



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
FACOLTÀ DI AGRARIA

ESERCITAZIONE DI AGRONOMIA

Piano di concimazione

22 maggio 2012

Piano di concimazione N, P_2O_5 e K_2O

Quanto sarà presentato è stato sviluppato basandosi sulle linee guida previste dal PSR 2007-2013 della Regione Lombardia

PRINCIPIO del BILANCIO:

apportare al sistema suolo-pianta quantitativi di elementi **equivalenti** agli asporti **maggiorati** delle possibili **perdite**

ECCEZIONI:

- per gli e.a. l'elemento limitante è l'azoto, è possibile che si verifichino maggiori apporti di P_2O_5 K_2O ;
- Per il P_2O_5 e K_2O è possibile apportare, attraverso concime minerale, quantitativi maggiori ai fabbisogni solo in casi in cui si riscontrano basse dotazioni degli stessi

Introduzione: Metodo del bilancio

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

dove:

- **Yb** = asporto della coltura calcolato moltiplicando la produzione stimata "Y" e l'asportazione unitaria "b"
- **P** = totale delle perdite stimate (lisciviazione, volatilizzazione, ruscellamento, immobilizzazioni)
- **Rm** = disponibilità derivante dalle riserve minerali del terreno
- **Rh** = disponibilità derivante dalla mineralizzazione dell'humus stabile e nutritivo del terreno
- **Rc** = disponibilità derivante dai residui colturali
- **Ro** = precedenti fertilizzazioni con ammendanti organici di origine animale e/o vegetale (azione residua)
- **An** = apporti naturali
- **Cm** = fertilizzante: concime minerale
- **Co** = fertilizzante: concime organico da distribuire

I valori si esprimono in kg/ha di elemento (N, P₂O₅, K₂O).



Introduzione: Metodo del bilancio

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



rappresenta
gli asporti
totali



rappresenta
le perdite
totali



rappresentano la
disponibilità naturale
presente del suolo



rappresentano il
fabbisogno in fertilizzanti



Bilancio dell'Azoto



Bilancio dell'Azoto

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

Rh = disponibilità derivante dalla mineralizzazione dell'humus

Rc = disponibilità derivante dai residui colturali

Ro = precedenti fertilizzazioni con ammendanti organici

An = apporti naturali

Yb = asporto della coltura (SEMPRE DELL'INTERA BIOMASSA PRODOTTO UTILE + RESIDUI)

P = totale delle perdite stimate

Rm = disponibilità derivante dalle riserve minerali del suolo

Cm = fertilizzante: concime minerale

Co = fertilizzante: concime organico da distribuire



Bilancio dell'Azoto

$$\text{Yb} + P = \pm R_m + R_h + R_c + R_o + A_n + C_m + C_o$$

Yb = resa prodotto utile (t ss/ha) x asporto unitario (kg N/t ss)
 resa residui colturali (t ss/ha) x asporto unitario (kg N/t ss)

SEMPRE DELL'INTERA BIOMASSA PRODOTTO
 UTILE + RESIDUI

Tabella asporti colture

	Prodotto utile						Residui						
Coltura	Tipo di prodotto	Resa media prodotto utile (t/ha)	ss prodotto utile (%)	Asportazioni			Tipo di prodotto	Resa media residui (t/ha)	ss residui (%)	Asportazioni			HI
				(kg/t ss)						(kg/t ss)			
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	%
Frumento tenero	granella	5	87	26	10	7	paglia	4	88	6.8	3.4	26.1	55
Mais trinciato	granella	60	35	11	4	9	no residui						100



Bilancio dell'Azoto

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

Rm non è distinguibile da Rc

Rm = disponibilità derivante dalle riserve minerali del terreno

Rc = disponibilità derivante dai residui colturali

Rm + Rc stimati in base alla coltura precedente e alla raccolta dei residui.

In totale è l'azoto minerale residuo dalla coltura precedente presente nel suolo o legato alla sostanza organica dei residui. La demolizione dei residui colturali può rappresentare una fonte di azoto oppure, in caso di residui con elevato C/N, è possibile una temporanea riduzione dell'elemento.

N residuo coltura precedente

Coltura	kg N /ha
Barbabietola	+ 30
Cereali paglia asportata	- 10
Cereali paglia interrata	- 20
Colza	+ 20
Girasole	0
Loglio italico	+ 10
Mais stocchi asportati	- 10
Mais stocchi interrati	- 35
Medica > tre anni	+ 100
Patata	+ 25
Pomodoro	+ 35
Prato bifita	+ 30
Soia	+ 25
Sorgo	- 45
Altre leguminose	+ 10
Altre colture	- 10



Bilancio dell'Azoto

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

Rh N dalla mineralizzazione dell'humus stabile e nutritivo del terreno

$$Rh = S.O. * 0,05 * K_m * Pr * 100000 * Da * (1 - Fvs)$$

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)

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

100000 = fattore conversione = 10000 m^2 (per calcolare il peso del suolo in 1 ha) * 1000 (da t/m^3 a kg/m^3) / 100 (da cm a m)

Le perdite a carico di Rh normalmente vengono stimate intorno al 30%

Bilancio dell'Azoto

Rh N dalla mineralizzazione dell'humus stabile e nutritivo del terreno

$$Rh = S.O. * 0,05 * K_m * Pr * 100000 * Da * (1 - Fvs)$$

Argilla (%)	Carbonati totali (%)							
	0	5	10	15	20	30	40	50
0	0,03	0,024	0,02	0,0171	0,015	0,012	0,01	0,0086
10	0,02	0,016	0,0133	0,0114	0,01	0,0080	0,0067	0,0057
20	0,015	0,012	0,01	0,0086	0,0075	0,0060	0,0050	0,0043
30	0,012	0,0096	0,0080	0,0069	0,0060	0,0048	0,0040	0,0034
40	0,01	0,008	0,0067	0,0057	0,0050	0,0040	0,0033	0,0029
50	0,0086	0,0069	0,0057	0,0049	0,0043	0,0034	0,0029	0,0024
60		0,006	0,0050	0,0043	0,0038	0,0030	0,0025	0,0021

Per il calcolo di K_m , i valori delle analisi del terreno relativi alla percentuale di Argilla e di Carbonati totali devono essere approssimati, per eccesso o per difetto, ai valori di entrata della tabella sopra riportata.

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

Sc = % scheletro in peso da analisi suolo

Da = densità apparente (t/m³)

2.6 = densità apparente scheletro (t/m³)



Bilancio dell'Azoto

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

Ro è l'N (kg/ha) da precedente fertilizzazione con ammendanti org. (*letame)

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

Qa = quantità letame distribuito (t/ha)

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

Kr = % di N utilizzabile (vedi tabella)

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

Su coltura primaverile-estiva o prato	0,20
---------------------------------------	------

Su coltura autunno-vernina	0,10
----------------------------	------

valori di Kr



Bilancio dell'Azoto

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

An è l'N (kg/ha) da apporti naturali (precipitazioni)

Valori 30 - 40 kg/ha
Realmente utilizzabili 25 kg/ha
Per il riso 0 kg/ha



Bilancio dell'Azoto

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

Cm = fertilizzante: concime minerale

Co = fertilizzante: concime organico da distribuire

Valori da determinare in funzione:

- della disponibilità aziendale: Co
- del deficit da colmare: Cm

Le perdite (P) e quindi i reali apporti di nutrienti vengono stimati a questo livello attraverso coefficienti di efficienza



Bilancio dell'Azoto

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

P rappresentano le perdite

Dovute a:

- Fattori climatici (pioggia, vento)
- Fattori pedologici (tessitura, pH, CSC)
- Tecnica agronomica (tipologia fertilizzante, epoca distribuzione, modalità distribuzione, frazionamento)

STIMA delle PERDITE

Basata su coefficienti di efficienza applicati ai fattori Cm e Co



Bilancio dell'Azoto: tabelle efficienza

EPOCA E MODALITA' DISTRIBUZIONE	EFFICIENZA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - PREARATURA PRIMAVERILE SU TERRENO NUDO O STOPPIE	ALTA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - PREARATURA ESTIVA SU TERRENO NUDO O STOPPIE	BASSA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - PREARATURA AUTUNNALE SU TERRENO NUDO O STOPPIE	BASSA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - PREARATURA ESTIVA SU PAGLIE O STOCCHI	MEDIA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - PREARATURA AUTUNNALE SU SU PAGLIE O STOCCHI	MEDIA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - COPERTURA CON INTERRAMENTO	ALTA
MAIS, SORGO ERBAI PRIMAVERILI - COPERTURA SENZA INTERRAMENTO	MEDIA
CEREALI ED ERBAI AUTUNNO VERNINI - PREARATURA ESTIVA SU PAGLIE O STOCCHI	MEDIA
CEREALI ED ERBAI AUTUNNO VERNINI - PREARATURA ESTIVA SU TERRENO NUDO O STOPPIE	BASSA
CEREALI ED ERBAI AUTUNNO VERNINI - FINE INVERNO PRIMAVERA IN COPERTURA	MEDIA
COLTURE DI SECONDO RACCOLTO - ESTIVA CON PREPARAZIONE TERRENO	ALTA
COLTURE DI SECONDO RACCOLTO - ESTIVA IN COPERTURA CON INTERRAMENTO	ALTA
COLTURE DI SECONDO RACCOLTO - COPERTURA SENZA INTERRAMENTO	MEDIA
COLTURE DI SECONDO RACCOLTO - FERTIRRIGAZIONE IN COPERTURA	MEDIA



Bilancio dell'Azoto: tabelle efficienza

EPOCA E MODALITA' DISTRIBUZIONE	EFFICIENZA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - PREARATURA PRIMAVERILE SU PAGLIE O STOCCHI	ALTA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - PREARATURA ESTIVA SU TERRENO NUDO O STOPPIE	BASSA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - PREARATURA ESTIVA SU PAGLIE O STOCCHI	MEDIA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - DOPO TAGLI PRIMAVERILI CON INTERRAMENTO	ALTA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - DOPO TAGLI PRIMAVERILI SENZA INTERRAMENTO	MEDIA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - DOPO TAGLI ESTIVI CON INTERRAMENTO	ALTA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - DOPO TAGLI ESTIVI SENZA INTERRAMENTO	MEDIA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - AUTUNNO PRECOCE CON INTERRAMENTO	MEDIA
PRATI DI GRAMINACEE MISTI O MEDICAI - AUTUNNO PRECOCE SENZA INTERRAMENTO	BASSA
PIOPPETI E ARBOREE - PREIMPIANTO	BASSA
PIOPPETI E ARBOREE - MAGGIO - SETTEMBRE CON TERRENO INERBITO	ALTA
PIOPPETI E ARBOREE - MAGGIO - SETTEMBRE CON TERRENO LAVORATO	MEDIA



Bilancio dell'Azoto: tabelle efficienza

	tessitura suolo		
Specie animale	Grossolana	Media	Fine
ALTA_Avicoli	0.84	0.75	0.66
ALTA_Suini	0.73	0.65	0.57
ALTA_Bovini	0.62	0.55	0.48
MEDIA_Avicoli	0.61	0.55	0.48
MEDIA_Suini	0.53	0.48	0.42
MEDIA_Bovini	0.45	0.41	0.36
BASSA_Avicoli	0.38	0.36	0.32
BASSA_Suini	0.33	0.31	0.28
BASSA_Bovini	0.28	0.26	0.24



Bilancio del Fosforo



Bilancio del Fosforo

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

An; Rh; Rc e Ro sono trascurabili

Rh = disponibilità derivante dalla mineralizzazione dell'humus

Rc = disponibilità derivante dai residui colturali

Ro = precedenti fertilizzazioni con ammendanti organici

An = apporti naturali



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

Yb = asporto della coltura (SOLO DEL PRODOTTO ASPORTATO DAL TERRENO)

P = totale delle perdite stimate

Rm = disponibilità derivante dalle riserve minerali del terreno

Cm = fertilizzante: concime minerale

Co = fertilizzante: concime organico da distribuire

Obiettivo generale:

- 1- ripristinare le riserve del suolo
- 2- apporti in base agli asporti



Bilancio del Fosforo

$$\text{Yb} + P = \pm R_m + R_h + R_c + R_o + A_n + C_m + C_o$$

Yb = resa prodotto utile (t ss/ha) x asporto unitario (kg P₂O₅/t ss)
 resa residui colturali (t ss/ha) x asporto unitario (kg P₂O₅/t ss)

SOLO PER LA BIOMASSA ASPORTATA DAL
TERRENO.

ESEMPIO: frumento da granelle, paglia interrata: calcolo gli asporti solo della granella
 frumento da granella, paglia raccolta: calcolo gli asporti sia della granella sia dei residui

Tabella asporti colture

	Prodotto utile						Residui						
Coltura	Tipo di prodotto	Resa media prodotto utile (t/ha)	ss prodotto utile (%)	Asportazioni			Tipo di prodotto	Resa media residui (t/ha)	ss residui (%)	Asportazioni			HI
				(kg/t ss)						(kg/t ss)			
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	%
Frumento tenero	granella	5	87	26	10	7	paglia	4	88	6.8	3.4	26.1	55
Mais trinciato	granella	60	35	11	4	9	no residui						100



Bilancio del Fosforo

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

$Rm = P_2O_5$ derivante dalle riserve minerali del terreno (kg/ha)

$$Rm = Ra - Rs$$

$Ra = P_2O_5$ assimilabile (da analisi del terreno) (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di P_2O_5 metodo (dalla tabella in funzione del calcare attivo e del metodo di misura del Fosforo assimilabile) (mg/kg)

metodo	calcare attivo	P in mg/kg(*)	P_2O_5 in mg/kg(*)
Olsen	≤ 50 g/kg	10	23
Olsen	> 50 g/kg	20	46
Bray e Kurtz	Assente	20	46

Se la dotazione del suolo è:

- uguale alla soglia di sufficienza si calcola il quantitativo asportato delle colture
- minore della soglia di sufficienza si calcola la quota di arricchimento più asporti
- più alta della soglia si calcola la quota di riduzione da detrarre agli asporti



Bilancio del Fosforo

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

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

Dove:

Ra = P_2O_5 assimilabile (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di P_2O_5 (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 (per calcolare il peso del suolo in 1 ha)



Bilancio del Fosforo

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

P rappresentano le perdite

Dovute a immobilizzazione del P_2O_5 che è reso indisponibile alle colture;
si calcola sia per i concimi minerali sia per i concimi organici.

Stimate in funzione del pH e del calcare attivo nel suolo

Condizioni	Efficienza della concimazione %
pH < 5,5	50
pH 5,5 – 6,2	60
pH >6,2 e <=7,2	80
pH > 7,2 con calcare attivo tra 1-20 g/kg	70
pH > 7,2 con calcare attivo tra 21-50 g/kg	60
pH > 7,2 con calcare attivo > 51 g/kg	50



Bilancio del Potassio



Bilancio del Potassio

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

An; Rh; Rc e Ro sono trascurabili

Rh = disponibilità derivante dalla mineralizzazione dell'humus

Rc = disponibilità derivante dai residui colturali

Ro = precedenti fertilizzazioni con ammendanti organici

An = apporti naturali



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

Yb = asporto della coltura (**SOLO DEL PRODOTTO UTILE**)

P = totale delle perdite stimate

Rm = disponibilità derivante dalle riserve minerali del suolo

Cm = fertilizzante: concime minerale

Co = fertilizzante: concime organico da distribuire

Obiettivo:

- 1- ripristinare le riserve del suolo
- 2- apporto in base agli asporti



Bilancio del Potassio

$$\text{Yb} + P = \pm R_m + R_h + R_c + R_o + A_n + C_m + C_o$$

Yb = resa prodotto utile (t ss/ha) x asporto unitario (kg K₂O/t ss)
 resa residui colturali (t ss/ha) x asporto unitario (kg K₂O/t ss)

SOLO PER LA BIOMASSA ASPORTATA DAL
TERRENO.

ESEMPIO: frumento da granelle, paglia interrata: calcolo gli asporti solo della granella
 frumento da granella, paglia raccolta: calcolo gli asporti sia della granella sia dei residui

Tabella asporti colture

	Prodotto utile						Residui						
Coltura	Tipo di prodotto	Resa media prodotto utile (t/ha)	ss prodotto utile (%)	Asportazioni			Tipo di prodotto	Resa media residui (t/ha)	ss residui (%)	Asportazioni			HI
				(kg/t ss)						(kg/t ss)			
				N	P ₂ O ₅	K ₂ O				N	P ₂ O ₅	K ₂ O	%
Frumento tenero	granella	5	87	26	10	7	paglia	4	88	6.8	3.4	26.1	55
Mais trinciato	granella	60	35	11	4	9	no residui						100



Bilancio del Potassio

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

Rm = K_2O derivante dalle riserve minerali del terreno (kg/ha)

$$Rm = Ra - Rs$$

Ra = K_2O assimilabile (da analisi del terreno) (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di K_2O (calcolata in base alla CSC) (mg/kg)

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

CSC = capacità di scambio cationico

2.5 = parametro

100 = parametro

Se la dotazione del suolo è:

- uguale alla soglia di sufficienza si calcola il quantitativo asportato delle colture
- minore della soglia di sufficienza si calcola la quota di arricchimento più asporti
- più alta della soglia si calcola la quota di riduzione da detrarre agli asporti



Bilancio del Potassio

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

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

Dove:

Ra = K_2O assimilabile (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di K_2O (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 (per calcolare il peso del suolo in 1 ha)



Bilancio del Potassio

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

P rappresentano le perdite

Dovute a lisciviazione del K_2O presente nel suolo.

Attribuibili a fenomeni di lisciviazione stimabili in funzione del contenuto di argilla nel suolo (vedi tabella)

Argilla %	K_2O kg/ha anno
< 5	60
5 – 15	30
15 – 25	20
> 25	10

