

# *cirque*

scheda

**AREA SPERIMENTALE UNIVERSITÀ DI PALERMO,  
PIETRANERA, AGRIGENTO**



**AZIENDA SPERIMENTALE UNIVERSITÀ DI PALERMO,  
PIETRANERA, AGRIGENTO**

*Indicatori studiati*

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

Approfondimenti: focalizzazione isoelettrica e termoanalisi delle sostanze umiche

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

*Descrizione geografica:*

All'interno dell'Azienda Sperimentale Pietranera (AG), della fondazione A&S Lima Mancuso (gestita dalla Università di Palermo), situata nell'entroterra collinare argilloso e precedentemente oggetto di un'ampia indagine pedologica (Dazzi e Raimondi, 1986), sono stati presi in considerazione due profili di Vertisuoli, dissimili in quanto a posizione nel paesaggio e al colore, ma sottoposti alle stesse pratiche colturali (seminativo) e caratterizzati da identico regime udometrico (xerico) e termometrico (termico). Il clima dell'area è tipicamente mediterraneo con precipitazione annuale media di circa 560 mm e temperatura media annuale di 17,4°C.

Il primo *pedon* (V1) è localizzato su un versante collinare moderatamente inclinato (12%) ad una quota di 371 m s.l.m.; il secondo (V2) in un'area sub-pianeggiante con pendenza media del 3% a 242 m s.l.m. L'obiettivo dello studio è di evidenziare il rapporto esistente tra *qualità del suolo* e *qualità della sostanza organica del suolo*, rintracciando le differenze di composizione chimico-strutturale della frazione umificata da porre in relazione con le condizioni pedomorfologiche.



**FIGURA 1.**  
**VISTA DI INSIEME DELL'AZIENDA**

(FOTO A. BENEDETTI).

### *Caratteristiche del suolo - PEDON V1*

<b>Località:</b> Azienda Pietranera, S. Stefano Quisquina, Agrigento
<b>Coordinate (UTM 32):</b> —33S UB 6960 5910.
<b>Uso del suolo:</b> seminativo
<b>Vegetazione:</b> grano duro.
<b>Materiale pedogenetico:</b> argille marnose e sabbiose.
<b>Morfologia:</b> collinare.
<b>Elemento morfologico:</b> versante di collina
<b>Pendenza:</b> inclinato (12% circa).
<b>Quota:</b> 371 m s.l.m.
<b>Rocciosità:</b> assente
<b>Pietrosità:</b> comune (2% circa)
<b>Falda:</b> assente
<b>Erosione:</b> idrica, diffusa, leggera.
<b>Ruscellamento superficiale:</b> moderato
<b>Drenaggio:</b> lento
<b>Profondità utile per le radici:</b> > 100 cm
<b>Classificazione:</b>
Chromic Haploxerert (Soil Survey Staff, 2006);
Grumic Vertisol (Eutric) (IUSS-WRB, 2006)
<b>Descritto da:</b> C. Dazzi nell'Aprile 1998
<b>Data della classificazione:</b> ottobre 2006

## V1

<b>Ap</b>	0-30 cm. Grigio oliva (5Y5/2) argilloso, grigio oliva (5Y4/2) umido; struttura poliedrica angolare e sub-angolare forte, fine e media con self-mulching in superficie; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); radici fini e molto fini; pori fini comuni e molti pori molto fini, effervescenza notevole; 1 percento di scheletro in volume, limite chiaro lineare.
<b>Bss1</b>	30-70 cm. Grigio oliva (5Y5/2) argilloso, grigio oliva (5Y4/2) umido; struttura poliedrica angolare forte, media, grossolana e molto grossolana; comuni facce di scivolamento che non si intersecano, crepacciature presenti; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); radici fini e molto fini; pochi pori molto fini, effervescenza notevole; limite chiaro, ondulado.
<b>Bss2</b>	70-100 cm. Grigio oliva (5Y5/2) argilloso, grigio oliva (5Y4/2) umido; struttura poliedrica angolare, forte, grossolana e molto grossolana e prismatic media; molte facce di scivolamento che non si intersecano, crepacciature presenti; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); poche radici fini e molto fini; pochi pori fini, effervescenza notevole; limite graduale, ondulado.
<b>Bssk</b>	100-140 cm. Grigio oliva (5Y5/2) argilloso, grigio oliva (5Y4/2) umido; struttura poliedrica angolare forte, grossolana e prismatic grossolana da debole a forte; molte ampie facce di scivolamento che non si intersecano; crepacciature presenti; comuni concrezioni di carbonati fini e soffici; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); poche radici molto fini; pochi pori fini, effervescenza notevole; limite graduale, ondulado.
<b>BCss</b>	140-160 cm. Oliva (5Y5/3) argilloso, oliva (5Y4/3) umido; struttura prismatic forte, grossolana e molto grossolana tendente a massiva; molte facce di scivolamento che si intersecano; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico umido; pochi pori fini, effervescenza notevole.

### Caratteristiche del suolo - PEDON V2

**Località:** Azienda Pietranera, S. Stefano Quisquina, Agrigento

**Coordinate (UTM 32):** — 33S UB 6884 5810

**Uso del suolo:** seminativo

**Vegetazione:** grano duro (*Triticum durum*).

**Materiale pedogenetico:** argille marnose.

**Morfologia:** collinare.

**Elemento morfologico:** versante di collina

**Pendenza:** subpianeggiante (3% circa).

**Quota:** 242 m s.l.m.

**Rocciosità:** assente.

**Pietrosità:** comune (4% circa).

**Falda:** assente



<b>Erosione:</b> idrica, diffusa, leggera.
<b>Ruscellamento superficiale:</b> moderato
<b>Drenaggio:</b> lento
<b>Profondità utile per le radici:</b> 140 cm
<b>Classificazione:</b>
Typic Haploxerert (Soil Survey Staff, 2006);
Grumic Vertisol (Pellic) (IUSS-WRB, 2006)
<b>Descritto da:</b> C. Dazzi nell'Aprile 1998
<b>Data della classificazione:</b> ottobre 2006

## V2

<b>Ap</b>	0-25 cm. Nero (5Y2/1) argilloso, nero (5Y2/1) umido; struttura poliedrica angolare e sub-angolare, fine e media con self-mulching in superficie; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); radici fini e molto fini; pori fini comuni e molto fini abbondanti, effervescenza notevole; 4 percento di scheletro in volume, limite chiaro, lineare.
<b>Bss1</b>	25-60 cm. Nero (5Y2/1) argilloso, nero (5Y2/1) umido; struttura poliedrica angolare forte, media e grossolana; comuni facce di scivolamento che non si intersecano, crepacciature presenti; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); radici fini e molto fini; pochi pori molto fini e molti pori fini, effervescenza notevole; 4 percento di scheletro in volume, limite chiaro, ondulado.
<b>Bss2</b>	60-90 cm. Nero (5Y2/1) argilloso, nero (5Y2/1) umido; struttura poliedrica angolare forte, grossolana e molto grossolana; molte ampie facce di scivolamento che non si intersecano, crepacciature presenti; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); poche radici fini e molto fini; pochi pori fini, effervescenza notevole; 5 percento di scheletro in volume, limite graduale, ondulado.
<b>Bss3</b>	100-140 cm. Nero (5Y2/1) argilloso, nero (5Y2/1) umido; struttura prismatica grossolana da debole a forte e poliedrica angolare grossolana forte; molte ampie facce di scivolamento che non si intersecano, crepacciature presenti; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); poche radici molto fini; pochissimi pori fini, effervescenza notevole; limite graduale, ondulado.
<b>Bssk</b>	120-160 cm. Nero (5Y2/1) argilloso, nero (5Y2/1) umido; struttura prismatica grossolana da debole a forte e poliedrica angolare grossolana forte; molte ampie facce di scivolamento che non si intersecano, piccole crepacciature; comuni concrezioni di carbonato fini e soffici; consistenza dura (asciutto), resistente (umido); adesivo e plastico (umido); pochissimi pori fini, effervescenza notevole; limite graduale ondulado.
<b>C</b>	>160 cm. Marna argillosa

## INDICATORI CHIMICI

**TABELLA I.**

**PARAMETRI DESCRITTIVI DALLA SOSTANZA ORGANICA: C ORGANICO TOTALE (TOC); C ORGANICO ESTRAIBILE (TEC); C UMICO E FULVICO ( $C_{HA+FA}$ ); ESTRAIBILITÀ (TEC/TOC); TASSO, GRADO ED INDICE DI UMIFICAZIONE (HR, DH E HI).**

Pedons	TOC (g kg <sup>-1</sup> )	TEC (g kg <sup>-1</sup> )	$C_{(HA+FA)}$ (g kg <sup>-1</sup> )	TEC/TOC	HR (%)	DH (%)	HI
V1							
Ap	11,7	7,9	4,6	0,68	39,3	58,2	0,72
Bss1	9,7	6,2	3,5	0,64	36,1	56,5	0,77
Bss2	7,8	5,3	2,8	0,63	35,9	52,8	0,89
Bssk	7,5	4,7	2,1	0,63	28,0	44,7	1,24
BCss	6,9	5,0	1,9	0,73	27,5	38,0	1,63
V2							
Ap	14,0	8,7	6,0	0,62	42,9	69,0	0,45
Bss1	11,9	7,1	5,0	0,60	42,0	70,4	0,42
Bss2	11,8	6,7	5,6	0,57	47,5	83,6	0,20
Bss3	10,2	5,6	5,1	0,55	50,0	91,1	0,10
Bssk	8,6	4,3	3,9	0,50	45,3	90,7	0,10
C	3,2	1,8	1,8	0,56	56,3	100	0

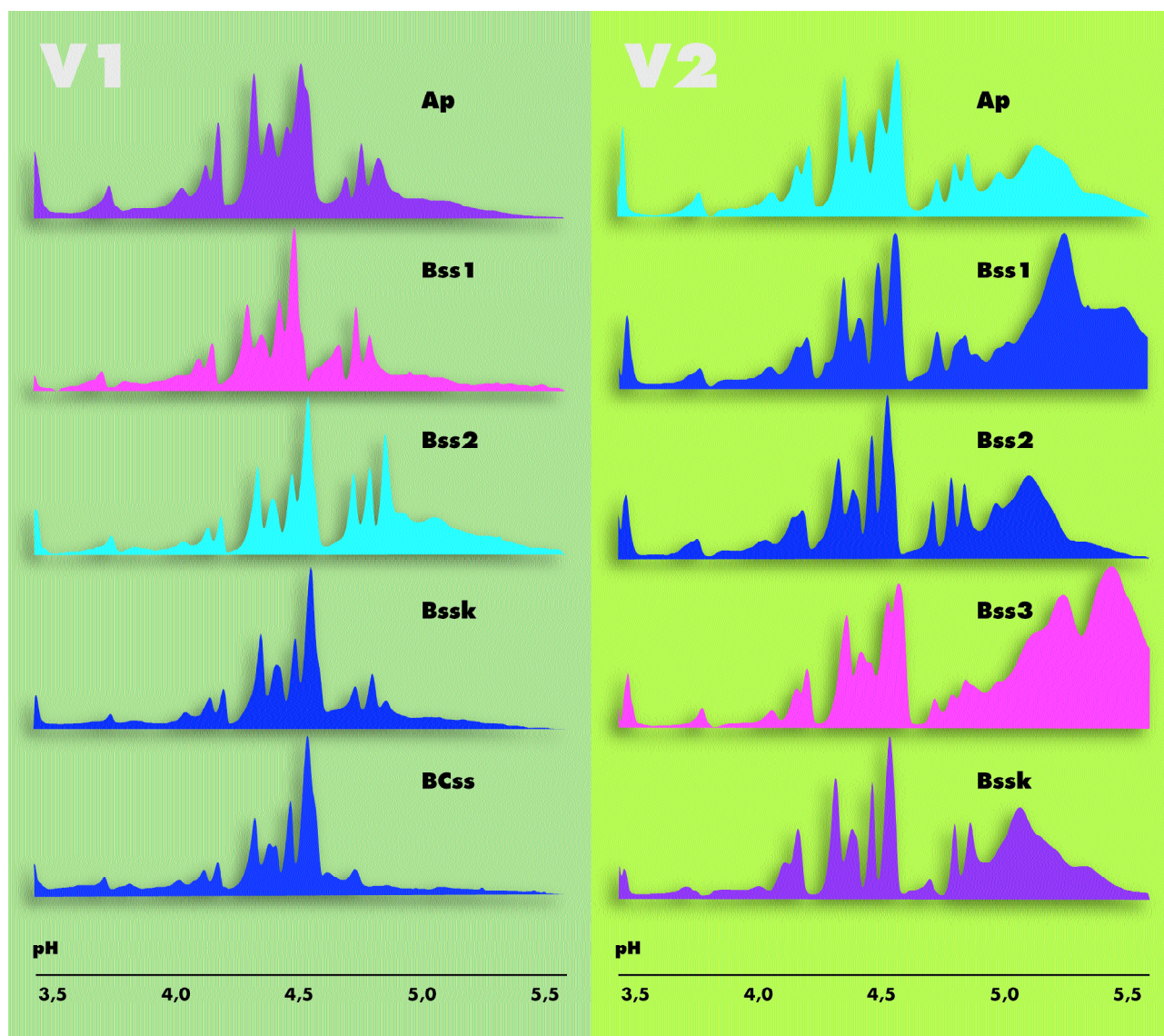
In entrambi i pedons la concentrazione del carbonio organico nelle tre forme (totale, estraibile ed umificato) segue una distribuzione decrescente lungo il profilo. In V2 i valori sono leggermente più alti che in V1, ma in quest'ultimo la sostanza organica risulta maggiormente estraibile, come evidenziato dal rapporto TEC/TOC. Alla maggiore quantità di sostanza organica in V2 ed alla sua più forte interazione con la componente minerale (minore estraibilità) si accompagna un maggiore livello di umificazione della sostanza organica, come evidenziato dai parametri HR e DH, crescenti con la profondità lungo il profilo e dai valori piuttosto bassi dell'indice HI (rapporto tra frazione organica non umificata e quella umificata). Questi risultati indicano un accumulo di composti umificati negli orizzonti più profondi, mentre è opposto l'andamento in V1, dove il livello di umificazione decresce lungo il profilo. Il confronto tra i valori HI nei due profili evidenzia inoltre in V1 la presenza di una maggiore quantità di sostanza organica labile, ovvero non umificata: ciò è stato posto in relazione con la migliore struttura riscontrata nell'orizzonte Bss1 di V1, in accordo con McGarry (1996).

La diversa "qualità" della sostanza organica associata ai due Vertisuoli considerati, date le medesime condizioni climatiche e pratiche agricole cui sono soggetti, suggerisce che nei due profili esista un diverso turnover della sostanza organica dovuto alla microtopografia dei siti (morfologia inclinata in V1 e subpianeggiante in V2), che nei suoli investigati determina una diversa dinamica dell'acqua.

## APPROFONDIMENTI

**FIGURA 2.**

**PROFILI DI FOCALIZZAZIONE ISOELETTICA DELLE SOSTANZE UMICHE ESTRATTE LUNGO IL PROFILO.**

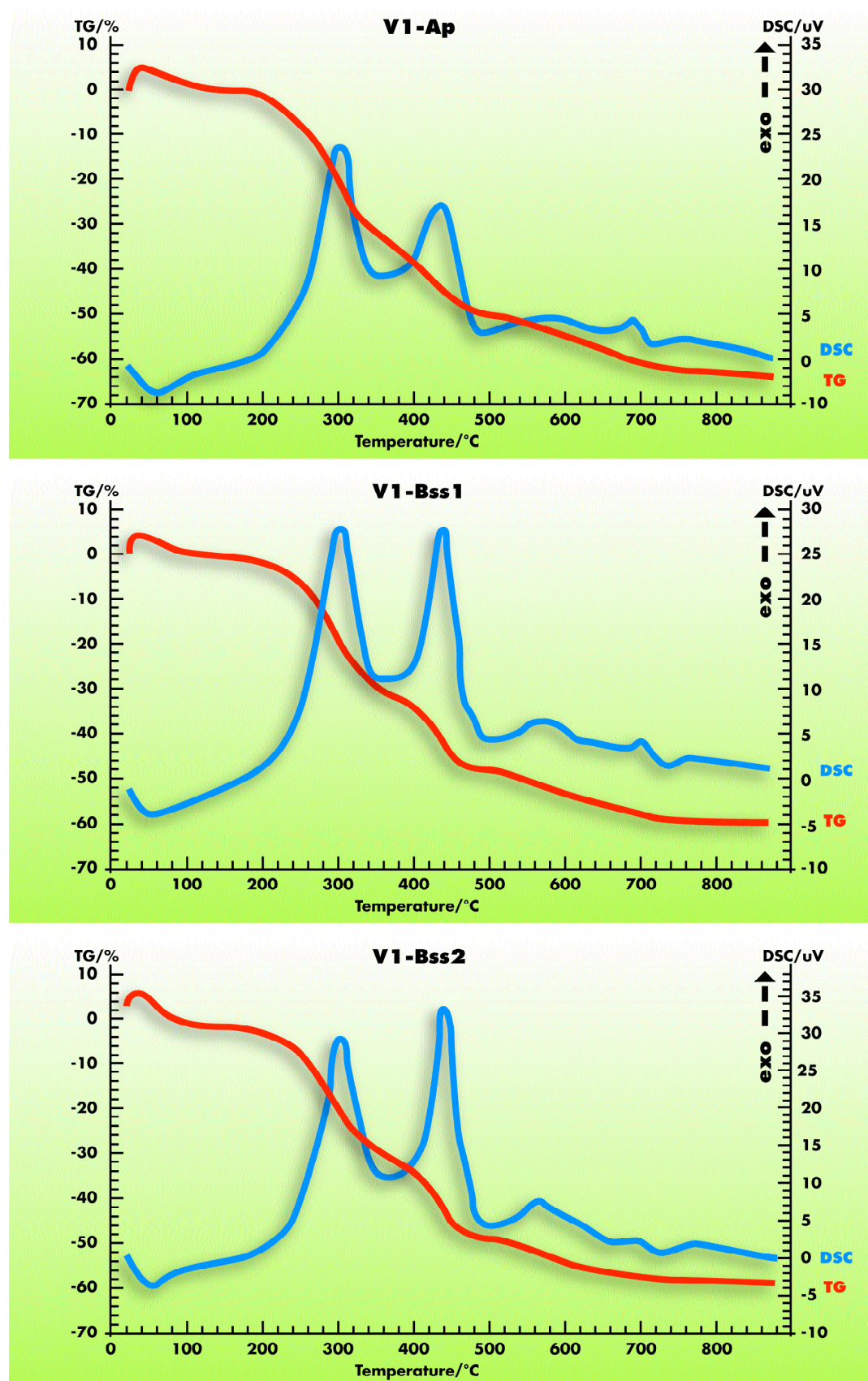


Le informazioni ottenute dai profili di focalizzazione isoelettrica, ottenuti sugli estratti umici e fulvici, permettono di definire il livello di stabilità delle frazioni umificate in termini di reattività chimica. Infatti, benchè generalmente gli acidi umici focalizzano nella regione di pH acido, le frazioni umiche più stabili (generalmente caratterizzate da pesi molecolari e punti isoelettrici più elevati) focalizzano a valori di pH più elevati (De Nobili et al., 1990). Sulla base di questo chimismo, le sostanze umiche dei due Vertisuoli in esame mostrano un comportamento chimico differenziato, specie nell'intervallo di pH compreso tra 4,7-5,5, diagnostico per le frazioni più stabilizzate. In particolare, le sostanze umiche di V2 presentano una struttura più policondensata, che può essere messa in relazione con un maggiore livello di stabilizzazione della S.O. nel suolo, mentre in V1 le sostanze umiche risultano più ricche in strutture fenoliche ed alifatiche, in accordo con i parametri dell'umificazione e con gli indici di stabilità termica.



FIGURA 3A.

TERMOGRAMMI DI CALORIMETRIA A SCANSIONE DIFFERENZIALE (DSC) E TERMOGRAVIMETRIA (TG) DELLE SOSTANZE UMICHE ESTRATTE LUNGO IL PROFILO V1.





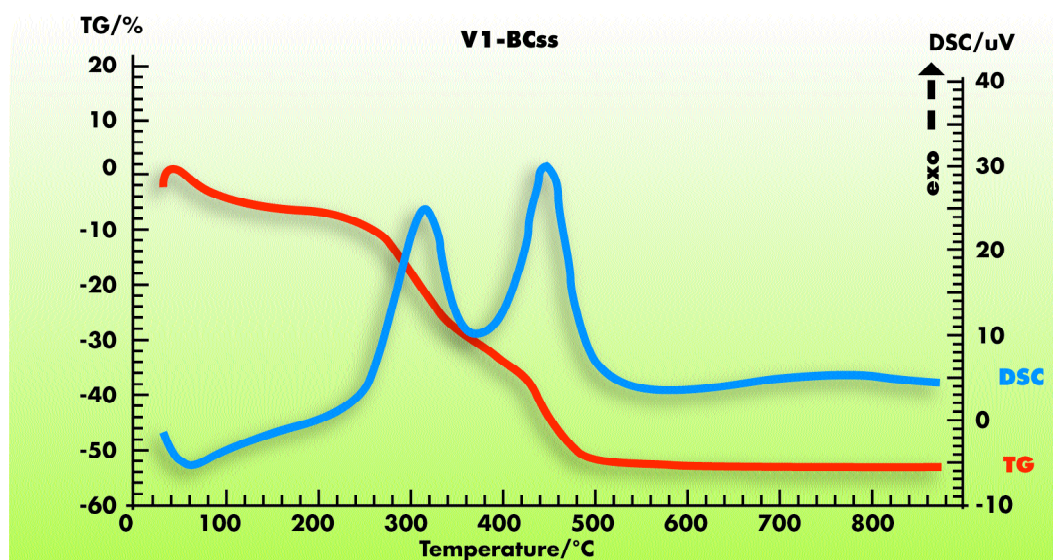
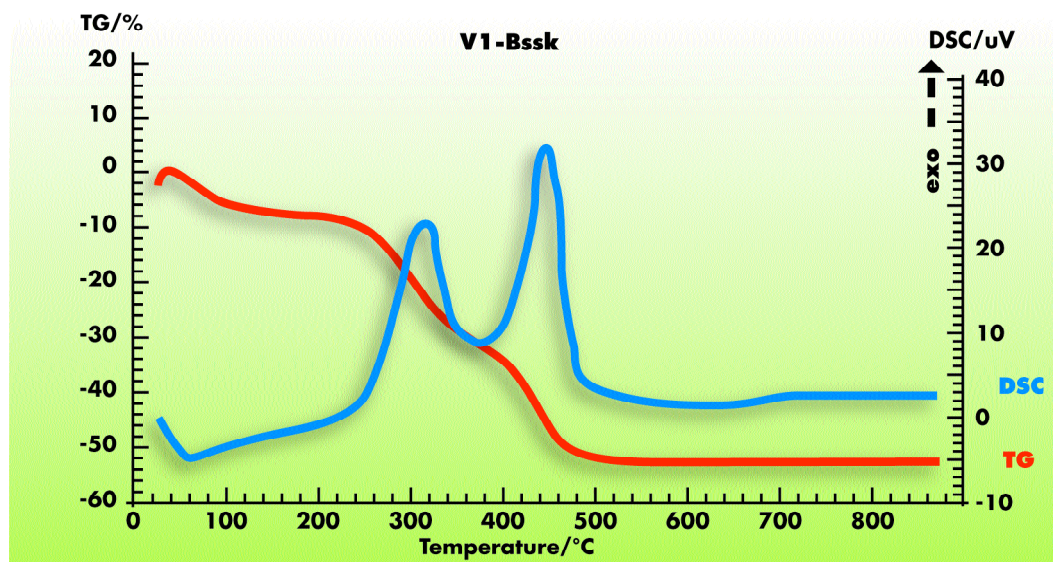
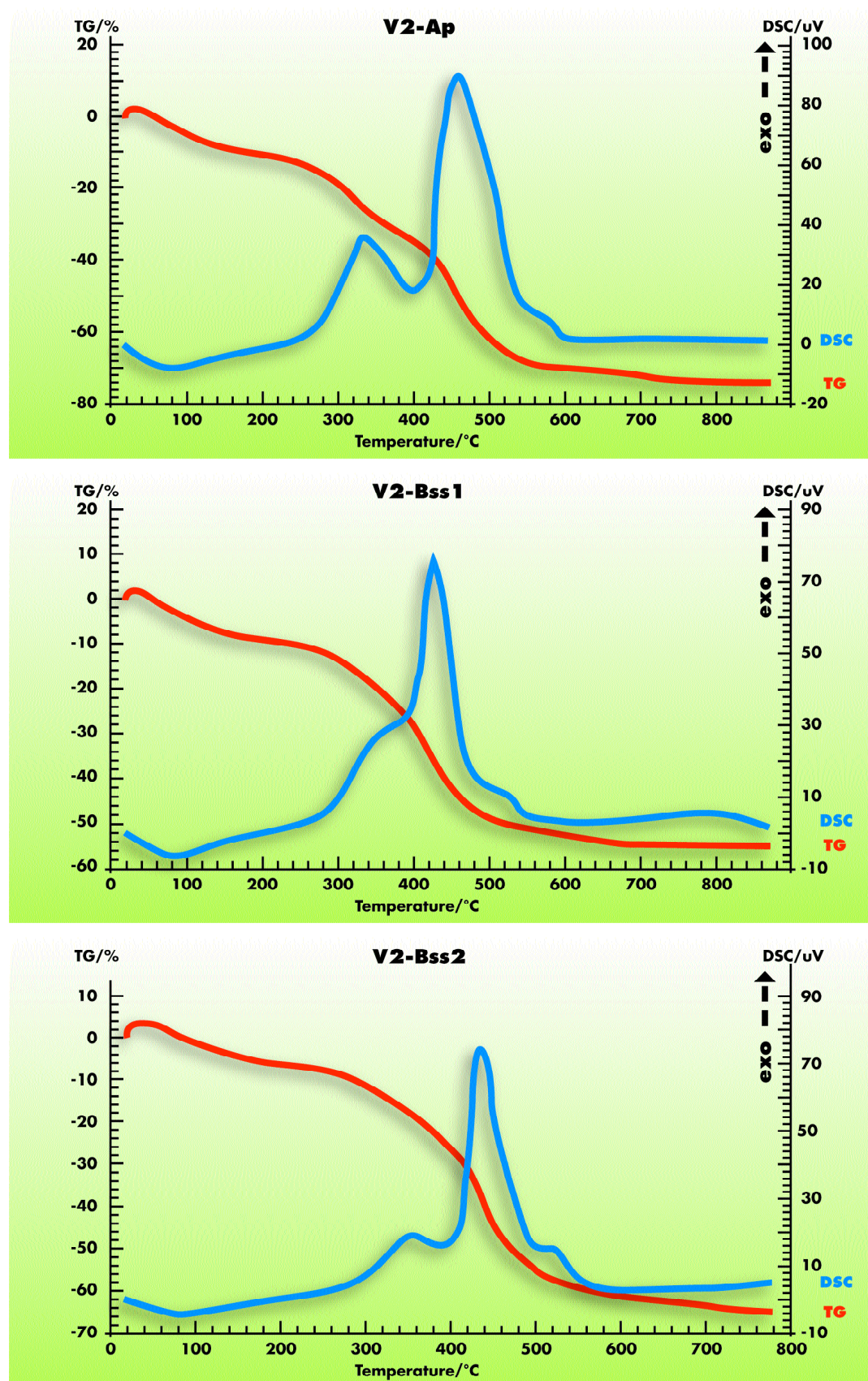
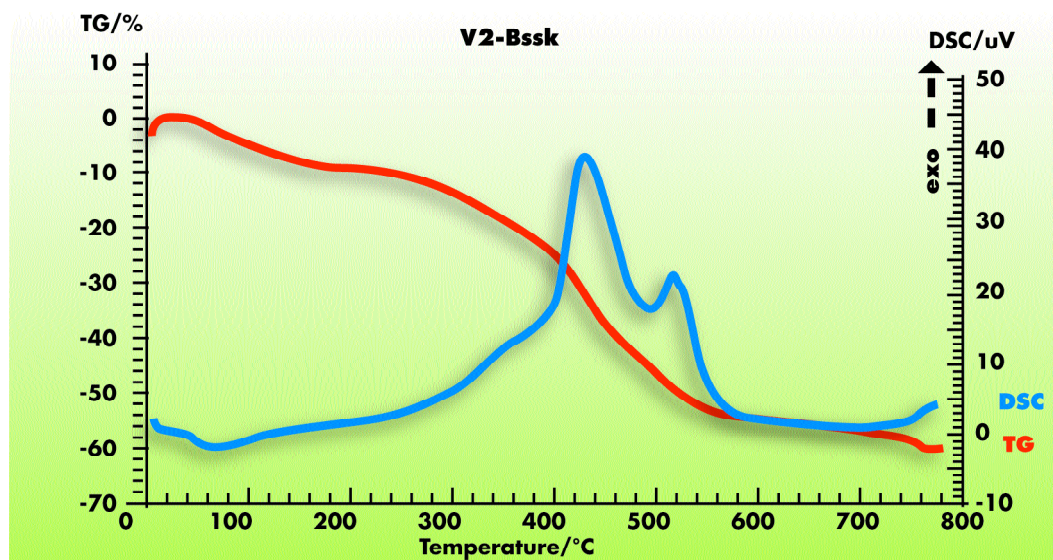
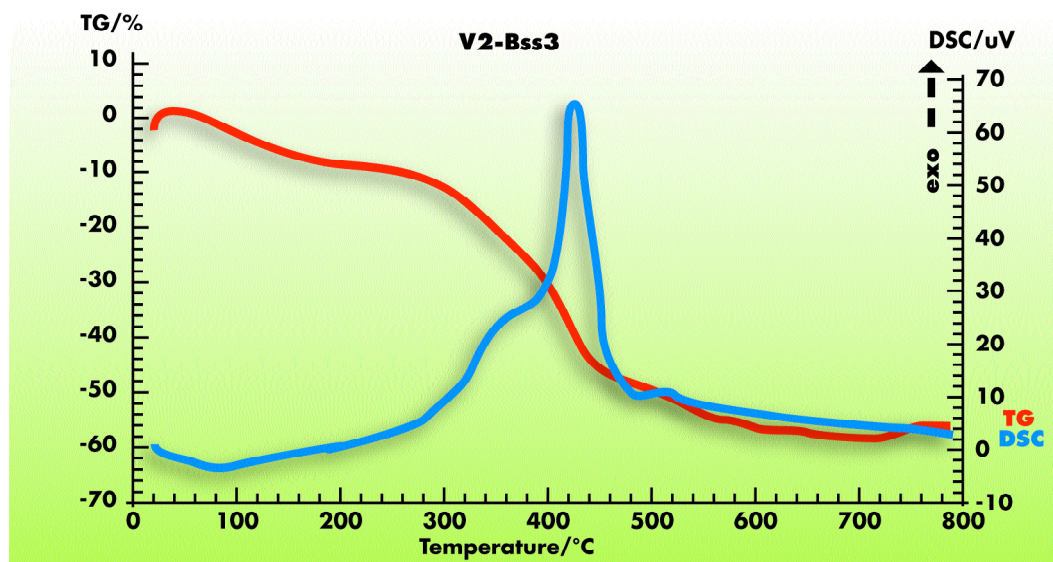


FIGURA 3B.

TERMOGRAMMI DI CALORIMETRIA A SCANSIONE DIFFERENZIALE (DSC) E TERMOGRAVIMETRIA (TG) DELLE SOSTANZE UMICHE ESTRATTE LUNGO IL PROFILO V2.









**TABELLA II.**
**INDICI DI STABILITÀ TERMICA DELLA FRAZIONE UMICA + FULVICA (HA+FA):**
**TEMPERATURE DI PICCO  $T_p$  (°C), PERDITE DI PESO (%) RELATIVE ALLE SOMMA DELLE FRAZIONI ORGANICHE COINVOLTE NELLE REAZIONI ESOTERMICHE (ESOTOT), PERCENTUALE RELATIVA DELLA FRAZIONE PIÙ TERMOLABILE RISPETTO AL TOTALE (ESO1\*100/EXOTOT).**

HA + FA dal pedon	temp.picco (°C) 1ªendoterma	temp.picco (°C) 1ªesoterma	temp.picco (°C) 2ªesoterma	temp.picco (°C) 3ªesoterma	Esotot (%)	residuo a 800°C (%)	Eso1*100/ Esotot (%)
V1							
Ap	58,4	302,7	435,8	568,5	58,7	36,0	58,0
Bss1	56,6	301,4	437,1	569,7	55,3	45,1	53,1
Bss2	54,6	302,5	438,9	567,5	52,5	40,6	54,5
Bssk	62,5	314,1	447,8	-	46,6	47,8	51,5
BCss	61,1	314,8	448,0	-	47,9	47,3	50,5
V2							
Ap	80,9	337,2	458,7	s.	59,7	26,1	40,2
Bss1	75,3	s.	426,5	s.	42,8	45,4	36,1
Bss2	77,0	353,5	433,4	507,2	55,0	35,2	32,7
Bss3	76,9	s.	423,9	510,6	45,8	42,6	35,7
Bssk	77,5	s.	436,2	521,9	46,2	41,0	26,8
C	64,5	387,9	-	-	21,3	72,3	100

s.= spalla

Dai termogrammi di Calorimetria a Scansione Differenziale (DSC) si ricavano tipo, numero e intervallo di temperatura delle reazioni indotte termicamente. Con la Termogravimetria e Termogravimetria Derivativa (TGA/DTG) si ottengono dati di perdite di peso relative alle reazioni di decomposizione indotte termicamente ed i corrispondenti intervalli di temperatura (Dell'Abate, 1995).

All'analisi DSC e TG/DTG le sostanze umiche estratte da V2 presentano una struttura più complessa, caratterizzata da una notevole stabilità termica, come evidenziato dalle più elevate temperature di picco della 1ª e della 2ª esoterma DSC. Le sostanze umiche estratte da V1, al contrario, rivelano la presenza di una consistente quantità della frazione termicamente più labile (1ª esoterma di intensità comparabile alla 2ª). Lungo il profilo di V1 le sostanze umiche mostrano complessità chimico-strutturale crescente, probabilmente dovuta ad accumulo in profondità di frazioni umificate più stabili, come è evidenziato dalla crescente intensità del secondo picco esotermico sulla curva DSC; lungo il profilo V2, invece, la cinetica di ossidazione termica delle sostanze umiche è caratterizzata in ciascun orizzonte dal prevalere in intensità della seconda esoterma.

L'indice di stabilità termica Eso1/Esotot (%), ovvero la percentuale della frazione più termolabile rispetto al totale, consente di quantificare le frazioni coinvolte nelle reazioni di ossidazione termicamente indotte: i valori ottenuti indicano chiaramente nelle sostanze umiche di V1 una maggiore quantità di frazioni organiche termicamente più labili rispetto a quanto riscontrato in V2.

## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI CITATI

- Dazzi C., Raimondi S. 1986. *I Vertisuoli della Sicilia. Nota II: I Vertisuoli dell'Azienda Pietranera (AG)*. Quaderni di Agronomia, Palermo, n°11: 67-102.
- De Nobili M., Bragato G., Alcaniz J.M., Puigbo A., Comellas L. 1990. *Characterisation of electrophoretic fractions of humic substances with different electrofocusing behaviour*. Soil Sci. 150: 763-770.
- Dell'Abate M. T. 1995. *Caratterizzazione della Sostanza Organica del Suolo mediante Tecniche di Termoanalisi*. Atti Convegno P.A.N.D.A. Tecnologie Chimiche Avanzate per l'Agricoltura, Roma, 10-11 aprile, pp. 83-92.
- Dell'Abate M. T., Benedetti A., Trinchera A., Dazzi C. 2002. *Humic substances along the profile of two Typic Haploxerert*. Geoderma 107: 281-296.
- IUSS Working Group Wrb 2006, *World reference base for soil resources 2006*, 2<sup>nd</sup> edition, World Soil Resources Report n°103, FAO, Rome.
- Soil Survey Staff 2006, *Keys to Soil Taxonomy*, 10<sup>th</sup> edition. USDA-NRCS.
- McGarry D. 1996. *The structure and grain size distribution of Vertisols*. In: Ahmad N. and Mermut A. (Eds.), *Vertisols and technologies for their management*. Developments in Soil Science 24, Elsevier, Amsterdam, pp.231-259.

## Studio condotto da

M.T. Dell'Abate, A. Benedetti, A. Trinchera e C. Dazzi

## Realizzazione della scheda a cura di

M.T. Dell'Abate.

## INDICATORI BIOLOGICI

Caratteristica dei Vertisuoli è una certa omogeneità nella composizione e nelle proprietà lungo il profilo, per effetto del processo pedogenetico tipico di questi suoli (argillopedoturbazione). Mentre in genere l'attività della biomassa microbica è trascurabile negli strati più profondi del suolo, a causa dell'ambiente sfavorevole al metabolismo microbico, nei Vertisuoli il suo studio può essere di un certo interesse proprio in relazione a tale pedoturbazione.

Nei due pedons esaminati il contenuto di biomassa microbica è più elevato negli orizzonti Ap e rappresenta una buona quota del carbonio organico totale (Bc/TOC), specie per il pedon V1, dove però decresce più rapidamente lungo il profilo. Infatti, mentre in V1 si osserva una drastica riduzione in corrispondenza dell'orizzonte Bss2, in V2 il decremento è più graduale. I valori del quoziente metabolico ( $qCO_2$ ) sono mediamente confrontabili e leggermente più elevati negli orizzonti sottostanti, come atteso.

Pedons	Bc (mg g <sup>-1</sup> )	Bc/TOC (%)	$qCO_2$ (mg CO <sub>2</sub> -C mg <sup>-1</sup> C <sub>mic</sub> h <sup>-1</sup> )
V1			
Ap	363,7	3,11	0,0008
Bss1	172,1	1,77	0,0008
Bss2	58,8	0,75	0,0016
V2			
Ap	331,6	2,37	0,0011
Bss1	228,3	1,92	0,0008
Bss2	124,1	1,05	0,0014

**TABELLA III.**  
VALORI DI BIOMASSA  
MICROBICA, QUOZIENTE C-  
BIOMASSA / CARBONIO  
ORGANICO TOTALE E  
RESPIRAZIONE SPECIFICA  
( $qCO_2$ ).

Se consideriamo le curve di mineralizzazione del carbonio riportate in Fig. 4 (respirazione giornaliera e cumulativa), si può notare che l'attività microbica è più intensa in entrambi gli orizzonti Ap, in accordo con la dimensione del pool microbico (Bc). Lungo il profilo V1 si osserva una consistente riduzione dell'attività respirometrica a partire dall'orizzonte Bss2, in corrispondenza del ridotto contenuto di biomassa microbica. Nel profilo V2, invece, la riduzione della respirazione microbica è più graduale, con valori di respirazione cumulativa dell'ordine di circa 200 ppm di carbonio a 160 cm di profondità (orizzonte Bssk). L'elaborazione dei dati respirometrici secondo una cinetica del primo ordine [ $C_m = C_0 (1 - e^{-kt})$ ] consente di ottenere informazioni circa la quantità di carbonio potenzialmente mineralizzabile ( $C_0$ ) e la costante di velocità ( $k$ ); tali dati vengono riportati in Tabella IV insieme ai valori di  $R^2$ , ovvero del grado di fitting dei dati sperimentali con il modello teorico. Si può osservare che nel profilo V1 il metabolismo microbico è più veloce negli orizzonti più profondi, pur in presenza di una minore dimensione del pool microbico: il metabolismo microbico, pur in una possibile condizione di stress, sembra in questo caso sostenuto da una elevata presenza di sostanza organica facilmente mineralizzabile (quota non umificata, tabella I indicatori chimici). Nel profilo V2, come già evidenziato dai valori di respirazione cumulativa e potenziale, i valori di  $k$  si presentano più omogenei negli orizzonti da Bss2 ad Bssk, dove la comunità microbica sostiene un'attività metabolica pur in presenza di una bassa quota di materiale organico labile o non umificato (si rimanda alla tab. I, indicatori chimici).

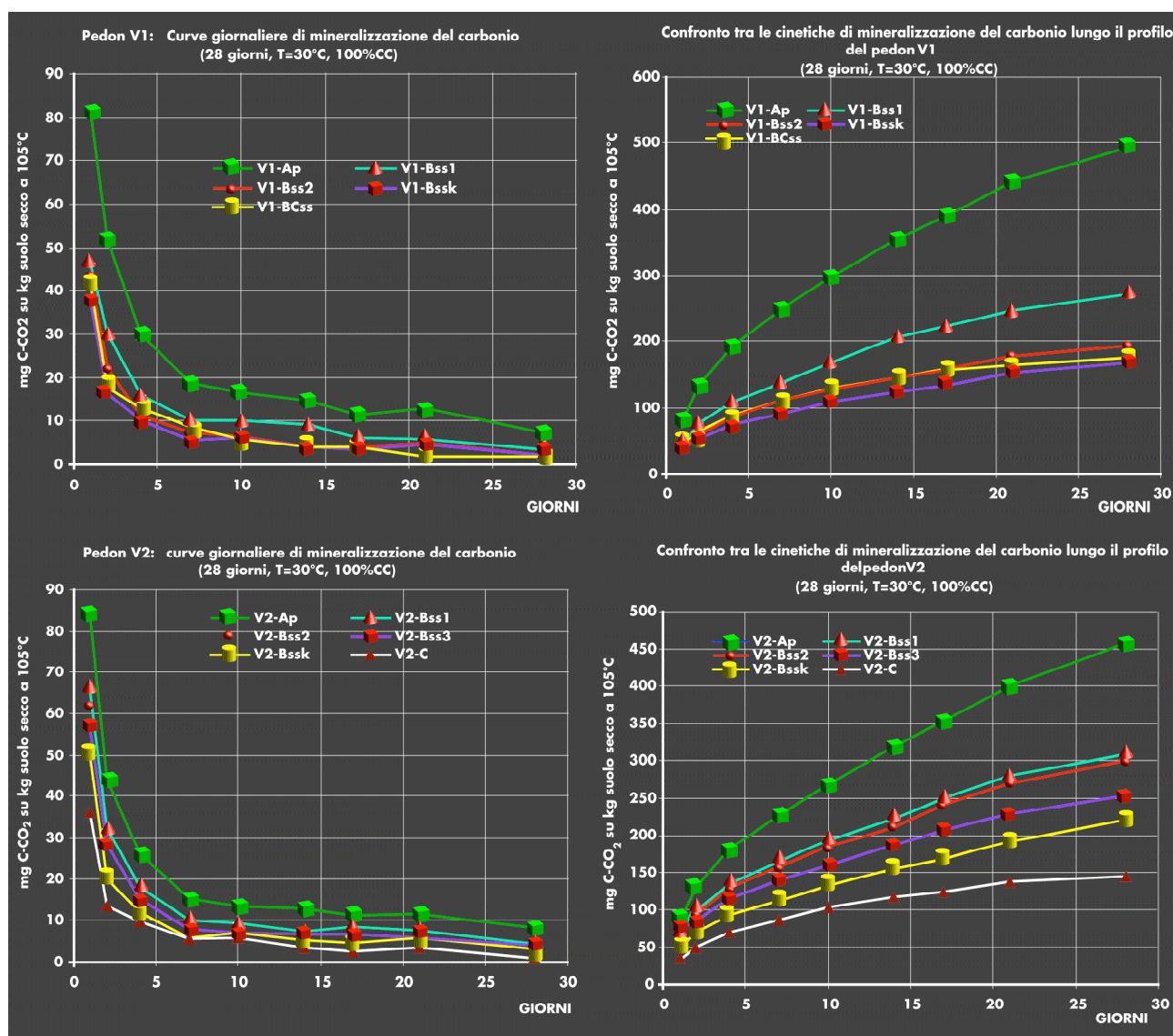


	$C_0$	k	$R^2$
V1			
Ap	495,1	0,103	0,97
Bss1	271,9	0,109	0,97
Bss2	180,4	0,146	0,93
Bssk	160,3	0,130	0,93
BCss	168,2	0,169	0,96
V2			
Ap	451,5	0,102	0,94
Bss1	294,9	0,125	0,93
Bss2	287,2	0,120	0,92
Bss3	235,8	0,140	0,92
Bssk	205,6	0,121	0,90
C	137,0	0,161	0,94

**TABELLA IV.**  
**VALORI DI CARBONIO**  
**POTENZIALMENTE**  
**MINERALIZZABILE ( $C_0$ ),**  
**COSTANTE DI VELOCITÀ (K) E**  
**QUALITÀ DEL FITTING DEI DATI**  
**SPERIMENTALI ( $R^2$ ) AL**  
**MODELLO TEORICO DI CINETICA**  
**DEL PRIMO ORDINE**  
**[ $C_m = C_0 (1 - e^{-kt})$ ]**

**FIGURA 4.**

**CURVE DI RESPIRAZIONE GIORNALIERA E CUMULATIVA PER I DIVERSI ORIZZONTI DEI DUE PEDON.**



**Studio condotto da**

M.T. Dell'Abate, F. Pinzari, A. Benedetti e C. Dazzi

**Realizzazione della scheda a cura di**

M.T. Dell'Abate.

**CONCLUSIONI**

**Indicatori chimici.** Nel confronto tra i due profili di Vertisuoli non è il contenuto di sostanza organica la discriminante tra i due pedon, ma la sua “qualità”, intesa in termini di formazione di materiale umificato. La diversa evoluzione della sostanza organica nei due profili ha determinato non solo un diverso livello di umificazione, ma ha influito sulla struttura e composizione delle sostanze umiche (HA+FA).

In questo caso, i parametri dell'umificazione sono risultati utili indicatori del diverso bilancio tra frazioni labili e stabili nel suolo, inoltre la stessa frazione umificata è risultata portatrice di informazioni sul diverso livello di stabilizzazione della sostanza organica nel suolo, conseguente al differente turnover instauratosi. I risultati della caratterizzazione delle sostanze umiche lungo i due profili, infatti, hanno fornito indicazioni utili ad ipotizzare la possibilità di usare proprio le sostanze umiche quali indicatori di quegli aspetti della qualità del suolo relativi alla degradazione della sostanza organica in funzione della morfologia, dell'uso e della gestione dei suoli.

**Indicatori biologici.** Gli indicatori studiati hanno evidenziato che la comunità microbica lungo il profilo continua ad essere attiva anche negli orizzonti più profondi. Ciò da un lato è in accordo con il processo pedogenetico che caratterizza i Vertisuoli e dall'altro dimostra la sensibilità degli indicatori stessi a rilevare variazioni anche di modesta entità. Negli orizzonti più profondi, infatti, la comunità microbica continua ad essere attiva, pur mostrando una minore efficienza nell'utilizzazione del substrato (rilevata dai valori più elevati del quoziente metabolico) sia in presenza di una buona quota di carbonio organico labile o non umificato, come nel profilo VI, che attingendo alle frazioni organiche più stabili, come in V2.