



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO  
FACOLTÀ DI AGRARIA

# ESERCITAZIONE DI AGRONOMIA

## Piano di concimazione

Marcello Chiodini  
Andrea Giussani

# Introduzione

## Piano di concimazione N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O

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<sub>2</sub>O<sub>5</sub> K<sub>2</sub>O;
- Per il P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O 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

$$Y_b + P = \pm R_m + R_h + R_c + R_o + A_n + C_m + C_o$$

dove:

- **Y<sub>b</sub>** = asporto della coltura calcolato moltiplicando la produzione stimata "Y" e l'asportazione unitaria "b"
- **P** = totale delle perdite stimate (lisciviazione, volatilizzazione, ruscellamento, immobilizzazioni)
- **R<sub>m</sub>** = disponibilità derivante dalle riserve minerali del terreno
- **R<sub>h</sub>** = disponibilità derivante dalla mineralizzazione dell'humus stabile e nutritivo del terreno
- **R<sub>c</sub>** = disponibilità derivante dai residui colturali
- **R<sub>o</sub>** = precedenti fertilizzazioni con ammendanti organici di origine animale e/o vegetale (azione residua)
- **A<sub>n</sub>** = apporti naturali
- **C<sub>m</sub>** = fertilizzante: concime minerale
- **C<sub>o</sub>** = fertilizzante: concime organico da distribuire

I valori si esprimono in kg/ha di elemento (N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O).



# 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

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

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

Coltura	Tipo di prodotto	Prodotto utile					Residui					HI %	
		Resa media prodotto utile (t/ha)	ss prodotto utile (%)	Asportazioni (kg/t ss)			Tipo di prodotto	Resa media residui (t/ha)	ss residui (%)	Asportazioni (kg/t ss)			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> 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

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

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 =  $10000 \text{ m}^2/\text{ha}$  (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

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

		Carbonati totali (%)							
		0-5	5.1-10	10.1-15	15.1-20	20.1-30	30.1-40	40.1-50	>50
Argilla (%)	0-10	0.0300	0.0240	0.0200	0.0171	0.0150	0.0120	0.0100	0.0086
	10.1-20	0.0200	0.0160	0.0133	0.0114	0.0100	0.0080	0.0067	0.0057
	20.1-30	0.0150	0.0120	0.0100	0.0086	0.0075	0.0060	0.0050	0.0043
	30.1-40	0.0120	0.0096	0.0080	0.0069	0.0060	0.0048	0.0040	0.0034
	40.1-50	0.0100	0.0080	0.0067	0.0057	0.0050	0.0040	0.0033	0.0029
	50.1-60	0.0086	0.0069	0.0057	0.0049	0.0043	0.0034	0.0029	0.0024
	<100		0.0060	0.0050	0.0043	0.0038	0.0030	0.0025	0.0021

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

Sc = % scheletro in peso da analisi suolo

Da = densità apparente (t/m<sup>3</sup>)

2.6 = densità apparente scheletro (t/m<sup>3</sup>)



# Bilancio dell'Azoto

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

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

$$R_o = Q_a * N * K_r * 10$$

$Q_a$  = quantità letame distribuito (t/ha)

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

$K_r$  = % 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  $K_r$



# Bilancio dell'Azoto

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

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

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

**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: efficienza

**Concimi minerali:** efficienza pari al **100%**. Assunzione in realtà non si raggiungere mai.

## **Letame e compostati:**

Per gli ammendanti (letame e compost) e altre sostanze vegetali naturali non pericolose di provenienza agricola o da industrie connesse, il coefficiente di efficienza è unico, pari al **40%** ed è indipendente dall'epoca di distribuzione e dalla coltura.



# Bilancio dell'Azoto: tabelle efficienza liquami

Definizione dell'efficienza dell'azoto da liquami in funzione delle colture, delle modalità ed epoche di distribuzione

GRUPPO COLTURA	EPOCA E MODALITA' DISTRIBUZIONE	EFFICIENZA
Primaverili_estive (es. mais, sorgo, barbabietola)	Prima della preparazione del terreno e semina nel medesimo anno (epoca primavera)	ALTA
	Su terreno nudo o stoppie prima della preparazione del terreno e semina nell'anno successivo (epoca fine estate-autunno)	BASSA
	Sui residui pagliosi o stocchi prima della preparazione del terreno e semina nell'anno successivo (epoca fine estate-autunno)	MEDIA
	In copertura con interrimento (epoca primavera-estate)	ALTA
	In copertura senza interrimento (epoca primavera-estate)	MEDIA
Autunno_vernine (es. frumento, orzo, colza)	Su terreno nudo o stoppie prima della preparazione del terreno (epoca estate-inizio autunno)	BASSA
	Sui residui pagliosi prima della preparazione del terreno (epoca estate-inizio autunno)	MEDIA
	In copertura nella fase di pieno accestimento (epoca fine inverno)	MEDIA
	In copertura nella fase di levata (epoca primavera)	ALTA
Colture estive di secondo raccolto	Presemina (epoca estate)	ALTA
	In copertura con interrimento (epoca estate)	ALTA
	In copertura senza interrimento (epoca estate)	MEDIA
	In copertura in fertirrigazione	MEDIA



# Bilancio dell'Azoto: tabelle efficienza liquami

GRUPPO COLTURA	EPOCA E MODALITA' DISTRIBUZIONE	EFFICIENZA
Pluriennali erbacee (es. prati, erba medica)	Su terreno nudo o stoppie prima della preparazione del terreno ed impianto nell'anno successivo (epoca primavera)	MEDIA
	Prima della preparazione del terreno e semina nel medesimo anno (epoca primavera)	ALTA
	Sui residui pagliosi prima della preparazione del terreno ed impianto nell'anno successivo (epoca fine estate-autunno)	MEDIA
	Su terreno nudo o stoppie prima della preparazione del terreno ed impianto nell'anno successivo (epoca fine estate-autunno)	BASSA
	Ripresa vegetativa e taglio e il primo taglio primaverili con interrimento	ALTA
	Ripresa vegetativa e taglio e il primo taglio primaverili con senza interrimento	MEDIA
	Dopo i tagli estivi con interrimento	ALTA
	Dopo i tagli estivi con senza interrimento	MEDIA
	In autunno dopo l'ultimo taglio con interrimento	MEDIA
	In autunno dopo l'ultimo taglio senza interrimento	BASSA
Arboree	Preimpianto	BASSA
	In copertura in primavera su frutteto inerbito o con interrimento	ALTA
	In copertura in estate su frutteto inerbito o con interrimento	MEDIA
	In copertura nel tardo autunno (>15/10)	BASSA
	In copertura su frutteto lavorato senza interrimento	BASSA

I livelli di efficienza riportati in tabella possono ritenersi validi anche per i materiali **palabili ed ammendanti non soggetti a processi di maturazione e/o compostaggio**, ovviamente per quelle epoche e modalità che ne permettano l'incorporamento al terreno



# Bilancio dell'Azoto: tabelle efficienza liquami

Coefficienti di efficienza dei liquami provenienti da allevamenti di suini, bovini ed avicoli

Specie animale	tessitura suolo		
	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

I coefficienti di efficienza indicati per i liquami possono ritenersi validi anche per i materiali palabili non soggetti a processi di maturazione e/o compostaggio



# Bilancio del Fosforo



# Bilancio del Fosforo

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

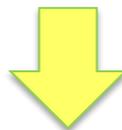
An; Rh; Rc e Ro sono trascurabili

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

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

$Yb$  = resa prodotto utile (t ss/ha) x asporto unitario (kg  $P_2O_5$ /t ss)  
 resa residui colturali (t ss/ha) x asporto unitario (kg  $P_2O_5$ /t ss)

SOLO PER LA BIOMASSA ASPORTATA DAL TERRENO.

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

Tabella asporti colture

Coltura	Tipo di prodotto	Prodotto utile					Residui						HI %
		Resa media prodotto utile (t/ha)	ss prodotto utile (%)	Asportazioni (kg/t ss)			Tipo di prodotto	Resa media residui (t/ha)	ss residui (%)	Asportazioni (kg/t ss)			
				N	$P_2O_5$	$K_2O$				N	$P_2O_5$	$K_2O$	
Frumento tenero	granelle	5	87	26	10	7	paglia	4	88	6.8	3.4	26.1	55
Mais trinciato	granelle	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	$\leq 50$ 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

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

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

Dove:

Ra =  $P_2O_5$  assimilabile (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di  $P_2O_5$  (mg/kg)

Da = densità apparente ( $t/m^3$ )

Pr = profondità del suolo (cm)

Fvs = frazione di scheletro in volume

10 = fattore di conversione = /1000000 (da mg/kg a kg/kg) \* 1000 (da  $t/m^3$  a  $kg/m^3$ ) / 100 (da cm a m) \* 10000  $m^2/ha$  (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

<b>Condizioni</b>	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

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

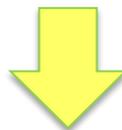
An; Rh; Rc e Ro sono trascurabili

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

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

Yb = resa prodotto utile (t ss/ha) x asporto unitario (kg K<sub>2</sub>O/t ss)  
 resa residui colturali (t ss/ha) x asporto unitario (kg K<sub>2</sub>O/t ss)

SOLO PER LA BIOMASSA ASPORTATA DAL TERRENO.

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

Tabella asporti colture

Coltura	Tipo di prodotto	Prodotto utile					Residui						HI %
		Resa media prodotto utile (t/ha)	ss prodotto utile (%)	Asportazioni (kg/t ss)			Tipo di prodotto	Resa media residui (t/ha)	ss residui (%)	Asportazioni (kg/t ss)			
				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O				N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
Frumento tenero	granelle	5	87	26	10	7	paglia	4	88	6.8	3.4	26.1	55
Mais trinciato	granelle	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

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

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

Dove:

Ra = K<sub>2</sub>O assimilabile (mg/kg)

Rs = soglia di sufficienza di K<sub>2</sub>O (mg/kg)

Da = densità apparente (t/m<sup>3</sup>)

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/m<sup>3</sup> a kg/m<sup>3</sup>) / 100 (da cm a m) \* 10000 m<sup>2</sup>/ha (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)

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

