare alla coltura.

- h) Co:** quantitativo di N organico da distribuire. Per calcolare tale quantitativo è necessario fare una serie di considerazioni preliminari:
- verificare la disponibilità di concime organico, in questo caso liquame;
 - identificare la modalità e epoca di distribuzione in funzione della coltura attuale e della precedente in base alla tabella di efficienza e giustificare la scelta;
 - identificare il coefficiente di efficienza del concime in funzione dell'epoca, della modalità di distribuzione, della tessitura e della tipologia di e.a.(vedi tabella di efficienza);
 - limiti normativi per l'azoto da e.a..

Disponibilità di e.a. liquame bovino **0.37% N**.

Epoca di distribuzione: Preparatura primaverile su stoppie di mais (precedente coltura: mais trinciato), efficienza **Alta**.

Coefficiente di efficienza: 0.48 in funzione della specie (e.a. bovino) e della classe di tessitura (in questo caso Fine)

Calcolo del quantitativo di liquame da distribuire considerando i fabbisogni colturali e l'efficienza della liquamazione.

Co = fabbisogni / coef. Efficienza

Co = 231.25 (kg N/ha) / 0.48 = **481.7 kg N/ha** → **supero limiti legislativi (in questo caso 340 kg N/ha)**

Massimo quantitativo di N da e.a. da distribuire = 340 kg N/ha

Co = 340 kg N/ha

$$\text{Co efficiente} = 340 \text{ (kg N/ha)} \times 0.48 = 163.2 \text{ kg N/ha}$$

Qliq: Quantitativo di liquame apportato = Co (kg N/ha) / %N liquame

$$\text{Qliq} = 340 \text{ (kg N/ha)} / 0.0037 \text{ (-)} = 91891 \text{ kg/ha} = \mathbf{91.9 \text{ t/ha}}$$

i) **Cm:** quantitativo di concime minerale da apportare.

$$\text{Cm} = \text{Fabbisogno di N (kg N/ha)} - \text{Co efficiente (kg N/ha)}$$

$$\text{Cm} = 229.4 \text{ kg N/ha} - 163.2 \text{ kg N/ha} = \mathbf{66.2 \text{ kg N/ha}}$$

j) **P:** perdite a carico della concimazione organica e minerale. *Tuttavia si assume che l'efficienza della concimazione minerale sia pari a 1.*

$$\text{P} = \text{Co (kg N/ha)} \times (1 - \text{coef. efficienza})$$

$$\text{P} = 340 \text{ (kg N/ha)} \times (1 - 0.48) = \mathbf{176.8 \text{ kg N/ha}}$$

VERIFICA DEL BILANCIO DELL'AZOTO

$$\mathbf{Yb + P = \pm Rm + Rh + Rc + Ro + An + Cm + Co}$$

La somma degli asporti e delle perdite deve eguagliare gli apporti

Verifica del bilancio (tutti i dati sono in kg N/ha)

$$\mathbf{(291.9 + 176.8) - (-10 + 15.5 + 32 + 25 + 340 + 66.2) = 0 \text{ kg N/ha BILANCIO VERIFICATO}}$$

3) FOSFORO

Principio generale: misurare e valutare la disponibilità di fosforo assimilabile presente nel suolo e, in caso di carenza, ripristinare le riserve e calcolare gli apporti in funzione degli asporti.

Per il fosforo l'equazione del bilancio si riduce a:

$$\mathbf{Yb + P = \pm Rm + Cm + Co}$$

Poiché **An; Rh; Rc e Ro** sono trascurabili.

a) **Rm:** disponibilità derivante dalle riserve nel suolo

$$\mathbf{Rm = Ra - Rs}$$

Ra = P₂O₅ assimilabile (da analisi del terreno) (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di P₂O₅ metodo Olsen (dalla tabella in funzione del calcare attivo) (mg/kg)

$$\mathbf{Rm = 23 \text{ (mg/kg)} - 23 \text{ (mg/kg)} = \mathbf{0 \text{ mg/kg}}}$$

Le riserve del suolo equivalgono alla soglia di sufficienza per cui la quantità da apportare sarà rappresentata solo agli asporti.

Per trasformare la Rm da mg/kg a kg/ha è necessario applicare la seguente formula:

$$\mathbf{Rm = [(Ra - Rs) * Da * Pr * (1 - Fvs)] / 10 \text{ (kg/ha)}}$$

Dove:

Ra = P₂O₅ assimilabile (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di P₂O₅ (mg/kg)

Da = densità apparente (t/m³)

Pr = profondità del suolo (cm)

Fvs = frazione di scheletro in volume

10 = fattore di conversione = /1000000 (da mg/kg a kg/kg) * 1000 (da t/m³ a kg/m³) / 100 (da cm a m) * 10000 m²/ha (per calcolare il peso del suolo in 1 ha)

Per ottenere **Rm** in kg N/ha è necessario:

- convertire Ra - Rs da mg/kg a kg/kg dividendo per 1 000 000;
- convertire la Da da t/m³ a kg/m³ moltiplicando per 1000;
- per calcolare il peso del suolo in un ettaro è necessario moltiplicare per 10000 m²;
- convertire la profondità da cm a m dividendo per 100

In questo caso essendo la differenza tra Ra e Rs pari a 0 Rm è uguale a 0 kg P₂O₅ /ha.

Rm = 0 kg P₂O₅ /ha

b) Yb: asporti colturali

Gli asporti riguardano solo la parte della pianta che esce dal sistema suolo pianta.

In questo caso i residui colturali sono interrati e quindi gli asporti sono calcolati solo per la granella.

Yb = 10 (t ss/ha) x 8 (kg P₂O₅/t ss) = 80 kg P₂O₅/ha

c) Co: quantitativo di P₂O₅ organico da distribuire. Avendo a disposizione e.a. e avendo già calcolato il quantitativo di e.a. necessario per coprire i fabbisogni di azoto, è necessario calcolare se tale quantitativo è sufficiente a coprire i fabbisogni in fosforo.

Co = Qliq (t/ha) x % P₂O₅

Co = 91.9 (t/ha) x 0.0025 = 229.75 kg P₂O₅/ha

d) P: perdite. Dovute all'immobilizzazione del P₂O₅ che è reso indisponibile alle colture. Si calcola sia per i concimi minerali sia per i concimi organici. Sono stimate in funzione del pH e del calcare attivo nel suolo utilizzando un coefficiente (vedi tabella per stima delle perdite di fosforo apportato con fertilizzanti).

P = Co x (1 - Coef. Di efficienza)

P = 229.75 (kg P₂O₅/ha) x (1-0.6) = 91.9 kg P₂O₅/ha

VERIFICA DEL BILANCIO DEL FOSFORO

$$Yb + P = \pm Rm + Cm + Co$$

Nel caso in cui la somma degli asporti e delle perdite sia maggiore della disponibilità del suolo sommati agli apporti di concime organico sarà da calcolare il quantitativo di concime minerale necessario a pareggiare il bilancio. Attenzione: in questo caso non da calcolare le perdite anche a carico del concime minerale. Nel caso in cui gli asporti più le perdite equivalgono o sono superiori agli apporti di concime organico sommato alle disponibilità non sarà necessario apportare concime minerale.

Verifica del bilancio (tutti i dati sono in kg P₂O₅/ha)

$$(Yb + P) - (\pm Rm + Co)$$

(80 + 91.9) – (0 + 229.75) = - 57.85 kg P₂O₅/ha gli apporti sono più che sufficienti per soddisfare le richieste della coltura

4) POTASSIO

Principio generale: misurare e valutare la disponibilità di potassio assimilabile presente nel suolo e, in caso di carenza, ripristinare le riserve e calcolare gli apporti in funzione degli asporti.

Per il potassio l'equazione del bilancio si riduce a:

$$Yb + P = \pm Rm + Cm + Co$$

Poiché **An**; **Rh**; **Rc** e **Ro** sono trascurabili.

e) **Rm**: disponibilità derivante dalle riserve nel suolo

$$Rm = Ra - Rs$$

Ra = K₂O scambiabile (da analisi del terreno) (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di K₂O (mg/kg) calcolata in funzione della CSC (meq/100g)

$$Rs = 100 + 2.5 \text{ CSC (meq/100g)}$$

$$Rs = 100 + 2.5 \times 18 \text{ (meq/100g)} = 145 \text{ mg/kg}$$

$$Rm = 150 \text{ (mg/kg)} - 145 \text{ (mg/kg)} = 5 \text{ mg/kg}$$

Le riserve del suolo sono maggiori della soglia di sufficienza quindi si tiene conto di una riduzione degli apporti pari a questa differenza

Per trasformare Rm da mg/kg a kg/ha è necessario applicare la seguente formula:

$$Rm = [(Ra - Rs) * Da * Pr * (1 - Fvs)] / 10 \quad (\text{kg/ha})$$

Dove:

Ra = K₂O assimilabile (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di K₂O (mg/kg)

Da = densità apparente (t/m³)

Pr = profondità del suolo (cm)

Fvs = frazione di scheletro in volume

10 = fattore di conversione = /1000000 (da mg/kg a kg/kg) * 1000 (da t/m³ a kg/m³) / 100 (da cm a m) * 10000 m²/ha (per calcolare il peso del suolo in 1 ha)

Per ottenere **Rm** in kg N/ha è necessario:

- convertire Ra - Rs da mg/kg a kg/kg dividendo per 1 000 000;
- convertire la Da da t/m³ a kg/m³ moltiplicando per 1000;
- per calcolare il peso del suolo in un ettaro è necessario moltiplicare per 10000 m²;
- convertire la profondità da cm a m dividendo per 100

$$Rm = [5 \text{ (mg/kg)} \times 1.3 \text{ (t/m}^3\text{)} \times 30 \text{ (cm)} \times (1-0)] / 10 = 19.5 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$$

f) **Yb**: asporti colturali

Gli asporti riguardano solo la parte della pianta che esce dal sistema suolo-pianta.

In questo caso i residui colturali sono interrati e quindi gli asporti sono calcolati solo per la granella.

$$Yb = 10 \text{ (t ss/ha)} \times 5 \text{ (kg K}_2\text{O/t ss)} = \mathbf{50 \text{ kg K}_2\text{O /ha}}$$

g) **Co**: quantitativo di K₂O organico da distribuire. Avendo a disposizione e.a. e avendo già calcolato il quantitativo di e.a. necessario per coprire i fabbisogni di azoto, è necessario calcolare se tale quantitativo è sufficiente a coprire i fabbisogni in fosforo.

$$Co = Q_{liq} \text{ (t/ha)} \times \% \text{ K}_2\text{O}$$

$$Co = 91.9 \text{ (t/ha)} \times 0.004 = \mathbf{367.6 \text{ kg K}_2\text{O /ha}}$$

h) **P**: perdite. Dovute a lisciviazione del K₂O presente nel suolo. Attribuibili a fenomeni di lisciviazione stimabili in funzione del contenuto di argilla nel suolo (vedi tabella per la stima delle perdite di potassio per lisciviazione)

$$P = \mathbf{10 \text{ kg K}_2\text{O /ha}}$$

VERIFICA DEL BILANCIO DEL POTASSIO

$$Yb + P = \pm Rm + Cm + Co$$

Nel caso in cui la somma degli asporti e delle perdite sia maggiore della disponibilità del suolo sommati agli apporti di concime organico sarà da calcolare il quantitativo di concime minerale necessario a pareggiare il bilancio. Nel caso in cui gli asporti più le perdite equivalgono o sono superiori agli apporti di concime organico sommato alle disponibilità non sarà necessario apportare concime minerale.

Verifica del bilancio (tutti i dati sono in kg K₂O /ha)

$$(Yb + P) - (\pm Rm + Co)$$

$(50 + 10) - (19.5 + 367.6) = -327.1 \text{ kg K}_2\text{O /ha}$ gli apporti sono più che sufficienti per soddisfare le richieste della coltura