



Gestione dei concimi azotati in cerealicoltura: tipizzazione delle curve di cessione

Torino 19 – 20 novembre 2008



Anna Benedetti

CRA RPS

Obiettivo dell'U.O. CRA-RPS

Il progetto ha puntato l'attenzione sulla "taratura agronomica" delle risultanze di laboratorio, al fine di poter fornire utili indicazioni all'agricoltore sulle modalità di utilizzo dei fertilizzanti azotati per il raggiungimento della loro massima efficienza agronomica.

Si è giunti all'obiettivo previsto attraverso:

-la caratterizzazione dei suoli dei campi sperimentali;

-la caratterizzazione, mediante analisi di laboratorio, di un prodotto per categoria sui terreni dei campi sperimentali utilizzati nella sperimentazione agronomica; dei prodotti non analizzati precedentemente;

- il confronto dei metodi biochimici di mineralizzazione/nitrificazione potenziale dell'azoto in aereobiosi ed anaereobiosi avendo un rilevante peso nella sperimentazione di campo la risaia.



Concimi cosiddetti “non a pronto effetto”



CONCIMI NON A PRONTO EFFETTO

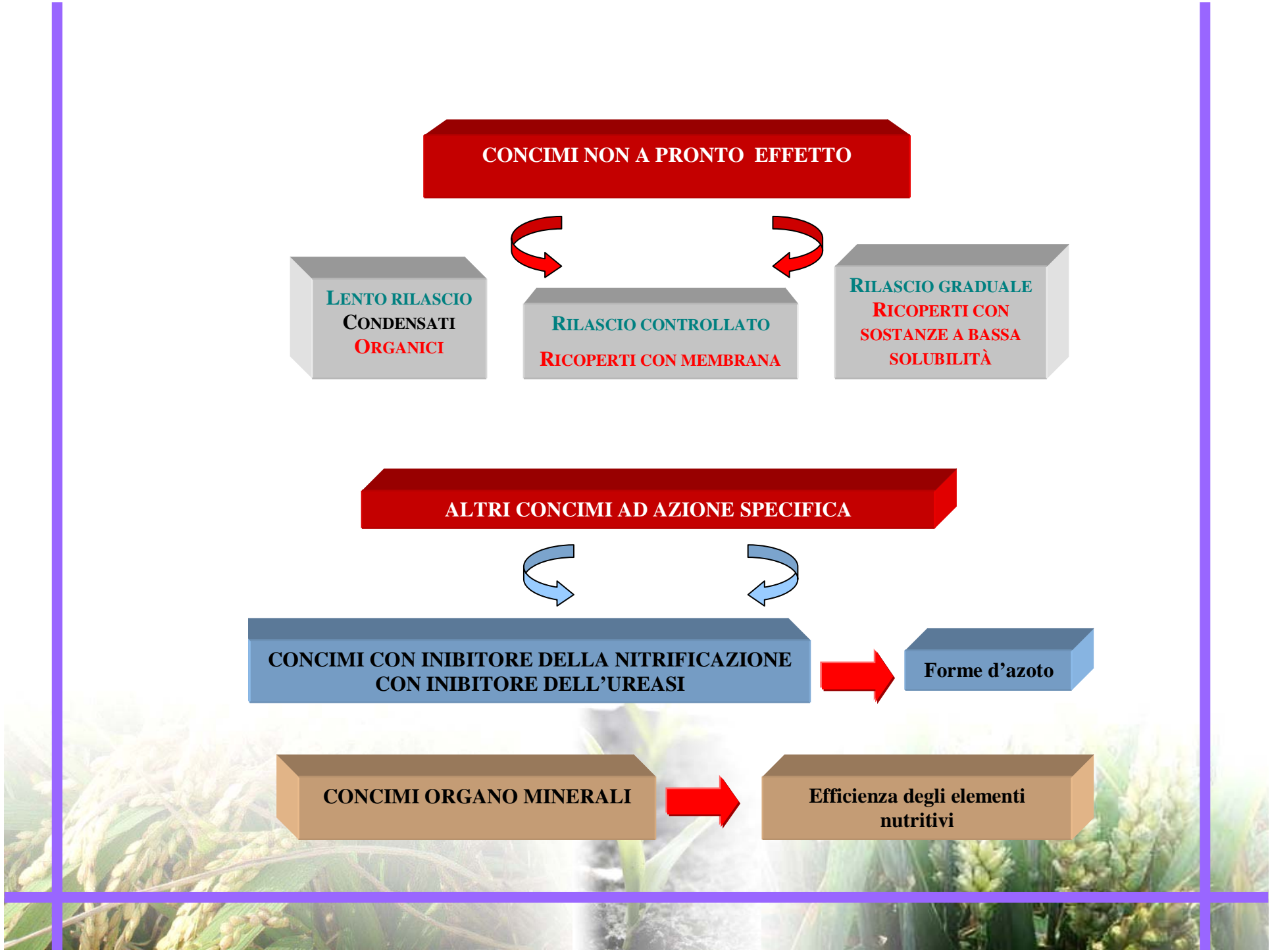


ALTRI CONCIMI AD AZIONE SPECIFICA



CONCIMI ORGANO MINERALI

Efficienza degli elementi nutritivi



Appartengono alla categoria Concimi “non a pronto effetto”

- Non a pronto effetto propriamente detti
- - organici naturali
- - organici di sintesi
- - ricoperti: membrana (naturale, sintetica, semipermeabile, ecc)
- - ricoperti con ricoprenti naturali o sintetici
- - condensati (granulometria e la composizione, caratteristica e dimensione dei polimeri)

- Ad azione specifica
- - in miscela con prodotti ad azione mirata (inibitori dell'ureasi, inibitori della nitrificazione)

- Altro
- - organo-minerali.



Concimi oggetto dello studio

- **Condensati :**
- Urea formaldeide solida
- Urea formaldeide solida
- Urea formaldeide fluida
- NPK con una percentuale di N condensato
- Calciocianammide
- **Organici:**
- Cuoio torrefatto
- Cuoio e pelli idrolizzate
- Cornunghia
- **Ricoperti con membrana**
- Concime semplice azotato ricoperto con membrana semipermeabile
- Concime semplice azotato ricoperto con resina (tril = 4 mesi)
- Concime semplice azotato ricoperto con resina (tril = 2 mesi)
- Concime semplice azotato parzialmente ricoperto
- **Ricoperti con sostanze a bassa solubilità**
- Concime semplice azotato ricoperto con zolfo
- **Concimi con azione specifica**
- Concime semplice azotato trattato con inibitore
- Urea miscelata con zolfo (tiosolfati)
- Organo-minerali



Definizioni CEN 260 n.228-Task force "Slow release fertilizers"

Rilascio: trasformazione di sostanze chimiche in forma disponibile per le piante.

Quota di rilascio: quota di sostanze chimiche trasformate in forma disponibile per le piante in un dato periodo di tempo.

Lento rilascio: si definisce lenta la trasformazione di sostanze chimiche in forma disponibile per le piante quando le quote di nutrienti vengano rilasciati in condizioni prestabilite rispettando ciascuno di questi tre criteri:

- non più del 15% (m/m) rilasciato in 24 ore;
- non più del 75% (m/m) rilasciato in 28 giorni;
- non meno del 75% (m/m) deve essere ceduto nell'arco del tempo di rilascio prestabilito.

Rilascio iniziale di nutrienti: quota che si rende disponibile per le piante nelle prime 24 ore dal trattamento.

Tempo d'azione: longevità del fertilizzante: periodo di tempo compreso tra l'applicazione del fertilizzante e il raggiungimento del 75% della cessione di ciascun elemento nutritivo.

Ricopertura di un fertilizzante: incapsulamento di un fertilizzante (esempio attraverso la copertura con materiale insolubile) per ridurre la sua solubilità in un determinato diluente, per esempio acqua.

Misura della quota cumulativa: determinazione della quantità totale solubilizzata di nutriente prima dell'inizio del trattamento.

Misura della quota incrementale: determinazione della quantità di nutrienti rilasciata in un determinato periodo di tempo (un incremento). Gli intervalli di tempo debbano essere indicati prodotto per prodotto.





**Condensato
N-org. di sintesi
a cessione controllata**

Concimi condensati a bassa solubilità: ottenuti per reazione dell'urea con aldeidi diverse (gruppi ammidici dell'urea e quelli aldeidici dell'aldeide corrispondente) hanno caratteristiche chimiche diverse.

**Afferiscono a questa categoria
CDU Crotonilidendiurea
IBDU Isobutilidendiurea
UF Ureaformaldeide**

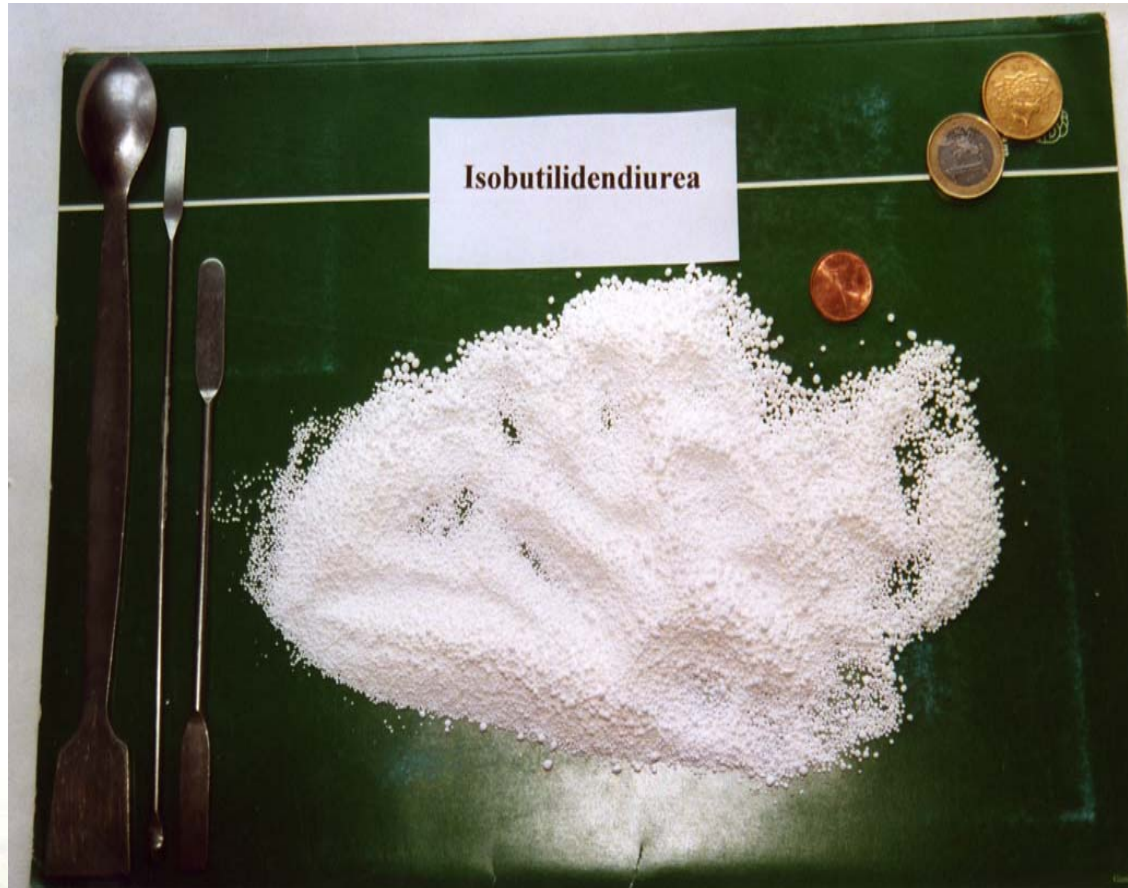




CDU

Composto esclusivamente monomeric



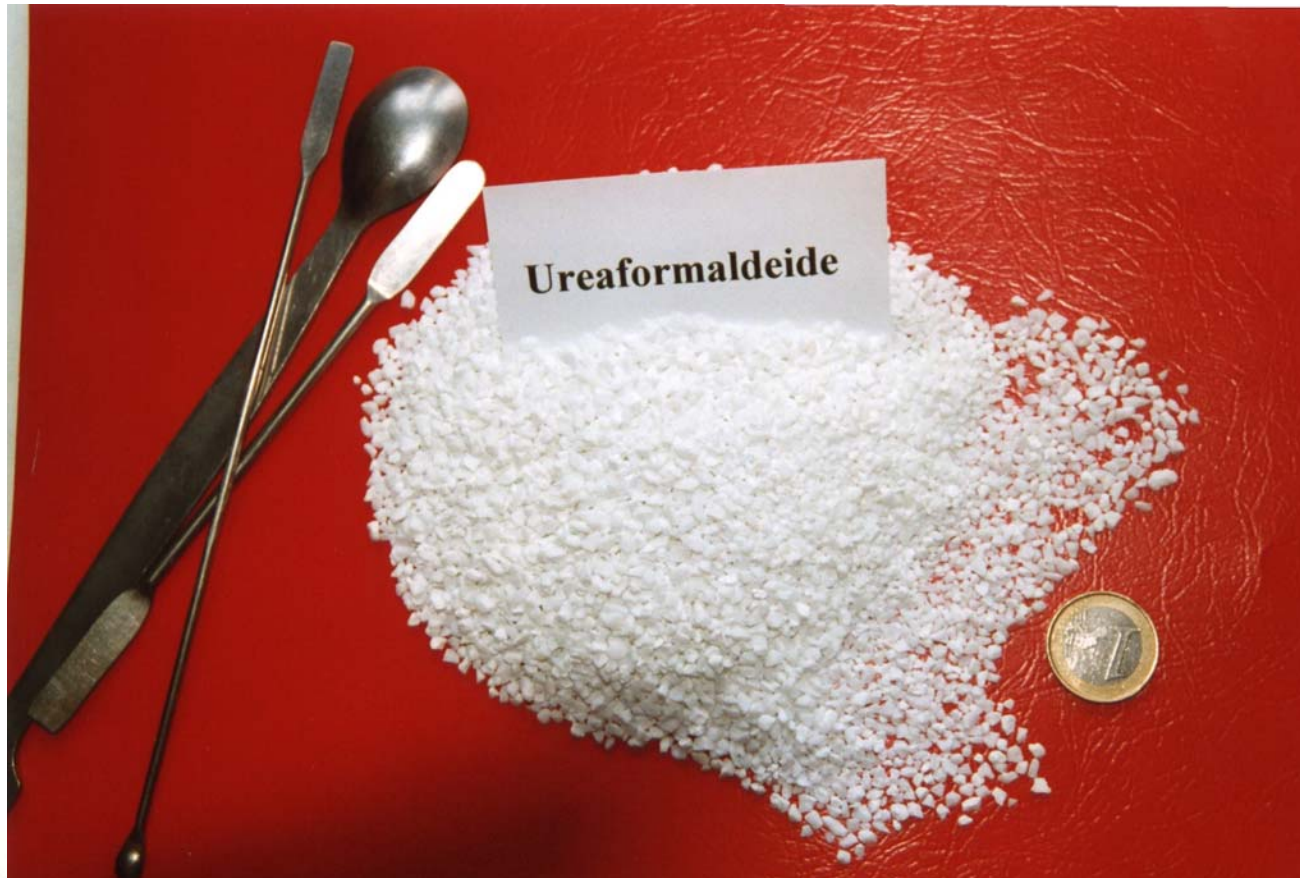


IBDU

Composto esclusivamente monomeric



UF



Miscela di metileuree: miscela di composti di diverso peso molecolare, derivanti da una reazione di condensazione e successiva polimerizzazione



Ureaformaldeide (UF)

- **costituita da una frazione di urea che non ha subito condensazione (urea libera) e da polimeri di metilenurea (monomeri, dimeri, trimeri ecc), legati mediante ponti metilenici all'urea**
- **La solubilità dei diversi polimeri è inversamente proporzionale al numero di tali residui**
- **In relazione alla loro solubilità in acqua è possibile individuare tre diverse frazioni:**
 - **- solubile in acqua fredda;**
 - **- solubile in acqua calda;**
 - **- insolubile in acqua calda**



Indice di attività

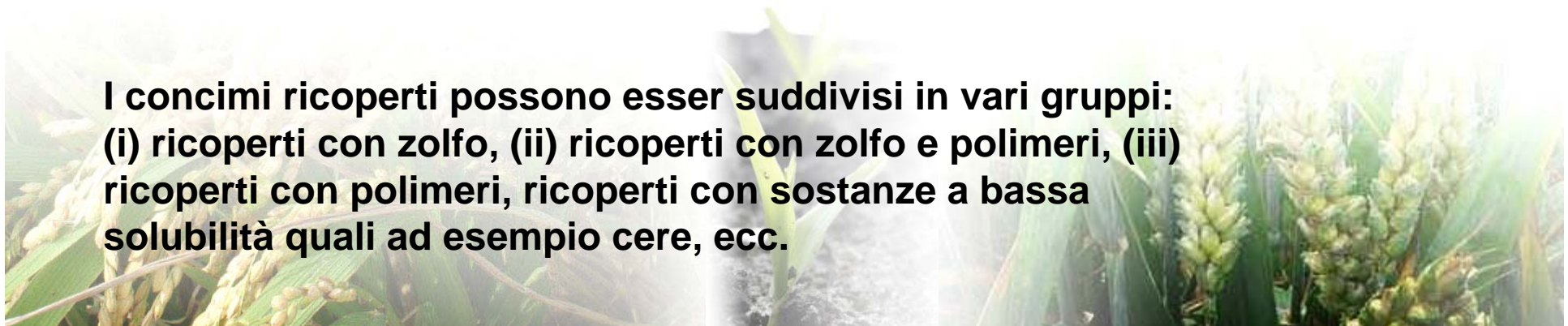
$$IA = \frac{\text{solubile in acqua calda}}{\text{solubile in acqua calda + insolubile in acqua calda}} \times 100$$

esprime la quantità di azoto insolubile in acqua fredda che si solubilizza in acqua calda





**I concimi ricoperti possono esser suddivisi in vari gruppi:
(i) ricoperti con zolfo, (ii) ricoperti con zolfo e polimeri, (iii)
ricoperti con polimeri, ricoperti con sostanze a bassa
solubilità quali ad esempio cere, ecc.**





Concime semplice azotato ricoperto con membrana semipermeabile

A

Degradazione della membrana per azioni chimiche, fisiche e biologiche



B

Rottura della membrana semipermeabile per effetto della pressione osmotica



- Concime semplice azotato ricoperto con resina (tril = 4 mesi)

Passaggio del concime attraverso piccoli pori presenti sul rivestimento impermeabile



Organici naturali

- **Cuoio, Pollina, Letame, ecc...**

Vengono mineralizzati dalla popolazione microbica del suolo

Sarà più o meno rapida in funzione delle caratteristiche del prodotto dovute:

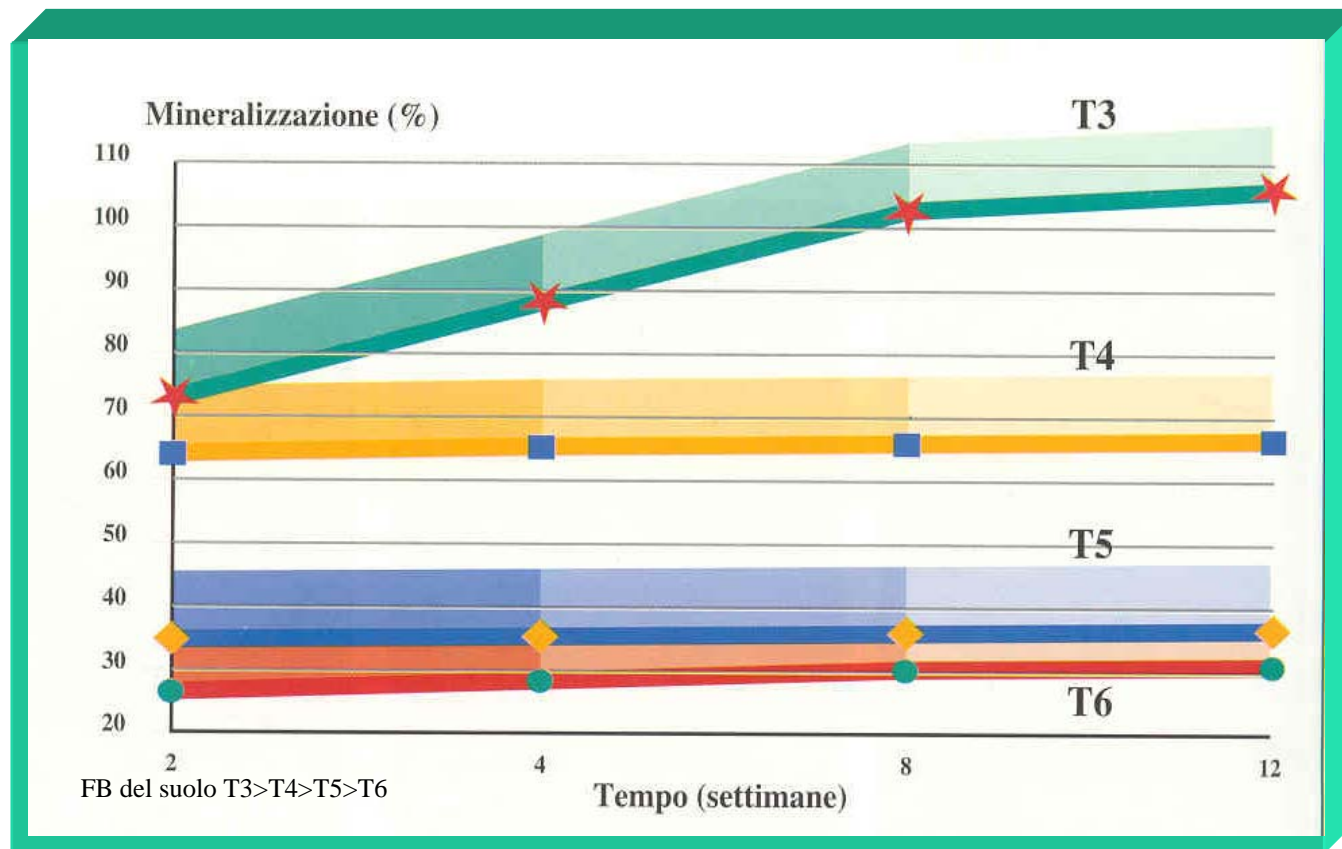
(i) Matrice di provenienza (animale, vegetale)

(ii) Complessità proteica (collagene, emoglobina, ecc)

(iii) Caratteristiche fisico-chimiche biologiche del suolo ricevente

(iv) Caratteristiche climatiche





Influenza della fertilità biologica del suolo sulla cessione dell'azoto di un concime organico



Concimi con inibitore della nitrificazione e dell'ureasi

- Sono concimi ad azione specifica e non possono essere individuati come concimi a non pronto effetto in quanto la loro azione è modulata, non sulla curva di cessione dell'azoto nel tempo, ma sulla tipologia di forma d'azoto disponibile (Nitrica, Ammoniacale, Ureica).
- Il processo di nitrificazione consiste nell'ossidazione graduale degli ioni ammonio in ioni nitrato ad opera di *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*
- Nel suolo l'urea grazie all'attività ureasica viene trasformata in ammoniaca e bicarbonato (perdite per volatilizzazione)
- Persistenza dell'azione



Concimi organo-minerali

- Possono avere una gradualità di cessione
- In funzione delle caratteristiche della matrice di provenienza
- Il meccanismo di cessione ed efficienza degli elementi nutritivi è correlato alle caratteristiche del suolo e della matrice



100% N

Solubile per azione chimica

Mineralizzabile dalla
biomassa microbica
aerobica

Mineralizzabile dalla
biomassa microbica
anaerobica

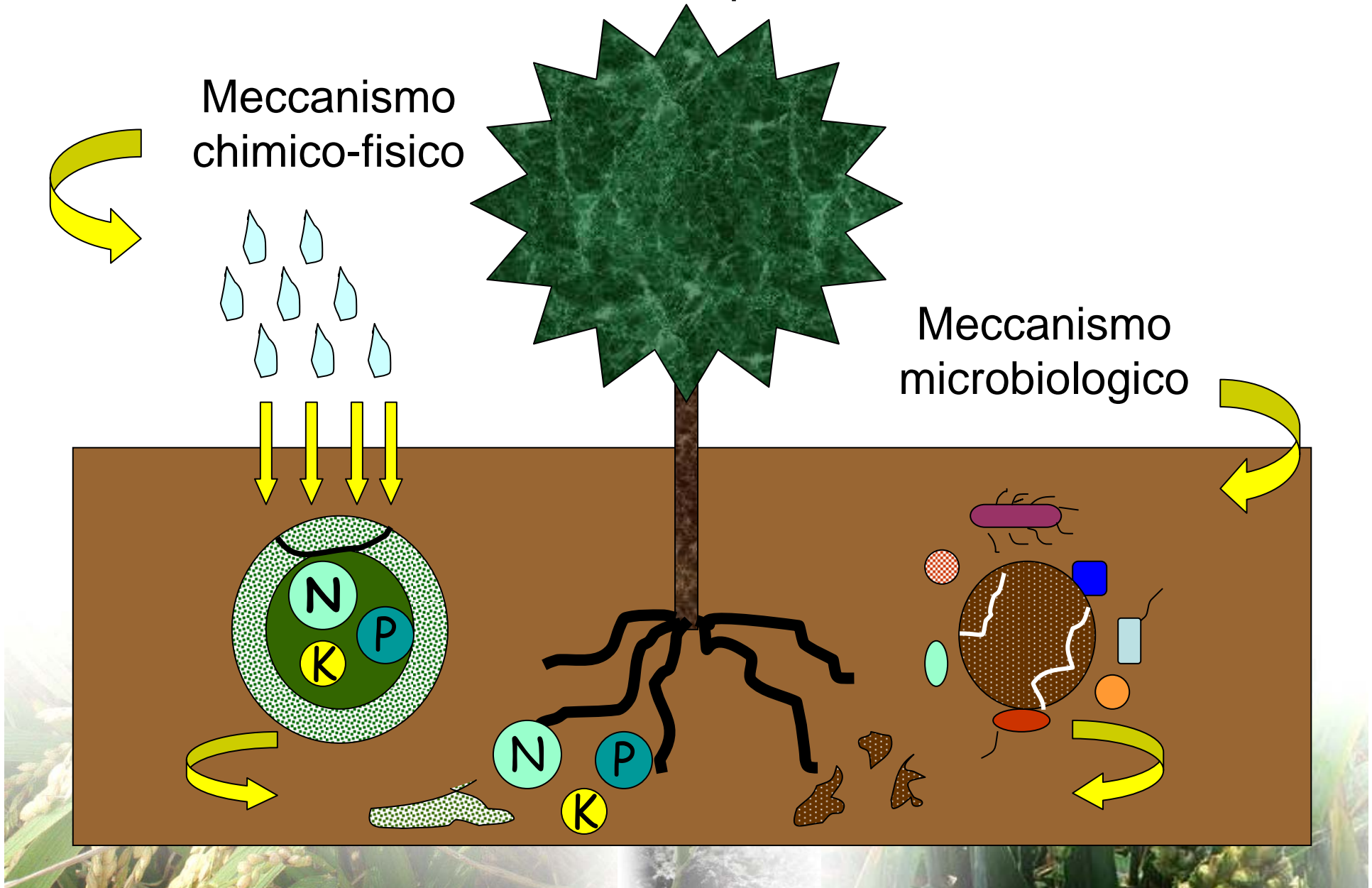
Fertilità
biologica



Principali meccanismi di cessione di differenti fertilizzanti non a pronto effetto

Meccanismo chimico-fisico

Meccanismo microbiologico



A cosa servono le curve di cessione?

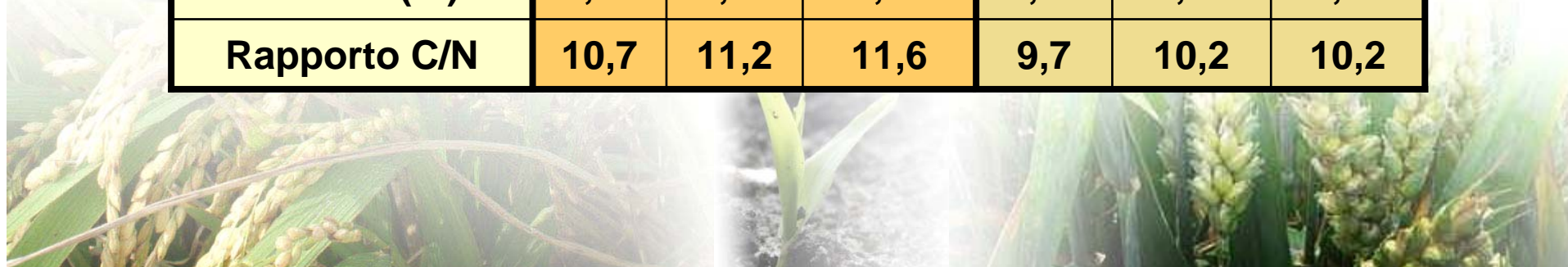
Esse permettono di conoscere come un dato concime rilascia gli elementi nutritivi al suolo e quindi alle colture nel tempo in dipendenza da fattori diversi quali la tipologia di terreno, la temperatura e l'acqua disponibile.

I metodi chimici forniscono la caratterizzazione dei prodotti e quindi consentono il loro riconoscimento, ma affiancando ad essi i metodi biochimici è possibile anche avere indicazioni sul migliore utilizzo dei fertilizzanti così da garantirne la massima efficienza agronomica.



Principali caratteristiche fisiche-chimiche dei suoli di Carmagnola e Poirino

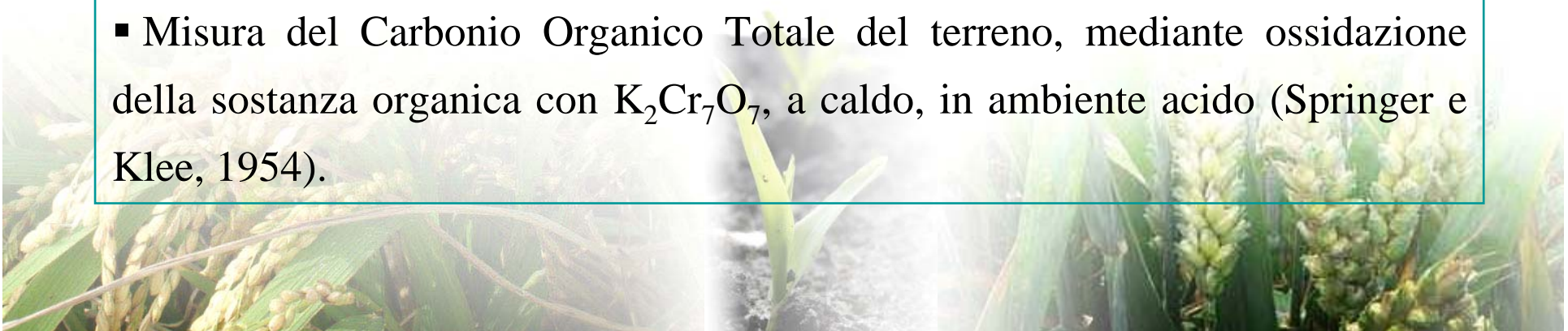
	Carmagnola			Poirino		
Profondità (cm)	0-30	30-60	60-90	0-30	30-60	60-90
Sabbia (%)	29	24	19	16	14	17
Limo (%)	66	70	74	76	76	72
Argilla (%)	6	6	6	9	10	11
pH	8,0	8,1	8,1	6,2	6,0	6,0
Calcare totale (%)	3,7	4,1	5,9	-	-	-
C organico (%)	1,0	0,9	0,6	1,4	1,1	0,6
N totale (%)	0,10	0,08	0,05	0,14	0,11	0,06
Rapporto C/N	10,7	11,2	11,6	9,7	10,2	10,2



CARATTERIZZAZIONE DEI SUOLI

I campioni di terreno, seccati all'aria e vagliati a 2 mm, sono stati sottoposti alle seguenti analisi chimico-biologiche:

- Determinazione del Carbonio della Biomassa Microbica (C-mic), mediante il metodo di Fumigazione-Estrazione (Vance *et al.*, 1987).
- Misura dell'attività respirometrica del terreno per via tritrimetrica (Isermeyer, 1952).
- Misura del Carbonio Organico Totale del terreno, mediante ossidazione della sostanza organica con $K_2Cr_7O_7$, a caldo, in ambiente acido (Springer e Klee, 1954).



PARAMETRI DETERMINATI PER CIASCUN SUOLO

C org (%)	% di Carbonio Organico Totale presente nel Terreno
C-CO₂ (mgC-CO ₂ /Kg suolo)	Carbonio evoluto sottoforma di CO ₂ in seguito all'attività respiratoria della Biomassa Microbica
C-mic (mgC/Kg suolo)	Carbonio Organico Totale della Biomassa Microbica

q(CO₂) (mgC/Kg suolo)/ore	Quoziente Metabolico, espressione dell'attività specifica oraria della Biomassa Microbica
qM (%)	Quoziente di Mineralizzazione, calcolato dai valori di Respirazione Cumulativa/TOC
C-mic/TOC (%)	Frazione di Carbonio Organico Microbico rispetto al Carbonio Organico Totale



Indice di fertilità del suolo basato sui parametri biochimici

I parametri biochimici scelti per la determinazione di questo indice sono quelli generalmente utilizzati per l'analisi e lo studio della qualità del suolo.

Per ciascuno dei parametri sono stati stabiliti 5 intervalli di valori a ciascuno dei quali viene assegnato il punteggio dell'intervallo a cui appartiene.

Parametri utilizzati	Punteggio				
	1	2	3	4	5
Sostanza organica (%)	<1	1 – 1,5	1,5 – 2	2 – 3	>3
Respirazione basale (ppm)	<5	5 – 10	10 – 15	15 – 20	>20
Respirazione cumulativa (ppm)	<100	100 – 250	250 – 400	400 – 600	>600
Carbonio microbico (ppm)	<100	100 – 200	200 – 300	300 – 400	>400
Quoziente metabolico	>0,4	0,3 – 0,4	0,2 – 0,3	0,1 – 0,2	<0,1
Quoziente di mineralizzazione	<1	1 – 2	2 – 3	3 – 4	>4

La somma algebrica dei punteggi per ciascun parametro da origine ad una scala di fertilità biologica riportata nella tabella sottostante:

Classe di Fertilità	I	II	III	IV	V
		stanchezza allarme	stress preallarme	media	buona
Punteggio	0-6	6-12	12-18	18-24	24-30

TERRENO TETTO FRATI

Centro sperimentale dell'Università di Torino, comune di Carmagnola (TO), località Tetto Frati (suolo sciolto).

Parametro	Valore	Punteggio
Sostanza organica (%)	2,1	4
Respirazione basale (ppm)	7,6	2
Respirazione cumulativa (ppm)	533,3	4
Carbonio microbico (ppm)	172,1	2
Quoziente metabolico (10^{-2} h ⁻¹)	0,185	4
Quoziente di mineralizzazione (%)	4,3	5
Classe di fertilità	BUONA	TOT = 21

La fertilità biologica è medio-alta.



TERRENO POIRINO

Azienda agricola di Michelino Appendino, comune di Poirino (TO), (suolo pesante).

Parametro	Valore	Punteggio
Sostanza organica (%)	2,9	4
Respirazione basale (ppm)	5,7	2
Respirazione cumulativa (ppm)	504,2	4
Carbonio microbico (ppm)	280,7	3
Quoziente metabolico (10^{-2}) h ⁻¹	0,085	5
Quoziente di mineralizzazione (%)	3,0	4
Classe di fertilità	BUONA	TOT = 22

La fertilità biologica è alta.



TERRENO RISAIA

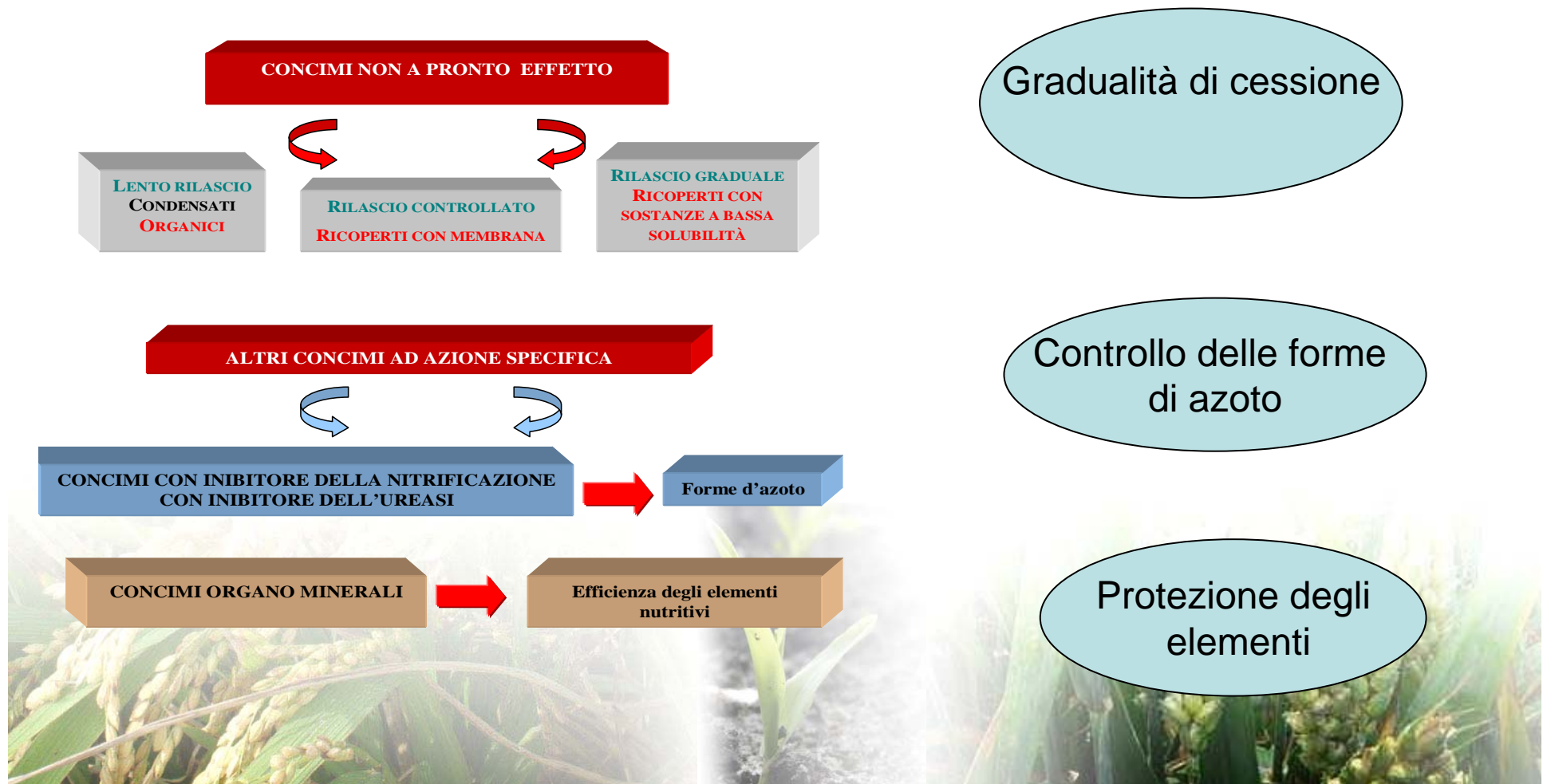
Parametro	Valore	Punteggio
Sostanza organica (%)	2,0	3
Respirazione basale (ppm)	1,7	1
Respirazione cumulativa (ppm)	179,1	2
Carbonio microbico (ppm)	299,7	3
Quoziente metabolico (10^{-2} h ⁻¹)	0,023	5
Quoziente di mineralizzazione (%)	1,5	2
Classe di fertilità	MEDIA	TOT = 16

La fertilità biologica è medio bassa.

Rispecchia una situazione legata alla particolare gestione del suolo, il quale per lunghi periodi dell'anno si trova in uno stato di anossia in quanto sommerso: ciò comporta una selezione della microflora anaerobica la cui attività metabolica non è rivelata dai parametri aerobici utilizzati.



Quali previsioni si possono avanzare sul comportamento agronomico delle diverse categorie di prodotto?



Fattori in gioco

- Clima (temperatura, umidità, piovosità, ec.)
- Suolo (carat.fisico-chimiche-biologiche)
- Coltura (ciclo biologico, colturale, ecc)
- Tecnica agronomica (lavorazioni, irrigazione, ecc)
- Tecnica di fertilizzazione (frazionata, unica dose, integrata, ecc)



Risultati forniti dalla caratterizzazione di laboratorio

- I diversi formulati sono tipizzati da differenti curve di cessione che in termini di quantità di nutriente rilasciato possono essere influenzate dall'ambiente pedoclimatico in cui vengono applicati.
- Sono dipendenti dalla tecnica di produzione



Frazioni di rilascio

- La principale caratteristica è rappresentata dal numero, dalla percentuale rispetto alla quantità di elemento, dalla velocità e dall'incremento con cui vengono rilasciate le frazioni che compongono un formulato.



1 sola frazione

100 % solubile alla prima estrazione

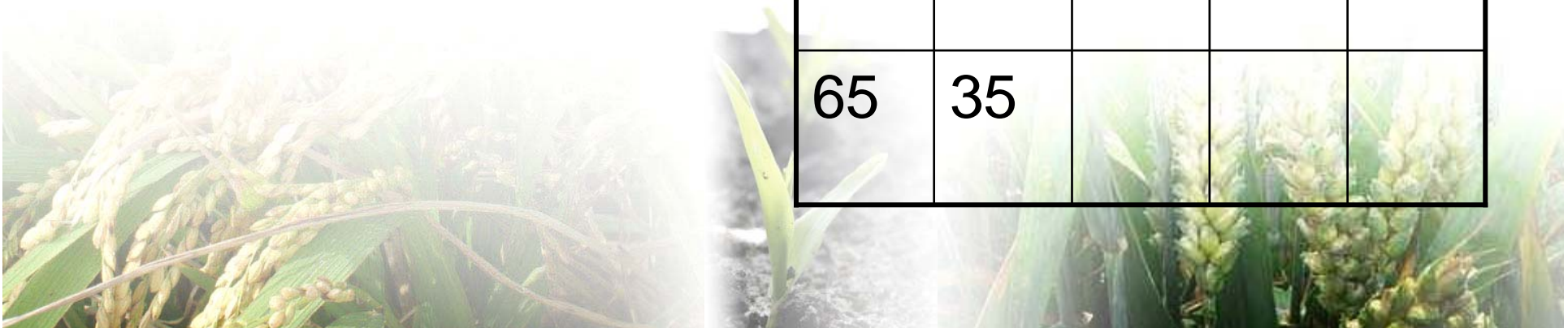
- Forma azotata
- Caratteristiche del suolo
- Specie vegetale
- Caratteristiche climatiche
- concimi che presentano una sola frazione di solubilità sono prontamente disponibili per la coltura, la loro mobilità nel suolo dipende dalla forma azotata:
- Il nitrato è mobile nel suolo e può facilmente migrare dal suolo alla falda , mentre l'ammonio tende a reagire con la componente argillosa e quindi viene trattenuto per un tempo più lungo
- Appartengono a questa categoria tutti i prodotti che hanno un'azione speciale quali i concimi minerali addizionati con inibitori della nitrificazione e dell'ureasi



2 o più frazioni di cessione

- Numero delle frazioni
- Il peso percentuale di ciascuna di esse
- Forma dell'elemento rilasciato

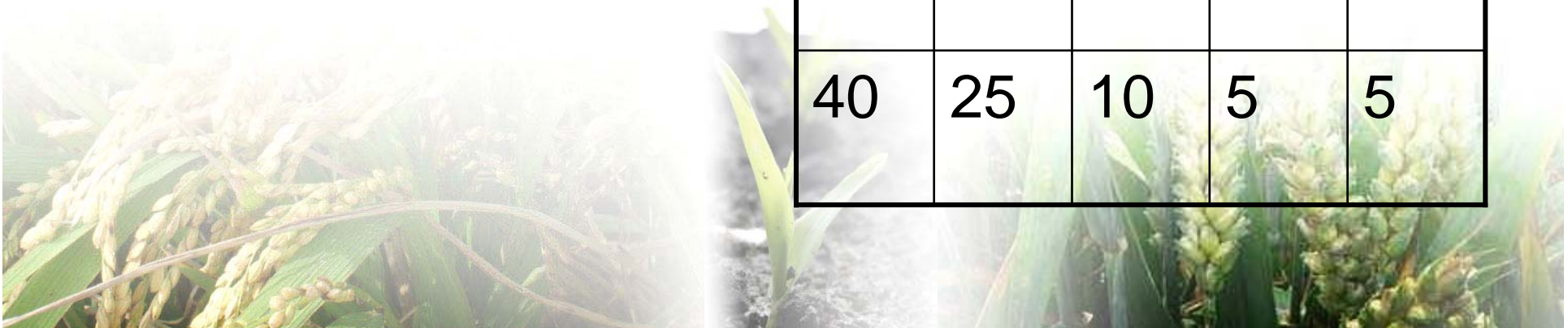
1	2	3	4	5
50	50			
80	20			
20	80			
65	35			



4 frazioni di cessione

- Peso percentuale di ciascuna di esse
- Forma dell'elemento rilasciato

1	2	3	4	5
30	30	20	20	
70	20	5	5	
20	30	25	25	
40	25	10	5	5



2 o più frazioni di solubilità o mineralizzazione

- Appartengono a questa tipologia di prodotti i concimi ricoperti con membrana, con sostanze a bassa solubilità, condensati, organici
- Sono fortemente influenzati dalle caratteristiche fisiche e biologiche del suolo
- Dalle condizioni ambientali



2 o più frazioni dipendenti da meccanismi diversi

- **Meccanismo di rilascio**
- Organo minerali con immobilizzazione e successiva mineralizzazione
- NPK con azoto condensato
- **Forma dell'elemento rilasciato**

1	2	3	4	5
30	30	20	20	
70	20	5	5	
20	30	25	25	
40	25	10	5	5



Tipizzazione dei formulati (% N)

		Frazioni			Altre
		I	II	III	
Solfato ammonico		90-100%			
Urea		90-100%			
Ric. Polimero	102A	80-100%			
Inibitore	105A	80-100%			
Parz. ricop.	103A	50%	50%		
Condensato (Urea-formaldeide liquida)	109C	60%	30%	10%	
Organico	108A	40%	45%	15%	
Resina	107A	5%	55%	40%	
Resina	107B	10%	50%	40%	
Ric. S+Polimero	100A	40-60%	20%	40-20%*	
Organico	104A	20%	40%	20%	20%
Condensato (Urea-formaldeide scaglie)	101A	20%	38%	20%	22%
Condensato (Urea-formaldeide granulo)	109B	15%	25%	30%	30%
Condensato (Urea-formaldeide granulo)	109A	20%	30%	30%	20%

Risaia

Fertilizzante	NH ₄ ⁺ solubile (%) t=1 ora	NH ₄ ⁺ rilasciato dal fertilizzante in sommersione (%) t=1 settimana	NH ₄ ⁺ totale rilasciato dal fertilizzante (%)
Bioilsa fertil	2	24	26
BF 43	2	73	75
Sulfammo 26	15	39	54
Cornunghia	0	0	0
Ca-Cianammide	1	29	30

Poirino

Fertilizzante	NH ₄ ⁺ solubile (%) t=1 ora	NH ₄ ⁺ rilasciato dal fertilizzante in sommersione (%) t=1 settimana	NH ₄ ⁺ totale rilasciato dal fertilizzante (%)
Bioilsa fertil	2	39	41
BF 43	3	78	81
Sulfammo 26	30	33	63
Cornunghia	2	0	2
Ca-Cianammide	2	27	29

Tetto Frati

Fertilizzante	NH ₄ ⁺ solubile (%) t=1 ora	NH ₄ ⁺ rilasciato dal fertilizzante in sommersione (%) t=1 settimana	NH ₄ ⁺ totale rilasciato dal fertilizzante (%)
Bioilsa fertil	1	8	9
BF 43	1	50	51
Sulfammo 26	16	14	30
Cornunghia	0	0	0
Ca-Cianammide	2	16	18

Risultati in anaerobiosi

Il rilascio di NH₄⁺ in sommersione da parte delle diverse tipologie di fertilizzanti, è simile nei terreni di Poirino e di Risaia.

Tale risultato è probabilmente dovuto al fatto che il terreno di Poirino è soggetto a dei periodi di sommersione nei quali viene favorito lo sviluppo della microflora anaerobica, come accade per quello di Risaia.

Il rilascio azotato è minore nel terreno di Tetto Frati

I valori di rilascio dell'ammonio più bassi rispetto agli altri terreni sono riconducibili sia alla minore fertilità biologica che al mancato adattamento alle condizioni di anaerobiosi del sito.

IL BILANCIO DELL'AZOTO SEMPLIFICATO PER IL CALCOLO DELLA DOSE DI CONCIMAZIONE

Nell'arco del ciclo colturale è sempre verificata la seguente relazione:

(apporti e disponibilità naturali) + (concimazioni)

=

(fabbisogni colturali) + (immobilizzazioni e dispersioni)

Risolviendo per “*concimazioni*” abbiamo:

Concimazioni =

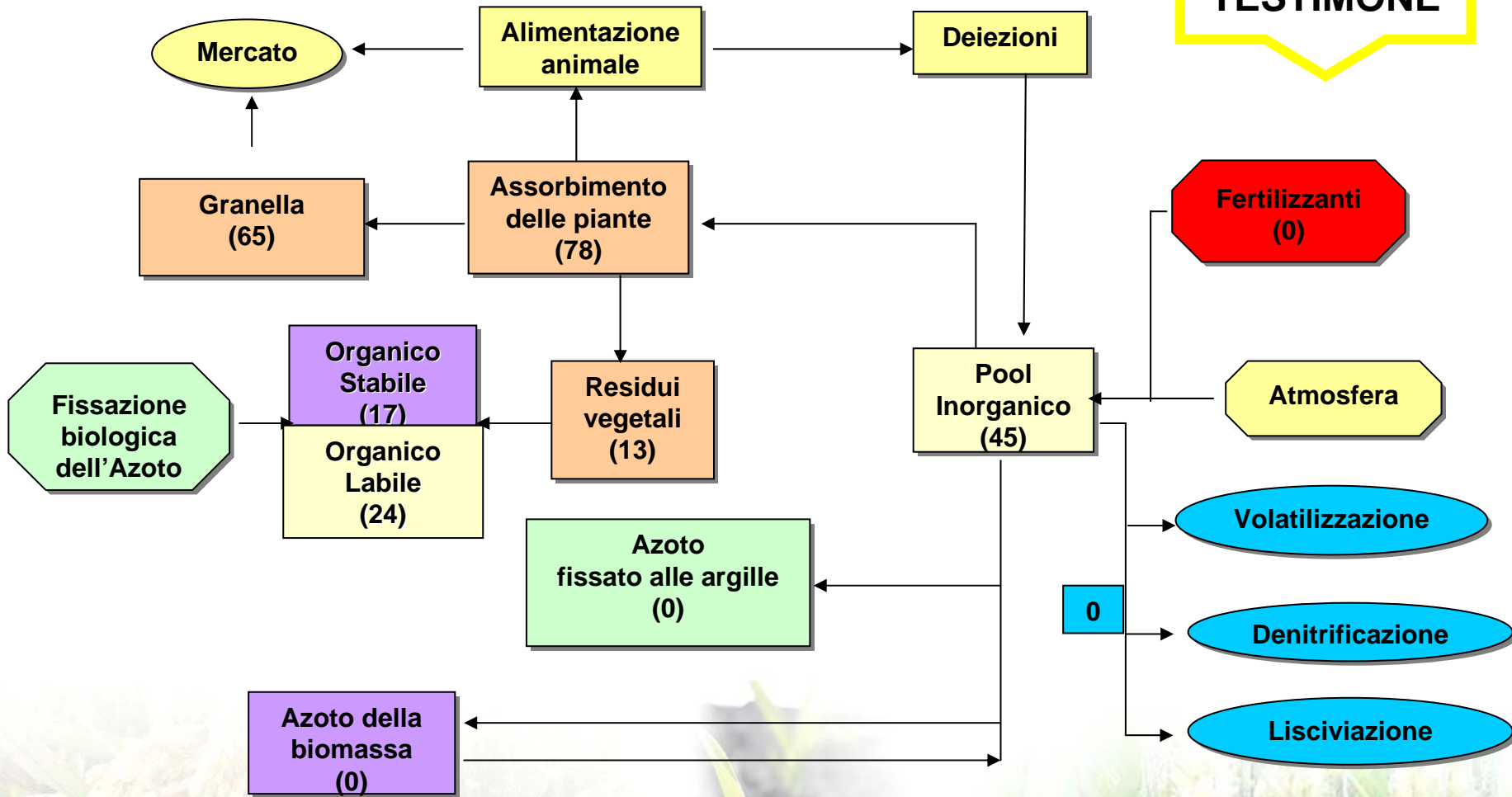
**(fabbisogni colturali) - (apporti e disponibilità naturali)
+ (immobilizzazioni e dispersioni)**



Bilancio dell'azoto

Unità di misura:
kg/ha di N

Carmagnola,
frumento, 2006
TESTIMONE

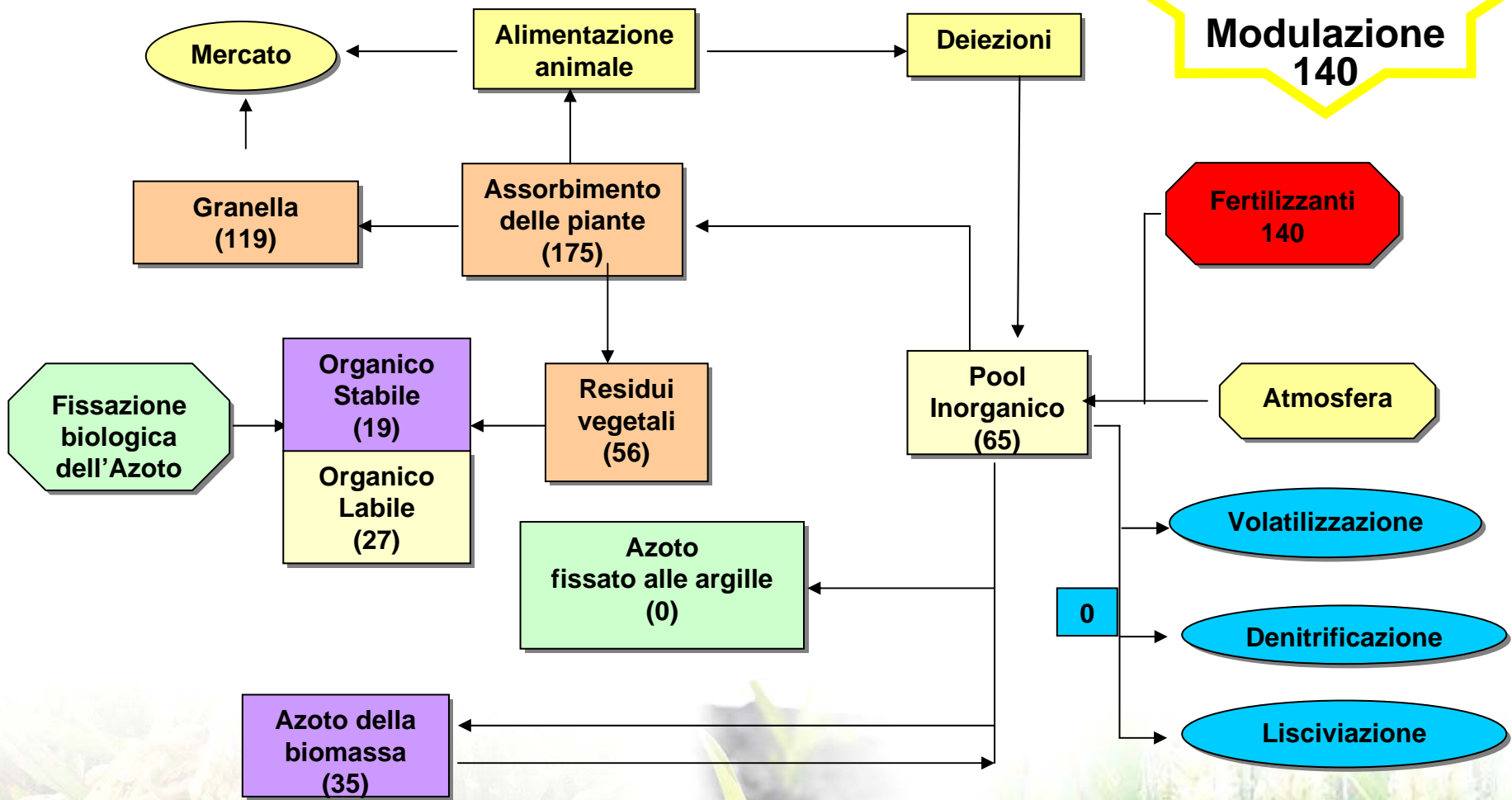


N terreno + N Fertilizzante	=	N Perdite	+	N assorbito Pianta
$[(17+0)+(24+45)] + 0 = 17 + 69 = 86$		0		78
		$\Delta N = 8$		

Unità di misura:
kg/ha di N

Bilancio dell'azoto

**Carmagnola,
frumento, 2006**
**Modulazione
140**

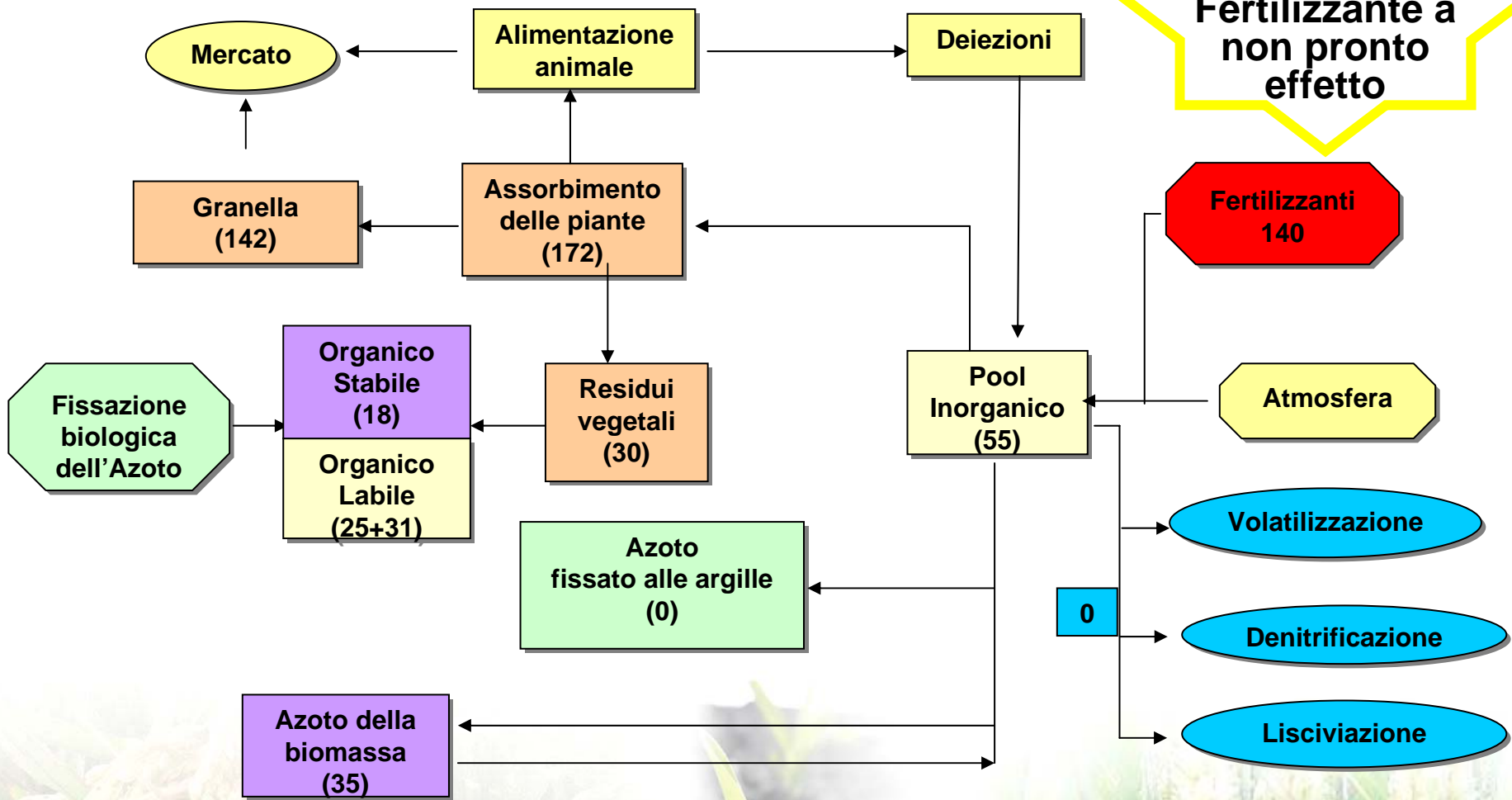


N terreno + N Fertilizzante	=	N Perdite	+ N assorbito Piante
$[(19+35)+(65+27)] + (140-35) = 54 + 92+105 = 251$		0	175
<u>$\Delta N=76$</u>			

Unità di misura:
kg/ha di N

Bilancio dell'azoto

**Carmagnola,
frumento, 2006**
**Fertilizzante a
non pronto
effetto**



N terreno + N Fertilizzante =		N Perdite +		N assorbito Piante	
[18+(25++ 31 +55)]	+ (140 -35) = 49 + 80 +105 =234	0			172
<u>ΔN= 62</u>					

Bilancio complessivo

$$[(17+0)+(24+45)] + 0 = 17 + 69 = 86$$

$$\text{NT} = 86 = \text{PI } 45 + \text{OS } 17 + \text{OL } 24 + \text{FA } 0$$

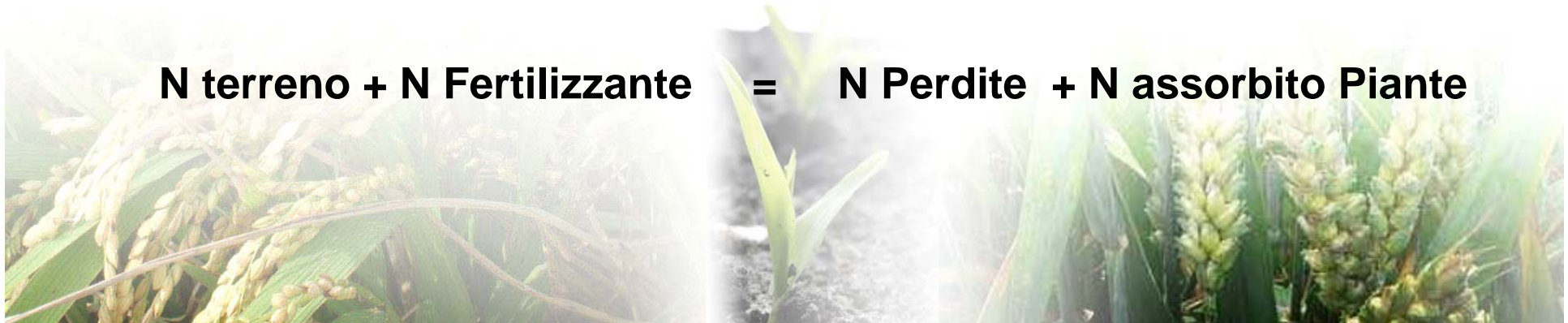
$$\text{A} = 78 \text{ G+RV } 65 + 13$$

$$\text{DIFFERENZA} = 8$$

IN
86

OUT
78 (65+13)

N terreno + N Fertilizzante = N Perdite + N assorbito Piante



BILANCIO COMPLESSIVO

- $[(19+35)+(65+27)] + (140-35) = 54 + 92+105 = 251$

- $A = 175 \text{ G+RV } 119 + 56$

- $NT = 111 = PI \ 65 + OS \ 19 + OL \ 27 + FA \ 0$

- $IB \ 35$

- $F = 140$

- $DIFFERENZA = 76$

- $IN \ 251$

- $OUT \ 175 (119+56)$

- $N \text{ terreno} + N \text{ Fertilizzante} = N \text{ Perdite} + N \text{ assorbito Piante}$



BILANCIO COMPLESSIVO

$$[(18+ 31) +(25+55)] + (140-35) = 129 +105 = 234$$

$$A = 172 \text{ G} + \text{RV } 142 + 30$$

$$\text{NT} = 129 = \text{PI } 55 + \text{OS } 18 + \text{OL } 25 + 31 + \text{FA } 0$$

$$\text{IB} = 35$$

$$\text{F} = 140$$

$$\text{DIFFERENZA} = 58$$

IN 234

OUT 172 (142+30)

N terreno + N Fertilizzante = N Perdite + N assorbito Piante



Pools azotati

- Pool inorganico

- 45 65 55

- Pool organico labile

- 24 (37) 62 (118)

- 13 27 +35 +56 25+31+35+30

- Pool organico stabile

- 17 19 18





Grazie per l'attenzione!



Anna Benedetti

CRA RPS