

BIOINDICATORI

AGRICOLTURA ED ALTERAZIONI DELLA FAUNA DEL SUOLO

individuazione di indicatori
biologici ed indici biotici

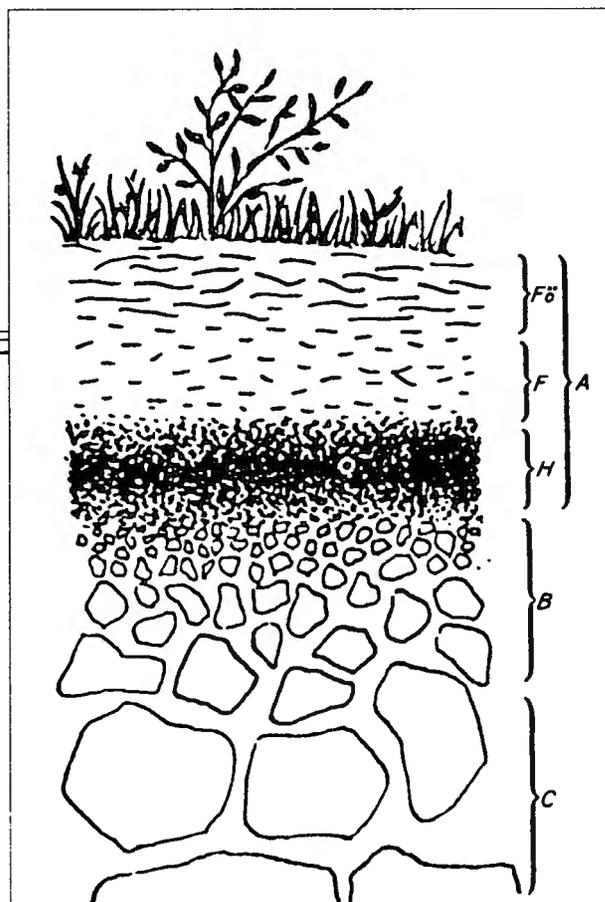
Patrizia Casarini, Giuseppe Camerini,
Mary Carbone (*)

Nel terreno vive una quantità strabiliante di organismi, che svolgono un'attività molto intensa: si tratta di vegetali (alghe e funghi), di batteri e di animali (protozoi e metazoi).

Per avere un'idea della grande biomassa presente, basta prendere visione della stima effettuata da LEBRUN (1987), relativa ad una foresta decidua dell'Europa occidentale.

Secondo l'Autore suoli di questo ambiente possono ospitare tre tonnellate in peso vivo per ettaro di organismi animali assieme a due tonnellate di procarioti e funghi.

(*) biologi P.M.I.P. - U.S.S.L. 77 - PAVIA



Sezione ideale di un terreno agrario, con indicazione dei diversi orizzonti (da KÜHNELT).

A, zona eluviale; B, zona illuviale; C, materiali provenienti dalla degradazione della roccia madre. Nell'orizzonte A sono indicati gli strati F₀ o della lettiera, F o delle fermentazioni e H dell'humus.

La classificazione degli organismi del suolo viene in genere basata sulle loro dimensioni, che condizionano le metodiche di campionamento e di studio. Secondo ODUM (1973), al microbiota appartengono batteri, Protozoi ed i vegetali del suolo, rappresentati da miceti ed alghe. Il mesobiota comprende Nematodi, Oligocheti, Enchitreidi e microartropodi, tra cui prevalgono Acari e Collemboli. Il macrobiota comprende, infine, oltre alle radici delle piante, gli insetti di grandi dimensioni, i lombrichi e tutti gli organismi che possono essere facilmente raccolti a mano.

Il metabolismo del suolo, analogamente a

quanto avviene in tutti gli altri ecosistemi, è assicurato dalla ciclica trasformazione di materia ed energia, che trova il suo avvio in superficie, con il processo fotosintetico, e si chiude con la mineralizzazione della sostanza organica. All'interposto processo di decomposizione contribuiscono in modo sinergico, attraverso complessi rapporti trofici, i microrganismi e gli animali: l'efficacia del processo decompositivo è massima quando queste due componenti vitali possono esprimere pienamente la loro complementarietà funzionale (Fig. 1).

Il materiale organico che giunge al suolo va incontro, infatti, ad un processo di decomposizione, riassumibile in tre tipi di interazioni: la lisciviazione, la frammentazione e la degradazione biochimica.

Se la lisciviazione è principalmente un processo fisico, la frammentazione è compiuta essenzialmente dagli animali detritivori, che portano così in soluzione i composti liberati dalle strutture cellulari, aumentano le superfici attaccabili dai microrganismi (batteri e funghi) e associano materiale organico e mine-

rale, contribuendo alla formazione dell'humus. La degradazione biochimica è principalmente frutto della attività enzimatica dei microrganismi, anche se i processi digestivi degli animali detritivori rivestono una certa importanza.

La produttività del suolo, la sua fertilità, dipendono quindi da un insieme complesso di interazioni in cui svolgono un ruolo importante anche gli animali microfagi, che si nutrono a spese di batteri e funghi e ne facilitano la colonizzazione della sostanza organica grazie agli spostamenti ed alla attività alimentare. Essi concorrono inoltre a regolare la densità della componente microbica ed a prevenire la senescenza delle colonie, liberando poi quegli elementi minerali biogeni - prodotto ultimo dei processi decompositivi - che viceversa rimarrebbero accumulati nei microrganismi stessi, a scapito dei vegetali che effettuano la fotosintesi.

Infine, è pure evidente il ruolo dei predatori degli invertebrati microfagi, perchè ne regolano la densità, prevenendo il depauperamento delle colonie microbiche e ottimizzando così la funzionalità del sistema.

Lo studio della fauna edafica costituisce quindi uno strumento efficace per analizzare i meccanismi che regolano gli equilibri biologici e biochimici del suolo e per interpretare le variazioni e le evoluzioni di questi equilibri dovuti a fattori di perturbazione naturali o antropici, quali le pratiche agronomiche.

Nei suoli degli ambienti naturali i popolamenti animali appaiono infatti molto più abbondanti e diversificati rispetto ai suoli coltivati, dove la monocoltura ed interventi quali le lavorazioni del terreno e l'applicazione di fitofarmaci possono ridurre la biomassa di animali e provocare la scomparsa dei gruppi sistematici più sensibili o presenti in basse densità. Poiché la stabilità di un ecosistema è assicurata in buona parte dalla ricchezza dei popolamenti degli organismi e dall'intreccio delle relazioni alimentari tra le varie componenti, i suoli sottoposti a coltivazione risultano

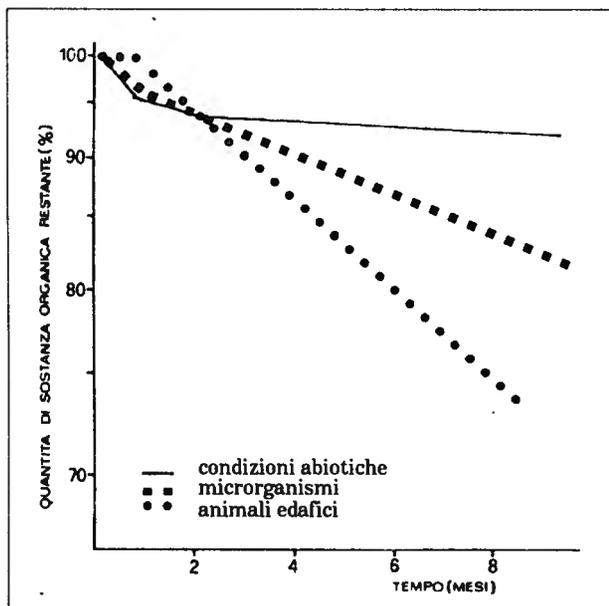


Fig. 1 - Velocità di decomposizione della sostanza organica di un suolo in condizioni abiotiche, in presenza di microrganismi ed in presenza del complesso costituito da microrganismi e pedofauna. (da SEASTEDT, 1984, in LE BRUN, 1987).

maggiormente instabili e possono andare incontro a progressiva perdita di fertilità.

Interventi meccanici, quali un'aratura molto profonda, portano ad una regressione generale della fauna del suolo, perchè tutti i biotopi vengono distrutti (GERS, 1982).

L'applicazione di fertilizzanti influenza invece favorevolmente la pedofauna dal punto di vista quantitativo (Fig. 2), mentre drenaggi ed irrigazioni non sembrano avere effetti molto evidenti.

L'azione dei fitofarmaci si presenta invece alquanto complessa e non generalizzabile, ma variabile a seconda del principio attivo utilizzato (EDWARDS, THOMPSON, 1973).

SCOPO DELLA RICERCA

La maggior parte delle ricerche sulla fauna dei terreni agricoli è stata condotta per evidenziare l'influenza dei trattamenti fitoiatrici, in base all'analisi degli effetti dei singoli principi attivi.

E' parso invece interessante impostare uno studio mirante alla valutazione dell'impatto derivante dall'insieme delle pratiche agricole, dalle lavorazioni del terreno alla applicazione di più fitofarmaci, in diverse colture, come già sperimentato da PAOLETTI (1988).

Gli scopi sono però molteplici: infatti, in base ai risultati di indagini che hanno preso l'avvio nel 1985, si intende anche verificare l'efficacia di un metodo dinamico di estrazione, agevolmente utilizzabile da chi opera nella sorveglianza ecologica per accertare fenomeni di inquinamento e nell'ambito della redazione degli studi di impatto ambientale, per caratterizzare la componente biotica del suolo (DPCM 27 Dicembre 1988).

Si intende inoltre individuare idonei bioindicatori e mettere a punto indici di qualità che consentano di esprimere in modo sintetico le alterazioni a carico della fauna del suolo.

MATERIALI E METODI

Oggetto della ricerca sono stati tre agroecosistemi particolarmente diffusi nel territorio

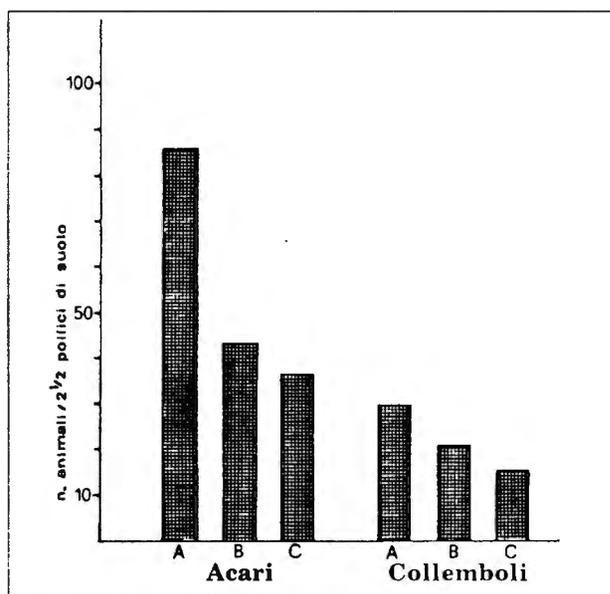


Fig. 2 - Effetti dei fertilizzanti sulle popolazioni di piccoli Artropodi del suolo. A = con fertilizzante organico; B = con fertilizzante artificiale; C = senza fertilizzante. (da C.A. EDWARDS, J.R. LOFTY, 1969).

della Provincia di Pavia: vigneto, pioppeto e coltivazione di barbabietola da zucchero.

Sono stati esaminati i suoli di due colture a vite localizzate nel territorio comunale di Montebello della Battaglia. Uno dei vigneti (VA) è stato sottoposto a trattamenti antiparassitari da terra mentre nell'altro vigneto (VB) le irrorazioni sono state effettuate con mezzo aereo. In entrambi i vigneti non sono stati utilizzati insetticidi, ma esclusivamente fungicidi, zolfo e rame metallico ed i diserbi sono stati eseguiti meccanicamente.

Anche i pioppeti in indagine sono stati due (PC e PD): in entrambi non è stato fatto uso di diserbanti; il pioppeto C è stato sottoposto unicamente a trattamento insetticida con formulato a base di Phenthoate, mentre il pioppeto D è stato irrorato con insetticida a base di Trichlorphon e con fungicidi. Entrambi erano collocati entro la golena del F. Po nel Comune di Travacò Siccomario.

Per quanto riguarda la coltura a barbabietola da zucchero, le due aree di studio si trovavano: nel territorio comunale di Corana (BE) ed a Montebello della Battaglia (BF). In entrambi i casi da anni si effettuava rotazione

con colture cerealicole (frumento nell'anno precedente all'indagine). In E, oltre a trattamento erbicida, è stato effettuato trattamento con geodisinfestante (Clormephos); in F sono stati utilizzati fungicidi ed erbicidi.

Le indagini si sono basate su campionamenti regolarmente distribuiti nel corso dell'anno ed effettuati circa ogni 45 giorni: dal febbraio al novembre 1985 per il pioppeto C e dal marzo '88 all'aprile '89 per le altre colture.

Ogni campione, della dimensione di 250 ml, veniva prelevato in triplo ed era costituito da 3 aliquote di terreno raccolte con una pala metallica sui primi 5 cm di suolo. Il materiale, posto in contenitori di plastica, era immediatamente trasferito in laboratorio.

Per l'estrazione si è fatto uso di imbusti di plastica del diametro di 25 cm, rivestiti internamente di reticella metallica con maglie di 2 mm, secondo il metodo di Berlese-Tullgren

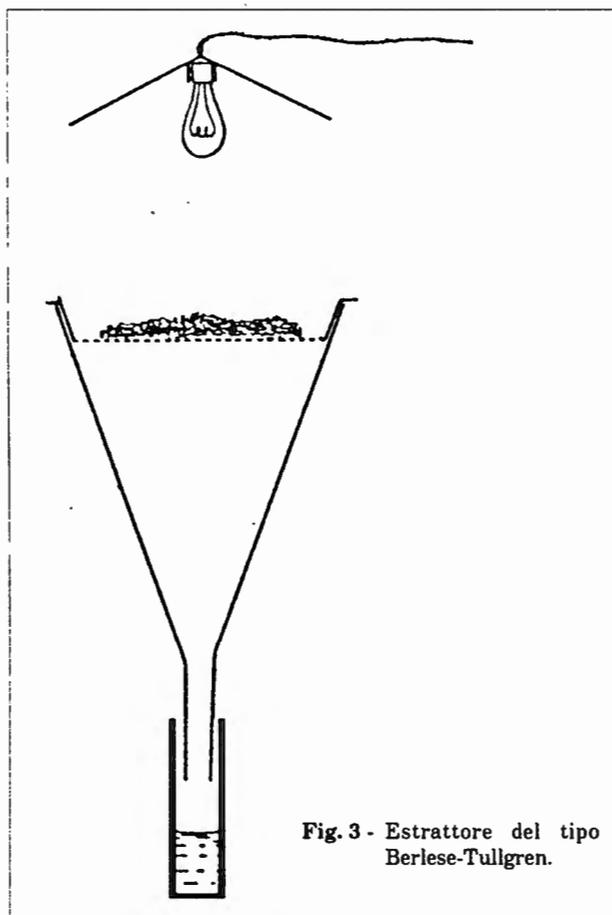


Fig. 3 - Estrattore del tipo Berlese-Tullgren.

(Fig. 3). I campioni, depositati sulla reticella, erano sottoposti per almeno tre giorni consecutivi al calore di lampade elettriche da 40 watt, situate 10 cm sopra agli imbusti.

Gli animali venivano raccolti in un contenitore con alcool etilico al 70% posto alla base dell'imbuto ed attraverso l'osservazione al microscopio stereoscopico si è giunti alla loro suddivisione negli Ordini di appartenenza, denominati Unità Sistematiche (U.S.) nell'espressione dei risultati.

Non si è spinta oltre l'identificazione tassonomica, sia per le difficoltà insite in una determinazione più dettagliata, sia perchè si è visto che la suddivisione in ordini forniva già adeguate informazioni sulle dinamiche di popolazione e sulle varietà dei popolamenti.

Per ogni coltura esaminata è stato individuato e campionato un terreno di controllo situato nelle vicinanze e non coltivato, così da poter disporre di un riferimento comparativo per l'esame dell'impatto delle pratiche agricole.

INDICATORI BIOLOGICI ED INDICI BIOTICI

- Si sono utilizzati come bioindicatori gli Artropodi appartenenti alla meso e macrofauna (MARCUSZI, 1968) estraibili con il metodo descritto.
- In base ai valori medi per campionamento di abbondanza numerica (totale degli Artropodi) e diversità (n° di Unità Sistematiche) nei campioni rispetto ai relativi controlli, si è messo a punto un Indice di Qualità (I.Q.) ottenibile con la seguente formula:

$$I.Q. = \frac{A_{camp.}}{A_{contr.}} + \frac{D_{camp.}}{D_{contr.}}$$

dove $A_{camp.}$ e $A_{contr.}$ sono l'abbondanza media del campione e del controllo, mentre $D_{camp.}$ e $D_{contr.}$ sono la diversità media del campione e del controllo.

Per la sua formulazione si sono abbinati i valori di abbondanza e diversità perchè le

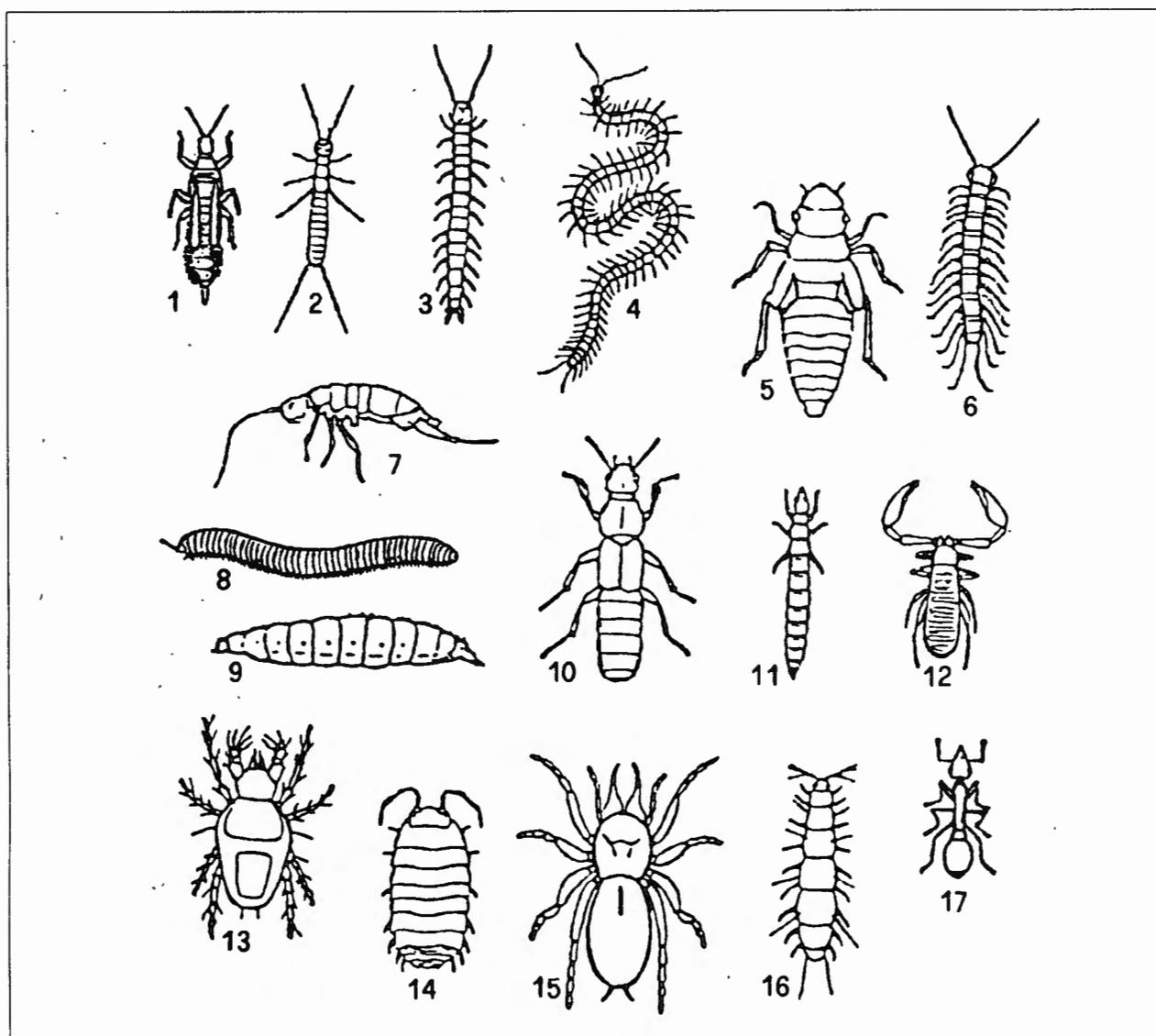


Fig. 4 - U.S. rinvenute nel corso dell'indagine: 1 Thysanoptera; 2 Diplura; 3 Symphyla; 4 Geophilomorpha; 5 Homoptera; 6 Litobiomorpha; 7 Collembola; 8 Diplopoda; 9 Diptera (larva); 10 Coleoptera; 11 Protura; 12 Pseudoscorpiones; 13 Acari; 14 Isopoda; 15 Araneae; 16 Pauropoda; 17 Hymenoptera.

due grandezze, prese singolarmente, non forniscono adeguate informazioni, risultando talvolta inversamente proporzionali, soprattutto in relazione ad alterazioni dei cicli stagionali di sviluppo (CASARINI, 1986).

Pur non potendo escludere a priori che tale indice possa essere superiore a 2, verosimilmente esso si collocherà in un ambito compreso tra 0 e 2, risultando tanto più alto quanto minori sono le alterazioni della fauna edifica.

- Per ogni caso esaminato è stato inoltre calcolato il rapporto numerico medio Acari/Collemboli che, secondo BACHELIER (1963), può fornire un'interessante indicazione. Questo Autore ha infatti rilevato che in un biotopo in equilibrio, dove la pressione interspecifica è elevata, gli Acari sono assai più numerosi dei Collemboli ed una riduzione del loro rapporto indica la perdita dell'equilibrio pedobiodinamico.

- Si è poi seguita l'evoluzione dei popola-

menti di Acari e Collemboli, ubiquitari e presenti in ogni periodo dell'anno in tutti i campionamenti, per cogliere eventuali alterazioni dei cicli stagionali di sviluppo imputabili ad effetti diretti od indiretti dei fitofarmaci (CASARINI, PASINI, 1988).

Infine, si è cercato di costruire una "scala di sensibilità" degli Artropodi estraibili mediante l'apparecchio utilizzato, rapportando il numero di volte in cui le singole U.S. erano rappresentate nei campioni alle presenze nei controlli, tramite la seguente formula:

$$\text{Sensibilità} = \frac{\text{n° presenze nei campioni}}{\text{n° presenze nei controlli}}$$

Valori vicini all'unità risultano poco significativi, ma più il rapporto si avvicina a zero, maggiore è la sensibilità degli organismi in esame. Nel caso il rapporto risul-

tasse rovesciato a favore delle colture, l'apparente paradosso si spiegherebbe nell'ambito degli effetti biocenotici delle pratiche agricole, che possono portare ad alterazioni dei rapporti sinecologici fra le componenti viventi del suolo, ad esempio attraverso la scomparsa di predatori o l'aumento di nutrimento per taluni gruppi.

RISULTATI E DISCUSSIONE

Metodo di estrazione

Il metodo dinamico di estrazione utilizzato si è rivelato di uso agevole ed efficace nei confronti dei piccoli Artropodi.

L'unico aspetto negativo è rappresentato dal tempo necessario per l'essiccamento del terreno (almeno tre giorni); a ciò si potrebbe ovviare riducendo il volume del campione, ma si eleverebbe così la possibilità di errore.

Un metodo in teoria più rapido, quale la

Tab. 1 - Inventario degli Ordini di Artropodi (U.S.) rinvenuti nel corso dell'indagine

U.S.	VA	VB	BF	K1	BE	K2	PC	K3	PD	K4
Isopoda		*		*				*	*	*
Pseudoscorpiones	*	*		*			*	*		*
Araneae	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Acari	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Symphyla	*	*		*	*	*		*	*	*
Paupoda	*	*		*		*				*
Diplopoda	*	*		*				*		*
Geophilomorpha	*	*		*		*		*		
Litobiomorpha	*		*	*	*	*	*	*		*
Collembola	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Protura	*	*		*		*				*
Diplura	*	*		*		*		*	*	*
Thysanoptera	*					*				*
Homoptera	*	*		*		*			*	*
Hymenoptera	*	*		*		*			*	*
Coleoptera	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Diptera	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Totale U.S.	16	15	6	16	7	14	7	12	10	16

Note: * = presenza almeno: una volta con più di un esemplare oppure due volte con un solo esemplare;
K1, K2, K3, K4 = Controlli;
K1 rappresenta il controllo di VA, VB e BF.

flottazione, da noi sperimentata in modo estemporaneo, porta al recupero di un numero inferiore di animali, soprattutto di Collemboli, come già verificato da BERTOLANI E COLL. (1981). Inoltre, rivelandosi estremamente indaginoso, permette di risparmiare tempo solo nel caso si debba esaminare un numero molto limitato di campioni.

In tutti i casi in cui non è necessario esprimere un giudizio "in giornata" è quindi da preferire l'uso dell'estrattore del tipo Berlese-Tullgren.

Indicatori biologici

Dalle indagini effettuate è emerso che gli Artropodi appartenenti a meso e macrofauna costituiscono, nel loro insieme, indicatori biologici idonei allo studio delle alterazioni del suolo, in quanto estraibili agevolmente dal terreno e classificabili in Ordini anche da chi non è entomologo (Fig. 4).

Con il loro utilizzo è possibile formulare indici biotici basati su tutte le U.S. che vengono rinvenute (Indice di Qualità) o su gruppi particolari (rapporto Acari/Collemboli).

Indici Biotici

Nella Tab. 1 figurano l'inventario degli Ordini di Artropodi rinvenuti nel corso dell'indagine ed il totale delle U.S. per ogni situazione esaminata. Nella Tab. 2 si possono apprezzare i valori medi di diversità ed abbondanza per campioni e controlli.

In base ai dati contenuti nella Tab. 2, si è calcolato l'Indice di Qualità (I.Q.) relativo alle diverse colture (Tab. 3).

Come altri Autori, abbiamo verificato che l'effetto globale delle pratiche agricole sugli animali del suolo si traduce sempre in una semplificazione dei popolamenti in termini di diversità ed in una riduzione dell'abbondanza degli organismi (Tab. 1 e 2). Il confronto tra le colture esaminate effettuato tramite il calcolo dell'Indice di Qualità, consente di evidenziare le risposte della fauna del suolo ai differenti criteri di gestione agronomica.

Tab. 2 - Valori medi di diversità ed abbondanza

Campioni e controlli	Diversità	Abbondanza
VITE A	8,37	635
VITE B	8,87	638
BARBABIETOLA F	3,75	102
K1	13,62	1309
BARBABIETOLA E	4,75	32
K2	9,50	1039
PIOPPETO C	3,75	120
K3	7,50	222
PIOPPETO D	6,89	208
K4	10,66	1931

Tab. 3 - Indici di qualità (I.Q.) in ordine decrescente

Colture	I. Q.
VITE B	1,14
VITE A	1,09
PIOPPETO C	1,04
PIOPPETO D	0,75
BARBABIETOLA E	0,53
BARBABIETOLA F	0,35

I suoli dei vigneti appaiono i meno alterati. Ciò è sicuramente ascrivibile al fatto che si tratta di colture pluriennali ove non vengono effettuate arature e che -nei casi specifici- non sono state sottoposte a trattamenti insetticidi né a diserbo chimico. Le numerose irrorazioni con prodotti ad azione fungicida possono aver avuto un effetto di tipo indiretto sulla pedofauna, riducendo l'abbondanza dei miceti del suolo, che costituiscono parte integrante dell'alimentazione degli invertebrati microfagi.

L'Indice evidenzia inoltre che le differenze tra il vigneto A, trattato da terra ed il vigneto B, trattato da mezzo aereo, sono lievi: ciò ha rappresentato una prima risposta a quanti, nel territorio dell'Oltrepò Pavese ove si sono svolte le indagini, chiedevano una verifica dell'impatto sul suolo dei contestati trattamenti effettuati dagli elicotteri.

Più compromesso appare l'agroecosistema pioppeto, soprattutto per quanto riguarda il pioppeto D, trattato con Trichlorphon e fungicidi. Qui, sembra di cogliere un effetto tossico diretto e permanente dell'insetticida utilizzato, come indica il valore di abbondanza rispetto al controllo (Tab. 2).

Preziose informazioni riguardo al pioppeto C vengono invece fornite, come vedremo, dall'esame dell'evoluzione annuale dei popolamenti di Acari e Collemboli.

L'Indice di Qualità si abbassa ulteriormente per le coltivazioni a barbabietola da zucchero. Se l'aratura, il diserbo chimico ed i trattamenti con fungicidi portano ad una estrema semplificazione della biocenosi edafica nel caso della coltivazione di Montebello (BF), il trattamento con geodisinfestante giunge quasi ad eliminare la pedofauna, con effetti che si protraggono per tutto l'arco dell'anno.

Il calcolo del rapporto Acari/Collemboli (A/C) proposto da Bachelier, non ha invece fornito significative informazioni.

In tutte le situazioni esaminate gli Acari si sono rivelati numericamente predominanti sui Collemboli (Tab. 4); il rapporto A/C infatti è sempre superiore all'unità e lo stesso rapporto è analogo o più elevato nei controlli. Una macroscopica eccezione è però rappresentata dalla coltura a barbabietola BF, con un rapporto elevatissimo, nonostante l'evidente compromissione.

Tab. 4 - Rapporto Acari / Collemboli

Campioni e controlli	Acari / Collemboli
VITE A	1,4
VITE B	1,9
BARBABIETOLA F	5,1
K1	2,1
BARBABIETOLA E	1,5
K2	7,9
PIOPPETO C	3,0
K3	5,0
PIOPPETO D	2,3
K4	2,3

Pur non potendo esprimere un giudizio definitivo sull'utilità dell'indice, avendolo applicato ad un numero ancor limitato di esperienze, la contraddittorietà di una eventuale scala di qualità basata su questo rapporto, rispetto ai valori di diversità e di abbondanza, fa dubitare della sua efficacia discriminatoria.

Evoluzione dei popolamenti di Acari e Collemboli

Gli Acari ed i Collemboli, presenti in modo ubiquitario e costante nei suoli e numericamente predominanti sugli altri gruppi, hanno dimostrato di poter fornire preziose informazioni su eventuali alterazioni dei cicli stagionali di sviluppo.

In Fig. 5 compaiono i grafici relativi alla evoluzione annuale dei popolamenti di Acari e Collemboli nel pioppeto C e nel relativo controllo. Questo rappresenta l'esempio più significativo: è evidente un effetto tossico diretto del Phenthoate, soprattutto sui Collemboli, ma dal momento che la sua persistenza è bassa (qualche settimana), l'appiattimento dei picchi di popolazione sino al periodo tardo autunno-invernale (quando si assiste ad un netto incremento numerico, anomalo rispetto al controllo) fa ipotizzare l'esistenza di effetti indiretti, che si manifestano a mesi di distanza.

In questo caso, essendo il Phenthoate l'unico fitofarmaco utilizzato, si potrebbe trattare di tossicità cronica (diminuzione di fertilità?), forse dovuta a suoi metaboliti.

Questo esempio individua quindi nel monitoraggio della evoluzione dei popolamenti di Acari e Collemboli nel corso dell'anno una possibile strategia per evidenziare gli effetti dei singoli fitofarmaci.

Scala di sensibilità

Nel caso delle colture esaminate si è visto che i gruppi sistematici che risentono in modo più marcato degli effetti delle pratiche agronomiche, evidenziando il processo di semplificazione delle biocenosi edafiche, sono:

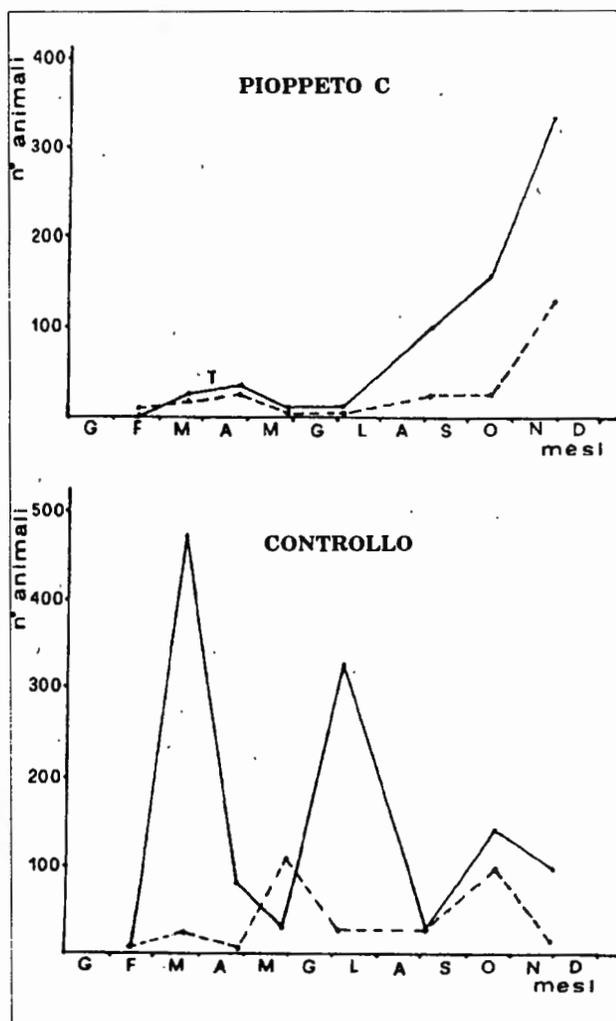


Fig. 5 - Evoluzione dei popolamenti di Acari (linea continua) e Collemboli (linea tratteggiata) nel pioppeto C e nel relativo controllo.

Pauropoda, Protura, Geophilomorpha, Diplura e Pseudoscorpiones (Tab. 5).

Queste U.S. (gruppo A) compaiono infatti nei campioni, rispetto ai controlli, in un rapporto inferiore ad 1:3, da noi assunto a discriminante.

Con lo stesso criterio si individua un gruppo B, con un rapporto di 2:3, costituito da animali più tolleranti; nel gruppo C, infine, compaiono le U.S. presenti anche nelle situazioni che l'Indice di Qualità attesta come più compromesse.

Occorre specificare che, per evitare di attribuire eccessiva sensibilità ad Artropodi con

Tab. 5 - Scala di sensibilità decrescente(*)

Unità Sistematiche	Sensibilità
Pauropoda	0,07
Protura	0,14
Geophilomorpha	0,17
Diplura	0,25
Pseudoscorpiones	0,29
Litobiomorpha	0,35
Diplopoda	0,40
Homoptera	0,40
Symphyla	0,51
Hymenoptera	0,52
Araneae	0,59
Diptera	0,80
Coleoptera	0,82
Acari	1,00
Collembola	1,00

(*) Questa scala non comprende le U.S. di Thysanoptera ed Isopoda perchè i primi, piuttosto che sensibili, appaiono occasionali ed i secondi, per le loro dimensioni, possono essere bloccati in fase di estrazione.

caratteri legati a particolari tipi di suolo, nel calcolo non si è tenuto conto delle situazioni in cui una U.S. è risultata assente sia nel campione che nel controllo. Nonostante questo accorgimento, è chiaro che è necessario raccogliere un maggior numero di dati, soprattutto in diverse realtà climatologiche, per confermare o meglio delineare una scala di sensibilità. Questo approccio appare però estremamente stimolante ed aperto ad approfondimenti dal punto di vista tassonomico.

Considerazioni conclusive

Come scaturisce da queste esperienze, con ricerche sostanzialmente di routine è possibile valutare la consistenza e la struttura dei popolamenti dei piccoli Artropodi del suolo. Indagini sulle biocenosi edafiche, anche se limitate ai gruppi di più agevole studio, possono essere effettuate a diversi fini:

- a) verifica delle alterazioni apportate dalle pratiche agronomiche, da cui poter trarre anche indicazioni a livello di pianificazione ecologica del territorio, per la destinazione

- d'uso dei suoli;
- b) analisi degli effetti di singoli principi attivi ad azione fitoiatrica, di metalli pesanti, di miscele complesse, ecc.;
- c) caratterizzazione della componente biotica del suolo, per l'individuazione delle modifiche che interventi soggetti a verifiche di impatto ambientale possono causare;
- d) verifica dell'eventuale tossicità immediata o residuale dovuta a sversamenti dolosi o accidentali;
- e) delimitazione di aree da sottoporre a bonifica.
- Infine, indirettamente, queste indagini danno un contributo allo studio della matrice ambientale suolo, matrice assai complessa, per la quale poche sono le indagini codificate e scarsa o insufficiente la conoscenza dei caratteri pedobiologici e dei processi chimico-fisici che vi avvengono.

BIBLIOGRAFIA

- A.A.V.V. - 1970: Methods of study in soil ecology. Proceedings of Paris Symposium.
Edited by J. Phillipson, *UNESCO*.
- A.A.V.V. - 1969: The soil ecosystem - Sistematic aspects of the environment, organisms and communities.
Edited by J.G. Sheals, E.Sc., Ph. D. *British Museum (Natural History)* London.
- BACHELIER G. - 1983: La vie animale dans le soil.
O.R.S.T.O.M., Paris, 171-196.
- BERLESE A. - 1905: Apparecchio per raccogliere presto ed in gran numero piccoli Artropodi.
Redia, 2: 85-89.
- BERTOLANI R., SABATINI M.A., FRATELLO B. - 1981: Il popolamento dei microartropodi in terreni trattati con atrazina.
C.N.R., AC/4/65-83.
- CASARINI P. - Alterazioni della fauna edafica in relazione ai trattamenti antiparassitari in pioppicoltura. Tesi Scuola di Specializzazione in Conservazione della Natura e Pianificazione Ecologica del territorio. Università degli Studi di Pavia. Anno Accademico 1985-1986.
- CASARINI P., PASINI M.A. - 1988: Antiparassitari e fauna del suolo. Atti della Giornata di Studio su "Rischio da utilizzo di esteri fosforici in pioppicoltura". *La Goliardica Pavese*: 45-57.
- CASARINI P., CAMERINI G., CARBONE M. - Effetti del Phenthoate, un insetticida fosfororganico, sulla fauna edafica.
Inquinamento (in pubblicazione).
- EDWARDS C.A., LOFTY J.R. - 1969. The influence of agricultural practice on soil micro-arthropod populations.
The Soil Ecosystem, 8: 237-247.
- EDWARDS C.A., THOMPSON A.R. - 1973. Pesticides and soil fauna.
Residue Reviews, Springer-Verlag, 45: 1-70.
- GERS C. - 1982. Incidence de la simplification du travail du sol sur la microfaune edaphique hivernale: donnees preliminaires.
Rev. Ecol. Biol. Sol, 19 (4): 593-604.
- LEBRUN P. - 1987. Quelques reflexions sur les roles exercés par la faune edafique.
Rev. Ecol. Biol. Sol, 24(4): 495-502.
- MARCUZZI G. - 1968. Ecologia Animale.
Feltrinelli, Milano.
- MC KEVAN E.K - 1962. Soil animals.
Witherby, London.
- ODUM E.P. - 1973. Principi di ecologia.
Piccin, Padova.
- PAOLETTI M.G. - 1988. Soil invertebrates in cultivated and uncultivated soils in northeastern Italy.
Redia, LXXI (2): 501-563.
- PARISI V. - 1974. Biologia ed ecologia del suolo.
Boringhieri, Torino.
- TULLGREN A. - 1918. Ein sehr einfacher Ausleseapparat für terricole tierformen.
Z. Angew. Ent., 4, 149-150.