

# 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



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
**TUSCIA**

DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE AGRARIE  
E FORESTALI



REGIONE  
LAZIO



**ARSIAL**

Agenzia Regionale per lo Sviluppo  
e l'Innovazione dell'Agricoltura del Lazio



REGIONE  
LAZIO

## 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!"**

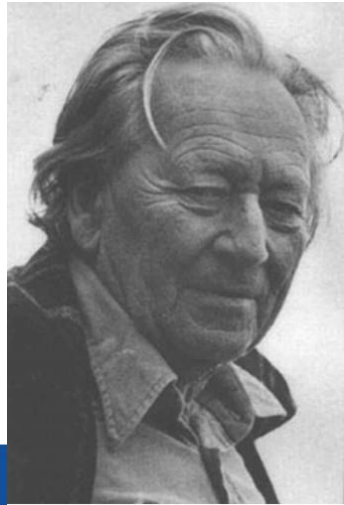


**“I problemi principali del mondo  
sono il risultato della differenza  
tra il modo con cui la natura opera  
e il modo con cui l’uomo pensa”**

[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”,



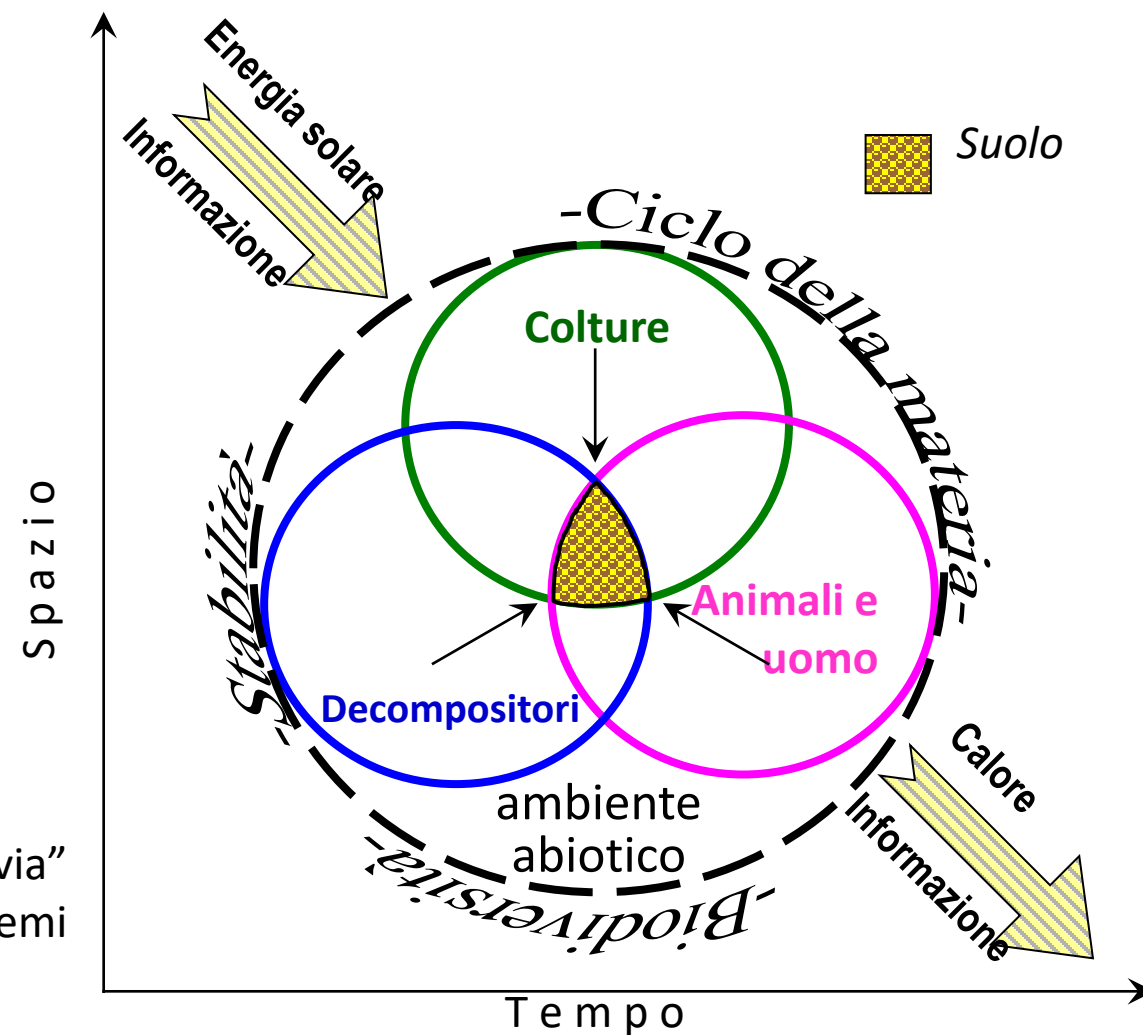


# Sostenibilità e centralità del suolo

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

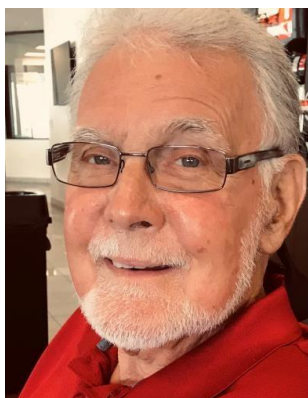
# La qualità del suolo

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:

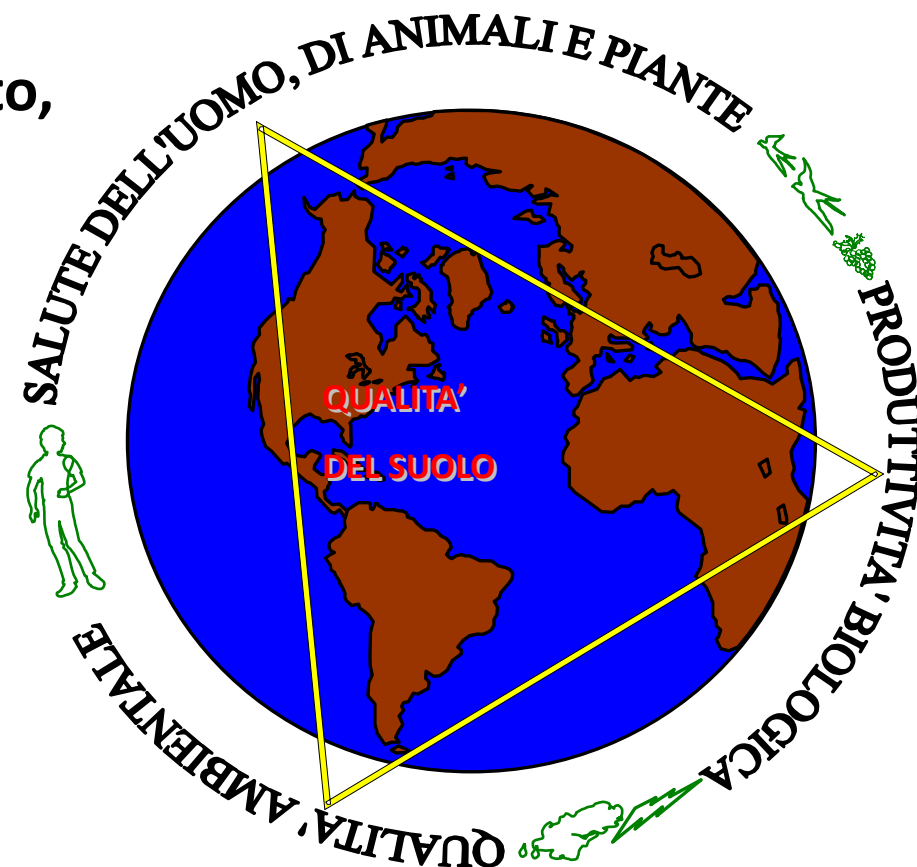
**“La capacità di uno specifico suolo  
a funzionare in un definito ecosistema naturale o controllato,  
a sostenere la produttività di piante ed animali,  
a mantenere o incrementare la qualità dell'acqua e aria,  
a garantire la salute dell'uomo e dell'ambiente”**

**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

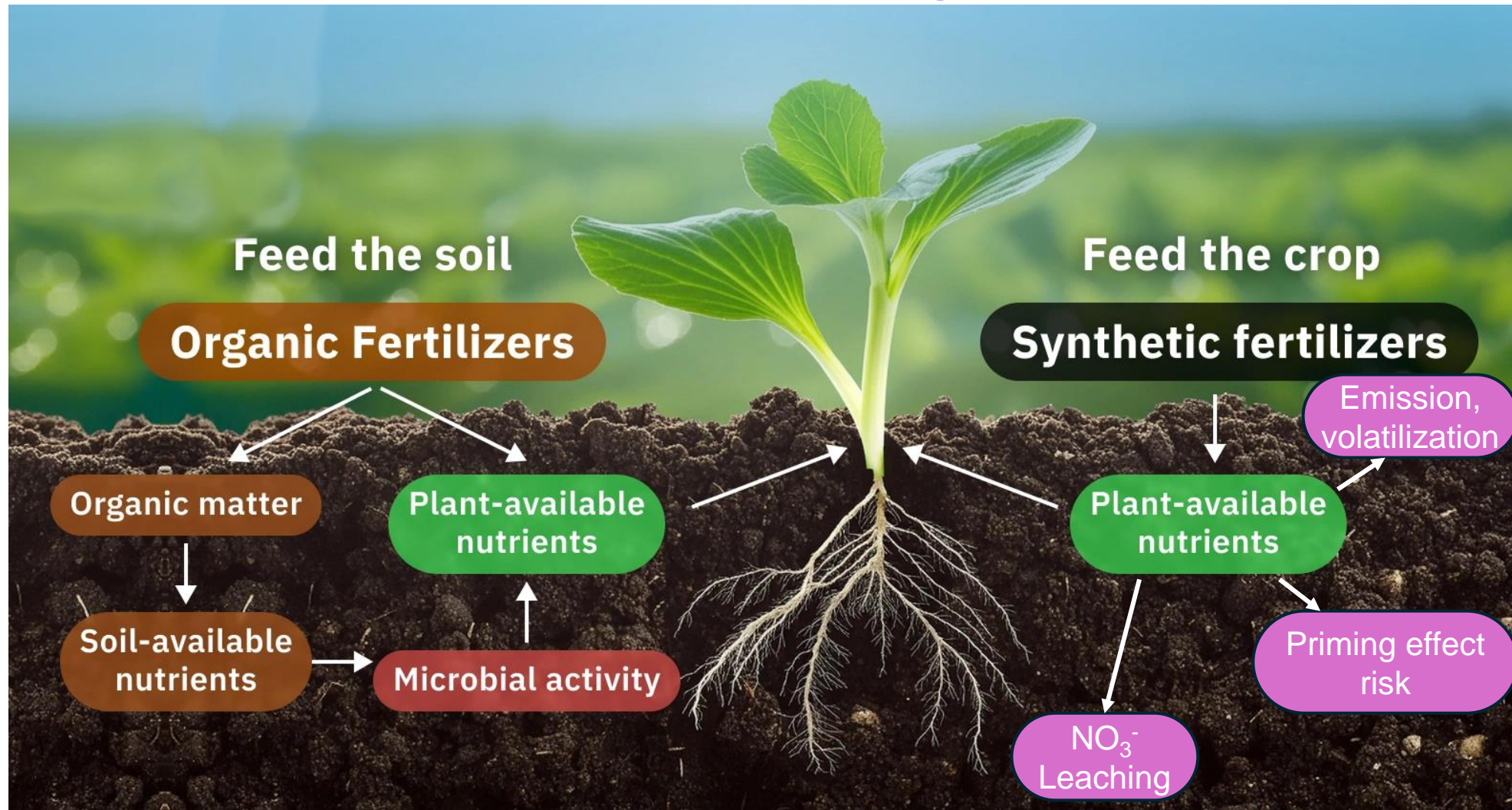
Le pratiche di gestione agronomica convenzionale indirizzate solo alle elevate rese hanno **spesso** **ripercussioni negative sulla qualità**, salute e fertilità del suolo.

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.

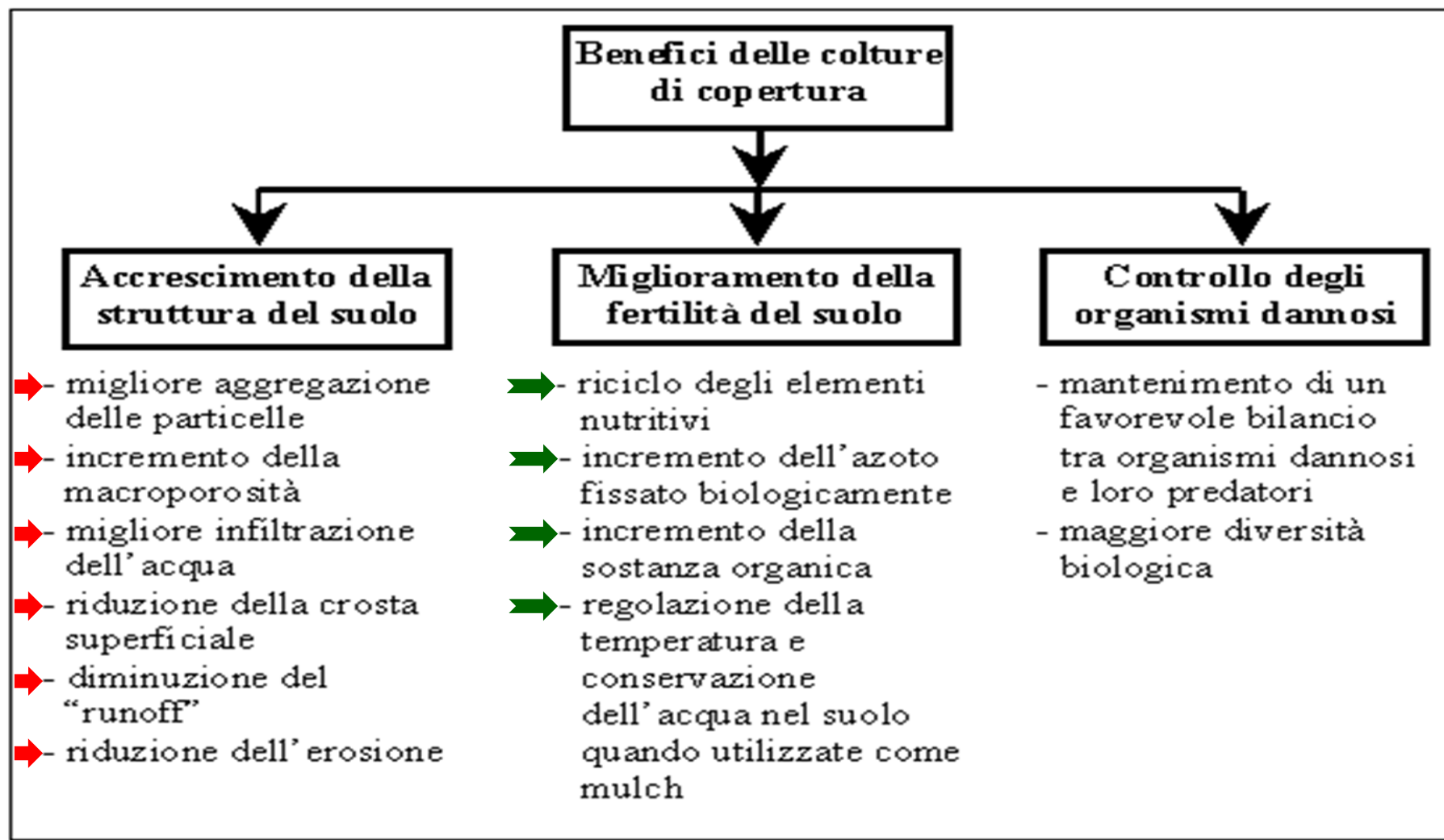
# Migliorare la fertilità del suolo

## 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

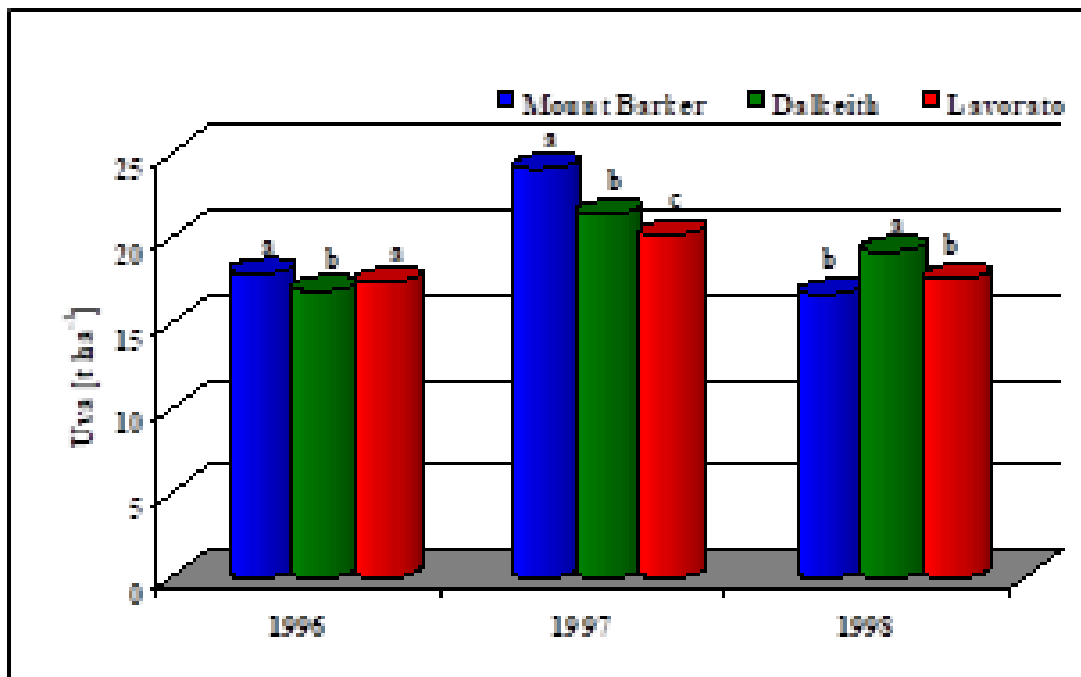
# Ruolo delle colture di copertura

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

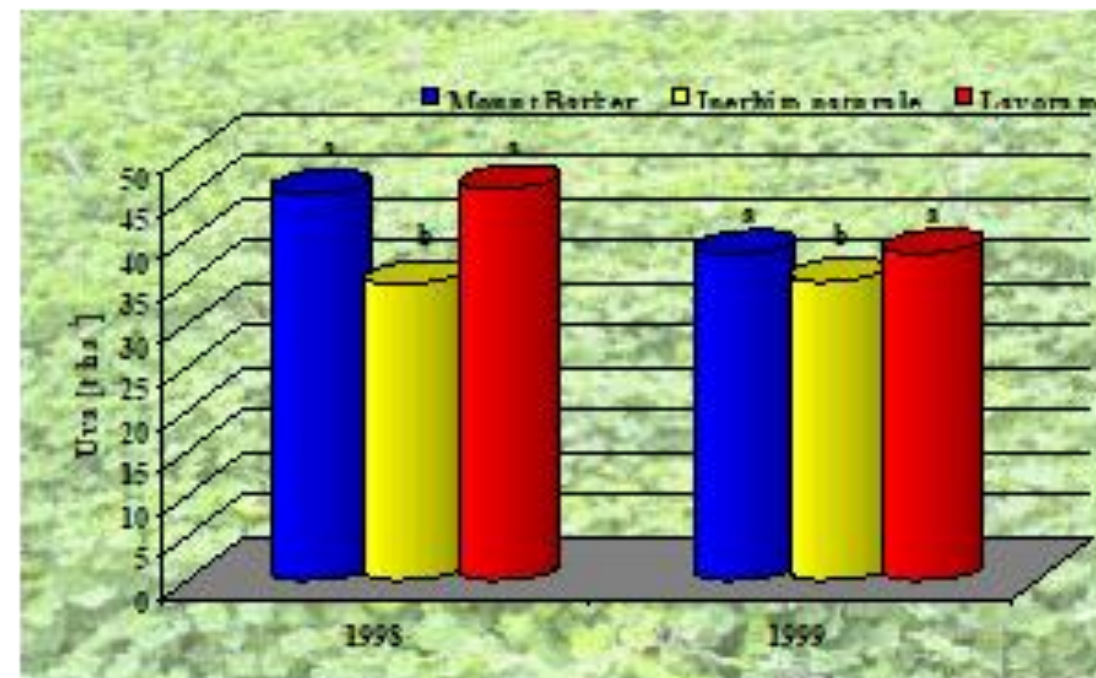


# Studi su inerbimento (in collaborazione con ARSIAL)

*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
Inerbimento			
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
Profondità suolo:			
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)

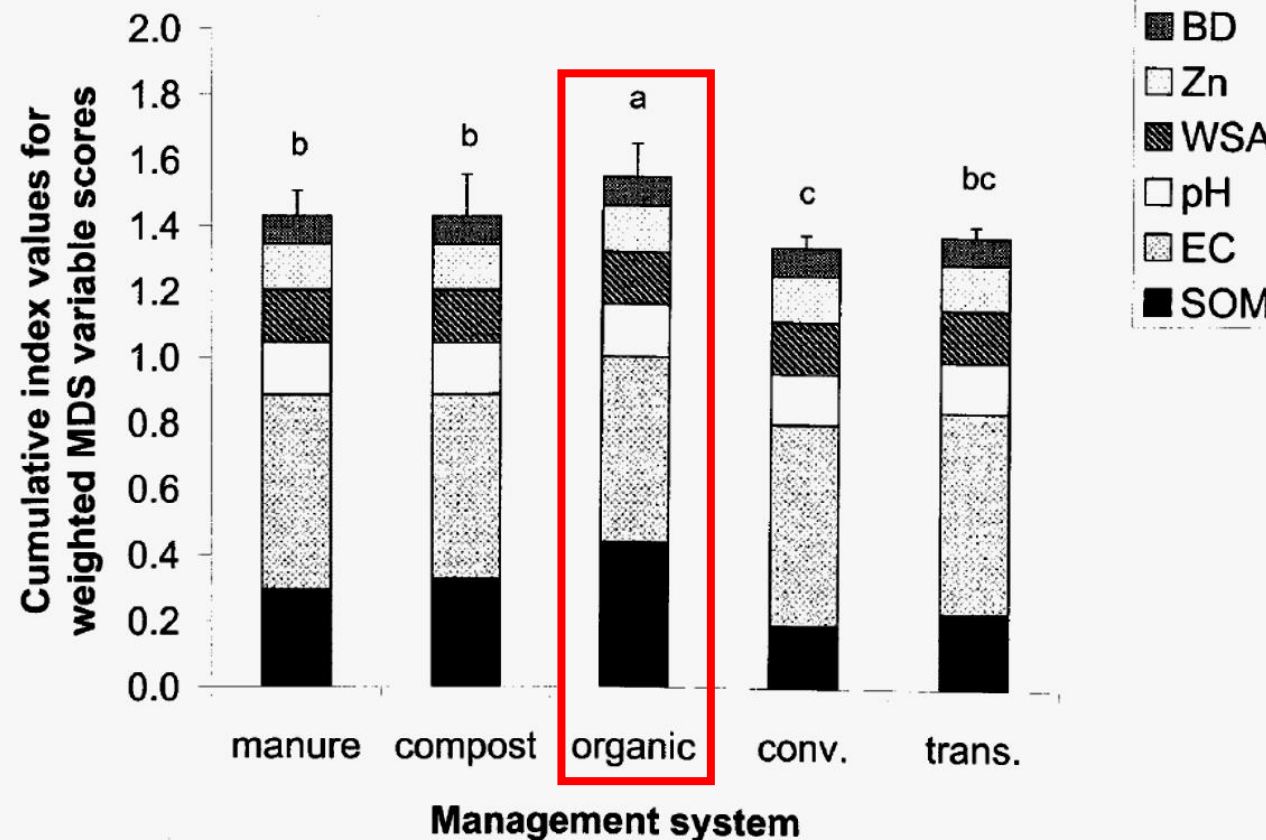
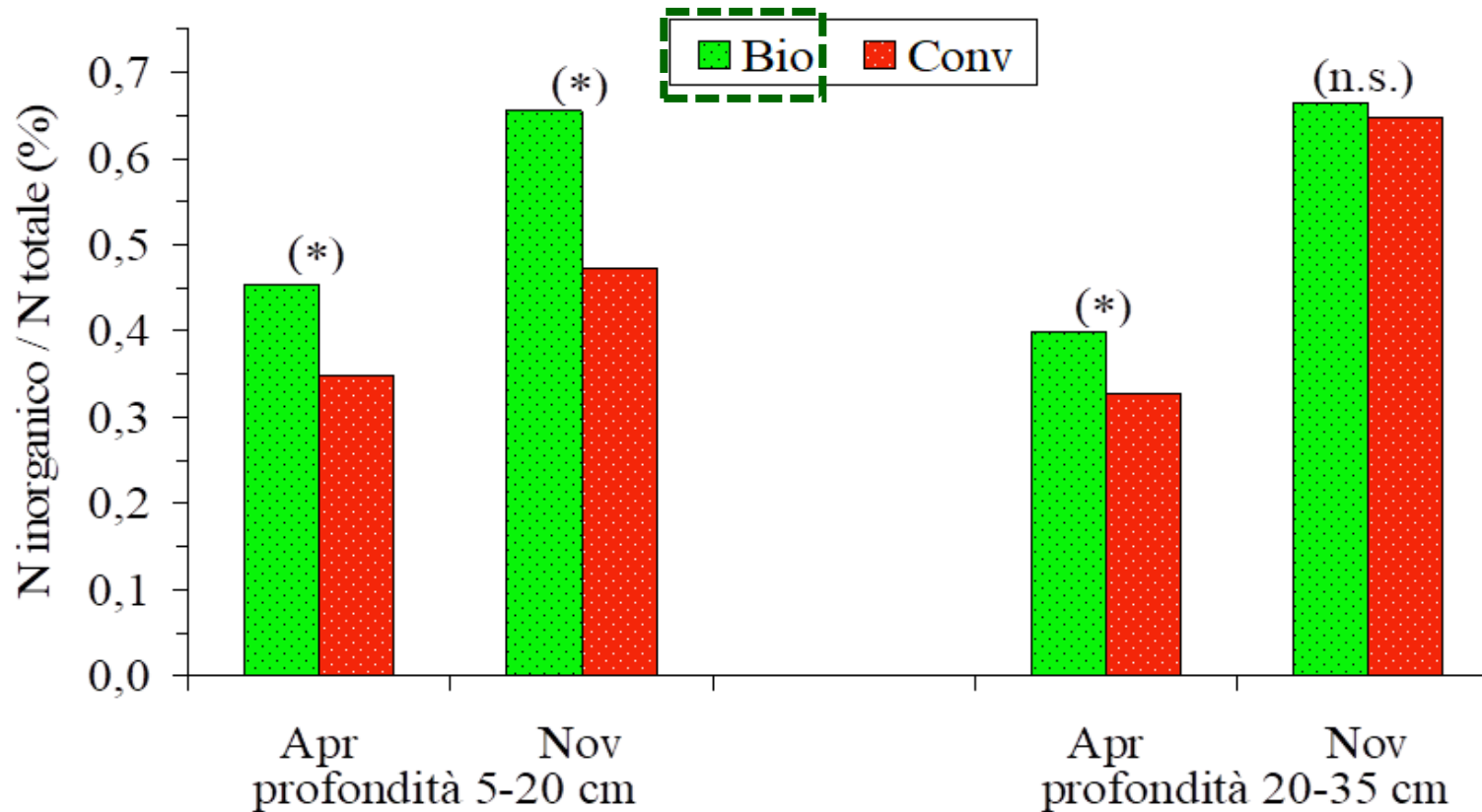


Fig. 2. Soil quality index (SQI) results for management comparisons at Farm 7 in 1998. Stacked bars show the component (scored and weighted) indicator means added to derive the overall index values. Error bars denote standard deviation of overall index values. Significant differences between treatments are denoted by different letters at  $\alpha = 0.10$ . BD, bulk density; WSA, water-stable aggregates; EC, electrical conductivity; SOM, soil organic matter.

# 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).

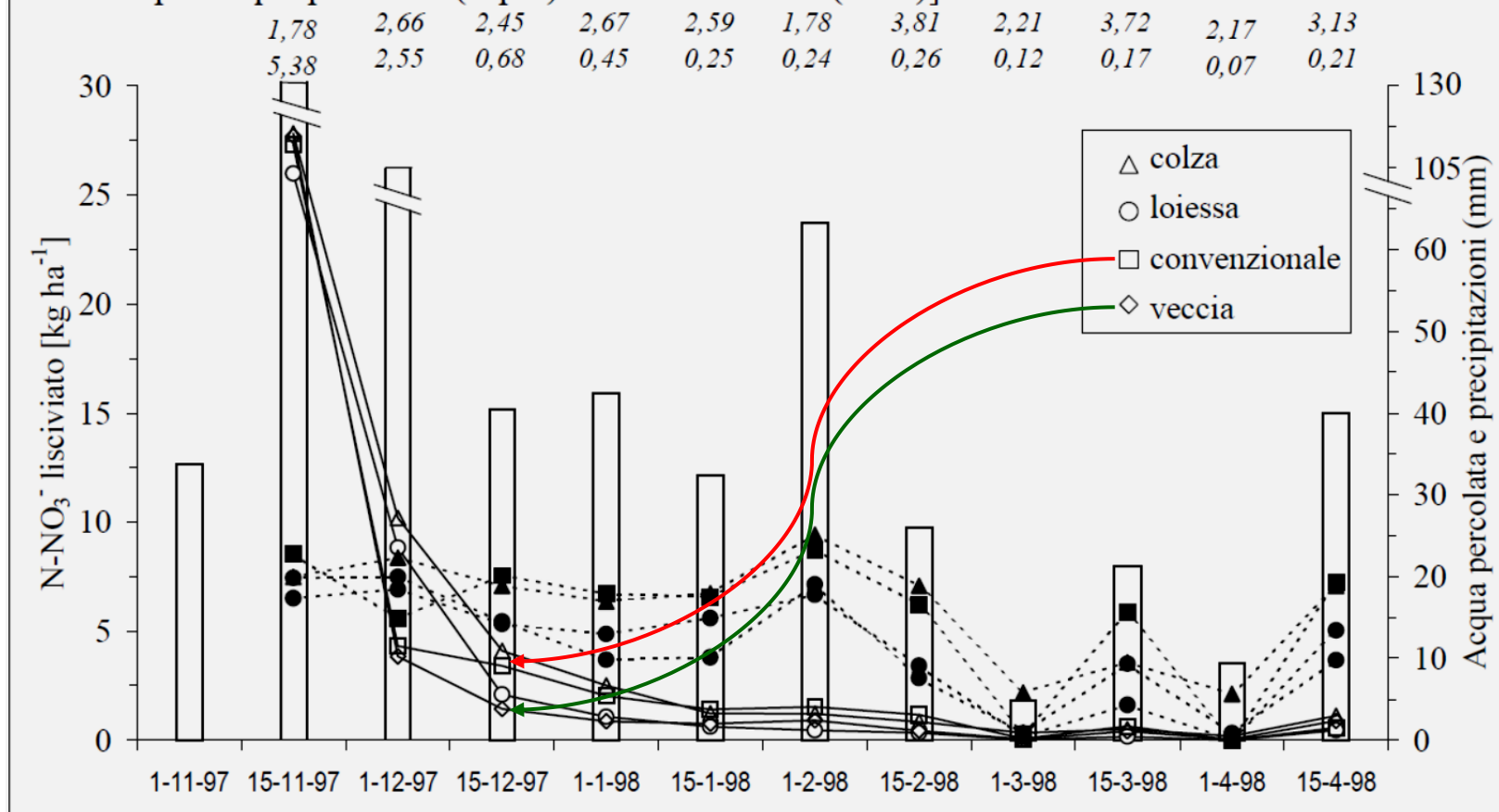
	Carbon stock		Input				Output soil CO <sub>2</sub> flux		Input/output	
	CONV (MgC ha <sup>-1</sup> )	ORG (MgC ha <sup>-1</sup> )	Crop residues <sup>a</sup> (shoot + roots)		Fertilizer <sup>b</sup>		CONV (MgCO <sub>2</sub> -C ha <sup>-1</sup> )	ORG (MgCO <sub>2</sub> -C ha <sup>-1</sup> )	CONV	ORG
			CONV (MgC ha <sup>-1</sup> )	ORG (MgC ha <sup>-1</sup> )	CONV (MgC ha <sup>-1</sup> )	ORG (MgC ha <sup>-1</sup> )				
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 C are Guanito plus DIX10.

# Studi su uso di colture di copertura (Bolsena)

Figura 1 - Andamento delle precipitazioni ( $\square$ ), 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)]

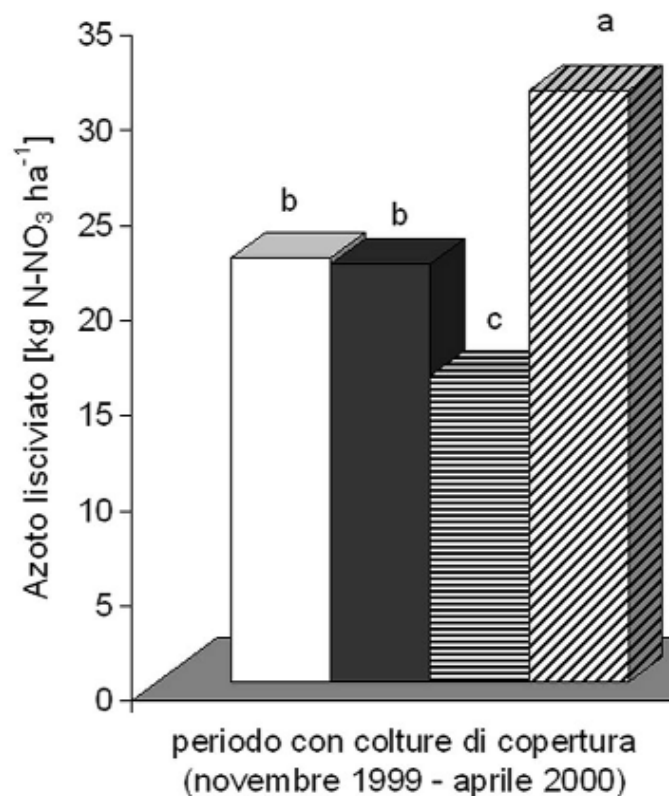
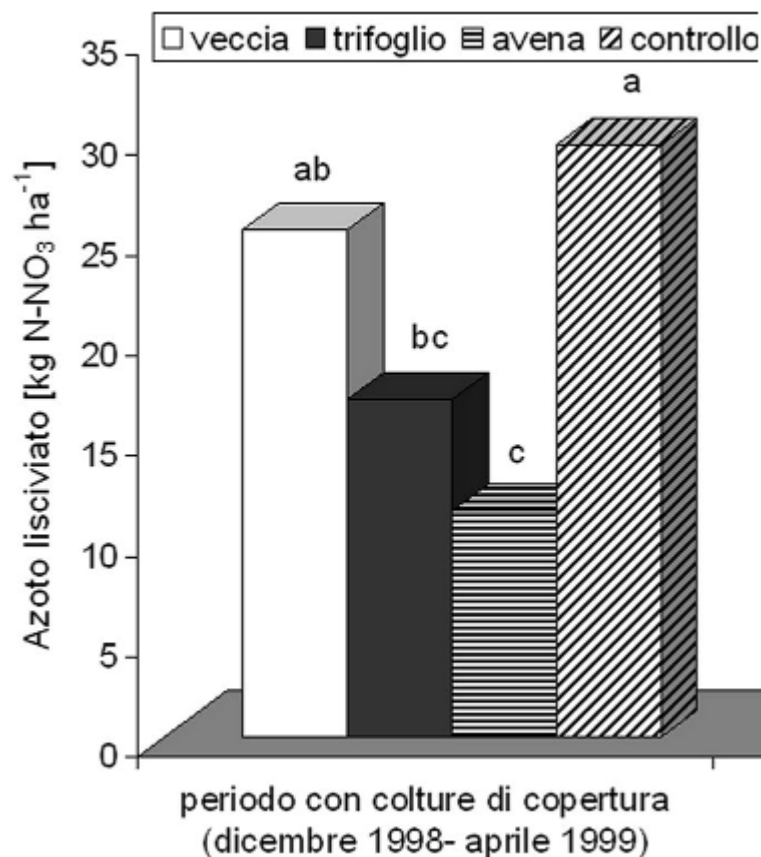




# Studi su uso di colture di copertura (Azienda sperimentale DAFNE)

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 NO <sub>3</sub> -N content at cover crops sowing mg NO <sub>3</sub> -N kg <sup>-1</sup> dry soil	Soil NO <sub>3</sub> -N content at tomato transplanting mg NO <sub>3</sub> -N kg <sup>-1</sup> 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	1993	1994	1993	1994
	t ha <sup>-1</sup> D.M.		kg N ha <sup>-1</sup>			
Ryegrass	4.54	6.60	42.0	(3.70)	59.2	(4.03)
Subclover	5.60	7.52	181.3	(5.17)	226.9	(5.42)
Hairy vetch	4.09	7.37	143.5	(4.93)	251.3	(5.52)
Weed-covered control	2.50	2.75	39.5	(3.63)	35.9	(3.54)
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	
2012	Conventional	1.122	Abc	1.070	Ae	0.111	Bab	0.140	Aa
	Lacy phacelia	1.171	Bab	1.294	Aa	0.112	Bab	0.143	Aa
	Barley straw	1.162	Aab	1.188	Abc	0.116	Bab	0.128	Ab
	White mustard	1.074	Bc	1.155	Acd	0.106	Bb	0.128	Ab
	Hairy vetch	1.204	Aa	1.113	Bde	0.121	Aa	0.116	Ac
2013	Conventional	1.588	Ab	1.531	Ab	0.143	Ae	0.139	Ab
	Lacy phacelia	1.695	Aa	1.716	Aa	0.161	Abd	0.163	Aa
	Barley straw	1.701	Aa	1.719	Aa	0.160	Acd	0.154	Aa
	White mustard	1.739	Aa	1.644	Ba	0.197	Aa	0.165	Ba
	Hairy vetch	1.702	Aa	1.703	Aa	0.154	Bde	0.165	Aa

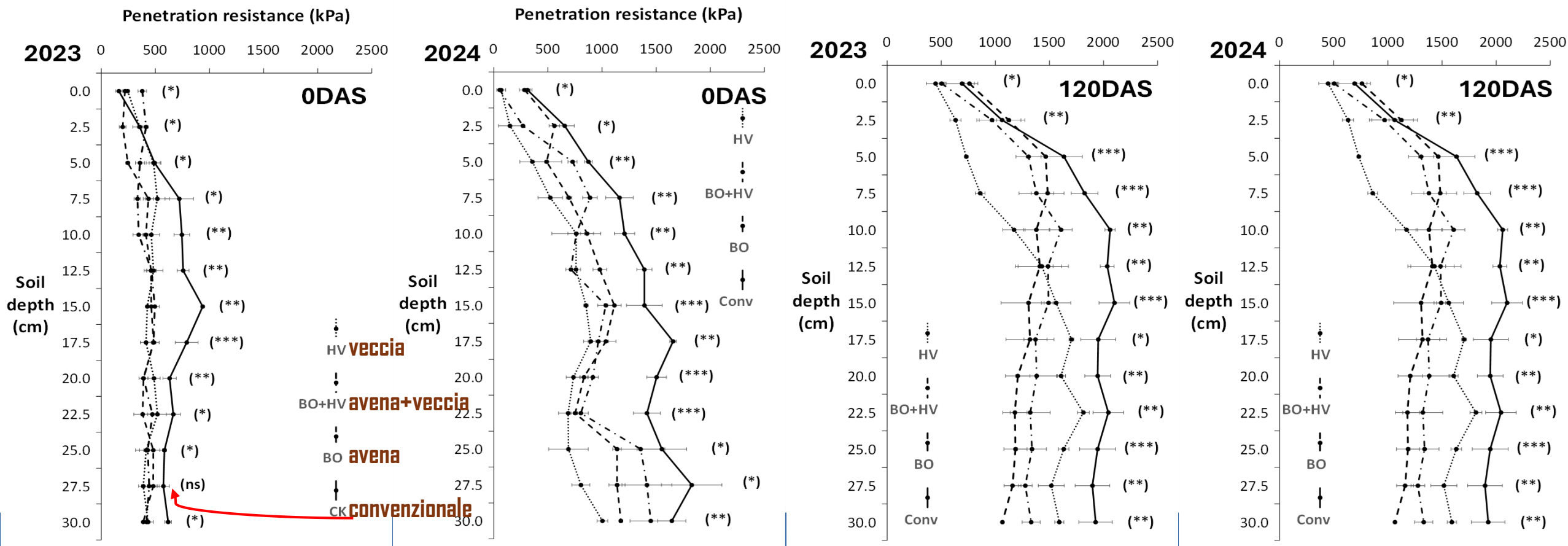
# Studi su pacciamatura organica (Azienda Ferrara)

## 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> -----											
Growing season												
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
Soil management												
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 250 kg N	--		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)

1<sup>st</sup> International Congress of Mediterranean Agroecology4<sup>th</sup> National AIDA Congress2<sup>nd</sup> Italian Agroforestry Forum AIAF

Agrigento, June 9-12, 2025

Agroecological and Agroforestry approaches for a Sustainable future



# 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 sistemico

# Agroecosystems Sustainability: the future perspective



## Grazie per l'Attenzione