Rendiconti
Accademia Nazionale delle Scienze detta dei XL
Memorie di Scienze Fisiche e Naturali
118° (2000), Vol. XXIV, pp. 341-349

CIRO GARDI * - VITTORIO PARISI **

Confronto tra bioindicatori e parametri chimico-fisici nella valutazione della qualità di suoli soggetti a diverse forme d'uso ***

Introduzione

Il mantenimento di un livello elevato di qualità ambientale nell'ambito degli agroecosistemi implica l'adozione di modelli di agricoltura sostenibile tesi a preservare le risorse non rinnovabili utilizzate nel processo. In quest'ottica la filosofia della conservazione del suolo deve contemplare non solo un mantenimento fisico del substrato delle produzioni agrarie, ma anche il perseguimento di un livello elevato di "qualità" del suolo.

La qualità del suolo può essere definita come la funzionalità di un suolo nell'ambito del proprio ambiente, come la capacità di sostenere la produttività vegetale e animale, di mantenere o migliorare la qualità dell'acqua e dell'aria, di garantire la salute umana. È importante quindi che il concetto di "qualità del suolo" sia contestualizzato nell'ambito di condizioni ambientali ben definite; ad esempio nell'ambito di un ecosistema naturale il significato di qualità del suolo deve essere indicativo delle caratteristiche specifiche di tale ecosistema (condizioni pedoclimatiche), senza fare riferimento ad un concetto universale di "integrità del suolo" (Pinzari *et al.*, 1998).

La qualità del suolo può essere valutata utilizzando numerosi "indicatori"; il tipo di indicatori da adottare andranno scelti sulla base delle funzioni indagate e della scala d'indagine. Esistono tuttavia indicatori della qualità del suolo la cui importanza è pressoché universalmente accettata.

* Dipartimento di Scienza Ambientali, Università di Parma.
** Museo di Storia Naturale, Università di Parma.
*** Relazione presentata al Convegno su "Indicatori per la qualità del suolo: prospettive ed applicabilità", Roma, 29 marzo 2000.

Il contenuto in carbonio organico del suolo, a motivo della sua influenza su un numero elevato di caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche del suolo, rappresenta uno dei più importanti indicatori della qualità del suolo (Carter *et al.*, 1998; Unger, 1997; Lal *et al.*, 1997; Reves, 1997). La stabilità degli aggregati, anch'essa influenzata dal contenuto in carbonio organico, è considerata tra i più importanti indicatori fisici della qualità del suolo (Anderson *et al.*, 1997; Campbell *et al.*, 1998; Unger, 1997; Maddonni *et al.*, 1999); un elevato indice di stabilità degli aggregati conferisce al suolo una minore erodibilità e più in generale una più elevata resistenza ad azioni di disturbo meccanico.

A tali indicatori chimico-fisici e a quelli microbiologici si vanno aggiungendo metodi basati sulla valutazione della microfauna e mesofauna edafica. Alcuni di questi bioindicatori sono basati sulla valutazione complessiva dei microartropodi (Parisi, in stampa), mentre altri prevedono la valutazione dei singoli taxa (Parisi, in stampa; Paoletti e Hassal, 1999; Paoletti, 1999). Il limite all'uso di tali indici deriva dalla difficoltà di classificazione di tali organismi che, spesso, richiedono il lavoro di specialisti. L'introduzione di indici ecomorfologici semplificati, che non richiedono la classificazione degli organismi a livello di specie, consente una più ampia utilizzazione di tali metodologie.

Nell'ambito del presente lavoro vengono confrontati due indici chimico-fisici (C organico, stabilità degli aggregati) a due bioindicatori sintetici (QBS-ar, QBS-c; Parisi, in stampa) basati rispettivamente sulla valutazione complessiva dei microartropodi e su quella dei collemboli.

Materiali e metodi

Area di studio

L'area di studio si estende per circa 170 ettari ed è situata a Nord-Est di Modena, in corrispondenza dei toponimi Tagliati, Torrazzi e Balugola. L'ambiente è costituito in gran parte da terreni agricoli, situati ad una altitudine media di 28 m s.l.m.

I suoli dell'area si sono sviluppati su depositi alluvionali recenti, riferibili ad un periodo deposizionale compreso tra il medioevo e l'età moderna. La cartografia geomorfologica allegata alla carta dei suoli della pianura modenese classifica tali depositi nell'ambito delle alluvioni del reticolo idrografico minore.

Le principali forme di utilizzazione del suolo all'interno dell'area di studio sono legate all'attività agricola e zootecnica (in particolare zootecnia bovina da latte). I prati, permanenti o avvicendati (medicai), costituiscono una cospicua porzione del territorio; sono presenti inoltre colture di mais e colture annuali (cereali e sarchiate).

I dati climatici (stazione di Modena dell'Osservatorio Geofisico dell'Università), indicano una temperatura media del periodo 1860-1997 pari a 13,3 °C ed una temperatura media del trentennio 1967-1997 pari a 13,7 °C; le precipitazioni medie nel periodo 1830-1997 sono state pari a 660 mm/anno e quelle medie trentennali (1967-1997) pari a 594 mm/anno.

Storia agronomica di alcune aree oggetto dei rilievi

I rilievi sono stati effettuati nell'ambito di cinque unità colturali differenziate per tipologia di uso del suolo, coltura e storia agronomica, denominate:

— Botti, prato stabile irriguo.
— Galli, prato stabile non più irrigato da una decina di anni.
— Balugola, prato stabile attualmente non irrigato.
— Troni, seminativo avvicendato con coltura di barbabietola durante il 1999.
— Medica, medicaio.

Quattro di queste unità ricadono all'interno dell'area di studio, mentre una (Balugola) si trova ad una distanza di un paio di chilometri dalla stessa, in direzione Nord-Ovest (S. Clemente).

Allo scopo di poter meglio interpretare i risultati delle analisi e poter evidenziare dei processi collegati alle diverse dinamiche dell'uso del suolo, è stato necessario ricostruire la storia agronomica delle unità colturali oggetto di studio. Tale ricostruzione è avvenuta mediante colloqui con i proprietari di tali fondi, che in molti sono in possesso della medesima famiglia da numerose generazioni; naturalmente le ricostruzioni storiche non hanno la pretesa di evidenziare variazioni nell'uso del suolo con la precisione dell'anno.

Balugola: questo prato stabile è stato inserito nella sperimentazione a motivo della sua antica origine, che secondo fonti documentarie in possesso del proprietario (Magnoni) risalirebbe al 1736. Tale prato è stato gestito secondo il metodo tradizionale, con irrigazioni per scorrimento, fino ad alcuni anni or sono, mentre attualmente è in coltura asciutta.

Botti: si tratta di un prato stabile la cui origine sarebbe da far risalire a circa 200 anni or sono, con la peculiarità di essere tuttora gestito secondo il sistema tradizionale che prevede 3 interventi irrigui per scorrimento durante la stagione estiva. Da alcuni anni le acque utilizzate per l'irrigazione provengono da un canale nel quale defluiscono le acque del depuratore di Modena.

Galli: le caratteristiche sono identiche all'unità colturale "Botti", tranne che per l'irrigazione, che in tale prato è sospesa da una ventina di anni.

Troni: si tratta di un ex prato stabile, della stessa origine del "Botti" e "Prato asciutto", convertito in seminativo avvicendato 20 anni or sono.

Medica: è un seminativo in avvicendamento, investito a medica da 2 anni. In precedenza (trenta anni or sono) tale unità colturale era investita a vite.

Campionamento dei suoli

Il prelievo dei campioni destinati alle analisi chimico-fisiche è avvenuto utilizzando una trivella a mano, mentre per la raccolta della mesofauna sono stati rac-

colti campioni superficiali indisturbati di suolo (0-10 cm), per un peso complessivo di 2 kg circa.

Lo schema di raccolta dei campioni destinati alle analisi chimico-fisiche prevedeva la raccolta di tre campioni compositi (3 sub-campioni) per ogni sito considerato e per ogni profondità; le profondità adottate sono state le seguenti: 0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm, 40-50 cm, 50-60 cm, 60-80 cm.

Analisi

I campioni di suolo destinati alle analisi chimico-fisiche sono stati preparati ed analizzati secondo i metodi ufficiali di analisi (G.U. n. 204/97, G.U. n. 248/99). La determinazione della stabilità degli aggregati è avvenuta utilizzando il "metodo a determinazione unica con depurazione dalla sabbia ed oscillazione verticale" (Cavazza, 1981).

L'estrazione di campioni di mesofauna è avvenuta mediante selettore di Berlese, secondo una procedura standard; gli animali sono stati classificati al binoculare e, per quanto concerne i Collemboli, si è proceduto al rilevamento dei caratteri per determinare l'EMI (indice ecomorfologico). I valori di EMI relativi sia ai Microartropodi, sia ai Collemboli sono stati utilizzati per il calcolo del QBS (qualità biologica del suolo), secondo il metodo messo a punto presso il Museo di Storia Naturale dell'Università di Parma (Parisi, in stampa).

Risultati e discussione

La classificazione dei suoli ricadenti nell'area di studio è avvenuta sulla base dello studio a scala 1:50.000 realizzato dalla regione Emilia-Romagna (R.E.R., 1993) e perfezionata sulla base dei rilievi eseguiti. I suoli dell'area, secondo la Soil Taxonomy, sono classificabili come Fluventic Ustochrepts fine, mixed, mesic.

I risultati delle analisi chimico-fisiche volti alla caratterizzazione dei campioni sono riportati in tab. 1. L'analisi granulometrica ha evidenziato una certa omogeneità tra i suoli considerati, che sono risultati appartenere alle classi tessiturali argillosa e argillosa-limosa. La variabilità del contenuto in $CaCO_3$ tra i suoli delle diverse unità è piuttosto limitata, con l'eccezione dell'unità "Galli" che presenta contenuti in calcare notevolmente inferiori; questo dato potrebbe essere giustificato da una diversa storia agronomica di tale appezzamento. I profili del calcare presentano un andamento crescente con la profondità, in modo abbastanza regolare, nell'ambito dei prati stabili; tale andamento, particolarmente evidente nell'unità Balugola, è determinato dalla progressione dei processi di lisciviazione, non alterata dall'esecuzione delle lavorazioni del terreno. I valori di pH evidenziano, nel caso dei prati stabili, l'assenza dell'azione di omogeneizzazione dell'orizzonte colturale operata dalle lavorazioni del terreno; i profili di pH di tali suoli infatti presentano valori progressivamente crescenti con la profondità. La reazione dei suoli dei prati

Tab. 1. *Parametri chimico-fisici dei suoli analizzati* (il dato indicato rappresenta la media di tre valori).

Parametro	*Profondità (cm)*	*Balugola*	*Botti*	*Galli*	*Troni*	*Medica*
Famiglia tessiturale	0-10	A	A	A	AL	AL
Sabbia	0-10	3.70	4.90	3.50	4.8	2.2
Limo	0-10	39.40	37.70	34.40	41.5	42.2
Argilla	0-10	56.90	57.40	62.10	53.7	55.6
Carbonio organico (g g^{-3})	0-10	62.59	74.09	69.64	23.87	19.04
	10-20	43.73	48.94	46.54	24.49	18.89
	20-30	35.19	30.30	41.88	25.88	20.21
	30-40	26.92	17.08	32.11	26.84	19.86
	40-50	18.26	12.54	16.75	21.91	19.06
	50-60	13.77	10.64	13.02	21.68	15.06
	60-80	9.19	8.77	16.45	16.50	10.08
pH	0-10	7.32	7.13	7.22	7.83	7.73
	10-20	7.38	7.26	7.46	7.79	7.77
	20-30	7.42	7.48	7.57	7.78	7.87
	30-40	7.62	4.64	7.68	7.78	7.83
	40-50	7.84	7.73	7.78	7.77	7.93
	50-60	7.95	7.80	7.58	7.75	7.94
	60-80	8.15	7.90	7.58	7.85	8.01
Calcare totale (%)	0-10	9.97	12.46	5.48	16.95	9.97
	10-20	11.96	14.96	7.98	12.96	9.97
	20-30	13.96	15.45	7.48	11.96	10.97
	30-40	13.46	14.96	8.97	10.47	10.47
	40-50	14.96	13.96	7.98	18.94	9.97
	50-60	16.45	14.26	8.97	13.46	9.97
	60-80	16.95	14.46	8.97	13.46	17.95

stabili, nel caso si consideri il valore medio dell'intero orizzonte lavorato, risulta inferiore di 0,5 punti rispetto a quella dei seminativi e in generale a quella dei suoli della zona. Queste variazioni sono determinate da differenze nel bilancio idrico dei suoli e da una maggiore attività biologica; la pratica irrigua, esercitata in passato in tutti i prati stabili considerati in questa indagine, ha incrementato i processi di percolazione e conseguentemente la lisciviazione ad essa associata.

L'obiettivo principale della presente ricerca è stato la valutazione della qualità del suolo in funzione delle diverse forme di utilizzazione, confrontando i risultati forniti dall'uso di parametri chimico-fisici indicativi della qualità del suolo, con quelli forniti da due indici biologici.

L'analisi della numerosità dei campioni di mesofauna edafica (fig. 1) ha eviden-

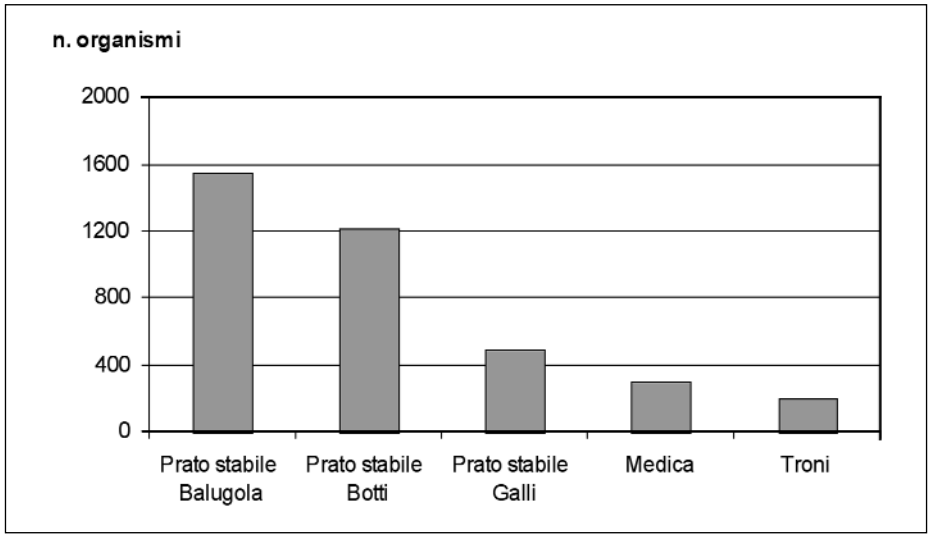

Fig. 1. Numero di microatropodi campionati all'interno delle diverse unità.

ziato una marcata differenziazione dei suoli dei prati stabili rispetto ai suoli in avvicendamento. I dati della tabella 2, relativa a QBS-ar mostrano come i suoli che presentano il maggior numero di forme adattate alla vita endogea sono i due prati stabili asciutti e l'erba medica. Valori più bassi hanno invece il prato irriguo "Botti" e l'unità "Troni" (seminativo a barbabietola). Questi dati sono confermati da quelli relativi a QBS-c; in questo caso tuttavia il valore più elevato si osserva per l'unità "Botti" (la ricchezza d'acqua favorisce i collemboli) e valore bassissimo per la bietola. Si osserva infine come l'indice QBS-c permetta di differenziare "Balugola" più ricco di forme adattate al suolo nei confronti della medica. I valori di QBS-ar e QBS-c dell'unità "Balugola", più bassi rispetto a quelli degli altri prati stabili, sono da ascrivere alla presenza di formicidi in tale campione di suolo e all'azione di predazione di questi

Tab. 2. *Bioindicatori basati sui valori di QBS-ar e QBS-c.*

Unità	*QBS-ar*	*QBS-c*
Balugola	97	96
Botti	62	144
Galli	116	130
Medica	97	13
Troni	70	71

insetti nei confronti di altri organismi. Complessivamente i valori trovati si situano bene nell'ambito dei valori noti per le coltivazioni e per i pascoli.

Il contenuto in carbonio organico e la stabilità degli aggregati del suolo sono stati utilizzati come indicatori della qualità chimico-fisica del suolo. I dati relativi al carbonio organico, seppure prevedibili entro certi limiti, evidenziano il decremento di sostanza organica a seguito dell'inserimento dei prati stabili in avicendamento; la possibilità di disporre di prati stabili di diverse età e di seminativi derivati dalla messa a coltura di prati stabili in tempi recenti, ha consentito di abbozzare una dinamica del C organico nel suolo in funzione della storia agronomica dello stesso (fig. 2); l'andamento riportato in tale grafico è assimilabile con quanto riportato in letteratura nel caso di messa a coltura di suoli vergini (Brady e Weil, 1986).

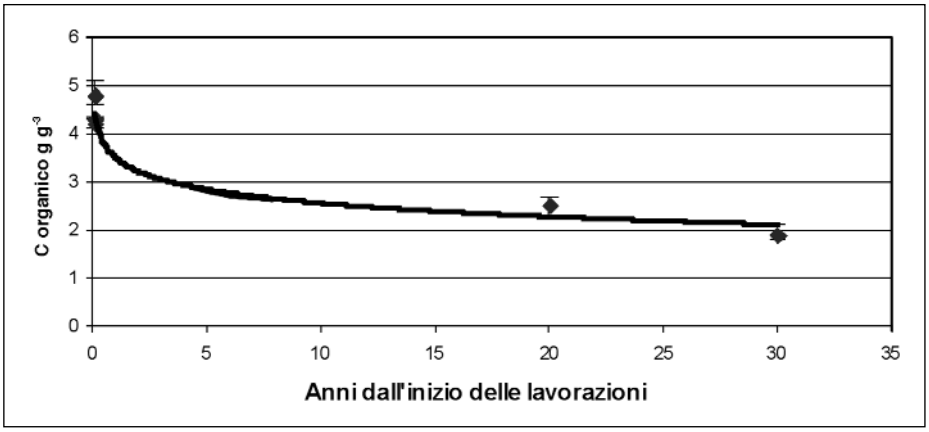

Fig. 2. Variazioni nel contenuto di carbonio organico in funzione del numero di anni trascorsi dall'inizio delle lavorazioni del terreno.

I prati stabili (260 anni Balugola, oltre 100 anni Botti e Galli) presentano, almeno nella parte superiore del profilo, i valori più elevati di C organico, seguiti dal seminativo a bietola (Troni - ex prato stabile messo a coltura 20 anni fa), e quindi dal medicaio, che da oltre 30 anni è in avvicendamento colturale. Nell'ambito dei seminativi l'unità "Troni" risulta avere un contenuto superiore rispetto all'unità "Medica"; questa differenza è determinata dalla frazione di carbonio organico stabile, accumulato durante la gestione prativa dell'unità "Troni", la cui mineralizzazione richiede tempi lunghi. A profondità superiori ai 40-50 cm si osserva un'inversione di tendenza nel contenuto di carbonio organico e cioè i seminativi presentano a tali profondità contenuti in C organico superiori rispetto ai prati; questo aspetto, imputabile probabilmente al diverso grado di compattamento degli orizzonti profondi ed allo spessore esplorato dalle radici nelle due tipologie d'uso (prati stabili e seminativi) necessita di essere approfondito ulteriormente.

La stabilità degli aggregati ha evidenziato l'esistenza di differenze altamente significative (P<0.01) tra i suoli dei prati permanenti ed i suoli dei seminativi; i dati ottenuti, analizzati con il test di Duncan per l'ordinamento delle medie, hanno fornito i risultati riportati in tabella 3. Risulta evidente l'azione svolta dalla sostanza organica nel determinare valori elevati di stabilità degli aggregati, come confermato da altre ricerche (Unger, 1997).

Tab. 3. *Indici di stabilità degli aggregati.*

Stabilità degli aggregati		
Unità	Media *	Dev. St.
Balugola	69.68 aA	1.35
Botti	68.47 bA	1.47
Galli	73.74 bA	1.75
Medica	13.84 cB	2.24
Troni	22.73 dC	2.13

* Le medie seguite dalla stessa lettera non sono significativamente diverse allo 0.05 e 0.01 (minuscola e maiuscola) di probabilità sulla base del test di Duncan.

Conclusioni

L'utilizzazione comparata dei metodi chimico-fisici e dei bioindicatori sembra concordare nell'attribuire un elevato indice di qualità del suolo ai terreni investiti a prato stabile. L'indice QBS tuttavia risulta essere sensibile a variazioni di breve periodo (tipo di coltura attuata nell'ambito dei seminativi) e meno sensibile verso importanti variazioni di parametri di notevole importanza per la qualità del suolo, quale il contenuto di carbonio organico.

Il QBS-c ha fornito valori maggiormente correlati alle indicazioni fornite da C organico e stabilità degli aggregati rispetto ai valori di QBS-ar. I valori di QBS-ar e QBS-c dell'unità "Balugola" sottolineano l'importanza del piano di campionamento.

BIBLIOGRAFIA

Anderson I.C., Buxton D.R., Karlen D.L., Cambardella C. (1997): "Cropping system effects on nitrogen removal, soil nitrogen, aggregate stability, and subsequent corn grain yield". *Agronomy Journal*, *89*, 881-886.

Brady, Weil (1996): *The nature and Properties of soils.* Prentice Hall.

Campbell C.A., Thomas A.G., Biederbeck V.O., McConkey B.G., Selles F., Spurr D., Zentner R.P. (1998): "Converting from no tillage to pre-seeding tillage: influence on weeds, spring wheat grain yields and N, and soil quality". *Soil and Tillage Research*, *46*, 175-185.

Carter M.R., Gregorich E.G., Angers D.A., Donald R.G., Bolinder M.A. (1998): "Organic C and N storage and organic C fractions in adjacent cultivated and forested soils of eastern Canada". *Soil and Tillage Res.*, *47*, 253-261.

Cavazza L. (1981): *Fisica del terreno*. UTET.

Lal R., Kimble J.M. (1997): "Conservation tillage for carbon sequestration". *Nutrient cycling in agroecosystems*, *49*, 243-253.

Maddonni G.A., Urricariet S., Ghersa C.M., Lavado R.S. (1999): "Assessing soil quality in the rolling Pampa using soil properties and maize characteristics". *Agronomy Journal*, *91*, 280-287.

Paoletti M.G. (1999): "The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *74*, 137-155.

Paoletti M.G., Hassal M. (1999): "Woodlice *(Isopoda: Oniscidea):* their potential for assessing sustainability and use as bioindicators". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *74*, 157-165.

Parisi V. (2000): "La qualità biologica del suolo. Un metodo basato sui microartropodi" (in stampa).

Pinzari F., Trinchera A., Benedetti A., Sequi P. (1998): "Defining soil quality in Mediterranean forest systems: microbial biomass activity". *Fresenius Env. Bull.*, *7*, 447-457.

R.E.R. (1993): *I suoli della pianura Modenese.*

Reeves D.W. (1997): "The role of soil organic matter in mantaining soil quality in continuous cropping systems". *Soil and Tillage Research.*, *43*, 131-167.

Unger P.W. (1997): "Aggregate and organic carbon concentration interrelationships of a Torrertic Paleoustoll". *Soil and Tillage Res.*, *42*, 95-113.

USDA (1992): *Keys to Soil Taxonomy*. V ed. SMSS Technical Monograph n. 19.