

*due*  
scheda

**CENTRO SPERIMENTALE ISSDS S. ELISABETTA,  
VICARELLO DI VOLTERRA, PISA**



*CENTRO SPERIMENTALE ISSDS S. ELISABETTA,  
VICARELLO DI VOLTERRA, PISA*

**INDICATORI STUDIATI**

Fisici: porosità, stabilità degli aggregati

Chimici: TOC, TEC,  $C_{HA+FA}$ , HR %, DH %, HI.

Biologici: C della biomassa microbica, respirazione del suolo, C biomassa/TOC, quoziente metabolico

Approfondimenti: analisi molecolare

*Descrizione geografica:*

Il Centro sperimentale S. Elisabetta è situato nella Valle dell'Era in località Vicarello, nel Comune di Volterra (Pisa). I terreni occupano una superficie di circa 20 ha e sono rappresentativi dell'ambiente della collina argillosa dell'Italia Centro-Meridionale.

Temperatura media annua 12,7 °C, piovosità media annua 678 mm.

Il clima è Mediterraneo sub-umido.

Sono stati valutati gli effetti di due diverse gestioni del suolo – consociazione Sulla (*Hedisarum coronarium*) + Atriplex (*Atriplex halimus*) (SA), Grano (*Triticum durum*) in monosuccessione (G) – in una prova parcellare a lungo termine. Come testimone per le analisi di stabilità di struttura si è incluso anche il terreno sotto macchia mediterranea sviluppatasi spontaneamente dal 1970 (T) (Fig.1)



**FIGURA 1.**  
**VISTA DELL'AREA**  
**SPERIMENTALE DI VICARELLO**

(FOTO P. BAZZOFFI)

### *Caratteristiche del suolo*

**Località:** Podere Santa Elisabetta, Vicarello, Volterra (Pisa)

**Coordinate (UTM 32):** 650306 N, 4813830 E.

**Uso del suolo:** prato avvicendato

**Materiale pedogenetico:** depositi di versante; argilloso

**Litologia principale del substrato:** marna, argille e limi marini; argilloso

**Forma hm:** versante lineare

**Elemento morfologico dm:** parte più bassa del versante

**Pendenza:** 25%

**Quota:** 200 m s.l.m.

**Rocciosità:** assente

**Pietrosità:** assente

**Falda:** non osservata

**Erosione:** erosione idrica diffusa moderata

**Ruscellamento superficiale:** molto alto

**Drenaggio:** piuttosto mal drenato, a causa della bassa permeabilità degli orizzonti inferiori

**Profondità utile per le radici:** cm 70, compattazione elevata e macroporosità praticamente assente

**Note:** C'è una falda sospesa durante la stagione invernale a circa 50-60 cm di profondità. Presenza di sali solubili, principalmente gesso, negli orizzonti inferiori. Coefficiente di Estensibilità Lineare (COLE) in suoli simili: 0.06-0.07.

**Classificazione:** Vertic Haploxerept fine, mixed, active, mesic (USDA-NRCS, 1999);

Endosoli Vertic Cambisols (FAO-IUSS-ISRIC, 1998);

**Descritto da:** E. Costantini e G. L'Abate

**Data della descrizione:** Giugno 2001



- Ap1** 0-13 cm colore umido 2,5Y 4,5/2, colore secco 2,5Y 6,5/2; stima della tessitura: franco limoso argillosa; struttura grumosa; pori molto fini (<0,5 mm) scarsi (0,1-0,5%); radici fini (1-2 mm) comuni (10-25) ad andamento subverticale; attività biologica abbondante da anellidi; effervescenza violenta; limite abrupto irregolare.
- 
- Ap2** 13-20 cm colore umido 2,5Y 4,5/2, colore secco 2,5Y 6,5/2; figure redox principali, 2,5Y 4/1, scarse (2-5%) piccole (<5 mm); figure redox secondarie, 2,5Y 5/1, scarse (2-5%) piccole (<5 mm); stima della tessitura: franco argillosa; struttura poliedrica subangolare media moderatamente sviluppata; pori molto fini (<0,5 mm) scarsi (0,1-0,5%); concentrazioni soffici di carbonato di calcio comuni (2-20%); facce di pressione scarse (<10%); radici fini (1-2 mm) comuni (10-25) ad andamento subverticale; attività biologica abbondante da anellidi; effervescenza violenta; limite graduale irregolare.
- 
- Ap3** 20-40 cm colore umido 2,5Y 5/2, colore secco 2,5Y 6/2; figure redox principali, 2,5Y 4/1, scarse (2-5%) piccole (<5 mm); figure redox secondarie, 2,5Y 5/1, scarse (2-5%) piccole (<5 mm); stima della tessitura: franco argillosa; struttura poliedrica subangolare grande, moderatamente sviluppata; pori fini (0,5-1 mm) scarsi (0,1-0,5%); noduli di Fe-Mn piccoli (6-20 mm) abbondanti (20-40%) e concrezioni di carbonato di calcio piccole (6-20 mm) comuni (2-20%); facce di pressione scarse (<10%); radici fini (1-2 mm) poche (1-10) ad andamento subverticale; attività biologica comune da anellidi; effervescenza violenta; limite chiaro irregolare.
- 
- Bw** 40-70 cm colore umido 2,5Y 5/2; figure redox principali, 2,5Y 4/1, comuni (2-15%) piccole (<5 mm); figure redox secondarie, 7,5YR 6/8, scarse (2-5%), localizzazione su masse ridotte o impoverite in assenza di aree con arric.di ferro o manganese; stima della tessitura: argilloso limoso; struttura poliedrica angolare media, moderatamente sviluppata; struttura secondaria prismatica media, moderatamente sviluppata; pori fini (0,5-1 mm) scarsi (0,1-0,5%); noduli di Fe-Mn piccoli (6-20 mm) comuni (2-20%) e cristalli gessosi; facce di pressione comuni (11-50%); radici fini (1-2 mm) comuni (10-25) ad andamento verticale; attività biologica scarsa da anellidi; effervescenza violenta; limite chiaro irregolare.
- 
- Ckr** 70-95 cm colore umido 5Y 4,5/1; figure redox principali, 2,5Y 5/3, molte (15-30%) grossolane (>15 mm); figure redox secondarie, 7,5YR 6/8, scarse (2-5%); stima della tessitura: argillosa; concentrazioni soffici di carbonato di calcio comuni (2-20%) e noduli di Fe-Mn piccoli (6-20 mm) comuni (2-20%); effervescenza violenta; limite graduale ondulato.
- 
- Cr** 95-150 cm colore umido 5Y 4,5/1; figure redox principali, 2,5Y 5/3, comuni (2-15%) grossolane (>15 mm); stima della tessitura: argilloso limoso; concentrazioni soffici di carbonato di calcio comuni (2-20%); effervescenza violenta.

## ANALISI CHIMICO-FISICHE

Orizzonti	Ap1	Ap2	Ap3	Bw	Ckr	Cr
sabbia (2-0,05 mm) g Kg <sup>-1</sup>	121	210	300	135	135	115
limo (0,05-0,002 mm) g Kg <sup>-1</sup>	550	410	335	430	315	560
argilla (< 0,002mm) g Kg <sup>-1</sup>	380	365	435	550	425	380
pH (H <sub>2</sub> O 1:1)	8,2	8,1	8,0	8,1	8,0	8,2
pH (KCl 1:2,5)		7,7	7,7	7,8	7,8	7,8
C (totale) g Kg <sup>-1</sup>	15,6	8,7	7,7	5,8	4,8	2,0
N (totale) g Kg <sup>-1</sup>	2,3	1,28	1,32	1,18	0,99	0,95
C/N	7	7	6	5	5	2
CaCO <sub>3</sub> (total) g Kg <sup>-1</sup>	139	120	125	130	160	135
S.O. g Kg <sup>-1</sup>	27	15,1	13,2	10,1	8,3	3,5
CSC cmol+ Kg <sup>-1</sup>	21	25,20	18,75	n.d.	25,63	25,63
Sali solubili residui g Kg <sup>-1</sup>		0,75	0,85	5,30	0,87	9,40

Fonte dati pedologici: Banca dati del Centro Nazionale di Cartografia Pedologica (CNCP)

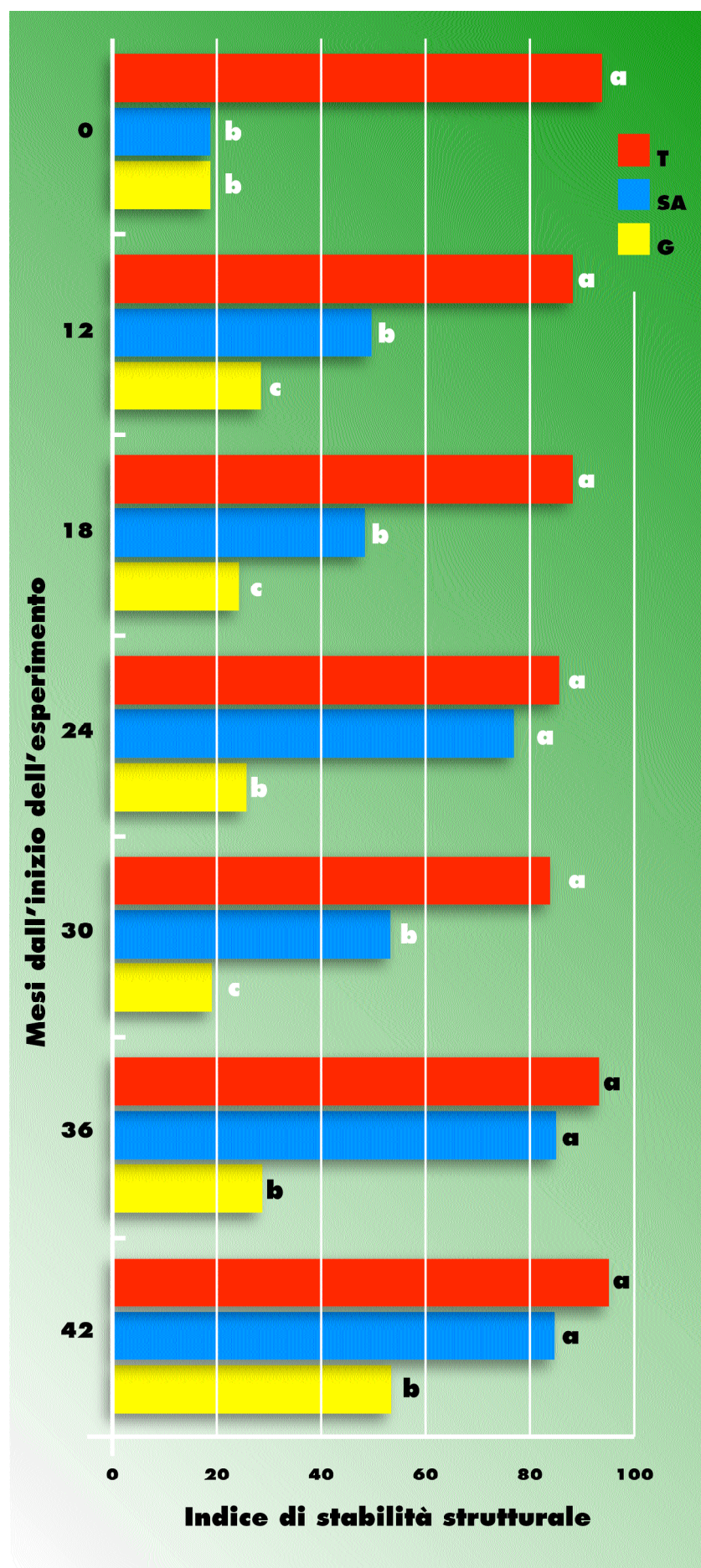
## INDICATORI FISICI

Il rischio di degradazione di suoli di questo tipo, definiti marginali, è rappresentato dall'erosione idrica nelle sue diverse forme (diffusa, incanalata e di massa) quasi sempre innescata dalla pressione antropica connessa all'attività agro-pastorale in un ambiente intrinsecamente fragile per la tipologia dei suoli e l'elevata aggressività climatica. Le condizioni pedoclimatiche rendono questi suoli poco fertili e adatti solo alla coltivazione di cereali in rotazione con colture foraggere.

Nella sperimentazione in oggetto è stata valutata la possibilità di introdurre un sistema di gestione alternativo che migliori le caratteristiche fisiche e chimiche del suolo e risulti allo stesso tempo remunerativo tramite l'aumento della biomassa pascolabile e l'estensione della stagione di pascolamento fino all'inizio dell'estate (Chisci et al., 2001).

Il miglioramento delle qualità fisiche del suolo è evidente dai risultati ottenuti dalle analisi della stabilità degli aggregati eseguite per un periodo di quattro anni a intervalli di circa sei mesi (Fig.2). A un anno dall'inizio della sperimentazione le parcelle con la consociazione Sulla – Atriplex (SA) presentano un indice di stabilità strutturale significativamente superiore rispetto a quelle a grano (G); dopo due anni dall'impianto l'indice per SA non è statisticamente diverso da quello delle parcelle con vegetazione spontanea (T).

Il miglioramento delle caratteristiche strutturali è confermato anche dalla quantificazione e caratterizzazione della porosità. Gli alti valori di porosità riscontrati nelle parcelle a grano in Novembre sono da imputare alle lavorazioni (Fig.3). In Luglio la percentuale dei pori nelle parcelle a cereale si riduce significativamente rispetto alla gestione SA; tale diminuzione è determinata soprattutto da una presenza minore di pori allungati (Fig. 4,5).

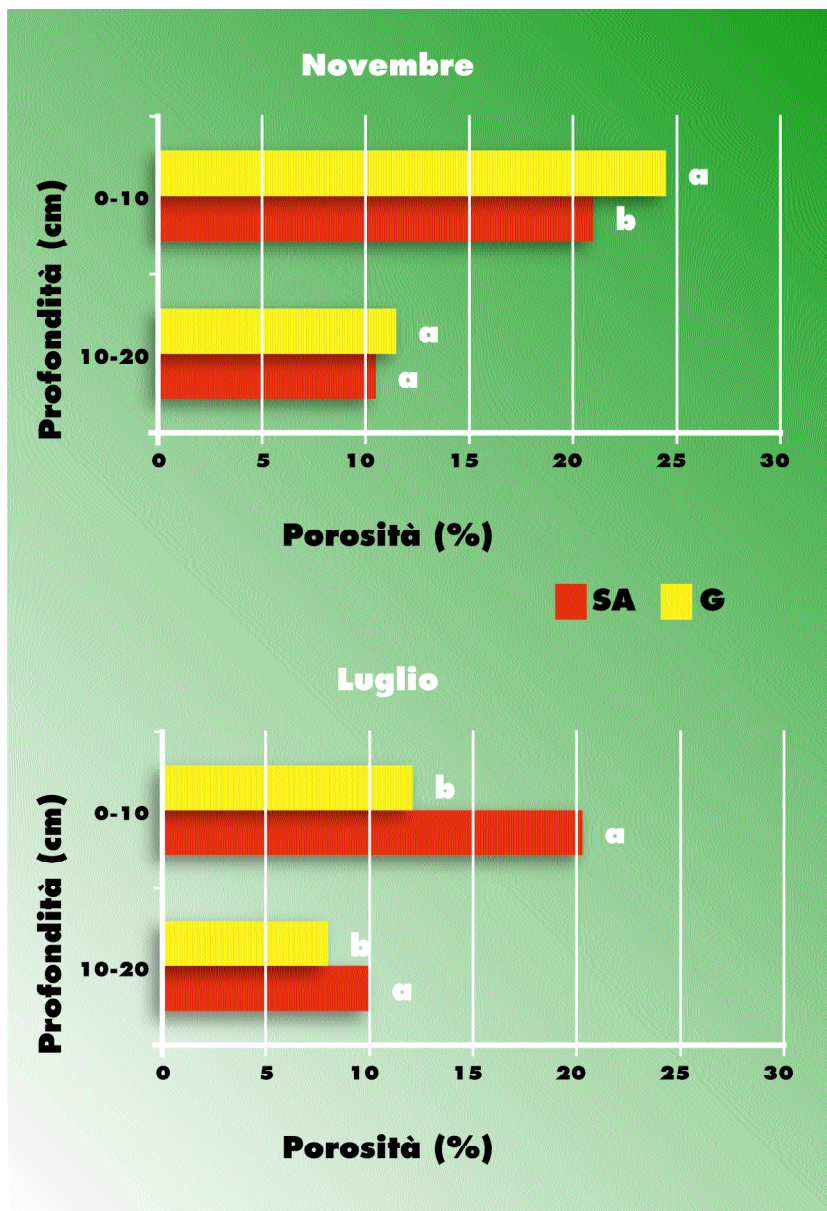


**FIGURA 2.**  
**DINAMICA DELLA STABILITÀ**  
**DEGLI AGGREGATI NEI DIVERSI**  
**SISTEMI DI GESTIONE DEL**  
**SUOLO**

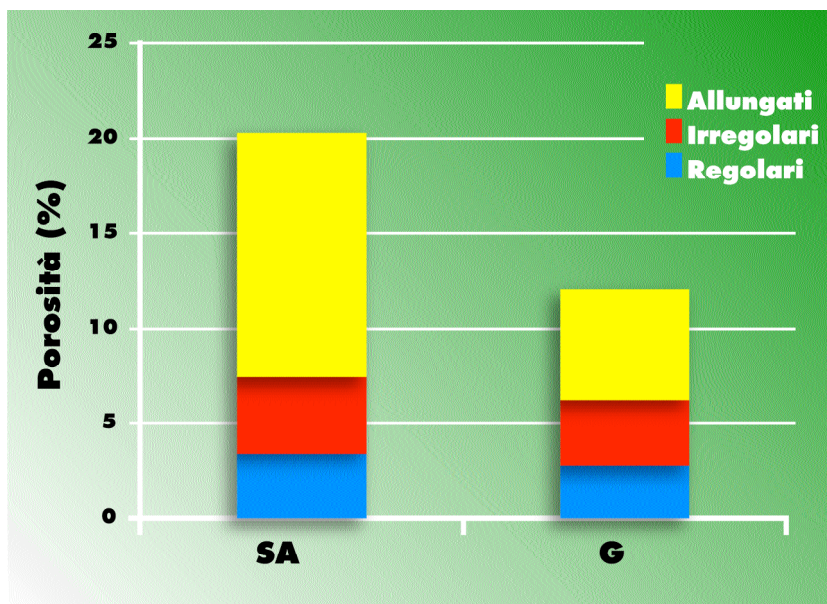
(T = MACCHIA MEDITERRANEA  
SPONTANEA;  
SA = SULLA + ATRIPLEX;  
G = GRANO).

I VALORI DI STABILITÀ DEGLI  
AGGREGATI SEGUITI DALLE  
STESSE LETTERE NON SONO  
SIGNIFICATIVAMENTE  
DIFFERENTI IMPIEGANDO IL  
TEST DI DUNCAN ( $P \leq 0,05$ ).



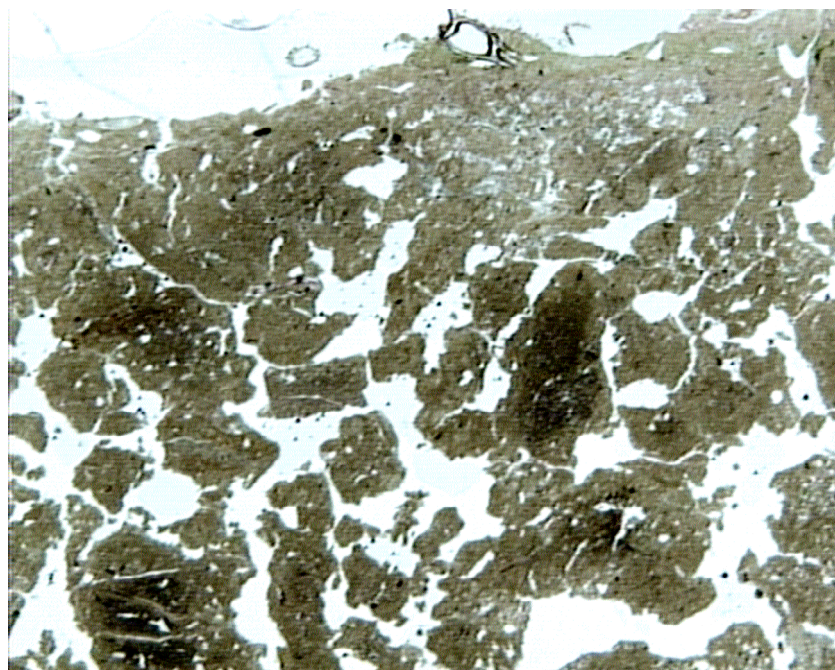


**FIGURA 3.**  
EFFETTO DELLA  
CONSOCIAZIONE  
SULLA + ATRIPLEX (SA)  
E DEL GRANO (G)  
SULLA POROSITÀ DEL SUOLO,  
ESPRESSA COME PERCENTUALE  
DI AREA OCCUPATA DAI PORI  
MAGGIORI DI 50  $\mu\text{m}$  PER  
SEZIONE SOTTILE,  
ALLA SEMINA (NOVEMBRE)  
E ALLA RACCOLTA (LUGLIO)  
DEL GRANO.  
I VALORI DI POROSITÀ SEGUITI  
DALLE STESSLE LETTERE NON  
SONO SIGNIFICATIVAMENTE  
DIFFERENTI IMPIEGANDO IL  
TEST DI DUNCAN ( $P \leq 0,05$ ).



**FIGURA 4.**  
CARATTERIZZAZIONE  
MORFOLOGICA DELLA POROSITÀ  
DEL SUOLO NELLO STRATO  
SUPERFICIALE (0-10 CM) A  
LUGLIO; SI NOTI LA MINORE  
PERCENTUALE DI PORI  
ALLUNGATI NEL TERRENO  
COLTIVATO A GRANO (G)  
RISPETTO A QUELLO DØ  
PRESENTE LA CONSOCIAZIONE  
SULLA+ATRIPLEX (SA).





**A**

**FIGURA 5.**  
**MACROFOTOGRAFIE DI SEZIONI**  
**SOTTILI VERTICALMENTE**  
**ORIENTATE DA CAMPIONI DI**  
**TERRENO GESTITO CON**

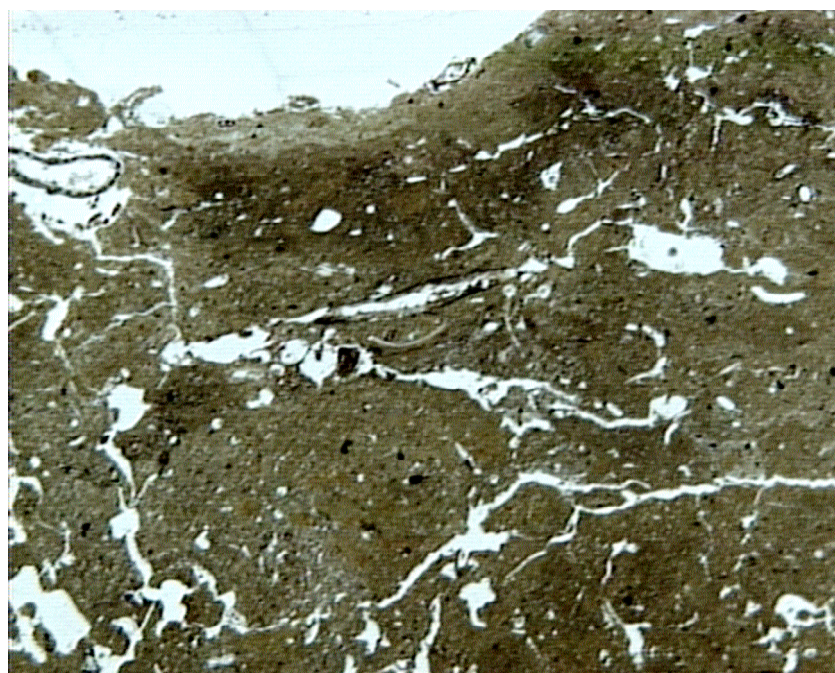
**A) SULLA +ATRIPLEX**

**E**

**B) GRANO;**

**SI NOTI LA DIVERSA STRUTTURA**  
**DEL SUOLO PRESENTE IN**  
**LUGLIO.**

**IL LATO MINORE MISURA 3 CM**  
**NELLA REALTÀ**



**B**

#### **RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI CITATI:**

G.C. Chisci, P. Bazzoffi, M. Pagliai, R. Papini, S. Pellegrini, N. Vignozzi, 2001.  
*Association of Sulla and Atriplex shrub for the improvement of clay-soil physical properties and environmental protection in central Italy.* Agriculture, Ecosystems & Environment, 48, 1, 45-53.

#### **Studio condotto da**

*P. Bazzoffi, S. Pellegrini.*

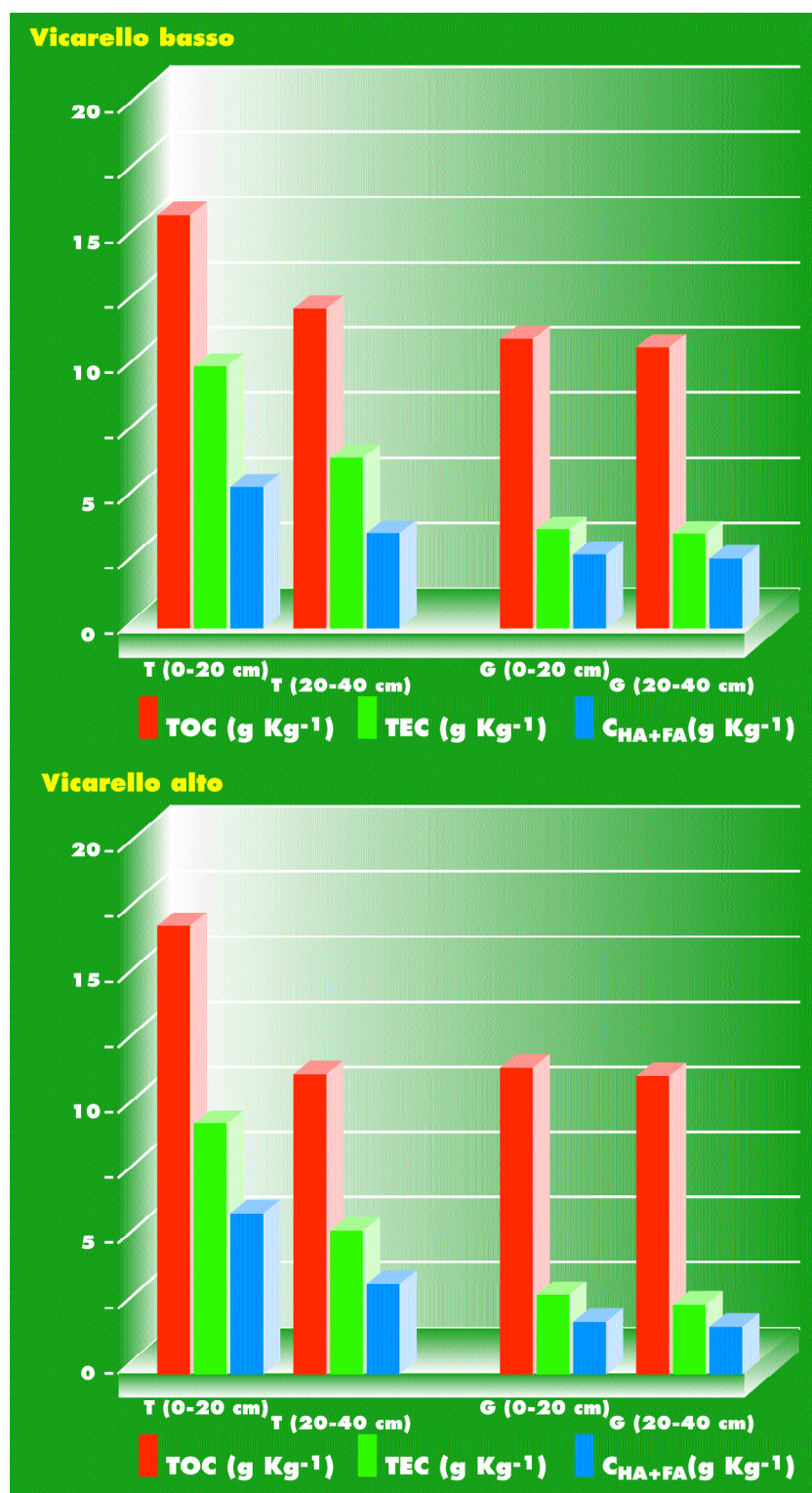
#### **Realizzazione della scheda a cura di**

*N. Vignozzi.*



## INDICATORI CHIMICI

Al fine di verificare gli effetti del sistema di gestione del suolo sulla sua fertilità, sono stati confrontati i parametri chimici determinati su un suolo definito marginale, a rischio di erosione idrica. La scelta di campionare solo le parcelle coltivate a grano e quelle di un testimone costituito da terreno sottobosco (T) è giustificata dal fatto che le suddette rappresentano due situazioni estreme. E' stata inoltre esaminata l'influenza di fattori fisiografici sui parametri chimici analizzando campioni provenienti sia dalla parte alta che da quella basse delle parcelle (Vicarello alto/Vicarello basso).



**FIGURA 6.**

**CONTENUTO DI CARBONIO ORGANICO TOTALE, ESTRAIBILE ED UMIFICATO PER IL TERRENO COLTIVATO A GRANO IN MONOSUCCESSIONE (G) ED IL TERRENO SOTTO BOSCO (T).**

Dai valori del contenuto in carbonio organico totale, (Figura 6 e Tabella I), si vede che la coltivazione del grano provoca una diminuzione del TOC rispetto al terreno sottobosco, più evidente nello strato superiore rispetto a quello più profondo. Lo stesso si può dire anche per il carbonio estraibile con soluzione di sodio pirofosfato alcalino e per quello umificato.

I parametri di umificazione riportati in Tabella I mostrano che la frazione estraibile della sostanza organica del terreno è in prevalenza costituita da forme labili: la frazione umificata, già esigua nel testimone, si dimezza nel suolo sottoposto a coltivazione del grano in monosuccessione. Questo andamento è particolarmente evidente nella parcella bassa, e viene efficacemente descritto dal parametro HI, che esprime il bilancio tra la frazione non umificata e quella umificata.

Per contro l'aumento del grado di umificazione della frazione estraibile (DH%) nelle parcelle a grano indica un aumento della frazione di sostanza organica umificata nei confronti di quella potenzialmente umificabile.

La quantità di umina, carbonio organico fortemente ancorato alla frazione minerale del terreno e ricavabile come differenza tra TOC e TEC, risulta essere molto abbondante, soprattutto in G, dove raggiunge valori superiori al 66% del TOC nella parte bassa delle parcelle, ed addirittura pari al 78% del TOC in Vicarello alto.

**TABELLA I.**  
**PARAMETRI DESCRITTIVI DELLA SOSTANZA ORGANICA**

Campione	TOC (g kg <sup>-1</sup> )	TEC (g kg <sup>-1</sup> )	C <sub>HA+FA</sub> (g kg <sup>-1</sup> )	HR (%)	DH (%)	HI
Vicarello basso T (0-20 cm)	15,7	9,7	5,1	32,48	52,58	0,90
Vicarello basso T (20-40 cm)	11,9	6,3	3,4	28,57	53,97	0,85
Vicarello basso G (0-20 cm)	10,8	3,6	2,5	23,15	69,44	0,44
Vicarello basso G (20-40 cm)	10,4	3,3	2,4	23,08	72,73	0,38
Vicarello alto T (0-20 cm)	16,4	9,1	5,7	34,76	62,64	0,60
Vicarello alto T (20-40 cm)	11,0	5,0	3,2	29,09	64,00	0,56
Vicarello alto G (0-20 cm)	11,1	2,6	1,7	15,32	65,38	0,53
Vicarello alto G (20-40 cm)	10,8	2,4	1,6	14,81	66,67	0,50

La dotazione in sostanza organica in funzione del contenuto di argilla e di carbonato di calcio risulta soddisfacente nello strato più superficiale del terreno sottobosco, ma tende a diminuire fino a divenire molto modesta negli strati più profondi di entrambi i terreni esaminati, oltre che nello strato 0-20 cm delle parcelle coltivate a grano.

### Studio condotto da

*M.T. Dell'Abate, F. Baroccio, A. Benedetti.*

### Realizzazione della scheda a cura di

*F. Baroccio.*



## INDICATORI BIOLOGICI

Uno studio completo delle proprietà di un suolo non può trascurare l'analisi delle attività microbiologiche di esso, dimostrando come sia possibile utilizzare i microrganismi come indicatori biologici di impatto ambientale.

Il terreno naturale è un sistema ecologico aperto, che riceve e perde energia. Le modificazioni energetiche cui va incontro sono determinate dalla nutrizione e dalla respirazione delle popolazioni microbiche, dal trasferimento e circolazione ciclica degli elementi, dalla sintesi e degradazione della sostanza organica.

Una delle funzioni più importanti dei microrganismi è appunto quella di presiedere alle trasformazioni a carico degli elementi nutritivi in modo da mantenere un equilibrio di scambio tra suolo e pianta, contribuendo così allo stato di fertilità dei terreni.

Le pratiche agronomiche accelerano molti di questi processi, e questa maggiore dinamicità fa sì che il terreno agrario abbia rispetto al terreno naturale un minor grado di stabilità.

Quanto appena detto è stato confermato dai risultati delle analisi fatte sui terreni provenienti da entrambe le zone studiate (Vicarello alto/Vicarello basso).

Campione	Bc (mg g <sup>-1</sup> )	Bc/TO (%)	qCO <sub>2</sub> (mg CO <sub>2</sub> -C mg <sup>-1</sup> C <sub>mic</sub> h <sup>-1</sup> )
Vicarello basso T(0-20 cm)	221,2	1,41	0,0024
Vicarello basso T(20-40 cm)	115,1	0,97	0,0035
Vicarello basso G (0-20 cm)	120,5	1,12	0,0031
Vicarello basso G (20-40 cm)	65,0	0,63	0,0033
Vicarello alto T(0-20 cm)	179,5	1,09	0,0025
Vicarello alto T(20-40 cm)	103,5	0,94	0,0025
Vicarello alto G (0-20 cm)	97,3	0,88	0,0030
Vicarello alto G (20-40 cm)	29,9	0,28	0,0082

**TABELLA II.**

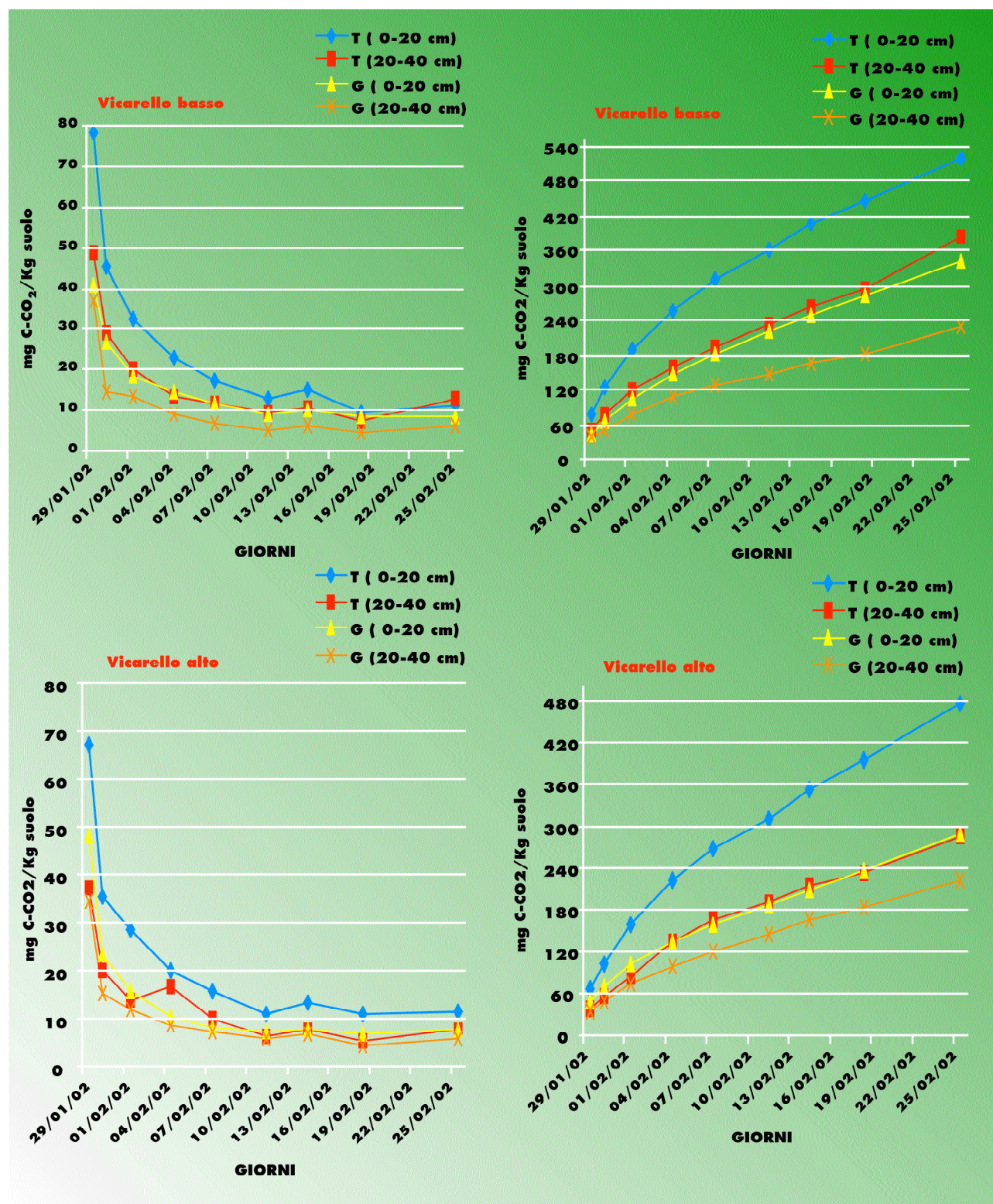
**VALORI DI BIOMASSA MICROBICA, QUOZIENTE DI MINERALIZZAZIONE E RESPIRAZIONE SPECIFICA DEL TERRENO**

La quantità totale di biomassa microbica riscontrata nel terreno sottobosco è maggiore rispetto a quella presente nel terreno coltivato a grano in entrambe le zone e per entrambe le profondità.

La coltivazione del grano inoltre stimola l'attività metabolica dei microrganismi: ciò si riconosce dai valori dei quozienti metabolici riportati in tabella II, più elevati nelle parcelle coltivate con grano. Infatti il grano è una coltura esigente, che depaupera il suolo di sostanza organica labile (TEC - C<sub>HA+FA</sub>, Tab.I), che perciò è disponibile in minore quantità per i microrganismi. Tale risultato è più evidente nei campioni provenienti dalla parte alta del sito analizzato, dove a fronte di un ridotto contenuto di biomassa microbica nel suolo si registra un'elevata respirazione specifica, ovvero una situazione di stress metabolico.



FIGURA 7. CURVE DI RESPIRAZIONE GIORNALIERA E CUMULATIVA PER I DUE DIVERSI SISTEMI DI LAVORAZIONE.



Studio condotto da

M.T. Dell'Abate, F. Baroccio, A. Benedetti.

Realizzazione della scheda a cura di

F. Baroccio.



## APPROFONDIMENTI: ANALISI MOLECOLARE

Lo studio delle comunità batteriche costituisce un capitolo fondamentale dell'ecologia microbica e viene intrapreso per comprendere la composizione, la struttura e la stabilità delle comunità nel loro complesso come pure l'attività e il ruolo funzionale dei singoli membri che la compongono. Questo studio della comunità batterica del suolo, le cui dimensioni sono stimate in ca.  $10^9$  cellule per grammo di suolo, non può essere condotto unicamente con i metodi tradizionali (fisiologici e microscopici) in quanto solo una piccola frazione, tra lo 0,1 e l'1%, dei batteri del suolo risultano coltivabili (Aman et al., 1995).

Le tecniche molecolari utilizzano gli acidi nucleici per studiare le comunità microbiche negli ambienti più diversi, ivi compreso il suolo, sfruttando diverse strategie sia di estrazione che di successivo impiego del DNA e/o RNA.

Tra queste nuove tecniche molecolari alcune si basano sulla generazione di impronte molecolari "fingerprinting" derivanti dalla separazione fisica dei diversi frammenti di DNA amplificato provenienti da una comunità ecologica complessa; questo tipo di metodiche consentono di monitorare i cambiamenti a carico delle comunità che intervengono a seguito della modificazione dell'ambiente circostante dovute a fattori antropici o naturali, come pure di valutare le differenze delle cenosi batteriche imputabili ai diversi ambienti di provenienza.

La tecnica definita dall'acronimo DGGE (Denaturing Gradient Gel Electrophoresis) si basa sulla separazione di frammenti di DNA parzialmente denaturati con la stessa lunghezza ma con una differente sequenza attraverso una corsa elettroforetica su di un gel di poliacrilamide contenente un gradiente lineare di agenti denaturanti di tipo chimico; oggetto di questo tipo di analisi può essere il DNA a doppia elica (16S rDNA o DNA codificante per un gene funzionale) o l'RNA messaggero o ribosomale estratto direttamente previa retrotrascrizione mediante RT-PCR in cDNA. I fingerprinting dei diversi campioni possono venire successivamente analizzati per il numero di bande presenti (richness, cioè la ricchezza di specie rappresentate), per l'intensità delle bande (evenness, cioè distribuzione relativa delle singole specie) e per la presenza/assenza delle singole bande (composition, cioè composizione della comunità data dalle specie presenti) attraverso molteplici parametri statistici in grado di valutare il livello di similarità dei diversi profili anche in relazione ai fattori esterni che su di essa influiscono (Fromin et al., 2002; Rademaker et al., 1999).

La tecnica DGGE offre quindi la possibilità di fornire una analisi qualitativa (richness) e semiquantitativa (evenness) della comunità microbica presente (16S rDNA) e funzionalmente attiva (cDNA da 16S rRNA) anche in relazione a eventuali fattori di modificazione della stessa in maniera rapida e puntuale (Muyzer et al., 1993).

La finalità dell'applicazione di questo tipo di studio sul suolo di Vicarello è quella di analizzare con metodi molecolari le comunità batteriche e verificare l'effetto della variabile destinazione d'uso del suolo sulla composizione e sulla funzionalità di queste comunità. Il suolo in questione si presta bene per la presenza di quattro parcelle con differente uso: seminativo a grano alternato (V2); pascolo (V4); bosco naturale, cioè suolo senza alcuna lavorazione da più di 50 anni e con copertura arbustiva spontanea (V3); e incolto da 30 anni, cioè suolo coltivato per venti anni con grano che in seguito è stato abbandonato per oltre trenta anni, durante i quali non ha subito alcun trattamento o lavorazione, e ora presenta una copertura arbustiva spontanea simile a quella presente nella porzione incolta (V1).

I campionamenti sono stati fatti nel mese di maggio, in questo periodo, infatti, si registra la maggiore attività microbica nel suolo e quindi è il momento migliore per valutare la composizione e soprattutto la funzionalità della comunità batterica del terreno.

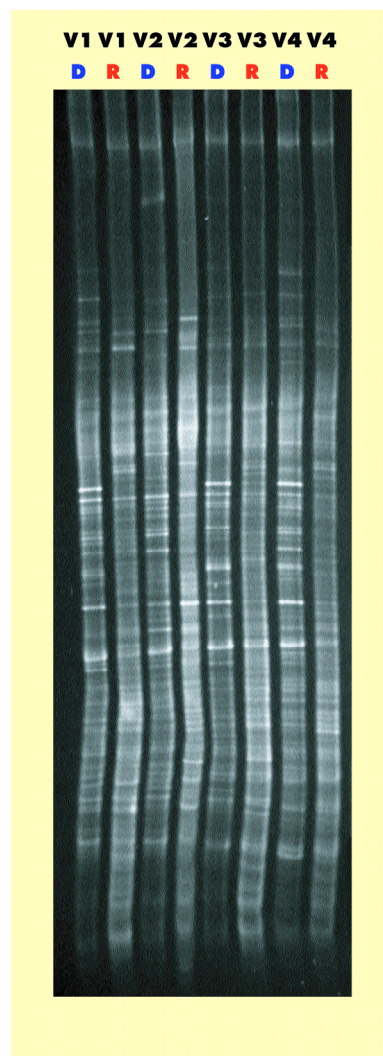
Il risultato ottenuto è un pattern o profilo elettroforetico formato da una serie di bande in cui, in prima approssimazione, il numero di bande è proporzionale al numero di specie presenti e la posizione delle bande è diversa per ogni specie.

Con questa tecnica è stato quindi possibile ottenere profili caratteristici per ogni parcella esaminata e quindi si sono potute evidenziare le differenze tra le parcelle; inoltre, confrontando i pattern ottenuti dai campioni di DNA con quelli ottenuti da quelli di RNA è stato possibile individuare le specie particolarmente attive e valutare quindi la funzionalità della comunità batterica.

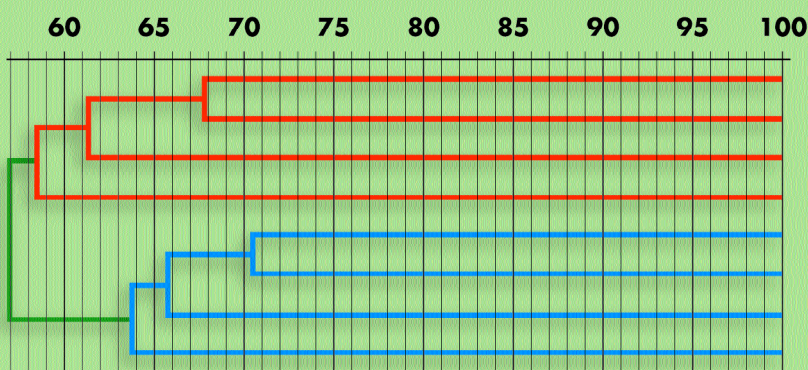
Una prima analisi grossolana dal punto di vista del numero di bande presenti nei diversi profili, quindi della biodiversità complessiva dei diversi campioni, non evidenzia differenze tra le diverse tesi sia per quanto riguarda la comunità presente che quella attiva.

Campione	V1	V2	V3	V4
Numero di bande nei profile da rDNA	51	52	54	48
Numero di bande nei profile da rRNA	53	46	53	50

Per valutare più nel dettaglio le differenze tra le comunità microbiche delle varie parcelle, sia dal punto di vista della composizione che da quello della funzionalità, i profili ottenuti con il DGGE sono stati analizzati con il software GelCompar II (Applied Maths) che consente di valutare le differenze tra i vari profili elettroforetici fornendo come risultato un dendrogramma in cui i campioni vengono classificati in base alla loro similarità. In particolare, in questo studio è stato utilizzato l'UPGMA (Unweighted Pair-Group Method using Averages) come metodo per portare avanti la cluster analysis ed è sempre stata selezionata l'opzione del programma che consente di valutare non solo la posizione delle bande nel gel, ma anche la loro intensità come parametro per creare i cluster.



## UPGMA DGGE Vicarello 03 DNA-RNA



V1 R incolto 30 anni  
V3 R bosco naturale  
V4 R pascolo  
V2 R seminativo  
V1 D incolto 30 anni  
V3 D bosco naturale  
V4 D pascolo  
V2 D seminativo



Guardando la struttura dei due cluster principali si nota una netta distinzione tra i campioni da DNA e quelli da RNA, questo indica che c'è una differenza piuttosto marcata tra le specie presenti e quelle metabolicamente attive e che questa differenza si riscontra indipendentemente dall'uso del suolo.

All'interno di ciascun gruppo, inoltre, il suolo coltivato e il pascolo si differenziano abbastanza nettamente tra di loro e in maniera ancora più marcata da quelli incolti. Ciò indica un effetto dell'uso del suolo sulla composizione della comunità batterica, in qualche maniera più accentuato per quello che riguarda le specie metabolicamente attive: questo ci può indicare che l'effetto di una perturbazione, in questo caso l'uso agricolo del terreno, si esercita maggiormente sulla funzionalità della comunità batterica piuttosto che sulla sua composizione.

È interessante il comportamento del campione rinaturalizzato (V1) che resta sempre molto simile a quello incolto, sia dal punto di vista strutturale che funzionale.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI CITATI

- Amann R.I., Ludwig W. and Schleifer K.H. 1995. *Phylogenetic identification and in situ detection of individual microbial cells without cultivation*. Microbiol. Rev, 59: 143 -169.
- Fromin N., Hamelin J., Tarnawski S., Roesti D., Jourdain-Miserez K., Forestier N., Teyssier-Cuvelles S., Gillet F., Aragno M. and Rossi P. 2002 *Statistical analysis of denaturing gel electrophoresis (DGE) fingerprinting patterns*. Environ. Microbiol. 4: 634 - 643
- Muyzer, G., de Waal E. D. and Uitterlinden A. G. 1993. *Profiling of complex microbial populations by denaturing gradient gel electrophoresis analysis of polymerase chain reaction-amplified genes coding for 16S rRNA*. Appl. Environ. Microbiol. 59 : 695 – 700.
- Rademaker J.L.W., Louws F.L., Rossbach U., Vinuesa P. and de Bruijn F.J. 1999. *Computer-assisted pattern analysis of molecular fingerprinting and database construction*. Molecular Microbiology Ecology Manual 7.1.3: 1-33. 3 Kluwer Academic Publishers; Akkermans A.D.L, van Elsas J.D. and de Bruijn J. Eds. Molecular Microbial Ecology.

## Studio condotto da

A. Fabiani

## Realizzazione della scheda a cura di

A Fabiani, M. Castaldini

## CONCLUSIONI

**Indicatori fisici.** Il problema fondamentale di chi si occupa di gestione del suolo è quello di riuscire a conciliare le esigenze economiche con la protezione dell'ambiente. Nell'esempio riportato, per mezzo dei due parametri/indicatori della stabilità di struttura e della porosità, viene valutata l'efficacia di una scelta di gestione del suolo alternativa a quella tradizionale, volta a ridurre i problemi di erosione idrica che interessano le aree in queste condizioni pedoclimatiche, quando subiscono una pressione antropica inadeguata.

**Indicatori chimici.** I parametri chimici della sostanza organica, esaminati nel caso di studio brevemente illustrato si sono rivelati utili indicatori della capacità di un suolo di conservare le risorse organiche, in relazione alla diversa gestione di esso.

In particolare si è osservato che la coltivazione del grano provoca una diminuzione del contenuto di sostanza organica totale rispetto al terreno sottobosco, più evidente nello strato superiore rispetto a quello più profondo. Lo stesso si può dire anche per il carbonio estraibile con soluzione di sodio pirofosfato alcalino e per quello umificato.

I dati ricavati dimostrano inoltre che la posizione del sito di campionamento influenza non tanto il contenuto in carbonio organico totale, quanto la frazione di sostanza organica potenzialmente umificabile, rappresentata dal TEC, che risulta sostanzialmente più bassa nei campioni di Vicarello alto rispetto a quelli di Vicarello basso. Ciò significa che i fattori fisiografici sono in grado di favorire o sfavorire la conservazione della risorsa organica del suolo influenzando i processi di umificazione.

**Indicatori biologici.** Gli indicatori studiati hanno evidenziato, in accordo con quelli fisici e chimici, un evidente impatto negativo della coltivazione del grano in un sistema fragile quale quello rappresentato da questo tipo di suoli, definiti marginali. Particolarmente evidente è nella parte alta della parcella la condizione di stress metabolico della biomassa microbica del suolo, associata ad una ridotta dimensione del pool microbico, con conseguente minor grado di stabilità del sistema suolo sottoposto a coltivazione del grano.