

# Zone vulnerabili ai nitrati: tutto quello che c'è da sapere

Approfondimenti sulla  
fertilizzazione del suolo:  
*criteri generali ed esempi  
sostenibili applicativi*

Prof. Roberto Mancinelli  
Viterbo, 11 settembre 2025



DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE AGRARIE  
E FORESTALI



EU Cofinanziato  
dall'Unione europea  
REGIONE  
LAZIO  
PSR  
LAZIO  
PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE  
2014-2020

## I punti chiave sulla fertilità del suolo e potenzialità produttive:

- **Approccio ecologico e agroecologico**
- **Sostenibilità**
- **Suolo come crocevia nell'agroecosistema**
- **Qualità del suolo e prestazioni agronomiche**
- **Applicazioni agronomiche**

# L'approccio "ECOLOGICO"

Contribuire nel formare un quadro di riferimento generale più ampio e completo, seppur complesso, capace di fornire indicazioni certamente utili e indispensabili per una migliore pianificazione e gestione delle attività umane, al fine di rendere l'ambiente di vita dell'uomo, degli animali e delle piante, tra loro più armonico.

**Barrington Moore**, Presidente della *American Society of Ecology*,  
al convegno svolto a St. Louis il 31/12/1919:

**“... saremo contenti di rimanere zoologi, botanici e forestali, con poca conoscenza dei reciproci problemi,  
o tenteremo di diventare Ecologi nel più ampio senso del termine?  
Il ruolo che noi giocheremo nella scienza dipende dalla nostra risposta.  
Signori, il futuro è nelle nostre mani!”**

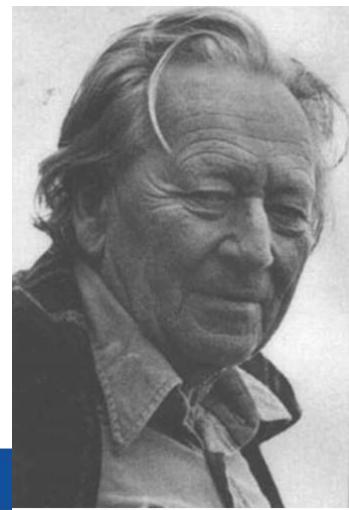


**“I problemi principali del mondo  
sono il risultato della differenza  
tra il modo con cui la natura opera  
e il modo con cui l'uomo pensa”**

[Gregory Bateson]

... ne consegue che

**la gestione dei sistemi agrari deve compiersi attraverso la conquista  
di un pensiero nuovo posto in funzione della natura e non in sua  
antitesi.**



# L'azienda agraria come Agroecosistema sostenibile

È significativa la nota di “Scottish Natural Heritage” (1993) che asserisce:

**“L'eredità non è solo cosa ereditiamo, essa è anche ciò che lasciamo in eredità alle future generazioni ...**

**Noi abbiamo il chiaro ruolo, come custodi di gestire l'eredità con cura e lasciarla ai posteri pulita o immutata e dove possibile riabilitata.**

**Nello stesso tempo abbiamo il legittimo ruolo di creare nuove eredità purché, nel farlo, non stiamo danneggiando l'ambiente da noi ereditato”.**

# L'approccio Agroecologico



# La sostenibilità come concetto e approccio agroecologico

Nel rapporto della *World Commission on Environment and Development (WCED)* del 1987, lo sviluppo sostenibile è definito come:

**"Soddisfare i bisogni della generazione attuale senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni".**

Il concetto di sostenibilità si estrinseca in un equilibrio di:

- principi sociali
- economici
- ambientali.

I presupposti agroecologici legano: cultura, economia e società al fine di sostenere la produzione agraria, la salute ambientale, l'esigenza di cibo e l'agricoltura sostenibile per l'intera comunità.



# La sostenibilità secondo l'Organizzazione delle Nazioni Unite

Gli obiettivi di sviluppo sostenibile conosciuti anche come Agenda 2030 sono 17 tra loro interconnessi come strategia “per un futuro migliore e più sostenibile”,

## OBIETTIVI PER LO SVILUPPO SOSTENIBILE

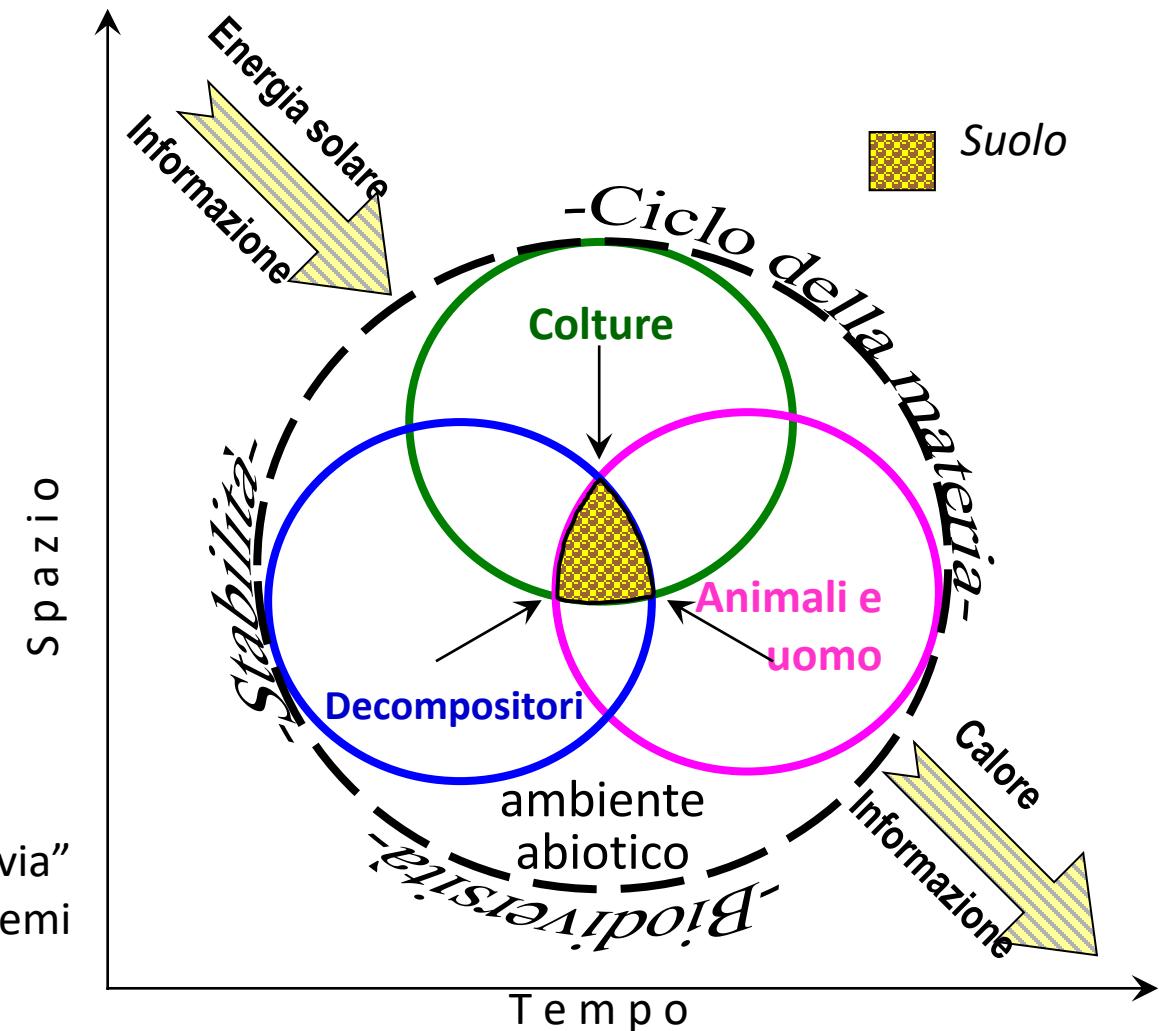


# Sostenibilità e centralità del suolo

La sostenibilità è una proprietà dell'agroecosistema derivante dalla sua gestione basata su:

- uso della radiazione solare,
- riciclo della materia,
- biodiversità.

Il suolo è il “crocevia” negli agroecosistemi



# La biodiversità agraria come valenza nella produzione agronomica

Agricoltura e biodiversità sono tra loro dipendenti.

La biodiversità migliora l'agricoltura e l'agricoltura promuove la biodiversità.

## Benefici della biodiversità agraria



**1** Offre cibo diverso e nutritivo



**2** Contribuisce all'adattamento climatico di piante e animali



**3** Incrementa la resilienza dei produttori



**4** Preserva la salute degli ecosistemi e del territorio



**5** Incrementa la fertilità del suolo e la qualità dell'acqua



Cofinanziato  
dall'Unione europea



REGIONE  
LAZIO



PSR  
LAZIO  
PROGRAMMA DI SVILUPPO SOSTENIBILE  
2014-2020

# La qualità del suolo

Il suolo è il sistema chiave dell'ecosistema e dell'agroecosistema

La "Society of Soil Science of America" (1995) ha definito la qualità del suolo come:

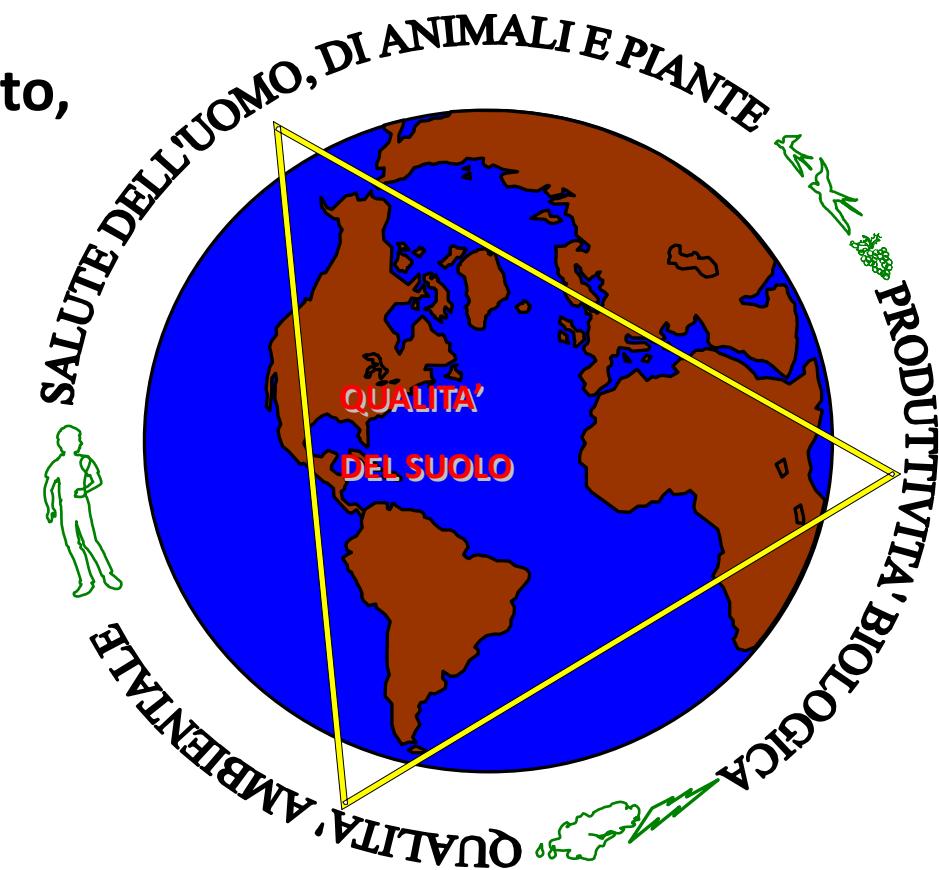
**"La capacità di uno specifico suolo  
a funzionare in un definito ecosistema naturale o controllato,  
a sostenere la produttività di piante ed animali,  
a mantenere o incrementare la qualità dell'acqua e aria,  
a garantire la salute dell'uomo e dell'ambiente"**

**Qualità del suolo**  **Produttività agraria**



**"Come lavoriamo i nostri campi  
per produrre cibo, lasceremo  
un lascito di giardini o di deserti"**

[John Haberern, 1937-2021]



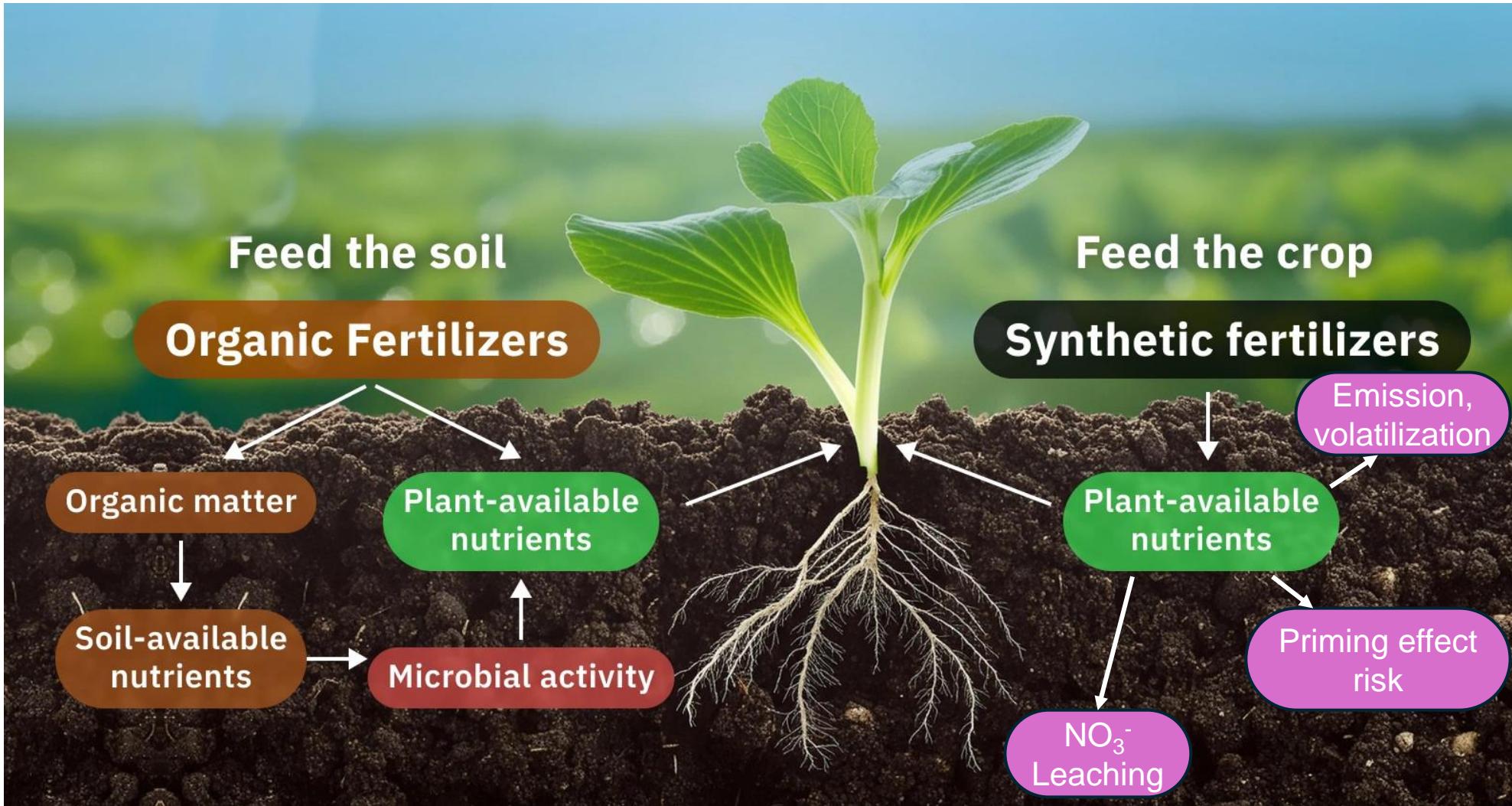
# I tre attributi chiave del suolo, considerato come un sistema vivente

Le pratiche di gestione agronomica convenzionale  
indirizzate solo alle elevate rese hanno **spesso**  
**ripercussioni negative sulla qualità, salute e fertilità**  
del suolo.

Pertanto, sono da considerare  
soluzioni di tecniche agronomiche alternative  
indirizzate alla sostenibilità del sistema.



# Fertilizzazione del suolo: organica vs chimica di sintesi



# Implicazioni e conseguenze del priming effect

Eccesso di azoto disponibile e mineralizzazione accentuata comporta:

1. Lisciviazione di nitrati;
2. Perdita di azoto a livello gassoso;
3. Perdita di carbonio come CO<sub>2</sub>.

La corretta gestione della fertilizzazione e la conoscenza e controllo dei processi del priming effect consentono di:

- a. Mantenere o ristabilire un corretto livello di fertilità;
- b. Sequestrare il C nel suolo nel contesto del riscaldamento globale del pianeta.

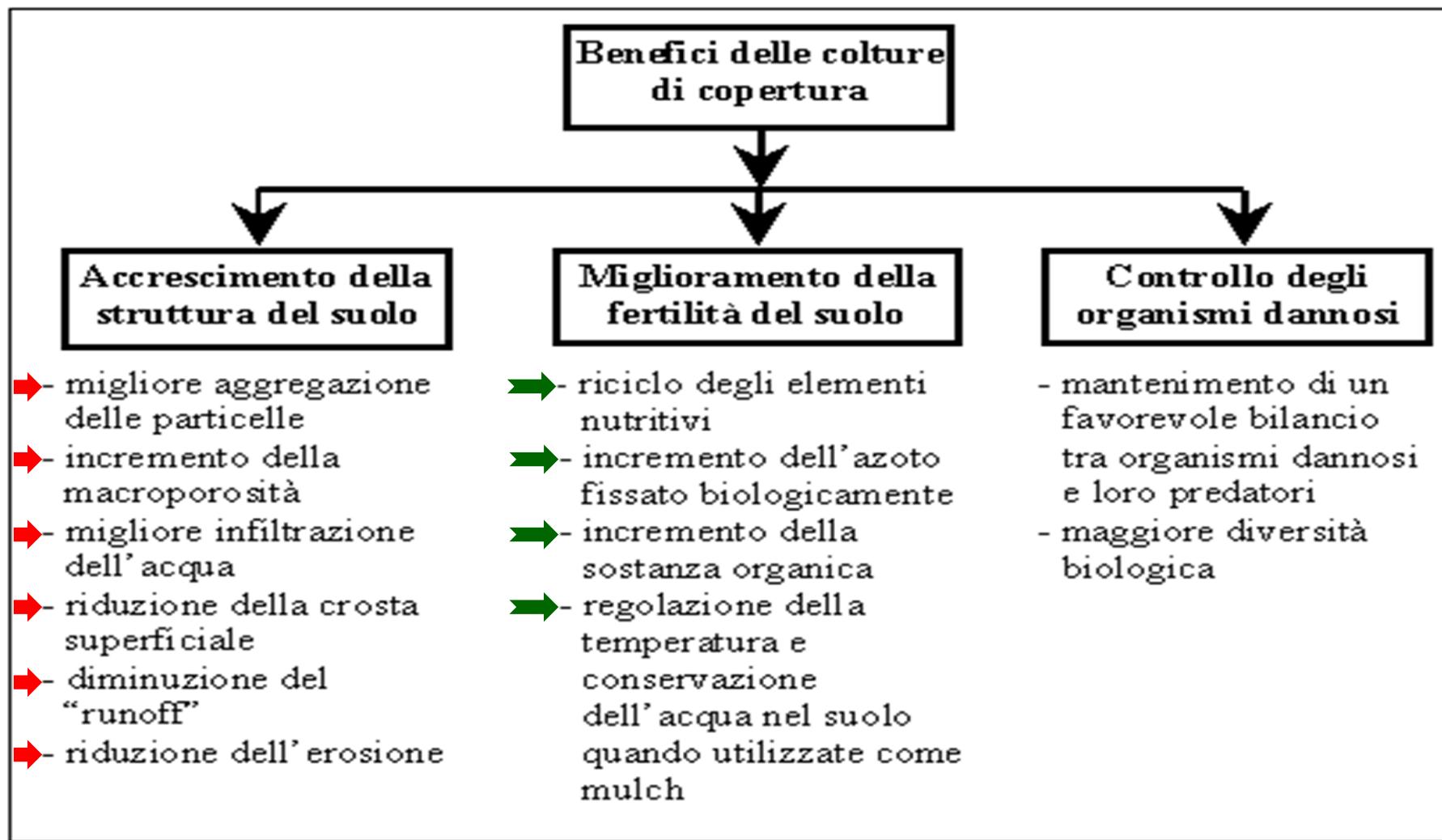
# Migliorare la fertilità del suolo

## Criteri e tecniche agronomiche indirizzate a migliorare la fertilità del suolo

1. Sistemazione del terreno: per limitare erosione e/o ristagni
2. Lavorazioni del suolo ridotte: per conservare sostanza organica e struttura
3. Aumentare la biodiversità: rotazioni e consociazioni colturali
4. Adottare le colture di copertura: per vari scopi (inerbimento, protezione, nutrienti nel suolo, lisciviazione, struttura del suolo, acqua, foraggio, ecc.)
5. Trattare il terreno con letame e/o compost: per aumentare la sostanza organica
6. Praticare il sovescio: per rendere disponibile azoto o per incrementare la sostanza organica

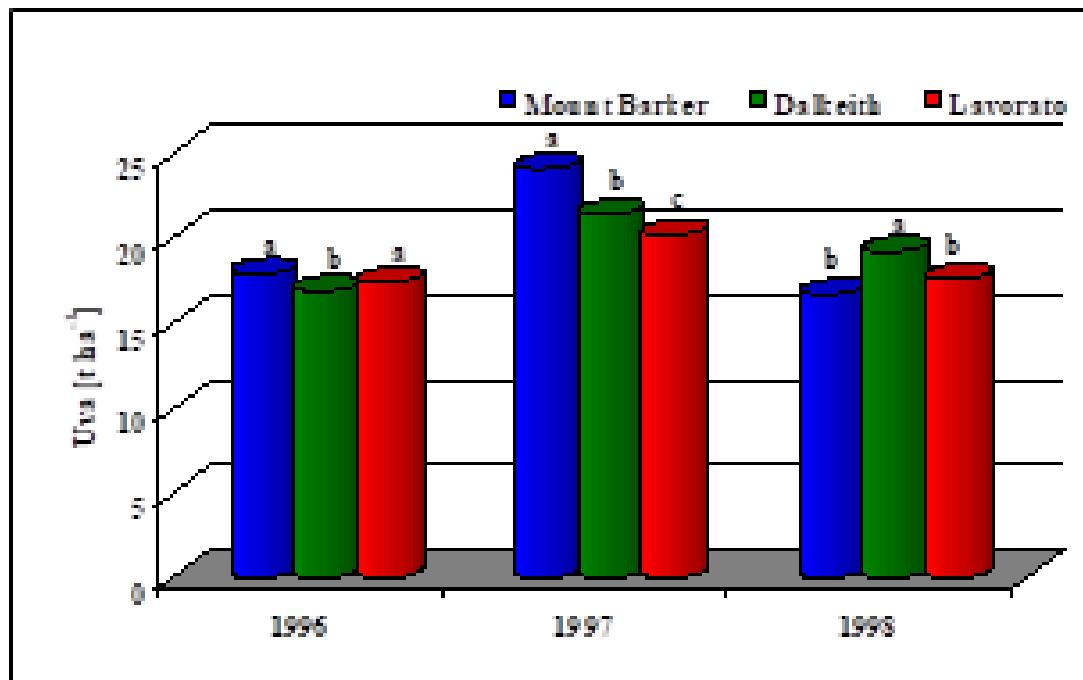
# Ruolo delle colture di copertura

- Potenziali benefici delle cover crops (Lal *et al.*, 1991)

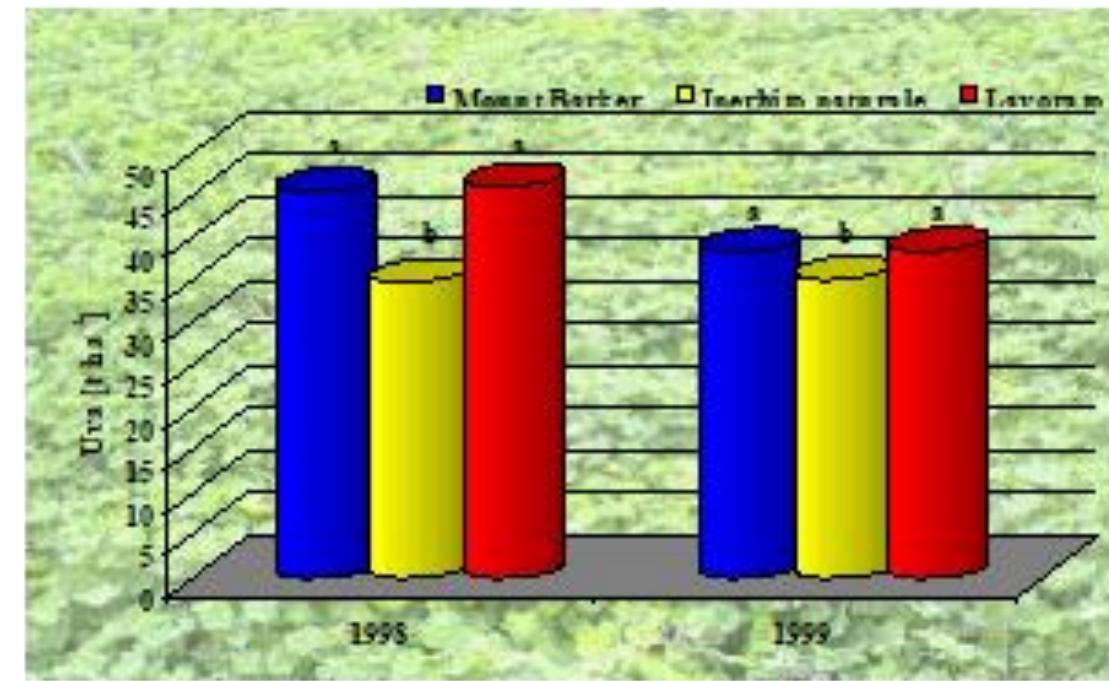


# Studi su inerbimento (in collaborazione con ARSIAL)

Produzione di uva nell'azienda A



Produzione di uva nell'azienda B

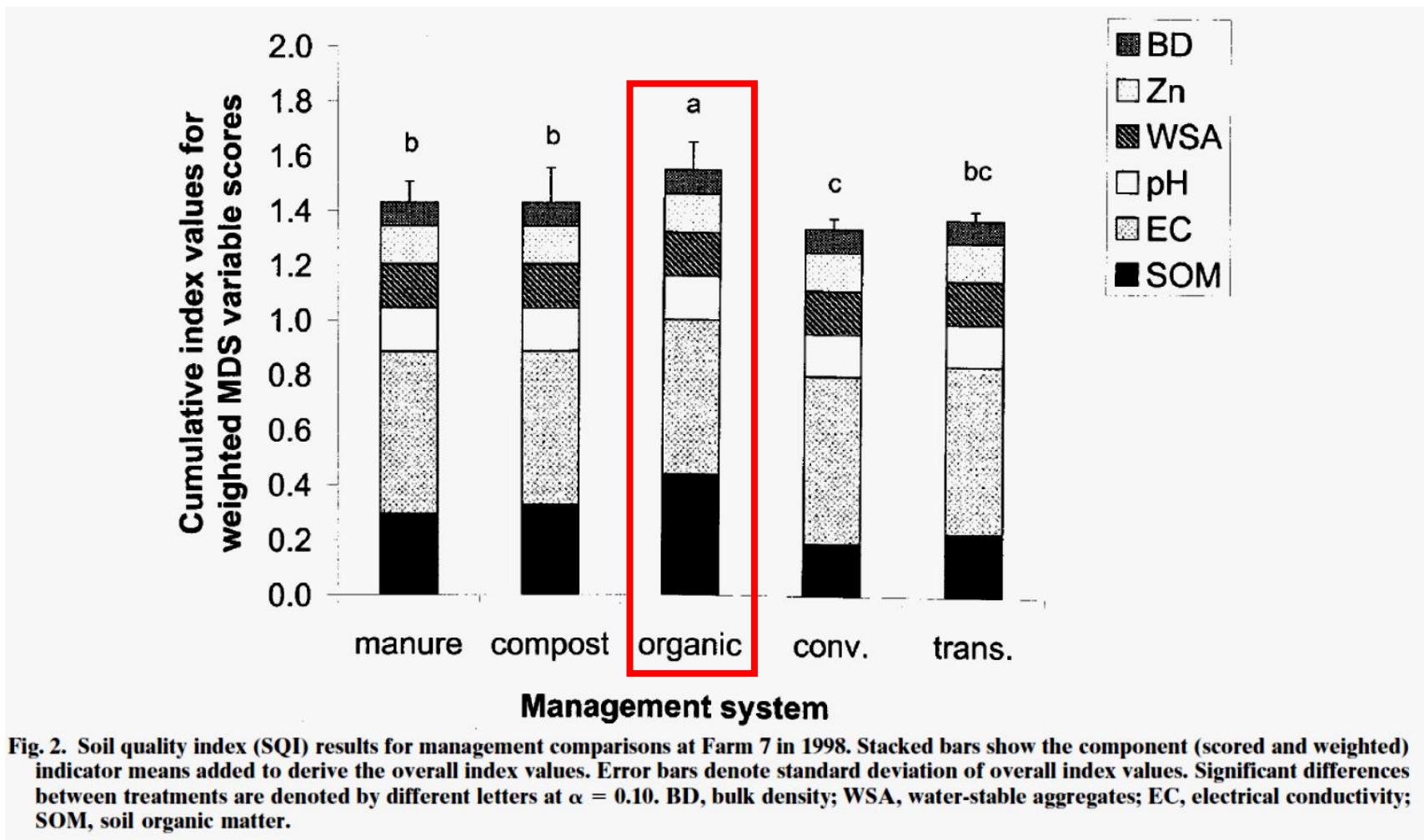


# Studi su inerbimento (in collaborazione con ARSIAL)

## Caratteristiche del suolo in funzione dell'inerbimento

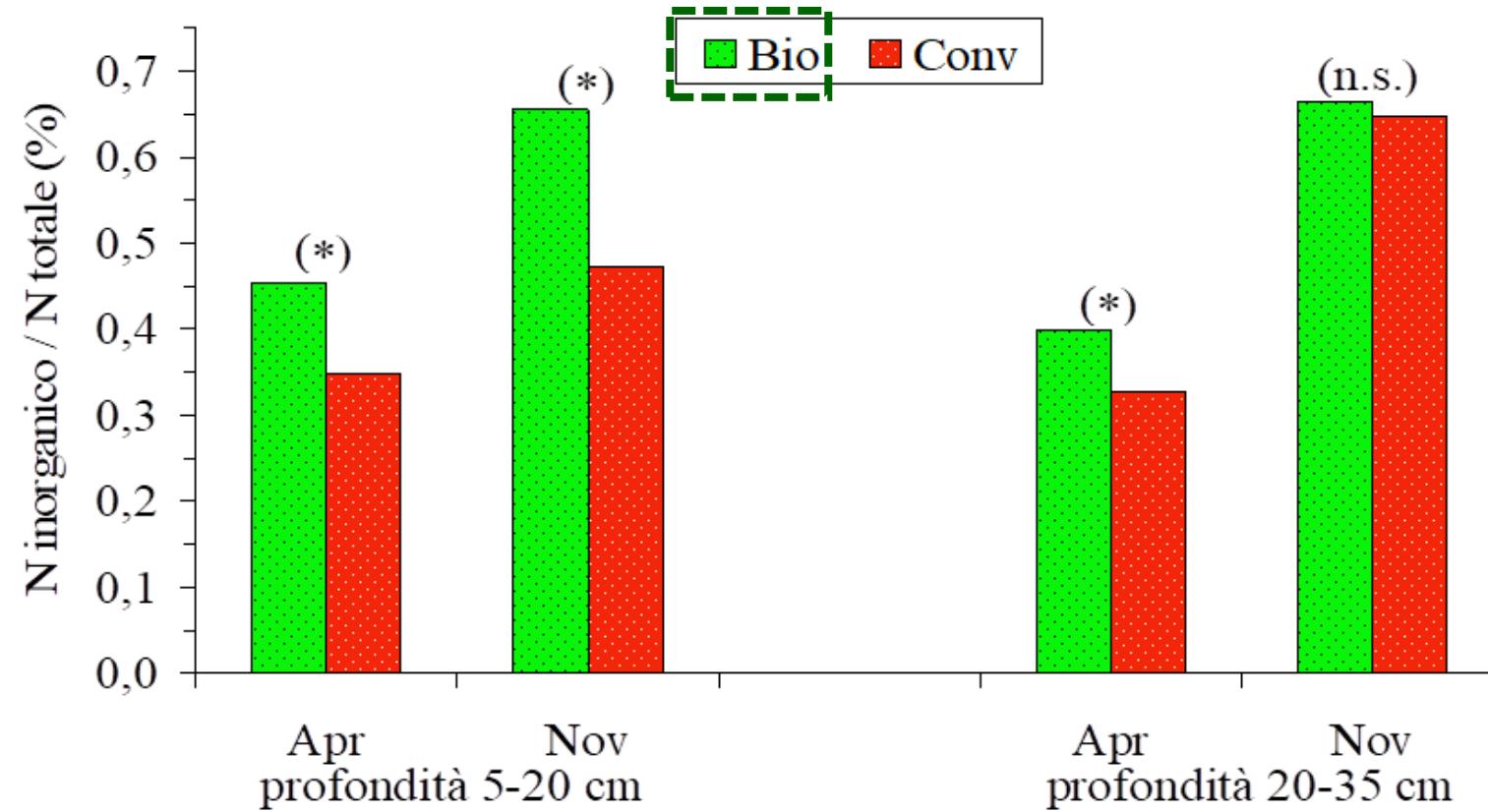
Trattamenti	Sostanza organica (%)	Azoto totale (%)	pH
<b>Inerbimento</b>			
Cv Mount Barker	1,31 b	0,128 a	6,64
Cv Dalkeith	1,59 a	0,131 a	6,62
Naturale	1,12 bc	0,116 ab	6,55
Assente (lavorato)	1,04 c	0,110 b	6,54
<b>Profondità suolo:</b>			
0-15 cm	1,49 a	0,142 a	6,63 a
15-30 cm	1,04 b	0,101 b	6,54 b

# Studi sulla gestione (University of California)



# Studi sulla gestione (Azienda Bomarzo)

Azoto inorganico rispetto al totale in aprile e novembre nelle due profondità di suolo, nella gestione Biologica e Convenzionale. (\*) = differenze significative  $P \leq 0,05$ ; n.s. = non significativo



# Studi sulla gestione (Azienda sperimentale DAFNE)

Table 5

Carbon stock, soil total C inputs and outputs in conventional (CONV) and organic (ORG) cropping systems observed throughout the 3-year study period. Values belonging to the same parameter without common letters are statistically different according to LSD ( $P < 0.05$ ), in rows between the two systems (upper case letter) and in columns between the 3 years (lower case letter).

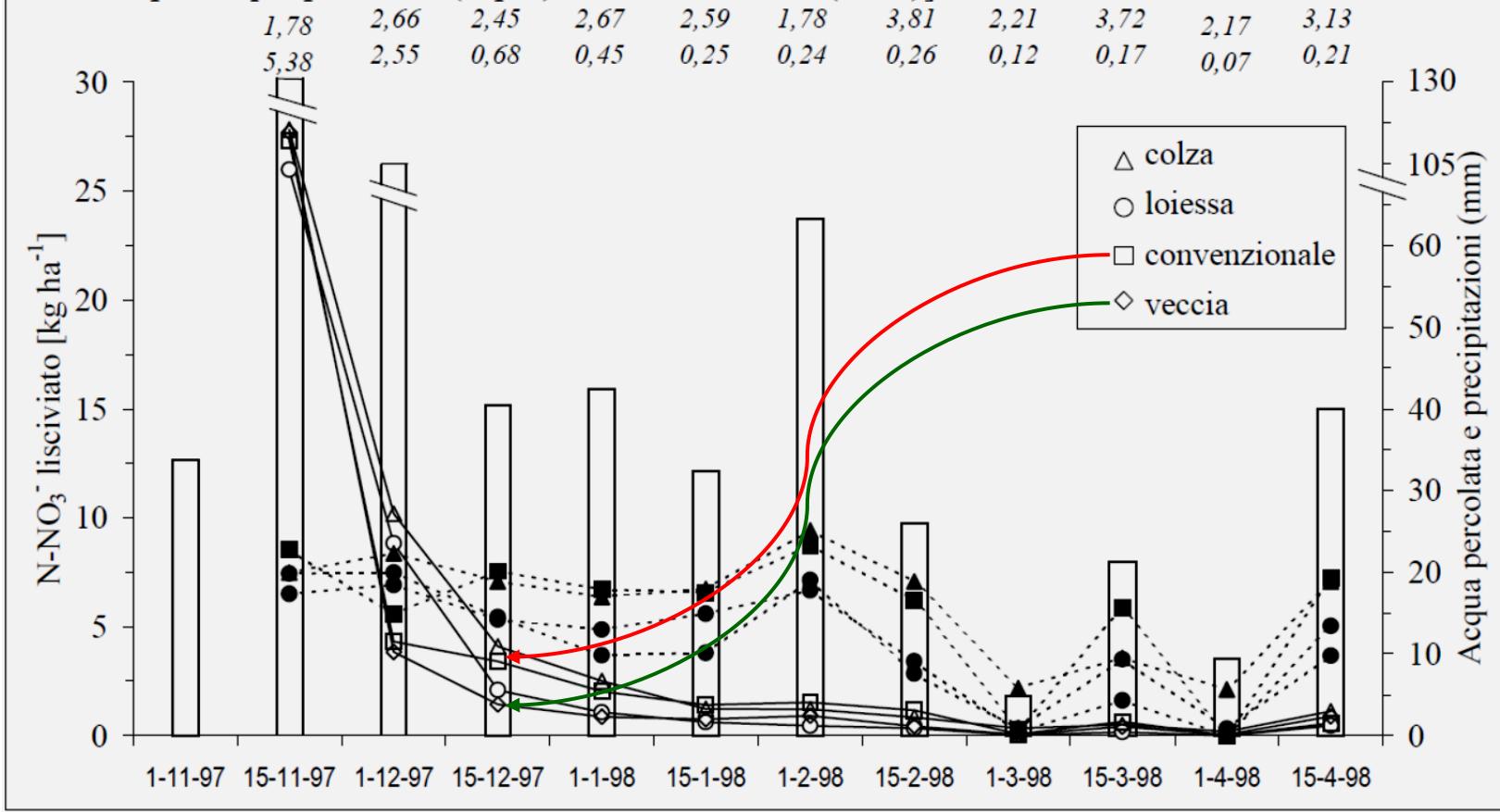
Carbon stock	Input		Output soil $\text{CO}_2$ flux				Input/output			
	Crop residues <sup>a</sup> (shoot+roots)		Fertilizer <sup>b</sup>							
	CONV ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )	ORG ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )	CONV ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )	ORG ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )	CONV ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )	ORG ( $\text{Mg C ha}^{-1}$ )	CONV ( $\text{Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1}$ )	ORG ( $\text{Mg CO}_2\text{-C ha}^{-1}$ )	CONV	ORG
2006	25.59 aB	28.00 aA	5.19 aB	10.13 aA	0	0.19	7.33 bB	9.15 aA	0.72 abA	1.15 aA
2007	22.99 bB	27.95 aA	6.38 aB	10.03 aA	0	0.19	6.99 bA	7.96 bA	0.92 aA	1.28 aA
2008	23.02 bB	26.24 bA	5.15 aB	8.22 bA	0	0.19	9.86 aA	9.82 aA	0.53 bA	0.86 bA
Average	23.87 B	27.39 A	5.57 B	9.46 A	0	0.19	8.06 A	8.98 A	0.72 B	1.10 A

<sup>a</sup> Crop residues include cover crops.

<sup>b</sup> Fertilizers are Guanito plus DIX10.

# Studi su uso di colture di copertura (Bolsena)

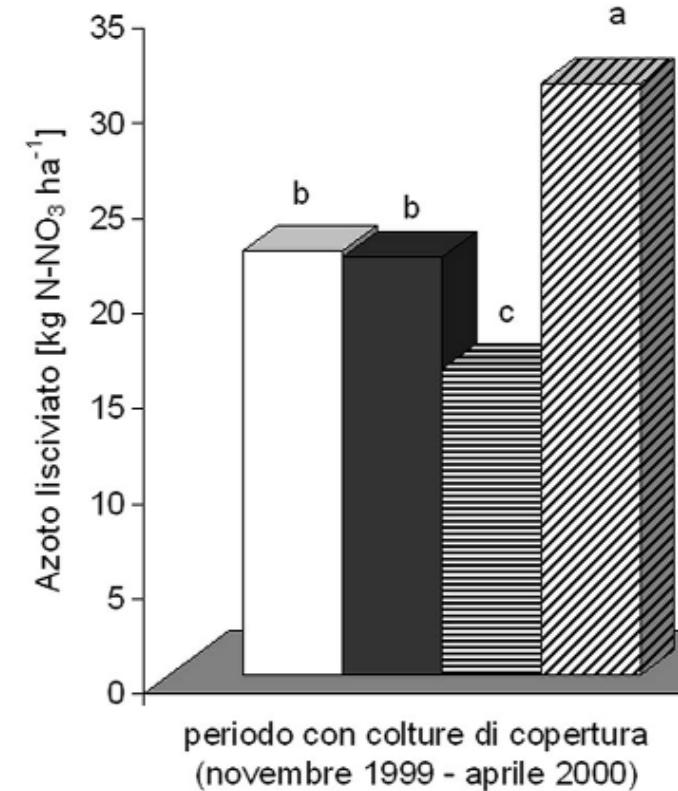
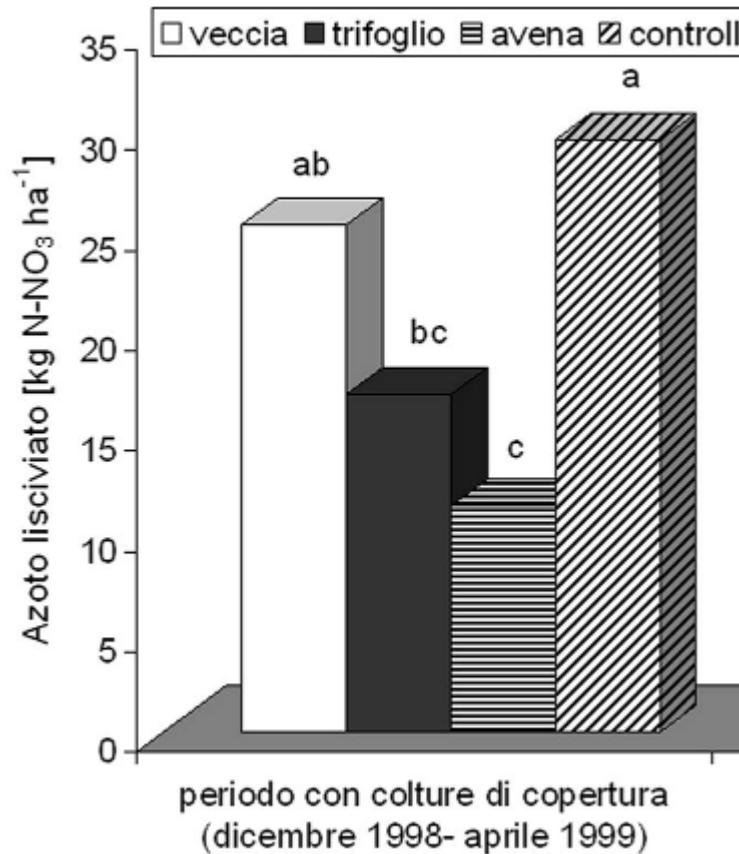
Figura 1 - Andamento delle precipitazioni (□), dell'acqua percolata (---) e dell'azoto lisciviato (—) nel periodo novembre 1997 - aprile 1998 su base quindicinale. [I valori in alto sono gli errori standard per acqua percolata (sopra) e azoto lisciviato (sotto)]



# Studi su uso di colture di copertura (Azienda sperimentale DAFNE)

## Quantità di azoto complessivamente persa per lisciviazione.

Gli istogrammi dello stesso gruppo con lettere diverse sono differenti per  $P<0,05$



# Studi su colture di copertura (Azienda sperimentale DAFNE)

Effetti della gestione del suolo alla semina delle colture di copertura e al trapianto del pomodoro

Soil management	Soil $\text{NO}_3\text{-N}$ content at cover crops sowing mg $\text{NO}_3\text{-N kg}^{-1}$ dry soil	Soil $\text{NO}_3\text{-N}$ content at tomato transplanting mg $\text{NO}_3\text{-N kg}^{-1}$ dry soil
NTIR (loietto)	17.89 a	14.88 c
NTSM (medica)	17.16 a	22.22 a
NTSC (trifoglio sotterraneo)	19.00 a	21.59 ab
NTHV (veccia villosa)	17.13 a	23.66 a
CT (lavorazione conv.)	17.49 a	19.85 b
NT (non lavorazione)	18.49 a	18.33 b

# Studi su sovescio (Azienda sperimentale DAFNE)

**Table 2. Cover crop aboveground biomass, aboveground biomass nitrogen accumulation just before cover crop incorporation. Values in parentheses are the square root transformed means.**

	Aboveground biomass		Aboveground biomass		N accumulation	
	1993		1994		1994	
	t ha <sup>-1</sup>	D.M.	t ha <sup>-1</sup>	D.M.	kg N ha <sup>-1</sup>	
Ryegrass	4.54		6.60		42.0	(3.70)
Subclover	5.60		7.52		181.3	(5.17)
Hairy vetch	4.09		7.37		143.5	(4.93)
Weed-covered control	2.50		2.75		39.5	(3.63)
LSD P ≤ 0.05		1.34				(0.46)

# Studi su pacciamatura organica (Azienda sperimentale DAFNE)

Effetto della pacciamatura organica su carbonio e azoto del suolo alla raccolta del pomodoro in due anni sperimentali

Mulching	Soil TOC (%)		Soil TON (%)		N-0	N-100
	N-0	N-100	N-0	N-100		
2012	Conventional	1.122	Abc	1.070	Ae	0.111
	Lacy phacelia	1.171	Bab	1.294	Aa	0.112
	Barley straw	1.162	Aab	1.188	Abc	0.116
	White mustard	1.074	Bc	1.155	Acd	0.106
	Hairy vetch	1.204	Aa	1.113	Bde	0.121
2013	Conventional	1.588	Ab	1.531	Ab	0.143
	Lacy phacelia	1.695	Aa	1.716	Aa	0.161
	Barley straw	1.701	Aa	1.719	Aa	0.160
	White mustard	1.739	Aa	1.644	Ba	0.197
	Hairy vetch	1.702	Aa	1.703	Aa	0.154

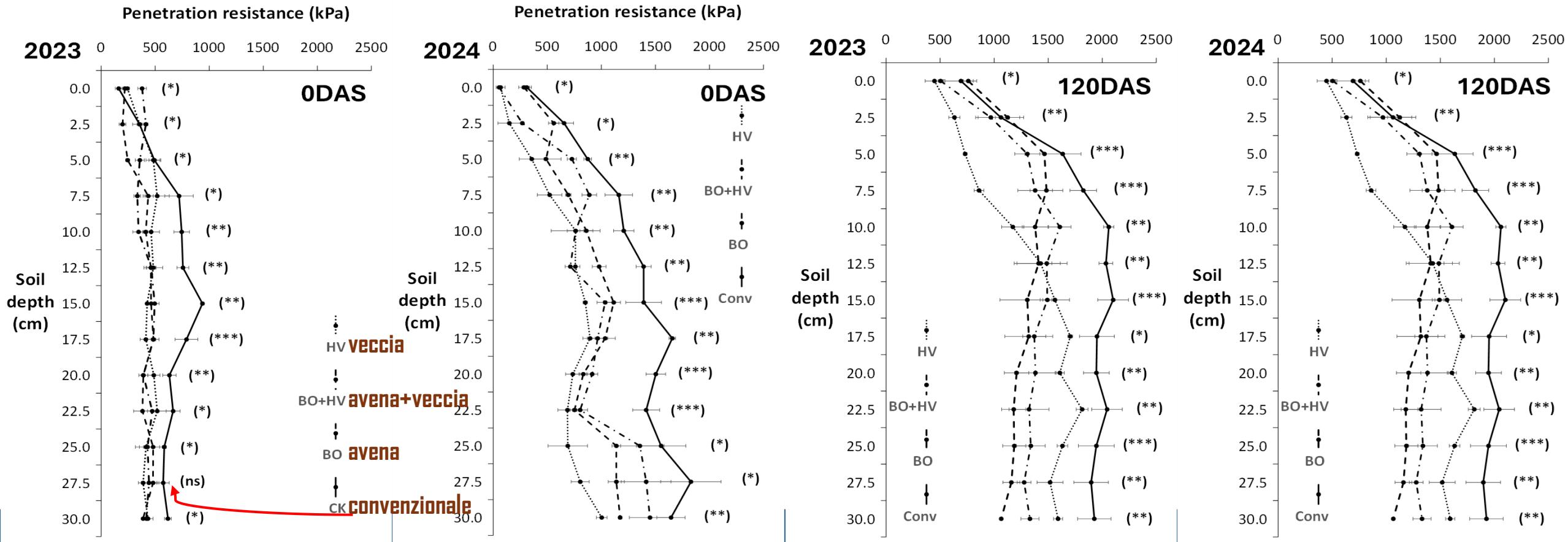
# Studi su pacciamatura organica (Azienda Ferrara)

## Dinamica del carbonio durante la coltura del mais da foraggio (2023/2024)

	C input by cover crops	C output by maize yield	C output by CO <sub>2</sub> emissions	Total C output	Input/output ratio	CO <sub>2</sub> emission/Yield ratio
----- t ha <sup>-1</sup> -----						
<b>Growing season</b>						
2022/2023	2.08 b	5.41 b	3.70 a	9.11 b	0.241 a	1.06 a
2023/2024	2.35 a	6.94 a	3.76 a	10.70 a	0.235 a	0.91 b
<b>Soil management</b>						
Hairy vetch	2.00 b	6.54 b	3.82 a	10.36 ab	0.194 b	0.91 bc
Black oat	1.84 b	5.97 c	3.61 c	9.58 b	0.223 b	1.25 a
Hairy vetch + Black oat	2.80 a	4.52 d	3.71 b	8.23 c	0.297 a	0.98 b
Conventional <b>250 kg N</b>	--	7.67 a	3.77 ab	11.44 a	--	0.82 c

# Studi su pacciamatura organica (Azienda Ferrara)

## Resistenza alla penetrazione del suolo a inizio e fine coltura del mais da foraggio (2023/2024)



# Formazione dell'Agricoltore (ovvero dell'Imprenditore Agrario)

## Fattori decisionali influenti la gestione del suolo



La conoscenza è il pilastro delle decisioni gestionali dell'agricoltore in: scelte imprenditoriali, intensificazione ecologica e approccio sistematico

# Agroecosystems Sustainability: the future perspective



## Grazie per l'Attenzione

