

## 5.4 Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Andrea Alexandra Cannarozzo.

La Dott.ssa Andrea Alexandra Cannarozzo si è laureata il giorno 11/06/2021 con votazione 110/110 e Lode presso l'Università degli Studi di Firenze, Scuola di Agraria.

*Riconoscimento delle erbe spontanee e loro funzione come bioindicatori per la gestione sostenibile dell'agroecosistema. Progetto MoLTE.*

### *Abstract*

La situazione mondiale attuale è critica. A povertà, insicurezza alimentare, conflitti e pandemia del presente, si aggiungono le “perfect storms” alimentari, energetiche ed idriche previste entro il 2050.

Consapevoli dei danni provocati da un'agricoltura tanto efficiente quanto ecologicamente sconnessa, occorre sempre più ripensare l'approccio con cui progettare e gestire i sistemi agroalimentari, che rappresentano le basi fondamentali di ogni società.

Il valore della biodiversità – oggi drammaticamente in riduzione – così come la sua reintegrazione e valorizzazione sono fondamentali tanto per la salute del pianeta in cui viviamo, quanto per il benessere nostro e delle future generazioni.

Questo studio intende conoscere e valutare una delle componenti che contribuisce alla diversità biologica dell'agroecosistema: la flora spontanea, comunemente chiamata infestante.

La ricerca è stata condotta sui campi sperimentali con sistemi di gestione diversi (Biologico Nuovo, Biologico Vecchio e Convenzionale), facenti parte di un esperimento di lungo termine (MoLTE) presso l'azienda agricola universitaria di Montepaldi in Toscana, nell'ambito del progetto europeo DIFFER.

Lo studio si è posto i seguenti obiettivi: 1) riconoscere la flora spontanea componente le infrastrutture ecologiche adiacenti ai campi coltivati e presente nei sistemi agricoli; 2) confrontare le tre conduzioni, specialmente in termini di ricchezza di specie; 3) studiare le principali specie caratterizzanti il dispositivo sperimentale come potenziali piante bioindicatrici, secondo i risultati emersi dall'analisi statistica.

Le tecniche utilizzate a tale scopo sono state il rilievo fitosociologico Braun-Blanquet, la realizzazione di una raccolta consultabile di parte della flora campionata in forma di erbario e l'esplorazione dei dati ottenuti tramite analisi statistica multivariata non dimensionale, facendo uso del software Primer v.6.

La ricerca ha permesso di evidenziare la diversità di fitocenosi esistenti e ben caratterizzate, nonostante non siano state rilevate nette differenze tra le conduzioni in termini di ricchezza specifica. I risultati ottenuti danno prova di un agroecosistema piuttosto biodiverso, che si avvantaggia dell'applicazione di pratiche agroecologiche per la sua sostenibilità e la rigenerazione di risorse più che da ingenti input esterni.

### *Introduzione*

Secondo la FAO (1999): “L'agro-biodiversità comprende la varietà e variabilità di animali, piante e microrganismi che sono importanti per il cibo e l'agricoltura e che sono il risultato delle interazioni tra l'ambiente, le risorse genetiche, i sistemi di gestione e le pratiche usate dagli uomini”.

L'agro-biodiversità si distingue in componenti diverse a seconda del ruolo che hanno nel sistema di coltivazione, quali:

- biota produttivo (dipende dalle scelte fatte dall'agricoltore – sistema di gestione e sua intensità, lavorazioni, piani colturali, ecc).
- biota risorsa (tutto ciò che è naturalmente presente nell'ambiente e che dona un contributo positivo all'ecosistema agricolo – insetti pronubi, microflora del suolo, ecc.)
- biota distruttivo (organismi che sfavoriscono la produttività – flora infestanti, insetti dannosi, ecc.)

La prima componente è classificata come biodiversità pianificata o strutturale, le restanti due come biodiversità associata. Questi elementi sono interconnessi e dal loro grado di interazione dipende il funzionamento e il livello di sostenibilità dell'agroecosistema.

Partendo da questo primo concetto, è possibile comprendere l'importanza dello studio della biodiversità, associata all'applicazione di una corretta gestione agricola, per definire il funzionamento, la produttività e la sostenibilità dell'ecosistema agrario.

### *Obiettivi*

Il primo obiettivo di questa tesi è quello di approfondire lo studio delle componenti dell'agro-biodiversità, nonché le interazioni ed effetti sull'ecosistema, per lo sviluppo di sistemi colturali maggiormente sostenibili, produttivi, resilienti ed applicabili in diversi contesti.

Questo trova applicazione pratica nei campi sperimentali all'interno del progetto MoLTE (MOntepaldi Long Term Experiment) attivo dal 1991 presso l'azienda universitaria di Montepaldi, dove sono coltivati otto appezzamenti con metodo biologico e due in convenzionale, consentendo così il con-

fronto dei risultati derivanti da due conduzioni differenti. Inoltre, in questo studio l'attenzione sarà maggiormente posta sulle funzioni di uno dei fattori facenti parte del biota distruttivo, ossia le specie erbacee spontanee considerate come infestanti. A tale scopo saranno evidenziate e quantificate le specie presenti nel sito sperimentale tramite il metodo Braun-Blanquet per comprendere i servizi e disservizi ecosistemici da loro forniti all'agroecosistema. Infine, verranno ricercate ed esaminate le relazioni funzionali, se esistenti, tra fauna e flora nell'area di studio. In particolare, se esistono dei legami tra la maggiore o minore presenza di carabidi, formiche ed insetti condizionatamente ad alcune specie vegetali piuttosto che altre e quale ruolo svolgono nell'ecosistema coltivato.

### *Materiali e Metodi*

#### *Il dispositivo sperimentale*

La sperimentazione MoLTE (MONTepaldi Long Term Experiment, [54]) ha luogo presso l'Azienda agricola universitaria di Montepaldi sita nell'omonima località nel comune di San Casciano in Val di Pesa (Firenze) ed interessa 13 ettari di superficie pressoché pianeggiante, così ripartiti e gestiti:

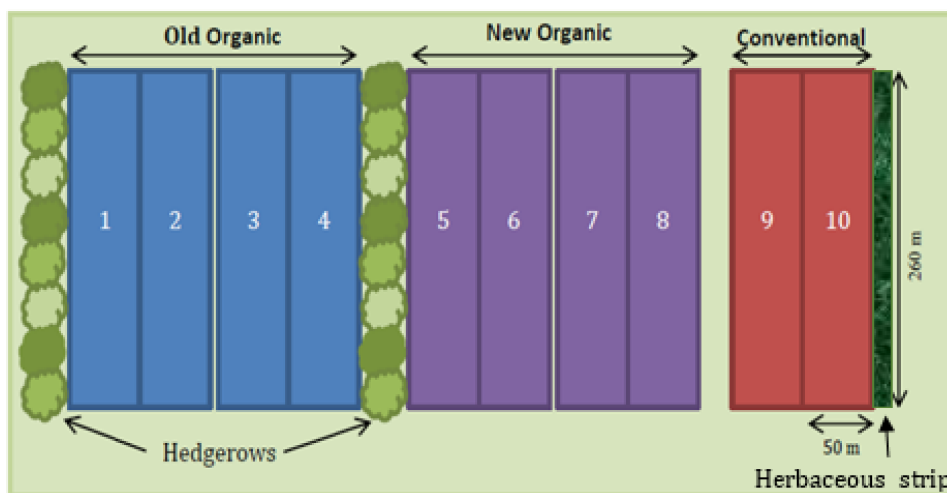


Figura 5.24: Schema della disposizione dei campi del sito sperimentale.

- OO (Old Organic) = conduzione biologica dal 1991 di 5,2 ha ripartiti equamente in quattro appezzamenti da 1,3 ha ciascuno.
- NO (New Organic) = stessa superficie e suddivisione dell'OO, ma a conduzione integrata dal 1991 al 2000 e successiva conversione a biologico dal 2001.

- CO (Conventional) = conduzione convenzionale dal 1991 di 2,6 ha diviso in due appezzamenti da 1,3 ha. Attualmente in fase di conversione al biologico.

Sono inoltre presenti:

- due siepi naturali accompagnate da due metri di strisce inerbite a separazione del campo OO dal NO;
- una striscia inerbita che divide il CO dall'NO;
- una siepe artificiale composta da specie autoctone per delimitare i campi biologici dalle circostanti superfici aziendali.

Attualmente, le colture presenti nelle tre conduzioni sono:

- Trifoglio Alessandrino, frumento tenero, farro e erba medica per quanto riguarda OO e NO
- Erba medica nei due appezzamenti della gestione CO

Nei tre sistemi di gestione sono presenti 5 transetti lineari, distanti 20 metri l'uno dall'altro, e composti da 5 punti di campionamento con pitfall traps per la raccolta di insetti, carabidi e ragni. Nel prato posto superiormente al Sistema Biologico Nuovo sono invece state posizionate 15 trappole totali, disposte in tre transetti lineari, distanti 20 metri l'uno dall'altro, con 5 punti di campionamento.

#### *Metodo di studio della flora*

Per valutare la diversità degli organismi in ambiente agricolo e poter poi riconoscere e collegare i legami tra fauna e flora spontanea, si adottano le trappole a caduta (pitfall traps) come metodo di campionamento degli artropodi presenti nel sito di sperimentazione.

Il sistema è piuttosto semplice e consiste nell'interramento nel suolo di barattoli di plastica contenenti una soluzione attrattiva (solitamente aceto di vino o alcool), che causa il richiamo e la caduta al suo interno degli artropodi terrestri, in particolare carabidi.

Le trappole devono essere equidistanti (20 m nel nostro caso), e periodicamente svuotate per analizzare ed identificare il contenuto raccolto e successivamente ricaricate con una nuova soluzione. Dal riconoscimento delle specie presenti e dalla loro abbondanza o mancanza, insieme con lo studio di altri parametri, si definisce il livello di biodiversità nei campi coltivati, notoriamente sistemi ecologici piuttosto semplificati e ridotti ai minimi termini.

### *Risultati attesi*

Dato l'aumento della popolazione mondiale e della necessità di soddisfare i suoi fabbisogni alimentari, un numero crescente di ecosistemi naturali vengono semplificati a fini agricoli, determinando un mutamento ed una riduzione di biodiversità.

Ma perchè è così importante la biodiversità?

Essa garantisce il funzionamento dell'ecosistema e di conseguenza la fruizione dei servizi da esso derivati, da cui dipende il benessere umano.

Infatti, i servizi forniti dall'ecosistema sono di supporto ai processi vitali (ciclo dei nutrienti, formazione del suolo e la fotosintesi), di approvvigionamento delle risorse naturali, di regolazione (del clima, della qualità dell'aria, ecc) e culturali (ricreative, estetiche, spirituali, ecc).

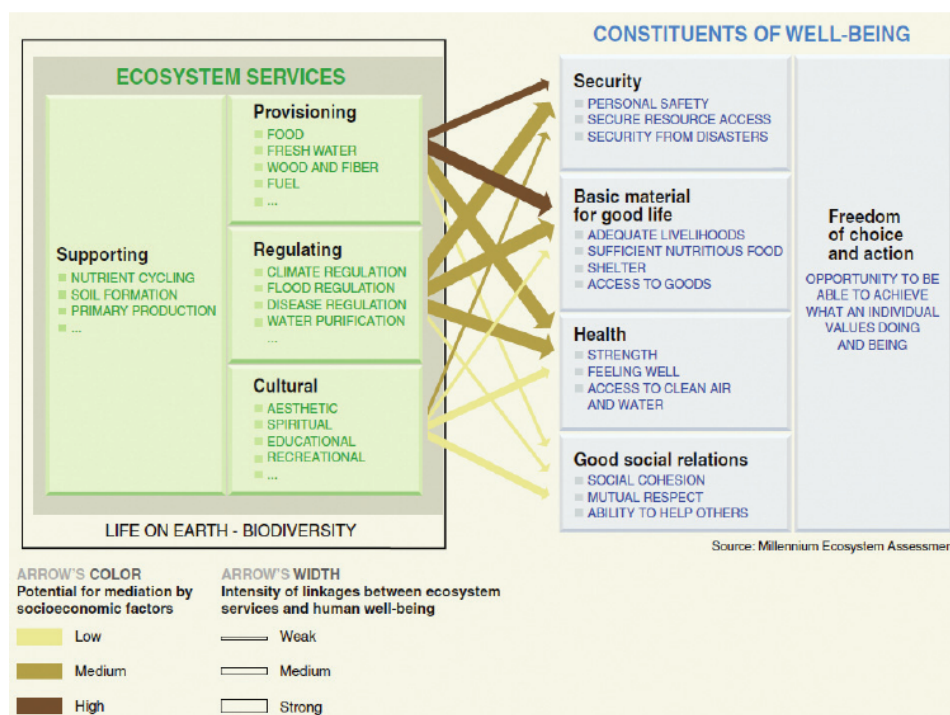


Figura 5.25: *Servizi ecosistemici forniti dalla natura e dall'agricoltura (MEA).*

Come emerso dal Millennium Ecosystem Assessment (2005) e visibile in figura 5.25, i componenti del benessere umano (i beni materiali di base, la salute, le buone relazioni sociali, la sicurezza e la libertà di azione e scelta) sono strettamente dipendenti ed assicurati dalla biodiversità e dai servizi prodotti dagli ecosistemi.

L'agricoltura, infatti, non ha il solo scopo di produrre alimenti, ma ha anche una valenza sociale, economica ed ambientale, data proprio dalla capacità intrinseca di fornire servizi ecosistemici.

Da qui la necessità di favorire una gestione agricola basata su principi ecologici che garantiscano la sostenibilità degli agroecosistemi.

Questo può realizzarsi tramite la creazione e il mantenimento di ambienti eterogenei dentro e fuori i campi coltivati, come per esempio l'uso di sistemi policolturali, l'inserimento di fasce inerbite ai margini degli appezzamenti, l'applicazione di pratiche agroecologiche e biologiche, anziché la monocoltura e i sistemi altamente specializzati. Il risultato è un agroecosistema maggiormente autonomo da input energetici esterni al sistema, resiliente e più efficiente nell'uso e riciclo delle risorse naturali.

Rispetto al secondo obiettivo di questa tesi, saranno evidenziate e quantificate le specie presenti nel sito sperimentale tramite il metodo Braun-Blanquet per comprendere la loro funzione di bioindicatori e fornitori di servizi e disservizi ecosistemici all'agroecosistema.

Inoltre, dall'osservazione delle comunità di piante presenti nel campo si possono avere importanti informazioni circa alcune caratteristiche del suolo (come eccessi idrici, compattazione, livello di fertilità, ecc), causate anche da determinate lavorazioni o pratiche colturali.

Grazie ad uno studio che procede da 28 anni nel sito sperimentale di Montepaldi, si ha a disposizione un dataset ampio e di lunga durata sulle specie erbacee spontanee raccolte nelle tre tipologie di appezzamenti (biologico vecchio, nuovo e convenzionale) e i servizi ecosistemici che forniscono all'agroecosistema.

Come è possibile notare in figura 5.26, le migliori performance della flora spontanea in termini di riduzione dell'erosione, regolazione dell'acqua, impollinazione, biocontrollo e patrimonio colturale è nel campo in biologico vecchio, seguito dal nuovo biologico e dal convenzionale nel caso di colture invernali in alternanza con leguminose da foraggio.

Al contrario nella rotazione tra coltura a strisce e leguminosa da foraggio, è la gestione convenzionale a mostrare i migliori risultati rispetto a competitività delle specie, regolazione del clima e servizi di supporto.

Inoltre, di seguito si elencano le specie spontanee che contribuiscono maggiormente ai diversi servizi ecosistemici:

- *Papaver roheas*, *Equisetum arvensis* e *Daucus carota* per quelli colturali,
- *Helianthus tuberosus*, *H. annuus*, *Sorghum halepense*, *Medicago sativa* e *Convolvulus arvensis* in termini di competizione,
- *Medicago lupulina*, *Trifolium pratense* e *Veronica persica* per quelli di supporto,

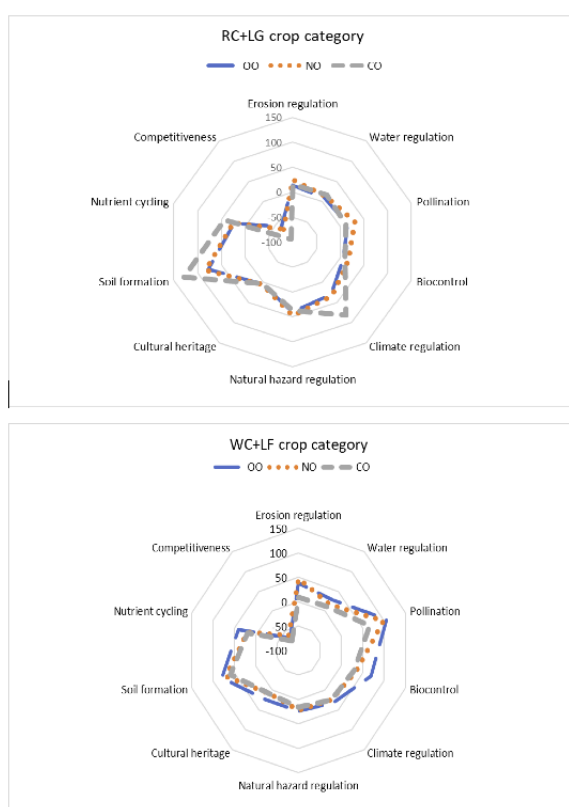


Figura 5.26: I servizi ecosistemici delle comunità rappresentative di specie spontanee nelle due categorie: colture invernali + leguminose per il foraggio (WC+LF) e colture a strisce + leguminose (RC+LG) nei tre agroecosistemi (OO, NO e CO) [21]

- *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* e *Dactylis glomerata* per quelli di regolazione.

In merito alla ricerca e studio delle relazioni funzionali tra specie di fauna e flora presenti nel sito sperimentale, si riportano i risultati ottenuti dall'analisi SIMPER condotta dal Dr. Tommaso Gaifami in cui si evidenzia una correlazione tra la fase di fioritura delle specie spontanee e l'abbondanza degli artropodi.

In questo tipo di analisi, gli artropodi campionati sono stati suddivisi in sei gruppi per somiglianze e collegate con le specie vegetali rilevate. Come mostrato in Figura 5.27, dall'analisi statistica dettagliata è emersa l'abbondanza di afidi e predatori insieme con un più elevato contenuto di *Anthemis arvensis* e *Convolvulus arvensis* per i primi tre gruppi, in analogia per la presenza di malattie [20].

Questa correlazione è stata ipotizzata come legata al più ampio periodo di fioritura e all'abbondanza di nettare prodotto da queste specie rispetto alle altre rilevate nei diversi punti di campionamento.

Nel gruppo 4 il *Trifolium alexandrinum* caratterizza la maggior presenza di Coleoptera e negli ultimi due gruppi di predatori si ha maggiore presenza di *Cirsium arvense*, *Convolvulus arvensis* e *Anthemis arvensis* [20].

In conclusione, dove si ha una più alta concentrazione di *Anthemis arvensis* e *Convolvulus arvensis* si ha anche una maggiore presenza di afidi e predatori, mentre i soli predatori con il *Cirsium arvense*.

### **Conclusioni**

Questo lavoro di tesi analizza la vegetazione spontanea, detta anche infestante, che spesso non è considerata nelle pratiche agronomiche, se non come agente distruttivo e da eradicare.

Coscienti di quanto lavoro ancora ci sia da fare, si è rivelato interessante osservare la diversità e la complessità strutturale del MoLTE attraverso l'esplorazione della flora spontanea che lo contraddistingue.

Dai risultati sono emerse evidenti similarità di composizione delle fitocenosi caratterizzanti le due conduzioni biologiche, nonostante la differenza di durata di circa 15 anni, e l'altrettanta pronunciata dissimilarità dalla comunità vegetale formatasi nei campi convenzionali.

La lunga durata dei Long Term Experiment ha proprio questo vantaggio: permettere di osservare le modifiche e i processi che avvengono tra le componenti dell'agroecosistema nel lungo periodo, che portano ad un aumento fisiologico di complessità ecologica, a cui consegue una maggiore stabilità del sistema.

Ciò nonostante, i due sistemi di conduzione sono risultati paragonabili in termini di ricchezza di specie probabilmente per effetto dell'aumento di



Variable	Average Abundance	Average Similarity	Contribution to group similarity (%)	Cumulative contribution (%)
<b>Group 1</b>				
<i>Anthemis arvensis</i>	17.2	5.62	38.6	38.6
<i>Convolvulus arvensis</i>	9.2	4.06	27.8	66.4
<i>Sinapis arvensis</i>	5.7	1.81	12.5	78.8
<i>Anagallis arvensis</i>	6.8	1.66	11.4	90.2
<i>Veronica persica</i>	1.9	0.34	2.4	92.6
<i>Daucus carota</i>	0.6	0.3	2.0	94.6
<i>Medicago sativa</i>	0.1	0.19	1.3	96.0
<i>Galium aparine</i>	2.0	0.1	0.7	96.6
<i>Helianthus tuberosus</i>	0.6	0.09	0.6	97.2
<i>Trifolium alexandrinum</i>	0.1	0.08	0.6	97.8
<i>Cirsium arvense</i>	1.9	0.08	0.6	98.4
<i>Veronica arvensis</i>	0.4	0.07	0.5	98.9
<i>Soncus asper</i>	0.6	0.05	0.4	99.2
<i>Gladiolus Palustris</i>	0.1	0.05	0.3	99.6
<i>Trifolium spp</i>	0.2	0.03	0.2	99.8
<i>Prunus spinosa</i>	0.3	0.02	0.2	99.9
<i>Vicia spp</i>	0.1	0.01	0.1	100.0
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.1	0.01	0.0	100.0
<i>Veronica ederifoglia</i>	0.0	0	0.0	100.0
<b>Group 2</b>				
<i>Convolvulus arvensis</i>	23.4	8.8	45.9	45.9
<i>Anthemis arvensis</i>	19.2	5.43	28.4	74.3
<i>Veronica persica</i>	3.2	1.03	5.4	79.7
<i>Anagallis arvensis</i>	3.8	0.86	4.5	84.2
<i>Cirsium arvense</i>	5.5	0.69	3.6	87.8
<i>Sinapis arvensis</i>	2.9	0.61	3.2	91.0
<i>Helianthus tuberosus</i>	1.3	0.5	2.6	93.6
<i>Galium aparine</i>	3.3	0.5	2.6	96.2
<i>Veronica arvensis</i>	0.5	0.15	0.8	97.0
<i>Daucus carota</i>	1.0	0.14	0.7	97.7
<i>Papaver rhoeas</i>	1.0	0.12	0.6	98.3
<i>Trifolium repens</i>	0.1	0.11	0.6	98.9
<i>Trifolium spp</i>	0.6	0.08	0.4	99.3
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.2	0.04	0.2	99.5
<i>Geranium dissectum</i>	0.0	0.03	0.1	99.7
<i>Trifolium alexandrinum</i>	0.1	0.03	0.1	99.8
<i>Soncus asper</i>	0.4	0.02	0.1	99.9
<i>Prunus spinosa</i>	0.2	0.01	0.1	100.0
<i>Securigera securidaca</i>	0.1	0	0.0	100.0
<i>Vicia spp</i>	0.0	0	0.0	100.0
<i>Veronica ederifoglia</i>	0.0	0	0.0	100.0
<b>Group 3</b>				
<i>Veronica persica</i>	12.4	28.4	56.7	56.7
<i>Convolvulus arvensis</i>	12.5	14.2	28.4	85.1
<i>Helianthus tuberosus</i>	2.5	7.1	14.2	99.3
<i>Cirsium arvense</i>	0.7	0.33	0.7	99.9
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.3	0.05	0.1	100.0
<b>Group 4</b>				
<i>Trifolium alexandrinum</i>	0.4	5	84.1	84.1
<i>Convolvulus arvensis</i>	3.0	0.71	11.9	96.0
<i>Cirsium arvense</i>	11.2	0.24	4.0	100.0
<b>Group 5</b>				
<i>Cirsium arvense</i>	32.4	11.06	27.4	27.4
<i>Anthemis arvensis</i>	28.2	8.91	22.1	49.5
<i>Sinapis arvensis</i>	13.6	5.85	14.5	64.0
<i>Anagallis arvensis</i>	14.7	5.24	13.0	77.1
<i>Convolvulus arvensis</i>	11.4	3.82	9.5	86.5
<i>Papaver rhoeas</i>	8.4	3.77	9.4	95.9
<i>Polygonum aviculare</i>	2.8	1.03	2.6	98.4
<i>Veronica arvensis</i>	1.4	0.63	1.6	100.0
<b>Group 6</b>				
<i>Convolvulus arvensis</i>	21.9	7.17	33.3	33.3
<i>Anthemis arvensis</i>	21.4	4.91	22.8	56.1
<i>Galium aparine</i>	15.4	3.95	18.3	74.4
<i>Cirsium arvense</i>	7.3	1.43	6.6	81.0
<i>Sinapis arvensis</i>	5.7	1.12	5.2	86.2
<i>Veronica persica</i>	3.4	0.86	4.0	90.2
<i>Picris echioides</i>	2.0	0.59	2.7	92.9
<i>Anagallis arvensis</i>	4.7	0.5	2.3	95.3
<i>Helianthus tuberosus</i>	1.4	0.36	1.7	96.9
<i>Daucus carota</i>	1.1	0.13	0.6	97.5
<i>Papaver rhoeas</i>	1.4	0.12	0.5	98.1
<i>Polygonum aviculare</i>	0.5	0.11	0.5	98.5
<i>Fallopia convolvulus</i>	0.4	0.11	0.5	99.1
<i>Veronica arvensis</i>	0.4	0.1	0.5	99.6
<i>Soncus asper</i>	0.7	0.05	0.2	99.8
<i>Trifolium spp</i>	0.4	0.04	0.2	100.0

Figura 5.27: Risultati dell'analisi SIMPER [20].

biodiversità promosso dalla gestione biologica, dall'alto numero di infrastrutture ecologiche circostanti e dall'ambiente in cui i campi sperimentali sono inseriti.

Inoltre, l'uso delle piante come bio-indicatrici consente di monitorare il funzionamento dell'ecosistema agrario e di diagnosticarne l'andamento - sintomatico o no - dal loro solo riconoscimento in campo. In altre parole, la loro osservazione funziona come una spia del motore della "macchina" dell'agroecosistema.

L'utilizzo di gestioni più vicine possibili ai modelli ecologici naturali, in generale, permette di aumentare il potenziale intrinseco delle componenti dell'agroecosistema, riducendo gli input esterni ed esaltando l'autonomia e la resilienza del sistema.

Con l'auspicio che vengano promosse politiche sempre più attente a sostenere – ambientalmente, economicamente e socialmente – tutti gli stakeholders della filiera agro-alimentare che lavorano per "fare buona agricoltura", si conclude che è necessario sviluppare ulteriori studi e sperimentazioni con gli agricoltori dall'approccio olistico e multidisciplinare, al fine di progredire verso gestioni agronomiche sostenibili, come insegna l'agroecologia.

**PROPOSTA DI DOTTORATO  
IN SCIENZE AGRARIE E  
AMBIENTALI  
(ALLEGATO 5)**



## 6.1 Proposta di tutoraggio per il XXXVI corso di Dottorato

### 6.1.1 Titolo della proposta

*Strategie di fertilizzazione del suolo basate su pratiche agroecologiche in un esperimento biologico di lungo termine.*

#### *Tutore*

Nome: Gaio Cesare

Cognome: Pacini

Qualifica: Professore Associato

Sezione di Scienze agronomiche, genetiche e gestione del territorio. SSD AGR/02

e-mail: gaiocesarepacini@unifi.it

#### *Tipologia di borsa di dottorato prevista:*

- Di ateneo
- Senza borsa
- In sovrannumero X
- Aggiuntiva

#### *Tipologia di titolo di dottorato:*

- Italiano
- Europeo X
- Co-tutela

#### *Qualificazione scientifica del tutore (max 4500 caratteri spazi inclusi)*

Professore associato AGR/02 presso UniFi, codice ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2737-5411>. Si è laureato in Scienze Agrarie presso UniFi nel 1997. Nel 1998 vince una borsa di studio Marie-Curie per un periodo di 3 anni presso l'Università di Wageningen (WU), Paesi Bassi. Nel 2003 ottiene il titolo di PhD (4 anni) presso WU. Dal 2003 al 2011 ha preso parte a una serie di progetti nazionali e internazionali, di cui 4 dei Programmi Quadro per la Ricerca e l'Innovazione della UE, con il ruolo di coordinatore

di workpackage (AfricaNUANCES, SENSOR, EULACIAS, SVAPPAS). Nel 2011 ha trascorso un periodo come consulente presso la FAO, durante il quale ha contribuito alla redazione di documenti tecnici per la Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile del 2012. Dal 2014 è responsabile scientifico dell'esperimento di lungo termine di Montepaldi (Montepaldi long term experiment, MOLTE). Nel periodo 2015-18 ha partecipato al progetto H2020 ERA-NET CoreOrganic "FertilCrop" (premiato nel 2019 come "Best CORE Organic Research Project") in qualità di co-coordinatore di workpackage e responsabile scientifico dell'unità operativa UniFi. Dal Gennaio 2020 è coordinatore del progetto MIPAAF "Diversità, fertilità e resilienza in sistemi agro-zoo-forestali sostenibili, DIFFER (ID19)".

A livello di ricerca i suoi principali interessi riguardano Agroecologia e Agricoltura Biologica, biodiversità e funzioni ecosistemiche, metodi di valutazione e progettazione di agro-ecosistemi sostenibili, indicatori di sostenibilità, modelli di simulazione e ottimizzazione a livello di campo e di agroecosistema aziendale. È membro dell'Editorial Board della rivista *Experimental Agriculture*, Cambridge University Press, e vice-presidente della Associazione Italiana di Agroecologia (AIDA).

È autore di 75 pubblicazioni, di cui 24 indicizzate Scopus, di cui 18 negli ultimi 10 anni (periodo 2009-2019, VALORE-SOGLIA CANDIDATI E COMMISSARI per professori I fascia SC/SSD AGR/02 = 18 negli ultimi 10 anni), che hanno prodotto nel complesso 855 citazioni, di cui 846 negli ultimi 15 anni (periodo 2004-2019, VALORE-SOGLIA CANDIDATI E COMMISSARI per professori I fascia SC/SSD AGR/02 = 245 negli ultimi 15 anni), e un indice H pari a 12 riferito agli ultimi 15 anni (periodo 2004-2019, VALORE-SOGLIA CANDIDATI E COMMISSARI per professori I fascia SC/SSD AGR/02 = 8 negli ultimi 15 anni). Relativamente ai parametri ANVUR il tutore dichiara di conseguenza di essere in possesso degli indicatori previsti per l'Abilitazione Scientifica Nazionale ai ruoli di professore di prima fascia.

#### Publicazioni:

Doltra, J., Martínez-Fernández, A., Stalenga, J., Olesen, J.E., Jończyk, K., Krauss, M., Gallejones, P., Frøseth, R., Hansen, S., and Pacini, G.C., 2019. Simulating soil fertility management effects on crop yield and soil nitrogen dynamics in field trials under organic farming in Europe. *Field Crops Research*, 223, 1-11. . Impact Factor at acceptance: 3.868. 5-Year Impact Factor: 4.683. Relative ranking within Categories: Agronomy 7/89.

Pacini, G.C., Groot, J.C.J., 2017. Sustainability of Agricultural Management Options Under a Systems Perspective. In: Abraham, M.A. (Ed.), *Encyclopedia of Sustainable Technologies*. Elsevier, pp. 191-200.

Pacini, G.C., Merante, P., Lazzarini, G., and Van Passel, S., 2015. Increasing the cost-effectiveness of EU agri-environment policy measures through evaluation of farm and field-level environmental and economic performance. *Agricultural Systems*, 136, 70-78. Impact Factor at acceptance: 2.453, 5-year impact factor: 3.277. Relative ranking within Categories: Agriculture, multidisciplinary 4/56.

El-Hage Scialabba, N., Pacini, C., and Moller, S., 2014. *Smallholder ecologies*. FAO, Rome, Italy, 50 p. ISBN 978-92-5-108620-9.

Pacini, G.C., Colucci, D., Baudron, F., Righi, E., Corbeels, M., Tittonell, P., and Stefanini, F.M., 2013. Combining multi-dimensional scaling and cluster analysis to describe the diversity of rural households. *Experimental Agriculture*, 50(3), 376-397. Impact Factor at acceptance: 1.062, 5-year impact factor: 1.027. Relative ranking within Categories: Agronomy 34/78.





## 6.2 Progetto di ricerca della proposta di tutoraggio

### *Stato dell'arte*

La fertilità del suolo è componente imprescindibile nella sostenibilità del comparto agricolo. Tuttavia, l'agricoltura ha ormai perso la fornitura di SO degli allevamenti, la principale responsabile del mantenimento della fertilità. L'attuale sistema produttivo predominante, avendo concentrato gli allevamenti in zone limitate, produce un letame che, anziché apportare benefici al suolo, è causa di inquinamento, per esempio, da eccesso di azoto.

Nei sistemi colturali erbacei senza allevamento la soluzione meno costosa ai fini della reintegrazione degli elementi nutritivi è l'introduzione di colture da sovescio, soprattutto intercalari, basate su specie azotofissatrici. Tuttavia, questa soluzione, pur mantenendo il contenuto di azoto nel suolo su livelli sostenibili, ha il grande difetto di non apportare fosforo. I sovesci devono essere quindi integrati con altri metodi di fertilizzazione, perlopiù concimi e ammendanti organici di origine animale, che sono più costosi ma anche in grado di reintegrare il fosforo ed altri elementi nutritivi, inclusi meso e microelementi.

L'attuale disponibilità di concimi o ammendanti organici comprende letame essiccato o pellettato e letame fresco ma, da un punto di vista chimico-fisico, anche i cumuli biodinamici possono essere considerati come apporti di SO estremamente attivi [35]. Vista la necessità di differenziazione della produzione e le ipotesi di re-inserimento dell'allevamento nei sistemi agricoli biologici, diventata norma effettiva per le produzioni biodinamiche, questa proposta si pone come obiettivo lo studio dell'effetto della distribuzione di letame di varia natura per il miglioramento della fertilità del suolo.

### *Stato dell'arte*

Questo progetto si pone come obiettivo la valutazione sistemica della fertilità di un suolo della collina interna mediterranea in seguito alla introduzione di letame di varia origine e natura. Lo scopo principale verrà conseguito attraverso i seguenti obiettivi parziali:

- Misurazione di selezionati parametri chimico-fisici
- Misurazione di selezionati parametri biologici
- Valutazione integrata di parametri chimico-fisici e biologici della fertilità in relazione a dinamiche di lungo e breve termine (30 e 3 anni)

### *Metodi*

### ***Dispositivo sperimentale generale***

Le attività di ricerca si svolgeranno presso i campi del “Montepaldi Long Term Experiment” (MoLTE, <https://www.dagri.unifi.it/p473.html>), l’esperimento di lungo termine su agricoltura biologica più duraturo di tutta l’area mediterranea. Dalla campagna agraria 2019-20 sarà attivata una rotazione a base di erba medica (varietà da seme), grano tenero (Varietà antiche), farro o miglio con sovescio intercalare multi-specie composto da leguminose, graminacee e crucifere.

### ***Disegno sperimentale***

Verranno messe in atto letamazioni con quattro ammendanti organici di diversa natura più un controllo. Il materiale qui sotto elencato è realmente disponibile per le aziende biologiche ed è stato selezionato in base a i) soluzioni principali adottate da aziende ordinarie ii) al grado di presupposta/attesa efficacia;

- Letame Biodinamico
- Letame umido proveniente da allevamenti a conduzione biologica, addizionato con preparati biodinamici e compostato presso MoLTE
- Letame proveniente da allevamenti a conduzione biologica
- Letame pellettato biologico
- Controllo senza letame

L’esperimento sopra descritto verrà attuato su due campi sperimentali di 130 X 36 mt, che hanno subito in passato diversificate vicende colturali. In particolare, un campo è stato condotto ininterrottamente col metodo biologico dal 1991 mentre l’altro è stato condotto con agricoltura integrata dal 1991 al 2000 e in seguito convertito al metodo biologico. Ogni campo sarà squadrato in tre righe (repliche) e cinque colonne (trattamenti) per un totale di 30 parcelle sperimentali (disegno a blocchi randomizzati).

### ***Metodi per Obiettivo 1*** ***Misurazione dei parametri chimico-fisici***

*Obiettivo 1.1 - parametri di natura chimica.* Verranno misurati il carbonio e l’azoto organico totale, il pH, il pH di scambio, la P2O5 totale e disponibile attraverso i metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (Gazz.Uff. 21 ottobre 1999).

*Obiettivo 1.2 - parametri di natura fisica.* I parametri di natura fisica che verranno misurati saranno: porosimetria a mercurio, per stabilire la distribuzione dimensionale dei pori, granulometria laser, per indagare la stabilità di struttura degli aggregati, densità apparente e resistenza alla penetrazione quali indici riassuntivi e speditivi sintetici.

### ***Metodi per Obiettivo 2***

#### ***Misurazione dei parametri biologici***

I parametri biologici qui sotto riportati sono stati selezionati tra i più innovativi e promettenti bioindicatori che si trovano in letteratura, i.e. lombrichi e formiche, considerati tra i migliori parametri in grado di rappresentare la diversità e la bio-funzionalità dei Phyla di appartenenza, Anellidi e Artropodi, e più in generale della fauna del suolo.

*Obiettivo 2.1 - lombrichi.* Il parametro verrà valutato tramite escavazione, conta, riconoscimento, attribuzione dello stadio di sviluppo e della categoria ecologica dei lombrichi [27].

*Obiettivo 2.2 - formiche.* Il parametro verrà valutato tramite campionamento con trappole a caduta contenenti una soluzione acqua/alcool etilico/glicerolo 23/75/2 in volume [50].

### ***Metodi per Obiettivo 3***

#### ***Valutazione integrata di parametri chimico-fisici e biologici***

Gli indicatori/parametri rilevati saranno considerati simultaneamente con tecniche di analisi multivariata quali analisi delle componenti principali, analisi di cluster e scaling multi-dimensionale. I parametri di natura chimico-fisica e biologica relativi agli obiettivi 1 e 2 saranno integrati a parametri microbiologici misurati con tecniche di metagenomica nell'ambito del progetto DIFFER (ID19) da altri gruppi di ricerca (vedi sezione *Disponibilità delle risorse necessarie all'attività di ricerca*).

La produttività, indispensabile elemento per la sostenibilità dei sistemi agricoli sarà un parametro pivot verso il quale i parametri sopra descritti esplicheranno un effetto.

### ***Risultati attesi e organizzazione temporale***

Riguardo al **primo obiettivo**, i parametri chimico-fisici, oltre a caratterizzare sulla base di **metodiche consolidate** le proprietà di base del suolo, saranno utilizzati anche ai fini della interpretazione dei risultati dei parametri biologici. Riguardo al **secondo obiettivo** la ricerca offrirà conoscenze sulla fertilità biologica, tramite l'applicazione di **metodiche innovati-**

ve per lo studio degli agroecosistemi quali quelle del **campionamento e caratterizzazione di lombrichi e formiche**.

Le attività di ricerca relative ai primi due obiettivi troveranno pieno compimento nella **terza fase** della presente proposta, che comprenderà sia l'**aggregazione dei parametri** fisici, chimici, microbiologici e biologici in un'unica cornice di valutazione sistemica, che la loro **contestualizzazione nelle serie storiche pluridecennali** dell'esperimento di lungo termine.

L'articolazione temporale delle attività di ricerca è riportata nel *timesheet di massima delle attività previste per il dottorando*.

### *Innovazione*

Da un punto di vista **applicativo** le aziende biologiche con coltivazioni erbacee sono interessate ad ottimizzare l'utilizzo di concimi e ammendanti organici per via delle difficoltà di reperimento. Ad esempio, in condizioni di scarsità di matrici organiche da compostare, il basso dosaggio di letame biodinamico (ca. 8 t/ha) rispetto al dosaggio ordinario di letame biologico (ca 30 t/ha) può migliorare il sistema di fertilizzazione.

Da un punto di vista **scientifico**, esistono pochissimi confronti tra sistemi di fertilizzazione biodinamici e biologici. Tra questi, a nostra conoscenza, non ne esiste alcuno che abbia comparato trattamenti con letame proveniente da agricoltura biologica e compostato in loco. Inoltre, il progetto MoLTE è l'unico dispositivo sperimentale in tutta l'area del mediterraneo che disponga di serie storiche pluridecennali su parametri climatici, pedologici, di biodiversità, produttività, etc. e permetta comparazioni tra trattamenti diversi su appezzamenti convertiti al biologico fino da 30 anni fa.

Dal punto di vista della **metodica sperimentale**, la misura di parametri biologici è stata recentemente sollecitata in ambito internazionale in quanto ritenuta capace di fornire fondamentali indici - misurabili e confrontabili - di fertilità e/o qualità del suolo [10]. I lombrichi come bioindicatori della qualità dei suoli sono stati recentemente utilizzati con successo in Europa in analisi comparate di sistemi alternativi di gestione del suolo [27]. Tuttavia, non vi sono studi pubblicati che si occupino di condizioni pedo-climatiche mediterranee. Le formiche, grazie alla loro distribuzione e abbondanza, facilità di raccolta e identificazione, possono essere utilizzate come indicatori di qualità del suolo [18, 53]. Inoltre, le colonie di formiche possono essere viste come un tipo di "superorganismo" perenne, la cui aspettativa di vita (>10 anni in alcuni casi) supera generalmente la durata di vita della maggior parte degli altri invertebrati, rendendo più facilmente rilevabili gli effetti a lungo termine sul funzionamento degli ecosistemi, sebbene la loro importanza sia spesso trascurata nella valutazione della sostenibilità degli agroecosistemi.

### *Interdisciplinarietà*

Per sua stessa natura, la fertilità del suolo è una caratteristica complessa che richiede un approccio multidisciplinare, con attività di indagine e misurazione che spazia in diverse discipline quali la scienza del suolo (chimica-fisica), la biologia, l'agronomia, l'analisi numerica e la gestione dei dati [10]. Tutte le suddette componenti sono presenti nella presente proposta come illustrato nelle sezioni precedenti.

### ***Intersettorialità***

La ricerca si avvarrà della collaborazione e supervisione di esperti appartenenti a vari settori scientifico-disciplinari:

- Prof. Giacomo Santini, professore associato presso il Dipartimento di Biologia Univ. Firenze, BIO/07 Ecologia, esperto in Artropodi ed ecologia
- Dr. Luigi Paolo D'Acqui ricercatore presso l'Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri IRET-CNR, esperto di fisica, porosità e dinamiche di stabilità strutturale del suolo,
- Dr Ottorino-Luca Pantani. Ricercatore a tempo indeterminato presso DAGRI, Univ.Firenze, AGR/13 chimica agraria, esperto in chimica del suolo e analisi numerica.
- Prof. Joséphine Peigne, professoressa associata e coordinatrice dell'Unità Agroecologia e ambiente presso ISARA-Lyon, esperta in scienze agronomiche e valutazione agro-ambientale
- Dr. Jean-François Vian, agronomo ricercatore presso ISARA-Lyon, esperto in ecologia del suolo, fertilità dei suoli agricoli, lombrichi e esperimenti di campo.

### ***Internazionalità***

Le attività della presente proposta saranno svolte in collaborazione con l'Università ISARA-Lyon (Francia), struttura che ha già collaborato con il DAGRI nell'ambito del progetto europeo H2020 CoreOrganic plus FertilCrop (<https://www.fertilcrop.net/fc-home-news.html>), che ha ricevuto nel novembre 2019 il premio internazionale "Best CORE Organic Research Project". All'interno dei laboratori e dei campi sperimentali della struttura ospitante, il dottorando/a potrà incrementare le proprie competenze in materia di valutazione di fertilità del suolo focalizzandosi sugli indicatori biologici. È previsto un periodo di soggiorno di almeno 6 mesi presso ISARA-Lyon. Inoltre, è prevista l'opportunità di passare periodi ulteriori di approfondimento

nell'ambito della vasta rete NET-Leaf, presentata nella sezione *Disponibilità delle risorse necessarie all'attività di ricerca*.

### 6.3 Descrizione delle risorse disponibili o acquisibili per supportare l'attività prevista per il dottorando

#### *Disponibilità delle risorse necessarie all'attività di ricerca*

##### *Fondi*

Il sottoscritto Cesare Pacini dichiara di essere Coordinatore di un progetto triennale decretato finanziabile dal MIPAAF in data 19/12/2020. Tale progetto, dal titolo "Diversità, fertilità e resilienza in sistemi agro-zooforestabili sostenibili (DIFFER(ID19))", prevede che i campi MoLTE costituiscano il sito sperimentale principale ed il fulcro disseminativo dei risultati della ricerca verso altre aziende. DIFFER(ID19) è stato finanziato per un totale di 277'000 euro, di cui 185'000 destinati a UniFi, raggiungendo sia il punteggio massimo fra i progetti presentati, incluse tutte le tematiche e a livello nazionale, che il primo posto nella graduatoria approvata dal MIPAAF.

La presente proposta è stata sviluppata per essere pienamente integrata nelle attività di ricerca di DIFFER(ID19) e creare sinergie con le altre attività del progetto. DIFFER(ID19) prevede fondi per un assegno di ricerca della durata di tre3 anni che possono finanziare le attività di un dottorando nella modalità *in sovrannumero*. Il fondo VAZSIMBI08 potrà fornire ulteriori risorse per coprire gli ultimi mesi del programma, quelli oltre la data di termine del progetto DIFFER(ID19).

In DIFFER(ID19) sono anche disponibili ulteriori fondi triennali per una borsa di ricerca a sostegno della sperimentazione sui campi MoLTE e quindi a integrazione, supporto, sostegno ed estensione della presente proposta e in particolar modo per le attività relative agli obiettivi 1.1 e 1.2 sopra descritte. In DIFFER(ID19) sono anche previsti fondi sia per la misurazione dei parametri di natura microbiologica relativi all'obiettivo 3 di questa proposta che per coprire le spese di missione. A questa disponibilità di fondi, si aggiunge la partecipazione di UNIFI e ISARA-Lyon a Net-LEAF, Network of Long-term Experiments on Agroecology and organic Farming, un consorzio di 60 istituzioni da 33 nazioni, che si è costituito al fine di proporre una COST action alla prossima chiamata dell'aprile 2020.

##### *Campi sperimentali*

Per lo svolgimento delle attività di ricerca di questa proposta, sono a disposizione i campi dell'esperimento di lungo termine MoLTE. La copertura finanziaria di base per la sperimentazione nei campi MoLTE è garantita dal progetto DIFFER(ID19). Durante il periodo all'estero frequenterà i cam-

pi sperimentali della struttura ospitante ISARA-Lyon tramite un accordo gratuito di collaborazione.

### *Laboratori e relativa strumentazione*

Le attività per il conseguimento dell'Obiettivo 1.1, parametri chimici saranno svolte usufruendo degli strumenti e competenze già presenti nelle strutture ed i laboratori del DAGRI (sezione scienza del suolo e della pianta) sotto la supervisione del Dr. Ottorino Luca Pantani. Per quanto riguarda le analisi descritte al punto Obiettivo 1.2, parametri di natura fisica, sono già stati presi accordi di natura finanziaria e organizzativa con il Dr. Luigi Paolo D'Acqui ricercatore presso l'Istituto di Ricerca sugli Ecosistemi Terrestri IRET-CNR.

Inoltre, durante il periodo all'estero è prevista la frequentazione dei laboratori della struttura ospitante ISARA-Lyon tramite un accordo gratuito di collaborazione.

### *Analisi dei dati*

Il trattamento, la gestione e l'analisi dei dati rilevati verrà condotto con le tecniche di Reproducible Research [23], verrà gestito dal dottorando/a con la supervisione e la collaborazione del Dr. Ottorino Luca Pantani, con software opensource dedicato (R, LaTeX, GIT, etc.).

### *Rete di collaborazione di ricerca internazionale*

Il dottorando/a avrà la possibilità di accedere ad una rete di collaborazione tra esperimenti di lungo termine su agricoltura biologica assai vasta. La rete, denominata Net-LEAF, è costituita da 60 istituzioni da 33 nazioni ed è stata organizzata e attualmente gestita da un core group di sette docenti e ricercatori europei tra i quali è incluso il Prof. Pacini.



## 6.4 Progetto di ricerca di dottorato

### *Strategie di fertilizzazione del suolo basate su pratiche agroecologiche in un esperimento biologico di lungo termine*

#### *Candidata:*

Margherita Santoni (Scheda personale):

<https://www.dottoratoscienzeagricarieambientali.unifi.it/p332.html>

#### *Key words*

Strategie di fertilizzazione; agricoltura biologica; agricoltura biodinamica; esperimento di lungo termine

#### *Introduzione e stato dell'arte*

Nonostante i principi fondamentali dell'agricoltura biologica affermino la necessità di interconnessioni funzionali tra le colture e la produzione animale, i sistemi di agricoltura biologica nel bacino del Mediterraneo non posseggono tale requisito [11]. Già nel 2008 Stinner et al. [37] hanno rilevato che il numero di agricoltori che effettuano coltivazioni biologiche senza produzione animale in azienda era in aumento. La gestione della fertilità del suolo e della nutrizione delle colture in sistemi biologici senza bestiame sono particolarmente difficili [4, 13, 37] e ciò è dovuto principalmente alla scarsa disponibilità di sostanza organica di origine animale.

Negli agroecosistemi biologici senza bestiame, la conservazione della fertilità del suolo risulta dunque un aspetto chiave delle strategie di gestione che massimizzino le capacità del sistema agricolo nel resistere a fluttuazioni delle condizioni ambientali nel lungo periodo. Tuttavia, bisogna tenere conto che l'attuale sistema produttivo ha concentrato gli allevamenti in zona limitate, con conseguente ristretta disponibilità di letame. I costi di trasporto del letame hanno limitato, se non azzerato, la distribuzione di sostanza organica sui suoli coltivati. Ciò ha costretto gli agricoltori a sostituire parzialmente le sorgenti di fertilità interne al sistema con input organici esterni. Questo approccio porta al fenomeno noto come "convenzionalizzazione dell'agricoltura biologica" [16]. Si rende dunque necessaria la messa a punto di nuovi modelli di produzione che superino il dualismo tra produzioni vegetali e animali, ricollegando e richiudendo le catene di produzione e di riutilizzo degli elementi nutritivi.

L'attuale disponibilità di concimi o ammendanti organici comprende letame essiccato o pellettato e letame fresco ma, da un punto di vista chimico-

fisico, anche i cumuli biodinamici possono essere considerati come apporti di sostanza organica estremamente attivi [35]. L'agricoltura biodinamica è stata introdotta come forma alternativa di agricoltura dal filosofo austriaco Rudolf Steiner [14] e si basa su un sistema di produzione chiuso che comprende l'elemento animale all'interno dell'azienda, riproducendo un modello agroecologico in grado di raggiungere elevati livelli di efficienza ambientale e di redditività economica (Bioreport, 2018).

Dato che al momento attuale il contesto socio-culturale ha impedito l'ampia diffusione del metodo biodinamico, appare necessario sperimentare e validare in un contesto scientifico anche i cumuli biodinamici e conseguentemente promuoverne l'adozione presso gli agricoltori. Da qui la necessità di indagare su una gamma di soluzioni fertilizzanti per il miglioramento della fertilità del suolo in sistemi biologici che comprendono anche tecniche di agricoltura biodinamica.

Infine, dato che le principali obiezioni alla proposta secondo cui l'agricoltura biologica e biodinamica possono contribuire in modo significativo all'approvvigionamento alimentare globale sono le basse rese [51], si andrà ad indagare come diverse strategie di fertilizzazione possano influire sulla produttività colturale, analizzando anche i dati storici di produttività dell'esperimento di lungo termine MoLTE che compara agricoltura biologica con agricoltura convenzionale e in cui si svolgerà la sperimentazione.

### *Obiettivi*

Date le condizioni sopra illustrate, gli obiettivi della ricerca sono:

- Il confronto tra sistemi produttivi convenzionali e biologici in termini di produttività in un esperimento di lungo termine correlando i risultati con le condizioni climatiche e i livelli di fertilità del suolo.
- La valutazione della fertilità del suolo in seguito alla introduzione di letame di varia origine e natura attraverso la misurazione di selezionati parametri chimico-fisici e biologici.
- La valutazione integrata dei suddetti parametri chimico-fisici e biologici.

### *Materiali e metodi con articolazione temporale delle diverse fasi del progetto*

La sperimentazione si svolgerà presso il dispositivo sperimentale del "Montepaldi Long Term Experiment" (MoLTE), l'esperimento di lungo termine su agricoltura biologica più duraturo di tutta l'area mediterranea. La rotazione

prevista comprenderà erba medica da seme, grano tenero antico, farro e trifoglio da seme. Verranno messe in atto letamazioni con quattro ammendanti organici di diversa natura più un controllo. Il disegno sperimentale prevede le seguenti letamazioni:

- Letame Biodinamico
- Letame umido proveniente da allevamenti a conduzione biologica, addizionato con preparati biodinamici e compostato presso MoLTE
- Letame proveniente da allevamenti a conduzione biologica
- Letame pellettato biologico
- Controllo senza letame

L'esperimento verrà attuato su due campi sperimentali di 130 X 36 mt, uno condotto ininterrottamente col metodo biologico dal 1991 e l'altro condotto con agricoltura integrata dal 1991 al 2000 e in seguito convertito al metodo biologico. Ogni campo sarà squadrato in tre righe (repliche) e cinque colonne (trattamenti) per un totale di 30 parcelle sperimentali (disegno a blocchi randomizzati). Il progetto di ricerca si svilupperà nel corso di tre anni e sarà articolato in accordo ai work-packages (WP) e tasks sottoelencati:

WP0: Coordinamento generale del progetto. Il WP0 coordinerà tutte le attività del progetto di dottorato al fine di garantire una gestione adeguata dei workpackages assicurando la comunicazione, la collaborazione e il flusso di informazioni; inoltre effettuerà dei controlli sul raggiungimento degli obiettivi e verificherà i risultati conseguiti.

WP1: Identificazione stato dell'arte. Il WP1 effettuerà una ricerca bibliografica sulle strategie di fertilizzazione del suolo basate su pratiche agroecologiche, nonché sullo stato dell'arte dei parametri studiati nel WP2. Inoltre, grazie a un database storico di produttività del MoLTE, verrà redatto un confronto tra sistemi produttivi convenzionali e biologici correlando i risultati con le condizioni climatiche e i livelli di fertilità del suolo.

WP2: Misurazione dei parametri chimico-fisici e biologici:

- Task 2.1: Misurazione dei parametri di natura chimica. Verranno misurati il carbonio e l'azoto organico totale, il pH, il pH di scambio, la P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> totale e disponibile attraverso i metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (Gazz.Uff. 13 settembre 1999).
- Task 2.2: Misurazione dei parametri di natura fisica. I parametri di natura fisica che verranno misurati saranno: porosimetria a mercurio, granulometria laser, densità apparente e resistenza alla penetrazione.

- Task 2.3: Misurazione dei parametri biologici. I parametri di natura biologica che verranno misurati come bioindicatori della qualità del suolo saranno: lombrichi tramite conta, riconoscimento e attribuzione dello stadio di sviluppo [27]; formiche, carabidi e ragni tramite campionamento con berlesi e successiva stima dell'indice biologico di qualità del suolo (QBS) [22, 44].

WP3: *Valutazione integrata di parametri chimico-fisici, biologici e di produttività*. Il WP3 integrerà i parametri dei vari Task del WP2 con i valori di produttività delle colture. La produttività sarà un parametro pivot verso il quale i parametri sopra descritti esplicheranno un effetto e verrà valutata tramite campionamento parcellare. La correlazione tra i vari parametri sarà effettuata tramite tecniche di analisi multivariata quali analisi delle componenti principali, analisi di cluster e scaling multidimensionale.

WP4: *Raccolta dati ed elaborazione*. Sulla base dei risultati ottenuti dal WP2 e WP3 e la relativa correlazione con dati meteorologici, pedologici e di utilizzo del suolo, verrà effettuata l'elaborazione con strumenti statistici.

WP5: *Divulgazione dei risultati*. All'interno del WP5 verranno redatti annualmente report ed articoli scientifici per divulgare i risultati ottenuti dai precedenti WP.

### *Articolazione temporale delle attività previste*

Anno1: Nel primo anno verranno attivati i WP0 e WP1. Il WP0 prevedrà un coordinamento generale di tutte le attività che dovrà poi essere mantenuto per l'intera durata della ricerca, mentre il WP1 si concluderà entro il mese 6. Già a partire dal primo mese del primo anno si attiverà anche il WP2 in cui inizierà la raccolta dati e successiva elaborazione tramite WP4.

Anno2: Nel secondo anno si continuerà con la raccolta dati riferita al WP2 e successiva elaborazione statistica tramite WP4. Inoltre, si inizierà la valutazione integrata dei parametri tramite WP3.

Anno3: Nel terzo anno si concluderanno le attività del WP2, WP3 e del WP4. Conseguentemente al termine delle attività dei WP, verranno divulgati annualmente i risultati ottenuti dalla sperimentazione scientifica attraverso report e articoli come da WP5.

### *Principali risultati previsti*

Questo progetto permetterà di implementare le conoscenze relative alle strategie di fertilizzazione organiche. Tramite il primo obiettivo del progetto sarà possibile avere chiaro l'evolversi nel lungo periodo delle produttività colturali nel dispositivo MoLTE, per poter meglio valutare le nuove strategie di fertilizzazione introdotte a partire dalla campagna 2020-2021. Tramite il secondo obiettivo del progetto si cercherà di comprendere quali siano le migliori

forme sostenibili di gestione della sostanza organica che meglio supportino la fertilità chimica, fisica e biologica del suolo integrando tali risultati con la produttività delle colture. Tali strategie di fertilizzazione saranno valutate sia attraverso metodiche consolidate per lo studio delle proprietà base del suolo, sia attraverso metodiche innovative come per i parametri biologici del suolo valutati all'interno di agroecosistemi. Infine, tramite il terzo obiettivo, si avrà una valutazione sistemica integrata dei parametri chimico-fisici e biologici del suolo che porterà all'implementazione delle conoscenze sulle strategie di fertilizzazione organica con pratiche agroecologiche.

La candidata, come da graduatoria allegata nella pagina successiva, è risultata idonea, a seguito della richiesta per il dottorato in sovrannumero.



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE

Albo ufficiale di Ateneo  
Repertorio n. 8582/2020  
Prot. n. 129936 del 10/09/2020

AREA  
SERVIZI ALLA  
DIDATTICA

DOTTORATO

Prot. n. 129894

Decreto n. 951

Anno 2020

**IL RETTORE**

- Visto il Bando per l'ammissione ai Corsi di Dottorato di Ricerca del XXXVI ciclo a.a. 2020/2021, emanato con D.R. rep. n. 628, prot. n. 80610 del 10 giugno 2020;
- visto il Regolamento di Ateneo in materia di Dottorato emanato con D.R. rep. 670, prot. n. 47910 del 4 luglio 2013 e in particolare gli artt. 11, 12 e 13 inerenti le modalità di ammissione ai corsi di dottorato;
- visto il D.R. n. 735 prot. n. 97576 del 10 luglio 2020 di nomina della Commissione giudicatrice del concorso di ammissione al Corso di Dottorato di Ricerca **Scienze Agrarie e Ambientali** del XXXVI ciclo afferente all'area Tecnologica;
- constatata la regolarità formale della procedura concorsuale;

**DECRETA**

di approvare gli atti del concorso per l'ammissione al Corso di Dottorato di Ricerca in **SCIENZE AGRARIE E AMBIENTALI – CICLO XXXVI**, con la seguente graduatoria di merito:

**POSTI A CONCORSO: 7**

Con borsa: 6 Università di Firenze

Senza borsa: 1

	COGNOME	NOME	PUNTEGGIO FINALE	RISULTATO	
1.	Benigno	Alessandra	115/120	Vincitore con borsa	
2.	Alderotti	Francesca	107/120	Vincitore con borsa	
3.	Truschi	Stefania	104/120	Vincitore con borsa	
4.	Di Lonardo	Claudia	102/120	Vincitore con borsa	
5.	Macchiavelli	Tania	100/120	Vincitore con borsa	
6.	Scicutella	Federica	99/120	Vincitore con borsa	
7.	Cataldo	Eleonora	98/120	Vincitore senza borsa	
8.	Ciani	Matilde	96/120	Idoneo	Precede per minore età
8.	Santoni	Margherita	96/120	Idoneo	
10.	Garosi	Cesare	93/120	Idoneo	
11.	Marinelli	Antonella	89/120	Idoneo	Precede per minore età
11.	Paci	Lorenzo	89/120	Idoneo	
13.	Innocenti	Agnese	88/120	Idoneo	
14.	Pirrone	Antonino	86/120	Idoneo	
15.	Garlatti	Silvia	85/120	Idoneo	Precede per minore età
15.	Bulzinetti	Maria Alexandra	85/120	Idoneo	

Firenze, 10 settembre 2020

La Dirigente dell'Area  
F.to Dott.ssa Maria Orfeo

IL RETTORE  
F.to Prof. Luigi Dei

## 6.5 Report della attività del primo semestre di dottorato



PHD IN AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES – XXXV CYCLE

PHD STUDENT: MARGHERITA SANTONI

TUTOR: PROF. GAIO CESARE PACINI

CO-TUTOR: N.A.

TITLE: SOIL FERTILIZATION STRATEGIES BASED ON AGROECOLOGICAL PRACTICES IN AN ORGANIC LONG-TERM EXPERIMENT

Report on activities during the first half of the first year (1<sup>st</sup> November, 2020/30<sup>th</sup> April 2021)

Goals in the first half of the first year from Regulation doctoral activities:

Definition of the **topic of thesis** and the **state of the art**. Identification of **targets and analysis of the methodological** processes. Development of **experimental design and statistical** analysis protocol. Starting the experimental part, with laboratory practice and field survey methods and study techniques.

End of 1st half. Written presentation of the PhD project, defining the aims, the state of the art, the methods provided for the research, the expected results. Development of a time schedule of activities, with critical analysis and possible adjustments.

The written reports of the student must be prepared in English

**Aim:**

The PhD project aims at carrying out a systemic fertility assessment of a soil typical of Mediterranean internal hilly land that was fertilized with different strategies.

Specific aims are as follows:

1. Assessing soil fertility by introducing different types of manure according to the quantities of selected soil chemical (i.e. C, N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, organic matter) and soil physical parameters (i.e. bulk density, penetration resistance, spade tests, laser diffraction granulometry, aggregate stability and pore size distribution)
2. Assessing soil fertility by introducing different types of manure according to the presence of selected soil biological parameters (i.e. earthworms, ants, carabid beetles and spiders).
3. An integrated assessment of soil chemical-physical-biological parameters and crop productivity.

Moreover, the PhD project aims to investigate the long-term dynamics of organic and conventional agriculture.

**State of the art:**

Despite the basic principles of organic farming affirm that a functional interconnection between crop and animal production is needed, organic farming systems in the Mediterranean area are often stockless (Canali and Speiser, 2005). Stinner et al. (2008) found that the number of European farmers who are operating stockless organic crop rotations has been increasing.

It is well known that soil fertility and crop nutrition management in organically managed stockless systems are particularly difficult (Berry et al., 2002, Cormack et al., 2003, Stinner et al., 2008), and this is mainly because of the scarcity of organic matter and nutrients of animal origin.

In organically managed stockless systems, soil fertility is an important element required to maximize the long-term systems resilience to climatic and environmental variations.

The current production system has concentrated livestock farms in limited areas, resulting in a limited availability of manure, mainly because of manure transport costs. This led organic farmers to replace the internal farm fertilizers with external organic inputs. This approach leads to the phenomenon known as “conventionalization of organic farming” (Darnhofer et al., 2010).

Therefore, it is necessary to develop a new production model that overcomes the dualism between plant and animal production, which aims to reconnect and close the nutrients cycle.

Current availability of organic fertilizer includes dried or pellet manure, fresh manure but, from a chemical-physical standpoint, also biodynamic compost can be considered as a source of active organic matter (Mäder et al. 2002).

Biodynamic agriculture was presented as an alternative form of agriculture in 1924 by the Austrian philosopher Rudolf Steiner (Steiner, 1993) and is based on a closed production system which includes the animal element within the farm. Biodynamic agriculture aims to reproduce an agroecological model focused on a reduction of energy consumption capable of achieving high levels of environmental efficiency and economic profitability (Bioreport, 2018).

Since the socio-cultural context has prevented a wide diffusion of the biodynamic method, it seems necessary to investigate in a scientific context a range of fertilizer solutions for improving soil fertility in organic systems including also biodynamic compost.

**Planned methodology:**





The experimental site is located in the “Montepaldi Long Term Experiment” (MoLTE). This experiment is unique in Tuscany and in Italy and over all the Mediterranean area for its duration period and quantity of data collected and results (<https://www.dagri.unifi.it/vp-475-molte.html?newlang=eng>).

The organic systems rotation scheme consists in alfalfa – ancient common wheat – spelt – clover.

The experimental design includes the following fertilization strategies:

- Biodynamic compost
- Fresh organic manure added with biodynamic preparations
- Fresh organic manure
- Pellet manure
- Control without manure

The experimental design consists in two differently managed systems, which differ between each other in the time they were converted into organic. The “Old Organic” has been converted into organic in 1991, while the “New Organic” has been converted in 2001.

The experimental design is a randomized complete block design with three replications of five fertilization treatments (each plot is 9x36 m<sup>2</sup>). In September 2020 the five fertilization treatments have been delivered to the plots.

The sampling activities have been starting in March 2021. In Table 1 is summarized a time schedule of activities for the PhD project.

Table 1 Schedule of activities to assess soil chemical, soil physical and soil biological parameters in the MoLTE

Parameters / Time	T0 - 2020	T1 - 2021	T2 - 2022	T3 - 2023
Soil chemical parameter				
Chemical analysis (C, N, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , organic matter)	September	September	September	September
Soil physical parameters				
Bulk density		March-April	March-April	March-April
Pore size distribution		March-April	March-April	March-April
Laser diffraction granulometry		March-April	March-April	March-April
Aggregate stability		March-April	March-April	March-April
Spade test		March-April	March-April	March-April
Penetration and resistance	October	March-April and October	March-April and October	March-April and October
Soil biological parameters				
Earthworms	March-April and October	March-April and October	March-April and October	March-April and October
Ants, carabid beetles and spiders		April-May	April-May	April-May



Crop productivity				
Crop yield		June-July	June-July	June-July

Results from T0 and T1 are currently being processed. Moreover, the PhD project aims to investigate the long-term dynamics of organic and conventional agriculture. The Montepaldi Long Term Experiment, whose purpose is comparing the performances of organic and conventional systems, has 30 years of crop productivity, climatic and soil fertilization data in organic and conventional agricultural systems which can be used for future analysis. A systemic integrated assessment comparing the performances of organic and conventional systems in terms of crop productivity, soil fertility and climatic variations during the 30 years of the trial is currently being performed.

**Expected results:**

This project aims to implement knowledge on soil fertilization strategies based on agroecological practices in an organic long-term experiment. It could lead to a better understanding of organic matter management that support chemical, physical and biological soil fertility combined with crop productivity. Moreover, the project aims to investigate the long-term dynamics of organic and conventional agriculture, to have a clear view of the long-term evolution of crop productivity in the MoLTE, in order to better evaluate the new fertilisation strategies introduced from 2020-2021.

**Publications:**

During the first half of the first year of the PhD, I carried out a literature review on biodynamic agriculture. On April 23rd, it was submitted to the journal Organic Agriculture (Springer). The title is: A review of scientific research on Biodynamic Agriculture; Authors: Margherita Santoni, Lorenzo Ferretti, Paola Migliorini, Concetta Vazzana, Gaio Cesare Pacini.

**Timetable:**

Table 2 Phd-timetable from November 2020 to October 2023

	1 <sup>st</sup> year						2 <sup>nd</sup> year						3 <sup>rd</sup> year					
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36
State of the art																		
Assessing soil fertility (soil chemical, physical and biological parameters)																		
Integrated assessment of soil chemical-physical-biological parameters and crop productivity																		





**PHD IN AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES – XXXV CYCLE**

**PHD STUDENT: MARGHERITA SANTONI**

**TUTOR: PROF. GAIO CESARE PACINI**

**INTERNAL REVIEWER: PROF. GIACOMO SANTINI**

**TITLE: SOIL FERTILIZATION STRATEGIES BASED ON AGROECOLOGICAL PRACTICES IN AN ORGANIC LONG-TERM EXPERIMENT**

**Internal reviewer approval for PhD report on activities during the first half of the first year (1<sup>st</sup> November, 2020/30<sup>th</sup> April 2021)**

**PROF. GIACOMO SANTINI**

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Giacomo Santini', is written below the printed name.



**PHD IN AGRICULTURAL AND ENVIRONMENTAL SCIENCES – XXXV CYCLE**

**PHD STUDENT: MARGHERITA SANTONI**

**TUTOR: PROF. GAIO CESARE PACINI**

**INTERNAL REVIEWER: DR. JEAN-FRANÇOIS VIAN**

**TITLE: SOIL FERTILIZATION STRATEGIES BASED ON AGROECOLOGICAL PRACTICES IN AN ORGANIC LONG-TERM EXPERIMENT**

**Internal reviewer approval for PhD report on activities during the first half of the first year (1<sup>st</sup> November, 2020/30<sup>th</sup> April 2021)**

I reviewed the work of Margherita Santoni on the effect of different types of organic fertilizers on soil quality and crop performances in organic farming. The objective of the experiment and the methodology are clearly defined. Further clarifications must be given on the different soil and organic matter analysis. This might be done during future exchanges with Margherita Santoni and her professor Gaio Cesare Pacini.

I approve this first report of Margherita Santoni.

**DR. JEAN-FRANÇOIS VIAN**



**SCHEDE TECNICHE  
DIVULGATIVE  
(ALLEGATO 6)**





## 7.1 Campionamento dei lombrichi

### *Le tre categorie ecologiche*

Ci sono più di 4000 specie di lombrichi nel mondo, circa 400 in Europa di cui circa 40 nelle nostre latitudini (Svizzera, Germania). Bouché [8] in Francia e Lee [33] in Australia hanno definito le categorie ecologiche dei lombrichi. Inizialmente, le specie erano caratterizzate tenendo conto di criteri morfologici, demografici, ecologici e anatomici. Successivamente, Lee e Forster [32] hanno incluso caratteristiche comportamentali e nel corso degli anni tre categorie hanno semplificato l'identificazione dei gruppi ecologici. Alcune specie possono avere proprietà miste sia dal punto di vista morfologico che comportamentale.

### *Esigenze ecologiche*

Fattori specifici del sito come pH del terreno, contenuto di sostanza organica, tessitura, utilizzo del suolo e pratiche agricole influenzano la presenza e l'abbondanza dei lombrichi. Il diverso modo di vivere e le loro preferenze spaziali determinano approssimativamente le tre categorie ecologiche e la loro differente posizione nei diversi strati di suolo.

- Specie epigee (Nella lettiera, lunghezza 2-6 cm): decompongono la materia organica fresca vicino alla superficie del suolo. Sono piccoli e di colore nero-rosso. Preferiscono vivere nei luoghi come: praterie, foreste e compostiere, raramente presenti nei suoli coltivati a causa della mancanza di lettiera permanente sulla superficie. Hanno un tasso di riproduzione importante ma una vita breve.
- Specie endogee (vivono poco in profondità, fino a 18 cm di lunghezza): decompongono la sostanza organica nel suolo e vivono in gallerie orizzontali nella zona dove si sviluppano le radici. Sono pallidi, non pigmentati. Il loro tasso di riproduzione è limitato (8-12 bozzoli/anno) e la durata della vita è media (3-5 anni).
- Specie aneciche (vivono in profondità, 15-45 cm di lunghezza): portano porzioni di piante dalla superficie del suolo in profondità attraverso i loro cunicoli verticali (diametro di 8-11 mm), dove le decompongono parzialmente e si alimentano. A causa del loro comportamento, sono particolarmente sensibili alla lavorazione del suolo, soprattutto quando queste sono effettuate durante la loro attività. La velocità di riproduzione è limitata e la durata della vita è lunga. Le specie aneciche di *Nicodrilus* sono grandi e di colore bruno-nero. Gli adulti possono depositare le loro feci sulla superficie del suolo. Le specie aneciche

Lumbricus sono grandi e di colore rosso-bruno. Gli adulti depositano le loro feci dentro o sulla superficie del suolo.

### *Vantaggi e svantaggi delle tecniche di campionamento*

I lombrichi possono essere estratti dal suolo versando sulla superficie una soluzione irritante composta da formalina, senape o isotiocianato di allile, la quale scorre nei pori del suolo e nei cunicoli formati dai lombrichi. Quando la soluzione entra in contatto col lombrico, ne irrita la pelle e provoca la sua risalita sulla superficie del suolo. Tuttavia, i lombrichi possono nascondersi in nicchie, dove la soluzione irritante non può entrare, quindi è spesso necessario scavare il suolo a mano per un campionamento più preciso degli individui (Tabella 7.1). A seconda della posizione preferita dai lombrichi e della tipologia di cunicoli, l'utilizzo dell'irritante è utilizzato principalmente nella ricerca di specie aneciche, ma ciò comporta il rischio di sottostimare la presenza degli endogei.

La combinazione dei due metodi (soluzione irritante e selezione manuale) è considerata come più precisa nel rilevare l'abbondanza e la diversità dei lombrichi.

L'estrazione con una soluzione irritante porta una gran parte dei vermi sulla superficie, dove possono essere raccolti facilmente. L'uso della soluzione di senape è meno efficiente rispetto alla formalina o all'isotiocianato di allile, ma in combinazione con la selezione manuale, quasi tutti i lombrichi possono essere trovati e campionati. Un'altra difficoltà è la standardizzazione della concentrazione di senape. Il vantaggio nell'utilizzo della senape è la sua disponibilità e la sua non pericolosità per gli utenti.

L'efficacia di estrazione delle soluzioni irritanti differisce molto.

Frund e Jordan [19] riportano la seguente classifica:

- Senape da tavola
- Senape in polvere = semi di senape
- Formalina

È possibile combinare l'estrazione dei lombrichi col test della vanga selezionando manualmente prima i lombrichi presenti nella zolla estratta e poi utilizzare l'estrazione tramite senape nella scavo effettuato. Tuttavia, le vibrazioni causate dallo scavo e il prelievo del campione con la vanga possono causare la fuga di alcuni lombrichi in aree dove non possono più essere raggiunti.

Questo approccio può quindi portare a numeri più bassi o maggiormente variabili.

Tabella 7.1: *Confronto dei due metodi di campionamento dei lombrichi*

	<b>Estrazione</b>	<b>Selezione manuale</b>
<b>Efficienza</b>	Preciso	Molto preciso
<b>Specie selezionate</b>	Specie aneciche (profondi)	Specie endogee (poco profondi)
<b>Materiale necessari</b>	Materiali e logistica con requisiti di elevata qualità	Bassi requisiti per quanto riguarda i materiali
<b>Tempo richiesto</b>	Relativamente veloce, 25-30 minuti	Maggior tempo richiesto (1-2ore)
<b>Disturbo nel suolo</b>	Nessuno/basso (a seconda della soluzione)	Basso
<b>Lesioni per i lombrichi</b>	Formalina: tossica; Senape e isotiocianato di allile: alto tasso di sopravvivenza	Alcuni lombrichi possono essere feriti scavando manualmente
<b>Area di esame</b>	Grande, anche se su forti pendenze non è possibile l'estrazione	Piccola (specialmente se il campionamento è associato al test della vanga)

### *Condizioni sperimentali*

La presenza e l'attività dei lombrichi variano molto a seconda del meteo, della stagione e delle lavorazioni del terreno. Le seguenti condizioni devono essere prese in considerazione per il campionamento di lombrichi:

- Il momento ideale per fare il campionamento dei lombrichi è il loro periodo di massima attività (marzo-aprile e settembre-ottobre in Europa centrale).
- Poiché il sito è disturbato, non campionare sempre nello stesso posto. Campionare comunque prima delle pratiche agricole che disturberanno il suolo.
- Per l'eterogeneità del suolo e a causa di un'elevata variabilità generale, si raccomandano da 4 a 6 repliche per campo.
- Il disegno di campionamento dovrebbe essere adattato alla specifica domanda alla quale si vuole rispondere nel progetto di ricerca.

Nelle seguenti condizioni, individui della popolazione di lombrichi sono più difficili o impossibili da trovare (Figura 7.1):

- Terreno secco, troppo umido o saturo d'acqua.
- Caldo o temperature sotto lo zero.
- Nei terreni argillosi pesanti, l'estrazione è difficile.
- Nei terreni sabbiosi i lombrichi si presentano in numero più basso.

### *Istruzioni per il test della vanga seguito dall'estrazione dei lombrichi*

L'estrazione dei lombrichi può essere combinata con il test della vanga, che si basa sull'approccio di Capowiez [58].

Vi sono alcuni potenziali effetti collaterali negativi della combinazione di questi due strumenti di valutazione della fertilità del suolo sull'efficacia del campionamento. Dopo lo scavo del suolo per il test della vanga dal volume di 30 \* 30 \* 30 cm, i lombrichi e i macropori causati dal loro movimento possono essere individuati nella parte inferiore della buca da cui è stato prelevato il campione. Questi indicano l'attività e la densità di organismi che vivono in profondità nel suolo. Il campione di suolo può essere descritto secondo il protocollo sul test della vanga presente nella scheda tecnica di FertilCrop dal titolo "Test della vanga per valutare la struttura del suolo" e



Figura 7.1: *Durante il freddo invernale e la siccità estiva i lombrichi di profondità rimangono arrotolati e inattivi (ibernazione, periodi di stasi). Foto: K. Huber*

in seguito viene fatta una selezione manuale dei lombrichi presenti. Quindi la soluzione irritante viene versata nella buca ottenuta seguendo le istruzioni sopra riportate per raccogliere i lombrichi.

Nel progetto Fertilecrop, la selezione manuale è stata fatta prima dell'estrazione tramite soluzione irritante.

### *Materiale*

- Guida per determinazione/identificazione delle categorie/specie
- Metro
- Vanga
- Foglio di plastica
- Guanti di plastica
- Barattoli di vetro
- Pennarello indelebile
- Carta e penna
- Fotocamera

- Cronometro
- Annaffiatoio
- Tanica con 9 litri di acqua (necessaria per tre estrazioni)
- 2 piccoli vasi di senape commerciale (150g \* 2) (per 9 litri di acqua)
- Bilancia da laboratorio
- Soluzione di Formalina al 4%
- Filtri di carta

### *Preparare la soluzione a base di senape*

- Per ogni estrazione, diluire 2 piccoli vasetti di senape commerciale (150 g \* 2) in un annaffiatoio con 10 litri di acqua.
- Per ogni punto di campionamento: applicare versando in totale circa 10-20 litri di senape diluita.

### *Selezione manuale*

- Scavare un volume di 30 \* 30 \* 30 cm di terreno e mettere il campione sul foglio di plastica.
- Osservare le radici, poiché spesso i lombrichi si nascondono tra queste.
- Sommare il numero di lombrichi trovato in questo campionamento, con quelli del precedente.

### *Contare i cunicoli dei lombrichi*

- Pulire e livellare la superficie nella parte inferiore della buca con un coltello affilato per rendere visibili i lombrichi e i loro cunicoli.
- Contare i macropori aperti sull'area totale di 30 \* 30 cm

\*Utilizzare una cornice per limitare l'area di campionamento.

### *Misurare l'infiltrazione*

- Posizionare il metro in un'area pulita da elementi estranei, così da poter vedere bene i valori numerici.
- Versare 3 litri di soluzione di senape nella buca nel terreno (Figura 7.2).
- Avviare immediatamente un cronometro e interromperlo in modo da calcolare il tempo necessario per l'infiltrazione.

#### *Applicare la soluzione irritante nella buca*

- Ogni 10 minuti applicare un terzo della soluzione irritante nell'area di campionamento.
- Gli ultimi lombrichi possono fuoriuscire dal suolo fino a 30 minuti dopo l'ultima applicazione, quindi attendere.

#### *Raccolta dei lombrichi*

- Raccogliere con cura i lombrichi con una pinzetta non appena sono fuoriusciti completamente dalla superficie del suolo.
- Posizionare i lombrichi individuati in un vassoio, pieno di carta umida.
- Risciacquarli con acqua per rimuovere la soluzione irritante.

#### *Attività di laboratorio*

- Lavare e contare i lombrichi campionati.
- Mettere i lombrichi sui filtri di carta per asciugarli superficialmente.
- Distinguere tra adulti (con clitello/anello) e giovani (senza clitello) a seconda della ricerca necessaria.
- Raggrupparli in categorie ecologiche consultando un esperto o una guida per la classificazione.
- Per l'identificazione della specie ci si può avvalere dell'aiuto di esperti.
- Contare i lombrichi individualmente (densità) e pesarli (biomassa).

- Calcolare la densità e la biomassa per metro quadrato.

### *Conservazione e trasporto dei lombrichi*

I lombrichi possono essere conservati in due metodi:

- Soluzione al 4% di formalina: Il DNA sarà danneggiato (soluzione per il trasporto di lombrichi per via aerea).
- Soluzione al 70% di etanolo: Il DNA sarà preservato (tuttavia, l'etanolo deve essere cambiato nelle prime settimane e il colore dei lombrichi potrà variare nel tempo).



Figura 7.2: La soluzione di senape viene versata nel foro e viene misurata l'infiltrazione. Foto: D. Antichi

### *Classificazione dei risultati*

I seguenti fattori contribuiscono ad una elevata densità di lombrichi:

- Limitati disturbi del suolo (lavorazioni, protezione della superficie da parte della vegetazione)
- Vegetazione (pascoli, pacciamature verdi)
- Materiale vegetale morto (compost vegetale, pacciamatura)



Le informazioni sulla densità e sulla biomassa differiscono ampiamente nella letteratura. I motivi principali di queste differenze sono le condizioni specifiche di ciascuna località. Inoltre, vi è sia una disomogeneità su piccola scala nel terreno che differenze stagionali nella distribuzione dei lombrichi. La densità di popolazione nel suolo dipende dall'intensità delle pratiche agricole (lavorazione del suolo, utilizzo di pesticidi, rotazione delle colture, uso di macchinari pesanti), approvvigionamento di cibo (sotto e sopra la superficie del suolo) e umidità del suolo (pioggia, irrigazione, ...).

Per quanto riguarda la densità totale e la biomassa, in alcuni paesi esistono soglie nazionali o regionali che possono indicare se le quantità di lombrichi rilevati sono a basso, medio o alto livello. Ad esempio, in Francia, la soglia è di 150 lombrichi per ettaro. Tuttavia, questa soglia non tiene conto delle condizioni del suolo e del clima.

Si consiglia di effettuare misurazioni ripetute nel tempo (anni) per monitorare il cambiamento e l'andamento della popolazione.

Nota: la biomassa di lombrichi è un ottimo indicatore dal punto di vista ecologico.

### *Interpretazione dei risultati*

Tabella 7.2: *Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi*

Abbondanza di lombrichi e loro biomassa	<p>* La colonizzazione del volume del suolo dipende da fattori antropici come intensità delle lavorazioni, rotazione delle colture, pesticidi, ecc., e fattori come tipo di suolo, cibo e umidità (Pfiffner, 2014).</p> <p>* Più alta è la biomassa e l'abbondanza dei lombrichi, migliori sono i servizi ecosistemici correlati, come la decomposizione dei residui organici e la porosità per l'infiltrazione dell'acqua.</p> <p>* Quando vengono utilizzati erbicidi a base di glifosato, l'attività di specie aneciche sulla superficie del suolo si interrompe alcune settimane dopo l'applicazione. Mentre le specie endogee nel suolo non sono influenzate nella loro attività, la loro riproduzione è ridotta del 56% entro tre mesi dopo l'applicazione (Gaupp-Berghausen et al., 2015).</p> <p>* L'uso di erbicidi riduce la popolazione di lombrichi in quanto viene ridotta la disponibilità di residui vegetali (Pfiffner, 2014).</p>
Categorie ecologiche	<p>* Le categorie ecologiche dei lombrichi forniscono diversi servizi ecosistemici per il suolo. Il raggruppamento di lombrichi nelle categorie indica la biodiversità del suolo e, quale di questi servizi associati svolgono.</p> <p>* La migliore pratica per aumentare i lombrichi anecici è quella di smettere di arare e coprire il suolo in modo permanente con le colture e con le pacciamature verdi o cover crops (Cuendet et al., 1996)</p>

*(Continua alla pagina successiva)*

*(Continua dalla pagina precedente)*

---

<p>* Le specie endogee sono meno suscettibili all'aratura ma appena vengono eliminati i residui colturali, diminuiscono. Queste sembrano adattarsi meglio ai disturbi causati dall'aratura e possono beneficiare dell'inversione del suolo a causa dell'incorporazione di materia organica (Pelosi et al., 2009).</p> <p>* Nei terreni arati, le specie epigee si presentano in numero basso, a seconda della quantità di residui organici sulla superficie del suolo, poiché vivono nella lettiera superficiale.</p> <p>* Mentre i lombrichi anecici sono più sensibili all'applicazione superficiale dei pesticidi a causa del loro comportamento, le specie endogee reagiscono maggiormente ai pesticidi che vengono incorporati nel suolo (Pfiffner, 2014).</p>	
<p>Età dei lombrichi</p>	<p>* Adulti e giovani possono indicare il livello di disturbo del suolo: più giovani indicano maggiori disturbi del suolo.</p> <p>* Un numero elevato di giovani può anche mostrare un alto tasso di riproduzione e quindi buone condizioni di vita.</p> <p>* La densità totale dei lombrichi aumenta significativamente con la lavorazione ridotta rispetto all'aratura, principalmente a causa del maggiore numero di giovani, mentre i bozzoli hanno dimostrato di essere cinque volte più alti con una lavorazione ridotta (Kuntz et al., 2013)</p>
<p>Misure chiave per la promozione dei lombrichi</p>	<p>* Le principali ragioni del declino dei lombrichi sono la monocoltura, la rimozione dei residui colturali con lunghi periodi di suolo nudo, i macchinari pesanti e la lavorazione intensiva del suolo come aratura, utilizzo di erpici rotativi e simili e pesticidi (ad esempio erbicidi).</p> <p>-&gt; Che cosa si potrebbe fare: cibo sufficiente (materiale vegetale), assenza/minore uso di pesticidi nocivi, lavorazione ridotta, non lavorazione, prevenzione della compattazione del suolo, promozione di suoli ben strutturati e aerati, concimazione appropriata, gestione equilibrata dell'humus tramite la rotazione delle colture (Pelosi et al., 2014)</p>

---

Tabella 7.2: *Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi*

### ***Maggiori informazioni***

Per ulteriori informazioni sul campionamento dei lombrichi, consultare il sito web dell'osservatorio partecipativo francese dei lombrichi <https://ecobiooil.univ-rennes1.fr/OPVTaccueil.php>

Per ulteriori informazioni sulla diversità dei lombrichi in Europa, consultare l'atlante della biodiversità del suolo <http://eusoils.jrc.ec.europa>.

[eu/content/latlas-europ%C3%A9en-de-la-biodiversit%C3%A9-des-sols](https://shop.fibl.org/content/latlas-europ%C3%A9en-de-la-biodiversit%C3%A9-des-sols)

Nel negozio FiBL troverete ulteriori guide tecniche sui lombrichi con le seguenti informazioni: determinazione delle categorie ecologiche, significato e misure per aumentare le popolazioni di lombrichi nei suoli agricoli <https://shop.fibl.org/>

### ***Pubblicato da:***

Istituto di ricerca per l'agricoltura biologica FiBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Svizzera  
Telefono +41 62 865 72 72, [info.suisse@fibl.org](mailto:info.suisse@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)  
Scuola di Ingegneria ISARA  
23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex, France  
Telefono +33(0)427858524, [com@isara.fr](mailto:com@isara.fr), [www.isara.fr](http://www.isara.fr)

### ***Autori***

Joséphine Peigné (ISARA), Kathrin Huber e Lukas Pfiffner (both FiBL)  
Foto Titelseite: Campionamento dei lombrichi, Joséphine Peigné. Altri: Joséphine Peigné e Kathrin Huber

Recensione Andreas Fliessbach (FiBL)

Questa nota tecnica è disponibile su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net) e <https://shop.fibl.org/>.

© Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland, 2017

Informazioni su FertilCrop

Misure di gestione della fertilità nei sistemi di coltivazione biologica - FertilCrop è un progetto finanziato dagli enti finanziatori del CORE Organic Plus, partner del progetto ERA-Net del FP7 CORE Organic Plus. L'obiettivo generale di FertilCrop è lo sviluppo di tecniche di gestione efficienti e sostenibili volte ad aumentare la produttività delle colture nei sistemi di agricoltura biologica. Ulteriori informazioni su FertilCrop sono disponibili all'indirizzo [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).

### ***Avvertimento***

Il contenuto di questa nota tecnica è di esclusiva responsabilità degli autori e non rappresenta necessariamente il punto di vista dei finanziatori del progetto. Sebbene sia stato fatto ogni ragionevole sforzo per assicurare l'accuratezza delle informazioni contenute in questa nota tecnica, esse sono fornite senza garanzia e non ci assumiamo alcuna responsabilità per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni.

Hat das Teil auch einen Titel?

Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner (2017): Campionamento dei lombrichi. FertilCrop Scheda Technica. Scaricare su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).

This publication was produced in the framework of the FertilCrop project funded by CORE Organic Plus funding bodies being partners of the FP7 ERA-Net project CORE Organic Plus.

Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note.

Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

## 7.2 Specie infestanti come bioindicatori della fertilità del suolo: come campionare e utilizzare i dati

Lo scopo di questo metodo è quello di ottenere informazioni sulle condizioni del suolo utilizzando piante spontanee ('infestanti') come bioindicatori all'interno di un agroecosistema.

Molte infestanti possono adattarsi a diversi suoli e ambienti, ma ogni specie ha un range di condizioni ottimali in cui si sviluppa con più facilità. In accordo con la classificazione redatta da Grime [24], queste mettono in atto una strategia competitiva tra di loro per alcuni fattori e solo poche hanno la capacità di adattarsi a condizioni molto estreme (ad esempio le specie tolleranti per alcuni stress). Alcune specie infestanti si possono trovare solitamente nel caso vi siano specifiche condizioni del suolo. Conoscere quali specie possono essere associate a determinate condizioni del suolo è la base per poterle utilizzare come bioindicatori. Le infestanti sono utilizzate da molto tempo come bioindicatori. A questo proposito, i ricercatori, in una prima fase, hanno analizzato la letteratura più o meno recente, che però è ancora piuttosto scarsa per questo argomento. Infine, le specie sono state raggruppate in due gruppi legati a una data caratteristica del suolo. Le specie per le quali è stata riportata la stessa correlazione con una determinata caratteristica del suolo in tre o più fonti diverse sono state definite come indicatori "altamente affidabili".

Specie per le quali, invece, è stato riportato un collegamento con una determinata caratteristica del suolo in due fonti differenti, sono state definite come indicatori "mediamente affidabili".

Le specie spontanee sono elencate nelle "tabelle delle specie bioindicatrici" riportate in appendice. Il secondo passo è stato lo sviluppo di una metodologia che consenta agli agricoltori e agli operatori che lavorano all'interno di un agroecosistema di estrarre le maggiori informazioni possibili sulle infestanti come bioindicatori delle condizioni del suolo da un campionamento di queste specie.

La strategia di campionamento qui suggerita non può essere perfetta, ma rappresenta un buon compromesso tra lo sforzo necessario in termini di tempo e strutture necessarie per il campionamento e l'accuratezza dei dati ottenuti. Per ottenere informazioni più precise sulle condizioni del suolo, si raccomanda l'uso di tecniche convenzionali di analisi del suolo.

### *Metodologia di indagine*

Identificare le specie spontanee non è sempre compito facile, ma quelle selezionate nella presente scheda tecnica sono piuttosto diverse l'una dall'altra, il che dovrebbe ridurre il rischio di errori nella classificazione. La

corretta identificazione delle specie spontanee è un prerequisito per l'utilizzo di questo metodo.

### *Quando campionare*

Quando lo scopo del campionamento è prendere decisioni su quale tecnica applicare nel controllo delle infestanti, queste vengono solitamente identificate nella fase iniziale di sviluppo. Tuttavia, il campionamento per le erbe spontanee come bioindicatori del suolo dovrebbe essere fatto in una fase successiva della crescita (ad esempio nella fase di fioritura), quando le specie sono più facili da identificare. In ambienti temperati, è consigliabile campionare più di una volta l'anno, ad esempio, in primavera prima dell'applicazione delle diverse tecniche di controllo delle infestanti, in estate prima della raccolta e in autunno prima delle lavorazioni del terreno. Combinando le informazioni di questi tre diversi periodi di campionamento, è possibile avere un quadro chiaro delle specie infestanti più importanti presenti nell'agroecosistema, riducendo al minimo il rischio di non considerare alcune specie a ciclo breve molto importanti.

### *Dove campionare*

Il campionamento delle infestanti erbacee deve essere eseguito in uno o più appezzamenti target, solitamente in quelli che mostrano frequentemente condizioni anomale del suolo. Poiché la valutazione si basa sulla composizione della comunità infestante e non solo sulla presenza di alcune infestanti, è necessario campionare l'intero appezzamento. Considerando che la comunità di infestanti può variare fortemente tra il margine del campo e il centro del campo, si consiglia di camminare lungo l'appezzamento prima di iniziare il campionamento, prendere nota di eventuali aree in cui la composizione delle specie cambia bruscamente e decidere se includere o meno nel campionamento le aree esterne (ad es. i margini del campo).

### *Materiale necessario*

- Libro per l'identificazione delle infestanti
- Fogli e matita
- Foglio per il campionamento (vedi esempio figura 7.3)
- Tabella delle specie bioindicatrici (vedi appendice e sito web)
- Fogli di giornale

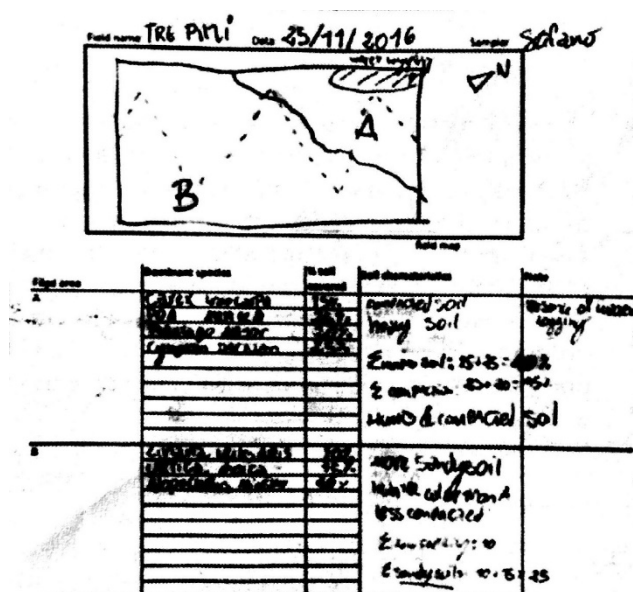


Figura 7.3: Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi

### Lavoro in campo

- Osservare l'appezzamento o l'area complessiva che si desidera campionare. Camminare lungo tutto l'appezzamento per avere idea se l'area di campionamento è omogenea in termini di composizione della comunità di specie infestanti oppure no. Se non lo fosse, indentificare le parcelle che hanno una composizione di infestanti chiaramente diversa. Se la vegetazione del margine del campo è molto diversa dalla vegetazione del campo (ad esempio a causa della presenza di fossati, arbusti, recinzioni o altri elementi strutturali), escluderla dal campionamento.
- Camminare all'interno del campo seguendo uno schema a zigzag. Prendere nota delle principali specie infestanti presenti, e valutare visivamente la percentuale di copertura del suolo per ciascuna di esse. Su un foglio annotare le principali specie incontrate nella prima parcella campionata (ad esempio "A"). Ripetere questa procedura per la seconda parcella (ad esempio "B") e per tutte le altre.

### Note per il campionamento

- Focalizza la tua indagine sulla composizione complessiva delle specie infestanti e sulle specie dominanti. Le specie rare possono essere di

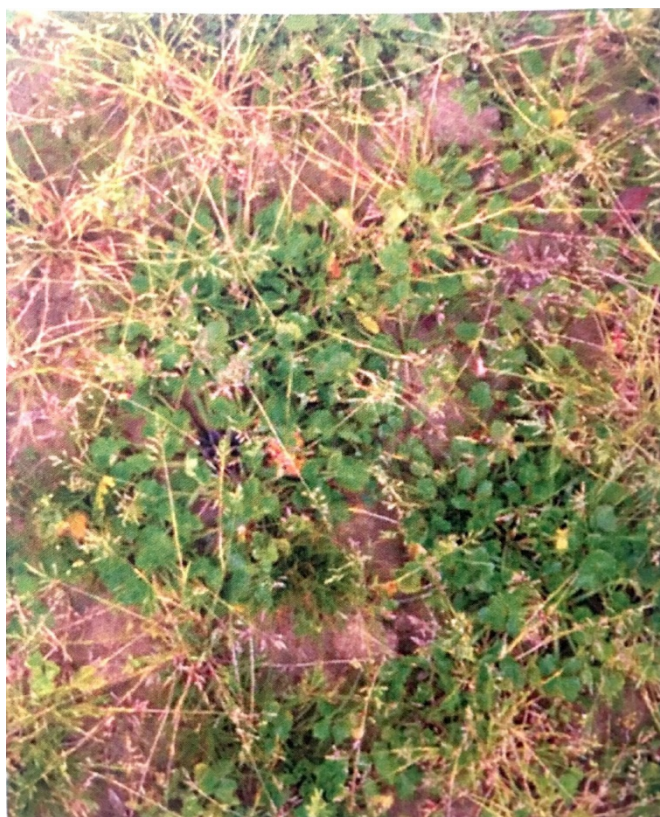


Figura 7.4: *Terreno umido che mostra un'alta presenza di Poa annua e Ranunculus repens. Foto: Stefano Carlesi*

elevato interesse botanico, ma non possono essere considerate indicatrici affidabili per le condizioni del suolo, specialmente in situazioni altamente disturbate come gli agroecosistemi.

- Nel caso in cui non sia possibile identificare alcune delle principali specie presenti, prendere alcuni singoli campioni da identificare in un secondo momento. In tal caso, prelevare la pianta dal terreno e includere parte delle radici. I migliori esemplari da campionare sono quelli con fiori e frutti. Se sono troppo grandi, è possibile piegare la pianta o campionare solo una parte di essa. Assegnare un nome provvisorio basato sulle caratteristiche principali della specie (ad esempio “specie con foglie rossastre pelose” oppure “dicotiledone con fiori viola e ovario allungato”) e registrare le specie sul foglio utilizzato durante il campionamento. Successivamente, conservare la pianta tra due fogli di giornale. In seguito, mettere un peso sui fogli di giornale. Ciò manterrà le caratteristiche del campione il più vicino possibile a quelle della pianta viva



- Sul foglio, annotare le condizioni del terreno in ogni parcella. Concentrarsi sulle differenze tra le diverse parcelle per le seguenti caratteristiche:
  - Tessitura del suolo
  - Compattazione del suolo
  - Colore del suolo
  - Umidità del suolo
- Controllare se le principali specie trovate nelle parcelle sono annuali o perenni. In caso di dubbio, utilizzare il seguente semplice test: cercare di sradicare la pianta, e se questa operazione risulta facile includendo una grande quantità di radici la specie è annuale; se la pianta si rompe quando si cerca di sradicarla è probabile che sia una perenne.
- A questo punto, per ogni parcella si avrà una descrizione delle principali specie di piante infestanti presenti e delle principali caratteristiche del suolo.

### *Lavoro fuori dal campo*

- Identificare le specie sconosciute usando i campioni tra i fogli di giornale presi sul campo e aggiornare il foglio utilizzato durante il campionamento. Se non è possibile identificare queste specie in autonomia, cercare l'aiuto di un collega più esperto.
- Controllare quali specie registrate come dominanti tra le note di campionamento sono presenti nella tabella delle specie bioindicatrici.
- Sommare il valore di copertura del suolo di ciascuna specie appartenente alla stessa tipologia di bioindicatori presenti in ciascuna sottoarea campionata.
- Nel caso in cui specie bioindicatrici di caratteristiche opposte del suolo (ad esempio terreno secco o umido, terreno acido o alcalino) compaiano nella stessa parcella, non considerarle nell'analisi del terreno, in quanto i bioindicatori sarebbero di bassa affidabilità.
- Se le specie infestanti dominanti appartenenti a diverse tipologie di bioindicatori non sono in conflitto, le caratteristiche descritte nella tabella possono essere confrontate con le caratteristiche effettive del suolo per verificare se l'indicazione fornita dalla tabella sia coerente o meno

- A questo punto, per ogni parcella dell'appezzamento campionata, si avrà una descrizione più dettagliata delle principali caratteristiche del suolo in base alle specie di infestanti presenti.

### *La conservazione delle piante*

Se si desidera conservare i campioni raccolti sul campo, conservarle in fogli di giornale fino a quando la pianta non è completamente asciutta. Rimuovere poi i fogli di giornale e attaccare il campione su un foglio di carta formato A3 bianco usando delle spille. Aggiungere informazioni come ad esempio il nome latino della specie, la data e il luogo della raccolta, etc.

### *Conclusioni*

Per avere indicazioni più chiare sulle caratteristiche del suolo, è preferibile fare affidamento all'analisi convenzionale del terreno. Tuttavia, l'osservazione della composizione della comunità di piante spontanee ("infestanti") presente in un campo rappresenta un metodo rapido ed economico per stimare le caratteristiche del suolo e per trarre conclusioni sugli effetti delle pratiche agricole. Va tenuto presente che la composizione della comunità di specie spontanee può essere influenzata da diversi fattori del suolo e dalla gestione passata e presente, che possono interagire anche su scala molto piccola. Pertanto, le informazioni derivanti dall'utilizzo di infestanti come bioindicatori dovrebbero sempre essere sottoposte a controlli incrociati con documentazione sul campo e valutazioni di laboratorio.

Diverse caratteristiche del suolo di solito danno luogo a diverse composizioni delle popolazioni di specie infestanti. Concentrandosi sulle specie infestanti dominanti che possono essere utilizzate come bioindicatori, è possibile ottenere informazioni utili per adattare le pratiche agricole alle attuali condizioni del suolo e migliorarle laddove necessario. Aspetti come la tessitura del suolo e il suo pH hanno meno probabilità di essere migliorati, ma altri aspetti come i ristagni idrici, la compattazione del suolo e la sua ridotta fertilità possono essere migliorati con pratiche colturali appropriate.

### *Interpretazione dei risultati*

#### *Autori*

Stefano Carlesi and Paolo Bàrberi (both SSSA)

#### *Immagini*

Tabella 7.3: *Interpretazione dei risultati relativi al campionamento delle erbe infestanti*

Osservazioni	Possibili conclusioni e raccomandazioni
Tessitura del suolo	È una caratteristica agronomica molto importante, che di solito guida la scelta della lavorazione principale, delle colture di copertura e delle principali pratiche agronomiche (ad esempio concimazione, irrigazione). In una certa misura, la scarsa struttura del suolo può essere migliorata aumentando il contenuto di humus attraverso l'incremento del contenuto in sostanza organica nel suolo.
	Adeguare la scelta delle colture, le macchine e i momenti in cui effettuare le lavorazioni alla struttura del suolo.
pH del suolo	Determina la scelta delle colture e le pratiche di fertilizzazione ed ha una forte influenza diretta e indiretta sulla qualità chimica e biologica del suolo. Se le specie bioindicatrici suggeriscono che il terreno oggetto di valutazione sia acido, convalidarlo con la misurazione del pH tramite analisi di laboratorio e adottare le misure appropriate per aumentare il pH del terreno, se necessario
Disponibilità di acqua nel suolo	Valori elevati indicano la necessità di aumentare l'efficacia del sistema di drenaggio o di verificare la presenza di una suola di lavorazione. In caso di valori bassi, in cui l'irrigazione non è possibile, un'attenta scelta delle colture e delle pratiche di gestione è fondamentale
Compattazione del suolo	Indica la necessità di modificare le pratiche di lavorazione del terreno (ad esempio impiegando lavorazioni ridotte e/o rippatura)
Fertilità del suolo	Un'elevata presenza di specie che indicano terreno fertile può essere un segno dell'utilizzo eccessivo di fertilizzanti. Pertanto, potrebbe essere necessario modificare la strategia di fertilizzazione delle colture. Al contrario, un'elevata presenza di specie che indicano un terreno povero suggerisce la necessità di aumentare il contenuto in sostanza organica del suolo, ad esempio attraverso la combinazione di lavorazioni ridotte e colture di copertura e / o concimazioni organiche. In questo caso, qualsiasi pratica dannosa (ad esempio lavorazione profonda con inversione della fetta di suolo, rimozione delle stoppie o bruciatura) è fortemente sconsigliata.

Copertina :Equisetum arvense prospera su un terreno umido.  
Paolo Bàrberi . Atre : Stefano Carlesi & Paolo Bàrberi

*Review*

Andreas Fliessbach , Kathrin Huber , Maike Krauss (all FiBL)

*Traduzione*

Andreas Basler (FiBL)

*Pubblicato da:*

Research Institute of Organic Agriculture FiBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH5070 Frick, Switzerland  
Phone +41 62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org  
Scuola Superiore Sant'Anna SSSA  
Piazza Martiri della libertà 33, 56127 Pisa, Italy  
Phone +39 050 88 31 11,  
paolo.barberi@santannapisa.it, www.santannapisa.

***Tabelle delle specie bioindicatrici***

Ordinate per caratteristiche del suolo

Tabella 7.4: *Le diverse specie infestanti utilizzate come bioindicatori, ordinate per le diverse caratteristiche del suolo.*

<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
pH del suolo	Chrysanthemum leucanthemum syn. Leucanthemum vulgare	Asteraceae	Suolo acido	M
	Gnaphalium uliginosum	Asteraceae	Suolo acido	M
	Hieracium aurantiacum syn. Pilosella aurantiaca	Asteraceae	Suolo acido	A

*(Continua alla pagina successiva)*

*(Continua dalla pagina precedente)*

<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
	Hieriacium pratense syn. H. caespitosum, Pilosella caespitosa	Asteraceae	Suolo acido	A
	Polygonum aviculare	Polygonaceae	Suolo acido	M
	Polygonum persicaria syn. Persicaria maculosa	Polygonaceae	Suolo acido	M
	Portulaca oleracea	Portulacaceae	Suolo acido	M
	Potentilla argentea	Rosaceae	Suolo acido	M
	Potentilla monspeliensis	Rosaceae	Suolo acido	M
	Rumex acetosella	Polygonaceae	Suolo acido	A
	Rumex crispus	Polygonaceae	Suolo acido	M
	Sonchus spp.	Asteraceae	Suolo acido	A
	Spergula arvensis	Caryophyllaceae	Suolo acido	A
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Suolo acido	M
	Viola arvensis	Violaceae	Suolo acido	A
	Anagallis arvensis	Primulaceae	Suolo alcalino	A
	Anthemis nobilis syn. Chamaemelum nobilis	Asteraceae	Suolo alcalino	M
	Chenopodium spp.	Chenopodiaceae	Suolo alcalino	M
	Daucus carota	Apiaceae	Suolo alcalino	M
	Lepidium virginicum	Brassicaceae	Suolo alcalino	M
Disponibilità di acqua	Amaranthus retroflexus	Amaranthaceae	Suolo asciutto	M
	Euphorbia maculata	Euphorbiaceae	Suolo asciutto	M
	Medicago lupulina	Fabaceae	Suolo asciutto	M

*(Continua alla pagina successiva)*

*(Continua dalla pagina precedente)*

<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
	Althaea officinalis	Malvaceae	Suolo umido	M
	Apios americana	Fabaceae	Suolo umido	M
	Carex lasiocarpa	Cyperaceae	Suolo umido	A
	Echinochloa crusgalli	Graminaceae	Suolo umido	M
	Equisetum arvense	Equisetaceae	Suolo umido	A
	Impatiens pallida	Balsaminaceae	Suolo umido	M
	Lychnis flosculi	Caryophyllaceae	Suolo umido	M
	Poa annua	Graminaceae	Suolo umido	A
	Podophyllum peltatum	Berberidaceae	Suolo umido	M
	Polygonum pennsylvanicum	Polygonaceae	Suolo umido	M
	Polygonum persicario syn. Persicaria maculosa	Polygonaceae	Suolo umido	A
	Ranunculus spp.	Ranunculaceae	Suolo umido	A
	Rumex acetosella	Polygonaceae	Suolo umido	M
	Tussilago farfara	Asteraceae	Suolo umido	A
	Typha latifolia	Typhaceae	Suolo umido	M
Compattazione del suolo	Euphorbia maculata	Euphorbiaceae	Compattazione	A
	Galium aparine	Rubiaceae	Compattazione	A
	Plantago major	Plantaginaceae	Compattazione	A
	Poa annua	Graminaceae	Compattazione	A
	Polygonum aviculare	Polygonaceae	Compattazione	A
Tessitura del suolo	Allium vineale	Liliaceae	Suolo argilloso	M
	Bellis perennis	Asteraceae	Suolo argilloso	M
	Plantago major	Plantaginaceae	Suolo argilloso	A

*(Continua alla pagina successiva)*

*(Continua dalla pagina precedente)*

<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
	Ranunculus spp.	Ranunculaceae	Suolo argilloso	M
	Ranunculus repens	Ranunculaceae	Suolo argilloso	M
	Rumex obtusifolius	Polygonaceae	Suolo argilloso	A
	Taraxacum officinale	Asteraceae	Suolo argilloso	M
	Centaurea cyanus	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	Centaurea melitensis	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	Convolvulus arvensis	Convolvulaceae	Suolo sabbioso	M
	Eupatorium capillifolium	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	Lactuca tatarica var. pulchella	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	Linaria vulgaris	Scrophulariaceae	Suolo sabbioso	M
	Urtica dioica	Urticaceae	Suolo sabbioso	A
	Viola arvensis	Violaceae	Suolo sabbioso	A
Fertilità del suolo	Arctium minus	Asteraceae	Fertilità alta	M
	Chenopodium album	Chenopodiaceae	Fertilità alta	A
	Phytolacca americana	Phytolaccaceae	Fertilità alta	M
	Poa annua	Graminaceae	Fertilità alta	M
	Portulaca oleracea	Portulacaceae	Fertilità alta	M
	Stellaria media	Caryophyllaceae	Fertilità alta	A
	Taraxacum officinale	Asteraceae	Fertilità alta	A
	Andropogon spp.	Graminaceae	Fertilità bassa	M
	Linaria vulgaris	Scrophulariaceae	Fertilità bassa	M
	Lotus corniculatus	Fabaceae	Fertilità bassa	M

*(Continua alla pagina successiva)*

*(Continua dalla pagina precedente)*

<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
	Rumex acetosella	Polygonaceae	Fertilità bassa	M
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Fertilità bassa	M

Tabella 7.4: *Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi*



### 7.3 Resistenza alla penetrazione

Per valutare la resistenza alla penetrazione viene usato il penetrometro (Figura 7.5), strumento composto da una sonda con una punta all'estremità che ha lo scopo di perforare il suolo fino a 80 cm. Inoltre è dotato di una piastra metallica con una livella per assicurare che la sonda, quindi la forza impressa, sia perpendicolare al terreno durante la misurazione. I valori di resistenza alla penetrazione tra 0 e 80 cm vengono misurati in mPa, processati da un computer e salvati in un hard disk esterno. Il vantaggio di questo tipo di strumento è la possibilità di effettuare numerose misure in poco tempo; questo permette di ovviare ad anomalie di campionamento dovute principalmente alla presenza di scheletro. Infatti, una problematica che è stata riscontrata durante il campionamento è stata quella che la sonda dello strumento incontrasse frammenti di roccia di una dimensione e compattezza tali da impedire la misurazione. Un accorgimento attuato è stato di ripetere alcune volte le misurazioni che si fermavano prima dei 50 cm. Se da un lato questo non è propriamente corretto dal punto di vista sperimentale, dall'altro permette di riprodurre meglio la realtà: infatti l'attività delle radici è dinamica, perciò in grado di evitare per quanto possibile ostacoli naturali



Figura 7.5: Esempio di penetrometro

#### *Protocollo Fertiltcrop*

Durante il progetto Fertiltcrop è stato prodotto un protocollo da seguire durante il test della resistenza alla penetrazione. Questo sarà seguito anche durante il progetto DIFFER(ID19) ed è di seguito riassunto.

Tabella 7.5: *Procedura per la misurazione della resistenza alla penetrazione del suolo*

Materiale	Procedura
Penetrometro	<p>Scegliere il diametro dello strumento adatto alle condizioni del suolo (più il suolo è compattato più il diametro dovrebbe essere piccolo)</p> <p>Il penetrometro deve essere posto verticalmente con una pressione costante su entrambe le maniglie, altrimenti le misurazioni non produrrebbero un risultato accurato.</p> <p>La resistenza misurata dallo strumento è solitamente indicata sul manometro con un ago di colore nero( a volte il valore di resistenza massimo registrato è indicato con un ago rosso sulla scala del manometro).</p> <p>Per ogni replica: misurare la resistenza alla penetrazione ogni 5 cm di profondità fino ad un massimo di 50cm.</p> <p>Per ogni parcella di 800 m<sup>2</sup> le misurazioni possono essere replicate fino a 6 volte. È importante misurare contemporaneamente il contenuto in acqua del suolo.</p>

Tabella 7.6: *Misura della resistenza alla penetrazione del suolo in N m<sup>-2</sup> in base al valore del manometro e al diametro dello strumento*

Superficie proiettata (dello strumento)	1 cm <sup>2</sup>	2 cm <sup>2</sup>	5 cm <sup>3</sup>
Valore sul manometro			
100N	100	50	20
200N	200	100	40
300N	300	150	60
400N	400	200	80
500N	500	250	100
600N	600	300	120
700N	700	350	140
800N	800	400	160
900N	900	450	180

Equivalenze:  $60 \text{ N cm}^{-2} = 600 \text{ kN m}^{-2} = 0.6 \text{ MPa} = 0.6 \times 10^6 \text{ Pa}$

## 7.4 Test della vanga per valutare la struttura del suolo

### *Un metodo semplice*

Il test della vanga è stato sviluppato all'inizio del XX secolo come metodo semplificato per esaminare in campo la qualità del suolo e si è dimostrato utile per una valutazione rapida e pressoché a costo zero della struttura del suolo, della distribuzione delle radici e dell'umidità del terreno. Non si richiede niente di più dei sensi umani ed una certa esperienza nella gestione del suolo. La diffusione di tecniche direttamente applicabili dagli agricoltori è stata chiaramente indicata dall'organizzazione internazionale per la conservazione del suolo (in inglese, International Soil Conservation Organization, ISCO) come strumento per mantenere o migliorare la qualità del suolo su vasta scala.

### *Più informativo rispetto ad altri metodi*

Nonostante la natura soggettiva dello strumento, il test della vanga è stato spesso indicato come ottimale per descrivere correttamente le condizioni del suolo. Le analisi ordinariamente effettuate per gli aspetti fisici del suolo sono di norma più strettamente correlate ai risultati del test della vanga rispetto a quelli relativi a analisi chimiche e biologiche; tuttavia potrebbero non essere sufficientemente specifici e inequivocabili. L'impressione generale dello stato della qualità del suolo ottenuta col test della vanga offre più informazioni rispetto ad un'analisi della struttura del suolo effettuata mediante singole prove di laboratorio.

Uno strumento valido sia per prendere decisioni nel breve termine che per raccogliere informazioni per valutazioni di lungo termine

Nella maggiore parte dei casi, il test della vanga viene utilizzato per decidere se il terreno ha la giusta umidità per effettuare lavorazioni o meno. Può anche essere usato per valutare problemi osservati per ciò che concerne la crescita delle colture, infiltrazione idrica e decomposizione dei residui. Se i risultati vengono sistematicamente archiviati, il test della vanga può consentire una visione di insieme per quanto riguarda gli impatti dovuti a cambiamenti nella gestione del suolo su un orizzonte temporale più lungo.

Il test della vanga è una valutazione visiva e consente di trarre conclusioni solo per comparazione con un altro campione. In termini pratici può portare ad un buon risultato se, ad esempio, due operazioni di lavorazione sono confrontate sullo stesso campo. In questo caso si mettono a fianco i campioni del test per vederne le differenze.

I confronti nel tempo sono più soggettivi, dal momento in cui vengono confrontati i risultati di una valutazione precedente con quella attuale. A questo scopo l'opportunità di applicare un punteggio a ciascuna osservazione è utile, ma anche conservare immagini del campione può aiutare a individuare le differenze nel tempo.

Il test della vanga non produce un risultato in termini assoluti e il suo valore aumenta con l'esperienza nell'effettuare questo genere di valutazioni. È consigliabile raccogliere i risultati del test della vanga in una cartella per ciascun campo, in modo che sia possibile reperirli facilmente in seguito, quando lo si ripete.

### *Valutazione visiva*

Gli strumenti di valutazione visiva del suolo sono stati sviluppati da ricercatori, consulenti e agricoltori e differiscono per quanto riguarda il grado di dettaglio e gli sforzi necessari per eseguirlo. Oggi diversi approcci con alla base un esame visivo del suolo consentono una valutazione sistematica che permette agli agricoltori di valutare i cambiamenti nella gestione del suolo nel tempo e nello spazio.

In questa nota tecnica ci riferiamo ad una valutazione del terreno che combina diverse metodologie. La valutazione della struttura del suolo si basa sul metodo VESS (valutazione visiva della struttura del suolo) sviluppato e pubblicato da Bruce Ball, Tom Batey e Lars Munkholl (2007) [2] e la guida svizzera pubblicata da Hasinger et al. [25]. Oltre agli strumenti standard di valutazione del terreno in maniera visiva, il metodo VESS fornisce informazioni sulla compattazione del suolo fornendo informazioni anche su sviluppo delle radici e presenza di lombrichi. Il metodo viene poi integrato dall'osservazione della radice e dal conteggio dei macropori sviluppato da Joséphine Peigné e Jean-François Vian (ISARA Lyon).

### *Come prelevare i campioni?*

#### *Materiale necessario*

- La vanga: Idealmente il campionamento deve scendere al di sotto dell'orizzonte del terreno lavorato. Di conseguenza è meglio prelevare il campione con una vanga con una lunghezza di 40 cm. Prendere anche un'altra vanga o una pala per scavare.
- Coltello: fornirsi di un lungo coltello da cucina con una lama di 30 cm. Permette di tagliare i lati del campione.
- Foglio di plastica o vassoio di plastica e un tavolo: risulterà più comodo avere un tavolo per dare un'occhiata più da vicino ai dettagli.

- Metro: per alcune analisi del campione dovrà essere misurata la profondità
- Acqua: gli aggregati del suolo devono essere valutati aggiungendo acqua.
- Setaccio con maglia di 5 mm: il setaccio aiuta a separare gli aggregati di una dimensione definita.
- Contenitore per cubetti di ghiaccio bianco: nei fori per i cubetti di ghiaccio si può vedere facilmente, come un aggregato di terreno si degrada o rimane stabile quando si aggiunge acqua.
- Fotocamera: al fine di documentare le osservazioni e confrontarle con altri campioni nello stesso campo, anche nel tempo.
- Foglio e penna: al fine di prendere nota delle osservazioni usando il foglio di calcolo allegato.

### *Quando campionare?*

Campionare quando il terreno è umido. Il campione è molto più facile da prendere, se il terreno ha un'umidità ottimale. Se il terreno è troppo secco o troppo umido, può essere difficile distinguere i segnali di scarsa struttura. La primavera e l'autunno sono i momenti migliori dell'anno e ciò consente di prendere, eventualmente, le decisioni necessarie per migliorare la struttura del suolo.

### *Dove campionare?*

- Fare una passeggiata sul campo da studiare e tracciare una mappa del campo.
- Osservare le aree in cui le piante stanno crescendo bene oppure no, controllare i segni di scorrimento dell'acqua, le tracce delle ruote, dove il trattore effettua le manovre, o le aree che sembrano diverse ad un primo colpo d'occhio e segnare sulla mappa. Da ciascuna delle aree distinte si potrebbe voler conoscere le ragioni delle differenze che hai osservato.
- Se è la prima volta, potrebbe essere utile valutare le differenze, quindi prelevare un campione dove sono presenti i segni di passaggio del trattore e uno dove il terreno non è compattato. Guardare gli estremi è un buon allenamento.

*Inserire la vanga e iniziare lo scavo*

- Dopo avere selezionato l'area di campionamento, definire la parte superiore del blocco che si desidera estrarre sulla superficie del suolo
- Inserire la vanga più profondamente che si può su un lato del blocco di terra da campionare. Premere sulla vanga per inserirla più a fondo. La porzione di suolo dietro la vanga è il campione, che non deve essere disturbato, quindi non metterci i piedi sopra!
- Togliere ora la terra di fronte alla vanga
- Quando si è raggiunta la profondità voluta, estrarre con attenzione il terreno ai lati della vanga inserita.
- Quando il blocco è libero da due lati, ripetere l'operazione su un terzo lato

*Riposizionamento della vanga*

- Adesso lentamente e con attenzione muovere il manico della vanga nella direzione della buca, in maniera da staccare il blocco dal terreno sottostante. Utilizzare le mani per proteggere il blocco, in quanto potrebbe rompersi.
- Spostare quindi con cautela il manico della vanga all'indietro. Recuperare il campione e proteggerlo con le mani dal movimento della vanga.
- Non resta che estrarre il campione ed adagiarlo sul tavolo

*Valutazione del campione di suolo**Durante lo scavo prendi appunti su ciò che hai osservato*

- È stato difficile inserire la vanga?
- Hai visto organismi terricoli nel suolo?
- Il suolo è sassoso o mostra qualche disomogeneità?

*Osservazioni generali dopo lo scavo*

- Quando il campione giace sul tavolo, ripulire la superficie del campione con il coltello, non con un'azione di taglio, ma rompendo gli aggregati per vedere dove il suolo si fratturerebbe naturalmente.
- Guarda l'intero campione: vedi strutture e aggregati, una suola di aratura, radici, tane di lombrichi o un cambiamento di colore o odore?

Prendi nota delle tue osservazioni.

*Umidità*

- Prendere una porzione dal terreno estratto. Si rompe difficilmente? Quindi è troppo secco.
- Può essere impastarlo? È troppo bagnato. Il terreno ha la consistenza ideale quando si sbriciola tra le dita.

*Tessitura del suolo*

- Prendere un po' di terreno dalla parte superiore del campione e strofinarlo tra le mani per controllare il contenuto di argilla. Puoi creare una piccola palla?

Più sabbia è contenuta nel terreno meno sarai in grado di arrotolare il suolo tra le mani. Anche il contenuto di limo non permette facilmente questa operazione. Il limo rimane sulla punta delle dita e le mani, una volta asciugate, rimarranno impolverate.

*Aggregati del suolo*

Le particelle minerali del suolo si aggregano o si disaggregano nel corso della formazione e della gestione del suolo. L'argilla, il limo e la sabbia insieme alle particelle organiche creano aggregati di forma particolare.

- Prendere un pezzo di terra nella mano e esercita una leggera pressione su di essa, in modo che si rompa lungo le sue linee di frattura. La forza utilizzata dovrebbe essere bassa, ma comunque superiore alle forze coesive del suolo.

Tabella 7.7: *Classificazione del tipo di suolo e delle particelle*

Frammenti di suolo fra le dita	Plasticità	Dimensioni dei frammenti	Suolo	Contenuto di argilla	
Granulare, non adesivo	Difficile da impastare	>7 mm Ø	Terreno leggero	Sabbioso	0-5%
				Sabbioso limoso	0-5%
				Sabbioso franco	5-10%
Granulare o simile alla farina, leggermente adesivo	Può essere impastato	2-7 mm Ø	Terreno intermedio	Franco	015-20%
				Sabbioso	
				Franco Limoso	20-30% 10-30%
Non granulare, molto adesivo	Facile da impastare	>2 mm Ø	Terreno pesante	Argilloso franco	30-40%
				Franco argilloso	40-50%
				Argilloso limoso	30-50%
				Argilloso	>501%



- Per testare la stabilità degli aggregati del terreno è possibile utilizzare il setaccio per separarne alcune porzioni. Trasferirle poi con attenzione al vassoio (ad esempio un contenitore per i cubetti di ghiaccio) e aggiungere un po' d'acqua. Lasciare in ammollo per un po' e osservare il numero di aggregati stabili e di quelli che si sono disgregati.

*Criteri per gli aggregati del suolo*

Tabella 7.8: *Criteri per la classificazione degli aggregati del suolo*

Forma	Fratture	Tipo di suolo	Aggregati
arrotondata	porose	Da leggero ad intermedio	Briciole
tondeggianti	grossolane	Intermedio	Grumi
angolare	piatte, lucide	Pesante Tutti i tipi	Poliedrici Frammenti

*Struttura del suolo*

Le particelle e gli aggregati del suolo non appaiono separati nella maggior parte dei terreni. Solo i terreni costituiti da una singola tipologia di particelle tendono a formare strutture che tendono alla compattazione e all'erosione o formano un blocco coerente. I terreni argillosi, ad esempio, formano strutture poliedriche a causa del rigonfiamento e del restringimento dei minerali argillosi. In condizioni naturali, il suolo è suddiviso in strati orizzontali. I suoli gestiti sono anche influenzati dall'azione disintegrante delle macchine agricole, che porta a una miscela di briciole, grumi e frammenti che sono fisicamente disgregati.

Le varie particelle e aggregati formano la struttura del suolo, che può essere osservata suddividendo attentamente il campione.

Per la valutazione della struttura del suolo basata sul metodo VESS, suddividere il campione lungo le sue linee di frattura naturali. Non usare troppa energia per romperlo. Una tecnica semplice consiste nel far cadere l'intero campione della vanga sul suolo da circa 1 m di altezza e osservare il modo in cui si rompe in pezzi. Di seguito è descritto un modo più elaborato.

*Rottura del blocco*

- Aprire delicatamente il lato indisturbato del blocco come se fosse un libro e iniziare a romperlo.
- Se il blocco si rompe facilmente in piccoli frammenti, è probabile che la struttura sia buona.



Figura 7.6: *Rottura del blocco*

- Se il blocco è difficile da rompere, potrebbe essere tenuto insieme dalle radici e sarà necessario separarle per esporre i frammenti del terreno, oppure potrebbe essere compattato e di conseguenza si romperà in grossi pezzi.
- Suddividere il blocco abbastanza da permettere di scoprire, se ci sono livelli distinti con struttura diversa tra di loro. Se il blocco è uniforme, deve essere valutato nel suo insieme, se ci sono due o più livelli, questi devono essere esaminati separatamente.
- Misurare la profondità e lo spessore di eventuali strati distinti.
- Valutare per ogni strato di terreno il grado di stabilità (facilità nel rompersi) e la dimensione dei frammenti di terreno, zolle e aggregati. Le zolle sono definite come aggregati grandi, duri, coesi tra loro e arrotondati (più grandi di 7 mm).
- Una fotografia in questa fase fornisce un documento utile e consente di paragonare il campione con altri precedenti, o successivi.

#### *Esame dei frammenti*

- Per ogni strato di terreno, rompere il terreno con le mani in unità strutturali più piccole (aggregati), da 1,5 a 2 cm.
- Valutare la forma e la porosità dei frammenti del suolo e i possibili indizi di una condizione anaerobica (colore, macchie e odore).



Figura 7.7: *Esame dei frammenti*

#### *Valutazione delle radici*

- Ripulire la zona da cui è stato prelevato il campione con la vanga e osservare e valutare le radici secondo gli indicatori.
- Completare l'osservazione descrivendo le strutture e le condizioni delle radici nel campione prelevato.



Figura 7.8: *Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione*

#### *Valutazione e interpretazione della struttura del suolo*

- Dare un punteggio al suolo. Un punteggio di Sq1 o Sq2 è buono, un punteggio di Sq3 è moderatamente buono. I punteggi di Sq4 e Sq5 richiedono modifiche nei piani di gestione.

#### *Punteggio da attribuire al suolo*



Figura 7.9: *Forma della radice a causa della zona compattata*

Grandi zolle e grumi compatti in aggregati non porosi, sub-angolari (a spigoli vivi) indicano una struttura scadente e riceveranno un punteggio più alto. Gli aggregati piccoli, arrotondati e porosi o i grandi aggregati che si scompongono facilmente in aggregati arrotondati più piccoli indicano una buona struttura e otterranno un punteggio inferiore.

Dopo aver assegnato un punteggio dal confronto con le immagini nel grafico, correggerlo in base alla difficoltà nel rompere gli aggregati e il loro aspetto.

Nei pascoli e le zone non coltivate, le radici rendono difficile la rottura del blocco, ma questo non è un fattore che porterà ad un aumento del punteggio. La diagnosi della vanga e il campionamento di lombrichi (vedere nota tecnica) possono essere accoppiati per vedere l'effetto del grado di compattazione del suolo sulla popolazione di lombrichi.

### ***Maggiori informazioni***

Per ulteriori informazioni sul metodo VESS visita [www.sruc.ac.uk/vess](http://www.sruc.ac.uk/vess)

### ***Pubblicato da:***

Research Institute of Organic Agriculture FiBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Switzerland  
Phone +41 62 865 72 72, [info.suisse@fibl.org](mailto:info.suisse@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)

Scotland's Rural College SRUC  
West Mains Road, Edinburgh EH9 3JG, Scotland  
www.sruc.ac.uk  
ISARA, 69364 Lyon, France  
www.isara.fr

### ***Autori***

Joséphine Peigné (ISARA), Bruce Ball (SRUC) e Andreas Fliessbach (FiBL)

#### ***Immagini***

Copertina: Aggregati del suolo di Thomas Alföldi, FiBL. Altri immagini e grafici di Bruce Ball, SRUC, Joséphine Peigné, ISARA e Andreas Fliessbach, FiBL

### ***Revisione***

Helga Willer, Kathrin Huber (all FiBL)  
Modifica della lingua Andreas Basler (FiBL)

### ***Download***

Questa nota tecnica è disponibile su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).  
© Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland, 2017

### ***Informazioni su Fertilcrop***

Misure di gestione della fertilità nei sistemi di coltivazione biologica - FertilCrop è un progetto finanziato dagli organismi di finanziamento del CORE Organico Plus, essendo partner del progetto ERA-Net del FP7 CORE Organico Plus. L'obiettivo generale di FertilCrop è lo sviluppo di tecniche di gestione efficienti e sostenibili volte ad aumentare la produttività delle colture nei sistemi di agricoltura biologica. Ulteriori informazioni su FertilCrop sono disponibili all'indirizzo [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).

### ***Avvertimento***

I contenuti di questa nota tecnica sono di esclusiva responsabilità degli autori e non rappresentano necessariamente le opinioni dei finanziatori del progetto. Nonostante tutti gli sforzi ragionevoli per garantire l'accuratezza delle informazioni contenute in questa nota tecnica, sono fornite senza garanzia e non accettiamo alcuna responsabilità per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni.



**PROTOCOLLO PER LA  
PREPARAZIONE DEL  
CUMULO BIODINAMICO  
(ALLEGATO 7)**





## 8.1 Protocollo per la preparazione del cumulo biodinamico

### *Reperimento del materiale di partenza*

Alla base del cumulo biodinamico ci sono tre ingredienti fondamentali:

- Letame (palabile) fresco
- Preparati biodinamici
- Paglia

Il letame, prelevato da stalla di bovini da latte o da carne in cui la lettiera viene asportata regolarmente 1 volta alla settimana (rivoltandola quotidianamente), nel caso in cui non sia presente in azienda, deve essere fornito da aziende con requisiti ben precisi. Da evitare le aziende convenzionali e gli allevamenti intensivi, in quanto potrebbe contenere sostanze chimiche quali antibiotici, antinfiammatori, cortisonici, anti acidi, ecc. Il letame ideale per la formazione del cumulo proviene da aziende biodinamiche, o biologiche, di vacche allevate estensivamente, con un'alimentazione che non prevede l'utilizzo di insilati. Il letame deve provenire da lettiera con un contenuto di paglia all'interno di circa il 50%, fondamentale per il rapporto C/N iniziale (20-25/1). La paglia deve essere uniformemente distribuita nel letame come avviene in allevamenti in cui la lettiera di regola viene rimpagliata più volte la settimana.

I preparati biodinamici da inoculare nel cumulo, chiamati quindi "Preparati da cumulo" sono:

- Preparato 502 – Achillea Millefolium
- Preparato 503 – Matricaria Chamomilla
- Preparato 504 – Urtica Dioica
- Preparato 505 – Quercus Robur
- Preparato 506 – Taraxacum Officinalis
- Preparato 507 – Valeriana Officinalis

Il preparato 507 ha una formulazione liquida, mentre gli altri cinque sono solidi, e per poter essere inseriti nel cumulo è necessaria una piccola quantità di Preparato 500 – Cornoletame.

Anche la paglia, da utilizzare per coprire il cumulo, deve provenire da aziende biodinamiche o biologiche.



Figura 8.1: I sei "Preparati Biodinamici da Cumulo"

### ***Formazione del cumulo***

Una volta reperito tutto il materiale utile, si può procedere alla formazione del cumulo.

Il cumulo deve poggiare direttamente sulla terra nuda o su strato di paglia (se terreno argilloso compatto), quindi si deve procedere a rimuovere la vegetazione e il primo strato di suolo dove sono presenti le radici nella zona predisposta alla formazione del cumulo.

Una volta fatto questo si può iniziare a creare i primi strati del cumulo con il letame, partendo dagli angoli (se allestimento è manuale). Il cumulo deve avere dimensioni di 2,5 m ca. di larghezza per 1,5 fino ad un max di 1,7 m ca. di altezza. La formazione il cumulo partendo dagli angoli permette di mantenere i lati del cumulo il più regolare possibile .

Durante la creazione del cumulo deve essere garantita la maggior aereazione possibile del letame di partenza, quindi non deve essere assolutamente compattato da parte dell'operatore.

### ***Inoculo dei preparati***

Formato in maniera corretta il cumulo si può procedere con l'inoculo dei preparati. I cinque preparati solidi (Preparato 502 – Achillea Millefolium, Preparato 503 – Matricaria Chamomilla, Preparato 504 – Urtica Dioica, Preparato 505 – Quercus Robur, Preparato 506 – Taraxacum Officinale) sono inseriti in piccole quantità (circa un cucchiaino da caffè per ogni preparato) all'interno del cumulo con una disposizione ben precisa (Figura 8.2) all'interno di una piccola pallina di Preparato 500 – Cornoletame. Come da Figura

8.2 il Preparato 504 a base di Ortica va inserito attraverso un foro (creato con un bastone) di profondità 10-20 cm in corrispondenza della metà della lunghezza del cumulo, perpendicolarmente al terreno. Gli altri quattro preparati sono distribuiti agli angoli del cumulo, sempre creando un foro con un bastone di circa 10-20 cm di profondità, ma con un angolo di 45° rispetto al suolo.

Il Preparato 507, a base di Valeriana, è invece in formulazione liquida. Deve essere quindi disciolto in acqua tiepida, alla dose di 5 ml per 5 l di H<sub>2</sub>O, e poi spruzzato sulla superficie del cumulo. Il passaggio della dinamizzazione per 20 minuti del Preparato 507 è facoltativa.

Una volta inoculati tutti e sei i preparati, si procede a coprire tutta la superficie del cumulo con uno strato di paglia, in modo da limitare l'evaporazione dell'umidità, fondamentale per l'inizio e il successo delle fermentazioni. Se la zona è soggetta a passaggio di cinghiali o cavalli potrebbe risultare utile disporre sopra il cumulo una rete a maglie fitte che lo protegga dal rivoltamento degli animali.

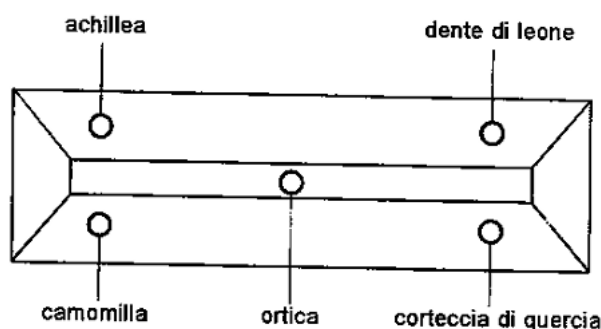


Figura 8.2: *Disposizione dei preparati biodinamici nel cumulo*

### ***Monitoraggio del cumulo***

Durante i 6-7 mesi previsti per la formazione di humus pronto per poter essere utilizzato in campo, i due parametri, rilevabili in campo, da monitorare per verificare il corretto andamento dei processi fermentativi all'interno del cumulo sono la temperatura e l'umidità.

### ***Temperatura***

La temperatura è un fattore importante da monitorare, in quanto le reazioni esotermiche che si sviluppano all'interno del cumulo portano ad un aumento di temperatura.

Le alte temperature sono essenziali per la distruzione di eventuali organismi patogeni e semi di piante infestanti

La decomposizione, quando la temperatura si trova nell'intervallo termofilo, procede in maniera più veloce, rispetto a quando si è in presenza di temperature più basse. Nel caso del cumulo di letame l'optimum di temperatura è intorno ai 55-60°C, utilizzando l'apposito termometro a gambo lungo inserito il più vicino possibile al centro del cumulo. L'allestimento del cumulo se avviene in azienda dove non si produce letame deve essere allestito al massimo dopo una settimana dal trasporto (in caso sia fresco).

L'andamento nel tempo della temperatura è un ottimo indicatore delle fermentazioni all'interno del cumulo. In condizioni ottimali, nelle prime 24 ore dopo la formazione, il cumulo raggiunge una temperatura di 45-50°C, mentre i 60°C vengono raggiunti nell'arco di 3-5 giorni. La diminuzione di temperatura finale avviene in maniera molto più graduale dell'aumento iniziale, segnalando che il materiale ha raggiunto la stabilità.

### *Umidità*

L'altro fattore importante e critico nel processo di trasformazione è l'umidità.

Nel cumulo ci deve essere un grado di umidità sufficiente per permettere la crescita dei microrganismi, ma questi necessitano anche di ossigeno per assolvere il proprio compito. Quindi, se l'umidità fosse eccessiva, l'acqua andrebbe a occupare spazio utile per l'ossigeno all'interno del materiale, selezionando così popolazioni di microrganismi anaerobi, non utili per il processi trasformativi ricercati.

Il contenuto di umidità deve, quindi, essere compreso tra il 40 e il 60%. Questo range così ampio dipende dal contenuto in paglia del letame, la quale, favorendo una maggior circolazione di aria nel cumulo, può consentire valori molto vicini al limite superiore dell'intervallo stabilito.

Fondamentale, per i suddetti motivi, è quindi, in presenza di un letame con un basso contenuto di paglia, aggiungerla durante la formazione del cumulo.

Si può prevedere l'aggiunta di bentonite nel caso in cui si voglia temperare un eventuale eccesso di processi fermentativi nella fase termofila.

# STAKEHOLDER GROUP (ALLEGATO 8)

Tabella 9.1: *Prospetto riassuntivo dei soggetti facenti parte dello Stakeholder Group nei diversi livelli regionali e nel livello nazionale*

Gruppo di esperti	Calabria		Campania		Toscana		Nazionale	
	Soggetto proposto	Afferenza	Soggetto proposto	Afferenza	Soggetto proposto	Afferenza	Soggetto proposto	Afferenza
<b>Agricoltori</b>	Antonio Scalise	Coop. Vitulia	Francesco Russo	Az. Agr. Amico Pasquale	Simone Mariotti	Podere Forte	Enrico Amico	Az. Agr. Amico Bio
	Ivan Vangieri			Biodistretto Casertano		Az. Agr. Mascagni Bianca		Zagnoli
			Filippo Farinero	Az. Agr. Rufrae			Trolli Argentino	Consigliere Ass. Biodinamica Az. Agr. Passioni Vitae
<b>Trasformatori</b>	Aiello Natale	Trasformatore piccoli frutti e frutta secca			Amedeo Grappi	Mulino Vald'Orcia	Raffaella Mellano	Consigliere Ass. Biodinamica Az. Agr. Natura Alimenta
	Antonino Anastasi	Mediterranea Food - Consigliere Demeter				Presidente Associazione		Ass. Grani Antichi di Montespertoli

(Continua alla pagina successiva)

(Continua dalla pagina precedente)

<b>Distributori</b>				Marco Bi- gnardi	Effegi Food Toscana Biologica	Fausto Jo- ri (o suo delegato) Antonino Pietralia	Ecor- Natura Si Consigliere Demeter Az. Agr. Petralia
<b>Consumatori di alimenti</b>	Dott. Gal- lucci	Socio Coop. Vitulia		Da definire	GAS Bio- dinamico		Legambiente nazionale
<b>Associazioni- simo e terzo settore</b>		Seziona Calabria Ass. Biodi- namica	Sezione Campania Ass. Biodi- namica	Carlo Tria- rico  Valentina Carlà Campa	Presidente Ass. Bio- dinamica Consigliere Demeter Sezione Toscana Ass. Biodi- namica		Lipu Nazionale
<b>Associazioni di categoria</b>	Eugenio Spadafora	Coldiretti  Confagri- cultura  CIA	Coldiretti  Confagri- cultura  CIA	Aldo Galeotti Tatiana Ercoli Samuele Mariotti Alessandra Alberti	Coldiretti  Confagri- cultura  CIA	Claudia Fe- di	Coldiretti  Confagri- cultura  CIA

(Continua alla pagina successiva)

(Continua dalla pagina precedente)

<b>Tecnici e Professionisti Agronomi</b>	Fabio Petrillo	Responsabile del Centro di Divulgazione Agricola n. 7 - Cosenza dell'AR-SAC Centri di divulgazione in agricoltura		Lenio Morganti	Dott. Agronomo	Francesca Castioni	ODAF, Firenze
				Marco Serventi		Renato Ferretti	CONAF
				Giovanni Cerretelli	ODAF, Firenze	Francesco D'Agosta	
<b>Ricercatori Sociologia</b>	Dott. Santopolo Francesco						

Tabella 9.1: *Prospetto riassuntivo dei soggetti facenti parte dello Stakeholder Group nei diversi livelli regionali e nel livello nazionale*



**PROTOCOLLO PER  
L'UTILIZZO DEL  
PREPARATO 500  
(CORNOLETAME)  
(ALLEGATO 9)**



## 10.1 Protocollo per l'utilizzo del Preparato 500 (Cornoletame)

Il preparato 500, detto anche cornoletame, si ottiene dalla trasformazione di letame di vacca di ottima qualità. La qualità del materiale di partenza si riflette direttamente sulla qualità del prodotto ottenuto. Il letame viene inserito nei corni vuoti durante l'autunno e interrato. Il materiale subisce un processo di compostaggio durante i mesi invernali. Al termine di questa fase si ottiene un materiale completamente trasformato, con un caratteristico odore dolciastro e con consistenza simile all'humus.

### *Effetti benefici del Preparato 500*

Il Preparato 500 presenta diversi effetti benefici, influenzando la struttura del suolo e intervenendo all'interno dei rapporti che si instaurano tra il terreno e le colture.

- Uno dei più importanti effetti riguarda lo sviluppo radicale delle colture. Vi è una migliore e più efficiente radicazione, si forma un'architettura dell'apparato radicale più ricca e articolata, producendo un maggior numero di radici fini. La radicazione presenta anche uno sviluppo più verticale, esplorando anche gli strati di suolo più profondi.
- Il Preparato 500 favorisce una buona struttura del suolo, con una migliore aereazione e quindi una minor resistenza alla crescita radicale.
- Promuove, inoltre, una crescita armonica e equilibrata delle colture. La pianta risulta così essere più vitale, crescendo in maniera armoniosa, disponendo così di buone difese naturali, e potrà così generare un prodotto sano, nutriente e di qualità.
- Il cornoletame stimola l'umificazione del terreno, migliorando assorbimento e ritenzione idrica.
- Migliora inoltre l'attività biologica del suolo.

Potremo quindi definire il Preparato 500 un concentrato di forze vitali.

Dal punto di vista chimico, il Preparato 500 presenta caratteristiche radicalmente diverse dal letame di partenza. Il processo di digestione ad opera dell'azione catalitica ed enzimatica delle sostanze di cui è composto il corno di mucca, porta alla trasformazione del letame, arricchendolo di sostanze biotiche particolari, utili per poter espletare tutti i benefici precedentemente elencati.

### *Utilizzo del Preparato 500*

Il Preparato 500, essendo un preparato da spruzzo, deve essere preventivamente disciolto in acqua. La dose di utilizzo prevede 100 grammi di preparato per 35/40 litri di acqua, sufficienti per trattare 1 ettaro di terreno. Durante la fase di preparazione della miscela di Preparato 500 e acqua, è importante utilizzare un'acqua più pura e incontaminata possibile, con un pH neutro o leggermente acido (pH 6,5), e ad una temperatura di 36-37 °C.

Una volta disciolto nell'acqua il Preparato 500, occorre favorire un'amalgama ottimale tramite il mescolamento. La massa acquosa ottenuta deve essere mescolata energicamente in modo da ottenere un bel vortice profondo; una volta ottenuto il vortice è necessario invertire il senso di rotazione in maniera energica in modo da creare una ossigenazione del liquido e determinare un vortice nel senso inverso. In questa fase di inversione di marcia del vortice l'acqua dovrà "ribollire" per via di un'azione energica opposta al senso di rotazione. Questo rimescolamento e conseguente formazione di vortici in un senso e nell'altro va portato avanti in via continuativa per 1 ora. Questa operazione prende il nome di dinamizzazione e può essere svolta manualmente utilizzando una apposita asta, un bastone oppure un ramo secco (ben ripuliti). È importante che il vortice sia ben fatto. Per svolgere questa operazione esistono anche attrezzature meccaniche dedicate (dinamizzatori meccanici) che vengono utilizzate per poter lavorare con superfici ampie e grossi volumi di liquido, e per ridurre la fatica. Quando si effettua questa operazione è tassativo usare materiali inerti oppure naturali. Il contenitore per la dinamizzazione non deve essere di plastica, di alluminio, di vetroresina e non deve essere nemmeno zincato; si sconsiglia l'uso del cemento perché può contenere additivi chimici.

Si possono utilizzare contenitori in legno (legno privo di muffe, non trattato e privo di additivi chimici o altre sostanze potenzialmente inquinanti), in rame (il rame deve essere privo di ossidazioni), in vetro, in terracotta e in acciaio inox, puliti e incontaminati.

Forma e dimensione del contenitore per la dinamizzazione devono essere tali da permettere lo sviluppo di un bel vortice dalla forma armonica, dunque l'altezza del contenitore per la dinamizzazione dovrà essere maggiore della larghezza. Per la formazione di un bel vortice armonico è importante che il recipiente per la dinamizzazione disponga di un fondo bombato (soluzione preferibile), cioè leggermente ricurvo.

Le potenzialità del movimento a vortice dell'acqua, con le sue geometrie a spirale, hanno lo scopo di esaltare le qualità del preparato 500. Questa fase del processo conferisce nuove proprietà alla massa liquida, ma soprattutto si ottiene una stretta compenetrazione tra acqua e preparato. Non si tratta di una semplice miscelazione (mescolamento), ma si tratta di una attivazione del preparato.

Dopo aver dinamizzato per un'ora il liquido contenente il 500 lo si può spruzzare direttamente sul terreno senza però attendere oltre le 2 ore dal



Figura 10.1: *Esempio di dinamizzatore manuale*



Figura 10.2: *Esempio di dinamizzatore meccanico*

momento in cui è terminata la dinamizzazione. È bene che entri in contatto con il suolo il prima possibile.

Va distribuito a goccia medio-grossa ed è necessario, sempre e comunque, che il terreno sia umido. Il suolo non dovrà essere troppo bagnato e nemmeno secco. Si può distribuire su ogni tipo di superficie: prati, pascoli, erbai, seminativi, orti, frutteti, giardini e boschi. Un ottimo momento è prima di una semina con il terreno lavorato di fresco e umido.

Condizione tassativa è che il 500 dinamizzato venga spruzzato verso sera, oppure nel tardo pomeriggio.

Occorre svolgere questa operazione periodicamente. Il numero complessivo di spruzzature nel corso dell'anno può variare indicativamente dalle 2-3 per i terreni migliori, alle 5-6 per i terreni che necessitano di maggiori attenzioni.

Primavera ed autunno sono i periodi più indicati per la distribuzione del Preparato 500 sul terreno perché vi sono condizioni ideali di umidità e temperatura.

In funzione della coltura, invece, il momento ideale per la distribuzione è quello in prossimità della semina o del trapianto. Eventualmente possono essere fatte anche distribuzioni durante le fasi di sviluppo e accrescimento. Tutto ciò dipende anche dal tipo di coltura e dalle necessità del caso singolo.

Inoltre, il Preparato 500 può essere utilizzato anche per bagnare le sementi o le radici.

Comunque, per garantire la funzione ottimale del preparato sarà compito dell'agricoltore rispettare tutte le sane e buone norme agronomiche per un'agricoltura naturale.

# ATTIVITÀ DI DISSEMINAZIONE





## 11.1 Articolo sul portale online "Terra e Vita"

<https://bit.ly/3v5wo7J>

# Il progetto Differ sostiene diversità, fertilità e resilienza nel biologico e nel biodinamico

[Cesare Pacini](#) 24 Luglio 2020



*Podere Forte di Castiglione d'Orcia (Siena)*

*L'obiettivo del progetto Differ, seguito dall'Università di Firenze, è definire pratiche agro-ecologiche per l'implementazione della sostenibilità in sistemi agro-zoo-forestali biologici e biodinamici basati sulla coltivazione di vite e olivo*

Con l'ultimo bando del Mipaaf su agricoltura biologica è stato finanziato il progetto Differ. Le prime attività di ricerca del progetto, iniziato nel gennaio scorso, si sono sviluppate in piena crisi Covid ma, nonostante le difficoltà, si sta già consolidando una comunità di attori che hanno strutturato e stanno ulteriormente sviluppando le iniziali idee progettuali a partire dalla [sperimentazione già in atto presso l'esperimento di lungo termine su agricoltura biologica e biodinamica MolTE](#), dell'Università degli Studi di Firenze.



L'obiettivo generale del progetto Differ è quello di definire pratiche agro-ecologiche per l'implementazione della sostenibilità in sistemi agro-zoo-forestali biologici e biodinamici basati sulla coltivazione di vite e olivo.

### ***Unità operative e aziende***

Le attività di ricerca, sperimentazione e divulgazione dei risultati sono condotte da tre unità operative costituite

da: l'**Università degli Studi di Firenze**, **Apab**-Istituto di formazione e **Associazione per l'Agricoltura Biodinamica** che collaborano a loro volta con **Paola Migliorini** (presidentessa di **Agroecology Europe**), **Centro Assistenza Imprese Coldiretti Toscana**, **Demeter** Associazione Italia e due agronomi specializzati nel settore dell'agricoltura biologica, **Francesca Castioni** e **Giovanni Cerretelli**.

Il progetto vede coinvolte **otto aziende biologiche e biodinamiche** dell'Italia centrale e meridionale, tra cui l'azienda sperimentale dell'Università degli Studi di Firenze, dove le suddette pratiche agro-ecologiche sono testate e validate (vedi tabella sotto). Le attività sono suddivise in quattro linee di ricerca, ovvero sperimentazione di pratiche agro-ecologiche per la diversificazione dei processi aziendali, impatti delle pratiche sulla fertilità del suolo, valutazione socio-economica, co-ricerca e co-innovazione.

### ***Le aziende pilota del progetto DIFFER***

Nome azienda	Certificazione		Regione	Orto col
	Biologica	Biodinamica		
Az. Agricola di Montepaldi	Si	No	Toscana	Viti cer
Az. Agricola Pasquale Amico	Si	Si	Campania	Orto cer
Az. Agr. Romualdi	Si	No	Toscana	Viti cer

Tommaso				
Az. Agricola Mascagni Bianca	Si	No	Toscana	Cer oliv
Azienda Agricola Amico Bio	Si	Si	Campania	Ort cer
Cooperativa Vitulia	Si	Si	Calabria	Oliv cer ort
Podere Forte	Si	Si	Toscana	Viti cer zoc

L'elevato grado di biodiversità e la multifunzionalità sono elementi riconosciuti per qualificare i sistemi produttivi sostenibili. Nella collina interna italiana, zona a elevato valore ambientale e paesaggistico, questi aspetti rivestono un'importanza se possibile ancora più grande.

### ***La ricchezza della collina interna***

Queste aree, talvolta erroneamente considerate in passato economicamente marginali, occupano ben il **30,3% della superficie nazionale** e, fatta eccezione per le **aree montane a bassa intensità di utilizzo agricolo (35,2%)**, costituiscono da un punto di vista della morfologia dei suoli il tipo produttivo più rappresentativo della nostra agricoltura. Su queste aree insiste quasi un quarto della popolazione, e sono relativamente più diffuse nel **Centro e Sud Italia (49,9 e 30,4%, rispettivamente)**. È su queste aree che si basano gli studi del progetto Differ.

## **Diversificazione e resilienza**

Oltre a testare nei campi sperimentali **MOLTE** indicatori di fertilità dei suoli, anche tramite l'esecuzione di tre tesi di laurea, in questo periodo, pur nel rispetto delle norme di sicurezza, il gruppo di coordinamento del progetto ha incontrato singolarmente tutti i partner e le aziende toscane (gli incontri con le aziende in Campania e Calabria sono stati pianificati non appena è stato dato il via libera agli spostamenti interregionali ma non sono stati ancora effettuati).



*Gruppo di coordinamento Differ e agricoltori di Podere Forte*

Negli incontri con aziende e partner sono state strutturate due linee di co-ricerca e co-innovazione: una volta a studiare tutte le potenziali vie di diversificazione degli ordinamenti produttivi aziendali, al fine di aumentare la

resilienza delle aziende al cambiare delle condizioni di mercato; e un'altra che focalizza su strategie di gestione dei suoli che conservino e aumentino la fertilità.

Riguardo alla prima linea di co-ricerca e innovazione, l'ordinamento produttivo prevalente nella collina interna italiana è basato su **vite e olivo**. Seppure abbiano

dimostrato di poter garantire una forte redditività, la combinazione della forte competizione sui mercati italiani ed esteri con gli elevati costi di manodopera, ha ridimensionato la pur sempre importante fiducia riposta dagli imprenditori in questi due settori.

### ***Multifunzionalità allargata***

Questo aspetto è stato esacerbato dalla corrente crisi sanitaria, durante la quale i settori più colpiti sono stati quelli delle esportazioni dei prodotti agro-alimentari di qualità, in testa vino e olio. Allo stesso tempo il mercato richiede, con sempre maggior forza, altri prodotti di qualità quali pane e pasta, leguminose e cereali in granella per consumo umano e carni da filiere a denominazione locale.

Oltre alle sopracitate opportunità di mercato, le attività di agriturismo, educazione ambientale, zooterapia (in inglese, pet therapy) etc. possono permettere alle aziende, in un'ottica di multifunzionalità allargata, di diversificare sia il reddito che le produzioni agricole, fornendo al contempo all'ambiente e al territorio una vasta gamma di servizi.

Quindi, da un punto di vista multifunzionale, elementi di diversificazione quali differenti razze animali e varietà vegetali, ordinamenti colturali e produttivi, componenti a varia funzionalità ecologica nel paesaggio agrario, promossa anche dalla diversità dei suoli e degli ambienti

tipica delle aree collinari, possono dare origine a nuove e rinnovate attività che consentano alle aziende un aumento del valore assoluto e della stabilità del reddito.

### ***Sistema agro-forestale sostenibile***



*Sistema agro-forestale basato su olivo e vite presso l'Azienda Romualdi*

Riguardo alla seconda linea di co-ricerca e innovazione, il ricongiungimento funzionale tra l'allevamento e l'azienda agricola con le sue produzioni vegetali e le risorse alimentari fruibili, distingue la

produzione biologica, la quale già di per se potenzialmente costituisce un modello di sistema agro-zoo-forestale sostenibile.

Tuttavia, bisogna tenere in conto che l'attuale scarsità di allevamenti nella collina interna e la conseguente ristretta disponibilità di letame, ha indotto/costretto gli agricoltori, pur nel rispetto delle norme sull'agricoltura biologica, a sostituire parzialmente le sorgenti di fertilità interne al sistema quali sostanza organica di origine animale e vegetale con input organici esterni.

Quindi si rende necessaria la messa a punto di nuovi

modelli di produzione primaria che superino il dualismo tra produzioni vegetali (agro-forestali) ed animali, ricollegando e richiudendo le catene di produzione e di riutilizzo degli elementi nutritivi, aumentando l'efficienza ecologica del sistema produttivo nel suo complesso.

### ***Condivisione degli obiettivi***

Nel caso di aziende appartenenti a comprensori con **scarsa disponibilità di letame** o comunque con scarse opportunità di mercato per i prodotti zootecnici, bisogna prevedere fonti alternative di approvvigionamento della sostanza organica. Nelle declaratorie Fao si legge che l'agroecologia cerca di ricollegare i produttori e i consumatori attraverso un'economia circolare e solidale che privilegia i mercati locali e sostiene lo sviluppo territoriale. Tuttavia non sempre è chiaro come si possa ottenere un risultato così ambizioso, soprattutto quando le dimensioni di scala sono grandi.

La condivisione di obiettivi, sistemi di gestione e di organizzazione è un passo avanti in questa direzione ma in assenza di un'organizzazione logistica evoluta rischia di essere inefficace. Vi è la necessità di creare, o meglio ripristinare, le connessioni economiche, sociali ed ecologiche tra sistemi urbani e sistemi rurali appartenenti ai soliti territori.

### ***Consumatori organizzati in collettività***





*Gruppo di coordinamento DIFFER e agricoltori dell'Azienda Romualdi*

Un primo passo in un'ottica di economia circolare può essere compiuto accoppiando alla fornitura di alimenti da produttori locali a consumatori organizzati in collettività (ad esempio, **gruppi di**

**acquisto solidale, mense scolastiche o aziendali, mercati contadini co-gestiti**) sistemi di riciclo dei nutrienti basati sulla raccolta e il controllo certificato di qualità di rifiuti organici selezionati conferiti dai gruppi di consumatori agli agricoltori, magari integrati con i residui della gestione del verde urbano.

Un po' quello che avviene tra il comparto degli allevamenti e il comparto foraggero-cerealicolo in un'azienda ad ordinamento produttivo misto, ma su una scala ben più ampia dove l'"elemento animale" è dato dalla popolazione della città e l'elemento di produzione vegetale è dato ad esempio dall'insieme di aziende orticole e frutticole collocate in ambito urbano e peri-urbano. È questo solo un esempio di economia della condivisione (sharing economy) applicato a vantaggio di un sistema di economia circolare.

## ***Equilibrio fra sistemi urbani e rurali***

Da un punto di vista logistico non è facile da attuare ma è pur vero che, soprattutto in un'ottica di aumento della popolazione dei centri urbani fino al 70%, sarà sempre più necessario ristabilire un equilibrio dei flussi di materia tra sistemi urbani e sistemi rurali. Vincere una tale sfida vorrebbe dire migliorare le diete delle popolazioni urbane, migliorare le economie delle popolazioni rurali e migliorare lo stato dell'ambiente in generale grazie all'aumento costante della sostanza organica nei suoli.

Tuttavia, questo obiettivo richiede uno sforzo congiunto di organizzazione da parte di tutti gli attori, inclusi agricoltori, trasformatori, consumatori, certificatori, ricercatori e politici responsabili delle pratiche di governance locale, e questo è un altro ambito sul quale si svilupperanno le attività del progetto Differ.

*L'autore, Cesare Pacini, è del Dipartimento Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari, Ambientali e Forestali (DAGRI) dell'Università di Firenze*

## 11.2 Schede tecniche riportate in formato testuale nel Capitolo 7, nel formato per la divulgazione tra agricoltori e ricercatori

### SCHEDA TECNICA

## Specie infestanti come bioindicatori della fertilità del suolo: come campionare e utilizzare i dati

### In breve

Questa scheda tecnica mostra come le specie infestanti possono essere utilizzate come bioindicatori delle condizioni in cui si trova il suolo, le quali sono a loro volta legate alle sue caratteristiche strutturali (ph o tessitura) o sua gestione (ritenzione idrica, mancanza o eccesso di nutrienti, compattazione).

Va evidenziato che

- 1- questo tipo di analisi non sempre fornisce risultati coerenti, poiché la relazione tra le specie infestanti e le condizioni del suolo non è sempre chiara
- 2- la metodologia di campionamento suggerita richiede alcune conoscenze botaniche di base per l'identificazione delle infestanti.



### Le specie spontanee come bioindicatori

Lo scopo di questo metodo è quello di ottenere informazioni sulle condizioni del suolo utilizzando piante spontanee ("infestanti") come bioindicatori all'interno di un agroecosistema.

Molte infestanti possono adattarsi a diversi suoli e ambienti, ma ogni specie ha un range di condizioni ottimali in cui si sviluppa con più facilità. In accordo con la classificazione redatta da Grime<sup>1</sup>, queste mettono in atto una strategia competitiva tra di loro per alcuni fattori e solo poche hanno la capacità di adattarsi a condizioni molto estreme (ad esempio le specie tolleranti per alcuni stress).

Alcune specie infestanti si possono trovare solitamente nel caso vi siano specifiche condizioni del suolo.

Conoscere quali specie possono essere associate a determinate condizioni del suolo è la base per poterle utilizzare come bioindicatori.

Le infestanti sono utilizzate da molto tempo come bioindicatori. A questo proposito, i ricercatori, in una prima fase, hanno analizzato la letteratura più o meno recente, che però è ancora piuttosto scarsa per questo

argomento. Infine, le specie sono state raggruppate in due gruppi legati a una data caratteristica del suolo.

Le specie per le quali è stata riportata la stessa correlazione con una determinata caratteristica del suolo in tre o più fonti diverse sono state definite come indicatori "altamente affidabili".

Specie per le quali, invece, è stato riportato un collegamento con una determinata caratteristica del suolo in due fonti differenti, sono state definite come indicatori "mediamente affidabili".

Le specie spontanee sono elencate nelle "tabelle delle specie bioindicatrici" riportate in appendice.

Il secondo passo è stato lo sviluppo di una metodologia che consenta agli agricoltori e agli operatori che lavorano all'interno di un agroecosistema di estrarre le maggiori informazioni possibili sulle infestanti come bioindicatori delle condizioni del suolo da un campionamento di queste specie.

La strategia di campionamento qui suggerita non può essere perfetta, ma rappresenta un buon compromesso tra lo sforzo necessario in termini di tempo e strutture necessarie per il campionamento e l'accuratezza dei dati ottenuti. Per ottenere informazioni più precise sulle condizioni del suolo, si raccomanda l'uso di tecniche convenzionali di analisi del suolo.



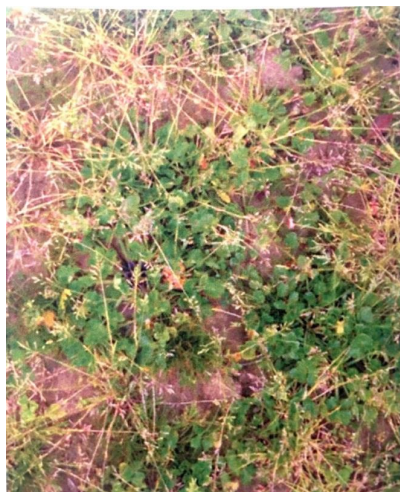


Figura 2 Terreno umido che mostra un'alta presenza di *Poa annua* e *Ranunculus repens*. Foto: Stefano Carlesi

#### Note per il campionamento

1 Focalizzare l'indagine sulla composizione complessiva delle specie infestanti e sulle specie dominanti. Le specie rare possono essere di elevato interesse botanico, ma non possono essere considerate indicatrici affidabili per le condizioni del suolo, specialmente in situazioni altamente disturbate come gli agroecosistemi.

2 Nel caso in cui non sia possibile identificare alcune delle principali specie presenti, prendere alcuni singoli campioni da identificare in un secondo momento. In tal caso, prelevare la pianta dal terreno e includere parte delle radici. I migliori esemplari da campionare sono quelli con fiori e frutti. Se sono troppo grandi, è possibile piegare la pianta o campionare solo una parte di essa. Assegnare un nome provvisorio basato sulle caratteristiche principali della specie (ad esempio "specie con foglie rossastre pelose" oppure "dicotiledone con fiori viola e ovario allungato") e registrare le specie sul foglio utilizzato durante il campionamento. Successivamente, conservare la pianta tra due fogli di giornale. In seguito, mettere un peso sui fogli di giornale. Ciò manterrà le caratteristiche del campione il più vicino possibile a quelle della pianta viva.

3 Sul foglio, annotare le condizioni del terreno in ogni parcella. Concentrarsi sulle differenze tra le diverse parcelle per le seguenti caratteristiche:

- Tessitura del suolo

- Compattazione del suolo
- Colore del suolo
- Umidità del suolo

4 Controllare se le principali specie trovate nelle parcelle sono annuali o perenni. In caso di dubbio, utilizzare il seguente semplice test: cercare di sradicare la pianta, e se questa operazione risulta facile includendo una grande quantità di radici la specie è annuale; se la pianta si rompe quando si cerca di sradicarla è probabile che sia una perenne.

5 A questo punto, per ogni parcella si avrà una descrizione delle principali specie di piante infestanti presenti e delle principali caratteristiche del suolo.

#### Lavoro fuori dal campo

1 Identificare le specie sconosciute usando i campioni tra i fogli di giornale presi sul campo e aggiornare il foglio utilizzato durante il campionamento. Se non è possibile identificare queste specie in autonomia, cercare l'aiuto di un collega più esperto.

2 Controllare quali specie registrate come dominanti tra le note di campionamento sono presenti nella tabella delle specie bioindicatrici (Allegato I).

3 Sommare il valore di copertura del suolo di ciascuna specie appartenente alla stessa tipologia di bioindicatori presenti in ciascuna sotto-area campionata.

4 Nel caso in cui specie bioindicatrici di caratteristiche opposte del suolo (ad esempio terreno secco o umido, terreno acido o alcalino) compaiano nella stessa parcella, non considerarle nell'analisi del terreno, in quanto i bioindicatori sarebbero di bassa affidabilità.

5 Se le specie infestanti dominanti appartenenti a diverse tipologie di bioindicatori non sono in conflitto, le caratteristiche descritte nella tabella possono essere confrontate con le caratteristiche effettive del suolo per verificare se l'indicazione fornita dalla tabella sia coerente o meno.

6 A questo punto, per ogni parcella dell'appezzamento campionata, si avrà una descrizione più dettagliata delle principali caratteristiche del suolo in base alle specie di infestanti presenti.

#### La conservazione delle piante

Se si desidera conservare i campioni raccolti sul campo, conservarli nei fogli di giornale fino a quando la pianta non è completamente asciutta. Rimuovere poi i fogli di giornale e attaccare il campione su un foglio di carta formato A3 bianco usando delle spille. Aggiungere informazioni come ad esempio il nome latino della specie, la data e il luogo della raccolta, etc.

### Quali conclusioni possono essere tratte?

Per avere indicazioni più chiare sulle caratteristiche del suolo, è preferibile fare affidamento all'analisi convenzionale del terreno. Tuttavia, l'osservazione della composizione della comunità di piante spontanee ("infestanti") presente in un campo rappresenta un metodo rapido ed economico per stimare le caratteristiche del suolo e per trarre conclusioni sugli effetti delle pratiche agricole. Va tenuto presente che la composizione della comunità di specie spontanee può essere influenzata da diversi fattori del suolo e dalla gestione passata e presente, che possono interagire anche su scala molto piccola. Pertanto, le informazioni derivanti dall'utilizzo di infestanti come bioindicatori dovrebbero sempre essere sottoposte a controlli incrociati con documentazione sul campo e valutazioni di laboratorio.

Diverse caratteristiche del suolo di solito danno luogo a diverse composizioni delle popolazioni di specie infestanti. Concentrandosi sulle specie infestanti dominanti che possono essere utilizzate come bioindicatori, è possibile ottenere informazioni utili per adattare le pratiche agricole alle attuali condizioni del suolo e migliorarle laddove necessario. Aspetti come la tessitura del suolo e il suo pH hanno meno probabilità di essere migliorati, ma altri aspetti come i ristagni idrici, la compattazione del suolo e la sua ridotta fertilità possono essere migliorati con pratiche culturali appropriate.

### Interpretazione dei risultati

Osservazioni	Possibili conclusioni e raccomandazioni
Tessitura del suolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>È una caratteristica agronomica molto importante, che di solito guida la scelta della lavorazione principale, delle colture di copertura e delle principali pratiche agronomiche (ad</li> </ul>

	<p>esempio concimazione, irrigazione). In una certa misura, la scarsa struttura del suolo può essere migliorata aumentando il contenuto di humus attraverso l'incremento del contenuto in sostanza organica nel suolo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adeguare la scelta delle colture, le macchine e i momenti in cui effettuare le lavorazioni alla struttura del suolo.</li> </ul>
pH del suolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determina la scelta delle colture e le pratiche di fertilizzazione ed ha una forte influenza diretta e indiretta sulla qualità chimica e biologica del suolo. Se le specie bioindicatrici suggeriscono che il terreno oggetto di valutazione sia acido, convalidarlo con la misurazione del pH tramite analisi di laboratorio e adottare le misure appropriate per aumentare il pH del terreno, se necessario</li> </ul>
Disponibilità di acqua nel suolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valori elevati indicano la necessità di aumentare l'efficacia del sistema di drenaggio o di verificare la presenza di una suola di lavorazione. In caso di valori bassi,</li> </ul>

FERTILCROP Carlesi & Bàrbari (2017): weeds as soil bioindicators. How to sample and use data. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

	in cui l'irrigazione non è possibile, un'attenta scelta delle colture e delle pratiche di gestione è fondamentale.
Compattazione del suolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Indica la necessità di modificare le pratiche di lavorazione del terreno (ad esempio impiegando lavorazioni ridotte e / o rippatura)</li> </ul>
Fertilità del suolo	<ul style="list-style-type: none"> <li>Un'elevata presenza di specie che indicano terreno fertile può essere un segno dell'utilizzo eccessivo di fertilizzanti. Pertanto, potrebbe essere necessario modificare la strategia di fertilizzazione delle colture. Al contrario, un'elevata presenza di specie che indicano un terreno povero suggerisce la necessità di aumentare il contenuto in sostanza organica del suolo, ad esempio attraverso la combinazione di lavorazioni ridotte e colture di copertura e / o concimazioni organiche. In questo caso, qualsiasi pratica dannosa (ad esempio lavorazione profonda con inversione della fetta di suolo,</li> </ul>

	rimozione delle stoppie o bruciatura) è fortemente sconsigliata.
--	--

**Autori**

Stefano Carlesi and Paolo Bàrberi (both SSSA)

**Immagini**Copertina :Equisetum arvense prospera su un terreno umido.  
Paolo Bàrberi . Atre : Stefano Carlesi & Paolo Bàrberi**Review**

Andreas Fliessbach , Kathrin Huber , Maike Krauss (all FiBL)

**Traduzione**

Andreas Basler (FiBL)

**Bibliografia**

- Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer.
- Pignatti, S., Menegoni, P., & Pietrosanti, S. (2005). Biondificazione attraverso le piante vascolari. Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia. Braun-Blanquetia, 39, 97.
- Grime, J. P. (2006). Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley & Sons.
- Clements, F. E. (1920). Plants indicators :the relation of plant communities to process and practice (N° . 290). Carnegie institution of Washington.
- Cocannouer , J. (1964). Weeds: guardians of the soil. Devin – Adair.

**Impronta****Publicato da**Research Institute of Organic Agriculture FiBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Switzerland  
Phone +41 62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Scuola Superiore Sant'Anna SSSA

Piazza Martiri della libertà 33, 56127 Pisa, Italy

Phone +39 050 88 31 11,

[paolo.barberi@santannapisa.it](mailto:paolo.barberi@santannapisa.it), [www.santannapisa.it](http://www.santannapisa.it).

**Allegato I: Tabelle delle specie bioindicatrici**

Ordinate per caratteristiche del suolo

Caratteristica del suolo	Specie	Famiglia botanica	Tipologia	Affidabilità
pH del suolo	Chrysanthemum leucanthemum syn. Leucanthemum vulgare	Asteraceae	Suolo acido	M
	Gnaphalium uliginosum	Asteraceae	Suolo acido	M
	Hieracium aurantiacum syn. Pilosella aurantiaca	Asteraceae	Suolo acido	A
	Hieracium pratense syn. H. caespitosum, Pilosella caespitosa	Asteraceae	Suolo acido	A
	Polygonum aviculare	Polygonaceae	Suolo acido	M
	Polygonum persicaria syn. Persicaria maculosa	Polygonaceae	Suolo acido	M
	Portulaca oleracea	Portulacaceae	Suolo acido	M
	Potentilla argentea	Rosaceae	Suolo acido	M
	Potentilla monspeliensis	Rosaceae	Suolo acido	M
	Rumex acetosella	Polygonaceae	Suolo acido	A
	Rumex crispus	Polygonaceae	Suolo acido	M
	Sonchus spp.	Asteraceae	Suolo acido	A
	Spergula arvensis	Caryophyllaceae	Suolo acido	A
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Suolo acido	M
Disponibilità di acqua	Viola arvensis	Violaceae	Suolo acido	A
	Anagallis arvensis	Primulaceae	Suolo alcalino	A
	Anthemis nobilis syn. Chamaemelum nobilis	Asteraceae	Suolo alcalino	M
	Chenopodium spp.	Chenopodiaceae	Suolo alcalino	M
	Daucus carota	Apiaceae	Suolo alcalino	M
	Lepidium virginicum	Brassicaceae	Suolo alcalino	M
	Amaranthus retroflexus	Amaranthaceae	Suolo asciutto	M
	Euphorbia maculata	Euphorbiaceae	Suolo asciutto	M
	Medicago lupulina	Fabaceae	Suolo asciutto	M
	Althaea officinalis	Malvaceae	Suolo umido	M
	Apios americana	Fabaceae	Suolo umido	M
	Carex lasiocarpa	Cyperaceae	Suolo umido	A
	Echinochloa crus-galli	Graminaceae	Suolo umido	M
	Equisetum arvense	Equisetaceae	Suolo umido	A
Impatiens pallida	Balsaminaceae	Suolo umido	M	



Carlesì & Barbàri (2017): Weeds as soil bioindicators. How to sample and use data . FertilCrop Technical Note.  
Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

6



Caratteristica del suolo	Specie	Famiglia botanica	Tipologia	Affidabilità
	<i>Lychnis flos-cuculi</i>	Caryophyllaceae	Suolo umido	M
	<i>Poa annua</i>	Graminaceae	Suolo umido	A
	<i>Podophyllum peltatum</i>	Berberidaceae	Suolo umido	M
	<i>Polygonum pensylvanicum</i>	Polygonaceae	Suolo umido	M
	<i>Polygonum persicario</i> syn. <i>Persicaria maculosa</i>	Polygonaceae	Suolo umido	A
	<i>Ranunculus</i> spp.	Ranunculaceae	Suolo umido	A
	<i>Rumex acetosella</i>	Polygonaceae	Suolo umido	M
	<i>Tussilago farfara</i>	Asteraceae	Suolo umido	A
	<i>Typha latifolia</i>	Typhaceae	Suolo umido	M
Compattazione del suolo	<i>Euphorbia maculata</i>	Euphorbiaceae	Compattazione	A
	<i>Galium aparine</i>	Rubiaceae	Compattazione	A
	<i>Plantago major</i>	Plantaginaceae	Compattazione	A
	<i>Poa annua</i>	Graminaceae	Compattazione	A
	<i>Polygonum aviculare</i>	Polygonaceae	Compattazione	A
Tessitura del suolo	<i>Allium vineale</i>	Liliaceae	Suolo argilloso	M
	<i>Bellis perennis</i>	Asteraceae	Suolo argilloso	M
	<i>Plantago major</i>	Plantaginaceae	Suolo argilloso	A
	<i>Ranunculus</i> spp.	Ranunculaceae	Suolo argilloso	M
	<i>Ranunculus repens</i>	Ranunculaceae	Suolo argilloso	M
	<i>Rumex obtusifolius</i>	Polygonaceae	Suolo argilloso	A
	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	Suolo argilloso	M
	<i>Centaurea cyanus</i>	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	<i>Centaurea melitensis</i>	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	<i>Convolvulus arvensis</i>	Convolvulaceae	Suolo sabbioso	M
	<i>Eupatorium capillifolium</i>	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	<i>Lactuca tatarica</i> var. <i>pulchella</i>	Asteraceae	Suolo sabbioso	M
	<i>Linaria vulgaris</i>	Scrophulariaceae	Suolo sabbioso	M
	<i>Urtica dioica</i>	Urticaceae	Suolo sabbioso	A
	<i>Viola arvensis</i>	Violaceae	Suolo sabbioso	A
Fertilità del suolo	<i>Arctium minus</i>	Asteraceae	Fertilità alta	M
	<i>Chenopodium album</i>	Chenopodiaceae	Fertilità alta	A
	<i>Phytolacca americana</i>	Phytolaccaceae	Fertilità alta	M
	<i>Poa annua</i>	Graminaceae	Fertilità alta	M
	<i>Portulaca oleracea</i>	Portulacaceae	Fertilità alta	M
	<i>Stellaria media</i>	Caryophyllaceae	Fertilità alta	A
	<i>Taraxacum officinale</i>	Asteraceae	Fertilità alta	A
	<i>Andropogon</i> spp.	Graminaceae	Fertilità bassa	M
	<i>Linaria vulgaris</i>	Scrophulariaceae	Fertilità bassa	M
	<i>Lotus corniculatus</i>	Fabaceae	Fertilità bassa	M

Caratteristica del suolo	Specie	Famiglia botanica	Tipologia	Affidabilità
	Rumex acetosella	Polygonaceae	Fertilità bassa	M
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Fertilità bassa	M

A: Alto  
M: Medio

**Allegato II: FOGLIO DI CAMPIONAMENTO**


Nome del campo:

Data:

Campionatore:

Mappa del campo

Sotto-area del campo	Specie dominanti	% copertura del suolo	Caratteristiche del suolo	Nota
A	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
B	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
	_____			
C	_____			

FERTILCROP Carlesi & Bärbari (2017): weeds as soil bioindicators. How to sample and use data. FertilCrop Technical Note.  
 Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

---


---

**Allegato III: BIBLIOGRAFIA**

Le seguenti fonti sono state utilizzate per riempire le tabelle delle specie bioindicatrici

Andreasen, C., & Skovgaard, I. M. (2009). Fattori del suolo e della coltura del importanza per la distribuzione di specie di piante sui campi arabile in Danimarca. *Agricoltura , ecosistema & ambiente*, 133(1) , 61-67.

Cimalova, S., & Lososova, Z. (2009). Vegetazione di erba arabile della parte nord-orientale della repubblica ceca : effetti dei fattori ambientali sulla composizione delle specie. *Ecologia delle piante*, 203(1), 45-57.

Clements, F. E . (1920). Indicatori delle piante : La relazione delle comunità vegetali per elaborare e praticare( N°. 290). Istituzione Carnegie di Washigton.

Cocannouer, J . (1964). Erbe : guardiani del suolo. Devin- Adair.

Falkengren-Grerup, U., & Schottelndreier, M.(2004).

Piante vascolari come indicatori di arricchimento dell'azoto nel suolo. *Ecologia vegetale*, 172(1),51-62.

Fried, G., Norton, L. R., & Reboud, X. (2008). Fattori ambientali e gestionali che determinano la composizione e la diversità degli infestanti in Francia. *Agricoltura , ecosistema & ambiente* , 128(1), 68 -76.


Fried, G., Petit, S., & Reboud, X. (2010) . Una classificazione generalista-specialista della flora arabile e sua risposta ai cambiamenti nelle pratiche agricole. *Ecologia BMC* , 10(1), 1.

Grime, J. P. (2006). Strategie di piante, processi di vegetazione e proprietà degli ecosistemi. John Wiley & Sons.

Hanzlik, K., & Gerowitt, B. (2011). L'importanza del clima, del sito e della gestione della vegetazione infestante nella colza in Germania. *Agricoltura , ecosistema e ambiente* , 141(3) , 323-331.

Hill, S. B., & Ramsay, J. (1977). Infestanti come indicatori delle condizione del suolo. *Il diario di McDonald*, 38(6), 8-12.

Kalivas, D. P., Economou, G., & Vlachos, C. E.(2010). Utilizzando il sistema di informazioni geografiche per mappare gli infestanti prevalenti in una fase precoce del raccolto di cotone in relazione a fattori abiotici. *Phytoparasitica*, 38 (3), 299- 312.

 Carlesi & Bàrbari (2017): weeds as soil bioindicators. How to sample and use data. FertilCrop Technical Note.

Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

Lousada , L. L., Freitas. S. P., Marciano. C. R., Esteves, B. S., Muniz, R. A., & Siqueira, D. P. (2013). Correlazione delle proprietà del suolo con la comparsa di infestanti nelle aree di canna da zucchero. *Planta Daninha*, 31(4), 765-775.

Nordmever, H., Dunker, M., & Stafford, J. V. (1999). densità variabili degli infestanti e proprietà del suolo in un concetto di mappatura degli infestanti per il loro controllo diserbo. In *agricoltura di precisione '99. Parte 1. Articoli presentati alla 2a Conferenza Europea sull'agricoltura di precisione*, Odense, Danimarca, 11-15 Luglio 1999 (pp. 453-462). Sheffield Academia di Stampa.

Otto, S., Zuin. M. C., Chiste, G., & Zanin, G. (2007). un approccio modellistico che utilizza la banca del seme e le proprietà del suolo per prevedere la relativa densità di infestanti nei campi organici di una valle prealpina italiana. *ricerca infestante*, 47 (4), 311-326.

Pignatti, S., Menegoni, P., & Pietrosanti, S.(2005). Bioindicazione attraverso le piante vascolari . Valori di indicazione secondo Ellenberg (Zeigerwerte) per le specie della Flora d'Italia. *Braun-Blanquetia*, 39,97.

Pinke, G., Karacsony, P., Czucz, B., Botta- Dukat, Z., & Lengvel, A.( 2012). L'influenza dell'ambiente, della gestione e del contesto del sito sulla composizione delle specie di vegetazione di infestanti arabile estiva in Hugarly. *Scienza della vegetazione applicata* , 15(1), 136- 144 .

Pinke, G., Pal, R., & Botta-Dukat, Z. (2010). Effetti di fattori ambientali sulla composizione di specie infestanti di campi di cereali e stoppie nell'Ungheria occidentale. *Diario della Biologia dell'Europa centrale*, 5(2), 283-292.

Raunkiaer, C. (1934). Le forme di vita delle piante e la geografia delle piante statistiche: essendo le carte raccolte di C. Raunkiaer.

Shiratsuchi, L. S., Fontes, J.R. A., & Resende, A. V. (2005). correlazione di infestanti tra distribuzione spaziale e fertilità del suolo. *Planta Daninha*, 23(3), 429-436.

Singh, A., & Tucker, D. P. H. (1997). Infestanti in J.L. Knapp (Ed.) , Guida alla gestione dei parassiti degli agrumi della Florida. Università di Florida. Florida.

Walter. A. M., Christensen, S., & Simmelsgaard, S. E.(2002). Correlazione spaziale tra densità delle specie

infestanti e proprietà del suolo. ricerca di infestanti, 42 (1), 26-38.

Fonti elettroniche:

Beth Botts, Sito del giardino Botanico di Chicago. Il liguaggio degli infestanti,  
[http://www.chicagobotanic.org/plantinfo/smart\\_gardener/language\\_weeds](http://www.chicagobotanic.org/plantinfo/smart_gardener/language_weeds). Accessed 25th November 2016


DianaBarker , Guarda gli infestanti,  
<http://homestead.org/DianaBarker/LooktotheWeed/SoilIndicators.htm>. Accessed 25th November 2016

Susan Sides, Infestanti come indicatori del suolo. 1987.  
<http://www.motherearthnews.com/organic-gardening/soil-indicators-zmaz87jazgo#ixzz3PMv6ITbH.aspx#ixzz3PMv6ITbH>  
Accesses 25th November 2016

Steve Dive, Warren Dick, Jean- Paul Courtens (2014). Ecologia applicata degli infestanti: perché crescono gli infestanti e modi per osservarle. Webinar di gestione degli infestanti organiche ,  
[http://www.ydae.purdue.edu/oarei/soils\\_weed\\_management.pdf](http://www.ydae.purdue.edu/oarei/soils_weed_management.pdf) . Accessed 25th November 2016

Stephen Weller, caratteristiche del suolo che influenzano la gestione degli infestanti,  
<https://michiganorganic.files.wordpress.com/2014/11/soil-characteristics-that-influence-weed-management.pdf> . Accessed 25th November 2016

Usando gli infestanti come indicatori del suolo,  
<http://www.organic-guru.co.uk/wormbook/7soil/3WEEDINDIC.pdf>  
Accessed 25th November 2016

 FERTILCROP Carlesi & Bàrbari (2017): weeds as soil bioindicators. How to sample and use data. FertilCrop Technical Note.  
Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

12

## Campionamento dei lombrichi

### In breve

I lombrichi sono organismi chiave ed indicatori della qualità del suolo, e ciò ha ripercussioni anche sulla produttività di un ecosistema. Più è alta la densità e la diversità dei lombrichi, migliori sono le loro condizioni di vita e più fertile è il suolo. Sono relativamente facili da individuare e da inserire nei tre diversi gruppi ecologici.

Il numero e la distribuzione delle tre categorie ecologiche e delle numerose specie di lombrichi dipendono dalla gestione del suolo, dal tipo di suolo, dalla vegetazione e dalle condizioni climatiche.

In questa scheda tecnica, sono mostrati diversi metodi su come campionare, misurare e interpretare la presenza dei lombrichi.



### Tre categorie ecologiche

Ci sono più di 4000 specie di lombrichi nel mondo, circa 400 in Europa di cui circa 40 nelle nostre latitudini (Svizzera, Germania). Bouché (1971)<sup>1</sup> in Francia e Lee (1959)<sup>2</sup> in Australia hanno definito le categorie ecologiche dei lombrichi. Inizialmente, le specie erano caratterizzate tenendo conto dei criteri morfologici, demografici, ecologici e anatomici. Successivamente, Lee e Forster (1991)<sup>3</sup> hanno incluso caratteristiche comportamentali e nel corso degli anni tre categorie hanno semplificato l'identificazione dei gruppi ecologici. Alcune specie possono avere proprietà miste sia dal punto di vista morfologico che comportamentale.

#### Esigenze ecologiche

Fattori specifici del sito come pH del suolo, contenuto di sostanza organica, tessitura del suolo, uso del suolo e pratiche agricole influenzano la presenza e l'abbondanza dei lombrichi. Il diverso modo di vivere e le preferenze spaziali determinano approssimativamente le tre categorie ecologiche e la loro differente posizione nei diversi strati di suolo.

- **Specie epigee** (Nella lettiera, lunghezza 2-6 cm): decompongono la materia organica fresca vicino alla superficie del suolo. Sono

piccoli e di colore nero-rosso. Preferiscono vivere nei luoghi come: praterie, foreste e compostiere, raramente presenti nei suoli coltivati a causa della mancanza di lettiera permanenti sulla superficie. Hanno un tasso di riproduzione vigoroso ma una vita breve.

- **Specie endogee** (vivono poco in profondità, fino a 18 cm di lunghezza): decompongono la sostanza organica nel suolo e vivono in gallerie orizzontali nella zona dove si sviluppano le radici. Sono pallidi, non pigmentati. Il loro tasso di riproduzione è limitato (8-12 bozzoli/anno) e la durata della vita è media (3-5 anni).
- **Specie aneciche** (vivono in profondità, 15-45 cm di lunghezza) portano parti di piante dalla superficie del suolo nei loro cunicoli verticali (diametro di 8-11 mm), dove le decompongono parzialmente e si alimentano. A causa del loro comportamento, sono particolarmente sensibili alla lavorazione del suolo, soprattutto quando sono in attività. La velocità di riproduzione è limitata e la durata della vita è lunga. Le specie aneciche di *Nicodrilus* sono grandi e di colore bruno-nero. Gli adulti possono depositare le loro feci sulla superficie del suolo. Le specie aneciche *Lumbricus* sono grandi e di colore rosso-bruno. Gli adulti depositano le loro feci dentro o sulla superficie del suolo.



This publication was produced in the framework of the FertiliCrop project funded by CORE Organic Plus funding bodies being partners of the FP7 ERA-Net project CORE Organic Plus.

## Vantaggi e svantaggi delle tecniche

I lombrichi possono essere estratti dal suolo versando sulla superficie una soluzione irritante come formalina, senape o isotiocianato di allile, che scorre nei pori del suolo e nei cunicoli formati dai lombrichi. Quando la soluzione entra in contatto col lombrico, ne irrita la pelle e provoca la sua risalita sulla superficie del suolo. Tuttavia, i lombrichi possono nascondersi in nicchie, dove la soluzione irritante non può entrare, quindi è spesso necessario scavare il suolo a mano per una registrazione più precisa degli individui (Tabella 1). A seconda della posizione preferita dai lombrichi e della tipologia di cunicoli, l'utilizzo dell'irritante è utilizzato principalmente nella ricerca di specie aneciche, ma comporta il rischio di sottostimare la presenza degli endogei. La combinazione dei due metodi (soluzione irritante e selezione manuale) è considerata come più precisa nel rilevare l'abbondanza e la diversità dei lombrichi.

Tabella 1 Confronto dei due metodi di campionamento

	Estrazione	Selezione manuale
<b>Efficienza</b>	Preciso	Molto preciso
<b>Specie selezionate</b>	Specie aneciche (profondi)	Specie endogee (poco profondi)
<b>Materiale necessario</b>	Materiali logistica con requisiti di elevata qualità	Bassi requisiti per quanto riguarda i materiali
<b>Tempo richiesto</b>	Relativamente veloce, 25-30 minuti	Maggior tempo richiesto (1-2ore)
<b>Disturbo del suolo</b>	Nessuno/basso (a seconda della soluzione)	basso
<b>Lesioni per i lombrichi</b>	Formalina: tossica Senape e allile isotiocianato: alto tasso di sopravvivenza	Alcuni lombrichi possono essere feriti scavando
<b>Area di esame</b>	Grande, anche se su colline ripide non è possibile l'estrazione	Piccola (specialmente se associata al test della vanga)

L'estrazione con una soluzione irritante porta una grande parte dei vermi sulla superficie, dove possono essere raccolti facilmente. L'uso della soluzione di senape è meno efficiente rispetto alla formalina o all'isotiocianato di allile, ma in combinazione con la selezione manuale, quasi tutti i lombrichi possono essere trovati. Un'altra difficoltà è la

standardizzazione della concentrazione di senape. Il vantaggio nell'utilizzo della senape è la sua disponibilità e l'essere innocua per gli utenti.

L'efficienza di estrazione delle soluzioni irritanti differisce.

Frund e Jordan (2003)<sup>4</sup> riportano la seguente classifica: senape da tavola <senape in polvere = semi di senape <formalina.

È possibile combinare l'estrazione del lombrico col test della vanga selezionando manualmente prima il suolo scavato e poi utilizzare l'estrazione tramite la senape nello scavo effettuato. Tuttavia, le vibrazioni causate dallo scavo e il prelievo del campione con la vanga possono causare la fuga di alcuni lombrichi in aree dove non possono più essere raggiunti. Questo approccio può quindi portare a numeri più bassi o maggiormente variabili.

### Condizioni sperimentali

La presenza e l'attività dei lombrichi variano molto a seconda del meteo, della stagione e della coltivazione. Le seguenti condizioni devono essere prese in considerazione per il campionamento di lombrichi:

- Il momento ideale per fare il campionamento dei lombrichi è il loro periodo di massima attività (marzo-aprile e settembre-ottobre in Europa centrale).
- Poiché il sito è disturbato, non campionare nello stesso posto. Campionare sempre prima delle pratiche agricole che disturberanno il suolo.
- Per l'eterogeneità del suolo e a causa di un'elevata variabilità generale, si raccomandano da 4 a 6 repliche per campo.
- Il disegno di campionamento dovrebbe essere adattato alla specifica domanda alla quale si vuole rispondere nel progetto di ricerca.

Nelle seguenti condizioni, gli studi della popolazione di lombrichi sono più difficili o impossibili da trovare (Figura 1):

- Terreno secco, troppo umido o saturo d'acqua
- Caldo o temperature sotto lo zero
- Nei terreni argillosi pesanti, l'estrazione è difficile. Nei terreni sabbiosi i lombrichi si presentano in numero basso.





Figura 1 Durante il freddo invernale e la siccità estiva i lombrichi di profondità rimangono arrotolati e inattivi (ibernazione, periodi di stasi). Foto: K. Huber

## Istruzioni per il test della vanga seguito dall'estrazione dei lombrichi

L'estrazione dei lombrichi può essere combinata con il test della vanga, che si basa sull'approccio di Capowiez (2012). Vi sono alcuni potenziali effetti collaterali negativi della combinazione di questi due strumenti di valutazione della fertilità del suolo sull'efficacia del campionamento. Dopo lo scavo del suolo per il test della vanga dal volume di 30 \* 30 \* 30 cm, i lombrichi e i macropori causati dal loro movimento possono essere individuati nella parte inferiore della buca da cui è stato prelevato il campione. Questi indicano l'attività e la densità di organismi che vivono in profondità nel suolo. Il campione di suolo può essere descritto secondo il protocollo sul test della vanga presente nella scheda tecnica di FertCrop intitolata "Test della vanga per valutare la struttura del suolo" seguito da una selezione manuale dei lombrichi presenti. Quindi la soluzione irritante viene versata nella buca seguendo le istruzioni sopra riportate per raccogliere i lombrichi. Nel progetto FertCrop, la selezione manuale è stata fatta prima dell'estrazione tramite soluzione irritante.

### Materiale

- Guida alle istruzioni e alla determinazione / identificazione (categorie ecologiche)
- Metro
- Vanga
- Foglio di plastica
- Guanti di plastica
- Barattoli di vetro
- Pennarello indelebile
- Foglio, penna

- Fotocamera
- Cronometro
- Annaffiatoio
- Tanica con 9 litri di acqua (per tre estrazioni)
- 2 piccoli vasi di senape commerciale (150g \* 2) (per 9 litri di acqua)
- Bilancia da laboratorio
- Soluzione di Formalina al 4%
- Filtri di carta

### Preparare la soluzione a base di senape

- Per ogni estrazione, diluire 2 piccoli vasetti di senape commerciale (150 g \* 2) in un annaffiatoio con 10 litri di acqua.
- Per ogni scavo campionato: applicare versando in totale circa 10-20 litri di senape diluita.

### Selezione manuale

- Scavare un volume di 30 \* 30 \* 30 cm di terreno e mettere il campione sul foglio di plastica.
- Osservare le radici, poiché spesso i lombrichi si nascondono tra le fitte radici.
- Sommare il numero di lombrichi con quelli del campionamento precedente.

### Contare i cunicoli dei lombrichi

- Pulire e livellare la superficie nella parte inferiore della buca con un coltello affilato per rendere visibili i lombrichi e i loro cunicoli.
- Contare i macropori aperti sull'area totale di 30 \* 30 cm

\*Utilizzare una cornice per limitare l'area di campionamento.

### Misurare l'infiltrazione

- Posizionare il metro in un'area pulita da elementi estranei, così da poter vedere bene i valori numerici sul metro.
- Versare 3 litri di soluzione di senape nella buca nel terreno (Figura 2).
- Avviare immediatamente un cronometro e interrompere la registrazione del tempo necessario per calcolare l'infiltrazione.

### Stendere la soluzione irritante nella buca

- Ogni 10 minuti applicare un terzo della soluzione irritante nell'area di test.
- Gli ultimi lombrichi possono uscire dal suolo fino a 30 minuti dopo l'ultima applicazione, quindi attendere.



Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner (2017): Campionamento dei lombrichi. FertCrop Scheda Technica. Scaricare su [www.fertcrop.net](http://www.fertcrop.net)

**Raccolta dei lombrichi**

- Raccogliere con cura i lombrichi con una pinzetta non appena sono usciti completamente dal terreno.
- Posizionare i lombrichi individuati in un vassoio, pieno di carta umida.
- Risciacquarli con acqua per rimuovere l'irritante.

**Attività di laboratorio**

- Lavare e contare immediatamente i lombrichi campionati.
- Mettere i lombrichi su carta da filtro per asciugarli superficialmente.
- Distinguere tra adulti (con clitello / anello) e giovani (senza clitello) a seconda della ricerca necessaria.
- Raggrupparli in categorie ecologiche consultando un esperto o una guida alla classificazione.  
\*Gli esperti possono aiutare con l'identificazione della specie.
- Contare i lombrichi individualmente (densità) e pesarli (biomassa).
- Calcola la densità e la biomassa per metro quadrato.

**Conservazione e trasporto dei lombrichi**

I lombrichi possono essere conservati in due metodi:

- Soluzione al 4 per cento di formalina: Il DNA sarà danneggiato (soluzione per il trasporto di lombrichi per via aerea).
- Soluzione al 70 per cento di etanolo: Il DNA sarà preservato (tuttavia, l'etanolo deve essere cambiato nelle prime settimane e il colore dei lombrichi può variare nel tempo).



Figura 2 La soluzione di senape viene versata nel foro e viene misurata l'infiltrazione. Foto: D. Antichi

**Classificazione dei risultati**

I seguenti fattori contribuiscono ad una elevata densità di lombrichi:

- Limitati disturbi del suolo (lavorazione del suolo, protezione della superficie da parte delle piante)
- Vegetazione (pascoli, pacciamature verdi)
- Materiale vegetale morto (compost vegetale, pacciamatura)

Le informazioni sulla densità e sulla biomassa differiscono ampiamente nella letteratura. I motivi principali di queste differenze sono le condizioni specifiche di ciascuna località. Inoltre, vi è una disomogeneità su piccola scala nel terreno e differenze stagionali nella distribuzione dei lombrichi. La densità di popolazione nel suolo dipende dall'intensità delle pratiche agricole (lavorazione del suolo, immissione di pesticidi, rotazione delle colture, uso di macchinari pesanti), approvvigionamento di cibo (sotto e sopra il suolo) e umidità del suolo (pioggia, irrigazione, ...).

Per quanto riguarda la densità totale e la biomassa, in alcuni paesi esistono soglie nazionali o regionali che possono indicare se le quantità di lombrichi rilevati sono a basso, medio o alto livello. Ad esempio, in Francia, la soglia è di 150 lombrichi per ettaro (Cluzeau, 2015). Tuttavia, questa soglia non tiene conto delle condizioni del suolo e del clima.

Si consiglia di effettuare misurazioni ripetute nel tempo (anni) per monitorare il cambiamento e confermare le variazioni.

Nota: la biomassa di lombrichi è un ottimo indicatore dal punto di vista ecologico.

**Interpretazione dei risultati**

Osservazioni	Possibili conclusioni e raccomandazioni
<b>Abbondanza di lombrichi e biomassa</b>	<p>* La colonizzazione del volume del suolo dipende da fattori antropici come intensità delle lavorazioni, rotazione delle colture, pesticidi, ecc., e fattori come tipo di suolo, cibo e umidità (Piffner, 2014)<sup>5</sup>.</p> <p>* Più alta è la biomassa e l'abbondanza dei lombrichi, migliori sono i servizi ecosistemici correlati, come la decomposizione dei residui organici e la porosità per l'infiltrazione.</p>

	<p>* Quando vengono utilizzati erbicidi a base di glifosato, l'attività di specie aneciche sulla superficie del suolo si interrompe alcune settimane dopo l'applicazione. Mentre le specie endogee nel suolo non sono influenzate nella loro attività, la loro riproduzione è ridotta del 56% entro tre mesi dopo l'applicazione (Gaupp-Berghausen e al., 2015)<sup>6</sup>.</p> <p>* L'uso di erbicidi riduce la popolazione di lombrichi in quanto viene ridotta la disponibilità di residui vegetale (Pffifner, 2014)<sup>5</sup>.</p>		<p>* Mentre i lombrichi anecici sono più sensibili all'applicazione superficiale dei pesticidi a causa del loro comportamento, le specie endogee reagiscono maggiormente ai pesticidi che vengono incorporati nel suolo (Pffifner, 2014)<sup>5</sup>.</p>
<p><b>Categorie ecologiche</b></p>	<p>* Le categorie ecologiche di lombrichi forniscono diversi servizi per il suolo. Il raggruppamento di lombrichi nelle categorie indica la biodiversità del suolo e, quale dei servizi associati svolgono.</p> <p>* La migliore pratica per aumentare i lombrichi anecici è quella di smettere di arare e coprire il suolo in modo permanente con le colture e con le pacciamature verdi o cover crops (Cuendet, 1997)</p> <p>* Le specie endogee sono meno suscettibili all'aratura ma appena vengono eliminati i residui colturali, diminuiscono. Queste sembrano adattarsi meglio ai disturbi causati dall'aratura e possono beneficiare dell'inversione del suolo a causa dell'incorporazione di materia organica (Pelosi et al., 2009)<sup>7</sup>.</p> <p>* Nei terreni arati, le specie epigee si presentano in numero basso, a seconda della quantità di residui organici sulla superficie del suolo, poiché vivono nella lettiera superficiale.</p>	<p><b>Età dei lombrichi</b></p>	<p>* Adulti e giovani possono indicare se il suolo è stato disturbato: più giovani indicano maggiori disturbi del suolo.</p> <p>* Un numero elevato di giovani può anche mostrare un alto tasso di riproduzione e quindi buone condizioni di vita.</p> <p>* La densità totale dei lombrichi aumenta significativamente con la lavorazione ridotta rispetto all'aratura, principalmente a causa del maggiore numero di giovani, mentre i bozzoli hanno dimostrato di essere cinque volte più alti con una lavorazione ridotta (Kuntz et al., 2013)<sup>8</sup></p>
		<p><b>Misure chiave per la promozione dei lombrichi</b></p>	<p>* Le principali ragioni del declino dei lombrichi sono la monocoltura, la rimozione dei residui colturali con lunghi periodi di suolo nudo, i macchinari pesanti e la lavorazione intensiva del suolo come aratura, utilizzo di erpici rotativi e macchinari simili e pesticidi (ad esempio erbicidi).</p> <p>-&gt; Che cosa si potrebbe fare: cibo sufficiente (materiale vegetale), assenza / uso minore di pesticidi nocivi, lavorazione ridotta, non lavorazione, prevenzione della compattazione del suolo, promozione di suoli ben strutturati e aerati, concimazione appropriata, gestione equilibrata dell'humus tramite la</p>

rotazione delle colture (Pelosi et al., 2014) <sup>9</sup>
---

## Maggiori informazioni

Per ulteriori informazioni sul campionamento e sulla determinazione dei lombrichi, consultare il sito web dell'osservatorio partecipativo francese dei lombrichi <https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT/accueil.php>

Per ulteriori informazioni sulla diversità dei lombrichi in Europa, consultare l'atlante della biodiversità del suolo <http://eusoiils.irc.ec.europa.eu/content/atlant-europ%C3%A9en-de-la-biodiversit%C3%A9-des-sols>

Nel negozio FIBL troverete ulteriori guide tecniche sui lombrichi con le seguenti informazioni: determinazione secondo categorie ecologiche, significato e misure per aumentare le popolazioni di lombrichi nei suoli agricoli <https://shop.fibl.org/>

## Riferimenti

- Bouché, M. B. Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre. In *La vie dans les Sols* (Pesson, P., 1971).
- Lee, K. E. *The earthworm fauna of New Zealand*. (1959).
- Lee, K. E. & Foster, R. C. Soil fauna and soil structure. *Soil Res.* **29**, 745–775 (1991).
- Fründ, H.-C. & Jordan, B. Regenwurmerfassung mit Senf oder Formalin? Versuche zur Eignung verschiedener Senfzubereitungen für die Austreibung von Regenwürmern. **6** (2003).
- Pfiffner, L. Earthworms – Architects of fertile soils. **9** (2014).
- Gaupp-Berghausen, M., Hofer, M., Rewald, B. & Zaller, J. G. Glyphosate-based herbicides reduce the activity and reproduction of earthworms and lead to increased soil nutrient concentrations. *Scientific Reports* **5**, 12886 (2015).
- Pelosi, C., Bertrand, M., Capowiez, Y., Boizard, H. & Roger-Estrade, J. Earthworm collection from agricultural fields: Comparisons of selected expellants in presence/absence of hand-sorting. *European Journal of Soil Biology* **45**, 176–183 (2009).

- Kuntz, M. et al. Influence of reduced tillage on earthworm and microbial communities under organic arable farming. *Pedobiologia* **56**, 251–260 (2013).
- Pelosi, C. et al. Reducing tillage in cultivated fields increases earthworm functional diversity. *Applied Soil Ecology* **83**, 79–87 (2014).

### Publicato da

Istituto di ricerca per l'agricoltura biologica FIBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Svizzera  
Telefono +41 62 865 72 72, [info.suisse@fibl.org](mailto:info.suisse@fibl.org), [www.fibl.org](http://www.fibl.org)

**Scuola di Ingegneria ISARA**  
23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex, France  
Telefono +33(0)427858524, [com@isara.fr](mailto:com@isara.fr), [www.isara.fr](http://www.isara.fr)

### Autori

Joséphine Peigné (ISARA), Kathrin Huber e Lukas Pfiffner (both FIBL)

### Foto

Titelseite: Campionamento dei lombrichi, Joséphine Peigné.  
Altri: Joséphine Peigné e Kathrin Huber

### Recensione

Andreas Fliessbach (FIBL)

### Scarica

Questa nota tecnica è disponibile su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net) e <https://shop.fibl.org/>.

© Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland, 2017

### Informazioni su FertilCrop

Misure di gestione della fertilità nei sistemi di coltivazione biologica - FertilCrop è un progetto finanziato dagli enti finanziatori del CORE Organic Plus, partner del progetto ERA-Net del FP7 CORE Organic Plus. L'obiettivo generale di FertilCrop è lo sviluppo di tecniche di gestione efficienti e sostenibili volte ad aumentare la produttività delle colture nei sistemi di agricoltura biologica. Ulteriori informazioni su FertilCrop sono disponibili all'indirizzo [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).

### Avvertimento

Il contenuto di questa nota tecnica è di esclusiva responsabilità degli autori e non rappresenta necessariamente il punto di vista dei finanziatori del progetto. Sebbene sia stato fatto ogni ragionevole sforzo per assicurare l'accuratezza delle informazioni contenute in questa nota tecnica, esse sono fornite senza garanzia e non ci assumiamo alcuna responsabilità per qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni



Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner (2017): Campionamento dei lombrichi. FertilCrop Scheda Technica. Scaricare su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

6

## Test della vanga per valutare la struttura del suolo

### In breve

La valutazione visiva o sensoriale della struttura del suolo è uno strumento pratico per identificare gli effetti della gestione agricola. La valutazione produce risultati qualitativi che consentono il confronto di un sito con un altro. In misura minore può anche consentire la valutazione dello sviluppo della struttura del suolo nel tempo.

Questa nota tecnica è rivolta agli agricoltori ed ha lo scopo di fornire uno strumento completo per descrivere lo stato di qualità del suolo fino ad una profondità di 30 cm.



della qualità del suolo ottenuta col test della vanga offre più informazioni rispetto ad un'analisi della struttura del suolo effettuata mediante singole prove di laboratorio.

**È uno strumento valido sia per prendere decisioni nel breve termine che per raccogliere informazioni per valutazioni di lungo termine**

Nella maggiore parte dei casi, il test della vanga viene utilizzato per decidere se il terreno ha la giusta umidità per effettuare lavorazioni o meno. Può anche essere usato per valutare problemi osservati per ciò che concerne la crescita delle colture, infiltrazione idrica e decomposizione dei residui. Se i risultati vengono sistematicamente archiviati, il test della vanga può consentire una visione di insieme per quanto riguarda gli impatti dovuti a cambiamenti nella gestione del suolo su un orizzonte temporale più lungo.

Il test della vanga è una valutazione visiva e consente di trarre conclusioni solo per comparazione con un altro campione. In termini pratici può portare ad un buon risultato se, ad esempio, due lavorazioni diverse sono confrontate sullo stesso campo. In questo caso si mettono a fianco i campioni del test per vederne le differenze.

I confronti nel tempo sono più soggettivi, dal momento in cui vengono confrontati i risultati di una valutazione precedente con quella attuale. A questo scopo l'opportunità di applicare un punteggio a ciascuna osservazione è utile, ma anche conservare immagini del campione può aiutare a individuare le differenze nel tempo.

Il test della vanga non produce un risultato in termini assoluti e il suo valore aumenta con l'esperienza nell'effettuare questo genere di valutazioni. È consigliabile raccogliere i risultati del test della vanga in una cartella per ciascun campo,

### Perché usare il test della vanga?

#### Un metodo semplice

Il test della vanga è stato sviluppato all'inizio del XX secolo come metodo semplificato per esaminare in campo la qualità del suolo e si è dimostrato utile per una valutazione rapida e pressoché a costo zero della struttura del suolo, della distribuzione delle radici e dell'umidità del terreno. Non si richiede niente di più dei sensi umani ed una certa esperienza nella gestione del suolo. La diffusione di tecniche direttamente applicabili dagli agricoltori è stata chiaramente indicata dall'organizzazione internazionale per la conservazione del suolo (in inglese, International Soil Conservation Organization, ISCO) come strumento per mantenere o migliorare la qualità del suolo su vasta scala.

#### Più informativo rispetto ad altri metodi

Nonostante la natura soggettiva dello strumento, il test della vanga è stato spesso indicato come ottimale per descrivere correttamente le condizioni del suolo. Le analisi ordinariamente effettuate per gli aspetti fisici del suolo sono di norma più strettamente correlate ai risultati del test della vanga rispetto a quelli relativi a analisi chimiche e biologiche; tuttavia potrebbero non essere sufficientemente specifici e inequivocabili. L'impressione generale dello stato



Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

1

in modo che sia possibile reperirli facilmente in seguito, quando lo si ripete.

## Valutazione visiva

Gli strumenti di valutazione visiva del suolo sono stati sviluppati da ricercatori, consulenti e agricoltori e differiscono per quanto riguarda il grado di dettaglio e gli sforzi necessari per eseguirlo. Oggi diversi approcci con alla base un esame visivo del suolo consentono una valutazione sistematica che permette agli agricoltori di valutare i cambiamenti nella gestione del suolo nel tempo e nello spazio.

In questa nota tecnica ci riferiamo ad una valutazione del terreno che combina diverse metodologie. La valutazione della struttura del suolo si basa sul metodo VESS (valutazione visiva della struttura del suolo) sviluppato e pubblicato da Bruce Ball, Tom Batey e Lars Munkholl (2007)<sup>1</sup> e la guida svizzera pubblicata da Hasinger et al. (1993)<sup>2</sup>. Oltre agli strumenti standard di valutazione del terreno in maniera visiva, il metodo VESS fornisce informazioni sulla compattazione del suolo fornendo informazioni anche su sviluppo delle radici e presenza di lombrichi. Il metodo viene poi integrato dall'osservazione della radice e dal conteggio dei macropori sviluppato da Joséphine Peigné e Jean-François Vian (ISARA Lyon).

## Come prelevare i campioni?

### Materiale necessario

- **La vanga:** Idealmente il campionamento deve scendere al di sotto dell'orizzonte del terreno lavorato. Di conseguenza è meglio prelevare il campione con una vanga con una lunghezza di 40 cm. Prendere anche un'altra vanga o una pala per scavare.
- **Coltello:** fornirsi di un lungo coltello da cucina con una lama di 30 cm. Permette di tagliare i lati del campione.
- **Foglio di plastica o vassoio di plastica e un tavolo:** risulterà più comodo avere un tavolo per dare un'occhiata più da vicino ai dettagli.
- **Metro:** per alcune analisi del campione dovrà essere misurata la profondità
- **Acqua:** gli aggregati del suolo devono essere valutati aggiungendo acqua.
- **Setaccio con maglia di 5 mm:** il setaccio aiuta a separare gli aggregati di una dimensione definita.
- **Contenitore per cubetti di ghiaccio:** nei fori per i cubetti di ghiaccio si può vedere facilmente, come un aggregato di terreno si degrada o rimane stabile quando si aggiunge acqua.

- **Fotocamera:** al fine di documentare le osservazioni e confrontarle con altri campioni nello stesso campo, anche nel tempo.
- **Foglio e penna:** al fine di prendere nota delle osservazioni usando il foglio di calcolo allegato.

### Quando campionare?

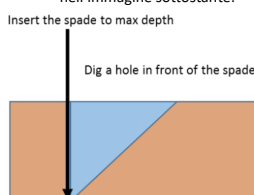
Campionare quando il terreno è umido. Il campione è molto più facile da prendere, se il terreno ha un'umidità ottimale. Se il terreno è troppo secco o troppo umido, può essere difficile distinguere i segnali di scarsa struttura. La primavera e l'autunno sono i momenti migliori dell'anno e ciò consente di prendere, eventualmente, le decisioni necessarie per migliorare la struttura del suolo.

### Dove campionare?

- Fare una passeggiata sul campo da studiare e tracciare una mappa del campo.
- Osservare le aree in cui le piante stanno crescendo bene oppure no, controllare i segni di scorrimento dell'acqua, le tracce delle ruote, dove il trattore effettua le manovre, o le aree che sembrano diverse ad un primo colpo d'occhio e segnalarle sulla mappa. Da ciascuna delle aree distinte si potrebbe voler conoscere le ragioni delle differenze che hai osservato.
- Se è la prima volta, potrebbe essere utile valutare le differenze, quindi prelevare un campione dove sono presenti i segni di passaggio del trattore e uno dove il terreno non è compattato. Guardare gli estremi è un buon allenamento.

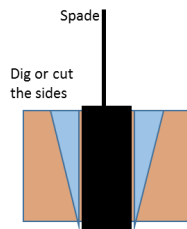
### Inserire la vanga e iniziare lo scavo

- Dopo avere selezionato l'area di campionamento, definire la parte superiore del blocco che si desidera estrarre sulla superficie del suolo
- Inserire la vanga più profondamente che si può su un lato del blocco di terra da campionare. Premere sulla vanga per inserirla più a fondo. La porzione di suolo dietro la vanga è il campione, che non deve essere disturbato, quindi non metterci i piedi sopra!
- Togliere ora la terra di fronte alla vanga, come nell'immagine sottostante.

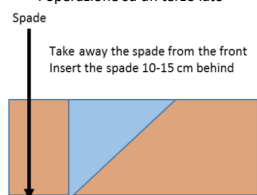


Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

- Quando si è raggiunta la profondità voluta, estrarre con attenzione il terreno ai lati della vanga inserita.

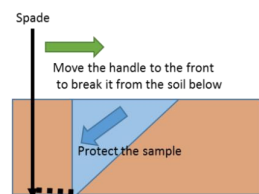


- Quando il blocco è libero da due lati, ripetere l'operazione su un terzo lato

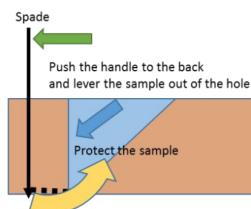


**Riposizionamento della vanga**

- Adesso lentamente e con attenzione muovere il manico della vanga nella direzione della buca, in maniera da staccare il blocco dal terreno sottostante. Utilizzare le mani per proteggere il blocco, in quanto potrebbe rompersi.



- Spostare quindi con cautela il manico della vanga all'indietro. Recuperare il campione e proteggerlo con le mani dal movimento della vanga.



- Non resta che estrarre il campione ed adagiarlo sul tavolo

**Valutazione del campione di suolo**

**Osservazioni durante lo scavo**

Durante lo scavo prendi appunti su ciò che hai osservato

- È stato difficile inserire la vanga?
- Hai visto organismi terricoli nel suolo?
- Il suolo è sassoso o mostra qualche disomogeneità?

**Osservazioni generali dopo lo scavo**

- Quando il campione giace sul tavolo, ripulire la superficie del campione con il coltello, non con un'azione di taglio, ma rompendo gli aggregati per vedere dove il suolo si fratturerebbe naturalmente.
- Guardare l'intero campione: vi sono strutture e aggregati, una suola di aratura, radici, tane di lombrichi o un cambiamento di colore o odore?

Prendere nota delle osservazioni.

**Umidità**

- Prendere una porzione dal terreno estratto. Si rompe difficilmente? Quindi è troppo secco.
- Può essere impastarlo? È troppo bagnato. Il terreno ha la consistenza ideale quando si sbriciola tra le dita.

**Tessitura del suolo**

- Prendere un po' di terreno dalla parte superiore del campione e strofinarlo tra le mani per controllare il contenuto di argilla. Puoi creare una piccola palla?

Più sabbia è contenuta nel terreno meno si sarà in grado di arrotolare il suolo tra le mani. Anche il contenuto di limo non permette facilmente questa operazione. Il limo rimane sulla punta delle dita e le mani, una volta asciugate, rimarranno impolverate.



Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

Classificazione del tipo di suolo e particelle					
Frammenti di suolo fra le dita	Plasticità	Dimensioni Palline	Suolo	Contenuto di argilla	
Granulare, non adesivo	Difficile da impastare	> 7 mm Ø	Terreno leggero	Sabbia	0-5%
				Sabbia Limosa	0-5%
				Sabbioso franco	5-10%
Granulare o simile alla farina, leggermente adesivo	Può essere impastato	2-7 mm Ø	Terreno intermedio	Franco sabbioso	15-20%
				Franco	20-30%
				Franco limoso	10-30%
Non granulare, molto adesivo	Facile da impastare	2mm Ø	Terreno pesante	Argilloso franco	30-40%
				Franco argilloso	40-50%
				Argilloso limoso	30-50%
				Argilloso	>50%

#### Aggregati del suolo

Le particelle minerali del suolo si aggregano o si disaggregano nel corso della formazione e della gestione del suolo. L'argilla, il limo e la sabbia insieme alle particelle organiche creano aggregati di forma particolare.

- Prendere un pezzo di terra nella mano e esercitare una leggera pressione su di essa, in modo che si rompa lungo le sue linee di frattura. La forza utilizzata dovrebbe essere bassa, ma comunque superiore alle forze coesive del suolo.
- Per testare la stabilità degli aggregati del terreno è possibile utilizzare il setaccio per separarne alcune porzioni. Trasferirle poi con attenzione al vassoio (ad esempio un contenitore per i cubetti di ghiaccio) e aggiungere un po' d'acqua. Lasciare in ammollo per un po' e osservare il numero di aggregati stabili e di quelli che si sono disaggregati.

#### Criteri per gli aggregati del suolo

Forma	Fratture	Tipo di suolo	Aggregati
arrotondata	poroso	Da leggero ad intermedio	Briciole
tondeggianti	grossolano	Intermedio	Grumi
angolare	piatto, lucido	Pesante	Poliedrici
		Tutti i tipi	Frammenti

#### Struttura del suolo

Le particelle e gli aggregati del suolo non appaiono separati nella maggior parte dei terreni. Solo i terreni costituiti da una singola tipologia di particelle tendono a formare strutture che tendono alla compattazione e all'erosione o formano un blocco coerente. I terreni argillosi, ad esempio, formano

strutture poliedriche a causa del rigonfiamento e del restringimento dei minerali argillosi. In condizioni naturali, il suolo è suddiviso in strati orizzontali. I suoli gestiti sono anche influenzati dall'azione disintegrante delle macchine agricole, che porta a una miscela di briciole, grumi e frammenti che sono fisicamente disaggregati.

Le varie particelle e aggregati formano la struttura del suolo, che può essere osservata suddividendo attentamente il campione.



Figura 1 Rottura del blocco

Per la valutazione della struttura del suolo basata sul metodo VESS, suddividere il campione lungo le sue linee di frattura naturali. Non usare troppa energia per romperlo. Una tecnica semplice consiste nel far cadere l'intero campione della vanga sul suolo da circa 1 m di altezza e osservare il modo in cui si rompe in pezzi. Di seguito è descritto un modo più elaborato.

#### Rottura del blocco:

- Aprire delicatamente il lato indisturbato del blocco come se fosse un libro e iniziare a romperlo.
- Se il blocco si rompe facilmente in piccoli frammenti, è probabile che la struttura sia buona.
- Se il blocco è difficile da rompere, potrebbe essere tenuto insieme dalle radici e sarà necessario separarle per esporre i frammenti del terreno, oppure potrebbe essere compattato e di conseguenza si romperà in grossi pezzi.
- Suddividere il blocco abbastanza da permettere di scoprire, se ci sono livelli distinti con struttura diversa tra di loro. Se il blocco è uniforme, deve essere valutato nel suo insieme, se ci sono due o più livelli, questi devono essere esaminati separatamente.
- Misurare la profondità e lo spessore di eventuali strati distinti.
- Valutare per ogni strato di terreno il grado di stabilità (facilità nel rompersi) e la dimensione dei frammenti di terreno, zolle e aggregati. Le zolle sono definite come aggregati grandi, duri, coesi tra loro e arrotondati (più grandi di 7 mm). Vedi tabella 1.



Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)



- Una fotografia in questa fase fornisce un documento utile e consente di paragonare il campione con altri precedenti, o successivi.

#### Esame dei frammenti:

- Per ogni strato di terreno, rompere il terreno con le mani in unità strutturali più piccole (aggregati), da 1,5 a 2 cm.
- Valutare la forma e la porosità dei frammenti del suolo e i possibili indizi di una condizione anaerobica (colore, macchie e odore).



Figura 2 Esame dei frammenti

#### Valutazione delle radici

Saranno fatte due osservazioni:

- Ripulire la zona da cui è stato prelevato il campione con la vanga e osservare e valutare le radici secondo gli indicatori della Tabella 2.
- Completare l'osservazione descrivendo le strutture e le condizioni delle radici nel campione prelevato.



Figura 3 Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione



Figura 4 Forma della radice a causa della zona compattata

#### Valutazione e interpretazione della struttura del suolo

- Dare un punteggio facendo corrispondere ciò che vedi alle descrizioni e alle foto allegati. Un punteggio di Sq1 o Sq2 è buono, un punteggio di Sq3 è moderatamente buono. I punteggi di Sq4 e Sq5 richiedono modifiche nei piani di gestione.

#### Punteggio del suolo

Grandi zolle e grumi compatti in aggregati non porosi, sub-angolari (a spigoli vivi) indicano una struttura scadente e riceveranno un punteggio più alto.

Gli aggregati piccoli, arrotondati e porosi o i grandi aggregati che si scompongono facilmente in aggregati arrotondati più piccoli indicano una buona struttura e otterranno un punteggio inferiore.

Dopo aver assegnato un punteggio dal confronto con le immagini, correggerlo in base alla difficoltà nel rompere gli aggregati e il loro aspetto.

Nei pascoli e le zone non coltivate, le radici rendono difficile la rottura del blocco, ma questo non è un fattore che porterà ad un aumento del punteggio.

La diagnosi della vanga e il campionamento di lombrichi possono essere accoppiati per vedere l'effetto del grado di compattazione del suolo sulla popolazione di lombrichi.

#### Riferimenti

1. Ball, B. C., Munkholm, L. J. & Batey, T. Applications of visual soil evaluation. *Soil and Tillage Research* 127, 1–2 (2013).
2. Hasinger, G. et al. *Bodenbeurteilung im Feld*. 1–16 (Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 1993).



Peigné, Ball & Fließbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

5

## Maggiori informazioni

Per ulteriori informazioni sul metodo VESS visita [www.sruc.ac.uk/vess](http://www.sruc.ac.uk/vess)

**Pubblicato da:**

Research Institute of Organic Agriculture FIBL  
Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Switzerland  
Phone +41 62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Scotland's Rural College SRUC  
West Mains Road, Edinburgh EH9 3JG, Scotland  
www.sruc.ac.uk

ISARA, 69364 Lyon, France  
www.isara.fr

**Autore**

Joséphine Peigné (ISARA), Bruce Ball (SRUC) e Andreas  
Fliessbach (FIBL)

**Immagini**

Copertina: Aggregati del suolo di Thomas Alfoldi, FIBL. Altri  
immagini e grafici di Bruce Ball, SRUC, Joséphine Peigné, ISARA  
e Andreas Fliessbach, FIBL

**Revisione**

Helga Wüller, Kathrin Huber (all FIBL)

**Modifica della lingua**

Andreas Basler (FIBL)

**Scaricare**

Questa nota tecnica è disponibile su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).

© Research Institute of Organic Agriculture, Switzerland, 2017

**Informazioni su FertilCrop**

Misure di gestione della fertilità nei sistemi di coltivazione biologica -  
FertilCrop è un progetto finanziato dagli organismi di finanziamento del  
CORE Organico Plus, essendo partner del progetto ERA-Net del FP7 CORE  
Organico Plus. L'obiettivo generale di FertilCrop è lo sviluppo di tecniche  
di gestione efficienti e sostenibili volte ad aumentare la produttività  
delle colture nei sistemi di agricoltura biologica. Ulteriori informazioni su  
FertilCrop sono disponibili all'indirizzo [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).

**Avvertimento**

I contenuti di questa nota tecnica sono di esclusiva responsabilità degli  
autori e non rappresentano necessariamente le opinioni dei finanziatori  
del progetto. Nonostante tutti gli sforzi ragionevoli per garantire  
l'accuratezza delle informazioni contenute in questa nota tecnica, sono  
fornite senza garanzia e non accettiamo alcuna responsabilità per  
qualsiasi uso che possa essere fatto delle informazioni.




Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note.  
Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

6

Tabella 1 Griglia di valutazione della struttura del suolo per ogni strato di suolo identificato per blocchi e per frammenti piccoli


Indicatore	Valutazione				
<b>Rottura del blocco</b>					
<b>Aggregati e zolle</b>	Solo piccoli aggregati	Aggregati da 2 mm a 7 cm	Aggregati da 2 mm a 7 cm	Soprattutto aggregati di grandi dimensioni > 10 cm	Soprattutto di grandi dimensioni > 10 cm
<b>Tessitura</b>	< 6 mm		Meno di 30% < 1 cm	Meno di 30% < 7 cm	Pochissimi < 7 cm
<b>Dimensione</b>		Niente zolle	Alcune zolle	Zolle	Per lo più zolle
<b>Facilità di rottura</b>					
<b>Frammenti con diametro da 1.5 a 2 cm</b>					
<b>Forma degli aggregati</b>	% di forma arrotondata	% di forma angolare			
<b>Porosità degli aggregati</b>	% di pori	% inferiore di pori con fori di lombrichi	% inferiore di pori con spaccature	Non porosi	
<b>Anaerobismo</b>	% di zona grigia con odore di fermentazione anaerobica				

FERTILCROP  
 Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note.  
 Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

7

Tabella 2 Griglia di valutazione delle radici basata su raggruppamento, ispessimento, piegamento e distribuzione

Indicatori	Valutazione				Interpretazione
<b>Zolle</b>	No	Se sì,	Dove nel blocco?	Quante?	La presenza di zolle nel blocco indica una bassa capacità di esplorazione delle radici nel suolo, ma una buona penetrazione della radice in profondità
<b>Ispessimento (deformazione della radice)</b>	No	Se sì, Che tipo?	Dove nel blocco?	Quanti?	La deformazione delle radici può mostrare un'area specifica con problemi di compattazione del suolo
<b>Assenza di radici</b>	No	Se sì	Dove nel blocco?		Questi indicatori stimano il volume del suolo privo di radici; potrebbe essere utile collegare questo volume di suolo con la crescita e lo sviluppo delle colture: una densità radicale uniforme sull'intero blocco è preferibile ad una densità radicale eterogenea e con grandi porzioni di suolo caratterizzate da assenza di radici.
<b>Distribuzione delle radici</b>	Uniforme nel blocco	Se non uniforme:	Presenza di un ostacolo?	Dove nel blocco?	

FERTILCROP  
 Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note.  
 Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

8


### Visual Evaluation of Soil Structure

Soil structure affects root penetration, water availability to plants and soil aeration. This simple, quick test assesses soil structure based on the appearance and feel of a block of soil dug out with a spade. The scale of the test ranges from Sq1, good structure, to Sq5, poor structure.

**Equipment:**  
Garden spade approx. 20 cm wide, 22-25 cm long.  
Optional: light-coloured plastic sheet, sack or tray ~50 x 50 cm, small knife, digital camera.

**When to sample:**  
Any time of year, but preferably when the soil is moist. If the soil is too dry or too wet it is difficult to obtain a representative sample.  
Roots are best seen in an established crop or for some months after harvest.

**Where to sample:**  
Select an area of uniform crop or soil colour or an area where you suspect there may be a problem. Within this area, plan a grid to look at the soil at 10, preferably more, spots. On small experimental plots, it may be necessary to restrict the number to 3 or 5 per plot.



**Method of assessment:**

Step	Option	Procedure
<b>Block extraction and examination</b>		
1. Extract soil block	Loose soil	Remove a block of soil ~15 cm thick directly to the full depth of the spade and place spade plus soil onto the sheet, tray or the ground.
	Firm soil	Dig out a hole slightly wider and deeper than the spade leaving one side of the hole undisturbed. On the undisturbed side, cut down each side of the block with the spade and remove the block as above.
2. Examine soil block	Uniform structure	Remove any compacted soil or debris from around the block.
	Two or more horizontal layers of differing structure	Estimate the depth of each layer and prepare to assign scores to each separately.
<b>Block break-up</b>		
3. Break up block (take a photograph - optional)		Measure block length and look for layers. Gently manipulate the block using both hands to reveal any distinct layers or zones of aggregates. If possible separate the soil into natural aggregates and man-made clods. Clods are large, hard, cohesive and rounded aggregates.
4. Break up of major aggregates to confirm score		Break larger pieces apart and fragment it until a piece of aggregate of 1.5 - 2.0 cm. Look to their shape, porosity, roots and ease of break up. Clods can be broken into non-porous aggregates with angular corners and are indicative of poor structure and higher score.
<b>Soil scoring</b>		
5. Assign score		Match the soil to the pictures category by category to determine which fits best.
6. Confirm score from:		Factors increasing score:
	Block extraction	Difficulty in extracting the soil block
	Aggregate shape and size	Larger, more angular, less porous, presence of large worm holes
	Roots	Clustering, thickening and deflections
	Anaerobism	Pockets or layers of grey soil, smelling of sulphur and presence of ferrous ions
	Aggregate fragmentation	Break up larger aggregates ~ 1.5 - 2.0 cm of diameter fragments to reveal their type
7. Calculate block scores for two or more layers of differing structure		Multiply the score of each layer by its thickness and divide the product by the overall depth. e.g. for a 20 cm block with 10 cm depth of loose soil (Sq1) over a more compact (Sq2) layer at 10-20 cm depth, the block score is $(1 \times 10) + (2 \times 10) = 30$ .

**Scoring:** Scores may fit between Sq categories if they have the properties of both.  
Scores of 1-3 are usually acceptable whereas scores of 4 or 5 require a change of management.

FERTILCROP Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

9

Structure quality	Size and appearance of aggregates	Visible porosity and Roots	Appearance after break-up; various soils	Appearance after break-up; same soil different tillage	Distinguishing feature	Appearance and description of natural or reduced fragment of ~ 1.5 cm diameter
<b>Sq1 Friable</b> Aggregates readily crumble with fingers	Mostly < 6 mm after crumbling	Highly porous Roots throughout the soil			Fine aggregates	The action of breaking the block is enough to reveal them. Large aggregates are composed of smaller ones, held by roots.
<b>Sq2 Intact</b> Aggregates easy to break with one hand	A mixture of porous, rounded aggregates from 2mm - 7 cm. No clods present	Most aggregates are porous Roots throughout the soil			High aggregate porosity	Aggregates when obtained are rounded, very fragile, crumble very easily and are highly porous.
<b>Sq3 Firm</b> Most aggregates break with one hand	A mixture of porous aggregates from 2mm - 10 cm; less than 30% are < 1 cm. Some angular, non-porous aggregates (clods) may be present	Macropores and cracks present Porosity and roots both within aggregates			Low aggregate porosity	Aggregate fragments are fairly easy to obtain. They have few visible pores and are rounded. Roots usually grow through the aggregates.
<b>Sq4 Compact</b> Requires considerable effort to break aggregates with one hand	Mostly large > 10 cm and sub-angular non-porous; horizontal/platy also possible; less than 30% are < 7 cm	Few macropores and cracks All roots are clustered in macropores and around aggregates			Distinct macropores	Aggregate fragments are easy to obtain when soil is wet, in cube shapes which are very sharp-edged and show cracks internally.
<b>Sq5 Very compact</b> Difficult to break up	Mostly large > 10 cm, very few < 7 cm, angular and non-porous	Very low porosity. Macropores may be present. May contain anaerobic zones. Few roots, if any, and restricted to cracks			Grey-blue colour	Aggregate fragments are easy to obtain when soil is wet, although considerable force may be needed. No pores or cracks are visible usually.

FERTILCROP Peigné, Ball & Fliessbach (2017): Spade diagnosis to assess soil structure at field scale. FertilCrop Technical Note. Download at [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net)

10

### 11.3 Attività di divulgazione nel progetto DIFFER (ID19) svolta in collaborazione tra Associazione per l'agricoltura biodinamica e APAB

Il 36° Convegno dell'Associazione per l'Agricoltura Biodinamica "Un'agricoltura di salute. Innovazione, formazione e ricerca per il futuro della terra", in programma per il 27-29 febbraio è stato rimandato nei mesi novembre e dicembre. Il convegno organizzato in collaborazione tra Associazione biodinamica e APAB ha subito alcuni adattamenti del programma, la prima giornata di è stata suddivisa in tre webinar, quindi l'evento si è svolto interamente online, ed è stata l'occasione per presentare il progetto DIFFER nelle sue parti, agronomica ed economica, rispettivamente attraverso gli interventi di Cesare Pacini e Ginevra Lombardi. Gli interventi sono avvenuti nel secondo webinar come da programma di seguito riportato. Il convegno, interamente gratuito, si è svolto in diretta streaming ed ha ottenuto una elevata partecipazione, è tuttora accessibile dal sito <http://www.convegnobiodinamica.it/>, di seguito i dati relativi alle visualizzazione della diretta YouTube. I canali di diffusione attraverso i quali era possibile seguire la diretta erano:

- rivista online [Agricolturabio.info](http://Agricolturabio.info)
- account Facebook dell'Associazione per l'Agricoltura biodinamica
- sito dedicato [convegnobiodinamica.it](http://convegnobiodinamica.it).

#### *1° webinar: La basi scientifiche dell'agricoltura biodinamica*

[https://www.youtube.com/watch?v=X46P72WH\\_ao&t=7739s](https://www.youtube.com/watch?v=X46P72WH_ao&t=7739s)

Visualizzazioni: Facebook 2773, YouTube 3142 + 521 (al termine della diretta streaming, che ha raggiunto 3142 visualizzazioni, il video è stato modificato e poi nuovamente reso disponibile in quanto il relatore E.Baars non ha ancora inviato l'autorizzazione a mantenere visibile la diretta del suo intervento che aveva per oggetto sue ricerche in corso di pubblicazione, il video poi nuovamente disponibile ha avuto ulteriori 521 visualizzazioni)

#### *2° webinar: Ricerca, innovazione e formazione in agricoltura biologica e biodinamica*

[https://www.youtube.com/watch?v=J9MiWeNkS3w&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=J9MiWeNkS3w&feature=emb_logo)

Visualizzazioni: Facebook 1581, YouTube 1323.

#### *3° webinar: Un'agricoltura di salute*

<https://www.youtube.com/watch?v=v3sdZf3wke8>

Visualizzazioni: Facebook 706, YouTube 1320.

*3° webinar: Un'agricoltura di salute*

- Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali,
- Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare,
- FAI Fondo Ambiente Italiano,
- CONAF Consiglio nazionale dell'Ordine dei dottori agronomi e forestali,
- Università di Firenze DISEI Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa,
- Regione Toscana,
- Comune di Firenze

*Di seguito la rassegna stampa delle giornate:*

- Servizio televisivo nei telegiornali Mediaset: TG4, Italia 1 e TG COM24.
- [SINAB 12 novembre Convegno Internazionale di agricoltura biodinamica](#)
- [A Firenze per la bioagricoltura. Un cammino che prosegue](#)
- [Agricoltura biodinamica cresce, raddoppio aziende in 10 anni](#)
- [Dalla biodinamica un concreto modello di sviluppo sostenibile \(edagricole.it\)](#)
- <https://bit.ly/3fyLaNR>
- [36 convegno di biodinamica atto secondo sulle vie dell'europa con l'agroecologia](#)
- <https://bit.ly/3oCWQ6o>
- <https://bit.ly/3uWnLMJ>

Pertanto, come appare dai dati riportati, le presentazioni relative al progetto DIFFER nel secondo webinar, hanno avuto la massima visibilità, in un contesto in cui il metodo biodinamico è stato presentato nelle sue basi scientifiche, attraverso il primo webinar con le ricerche svolte dal prof. Alessandro Piccolo (direttore del centro di ricerca CERMANU dell'Università Federico II di Napoli) e attraverso le presentazioni del 3° webinar, nel quale numerosi medici hanno affrontato il tema della stretta connessione tra gestione biodinamica delle colture, qualità del prodotto e salute umana.



Regione Toscana



associazione per l'agricoltura  
**biodinamica**

IN COLLABORAZIONE CON

istituto di  
**AP** formazione  
**AB**

**demeter**

## 36° CONVEGNO INTERNAZIONALE

IL CONVEGNO SI SVOLGE ATTRAVERSO WEBINAR

# UN'AGRICOLTURA DI SALUTE RICERCA, INNOVAZIONE E FORMAZIONE PER IL FUTURO DELLA TERRA

1° WEBINAR

**12 NOVEMBRE 2020 ORE 15.00**

[WWW.CONVEGNOBIODINAMICA.IT](http://WWW.CONVEGNOBIODINAMICA.IT)

ESCLUSIVAMENTE IN DIRETTA STREAMING  
DA FIRENZE - PALAZZO VECCHIO - SALONE DEI CINQUECENTO

2° WEBINAR

**30 NOVEMBRE 2020 ORE 15.00**

VIDEOCONFERENZA

3° WEBINAR

**10 DICEMBRE 2020 ORE 15.00**

VIDEOCONFERENZA



PROGETTO VALBIOAGRI FINANZIATO NELL'AMBITO DELLA SOTTOMISURA 1.2  
"SOSTEGNO AD ATTIVITÀ DIMOSTRATIVE E AZIONI DI INFORMAZIONE"  
PIANO DI SVILUPPO RURALE 2014-2020 DELLA REGIONE TOSCANA  
FONDO EUROPEO PER L'AGRICOLTURA E LO SVILUPPO RURALE:  
L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



*Scopo del convegno è quello di porre l'attenzione sul valore del lavoro degli agricoltori biodinamici per la salute umana e dell'ambiente. Serve a sostenere la collaborazione tra contadini e ricercatori impegnati per il futuro della Terra e supportare gli agricoltori nel miglioramento delle proprie tecniche. Per questo saranno presentati metodi innovativi e soluzioni inedite, insieme a grandi riflessioni spirituali ed esempi contadini che vanno dritti al cuore. La biodinamica rappresenta una possibilità concreta per fondare l'agricoltura ecologica su solide basi di pensiero. Non basta coltivare sano, la bioagricoltura deve compiere un'evoluzione radicale, che porti idee libere, relazioni giuste, economie solidali. Decine di relatori tra i più qualificati disegneranno e testimonieranno insieme un nuovo modello agricolo, ma anche un nuovo modello di sviluppo, più sostenibile sia a livello sociale che ambientale. Realizzarlo sarà possibile se avremo il coraggio di essere il cambiamento del paradigma e di chiamare su questo il mondo a raccolta. È qui la missione dei biodinamici, un compito per tutti e per ciascuno, ancor di più oggi che abbiamo constatato come il disequilibrio dilagante tra Uomo e Madre Terra richieda una responsabilità e un'azione comune.*

**DIRETTA IN VIDEOCONFERENZA ANCHE SU:**

[WWW.BIODINAMICA.ORG](http://WWW.BIODINAMICA.ORG)

[WWW.AGRICOLTURABIO.INFO](http://WWW.AGRICOLTURABIO.INFO)

[WWW.FACEBOOK.COM/ASSOCIAZIONEAGRICOLTURABIODINAMICA/](http://WWW.FACEBOOK.COM/ASSOCIAZIONEAGRICOLTURABIODINAMICA/)

**L'iniziativa è "Plastic Free" e sarà realizzata senza alcun utilizzo di plastica monouso**

1° WEBINAR

**GIOVEDÌ 12 NOVEMBRE 2020**

IN VIDEOCONFERENZA DA  
**PALAZZO VECCHIO - SALONE DEI CINQUECENTO**

**15.00** Introduce e modera  
**Il Presidente e il Consiglio**  
*Associazione per l'Agricoltura Biodinamica*

**15.30 SALUTI**

**Cecilia Del Re**  
*Assessore Urbanistica, ambiente, agricoltura urbana, turismo, fiere e congressi, innovazione tecnologica, sistemi informativi Comune di Firenze*

**Giuseppe L'Abbate**  
*Sottosegretario di Stato per le Politiche agricole alimentari e forestali - MIPAAF (invitato)*

**Renato Ferretti**  
*Dottore Agronomo, Consigliere Nazionale e Coordinatore del Dipartimento CONAF Paesaggio, pianificazione e progettazione del verde*

**Benedetto Rocchi**  
*Professore Associato Università degli Studi di Firenze Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa*

**Enrico Amico**  
*Presidente Demeter Associazione Italia*

**Valentino Mercati**  
*Presidente Aboca*

**Gaia Citriniti**  
*Vicedirettore e Responsabile Relazioni Esterne Apab Istituto di formazione*

**16.40** Intervento  
**Gianpaolo Donzelli**  
*Presidente Fondazione Meyer, Professore Ordinario di Medicina Università di Firenze e Membro Comitato Nazionale per la Bioetica*  
**La cura della Terra e la salute dell'uomo: un paradigma**

**SESSIONE LE BASI SCIENTIFICHE DELL'AGRICOLTURA BIODINAMICA**

**16.55 Erik W. Baars**  
*Medico ed epidemiologo, Professore ordinario di Medicina Antroposofica Università di Scienze Applicate di Leida (NL)*  
**The scientific status of anthroposophy and the anthroposophic work areas**

**SESSIONE LA SOCIETÀ SCIENTIFICA DI BIODINAMICA**

Introduce e Modera

**17.15 Carlo Triarico**

*Presidente Associazione per l'Agricoltura Biodinamica*

**17.25 Alessandro Piccolo**

*Professore Ordinario di Chimica Agraria Università degli Studi di Napoli Federico II*

**Natura e bioattività della sostanza organica umificata****17.45 Luigi Montano**

*Medico Uro-andrologo, Coordinatore Progetto EcoFoodFertility, Presidente Società Italiana di Riproduzione Umana*

**Alimentazione biologica e biodinamica per la fertilità umana e la detossificazione da inquinanti ambientali****18.00 Nadia El-Hage Scialabba**

*Esperta internazionale di ecologia alimentare, già dirigente FAO responsabile del programma inter-disciplinare per l'agricoltura biologica*

**Agricoltura biodinamica e scienza**

Conclusioni sessione

**18.15 Stefano Masini**

*Responsabile Ambiente, Territorio e Consumi, Coldiretti*

**Agricoltura biodinamica, economia e società****CERIMONIA DI PRESENTAZIONE DELLA BORSA DI RICERCA  
"GIULIA MARIA CRESPI"**

Interventi di:

**Carlo Triarico****Stefano Masini****18.30 Alessia Bettini**

*Vicesindaco Comune di Firenze e Assessore Lavori pubblici, manutenzione e decoro urbano, beni comuni, partecipazione, cittadinanza attiva*

**La politica e il ruolo della cittadinanza attiva per il bene dell'ambiente****18.45 Marco Paravicini Crespi**

*Direttore Azienda Agricola Cascine Orsine*

**INTERVENTO CONCLUSIVO DELLA GIORNATA****19.00 Maurizio Rivolta**

*Vicepresidente FAI-Fondo Ambiente Italiano*

**La sostenibilità strumento di tutela della salute attraverso paesaggio, cultura e natura.****La visione del FAI nel programma dei "Beni sostenibili"****19.15 Fine della prima giornata**

**2° WEBINAR IN VIDEOCONFERENZA**

**LUNEDÌ 30 NOVEMBRE 2020**

**SESSIONE NUOVE RICERCHE E APPLICAZIONI IN  
AGRICOLTURA BIOLOGICA E BIODINAMICA**

**15.00** Introducono e moderano  
Enrico Amico e Carlo Triarico  
**Consegna della Borsa di ricerca "Giulia Maria Crespi"**  
riceve per l'università Manuela Giovannetti  
Accademico Ordinario dell'Accademia dei Georgofili già  
professore Ordinario presso Università di Pisa

**15.10 Raffaella Pergamo**  
Ricercatrice CREA Politiche e Bioeconomia  
Linee di politica per la biodinamica derivanti dalla strategia  
europea Farm to Fork

**15.25 Francesco Sottile**  
Professore Associato Università degli Studi di Palermo  
Dipartimento Architettura e membro del Comitato esecutivo di  
Slow Food Italia  
Il deserto può cambiare volto, la biodiversità resiste

**15.40 Gaio Cesare Pacini**  
Professore Associato Università degli Studi di Firenze  
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari,  
Ambientali e Forestali  
Gestione sostenibile della fertilità in sistemi biologici e  
biodinamici: il progetto DIFFER

**15.55 Giuseppe Celano**  
Professore Associato Università degli Studi di Salerno  
Corso di Laurea in Agraria - DIFARMA  
Progetto di ricerca Mipaaf: Modelli Circolari

**16.10 Giovanni Dinelli**  
Professore ordinario Università di Bologna  
Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari  
Preparati ad alta diluizione e trattamenti naturali: nuove  
prospettive per l'agricoltura biodinamica

**16.25 Ginevra Virginia Lombardi**  
Professore Associato Università degli Studi di Firenze  
Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa  
Agricoltura biodinamica e sostenibilità del sistema  
agroalimentare in Italia. Dal Bioreport 2018 ai progetti  
ministeriali

**16.40 Gianluigi Cesari**  
Ricercatore Associazione per l'Agricoltura Biodinamica  
L'esperienza degli "olivicoltori resilienti" nell'area infetta  
da Xylella fastidiosa: la convivenza con il batterio a 6 anni  
dall'inizio dell'emergenza

**16.55 Caterina Batello**  
già Team Leader Plant Production and Protection, Food and  
Agriculture Organization (FAO)  
L'agricoltura italiana verso un nuovo modello al crocevia fra  
salute, ambiente e giustizia

**17.10** Conclusioni della seconda giornata

3° WEBINAR IN VIDEOCONFERENZA

**GIOVEDÌ 10 DICEMBRE 2020**

DALLA SALA FILIPPINO LIPPI - FONDAZIONE CR FIRENZE

SESSIONE PER UNA AGRICOLTURA DI SALUTE

**15.00** Introducono e moderano

**Carlo Triarico**

Presidente Associazione per l'Agricoltura Biodinamica

**Emanuela Portalupi**

Medico specialista in oncologia e medicina antroposofica

**15.10 SALUTI**

**Luigi Salvadori**

Presidente Fondazione CR Firenze

**15.20** Apertura Sessione

**Franco Berrino**

Medico epidemiologo Associazione La Grande Via  
**La ricerca epidemiologica su biologico, biodiversità e prevenzione del cancro**

**15.35 Giuseppe Miserotti**

Presidente ISDE Associazione Medici per l'Ambiente Emilia Romagna, già Presidente Ordine dei medici chirurghi e odontoiatri di Piacenza

**Pesticidi e loro ricaduta sulla salute**

**15.50 Maurizio Grandi**

Medico oncologo immunoematologo, Direttore La Torre, Torino

**Terra e cibo. Risorse inestimabili in un percorso di salute**

**16.05 Enrico Zagnoli**

Tecnologo alimentare Azienda Agricola ZAD Agrodynamics

**Rafforzamento delle difese immunitarie aspecifiche con propoli Demeter**

**16.20 Stefano Gasperi**

Medico chirurgo, Segretario generale della Società Antroposofica in Italia

**L'uomo tra natura e spirito: verso una salutogenesi globale**

**CONCLUSIONI**

**16.35 Carlo Triarico**

**16.50 Roberto Zanoni**

Presidente Assobio

**17.05 Maria Grazia Mammuccini**

Presidente Federbio

**17.20** Chiusura dei lavori

CON IL PATROCINIO DI



CON IL SOSTEGNO DI



SI RINGRAZIA



MEDIA PARTNER



# Elenco delle tabelle

1.1	<i>I dati climatici rilevati dalla stazione metereologica dell'azienda Montepaldi . . . . .</i>	23
2.1	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nell'Azienda Agricola Mascagni Bianca . . . . .</i>	40
2.2	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nell'Azienda Agricola Montepaldi</i>	44
2.3	<i>Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 1 con favino (controllo) nella Azienda Agricola Podere Forte . . . .</i>	50
2.4	<i>Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 2 con letame bovino compostato nella Azienda Agricola Podere Forte . . . . .</i>	51
2.5	<i>Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 3 con letame ovino addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte . . . . .</i>	51
2.6	<i>Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 4 con letame ovino compostato addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte . . . . .</i>	52
2.7	<i>Inserimento delle diverse tesi di concimazione organica all'interno della rotazione colturale presso l'Azienda Agr. Forte Soc. Semplice . . . . .</i>	54
2.8	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 1 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso . . . . .</i>	60
2.9	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 2 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso . . . . .</i>	61
2.10	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 3 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso . . . . .</i>	61
2.11	<i>Specie selezionate per la costituzione delle strisce inerbite . .</i>	71
2.12	<i>Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in pieno campo . . . . .</i>	75
2.13	<i>Superficie totale da destinare alla sperimentazione in pieno campo . . . . .</i>	75

---

2.14	<i>Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in coltura protetta . . . . .</i>	76
2.15	<i>Superficie totale da destinare alla sperimentazione in coltura protetta . . . . .</i>	76
2.16	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nella Cooperativa Vitulia . . . .</i>	77
2.17	<i>Disegno sperimentale per le campagne agrarie 2020/2021 e 2021/2022 . . . . .</i>	78
2.18	<i>Piano riassuntivo dei programmi di ricerca nelle Aziende partner</i>	81
2.18	<i>Piano riassuntivo dei programmi di ricerca nelle Aziende partner</i>	83
3.1	<i>Cronoprogramma dei seminari previsti nel Task 5.1 . . . . .</i>	87
3.1	<i>Cronoprogramma dei seminari previsti nel Task 5.1 . . . . .</i>	88
7.1	<i>Confronto dei due metodi di campionamento dei lombrichi . .</i>	195
7.2	<i>Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi</i>	201
7.2	<i>Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi</i>	202
7.3	<i>Interpretazione dei risultati relativi al campionamento delle erbe infestanti . . . . .</i>	211
7.4	<i>Le diverse specie infestanti utilizzate come bioindicatori, ordinate per le diverse caratteristiche del suolo. . . . .</i>	212
7.4	<i>Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi</i>	216
7.5	<i>Procedura per la misurazione della resistenza alla penetrazione del suolo . . . . .</i>	218
7.6	<i>Misura della resistenza alla penetrazione del suolo in <math>N m^{-2}</math> in base al valore del manometro e al diametro dello strumento</i>	218
7.7	<i>Classificazione del tipo di suolo e delle particelle . . . . .</i>	224
7.8	<i>Criteri per la classificazione degli aggregati del suolo . . . . .</i>	225
9.1	<i>Prospetto riassuntivo dei soggetti facenti parte dello Stakeholder Group nei diversi livelli regionali e nel livello nazionale .</i>	238
9.1	<i>Prospetto riassuntivo dei soggetti facenti parte dello Stakeholder Group nei diversi livelli regionali e nel livello nazionale .</i>	240



# Elenco delle figure

1.1	<i>L'individuazione dei punti di campionamento è stata fatta mediante fettucce sulle quali sono state riportate etichette con le coordinate X e Y dei punti prima determinati con apposito pacchetto geostatistico [6]. . . . .</i>	21
1.2	<i>Campionamento randomizzato per i lombrichi. A sinistra: ogni lettera minuscola indica una data di campionamento. A destra: ogni lettera maiuscola indica la sequenza temporale di campionamento per la data "c" . . . . .</i>	24
1.3	<i>Il modulo cartaceo con i dati rilevati in campo. Il numero di cunicoli, inizialmente non considerato, è stato aggiunto in quanto le condizioni del terreno, troppo secco, verosimilmente non avrebbero condotto al rinvenimento di lombrichi. . . . .</i>	24
1.4	<i>Le gallerie di passaggio dei lombrichi sono facilmente identificabili a causa dell'impronta lasciata dal corpo dell'animale .</i>	25
1.5	<i>La suddivisione spaziale del campionamento. Ogni perimetro racchiude un'area equivalente e il punto ha coordinate casuali entro il perimetro. I numeri si riferiscono non a dimensioni bensì a superfici quadrate di 34 cm di lato . . . . .</i>	26
2.1	<i>Test speditivi presso l'Azienda Agricola Mascagni Bianca . . .</i>	41
2.2	<i>Disegno sperimentale presso l'Azienda Agricola Montepaldi. Note: Biovecchio: sistema biologico stabile - dal 1991 è condotto secondo il metodo dell'agricoltura biologica secondo il Reg. CE 2092/91 e successivo Reg. 834/08. Bionuovo: sistema biologico nuovo - condotto secondo il metodo dell'agricoltura integrata (reg CE 2078/92) dal 1991 al 2000 e nel 2001 convertito all'agricoltura biologica. . . . .</i>	45
2.3	<i>Test speditivi presso l'Azienda Agricola Montepaldi . . . . .</i>	46
2.4	<i>Test speditivi presso l'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice .</i>	53
2.5	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione nell'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice . . . . .</i>	54
2.6	<i>Parcella sperimentale di 1 ettaro allestita in testata al campo 3 del gruppo Vitaleta . . . . .</i>	56

---

2.7	<i>Test speditivi presso l'Azienda Agricola Romualdi Tommaso</i>	63
2.8	<i>Appezamenti dell'azienda Amico Bio con coltivazioni pacciamate con biofilm (in alto) e scerbate e sarchiate manualmente (in basso)</i>	65
2.9	<i>Infiorescenza ad ombrello di Daucus carota</i>	66
2.10	<i>Parte epigea di Artemisia annua</i>	67
2.11	<i>Fioritura di Sinapis alba in pieno campo</i>	68
2.12	<i>Esempio di aiuola seminata con Ruta graveolens</i>	69
2.13	<i>Disposizione della striscia inerbita ai margini del campo</i>	73
2.14	<i>Disposizione delle strisce inerbite nell'interfila</i>	74
5.1	<i>Localizzazione geografica dell'azienda agricola "Montepaldi s.r.l."</i>	116
5.2	<i>I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE)</i>	117
5.3	<i>Veduta panoramica del sito sperimentale</i>	117
5.4	<i>Esempio di trappola a caduta installata in un appezzamento dei campi sperimentali.</i>	118
5.5	<i>Strumenti utilizzati per il collocamento delle trappole.</i>	119
5.6	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO nell'immagine a sinistra, e nel CO nell'immagine di destra.</i>	120
5.7	<i>Posizionamento delle trappole nel prato stabile</i>	120
5.8	<i>I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE)</i>	128
5.9	<i>Veduta panoramica del sito sperimentale</i>	128
5.10	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO</i>	129
5.11	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti CO</i>	130
5.12	<i>Posizionamento delle trappole nel prato (PR)</i>	130
5.13	<i>Morfologia del lombrico</i>	136
5.14	<i>Movimento dei lombrichi tramite setole poste su ogni anello del suo corpo</i>	137
5.15	<i>Distribuzione geografica di H. pretiosa e H samnitica</i>	138
5.16	<i>Divisione degli appezzamenti sperimentali a Montepaldi secondo diverse metodologie di conduzione</i>	142
5.17	<i>Randomizzazione dei punti e dell'ordine di campionamento</i>	143
5.18	<i>Individuazione casuale dei punti all'interno di poligoni equilateri. Gli assi x e y indicano il numero di quadratini in cui è stata idealmente divisa l'area da campionare</i>	144
5.19	<i>Stesura della fettuccia "X" per individuare i punti da campionare</i>	145
5.20	<i>Tunnel di lombrico, si nota bene la traccia lasciata dagli anelli del corpo dell'animale</i>	146
5.21	<i>Igrometro con sonda ML3 per la misura dell'umidità volumetrica del suolo</i>	148

---

---

5.22	<i>La relazione polinomiale valida per il sensore attivo ML3, che lega l'indice di rifrazione al volume di acqua contenuta in un mezzo. . . . .</i>	149
5.23	<i>La curva di calibrazione per il suolo oggetto di studio. . . . .</i>	150
5.24	<i>Schema della disposizione dei campi del sito sperimentale. . .</i>	155
5.25	<i>Servizi ecosistemici forniti dalla natura e dall'agricoltura (MEA).</i>	157
5.26	<i>I servizi ecosistemici delle comunità rappresentative di specie spontanee nelle due categorie: colture invernali + leguminose per il foraggio (WC+LF) e colture a strisce + leguminose (RC+LG) nei tre agroecosistemi (OO, NO e CO) [21] . . . . .</i>	159
5.27	<i>Risultati dell'analisi SIMPER [20]. . . . .</i>	161
7.1	<i>Durante il freddo invernale e la siccità estiva i lombrichi di profondità rimangono arrotolati e inattivi (ibernazione, periodi di stasi). Foto: K. Huber . . . . .</i>	197
7.2	<i>La soluzione di senape viene versata nel foro e viene misurata l'infiltrazione. Foto: D. Antichi . . . . .</i>	200
7.3	<i>Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi . . . . .</i>	207
7.4	<i>Terreno umido che mostra un'alta presenza di Poa annua e Ranunculus repens. Foto: Stefano Carlesi . . . . .</i>	208
7.5	<i>Esempio di penetrometro . . . . .</i>	217
7.6	<i>Rottura del blocco . . . . .</i>	226
7.7	<i>Esame dei frammenti . . . . .</i>	227
7.8	<i>Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione</i>	227
7.9	<i>Forma della radice a causa della zona compattata . . . . .</i>	228
8.1	<i>I sei "Preparati Biodinamici da Cumulo" . . . . .</i>	234
8.2	<i>Disposizione dei preparati biodinamici nel cumulo . . . . .</i>	235
10.1	<i>Esempio di dinamizzatore manuale . . . . .</i>	245
10.2	<i>Esempio di dinamizzatore meccanico . . . . .</i>	245



# Bibliografia

- [1] Alan Andersen. «Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology». en. In: *Conservation Ecology* 1.1 (giu. 1997). Publisher: The Resilience Alliance. ISSN: 1195-5449. DOI: [10.5751/ES-00014-010108](https://doi.org/10.5751/ES-00014-010108). URL: <https://www.ecologyandsociety.org/vol1/iss1/art8/> (visitato il 20/07/2020).
- [2] B. C. Ball, T. Batey e L. J. Munkholm. «Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerkamp test». en. In: *Soil Use and Management* 23.4 (2007), pp. 329–337. ISSN: 1475-2743. DOI: [10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x). URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x> (visitato il 26/07/2020).
- [3] P. Bàrberi et al. «Linking species attributes to agroecosystem services: a functional analysis of weed communities». eng. In: 58 (2018). Accepted: 2018-02-28T18:53:39Z, pp. 76–88. DOI: [10.1111/wre.12283](https://doi.org/10.1111/wre.12283). URL: [https://www.iris.sssup.it/handle/11382/521110?\\_ga=2.95921692.1840803748.1595430225-1993288432.1595430225#.XxhVXi2ua8U](https://www.iris.sssup.it/handle/11382/521110?_ga=2.95921692.1840803748.1595430225-1993288432.1595430225#.XxhVXi2ua8U) (visitato il 22/07/2020).
- [4] P. M. Berry et al. «Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen?» en. In: *Soil Use and Management* 18.s1 (2002), pp. 248–255. ISSN: 1475-2743. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00266.x>. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1475-2743.2002.tb00266.x> (visitato il 21/05/2021).
- [5] Barbara Biagini, Michela Barbuto e Aldo Zullini. «Bioindicatori della qualità del suolo». it. In: (), p. 24.
- [6] Roger Bivand et al. *rgdal: Bindings for the 'Geospatial' Data Abstraction Library*. Giu. 2020. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal> (visitato il 22/07/2020).
- [7] Nico Blüthgen, Gerhard Gebauer e Konrad Fiedler. «Disentangling a rainforest food web using stable isotopes: dietary diversity in a species-rich ant community». eng. In: *Oecologia* 137.3 (nov. 2003), pp. 426–435. ISSN: 0029-8549. DOI: [10.1007/s00442-003-1347-8](https://doi.org/10.1007/s00442-003-1347-8).

- 
- [8] M. B. Bouché. «Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pédobiologique des vers de terre.» In: *La vie dans les Sols*. Paris: Pesson, P., 1971.
- [9] Pietro Brandmayr e Roberto Pizzolotto. «I Coleotteri Carabidi come indicatori delle condizioni dell'ambiente ai fini della conservazione». In: *Atti Congresso nazionale italiano di Entomologia 17* (gen. 1994), pp. 13–18.
- [10] Else K. Bünemann et al. «Soil quality – A critical review». en. In: *Soil Biology and Biochemistry* 120 (mag. 2018), pp. 105–125. ISSN: 0038-0717. DOI: [10.1016/j.soilbio.2018.01.030](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071718300294> (visitato il 03/08/2020).
- [11] Stefano Canali et al. «Current Evaluation Procedures for Fertilizers and Soil Conditioners Used in Organic Agriculture. Proceedings of a workshop held April 29–30, 2004 at Emerson College, Great Britain». en. In: (), p. 100.
- [12] Enrico Caprio et al. «Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests». en. In: *Agricultural Systems* 136 (giu. 2015), pp. 61–69. ISSN: 0308-521X. DOI: [10.1016/j.agsy.2015.02.009](https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.009). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X15000311> (visitato il 20/07/2020).
- [13] W. F. Cormack, M. Shepherd e D. W. Wilson. «Legume Species and Management for Stockless Organic Farming». In: *Biological Agriculture & Horticulture* 21.4 (gen. 2003). Publisher: Taylor & Francis \_eprint: <https://doi.org/10.1080/01448765.2003.9755280>, pp. 383–398. ISSN: 0144-8765. DOI: [10.1080/01448765.2003.9755280](https://doi.org/10.1080/01448765.2003.9755280). URL: <https://doi.org/10.1080/01448765.2003.9755280> (visitato il 21/05/2021).
- [14] Rudolf Steiner; Catherine E. Creeger. *Agriculture: Spiritual Foundations for the Renewal of Agriculture by Rudolf Steiner*. Biodynamic Farming & Gardening Association, gen. 1833.
- [15] Jim P. Curry. *Grassland Invertebrates: Ecology, influence on soil fertility and effects on plant growth*. en. Google-Books-ID: S\_xxLoGkBZwC. Springer Science & Business Media, nov. 1993. ISBN: 978-0-412-16520-7.
- [16] Ika Darnhofer et al. «Conventionalisation of organic farming practices: from structural criteria towards an assessment based on organic principles. A review». en. In: *Agronomy for Sustainable Development* 30.1 (mar. 2010), pp. 67–81. ISSN: 1773-0155. DOI: [10.1051/agro/2009011](https://doi.org/10.1051/agro/2009011). URL: <https://doi.org/10.1051/agro/2009011> (visitato il 21/05/2021).
-

- 
- [17] Alan Feest e Pedro Cardoso. «The comparison of site spider “biodiversity quality” in Portuguese protected areas». en. In: *Ecological Indicators* 14.1 (mar. 2012), pp. 229–235. ISSN: 1470-160X. DOI: [10.1016/j.ecoind.2011.08.015](https://doi.org/10.1016/j.ecoind.2011.08.015). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X11002603> (visitato il 03/08/2020).
- [18] Patricia J. Folgarait. «Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review». en. In: *Biodiversity and Conservation* 7.9 (set. 1998), pp. 1221–1244. ISSN: 0960-3115, 1572-9710. DOI: [10.1023/A:1008891901953](https://doi.org/10.1023/A:1008891901953). URL: <http://link.springer.com/10.1023/A:1008891901953> (visitato il 03/08/2020).
- [19] Heinz-Christian Fründ e Bettina Jordan. «Regenwurmerfassung mit Senf oder Formalin? Versuche zur Eignung verschiedener Senfzubereitungen für die Austreibung von Regenwürmern». de. In: (2003), p. 6. URL: <https://d-nb.info/1080484701/34>.
- [20] Tommaso Gaifami e Gaio Pacini. «Influence in time and space of non-crop elements with associated functional traits on biocontrol, within the Montepaldi Long-Term Experiment, Tuscany». In: *Organic Eprint* (gen. 2017).
- [21] Tommaso Gaifami et al. «FunBies, a Model for Integrated Assessment of Functional Biodiversity of Weed Communities in Agro-ecosystems».
- [22] Ciro Gardi et al. «Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands». en. In: *European Journal of Soil Biology* 38.1 (feb. 2002), pp. 103–110. ISSN: 1164-5563. DOI: [10.1016/S1164-5563\(01\)01111-6](https://doi.org/10.1016/S1164-5563(01)01111-6). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556301011116> (visitato il 21/05/2021).
- [23] Steven N. Goodman, Daniele Fanelli e John P. A. Ioannidis. «What does research reproducibility mean?» en. In: *Science Translational Medicine* 8.341 (giu. 2016). Publisher: American Association for the Advancement of Science Section: Perspective, 341ps12–341ps12. ISSN: 1946-6234, 1946-6242. DOI: [10.1126/scitranslmed.aaf5027](https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaf5027). URL: <https://stm.sciencemag.org/content/8/341/341ps12> (visitato il 03/08/2020).
- [24] J. P. Grime. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*, en-us. 2006. URL: <https://www.wiley.com/en-us/Plant+Strategies%2C+Vegetation+Processes%2C+and+Ecosystem+Properties%2C+2nd+Edition-p-9780470850404> (visitato il 24/07/2020).
- [25] Gerhard Hasinger et al. *Bodenbeurteilung im Feld*. de. Pages: 1-16. Frick: Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, 1993. URL: <https://orgprints.org/32112/> (visitato il 26/07/2020).
-

- 
- [26] Bert Hölldobler e Edward O. Wilson. *The Ants*. en. 1990. URL: <https://www.hup.harvard.edu/catalog.php?isbn=9780674040755> (visitato il 03/08/2020).
- [27] Kathrin Huber & Lukas Pfiffner Joséphine Peigné. *Earthworm sampling*. URL: [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.net).
- [28] Bernhard Kromp. «Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement». en. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74.1 (giu. 1999), pp. 187–228. ISSN: 0167-8809. DOI: [10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880999000377> (visitato il 03/08/2020).
- [29] *L'affascinante mondo dei lombrichi*. it-IT. Feb. 2014. URL: <http://www.biomaurbano.it/laffascinante-mondo-dei-lombrichi/> (visitato il 27/02/2020).
- [30] *La pressione dei patogeni: l'influenza dei lombrichi*. URL: <http://www.aboutplants.eu/portal/cms/content-fitopatologia/2098-la-pressione-dei-patogeni-linfluenza-dei-lombrichi.html> (visitato il 27/02/2020).
- [31] C. Lebas et al. *Guida alle formiche d'Europa*. Library Catalog: riccaeditore.it. 2019. URL: <https://riccaeditore.it/products/guida-alle-formiche-deuropa-lebas-blatrix-galkowski-wegnez> (visitato il 03/08/2020).
- [32] Ke Lee e Rc Foster. «Soil fauna and soil structure». en. In: *Soil Research* 29.6 (1991). Number: 6 Reporter: Soil Research, p. 745. ISSN: 1838-675X. DOI: [10.1071/SR9910745](https://doi.org/10.1071/SR9910745). URL: <http://www.publish.csiro.au/?paper=SR9910745> (visitato il 17/07/2020).
- [33] Lee, K. E. *The earthworm fauna of New Zealand*. Wellington, 1959.
- [34] *Lumbricus rubellus*. en. Page Version ID: 923800367. Ott. 2019. URL: [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lumbricus\\_rubellus&oldid=923800367](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lumbricus_rubellus&oldid=923800367) (visitato il 27/02/2020).
- [35] Paul Maeder et al. «Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming». en. In: *Science* 296.5573 (mag. 2002). Publisher: American Association for the Advancement of Science Section: Report, pp. 1694–1697. ISSN: 0036-8075, 1095-9203. DOI: [10.1126/science.1071148](https://doi.org/10.1126/science.1071148). URL: <https://science.sciencemag.org/content/296/5573/1694> (visitato il 03/08/2020).
- [36] Alberto Masoni et al. «Management matters: A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards». en. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 246 (ago. 2017), pp. 175–183. ISSN: 0167-8809. DOI: [10.1016/j.agee.2017.05.036](https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.036). URL: <http://www.scienc>



- 
- [edirect.com/science/article/pii/S0167880917302359](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880917302359) (visitato il 20/07/2020).
- [37] Kurt Möller et al. «Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on nitrogen cycle and crop yield in mixed organic dairy farming systems». en. In: *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82.3 (nov. 2008), pp. 209–232. ISSN: 1573-0867. DOI: [10.1007/s10705-008-9196-9](https://doi.org/10.1007/s10705-008-9196-9). URL: <https://doi.org/10.1007/s10705-008-9196-9> (visitato il 21/05/2021).
- [38] *MoLTE - Ricerca - DAGRI: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali - UniFI*. it. Library Catalog: [www.dagri.unifi.it](http://www.dagri.unifi.it). URL: <https://www.dagri.unifi.it/p473.html> (visitato il 27/02/2020).
- [39] Jari Niemela et al. «The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network». en. In: (2000), p. 7.
- [40] Joachim Offenberg. «REVIEW: Ants as tools in sustainable agriculture». In: *Journal of Applied Ecology* 52 (ago. 2015). DOI: [10.1111/1365-2664.12496](https://doi.org/10.1111/1365-2664.12496).
- [41] Pietro Omodeo. «Il letargo nei Lombrichi». it. In: *Bolletino di zoologia* 15.1-3 (gen. 1948), pp. 11–18. ISSN: 0373-4137. DOI: [10.1080/11250004809440053](https://doi.org/10.1080/11250004809440053). URL: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11250004809440053> (visitato il 27/02/2020).
- [42] Maurizio G Paoletti. «The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators». en. In: (1999), p. 19.
- [43] Maurizio Guido Paoletti, Daniele Sommaggio e Silvia Fusaro. «Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui Lombrichi e applicato agli Agroecosistemi». it. In: (2013), p. 20.
- [44] Vittorio Parisi et al. «Microarthropod communities as a tool to assess soil quality and biodiversity: a new approach in Italy». en. In: *Agriculture, Ecosystems & Environment* 105.1 (gen. 2005), pp. 323–333. ISSN: 0167-8809. DOI: [10.1016/j.agee.2004.02.002](https://doi.org/10.1016/j.agee.2004.02.002). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880904000970> (visitato il 21/05/2021).
- [45] Joséphine Peigne et al. *Spade test*. fr. Practice tool. Library Catalog: [orgprints.org](http://orgprints.org) Pages: 1-24 Publisher: ISARA - Institut supérieure d’agriculture Lyon <http://isara.fr/>. 2016. URL: <https://orgprints.org/32099/> (visitato il 22/07/2020).
- [46] J. L. Pereira et al. «Ants as environmental impact bioindicators from insecticide application on corn.» English. In: *Sociobiology* 55.1A and 1B (2010). Publisher: Department of Biological Sciences, California State University, pp. 153–164. ISSN: 0361-6525. URL: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20103210754> (visitato il 20/07/2020).
-

- 
- [47] R Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2020. URL: <https://www.R-project.org>.
- [48] Johanna Rainio e Jari Niemelä. «Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators». en. In: *Biodiversity & Conservation* 12.3 (mar. 2003), pp. 487–506. ISSN: 1572-9710. DOI: [10.1023/A:1022412617568](https://doi.org/10.1023/A:1022412617568). URL: <https://doi.org/10.1023/A:1022412617568> (visitato il 03/08/2020).
- [49] S. P. Rushton, M. L. Luff e M. D. Eyre. «Effects of Pasture Improvement and Management on the Ground Beetle and Spider Communities of Upland Grasslands». In: *Journal of Applied Ecology* 26.2 (1989). Publisher: [British Ecological Society, Wiley], pp. 489–503. ISSN: 0021-8901. DOI: [10.2307/2404076](https://doi.org/10.2307/2404076). URL: <https://www.jstor.org/stable/2404076> (visitato il 03/08/2020).
- [50] Sónia A. P. Santos, José Eduardo Cabanas e José Alberto Pereira. «Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type». en. In: *European Journal of Soil Biology* 43.2 (mar. 2007), pp. 77–83. ISSN: 1164-5563. DOI: [10.1016/j.ejsobi.2006.10.001](https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.001). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1164556306001014> (visitato il 03/08/2020).
- [51] Christian Schader et al. *Comparing global and product-based LCA perspectives on environmental impacts of low-concentrate ruminant production*. Gen. 2014.
- [52] B. H. Svensson, U. Boström e L. Klemetson. «Potential for higher rates of denitrification in earthworm casts than in the surrounding soil». en. In: *Biology and Fertility of Soils* 2.3 (lug. 1986), pp. 147–149. ISSN: 1432-0789. DOI: [10.1007/BF00257593](https://doi.org/10.1007/BF00257593). URL: <https://doi.org/10.1007/BF00257593> (visitato il 29/02/2020).
- [53] Emma C. Underwood e Brian L. Fisher. «The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how». en. In: *Biological Conservation* 132.2 (ott. 2006), pp. 166–182. ISSN: 0006-3207. DOI: [10.1016/j.bioccon.2006.03.022](https://doi.org/10.1016/j.bioccon.2006.03.022). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320706001467> (visitato il 03/08/2020).
- [54] *UniFI - DISPAA - Ricerca - MoLTE*. en. URL: <http://www.dispaa.unifi.it/vp-458-molte.html> (visitato il 25/05/2016).
- [55] F Vejdovsky. «Ueber die Encyctierung von Aelosoma und der Regenwürmer.» In: *Ueber die Encyctierung von Aelosoma und der Regenwürmer*. Zool. Anz., 15 (1892).
- [56] Ezio Venturino et al. «Modelling the spiders ballooning effect on the vineyard ecology». In: <http://dx.doi.org/10.1051/mmnp:2006008> 1 (gen. 2006). DOI: [10.1051/mmnp:2006008](https://doi.org/10.1051/mmnp:2006008).
-

- 
- [57] Dennis Walvoort, Dick Brus e Jaap de Gruijter. *spsosa: Spatial Coverage Sampling and Random Sampling from Compact Geographical Strata*. Gen. 2020. URL: <https://CRAN.R-project.org/package=spsosa> (visitato il 22/07/2020).
- [58] Capowiez Yvan et al. «Role of earthworms in regenerating soil structure after compaction in reduced tillage systems». In: *Soil Biology and Biochemistry* 55.Supplement C (dic. 2012), pp. 93–103. ISSN: 0038-0717. DOI: [10.1016/j.soilbio.2012.06.013](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.06.013). URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038071712002611> (visitato il 22/09/2017).