

**RENDICONTAZIONE SCIENTIFICA  
DEL PRIMO SEMESTRE DEL  
PROGETTO DIFFER (ID19),  
PERIODO DI RIFERIMENTO  
14 GENNAIO-13 LUGLIO 2020.**

# **INDICE**

## **INDICE**

<b><i>Rendicontazione scientifica del primo semestre del progetto DIFFER (ID19), periodo di riferimento 14 gennaio-13 luglio 2020.</i></b> .....	<b>5</b>
Introduzione .....	7
Workpackage 1. Coordinamento.....	9
Workpackage 2. Pratiche Agroecologiche.....	13
Workpackage 3. Impatti delle pratiche sulla fertilità del suolo.....	17
Workpackage 4. Valutazione socio-economica.....	29
Workpackage 5. Co-ricerca e co-innovazione.....	31
<b><i>Documenti di intenti per le aziende (Allegato 1)</i></b> .....	<b>35</b>
Ricerca in Azienda Agr. Mascagni Bianca .....	39
Ricerca in Azienda Agr. Montepaldi.....	43
Ricerca in Azienda Agr. Forte Soc. Semplice.....	47
Ricerca in Azienda Agr. Romualdi Tommaso .....	53
<b><i>Cronoprogramma dei workshop pianificati nelle aziende (Allegato 2)</i></b> .....	<b>59</b>
Cronoprogramma dei workshop pianificati nelle aziende.....	61
<b><i>Linee guida per l'implementazione delle pratiche agroecologiche nei sistemi agro-zoo-forestali della collina interna appenninica (Allegato 3)</i></b> .....	<b>63</b>
Allegato 3A .....	66
<b><i>Extended Summaries di quattro tesi di laurea (Allegato 4)</i></b> .....	<b>67</b>
Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Andrea Alexandra Cannarozzo. ....	69
Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Tatiana Ercoli.....	79
Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale del Dott. Mattia Lancioli. .....	95
Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale del Dott. Giovanni Pomi. .....	107
<b><i>Proposta di Dottorato in Scienze Agrarie e Ambientali (Allegato 5)</i></b> .....	<b>117</b>
Proposta di tutoraggio per il XXXVI corso di Dottorato .....	119
Titolo della proposta .....	119
Progetto di ricerca della proposta di tutoraggio .....	123
Descrizione delle risorse disponibili o acquisibili per supportare l'attività prevista per il dottorando .....	129
<b><i>Schede tecniche divulgative (Allegato 6)</i></b> .....	<b>131</b>
Campionamento dei lombrichi .....	133
Specie infestanti come bioindicatori della fertilità del suolo: come campionare e utilizzare i dati .....	143
Resistenza alla penetrazione.....	153
Test della vanga per valutare la struttura del suolo.....	155
<b><i>Attività di disseminazione</i></b> .....	<b>165</b>

Articolo sul portale online “Terra e Vita” .....	167
Schede tecniche riportate in formato testuale in Allegato 6, nel formato per la divulgazione tra agricoltori e ricercatori.....	179
<b><i>Indice delle tabelle</i></b> .....	<b>206</b>
<b><i>Indice delle figure</i></b> .....	<b>207</b>
<b><i>Bibliografia</i></b> .....	<b>209</b>

**RENDICONTAZIONE SCIENTIFICA DEL PRIMO  
SEMESTRE DEL PROGETTO DIFFER (ID19),  
PERIODO DI RIFERIMENTO  
14 GENNAIO-13 LUGLIO 2020.**



## **Introduzione**

In questo semestre, nonostante alcuni vincoli di mobilità imposti dall'emergenza sanitaria del COVID, tutti i partner del progetto hanno portato avanti le attività previste dal progetto nell'ambito di ciascun *workpackage*, con la sola esclusione del *workpackage* 4, la cui attività era comunque prevista iniziare a partire dal mese 13 del progetto.

Sostanzialmente non sono al momento riscontrabili ritardi sui singoli *task* con le uniche eccezioni di quelle attività che prevedevano la mobilità del personale a livello interregionale, che verranno specificate oltre.

L'organizzazione di questo rapporto scientifico prevede che siano riportate per ciascun *workpackage* le descrizioni delle attività da svolgere nei singoli *task* così come riportate dalla proposta sottomessa per finanziamento. Ad esse vengono aggiunti i relativi *deliverable* e successivamente lo stato di avanzamento dei lavori per ciascuno di essi. Laddove siano stati prodotti già elementi di *deliverable*, questi saranno riportati in rispettivi allegati.

Per quello che riguarda il *Workpackage 1*, dati elementi addizionali di complessità nella rendicontazione del coordinamento, inoltre è prevista una presentazione delle attività svolte puntuale, che segue paragrafo per paragrafo il testo originale, presentando in carattere corsivo le attività svolte nel primo semestre.





## **Workpackage 1. Coordinamento.**

**Coordinatore: Gaio Cesare Pacini (UNIFI), co-coordinatore: Carlo Triarico (Associazione per l'Agricoltura Biodinamica)**

**Gli obiettivi di questo WP sono:**

- Coordinare le attività dei WP e assicurare la comunicazione, la collaborazione e il flusso di informazioni e di dati tra i partner del progetto
- *Il coordinamento è stato assiduo e costante con tutti i partner, utilizzando tutti i mezzi di telecomunicazione a disposizione nel periodo Covid, inclusi telefono, posta elettronica, teleconferenze;*
- *I partner sono stati puntualmente informati delle direttive MIPAAF e delle misure del Coordinamento per adattare il programma all'emergenza Covid.*
- Agire come punto di contatto con il MIPAAFT, organizzare ed eseguire un piano di monitoraggio delle attività progettuali e provvedere all'invio della documentazione richiesta
- *La comunicazione con il MIPAAF è stata costante ed assidua con risposta immediata alle richieste pervenute;*
- *Al momento il piano di monitoraggio consiste nella risposta celere ai desiderata del Ministero e nell'espletamento in tempi adeguati delle attività di rendicontazione scientifica, che sono stati ravvisati nella misura di un mese a partire dalla scadenza del semestre, salvo diverse indicazioni da parte del Ministero;*
- *La documentazione richiesta è sempre stata inviata, inclusa breve descrizione del progetto.*

Il coordinatore sarà responsabile per la gestione e l'amministrazione del progetto, includendo:

- (a) *l'elaborazione di un accordo di consorzio con tutti i partner di DIFFER(ID19) dopo l'inizio del progetto,*
- *Il Coordinatore vorrebbe discutere la necessità e gli eventuali contenuti dell'Accordo di Consorzio nella riunione prevista dal Ministero con i Coordinatori del Bando, da tenersi in data da individuare;*
- (b) *assicurare un efficiente flusso di informazioni e di dati tra i partner del progetto all'interno del consorzio e che i partner osservino gli obblighi contrattuali,*
- *A discrezione del Coordinamento, sono stati preferiti incontri in presenza, soprattutto per rispettare le necessità di una pianificazione pluriennale complessa, da sviluppare nel dettaglio e senza potenziali interruzioni telematiche, e la necessità di visionare le aziende e i relativi territori;*
- *Il Coordinatore, in assenza di un incontro iniziale di progetto, rimandato a causa di Covid, ha organizzato incontri bilaterali diretti e in presenza con*

*tutti i partner; gli incontri bilaterali sono stati pianificati per tutti i partner ed effettuati con la maggioranza di essi, con le uniche eccezioni delle aziende in Campania e Calabria, a causa del divieto dei trasporti interregionali valido fino a poche settimane fa e all'impossibilità di trovare date comuni in luglio; questi incontri saranno effettuati comunque entro e non oltre il mese di settembre;*

- *A seguito dei primi incontri, sono stati aggiornati e modificati i progetti aziendali di sperimentazione riportati nei relativi documenti di intenti;*
  - *I documenti di intenti aggiornati sono riportati nell'Allegato 1.*
- (c) agire come punto di contatto con il MIPAAFT e provvedere all'invio della documentazione richiesta,*
- *Vedi sopra.*
- (d) facilitare la comunicazione all'interno del progetto anche attraverso un sito web di progetto, incontri di inizio, medio termine e di fine progetto, e di workshop nelle aziende coinvolte.*
- *La progettazione e l'esecuzione del sito web sarà discussa nell'incontro di inizio progetto;*
  - *I workshop nelle aziende sono stati pianificati come da programma in Allegato 2*

I coordinatori di WP faranno rapporto al coordinatore sulle attività svolte e saranno pienamente responsabili per il raggiungimento dei tasks dei WP, i quali sono condotti da un task leader. Il coordinatore di WP, co-adiuvato da un co-coordinatore, si assicura che tutti i deliverable sono prodotti in tempo, e prepara i rapporti scientifici dei WP per consegnarli al coordinatore. Tutti i coordinatori sono membri del **comitato di gestione del progetto**. In assenza di uno o più coordinatori di WP, ne faranno le veci i rispettivi co-coordinatori.

Il comitato di gestione monitora l'esecuzione efficace ed efficiente del progetto, organizza gli incontri di progetto e i workshop aziendali. Le decisioni all'interno del comitato di gestione saranno prese sulla base del consenso, se possibile, e altrimenti per votazione, con il coordinatore che detiene il voto decisionale in caso di parità tra i partner. Il comitato di gestione organizzerà incontri Skype trimestrali per discutere le attività correnti e assicurare una stretta collaborazione.

- *Il comitato di gestione si è incontrato in presenza una volta nel primo semestre (Allegato 3A).*

I membri di WP contribuiranno a (a) I task specifici entro ciascun WP, (b) produzione di rapporti scientifici sulle attività svolte, (c) pubblicazioni su riviste sottoposte a referaggio, (d) incontri e workshop di progetto.

Lo **stakeholder group** è un gruppo multiattoriale composto da agricoltori, ricercatori e consulenti di settore con esperienza e competenze specifiche nel campo delle pratiche ecologiche, della fertilità del suolo e più in generale dei sistemi agro-zoo-forestali. Lo stakeholder group consiglierà il comitato di gestione sulla direzione generale del progetto e lo metterà a conoscenza dei nuovi sviluppi di settore relativi alle attività progettuali. Lo stakeholder group sarà coinvolto sia nelle attività svolte sui campi sperimentali, che sul test di pratiche ad hoc testate nelle singole aziende. Lo stakeholder group sarà formato nei primi due mesi del progetto a partire dalle aziende e dalle unità operative partner di progetto e includendo su base volontaria anche consulenti ed esperti esterni. Sarà organizzato dal coordinatore col supporto di tutti i WP.

***D1.1. Costituzione dello stakeholder group (mese 2, UNIFI-DAGRI)***

***D1.2. Incontri di progetto (mesi 2, 18, 34, UNIFI-DAGRI)***

- *L'incontro di inizio progetto è stato rimandato a causa Covid; a discrezione del Coordinamento, sono stati preferiti incontri in presenza, soprattutto per rispettare le necessità di una pianificazione pluriennale complessa che coinvolge un numero elevato di partner di progetto, da sviluppare nel dettaglio e senza potenziali interruzioni telematiche;*
- *Di conseguenza è stata rimandata anche la costituzione dello stakeholder group.*



## **Workpackage 2. Pratiche Agroecologiche.**

*Coordinatore: Paola Migliorini (Agroecology Europe, in collaborazione con Associazione per l'Agricoltura Biodinamica), co-coordinatore: Gaio Cesare Pacini (Università degli Studi di Firenze, UNIFI, Dipartimento di Scienze delle Produzioni Agroalimentari e dell'Ambiente, DAGRI, Sezione di Scienze Agronomiche, Genetiche e Gestione del Territorio)*

### **Task 2.1: Sistemi di allevamento mirati alla massimizzazione dell'efficienza di impiego di risorse alimentari**

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI, Agroecology Europe in collaborazione con Associazione per l'Agricoltura Biodinamica.

Il raggiungimento di livelli ottimali di efficienza ecologica comporta un riordino dell'impiego di risorse alimentari e una progettazione dei sistemi di allevamento che eviti la competizione sulle terre arabili delle produzioni di alimenti per consumo umano e animale. In questo task saranno indagate tutte le soluzioni che permettano la realizzazione di sistemi di allevamento che sfruttino le aree a pascolo permanente, il pascolo in bosco, in vigneto e oliveto, anche prendendo spunto dall'esperienza delle aziende coinvolte. Le soluzioni dovranno tener conto della necessità di creare un sistema coerente in termini di flusso degli elementi nutritivi e riciclo degli stessi all'interno dell'agroecosistema aziendale tramite metodi che garantiscano la concentrazione delle deiezioni, il loro compostaggio e la distribuzione nelle aree a seminativo.

### **Task 2.2: Rotazioni delle colture, lavorazione minima e ridotta del suolo**

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI , Agroecology Europe in collaborazione con Associazione per l'Agricoltura Biodinamica

Lo schema rotazionale da individuare sarà indirizzato alla possibilità di realizzazione di un elevato livello di diversificazione dell'ordinamento produttivo e dell'estensione della gamma di prodotti da porre sul mercato. Tra tutte le soluzioni possibili ovviamente saranno scelte quelle che garantiscano l'ottemperanza alle norme sulle produzioni biologiche come criterio minimo, e quelle che massimizzino le capacità del sistema nel suo complesso di conservare la fertilità del suolo. Le combinazioni possibili tra le colture sono potenzialmente

infinite ma sarà data preferenza a quelle che possono permettere una diversificazione di sistemi aziendali basati su vite e olivo verso la produzione sia di prodotti trasformati cerealicoli, granelle da consumo umano, sia di cereali che di leguminose, e produzione di sementi.

***Task 2.3: Concimazione organica, uso di colture da sovescio e pacciamature vive***

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI , Agroecology Europe in collaborazione con Associazione per l'Agricoltura Biodinamica

In ciascuno dei sistemi colturali sperimentati saranno testate una serie di soluzioni di fertilizzazione organica dei suoli. In un'ottica propriamente sistemica, queste soluzioni di fertilizzazione non corrispondono all'applicazione di singole tecniche prese a se stanti; piuttosto, queste soluzioni dovranno far parte di pacchetti completi di tecniche che corrispondono ad approcci a diversa intensità dei metodi di produzione dell'agricoltura biologica e biodinamica. Esse scaturiranno quindi dalla combinazione di diversi interventi, inclusi l'utilizzo di diversi tipi di compost a base di letame pellettato e umido, di origine industriale, biologica o biodinamica, uso di colture da sovescio e pacciamature vive, uso di preparati biodinamici a se stanti su cumuli compostati in loco o su sovesci, uso di rotazioni e forme di lavorazione minima.

***D2.1. Rapporto di descrizione di sistemi allevamento mirati alla massimizzazione dell'efficienza di impiego di risorse alimentari (mese 9, Associazione per l'Agricoltura Biodinamica)***

***D2.2. Rapporto di descrizione di pratiche agroecologiche di rotazione delle colture e lavorazione del suolo mirate alla ottimizzazione della gestione della fertilità (mese 9, UNIFI-DAGRI )***

***D2.3. Rapporto di descrizione di pratiche agroecologiche di concimazione organica, uso di colture da sovescio e pacciamatura mirate alla ottimizzazione della gestione della fertilità (mese 9, UNIFI-DAGRI )***

- *In un incontro avvenuto in modalità di teleconferenze e in varie telefonate è stato organizzato il lavoro;*
- *Successivamente è stata raccolta una grande quantità di materiale di base per la redazione dei tre rapporti;*
- *Si propone al Ministero di accorpate i tre rapporti in un manuale che possa essere utilizzato da tutti i partner del progetto ai fini della*

*preparazione dei workshop aziendali e più in generale per attività di disseminazione anche al di fuori di DIFFER(ID19);*

- *Nell'Allegato 3 è riportato l'indice degli argomenti affrontati nel manuale.*
- *L'emergenza Covid ha causato attività extra a tutti i partner del progetto, che trascendono l'esecuzione di DIFFER(ID19) in sé e per sé ma hanno inevitabilmente degli impatti in termini di tempo ed energie a disposizione dei partner; è possibile che, per quel che riguarda questi 3 deliverable sarà richiesta una dilazione dei tempi di consegna.*





### **Workpackage 3. Impatti delle pratiche sulla fertilità del suolo.**

**Coordinatore: Ottorino Pantani (UNIFI-DAGRI , Sezione di Scienze del Suolo e della Pianta), co-coordinatore: Carlo Viti (UNIFI-DAGRI , Sezione di Microbiologia Agraria)**

#### **Task 3.1: Fertilità chimico-fisica**

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI

Per quanto riguarda i parametri del suolo di natura chimica, verranno osservati 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. La parte chimico-fisica sarà invece coperta da analisi quali porosimetria a mercurio, per stabilire la distribuzione dimensionale dei pori, la stabilità di struttura degli aggregati tramite granulometria laser, la penetrometria, ovvero la misura della resistenza alla penetrazione. Tali misure analitiche di natura chimico fisica richiedono tempo e denaro e non sono facilmente estendibili a tutte le aziende coinvolte e quindi verranno messe in atto nella sola azienda sperimentale.

#### **D3.1. Rapporto dei risultati sperimentali sull'impatto di diversi sistemi di gestione sulla fertilità chimico-fisica del suolo (mese 32, bozza mese 18, UNIFI-DAGRI , Sezione di Scienze del Suolo e della Pianta)**

- Per il Task 3.1 è stato predisposto il disegno sperimentale in campo, incluse la relativa parcellizzazione, l'approvvigionamento ed il trasporto di tutte le materie prime per i trattamenti di fertilizzazione, l'acquisto da parte di UNIFI-DAGRI su propri fondi o il rinnovo della strumentazione;
- Nonostante che per motivi di tempo di preparazione del letame compostato biodinamico (minimo sei mesi) e di tempo delle semine delle colture non sia stato possibile avviare la sperimentazione dalla campagna agraria 2019-2020, le colture in rotazione nei campi sperimentali, i.e. erba medica, trifoglio alessandrino, grano e farro sono state tutte seminate ed hanno, nel caso di grano e farro, già prodotto raccolti;
- Su queste colture e sulle aree semi-naturali circostanti è stata iniziata una serie di test di metodi per la valutazione della fertilità biologica in collaborazione con colleghi ecologi del Dipartimento di Biologia dell'Università degli Studi di Firenze;
- Saranno misurati in DIFFER(ID19), in aggiunta ai previsti indicatori chimico-fisici, anche indicatori biologici di fertilità, più specificatamente indicatori di ricchezza di specie/gruppi funzionali di formiche, carabidi, aracnidi e artropodi in generale;
- I metodi di misurazione degli indicatori sono stati testati nella corrente campagna agraria anche tramite quattro tesi di laurea tuttora in corso, di cui si presentano gli executive summary in **Allegato 4**;

- *Le attività di ricerca previste in questo Task hanno fornito la motivazione per la presentazione di una proposta di Dottorato presso la Scuola di Scienze Agrarie e Ambientali di UniFi; la proposta è stata accettata e permetterà lo sviluppo di un Programma di Dottorato nell'ambito di DIFFER(ID19); il programma è riportato in Allegato 5.*

### ***Task 3.2: Fertilità microbiologica***

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI

Nel presente progetto di ricerca saranno utilizzati metodi di nuova generazione che prevedono il sequenziamento del gene 16S rRNA per la valutazione della diversità batterica nelle differenti tesi .

Dai campioni di suolo verrà estratto il DNA usando un apposito kit commerciale. Una porzione del gene che codifica per il 16S rRNA batterico (es. V3-V4) sarà amplificata tramite reazione a catena della polimerasi (PCR) usando dei primers universali e saranno preparate le librerie per il sequenziamento, che sarà effettuato tramite piattaforma Illumina MiSeq. L'elaborazione bioinformatica delle sequenze ottenute sarà effettuata tramite USEARCH o tramite DADA2. L'assegnazione tassonomica sarà effettuata confrontando le sequenze rappresentative con le sequenze contenute in un database di riferimento. I dati tassonomici saranno utilizzati per calcolare le abbondanze relative delle popolazioni microbiche presenti e saranno calcolati degli indici di biodiversità (es. Dice e Bray Curtis). Saranno inoltre eseguite analisi statistiche multivariate per individuare l'eventuale correlazione di specifiche popolazioni batteriche alle condizioni. Per correlare le tesi all'eventuale aumento della biomassa batterica nel suolo potranno essere effettuate delle PCR quantitative (qPCR) sul gene 16S rRNA usando primers universali ed, eventualmente, primers specifici per geni funzionali di interesse (es. geni coinvolti nel ciclo dell'azoto).

### ***D3.2. Rapporto dei risultati sperimentali sull'impatto di diversi sistemi di gestione sulla fertilità microbiologica del suolo (mese 32, bozza mese 18, UNIFI-DAGRI , Sezione di Microbiologia Agraria)***

Questo primo periodo del progetto ha indubbiamente risentito delle eccezionali condizioni generali in cui la nazione si è venuta a trovare per la nota

pandemia. Quindi questa relazione verrà divisa in due parti: cosa era stato pensato di fare e cosa in realtà è stato possibile fare.

La prima parte è riportata qui sotto, mentre la seconda parte si trova a pagina 22.

***Parte prima: la pianificazione ante COVID***

Sono stati predisposti i campi sperimentali mediante squadratura e realizzazione del disegno sperimentale riportato nella sezione “

**Ricerca in Azienda Agr. Montepaldi”**: le operazioni di squadratura sono state fatte nel periodo gennaio/febbraio 2020.

Dato che ancora poco si conosce sul comportamento dei lombrichi nei terreni oggetto di studio, è stato pensato di approntare una campagna di monitoraggio della presenza di tali animali *prima* della distribuzione del letame. É noto che tali animali risentono delle condizioni pedoclimatiche e che la probabilità di trovarne negli strati superficiali del terreno è funzione della temperatura e umidità del terreno, le quali possono variare con la data e l’ora del campionamento.

Conseguentemente, in gennaio/febbraio è stato approntato un disegno sperimentale atto alla rilevazione di dati per poter costruire un modello previsionale il cui scopo è di suggerire-indicare I momenti più favorevoli per la conta di questi elusivi animali. I dati considerati utili per la previsione sono stati l’umidità e la temperatura del terreno su ogni sito di campionamento, oltre alla data e all’ora in cui esso veniva effettuato.

***Disegno sperimentale per la conta dei lombrichi: randomizzazione***

La disposizione geomorfologica dei campi sperimentali è mostrata nella Figura 7. In essa è visibile un corso d’acqua, il fiume Pesa, la cui presenza verosimilmente influenza e regola l’umidità del terreno, forse anche attraverso un gradiente.

Non potendo escludere un effetto del fiume, il campionamento per i lombrichi è stato fatto su griglia casuale, sia in termini spaziali che temporali. La necessità di una griglia spaziale randomizzata è motivata dal gradiente di umidità molto

verosimilmente causato dal corso d'acqua., mentre la necessità di randomizzare sulla scala temporale (sequenza dei campionamenti) è motivata dal fatto che tali animali, sono disturbati dal calpestio degli operatori. Un campionamento sequenziale ordinato avrebbe molto probabilmente ridotto le probabilità di rinvenire soggetti che si sarebbero allontanati dall'area investigata.

Un esempio di campionamento randomizzato sia spazialmente che temporalmente è rappresentato in Figura 2. La sequenza temporale è casuale all'interno di ogni replica (striscia orizzontale). Una completa randomizzazione in tutto il campo sperimentale avrebbe comportato sia un eccessivo calpestamento che un allungamento della sessione di campionamento. Si è comunque randomizzato la sequenza delle tre strisce: infatti in Figura 2 a sinistra è ben visibile che dopo aver processato la striscia inferiore (lettere da A a E), si passa al campionamento della striscia più in alto (lettere da F e J) e solo infine si procede al campionamento nella striscia centrale (da K a O).

Le aree di campionamento sono state localizzate all'interno di ogni replica (striscia), escludendo dal campionamento un'area di 3,5 mt di larghezza per escludere effetti di bordo lungo la direzione Y per fossi adiacenti al campo e di 5 mt di altezza lungo l'asse X per la presenza di una strada e dei corridoi di manovra delle macchine operatrici. La superficie utile è risultata quindi essere 40,5 x 26 mt. Ogni buca di campionamento ha lato di circa 35 cm (dimensione del forcone/vanga di prelievo), pertanto la superficie di campionamento è stata idealizzata essere divisa in 117 colonne per 77 righe ( $39,78 * 26,18$  mt considerando il quadrato di 34 cm di lato). Le approssimazioni appena descritte sono state necessarie per discretizzare l'area di campionamento e per calcolare 20 aree con superficie equivalente all'interno delle quali determinare un punto dalle coordinate casuali. Due esempi grafici del risultato della procedura sono mostrati in Figura 5. Sono stati assegnati 20 punti per ogni striscia, così da coprire completamente tutta la superficie in 8 sessioni di campo. Un disegno ottimale avrebbe dovuto prevedere il campionamento giornaliero di 60 punti per campo, ma questo avrebbe comportato un eccessivo allungamento della sessione

di rilevamento, che suggerisce di cominciare il campionamento nelle prime ore del mattino e comunque terminarlo entro mezzogiorno.

Riassumendo: il disegno sperimentale consta di 2 campi (OldOrg e NewOrg), 3 repliche per campo (strisce), 20 punti per replica; totale 120 punti da rilevare, tali punti sono stati distribuiti in 8 sessioni temporali di rilevamento, in ognuna delle quali sarebbero stati misurati 15 punti in un singolo campo.

### ***Realizzazione del disegno sperimentale sul campo***

L'uso di apparati GPS rende impossibile riportare sul terreno le coordinate teoriche dei singoli punti con sufficiente precisione. Conseguentemente è stato approntato un sistema di misurazione con fettucce inestensibili e rotelle metriche.

Le coordinate di tutti i punti di tutte le date sono state generate da programmazione (Bivand et al., 2020; R Core Team, 2020; Walvoort et al., 2020) e quindi riportate sul quaderno di campagna, su un grafico come quello di Figura 1 (destra) e su tre fettucce inestensibili: due fettucce con le identiche coordinate da stendere lungo la direzione Y ai due lati della striscia e una fettuccia da stendere lungo la direzione X (Figura 1).



*Figura 1 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 (Bivand et al., 2020).*

Dopo avere disposto le due fettucce Y ai lati del campo, tre operatori hanno identificato tutti i punti mediante paline colorate. Due operatori, posti ai bordi della striscia, si spostavano lungo la direzione Y, tenendo tesa la fettuccia con le coordinate X e fermandosi in corrispondenza degli omologhi punti Y, in modo da mantenere l'ortogonalità durante l'identificazione della coordinata X che

veniva effettuata da un terzo operatore il quale infine piantava la palina identificativa del punto.

Una volta disposte le paline, la sessione di campionamento così congegnata ha potuto procedere più speditamente, permettendo verosimilmente un minor disturbo agli animali e una riduzione dei tempi morti, ovvero la maggior efficienza di campionamento e quindi una migliore qualità dei dati.

### ***Parte seconda: la realizzazione durante il periodo di chiusura per COVID***

Tutta la procedura descritta a pagina 21, era stata pensata per recarsi in campo tempestivamente quando l'umidità e la temperatura avrebbero potuto aumentare la probabilità di raccogliere e contare individui in campo. La squadra di conteggio lombrichi era formata da tre operatori, due addetti al conteggio come descritto in “

**Ricerca in Azienda Agr. Montepaldi”** e uno alla rilevazione e registrazione dei dati secondo un modulo cartaceo. Era previsto di annotare: data e ora del rilevamento, numero di lombrichi e loro età approssimativa (neonato, giovane, adulto), umidità del sito di campionamento e sua temperatura, sia in superficie che a 30-40 cm di profondità, ovvero sul fondo dello scavo necessario a isolare gli individui.

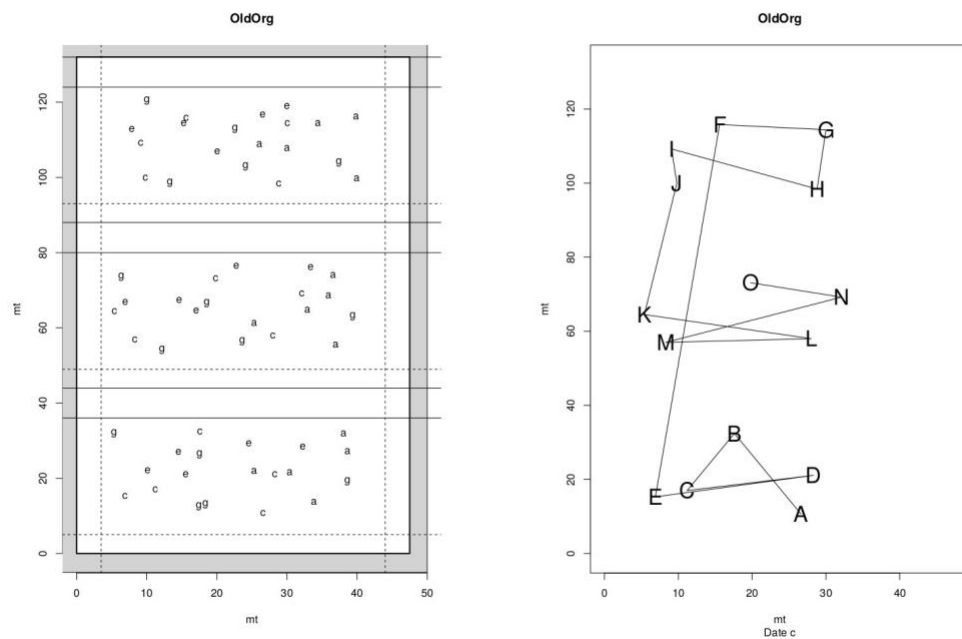
La fase 1, iniziata il 9 marzo 2020, ha ovviamente colto tutti di sorpresa, per cui anche l'amministrazione universitaria ha risentito della nuova situazione. Le nuove procedure per autorizzare le missioni in campo hanno richiesto del tempo, quindi la prima missione utile è stata effettuata il 24 marzo, data in cui il terreno si mostrava fessurato, inadatto all'escavazione e tantomeno al reperimento dei lombrichi. In tale occasione, è stato deciso di rilevare, oltre al numero di lombrichi, il numero di cunicoli che ne testimoniano il passaggio. Questi cunicoli sono inequivocabilmente identificabili a causa degli anelli rilvati lasciati dal corpo dell'animale (Figura 4). Al modulo cartaceo è stato quindi aggiunta una colonna per il numero dei cunicoli (Figura 3).

Dopo ogni pioggia significativa, è stato fatto un rilevamento (Tabella 1) per un totale di 4 date di campionamento, mediante le quali sono stati rinvenuti solamente 4 individui. Per puro scrupolo, un sopralluogo finale è stato fatto il 15

giugno, ovvero dopo una precipitazione cumulata di 31.6 mm nei 10 giorni precedenti. Il terreno si presentava purtroppo in condizioni non idonee al rilevamento, e in questa occasione sono stati rimossi tutte le paline che avrebbero ostacolato le imminenti operazioni di mietitrebbiatura del farro.

### ***Parte terza: prospettive future***

I periodi più propizi per il campionamento dei lombrichi in ambiente mediterraneo sono la primavera e il primo autunno, quindi il campionamento descritto nella sezione Realizzazione del disegno sperimentale sul campo a pagina verrà reiterato e sperabilmente completato in settembre, dopo le prime piogge.



*Figura 2 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"*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
	SER IALE	MAN SAM ROW	MANAG EMENT	SAMPLE	ROW	PROFO NDITA c m	TRUE COORD X mt	TRUE COORD Y mt	TAPE COORD X mt	TAPE COORD Y mt	SAMPLING TIME	Celsius 0cm	RH mV 0cm	RH m3 m3 0cm	RH mV 0cm	ADULT EA WORMS N	YOUNG EA WORMS N	BABY EA WORMS N	HOLES EA WORMS N
1																			
2	1	OldOrg A.1	OldOrg	A	1	zero	37,4	26,2	37,4	26,2	22/04/2020 07:41:05	12,9	812					1	
3	1,1	OldOrg A.1	OldOrg	A	1	trenta	37,4	26,2	37,4	26,2	22/04/2020 07:47:47	14,1	695						
4	2	OldOrg B.1	OldOrg	B	1	zero	36,6	29,2	36,6	29,2	22/04/2020 07:52:19	13,4	726						2
5	2,1	OldOrg B.1	OldOrg	B	1	trenta	36,6	29,2	36,6	29,2	22/04/2020 07:54:25	14,3	623						
6	3	OldOrg C.1	OldOrg	C	1	zero	19,5	11,8	19,5	11,8	22/04/2020 07:57:12	13,0	705						
7	3,1	OldOrg C.1	OldOrg	C	1	trenta	19,5	11,8	19,5	11,8	22/04/2020 07:58:34	14,1	594						
8	4	OldOrg D.1	OldOrg	D	1	zero	15,1	29,1	15,1	29,1	22/04/2020 08:00:43	12,8	606						4
9	4,1	OldOrg D.1	OldOrg	D	1	trenta	15,1	29,1	15,1	29,1	22/04/2020 08:02:36	14,3	571						
10	5	OldOrg E.1	OldOrg	E	1	zero	30,8	15	30,8	15	22/04/2020 08:04:44	12,9	717						1

Figura 3 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.



Figura 4 Le gallerie di passaggio dei lombrichi sono facilmente identificabili a causa dell'impronta lasciata dal corpo dell'animale



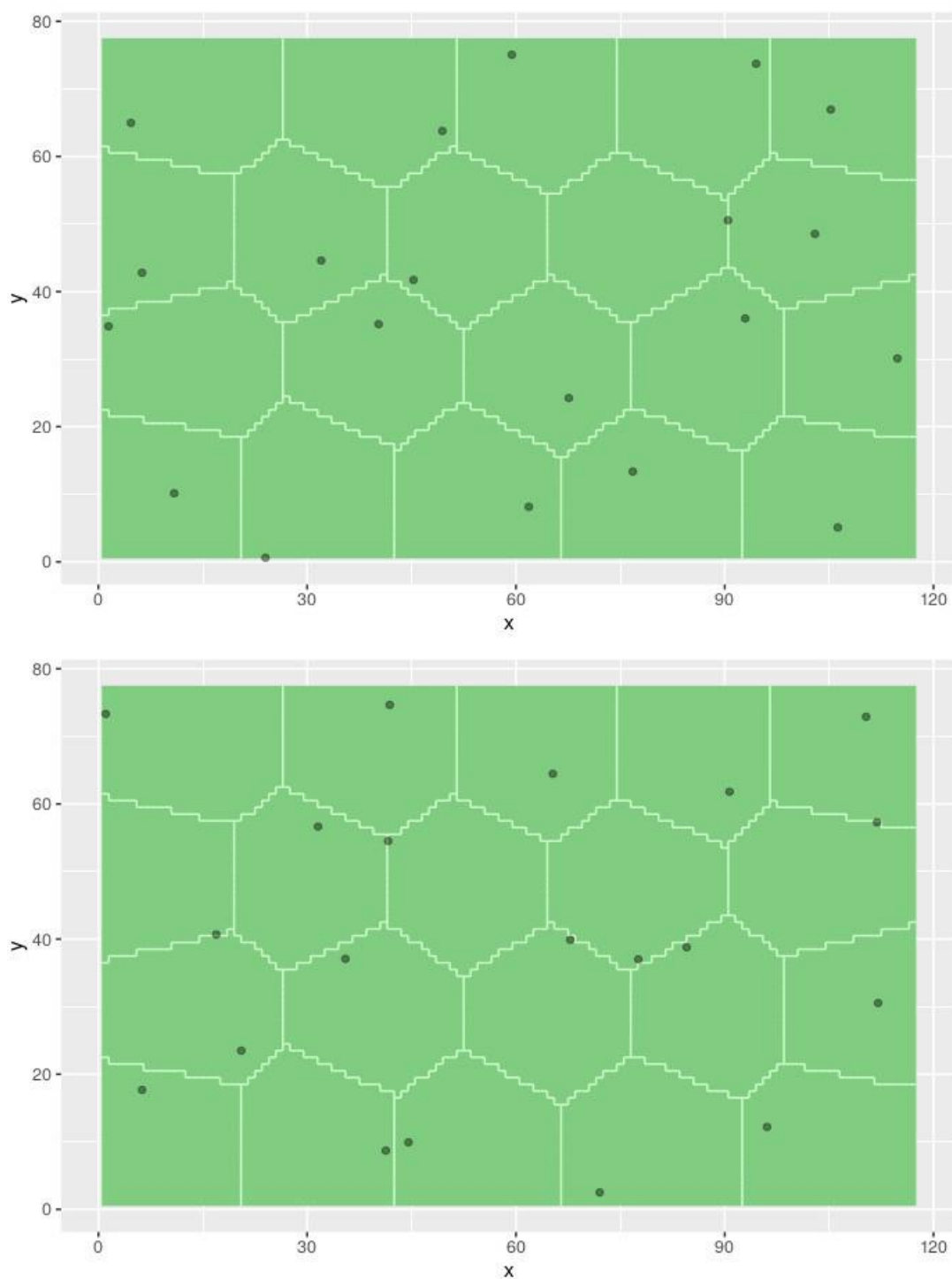


Figura 5 La suddivisione spaziale del campionamento. Ogni perimetro racchiude un'area equivalente e il punto ha coordinate casuali entro il perimetro. I numeri si riferiscono non a dimensioni bensì a superfici quadrate di 34 cm di lato

Tabella 1 I dati climatici rilevati dalla stazione meteorologica dell'azienda Montepaldi

Data	Temperatura media, °C	Pioggia, mm	Sessione di campionamento
01/03/2020	11,8	17,3	
02/03/2020	10,8	15,5	
03/03/2020	8,1	6,8	
04/03/2020	6,3	0,3	
05/03/2020	6,3	6,3	
06/03/2020	10,3	6,2	
07/03/2020	7,5	0,3	
09/03/2020	6,8	0,3	
<b>24/03/2020</b>	<b>7,9</b>	<b>0</b>	<b>SI</b>
30/03/2020	11,6	1	
31/03/2020	7,4	1,5	
<b>06/04/2020</b>	<b>14,5</b>	<b>0</b>	<b>SI</b>
13/04/2020	16,1	1,2	
14/04/2020	13,9	2	
20/04/2020	13,9	15,1	
<b>21/04/2020</b>	<b>12,1</b>	<b>2</b>	<b>SI</b>
28/04/2020	13,6	21,1	
<b>29/04/2020</b>	<b>15,3</b>	<b>0,2</b>	<b>SI</b>
01/05/2020	16,1	0,2	
02/05/2020	17,1	0,4	
11/05/2020	16,6	2,4	
12/05/2020	17	6,2	
13/05/2020	17,7	0,2	
15/05/2020	17,7	1,5	
18/05/2020	18,4	3,3	
19/05/2020	18,9	2,6	
20/05/2020	15,7	1,3	

### ***Task 3.3: Test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità***

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI

Le analisi sopra descritte, in quanto approfondite, daranno informazioni dettagliate ma che richiedono tempo e non possono essere, per loro stessa natura, applicabili direttamente in azienda.

Fortunatamente sono disponibili alcuni metodi speditivi (test della vanga, conta dei lombrichi, utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori, test di penetrometria), attraverso i quali è possibile indagare più sinteticamente la fertilità.

Il test della vanga (Peigne et al., 2016) permette di attribuire un punteggio attraverso l'analisi visiva dello stato di aggregazione del suolo, contemporaneamente alla conta di radici e presenza di macrofauna.

Simultaneamente a questo test può essere effettuata anche la conta e il riconoscimento dei lombrichi. Questi organismi terricoli sono molto sensibili alla gestione del suolo sia per lavorazioni, sia per utilizzo di agro-farmaci o fertilizzanti chimici e liquami, rotazioni, pacciamature, salinizzazione e compattazione dei suoli (Paoletti et al., 2013). Verranno valutati numerosità, stadio di sviluppo e categoria ecologica degli individui così da descrivere le popolazioni presenti nei terreni oggetto di sperimentazione. Lo stesso verrà fatto per quanto riguarda l'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori (Bàrberi et al., 2018) e la penetrometria (già menzionata nel Task 3.3).

#### ***D3.3. Rapporto dei risultati sperimentali su test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (mese 32, bozza mese 18, UNIFI-DAGRI, Sezione di Scienze Agronomiche, Genetiche e Gestione del Territorio)***

- *In visione dell'applicazione dei test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità per la sperimentazione nelle aziende ordinarie coinvolte in DIFFER(ID19) sono state predisposte una serie di note tecniche e guide pratiche con intento divulgativo e di disseminazione; lo scopo di queste schede è quello di facilitare il flusso biunivoco di conoscenze sulla fertilità dei suoli tra agricoltori e ricercatori; Le schede sono riportate in **Allegato 6** in formato testuale e nella sezione **Attività di disseminazione** in formato adatto alla divulgazione.*



**Workpackage 4. Valutazione socio-economica.**

*Coordinatore: Ginevra Virginia Lombardi (UNIFI, Dipartimento di Scienze per l'Economia e l'Impresa, DISEI)*

- *Come detto in precedenza, non era prevista attività in questo workpackage nel primo semestre.*



## **Workpackage 5. Co-ricerca e co-innovazione.**

***Coordinatore: Carlo Triarico (Associazione per l'Agricoltura Biodinamica),  
co-coordinatore: Sandro Stoppioni (CAICT, in collaborazione con  
Associazione per l'Agricoltura Biodinamica)***

### ***Task 5.1: Co-progettazione di sistemi di allevamento mirati alla massimizzazione dell'efficienza di impiego di risorse alimentari***

Partner coinvolti: CAICT-Coldiretti, in collaborazione con APAB, Associazione per l'Agricoltura Biodinamica, in collaborazione con aziende, consulenti agronomi e Demeter, UNIFI-DAGRI

Questo task partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nel Task 2.1 su pratiche agroecologiche. L'agroecologia mira a progettare e ridisegnare gli agroecosistemi dal livello di singolo campo alla scala territoriale per la creazione di sistemi agro-alimentari sostenibili. Per mettere in atto tale approccio vi è la necessità di trascendere la dimensione gestionale del singolo campo e raggiungere un punto di vista collettivo. Questo aspetto riveste particolare importanza in sistemi di allevamento sostenibili, integrati nella dimensione agro-forestale e può essere sviluppato coinvolgendo nella ricerca gli attori locali (stakeholder), i.e. agricoltori, consumatori, trasformatori, consulenti agronomi e ricercatori). In prima istanza saranno organizzati focus group nelle aziende pilota per condividere un'analisi comune della situazione per ciò che concerne i sistemi di allevamento nella collina interna. Sulla base di questa analisi e sempre con approccio multiattoriale saranno sviluppati percorsi di co-progettazione e studiate le probabili traiettorie di impatto dei sistemi agro-zoo-forestali individuati. Queste opzioni e storie di successo potranno essere utilizzate come modello e disseminate in eventi organizzati quali, giornate di campo, workshop).

- *I workshop nelle aziende sono stati pianificati come da programma in Allegato 2*

### ***Task 5.2: Sperimentazione in aziende pilota di metodi di gestione della fertilità e progettazione di sistemi agro-zoo-forestali sostenibili***

Partner coinvolti: UNIFI-DAGRI, Associazione per l'Agricoltura Biodinamica, in collaborazione con CAICT-Coldiretti, aziende e consulenti agronomi

Questo task partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nei Task 2.2 e 2.3 su concimazione organica, rotazioni colturali e metodi di lavorazione ridotta del suolo e da primi risultati della ricerca nei campi sperimentali MOLTE, così come ottenuti nei Task 3.1 e 3.2 sulla fertilità dei suoli. Sulla base di queste informazioni saranno progettati al termine del primo anno di ricerca una serie di test ad hoc su parcelle di circa 1 ha in ciascuna delle aziende pilota. Oggetto di queste sperimentazioni aziendali saranno sia le prestazioni produttive di colture che favoriscano la diversificazione di aziende agro-zoo-forestali basate su vite e olivo, che sistemi migliorati di fertilizzazione dei suoli. Tutte le soluzioni elaborate dovranno essere improntate a raggiungere livelli elevati di coerenza con i sistemi di allevamento individuati nel Task 5.1. Nell'ambito di questo task saranno organizzati seminari di disseminazione dei risultati delle sperimentazioni sia nell'azienda sperimentale che nelle aziende pilota. I risultati del WP3 e di questo task saranno utilizzati per sviluppare in maniera partecipata in incontri aziendali progetti di sistemi ottimizzati agro-zoo-forestali per la collina interna appenninica.

- *Il Coordinatore, in assenza di un incontro iniziale di progetto, rimandato a causa di Covid, ha organizzato incontri bilaterali diretti e in presenza con tutti le aziende partner; gli incontri bilaterali sono stati pianificati per tutti le aziende ed effettuati con la maggioranza di esse, con le uniche eccezioni delle aziende in Campania e Calabria, a causa del divieto dei trasporti interregionali valido fino a poche settimane fa e all'impossibilità di trovare date comuni in luglio; questi incontri saranno effettuati comunque entro e non oltre il mese di settembre;*
- *A seguito dei primi incontri, sono stati aggiornati e modificati i progetti aziendali di sperimentazione riportati nei relativi documenti di intenti;*
- *I documenti di intenti aggiornati sono riportati nell'Allegato 1.*

***Task 5.3: Sperimentazione in aziende pilota di test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità***

Partner coinvolti: Associazione per l'Agricoltura Biodinamica, in collaborazione con aziende, UNIFI-DAGRI

Questo task partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nel Task 3.3, nel quale sono stati selezionati e validati test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità dei suoli. In ciascuna delle aziende pilota saranno testati i protocolli del test della vanga, del campionamento dei



lombrichi, della resistenza alla penetrazione e dell'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori. I protocolli e relativi risultati saranno validati da pannelli di esperti organizzati in specifici workshop da realizzare nelle aziende pilota in concomitanza con le iniziative dei Task 5.1 e 5.2.

- *Vedasi quanto detto per Task 3.3.*

*D5.1. Progetti di sistemi ottimizzati di allevamento mirati alla massimizzazione dell'efficienza di impiego di risorse alimentari (mese 34, bozza mese 18, Associazione per l'Agricoltura Biodinamica)*

*D5.2. Progetti di sistemi ottimizzati agro-zoo-forestali per la collina interna appenninica (mese 34, bozza mese 18, UNIFI-DAGRI )*



**DOCUMENTI DI INTENTI PER LE AZIENDE  
(ALLEGATO 1)**



Dal bando MIPAAF “*Avviso pubblico per la concessione di contributi finalizzati allo sviluppo del settore dell’agricoltura biologica e biodinamica attraverso la realizzazione di progetti di ricerca rispondenti alle tematiche prioritarie di Ricerca e Innovazione individuate nel “Piano strategico nazionale per lo sviluppo del sistema biologico”*”

L’obiettivo principale del progetto è quello di sviluppare soluzioni aziendali che migliorino le prestazioni di sostenibilità e redditività delle aziende con particolare riferimento alla diversificazione di sistemi agro-zoo-forestali ad indirizzo prevalente viti-olivicolo. Questo obiettivo è perseguito nell’ambito del progetto tramite l’implementazione e la validazione delle tecniche e dei principi dell’agricoltura biodinamica e biologica e l’adozione di modelli circolari di trasmissione delle conoscenze e dei saperi. In un’ottica di ricerca-azione partecipata e co-innovazione, tecniche e modelli verranno sviluppati secondo una strategia integrata di sperimentazione che metta insieme la robustezza scientifica delle analisi in stazione sperimentale con le risultanze dell’adozione delle tecniche in aziende ordinarie e le conoscenze agronomiche locali.



## **Ricerca in Azienda Agr. Mascagni Bianca**

L'azienda Agr. Mascagni Bianca manifesta la necessità di ottimizzare l'ordinamento colturale e di migliorare i livelli di fertilità dei suoli al fine di sviluppare una strategia aziendale di integrazione tra produzioni vegetali e animali.

Nel caso dell'Az. Agr. Mascagni Bianca era stato scelto, di comune accordo con l'azienda, di comparare gli effetti di due delle tipologie di letame, rispettivamente letame pellettato biologico e letame umido proveniente da allevamenti a conduzione biologica. Inoltre, era stata prevista una diversificazione colturale basata sull'inserimento in rotazione di grano tenero antico. La superficie interessata dalla sperimentazione è di 1.4 Ha.

Durante l'incontro preliminare di lunedì 22 giugno sono state rimodulate e aggiornate le condizioni e le modalità riguardanti il coinvolgimento dell'Azienda Agricola Mascagni Bianca nell'ambito del progetto DIFFER(ID19), successivamente all'approvazione di questo da parte del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

La sperimentazione interesserà un totale di 2.1 ha, di cui 0.7 ha utilizzati come controllo. La rotazione colturale discussa durante l'incontro prevede l'alternanza di Frumento Tenero Var. antica (*Triticum aestivum*), Favino (*Vicia faba* var. minor) e Frumento duro Var. Senatore Cappelli (*Triticum durum*).

Schematizzando la rotazione è così composta:

- Frumento Tenero
- Favino
- Frumento duro

Le tesi previste per le diverse prove di fertilizzazione sono:

- Controllo senza letame (Ct)
- Letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica (OrMa)
- Letame pellettato biologico (PeMa)

Tabella 2 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nell'Azienda Agricola Mascagni Bianca

	Gen	- Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2020/ 2021	Frumento Tenero		OrMa dose 300 qli/ha	SN	PeMa dose 15 qli/ha + FT		Frumento Tenero
2021/ 2022	Frumento Tenero		OrMa dose 300 qli/ha	SN	PeMa dose 15 qli/ha + FA		Favino da granella
2022/ 2023	Favino da granella		OrMa dose 300 qli/ha	SN	PeMa dose 15 qli/ha + FD		Frumento Duro

Legenda: SN: suolo nudo; OrMa: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica; PeMa: letame pellettato biologico

**Test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 3.3) e sperimentazione in aziende pilota di test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 5.3)**

Tramite Task 3.3, verranno selezionati e validati test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità dei suoli. Infatti, sono disponibili alcuni metodi speditivi (test della vanga, conta dei lombrichi, utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori, test di penetrometria), attraverso i quali è possibile indagare più sinteticamente la fertilità del suolo e che possono facilmente essere applicabili direttamente in azienda.

Il test della vanga (Peigne et al., 2016) permette di attribuire un punteggio attraverso l'analisi visiva dello stato di aggregazione del suolo, contemporaneamente alla conta di radici e presenza di macrofauna.

Simultaneamente a questo test può essere effettuata anche la conta e il riconoscimento dei lombrichi. Questi organismi terricoli sono molto sensibili alla gestione del suolo sia per lavorazioni, sia per utilizzo di agro-farmaci o fertilizzanti chimici e liquami, rotazioni, pacciamature, salinizzazione e compattazione dei suoli (Paoletti et al., 2013). Verranno valutati numerosità, stadio di sviluppo e categoria ecologica degli individui così da descrivere le popolazioni presenti nei terreni oggetto di sperimentazione. Lo stesso verrà fatto per quanto riguarda l'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori (Bàrberi et al., 2018) e la penetrometria, ovvero la misura della resistenza alla penetrazione.

Il task 5.3 partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nel Task 3.3 e testerà in ciascuna delle aziende pilota i protocolli del test della vanga,



del campionamento dei lombrichi, della resistenza alla penetrazione e dell'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori.

Per quanto riguarda l'Azienda Agricola Mascagni Bianca, negli appezzamenti coinvolti nella sperimentazione, ogni anno verranno effettuati i suddetti test speditivi, come riportato in Tabella 3.

A partire dalla fine del mese di Febbraio verrà effettuato un campionamento rivolto alla valutazione della fertilità biologica, utilizzando la presenza di lombrichi come bioindicatore; in concomitanza verrà valutata la resistenza alla penetrazione e sarà effettuato il test della vanga. Qualora le condizioni pedoclimatiche non consentano la valutazione dei suddetti test speditivi durante la primavera, sarà possibile effettuarli anche nei mesi di Ottobre e Novembre, come consigliato dal protocollo "Handbook of Methods - A compilation of field and laboratory methods for the use within the project FERTIL CROP adapted from TILMAN-Org".

Nei mesi di Aprile, Maggio e Giugno verranno campionate le erbe infestanti come bioindicatori ed infine sarà valutata la produttività delle diverse parcelle sperimentali durante la raccolta delle colture oggetto di sperimentazione.

Tabella 3 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Mascagni Bianca

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu.	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Lombrichi												
Test della Vanga												
Resistenza alla penetrazione												
Infestanti												
Produttività												



## Ricerca in Azienda Agr. Montepaldi

L'azienda Agr. Montepaldi manifesta la necessità di ottimizzare l'ordinamento colturale e di migliorare i livelli di fertilità dei suoli al fine di sviluppare una strategia aziendale di integrazione tra produzioni vegetali e animali.

Nel caso dell'Az. Agr. Montepaldi era stato scelto di sperimentare gli effetti delle 4 tipologie di letame, rispettivamente letame pellettato, letame biologico, letame biologico addizionato con preparati biodinamici e letame biodinamico.

Durante l'incontro preliminare di lunedì 8 giugno sono state rimodulate e aggiornate le condizioni e le modalità riguardanti la partecipazione dell'Azienda nell'ambito del progetto DIFFER(ID19), successivamente all'approvazione di questo da parte del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

La rotazione colturale discussa durante l'incontro prevede l'alternanza di Frumento Tenero Var antica (*Triticum aestivum*), Trifoglio alessandrino da seme (*Trifolium alexandrinum*), erba medica da seme (*Medicago sativa*) e Farro (*Triticum dicoccon*).

Schematizzando la rotazione è così composta:

- Trifoglio alessandrino
- Frumento Tenero
- Farro
- Erba medica

La sperimentazione interesserà un totale di circa 1 ha, come riportato in Figura 6. Gli appezzamenti dedicati alla sperimentazione saranno il campo 3 e il campo 7 del dispositivo sperimentale MoLTE("MoLTE," n.d.).

Le cinque tesi previste per le diverse prove di fertilizzazione per i tre anni di sperimentazione sono:

- Controllo senza letame (Ct)
- Letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica (OrMa)
- Letame umido proveniente da allevamenti a conduzione biologica, addizionato con preparati biodinamici (BaMa)
- Letame biodinamico (BdMa)
- Letame pellettato biologico (PeMa)

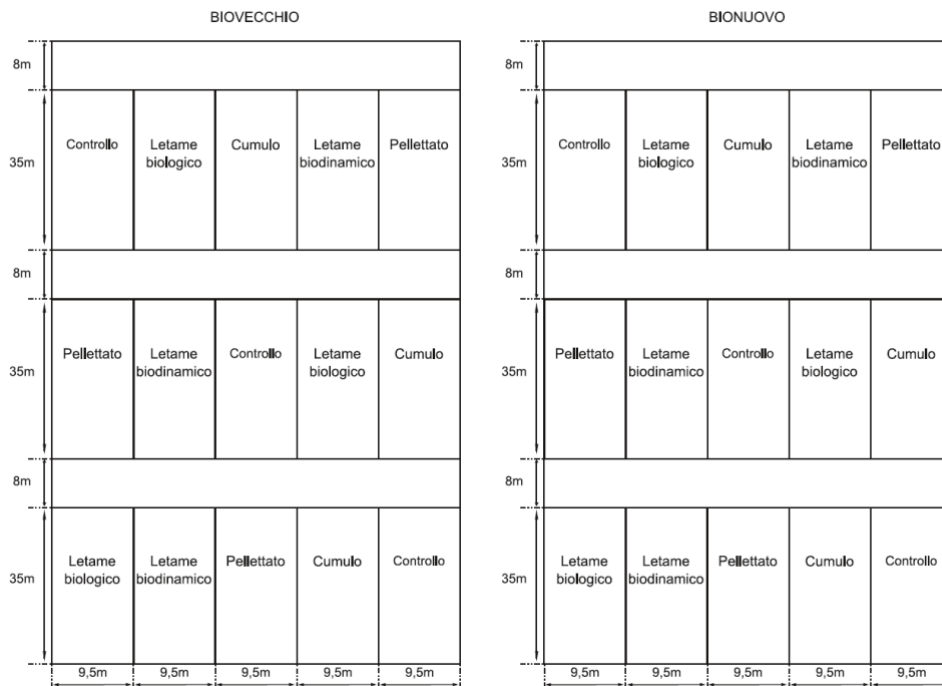


Figura 6 Disegno sperimentale presso l'Azienda Agricola Montepaldi. Note: Biovecchio: sistema biologico stabile - dal 1991 è condotto secondo il metodo dell'agricoltura biologica secondo il Reg. CE 2092/91 e successivo Reg. 834/08. Bionuovo: sistema biologico nuovo - condotto secondo il metodo dell'agricoltura integrata (reg CE 2078/92) dal 1991 al 2000 e nel 2001 convertito all'agricoltura biologica.

Tabella 4 Rotazione prevista nei tre anni nell'Azienda Agricola Montepaldi

	Gen	-	Mar	Apr	-	Lug	Ago.	Set	Ott	-	Dic
2020/ 2021	Farro		Farro		OrMa - PeMa BdMa - BdMa		SN	Frumento Tenero			
2021/ 2022	Frumento Tenero		Frumento Tenero		OrMa - PeMa BdMa - BdMa		Suolo Nudo				
2022/ 2023	Suolo Nudo		Erba Medica		Erba Medica		Erba Medica				

Legenda: SN: suolo nudo;

Dosi:

- OrMa: 300 q.li/ha
- PeMa: 15 q.li/ha
- BdMa: 80 q.li/ha
- BdMa: 80 q.li/ha

***Test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 3.3) e sperimentazione in aziende pilota di test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 5.3)***

Tramite Task 3.3, verranno selezionati e validati test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità dei suoli. Infatti, sono disponibili alcuni metodi speditivi (test della vanga, conta dei lombrichi, utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori, test di penetrometria), attraverso i quali è possibile indagare più sinteticamente la fertilità del suolo e che possono facilmente essere applicabili direttamente in azienda.

Il test della vanga (Peigne et al., 2016) permette di attribuire un punteggio attraverso l'analisi visiva dello stato di aggregazione del suolo, contemporaneamente alla conta di radici e presenza di macrofauna.

Simultaneamente a questo test può essere effettuata anche la conta e il riconoscimento dei lombrichi. Questi organismi terricoli sono molto sensibili alla gestione del suolo sia per lavorazioni, sia per utilizzo di agro-farmaci o fertilizzanti chimici e liquami, rotazioni, pacciamature, salinizzazione e compattazione dei suoli (Paoletti et al., 2013). Verranno valutati numerosità, stadio di sviluppo e categoria ecologica degli individui così da descrivere le popolazioni presenti nei terreni oggetto di sperimentazione. Lo stesso verrà fatto per quanto riguarda l'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori (Bàrberi et al., 2018) e la penetrometria, ovvero la misura della resistenza alla penetrazione.

Il task 5.3 partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nel Task 3.3 e testerà in ciascuna delle aziende pilota i protocolli del test della vanga, del campionamento dei lombrichi, della resistenza alla penetrazione e dell'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori.

Per quanto riguarda l'Azienda Agricola Montepaldi, negli appezzamenti coinvolti nella sperimentazione, ogni anno verranno effettuati i suddetti test speditivi, come riportato in Tabella 4.

Tabella 5 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Montepaldi

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Lombrichi			■	■	■							
Test della Vanga			■	■	■							
Resistenza alla penetrazione			■	■	■							
Infestanti				■	■	■						
Produttività							■					

A partire dalla fine del mese di Febbraio verrà effettuato un campionamento rivolto alla valutazione della fertilità biologica, utilizzando la presenza di lombrichi come bioindicatore; in concomitanza verrà valutata la resistenza alla penetrazione e sarà effettuato il test della vanga. Qualora le condizioni pedoclimatiche non consentano la valutazione dei suddetti test speditivi durante la primavera, sarà possibile effettuarli anche nei mesi di Ottobre e Novembre, come consigliato dal protocollo “Handbook of Methods - A compilation of field and laboratory methods for the use within the project FERTIL CROP adapted from TILMAN-Org”.

Nei mesi di Aprile, Maggio e Giugno verranno campionate le erbe infestanti come bioindicatori ed infine sarà valutata la produttività delle diverse parcelle sperimentali durante la raccolta delle colture oggetto di sperimentazione.

## **Ricerca in Azienda Agr. Forte Soc. Semplice**

L'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice manifesta la necessità di ottimizzare l'ordinamento colturale e di migliorare i livelli di fertilità dei suoli al fine di sviluppare una strategia aziendale di integrazione tra produzioni vegetali e animali. Nel caso dell'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice era scelto, di comune accordo con l'azienda, di sperimentare una diversificazione colturale basata sull'inserimento di sovescio intercalare + miglio e grano tenero antico.

Durante l'incontro preliminare di lunedì 22 giugno sono state rimodulate e aggiornate le condizioni e le modalità riguardanti la partecipazione dell'Azienda nell'ambito del progetto DIFFER(ID19), successivamente all'approvazione di questo da parte del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

L'Azienda ha dato disponibilità di una superficie di 3,8 ha, con possibilità di incremento di 1,9 ha da utilizzare come parcella di controllo. I campi sui quali insisterà la sperimentazione sono stati individuati dai tecnici aziendali, i quali hanno proposto la scelta tra gli appezzamenti denominati Campo 9 e Campo 11.

La rotazione colturale discussa durante l'incontro è quella che viene normalmente adottata in azienda, che prevede l'alternanza di Favino (*Vicia faba* var. minor), Frumento duro Var. Senatore Cappelli (*Triticum durum*) e Trifoglio Alessandrino da seme (*Trifolium alexandrinum*), con un sovescio intercalare estivo interposto tra Favino e Frumento composto da Sorgho sudanese (*Sorghum bicolor* spp. sudanese) e Panico (*Panicum virgatum*).

Schematizzando la rotazione è così composta:

- Favino da sovescio
- Sovescio estivo (Sorgho+Panico)
- Frumento duro
- Trifoglio Alessandrino

L'azienda ha richiesto di poter mantenere, durante l'arco temporale della sperimentazione, le lavorazioni effettuate sui propri appezzamenti, come lavorazioni ridotte e semina su sodo. I tecnici aziendali hanno dato disponibilità nel reperire sia letame ovino da aziende limitrofe, che bovino prodotto in azienda.

Le tre tesi di fertilizzazione ipotizzate per il primo anno di sperimentazione (2020/2021) sono state:

- Controllo senza letame (Ct)
- Letame bovino compostato proveniente da allevamento aziendale, addizionato con preparati biodinamici (BaMaC)
- Letame ovino umido proveniente da allevamento aziendale e addizionato di preparato biodinamico 500P (ShMa)

In particolare, per quanto riguarda la tesi 1) “Controllo” verrà valutata la normale rotazione adotta in azienda, come riportato sopra. Durante la tesi 1) verrà valutato come strategia di fertilizzazione il favino da sovescio.

Per quanto riguarda invece la tesi 2) con letame bovino compostato, questa sarà testata prima del trifoglio alessandrino e prima del sorgo sudanese. Dalla rotazione sarà escluso il favino da sovescio.

In fine, per quanto riguarda la tesi 3) con letame ovino addizionato di preparato biodinamico 500P si testerà la letamazione prima del trifoglio alessandrino e prima del sorgo sudanese. Dalla rotazione sarà escluso il favino da sovescio.

Di seguito si riporta in tabella la proposta di schema di rotazione e relativa letamazione per gli anni 2020-2023:

*Tabella 6 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 1 con favino (controllo) nella Azienda Agricola Podere Forte*

	Gen	-	Apr	Mag	-	Lug	Ago	Set	Ott	-	Dic
2020/2021	Trifoglio			Trifoglio			Suolo Nudo		Favino		
2021/2022	Favino			Sorgo Sudanese da sovescio			Sorgo Sudanese da sovescio		Frumento Duro		
2022/2023	Frumento Duro			Frumento Duro			Suolo Nudo		Trifoglio		



Tabella 7 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 2 con letame bovino compostato nella Azienda Agricola Podere Forte

	Gen	Feb	Mar	-	Lug	Ago	Set	Ott	-	Dic
2020/ 2021	Frumento Duro		Frumento Duro			BaMaC 100q.li/ha	SN	Trifoglio		
2021/ 2022	Trifoglio		Trifoglio			Suolo Nudo		Suolo Nudo		
2022/ 2023	SN	BaMaC 100q.li/ha	Sorgo Sudanese da sovescio			Sorgo Sudanese da sovescio		Frumento Duro		

Legenda: SN: suolo nudo; BaMaC: Letame bovino compostato proveniente da allevamento aziendale, addizionato con preparati biodinamici;

Tabella 8 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 3 con letame ovino addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte

	Gen	Feb	Mar	-	Lug	Ago	Set	Ott	-	Dic
2020/ 2021	Frumento Duro		Frumento Duro			ShMa 30q.li/ha	SN	Trifoglio		
2021/ 2022	Trifoglio		Trifoglio			Suolo Nudo		Suolo Nudo		
2022/ 2023	SN	ShMa 50q.li/ha	Sorgo Sudanese da sovescio			Sorgo Sudanese da sovescio		Frumento Duro		

Legenda: SN: suolo nudo; ShMa: Letame ovino umido proveniente da allevamento aziendale e addizionato di preparato biodinamico 500P

NOTA: Il favino è sconsigliato quando si passa a una rotazione in cui sono presenti letamazioni. Detto questo, qualora si ritenga che lasciare il suolo nudo (SN) sia pratica non adeguata, il favino potrebbe essere sostituito da erbaio misto da sovescio (ad esempio avena + favino/veccia + lino) oppure da un erbaio da sfalcio per alimentazione del bestiame (uno sfalcio solo a marzo/aprile dell'anno in corso).

NOTA: le dosi a ettaro di letame sono state calcolate per il rispetto di quanto affermato dai tecnici durante la riunione, in cui erano stati previsti limiti DEMETER di 40 unità di N e 35 unità di P.

Dal secondo anno in poi (2021/2022-2022/2023) potrà essere introdotta una quarta tesi in più rispetto alle tre già in atto il primo anno ovvero:

Letame ovino compostato addizionato di preparato biodinamico 500P (ShMaC)

Tabella 9 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 4 con letame ovino compostato addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte

	Gen	Feb	Mar	-	Lug	Ago	Set	Ott	-	Dic
2020/ 2021	Frumento Duro		Frumento Duro			ShMaC 30q.li/ha	SN	Trifoglio		
2021/ 2022	Trifoglio		Trifoglio			Suolo Nudo		Suolo Nudo		
2022/ 2023	SN	ShMaC 50q.li/ha	Sorgo Sudanese da sovescio			Sorgo Sudanese da sovescio		Frumento Duro		

Legenda: SN: suolo nudo; ShMaC: Letame ovino compostato proveniente da allevamento aziendale e addizionato di preparato biodinamico 500P

Infine, una delle opzioni proposte durante l'incontro da poter tenere in considerazione è quella dell'utilizzo di Canapa del Bengala (*Crotalaria juncea*) al posto del sorgo sudanese come sovescio estivo.

**Test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 3.3) e sperimentazione in aziende pilota di test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 5.3)**

Tramite Task 3.3, verranno selezionati e validati test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità dei suoli. Infatti, sono disponibili alcuni metodi speditivi (test della vanga, conta dei lombrichi, utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori, test di penetrometria), attraverso i quali è possibile indagare più sinteticamente la fertilità del suolo e che possono facilmente essere applicabili direttamente in azienda.

Il test della vanga (Peigne et al., 2016) permette di attribuire un punteggio attraverso l'analisi visiva dello stato di aggregazione del suolo, contemporaneamente alla conta di radici e presenza di macrofauna.

Simultaneamente a questo test può essere effettuata anche la conta e il riconoscimento dei lombrichi. Questi organismi terricoli sono molto sensibili alla gestione del suolo sia per lavorazioni, sia per utilizzo di agro-farmaci o fertilizzanti chimici e liquami, rotazioni, pacciamature, salinizzazione e compattazione dei suoli (Paoletti et al., 2013). Verranno valutati numerosità, stadio di sviluppo e categoria ecologica degli individui così da descrivere le popolazioni presenti nei terreni oggetto di sperimentazione. Lo stesso verrà fatto

per quanto riguarda l'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori (Bàrberi et al., 2018) e la penetrometria, ovvero la misura della resistenza alla penetrazione.

Il task 5.3 partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nel Task 3.3 e testerà in ciascuna delle aziende pilota i protocolli del test della vanga, del campionamento dei lombrichi, della resistenza alla penetrazione e dell'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori.

Per quanto riguarda l'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice, negli appezzamenti coinvolti nella sperimentazione, ogni anno verranno effettuati i suddetti test speditivi, come riportato in Tabella 10.

Tabella 10 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Lombrichi			■	■	■							
Test della Vanga			■	■	■							
Resistenza alla penetrazione			■	■	■							
Infestanti				■	■	■						
Produttività							■					

A partire dalla fine del mese di Febbraio verrà effettuato un campionamento rivolto alla valutazione della fertilità biologica, utilizzando la presenza di lombrichi come bioindicatore; in concomitanza verrà valutata la resistenza alla penetrazione e sarà effettuato il test della vanga. Qualora le condizioni pedoclimatiche non consentano la valutazione dei suddetti test speditivi durante la primavera, sarà possibile effettuarli anche nei mesi di Ottobre e Novembre, come consigliato dal protocollo "Handbook of Methods - A compilation of field and laboratory methods for the use within the project FERTIL CROP adapted from TILMAN-Org".

Nei mesi di Aprile, Maggio e Giugno verranno campionate le erbe infestanti come bioindicatori ed infine sarà valutata la produttività delle diverse parcelle sperimentali durante la raccolta delle colture oggetto di sperimentazione.



## **Ricerca in Azienda Agr. Romualdi Tommaso**

L'Azienda Agr. Romualdi Tommaso manifesta la necessità di ottimizzare l'ordinamento colturale e di migliorare i livelli di fertilità dei suoli al fine di sviluppare una strategia aziendale di integrazione tra produzioni vegetali e animali.

Nel caso dell'Az. Agr. Romualdi Tommaso era stato scelto di comparare gli effetti di letame umido proveniente da allevamenti a conduzione biologica con e senza aggiunta di preparati biodinamici. Inoltre, era prevista una diversificazione colturale basata sull'inserimento in rotazione di grano tenero antico. La superficie interessata dalla sperimentazione era di 1.2 Ha.

Durante l'incontro preliminare di lunedì 22 giugno sono state rimodulate e aggiornate le condizioni e le modalità riguardanti la partecipazione dell'Azienda nell'ambito del progetto DIFFER(ID19), successivamente all'approvazione di questo da parte del Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali.

La sperimentazione interesserà un totale di circa 3 Ha. La rotazione colturale discussa durante l'incontro prevede, oltre l'introduzione in rotazione del frumento tenero antico, anche l'introduzione di patata con Varietà selezionate dall'Università di Firenze. Il frumento, per le caratteristiche pedoclimatiche dell'azienda, viene solitamente seminato a Febbraio.

Le due tesi previste per le diverse prove di fertilizzazione durante il primo anno di sperimentazione (2020/2021) sono:

- Controllo senza letame (Ct)
- Letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica (OrMa)

Le tre tesi previste per le diverse prove di fertilizzazione a partire dal secondo anno di sperimentazione (2021/2021-2021/2022) sono:

- Controllo senza letame (Ct)
- Letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica (OrMa)
- Letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica con aggiunta di preparati biodinamici (BaMa)

Di seguito si riporta in tabella la proposta di schema di rotazione e relativa letamazione per gli anni 2020-2023.

La rotazione colturale discussa durante l'incontro prevede l'alternanza di Mais (*Zea mays*), Favino (*Vicia faba var. minor*), Patata (*Solanum tuberosum*) e Frumento tenero Var. antiche (*Triticum aestivum*).

In particolare, si prevedono le seguenti rotazioni suddivise nei campi sperimentali messi a disposizione dall'azienda.

**Campo 1:**

La rotazione per il Campo 1 prevede: Frumento tenero Var. Gentil Rosso, Mais, Favino da sovescio, Patata

*Tabella 11 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 1 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso*

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
2020/ 2021		Frumento Tenero		Frumento Tenero			SN	OrMa dose 300 qli/ha		Suolo Nudo	
2021/ 2022	Suolo Nudo					Mais				Favino da sovescio	
2022/ 2023	Favino da sovescio			Patata			SN	OrMa dose 150 qli/ha		Suolo Nudo	

*Legenda: SN: suolo nudo; OrMa: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica;*

**Campo 2:**

La rotazione per il Campo 2 prevede: Patata, Frumento tenero Var. antica (seminato a Febbraio), Mais, Favino da sovescio

Tabella 12 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 2 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso

	Gen	Feb	Mar	Apr	-	Lug	Ago	Set	Ott	-	Dic
2020/ 2021					Patata		SN	OrMa dose 150 qli/ha		Suolo Nudo	
2021/ 2022	SN		Frumento Tenero		Frumento Tenero		SN	OrMa dose 300 qli/ha		Suolo Nudo	
2022/ 2023		Suolo Nudo			Mais		Mais			Favino	

Legenda: SN: suolo nudo; OrMa: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica;

### Campo 3:

La rotazione per il Campo 3 prevede: Girasole, Favino da sovescio, Patata, Frumento tenero Var. antica (seminato a Febbraio)

Tabella 13 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 3 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso

	Gen	Feb	Mar	Apr	-	Lug	Ago	Set	Ott	-	Dic
2020/ 2021					Girasole		Girasole			Favino da sovescio	
2021/ 2022	Favino da sovescio				Patata		SN	OrMa dose 150 qli/ha		Suolo Nudo	
2022/ 2023	SN	Frumento Tenero		Frumento Tenero			SN	OrMa dose 300 qli/ha		Suolo Nudo	

Legenda: SN: suolo nudo; OrMa: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica;

A partire dal secondo anno sarà introdotta la terza tesi di fertilizzazione che prevede l'utilizzo di Letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica con aggiunta di preparati biodinamici (BaMa) distribuito sempre nel mese di Settembre insieme al letame bovino umido (OrMa) ma a dosi ridotte sia sul frumento tenero che sul mais, ovvero 40-80 q.li/ha.

***Test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 3.3) e sperimentazione in aziende pilota di test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità (Task 5.3)***

Tramite Task 3.3, verranno selezionati e validati test speditivi di campo e bioindicatori per la valutazione della fertilità dei suoli. Infatti, sono disponibili alcuni metodi speditivi (test della vanga, conta dei lombrichi, utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori, test di penetrometria), attraverso i quali è possibile indagare più sinteticamente la fertilità del suolo e che possono facilmente essere applicabili direttamente in azienda.

Il test della vanga (Peigne et al., 2016) permette di attribuire un punteggio attraverso l'analisi visiva dello stato di aggregazione del suolo, contemporaneamente alla conta di radici e presenza di macrofauna.

Simultaneamente a questo test può essere effettuata anche la conta e il riconoscimento dei lombrichi. Questi organismi terricoli sono molto sensibili alla gestione del suolo sia per lavorazioni, sia per utilizzo di agro-farmaci o fertilizzanti chimici e liquami, rotazioni, pacciamature, salinizzazione e compattazione dei suoli (Paoletti et al., 2013). Verranno valutati numerosità, stadio di sviluppo e categoria ecologica degli individui così da descrivere le popolazioni presenti nei terreni oggetto di sperimentazione. Lo stesso verrà fatto per quanto riguarda l'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori (Bàrberi et al., 2018) e la penetrometria, ovvero la misura della resistenza alla penetrazione.

Il task 5.3 partirà dalla base di conoscenze offerta dai risultati acquisiti nel Task 3.3 e testerà in ciascuna delle aziende pilota i protocolli del test della vanga, del campionamento dei lombrichi, della resistenza alla penetrazione e dell'utilizzo di erbe infestanti come bioindicatori.

Per quanto riguarda l'Azienda Agr. Romualdi Tommaso, negli appezzamenti coinvolti nella sperimentazione, ogni anno verranno effettuati i suddetti test speditivi, come riportato in Tabella 14.



Tabella 14 Test speditivi presso l'Azienda Agr. Romualdi Tommaso

	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Lombrichi			■	■	■	■						
Test della Vanga			■	■	■	■						
Resistenza alla penetrazione			■	■	■	■						
Infestanti				■	■	■	■					
Produttività							■					

A partire dalla fine del mese di Febbraio verrà effettuato un campionamento rivolto alla valutazione della fertilità biologica, utilizzando la presenza di lombrichi come bioindicatore; in concomitanza verrà valutata la resistenza alla penetrazione e sarà effettuato il test della vanga. Qualora le condizioni pedoclimatiche non consentano la valutazione dei suddetti test speditivi durante la primavera, sarà possibile effettuarli anche nei mesi di Ottobre e Novembre, come consigliato dal protocollo “Handbook of Methods - A compilation of field and laboratory methods for the use within the project FERTIL CROP adapted from TILMAN-Org”.

Nei mesi di Aprile, Maggio e Giugno verranno campionate le erbe infestanti come bioindicatori ed infine sarà valutata la produttività delle diverse parcelle sperimentali durante la raccolta delle colture oggetto di sperimentazione.



**CRONOPROGRAMMA DEI WORKSHOP  
PIANIFICATI NELLE AZIENDE  
(ALLEGATO 2)**



## Cronoprogramma dei workshop pianificati nelle aziende

Tabella 15 Cronoprogramma dei seminari previsti nel Task 5.1

<b>Titolo</b>	<b>Sede</b>	<b>Date previste</b>
Pratiche agroecologiche per la conservazione del suolo e misure di <i>cross-compliance</i> della Politica Agricola Comunitaria	Biodistretto del Chianti, Castellina in Chianti (Siena) Toscana	Dicembre 2020
Modelli di gestione sistemica in un'azienda biodinamica agro-zoo-forestale.	Az. Agr. Podere Forte - Toscana	Gennaio 2021
Una review sulla ricerca scientifica in agricoltura biodinamica. Il contributo della sperimentazione dell'azienda agricola universitaria Montepaldi.	Az. Agr. Montepaldi - Toscana	Marzo 2021
Biodiversità, fertilità e resilienza nella gestione dei grani antichi secondo il metodo biodinamico.	Az. Agr. L'Orto del Vicino - Toscana	Maggio 2021
Biodiversità, fertilità e resilienza nella gestione dei grani antichi secondo il metodo biodinamico.	Coop Vitulia - Calabria	Inverno 2020-2021
Biodiversità, fertilità e resilienza nella gestione dei grani antichi secondo il metodo biodinamico.	Az. Agr. Pasquale Amico – Campania	Inverno 2020-2021
Biodiversità, fertilità e resilienza nella gestione dell'oliveto secondo il metodo biodinamico	Az. Agr. Amico Bio - Campania	Inverno 2020-2021



**LINEE GUIDA PER L'IMPLEMENTAZIONE  
DELLE PRATICHE AGROECOLOGICHE  
NEI SISTEMI AGRO-ZOO-FORESTALI  
DELLA COLLINA INTERNA APPENNINICA  
(ALLEGATO 3)**





## **INDICE**

### ***Introduzione alle pratiche agroecologiche***

#### ***Pratiche agroecologiche a disposizione dell'agricoltore nel breve periodo***

##### ***Scelta varietale in base al contesto pedo-climatico***

- Consociazioni sequenziali e utilizzo di miscugli di cultivar
- Colture di copertura e sovescio
- Fertilizzazione organica e bio-fertilizzanti
- Irrigazione localizzata
- Utilizzo di fitofarmaci di origine naturale
- Impiego di antagonisti biologici
- Introduzione di insetti utili nell'agroecosistema per il controllo biologico

#### ***Pratiche agroecologiche a disposizione dell'agricoltore nel medio periodo***

##### ***Rotazioni colturali diversificate***

- Consociazioni a strisce
- Semina diretta su pacciamature vive
- Incremento della biodiversità erbacea per favorire controllo biologico e impollinazione
- Impiego di specie allelopatiche e strategie push and pull
- Lavorazione ridotta del terreno

#### ***Pratiche agroecologiche a disposizione dell'agricoltore nel lungo periodo***

##### ***Agroforestazione***


- Integrazione di prati-pascolo semi-naturali all'interno di sistemi agro-zootecnici
- Integrazione di infrastrutture ecologiche per il controllo dell'erosione
- Integrazione di infrastrutture ecologiche per favorire controllo biologico e impollinazione
- Semina su sodo

### ***Conclusioni***

### ***Bibliografia***

## Allegato 3A

*Firme del meeting preliminare di progetto svolto in data 12/02/2020*

 Meeting preliminare progetto DIFFER Diversità, Fertilità e Resilienza in Sistemi Agro-Zoo-Forestali Sostenibili				
Data: 12/02/2020		Luogo: Università degli Studi di Firenze - Italy		
	Nome e Cognome	Istituto di appartenenza	E-mail	Firma
1	GINERAVIRGINIA LOMBARDI	DISEI - UNIFI	g.lombardi@unifi.it	<i>G. Lombardi</i>
2	OSORIO PIATTANI	DAGRI - UNIFI	ospiattani@unifi.it	<i>Osorio Piattani</i>
3	CARLA CAMPA VALENTINA	PER ASS. PER L'AGR. BD	valentina.vigini@apab.it	<i>Valentina Carla Campa</i>
4	ELISABETTA BUTELLI	DAGRI UNIFI	elidote.butelli@unifi.it	<i>Elisabetta Butelli</i>
5	GAIO CESARE PACINI	DAGRI - UNIFI	g.cesare.pacini@unifi.it	<i>G. Pacini</i>
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				

**EXTENDED SUMMARIES  
DI QUATTRO TESI DI LAUREA  
(ALLEGATO 4)**



## **Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Andrea Alexandra Cannarozzo.**

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

#### ***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 confronto 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, ("MoLTE," n.d.)) 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:

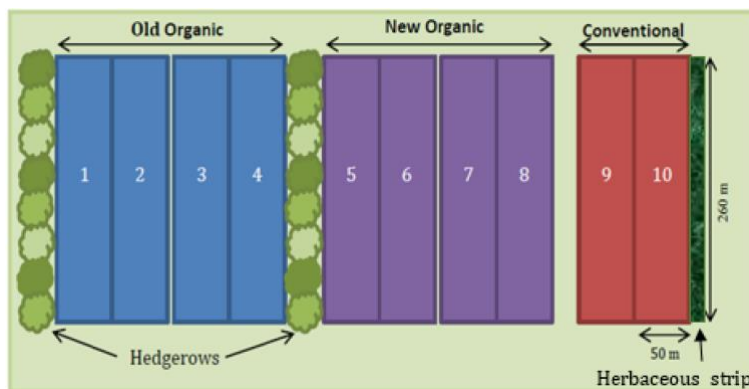


Figura 7 Schema della disposizione dei campi del sito sperimentale

- 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 spontanea*

Per l'analisi delle specie erbacee si utilizza il metodo floristico-statistico di Braun-Blanquet, tradizionalmente impiegato per descrivere la struttura della vegetazione e che si basa sullo studio delle associazioni vegetali.

Lo strumento di analisi delle associazioni vegetali è il rilievo fitosociologico, che prevede i seguenti passaggi:

- l'individuazione di un'area omogenea, in base a criteri fisiografici e paesaggistici, che costituisca un campione rappresentativo della vegetazione da studiare. L'area deve avere estensione di 50 metri quadri con almeno tre ripetizioni.
- Compilazione di una scheda riportante le percentuali di copertura vegetazionale per ciascuna fascia d'altezza considerata.
- Stesura di un elenco floristico per ogni fascia.
- Determinazione del coefficiente di abbondanza/dominanza relativa a ciascuna delle specie individuate e conversione ai corrispettivi valori numerici attraverso la consultazione della apposita scala, di seguito riportata.

Essa si esprime in 7 valori:

- **5** - specie ricoprenti > 80% della superficie del rilievo
- **4** - " " da 50% a 80% " "
- **3** - " " da 25% a 50% " "

- **2** - specie abbondante con ricoprimento  $< 25\%$  ma  $> 5\%$
- **1** - specie abbondanti con copertura  $< 5\%$
- **+** - specie presente con ricoprimento molto scarso
- **r** - specie presente con 1 solo individuo o 2 con ricoprimento molto scarso

I dati ottenuti possono essere utilizzati come descrittore sintetico della comunità vegetale dell'area o essere ulteriormente elaborati (es. tramite *cluster analysis* o altre metodiche statistiche).

#### *Metodo di studio della fauna*

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).

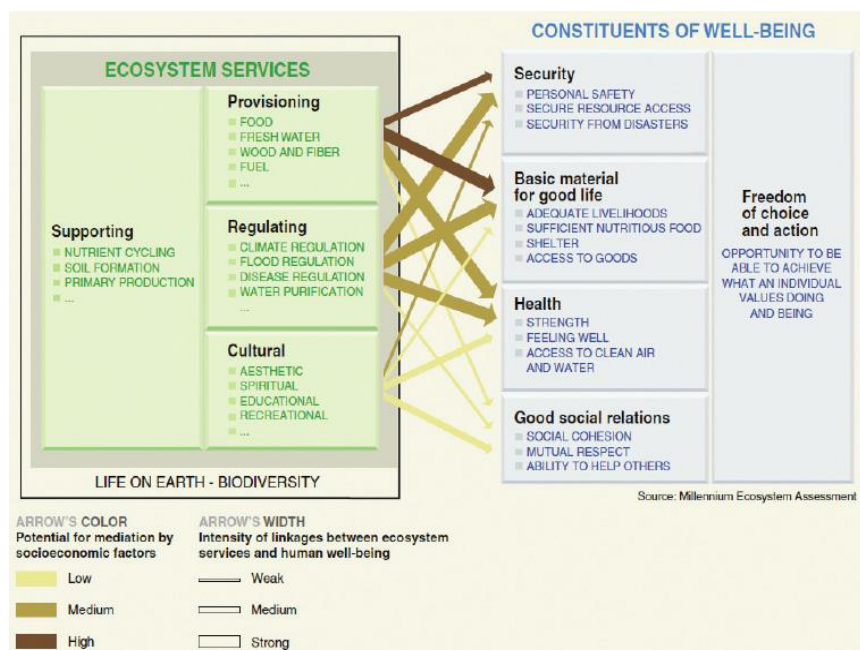


Figura 8 Servizi ecosistemici forniti dalla natura e dall'agricoltura (MEA).

Come emerso dal Millennium Ecosystem Assessment (2005) e visibile in figura 1, 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 2, 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.

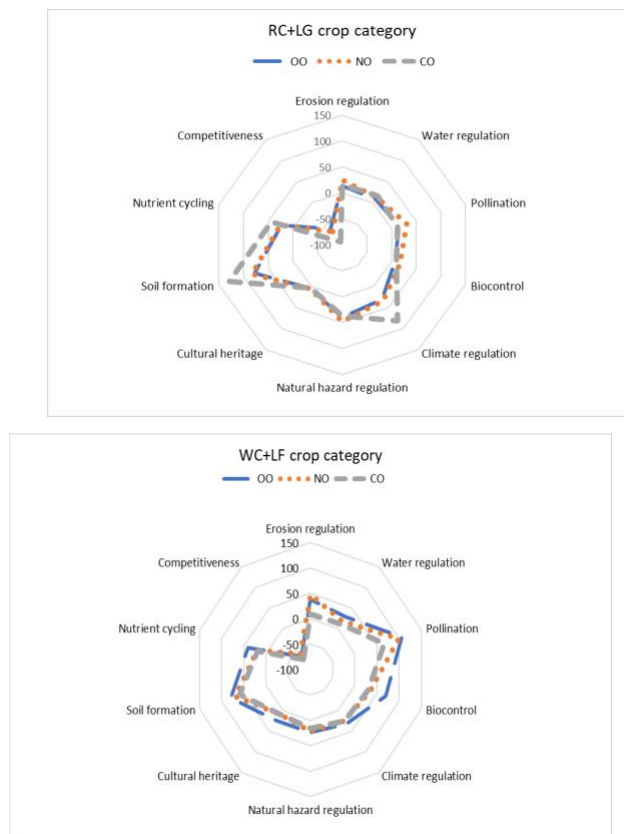


Figura 9 I servizi ecosistemici delle comunità rappresentative di specie spontanee nelle due categorie: colture invernali + leguminose per il foraggio (WC+LF) e colture a strisce + leguminose (RC+LG) nei tre agroecosistemi (OO, NO e CO) (Gaifami et al., n.d.)

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

- *Papaver roheas*, *Equisetum arvensis* e *Daucus carota* per quelli culturali,
- *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,
- *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 Tabella 16, 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 (Gaifami and Pacini, 2017).

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* (Gaifami and Pacini, 2017).

Tabella 16 Risultati dell'analisi SIMPER (Gaifami and Pacini, 2017).

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 ederifolia</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 ederifolia</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>Poligonum 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	98.6
<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

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**

L'utilizzo di gestioni più vicine possibili ai modelli ecologici naturali, come quelli multifunzionali in cui viene data maggiore importanza al mantenimento della biodiversità, permette di sfruttare in modo più efficiente le componenti stesse dell'agroecosistema, riducendo gli input esterni e godendo di maggiore sostenibilità.

## **Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Tatiana Ercoli.**

### ***Campionamento delle formiche***

Il ruolo delle formiche come bioindicatori in un esperimento biologico di lungo termine.

### ***Introduzione***

Le formiche sono insetti sociali evolutosi a partire dal Cretaceo. Appartengono all'ordine degli Imenotteri, famiglia Formicide e attualmente sono conosciute 16 famiglie, 296 generi e 15000 specie differenti (Folgarait, 1998).

Le formiche sono insetti eusociali, ovvero vivono in colonie dove solo pochi individui hanno capacità riproduttive. Alla base della funzionalità di ogni comunità vi è la formazione e la corretta strutturazione della colonia ed in particolare delle relazioni che si intersecano al suo interno. Le formiche si organizzano infatti in un sistema di caste sociali fortemente specializzato, in cui ogni membro della colonia assolve ad una particolare funzione (Hölldobler and Wilson, 1990).

In generale una colonia di formiche è composta da regine, operaie e maschi: le regine, salvo rare eccezioni come nel caso del genere *Cataglyphis*, sono le uniche femmine della colonia in grado di riprodursi, il loro compito è infatti quello di assicurare la nascita di nuove operaie, maschi e delle future regine. Generalmente le colonie sono di tipo monoginico in quanto in esse è presente una sola regina, la sua presenza inibisce quindi la nascita di nuove regine e per tale motivo alla sua morte la colonia sarà destinata a scomparire. Esse si sviluppano dalle stesse uova che danno vita alle operaie, ma a differenziare le une dalle altre è la quantità di nutrienti e la temperatura a cui è sottoposta la larva della futura regina (Lebas et al., 2019).

Le operaie invece sono femmine sterili le quali hanno il compito di curare le uova ed i primi stadi di sviluppo (larve e pupe) dei nuovi individui, procacciare il cibo per tutti i membri della colonia ed infine proteggere il nido. Le operaie infatti sono dotate di ovari funzionanti ma l'impossibilità di essere fecondate le

rende inidonee alla riproduzione sessuata, per tale motivo esse depongono uova non fecondate dalle quali possono nascere solo individui maschi.

Infine i maschi sono gli individui preposti alla riproduzione che insieme alle regine daranno vita alle nuove regine ma anche alle operaie. L'accoppiamento avviene in volo mediante il cosiddetto "volo nuziale" o sciamatura, il quale può verificarsi dalla primavera all'autunno. Le regine ed i maschi fertili non ancora accoppiatisi sono infatti gli unici individui della colonia provvisti di ali ed usciranno dal nido esclusivamente per l'accoppiamento. Generalmente avviene un processo di sincronizzazione tra la sciamatura delle diverse colonie della medesima specie, così da permettere l'incrocio tra individui appartenenti a comunità differenti riducendo i rischi dovuti alla consanguineità.

Nonostante la regina possa accoppiarsi con più maschi, essa può essere fecondata da un solo individuo e ne conserva lo sperma per tutto il ciclo vitale all'interno di una spermateca. Generalmente immediatamente dopo l'atto riproduttivo il maschio muore, mentre la regina perde le ali e cerca nel terreno una cavità dove deporre le uova e formare una nuova colonia. Inizialmente in assenza di operaie la regina nutre le larve con uova trofiche (o non embrionate), prodotte grazie alle riserve energetiche immagazzinate nell'ingluvie prima della sciamatura, più raramente esce dal nido per procacciarsi i nutrienti (Lebas et al., 2019).

Come già detto l'organizzazione della colonia si basa su una specifica suddivisione dei compiti tra maschi, regine ed operaie dove quest'ultime assolvono alla cura della covata e della regina, al procacciamento e successivo nutrimento dei vari membri della colonia e alla protezione di quest'ultima. La suddivisione dei ruoli tra le operaie è ben definita ma in genere lo stesso individuo può assolvere a più compiti in funzione dell'età, ovvero nella fase giovanile rimarrà all'interno del nido prendendosi cura di quest'ultimo e dei suoi inquilini, divenuto adulto uscirà dal nido per assolvere alle funzioni di difesa e ricerca dei nutrienti. Infine una considerevole percentuale di operaie svolge funzione di rinforzo rimanendo all'interno del nido senza svolgere alcun ruolo, ma disponibili a sostituire le operaie che potrebbero eventualmente scomparire



a causa dell'attacco di un predatore o in seguito ad altre cause accidentali (Lebas et al., 2019).

Dato che solo pochi individui procurano il cibo per l'intera colonia, il trasferimento dei nutrienti avviene per "trofallassi". Ovvero le operaie addette al rifornimento alimentare inglobano il cibo sotto forma liquida all'interno del primo tratto dell'apparato digerente ovvero l'ingluvie (per tali ragioni conosciuto anche "come stomaco sociale") e lo condividono con i vari membri della colonia rigurgitandolo sotto forma di piccole gocce. Tale processo avviene appunto mediante la trofallassi, la quale consiste nello scambio di materiale alimentare tra un'operaia donatrice e una ricevente la quale a sua volta provvederà a trasmetterne una parte alla prole mediante la medesima operazione.

Per quanto concerne la nicchia alimentare occupata dalle formiche, la maggior parte delle specie risulta essere opportunistica. Ovvero presenta un'alimentazione piuttosto ampia caratterizzata da materiale vegetale, come essudati e semi, ma anche animale sia vivo che morto. Tuttavia alcune formiche più specializzate hanno ristretto la loro nicchia a pochi alimenti, come le specie predatrici (Lebas et al., 2019). In qualità di insetti sociali, le formiche sovente instaurano delle interazioni con organismi vegetali e animali della biosfera, tali interazioni possono essere di tipo trofico o simbiotico. Per quanto riguarda le interazioni con organismi vegetali molte specie di formiche risultano essere erbivore, ma spesso anche specie prettamente carnivore possono apprezzare il nutrimento fornito dal nettare florale e non. In altri casi invece possono instaurare dei rapporti simbiotici con organismi vegetali, le relazioni attualmente conosciute comprendono 465 piante appartenenti a 52 famiglie differenti. Relativamente alle interazioni esistenti con gli organismi animali, anche in questo caso si parla di interazioni trofiche e simbiotiche. Nel primo caso le formiche possono comportarsi sia da predatrici che da prede, possono infatti cibarsi di vari specie tra i quali le termiti, ma a causa della loro elevata abbondanza in termini numerici possono essere a loro volta predate da altri animali come cimici, alcune larve di carabidi e scarafaggi contro di cui le formiche hanno dovuto imparare a difendersi adottando molteplici strategie.

Infine relazioni simbiotiche sono state istaurate con molti organismi, in particolare artropodi (Hölldobler and Wilson, 1990).

Le formiche sono insetti sociali diffuse in tutto il globo e caratterizzate da un'elevata ricchezza di specie e biomassa prodotta, dato il numero di individui caratteristico di ogni colonia (Hölldobler and Wilson, 1990). Tali caratteristiche correlate alla loro rilevanza ecosistemica e alla capacità di tollerare le perturbazioni ambientali le rendono idonee, così come altri invertebrati, a svolgere la funzione di bioindicatori per stimare la resilienza di un ecosistema (Andersen, 1997).

A dimostrazione di ciò, le formiche sono state utilizzate con successo come bioindicatori nelle miniere di estrazione; la ricchezza di specie e la loro composizione sono state utilizzate come indicatore del successo di ripristino ambientale (Andersen, 1997).

Oltre che alla distribuzione su scala globale, la loro importanza deriva anche dalla loro capacità di occupare differenti livelli trofici, come precedentemente visto. La maggior parte di esse infatti è onnivora ed opportunista, ma alcuni generi comprendono specie predatrici e vegetariane (Blüthgen et al., 2003).

Inoltre, il loro successo come bioindicatrici è dovuto anche alla semplicità di campionamento. I vari metodi utilizzabili, sono infatti tutti caratterizzati da semplicità, rapidità ed economicità (Folgarait, 1998).

Le formiche sono spesso utilizzate come bioindicatori anche in campo agrario. Esse sono capaci di indicare il livello di perturbazione ambientale, permettendo di capire quali dinamiche di recupero possano essere applicate (Pereira et al., 2010). Spesso infatti, i piani di conservazione vengono redatti sulla base delle informazioni ottenute in loco, in particolare in base alla diversità di specie presenti e al ruolo ecologico che esse possono assumere (Hölldobler and Wilson, 1990).

La semplificazione paesaggistica determinata dall'espansione dei terreni agricoli e dall'intensificazione delle pratiche agronomiche utilizzate ha determinato sovente un'importante perdita in termini di biodiversità, sia relativamente alle specie vertebrate che a quelle invertebrate originariamente

presenti (Masoni et al., 2017). Per ottenere un'interpretazione corretta della relazione esistente tra l'uso dei suoli agrari e la risposta delle formiche in seguito alle attività agronomiche esercitate, è quindi necessario conoscere adeguatamente l'organizzazione delle comunità di questi artropodi. Ciò al fine di discernere gli impatti causati dall'attività antropica da quelli inerenti la variabilità naturale del sito oggetto di studio (Andersen, 1997).

Le pratiche agronomiche possono avere effetti rilevanti conseguenze sulla fauna edafica. Le formiche possono subire effetti diretti ed indiretti derivanti da tali perturbazioni; relativamente agli effetti diretti la prima conseguenza può essere una riduzione della densità iniziale, mentre gli effetti indiretti possono manifestarsi come una riduzione della disponibilità alimentare relativa alla diminuzione del numero di specie predate ma anche di ospiti. conseguentemente si può assistere ad una contestuale riduzione della capacità di controllo biologico dei parassiti e delle specie coltivate di cui le formiche si nutrono (Caprio et al., 2015).

Inoltre come riportato da Offenber J. (Offenberg, 2015) le formiche possono svolgere un ruolo fondamentale per la corretta applicazione di modelli agricoli, come nel caso dell'agricoltura integrata. Come già studiato alcune formiche occupano il ruolo di predatore nella catena trofica e per tale motivo possono essere efficacemente utilizzate come degli agenti di controllo dei parassiti agricoli. L'efficacia dell'azione di controllo è direttamente proporzionale alla densità degli individui presenti nel terreno agrario, essa dovrà quindi essere aumentata riducendo l'utilizzo di pesticidi ed introducendo specie vegetali che instaurano simbiosi con questi invertebrati.

### ***Materiali e metodi***

#### *Descrizione dell'area sperimentale*

Il progetto di tesi si è svolto presso i campi sperimentali del Montepaldi Long Term Experiment – MoLTE nei mesi di Giugno e Settembre 2020. Il progetto MoLTE (Montepaldi Long Term Experiment), in corso nell'azienda agricola dell'Università di Firenze è attivo dal 1991. L'azienda si trova in località Montepaldi, San Casciano Val di Pesa (FI) (Long. 11°09'08''E, Lat.

43°40'16''N) ed occupa una superficie leggermente declive di 15 ettari circa a 90 metri s.l.m.

La zona è caratterizzata da un clima sub-appenninico con precipitazioni totali di circa 800 mm annui con massimo in autunno e primavera e minimo nel periodo tra giugno-agosto. La temperatura media annuale è di 14,1°C con massima che può superare i 30°C in estate e minima nel mese di gennaio.

Dal punto di vista pedologico l'Azienda è caratterizzata da terreni evoluti da sedimenti pliocenici di tipo conglomeratici misto a lenti sabbioso e argilloso (aree declivi) e da sedimenti del fiume Pesa risalenti all'Olocene (aree pianeggianti) con caratteristiche tessiturali che li fanno rientrare nei gruppi dei "medio impasto limo-argillosi" fino al gruppo degli "argillosi" con presenza variabile di scheletro di piccole e medie dimensioni.

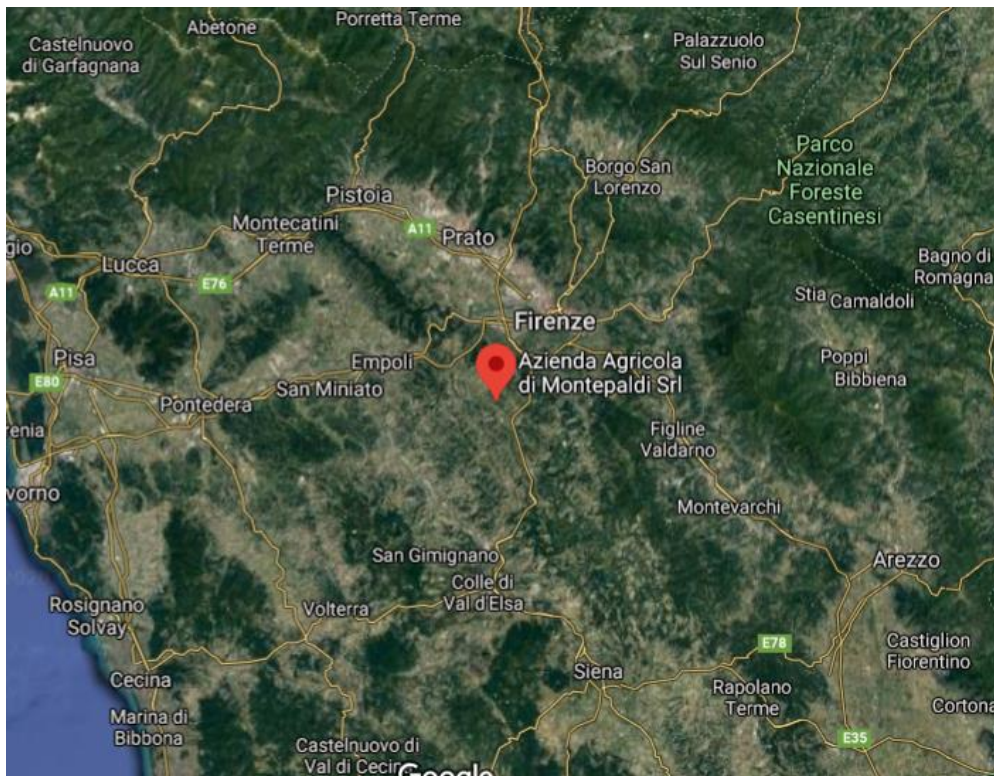


Figura 10 Localizzazione geografica dell'azienda agricola "Montepaldi s.r.l."

L'area sperimentale del MoLTE si trova nell'area pianeggiante dell'azienda, lungo il fiume Pesa. Il dispositivo sperimentale include i seguenti tre differenti agroecosistemi:

- Sistema biologico stabile (“Biovecchio”) è costituito da 4 appezzamenti rettangolari di 1.3 ha ciascuno per un totale di 5.2 ha. Dal 1991 è condotto secondo il metodo dell’agricoltura biologica, secondo il Reg. CE 2092/91 e successivo Reg. 834/08.
- Sistema biologico nuovo (“Bionuovo”) è costituito da 4 appezzamenti rettangolari di 1.3 ha ciascuno per un totale di 5.2 ha. È stato condotto secondo il metodo dell’agricoltura integrata, secondo il reg CE 2078/92, dal 1991 al 2000 e nel 2001 è stato convertito all’agricoltura biologica.
- Sistema Convenzionale, costituito da 2 appezzamenti rettangolari di 1.3 ha ciascuno, per un totale di 2.6 ha. Questo è stato condotto secondo il metodo dell’agricoltura convenzionale dal 1991 ad oggi.

Gli appezzamenti condotti secondo l’agricoltura biologica del dispositivo sperimentale MoLTE (OO e NO) seguono una rotazione quadriennale che prevede per l’annata agraria 2020-2021 le seguenti colture: trifoglio alessandrino da seme Var. Alex, grano tenero antico Var. Andriolo, Farro, erba medica da seme Var. Maraviglia. Negli appezzamenti condotti secondo l’agricoltura convenzionale invece è stata seminata erba medica da seme.



Figura 11 I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE)





Figura 12 Veduta panoramica del sito sperimentale

### **Progetto di tesi**

Il progetto di tesi si è svolto su tutti e tre i sistemi del dispositivo sperimentale MoLTE e sul prato stabile posto nord dell’appezzamento “Bio nuovo” ed utilizzato come controllo.

In particolare i campi presi in considerazione per la sperimentazione sono stati l’appezzamento n.1 (OO) e l’appezzamento 5 (NO) seminati a trifoglio e l’appezzamento 2 (OO) e l’appezzamento 6 (NO) condotti a grano tenero antico. Per quanto riguarda il convenzionale sono stati presi in considerazione gli appezzamenti 9 e 10 seminati ad erba medica.

La valutazione delle comunità di formiche presenti in sito è stata effettuata ponendo negli appezzamenti oggetto di studio trappole a caduta (*Pitfall traps*) come quella illustrata in Figura 13. Per costituire le trappole, sono stati utilizzati bicchieri monouso in plastica, della capacità di 250 ml, così da permettere la cattura di formiche e artropodi di vari dimensioni.



Figura 13 Esempio di trappola a caduta installata in un appezzamento dei campi sperimentali.

Ogni trappola prevede l'utilizzo di due bicchieri monouso. Il primo bicchiere è stato posizionato nel terreno e costituisce la base della trappola, che non è stata rimossa fino al termine della sperimentazione. Il secondo bicchiere è stato posizionato sopra al primo, e riempito con 150 ml di soluzione idroalcolica diluita al 50% e glicerina per permettere la cattura degli artropodi. La funzione dell'alcool è stata quella di attirare gli artropodi e permetterne la conservazione. Al termine di ogni sessione di trappolaggio il secondo bicchiere è stato svuotato del suo contenuto e riposizionato in loco. Ogni sessione ha avuto una durata di 6 giorni consecutivi nel mese di giugno e nel mese di settembre.

Le trappole sono state posizionate negli appezzamenti, ponendo attenzione che il bordo delle stesse non superasse il livello del terreno, e che quest'ultimo fosse ben livellato. In tal caso infatti, sarebbe venuto meno l'effetto di "caduta" degli artropodi.

Gli appezzamenti OO e NO, presentavano una dimensione di 260 m di lunghezza e 200 metri di larghezza, ed una divisione in quattro parcelle di medesima lunghezza e larghezza pari a 50 m.

Le siepi, posizionate ai margini laterali dell'appezzamento OO, presentavano la medesima lunghezza degli appezzamenti, ed una larghezza di 3.5 metri.

Infine, l'appezzamento CO presentava una dimensione di 260 m di lunghezza e 100 m di larghezza, ed una suddivisione in due parcelle di eguale dimensione.

Il posizionamento delle trappole, rappresentato in Figura 15, è stato effettuato con l'ausilio degli strumenti presenti in Figura 14. Il numero di campioni totali per ogni mese di campionamento è di 90.



Figura 14 Strumenti utilizzati per il collocamento delle trappole

Come è possibile vedere nella Figura 15, cinque transetti lineari sono stati posizionati negli appezzamenti 1/2 (OO) 5 e 6 (NO) a distanza di 20 metri l'uno dall'altro. Le prime cinque trappole di ogni transetto sono state collocate nell'infrastruttura ecologica a sinistra dei due appezzamenti OO e NO. Le restanti trappole, quattro per ogni transetto, sono state collocate a 15 metri l'una dall'altra lungo la fila del transetto verso l'interno del campo.

In definitiva, per ogni transetto, la prima trappola è stata collocata all'interno della siepe, 2 trappole sono state collocate nei campi 1 (OO) e 5 (NO) seminati a trifoglio e 2 trappole sono state posizionate nei campi 2 (OO) e 6 (NO) seminati a grano tenero antico.



Per gli appezzamenti 9 e 10 appartenenti al CO è stato utilizzato lo stesso metodo di campionamento precedentemente illustrato, con 5 transetti lineari in cui la prima trappola è stata collocata nella striscia inerbita che separa il NO dal CO e 2 trappole negli appezzamenti 9 e 10, seminati a erba medica.

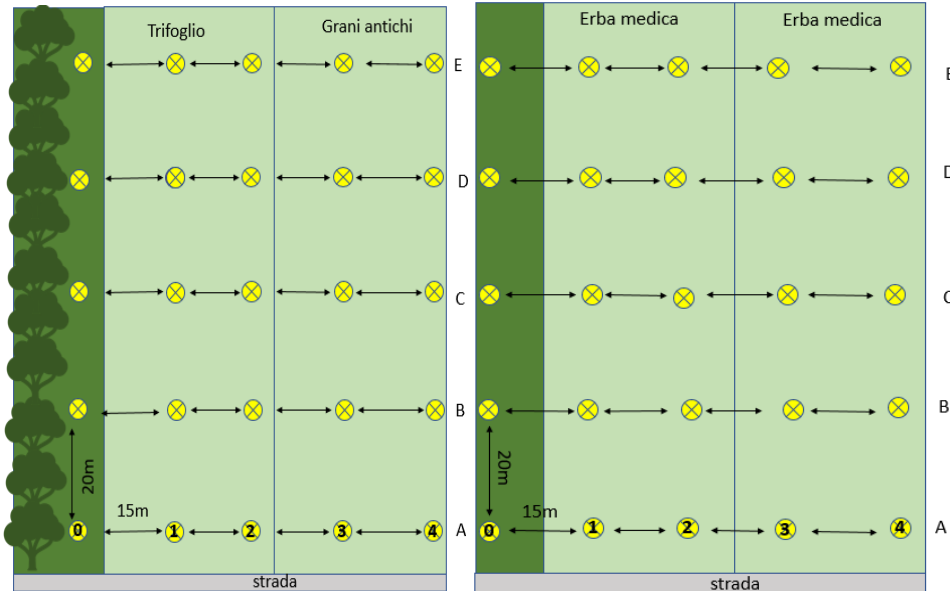


Figura 15 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO nell'immagine a sinistra, e nel CO nell'immagine di destra.

Infine, come mostra la Figura 16, tre transetti lineari, costituiti da 5 trappole, sono stati posizionati nel prato (PR) collocato a nord dell'appezzamento NO. Le trappole sono state distanziate di 20 metri tra le file e 15 metri lungo la fila.

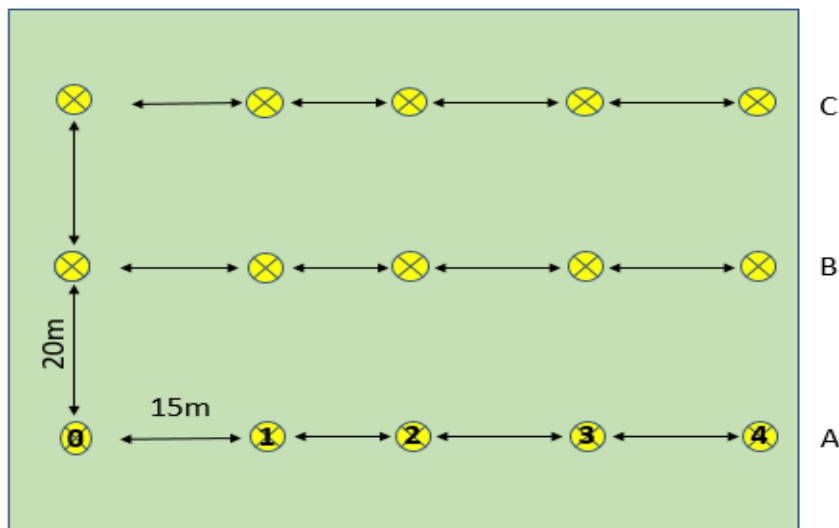


Figura 16 Posizionamento delle trappole nel prato stabile

Al termine di ogni sessione di cattura ogni trappola è stata svuotata all'interno di un contenitore monouso, della capacità di 100 ml; quindi ogni barattolo è stato etichettato per poter ricondurre il contenuto alla trappola da cui è stato prelevato. Il codice alfanumerico utilizzato è stato composto come di seguito illustrato, seguendo lo stesso procedimento utilizzato nelle precedenti sperimentazioni di trappolaggio eseguite a Montepaldi:

- Sigla indicante l'appezzamento di riferimento: OO, NO, CO e PR.
- Numero di transetto: da A a E per OO, NO, CO e PR; da A a C per il prato.
- Numero di trappola: da 0 a 4.
- Ultime due cifre dell'anno di raccolta: 20.
- Iniziale del mese di raccolta: G per il mese di giugno e S per il mese di settembre.

Quindi ad esempio, la prima trappola posta nell'appezzamento OO, raccolta nel primo mese di trappolaggio è stata identificata come di seguito: OOA020G.

Dopo aver svuotato tutte le trappole all'interno dei contenitori, quest'ultimi sono stati portati in laboratorio per analizzarne il contenuto.

Gli strumenti necessari per le analisi di laboratorio sono stati i seguenti:

- Una piastra Petri;
- 4 provette Eppendorf da 20 ml per ogni barattolo;
- pipette
- Un microscopio binoculare;

L'analisi del contenuto delle trappole è avvenuta come di seguito illustrato.

Ogni barattolo, corrispondente ad una trappola, è stato analizzato singolarmente. Il suo contenuto è stato svuotato in una piastra Petri, e nei casi in cui è stato necessario diluirne il contenuto, è stata utilizzata una soluzione idroalcolica al 50%.

Per ogni trappola sono state utilizzate 4 provette Eppendorf della capacità di 20 ml. Esse son state riempite con l'ausilio delle pipette, con alcool puro al 96.2% vol., e all'interno di ciascuna di esse è stato inserito un cartellino riportante il codice della trappola. Infine, sopra al tappo è stato scritto con pennarello indelebile un'iniziale che ne indicasse il contenuto: "F" per formiche, "C" per carabidi, "R" per ragni e "A" per altro.

Il contenuto di ogni piastra Petri è stato analizzato per permetterne la suddivisione nelle provette corrispondenti e quando necessario è stato utilizzato il microscopio binoculare per l'identificazione.

Successivamente le provette sono state conservate in cella frigo alla temperatura di 4°C.

Le formiche sono successivamente state contate e riconosciute da biologi specializzati nel riconoscimento delle varie specie.

### ***Obiettivi***

Obiettivo di questo progetto di tesi è quello di valutare le comunità di formiche presenti in sistemi agricoli condotti con diversi metodi di produzione e con differenti complessità ecosistemiche.

Le formiche come bioindicatori, permetteranno quindi di capire se, e con quale modalità, la differente gestione di un terreno agrario determini cambiamenti nella comunità dell'agroecosistema.

In merito alla valutazione delle comunità di formiche presenti in differenti sistemi agrari, gli obiettivi del progetto di tesi sono i seguenti:

- Effettuare una comparazione tra le differenti comunità di formiche presenti nei sistemi biologici (OO e NO) ed in quello convenzionale (CO).
- Effettuare una comparazione tra OO e NO per verificare se le differenti tempistiche nella conversione dei due appezzamenti influiscono sulla comunità.
- Verificare la differenza in termini di densità e diversità di specie, tra gli appezzamenti e le infrastrutture ecologiche presenti nei diversi sistemi.

### ***Risultati attesi***

Questo progetto di tesi permetterà di implementare le conoscenze relative alle comunità di formiche presenti all'interno di agroecosistemi condotti con diversi metodi di gestione, e al loro ruolo come bioindicatori.

In particolare tramite il primo obiettivo de progetto sarà possibile valutare se le comunità di formiche rispondono in maniera differenti a diversi metodi di gestione dell'agroecosistema.

Come riportano Masoni et al. (Masoni et al., 2017) è possibile notare come i sistemi biologici mostrino una maggiore diversità di specie rispetto a quelli

convenzionali. A tal proposito i dati indicano che la diversità media nel biologico è pari a 7.1 specie, mentre nel convenzionale è pari a 4.8 specie.

Con il secondo obiettivo del progetto si cercherà di comprendere se la durata della conversione a biologico possa influire o meno sulla comunità di formiche. In particolare ci aspettiamo che l'appezzamento OO, condotto secondo il metodo biologico dal 1991 presenti una maggiore complessità di specie rispetto al NO, convertito nel 2001. Infatti Pinol et al. (Piñol et al., 2012), hanno verificato come negli otto anni successivi alla conversione il numero di individui di formiche sia incrementato nel tempo, data la maggiore stabilizzazione progressivamente acquisita dal sistema che favorisce la stabilizzazione di nuove specie inizialmente non presenti. È quindi possibile affermare come in seguito all'evoluzione di un agroecosistema e ad una sua strutturazione, sia associata una variazione nel numero e nell'abbondanza delle specie presenti.

Infine mediante il terzo obiettivo, si stabilirà se la numerosità di formiche presenti all'interno delle varie infrastrutture ecologiche sia maggiore rispetto al centro del campo. Inoltre sarà verificato se un gradiente di diminuzione dalla siepe al centro del campo commisuri il fatto che le infrastrutture ecologiche sono habitat naturali utili alla crescita e riproduzione di specie bioindicatrici di sostenibilità ambientale.

La maggiore presenza di formiche appartenenti a specie differenti all'interno delle infrastrutture ecologiche è stata riscontrata da vari autori tra cui Nazzi et al. (Nazzi et al., 1988). In particolare nel suo studio egli ha riscontrato una maggiore diversità di specie all'interno delle trappole vicine alle siepi (240 individui appartenenti a 11 specie differenti), rispetto a quelle posizionate al centro dell'appezzamento (40 individui appartenenti a 8 specie diverse).

Infine ci aspettiamo che le formiche presenti nelle infrastrutture ecologiche siano molto simili in abbondanza e diversità rispetto a quelle presenti nel prato (PR).

I risultati attesi sopra elencati sono di seguito elencati e riassunti nella Tabella 17.

Tabella 17 Tabella riassuntiva dei risultati attesi per gli obiettivi posti in esame

<b>OBIETTIVI</b>	<b>RISULTATI</b>
1: confronto tra OO/NO e CO	<p><u>Abbondanza di individui</u>            maggiore in OO/NO rispetto a CO</p> <p><u>Diversità di specie</u>            maggiore in OO/NO rispetto a CO</p>
2: confronto tra OO e NO	<p><u>Abbondanza di individui</u>            maggiore in OO rispetto a NO</p> <p><u>Diversità di specie</u>            maggiore in OO rispetto a NO</p>
3: confronto tra infrastrutture ecologiche e centro del campo	<p><u>Abbondanza di individui</u>            maggiore nelle infrastrutture ecologiche rispetto al centro del campo</p> <p><u>Diversità di specie</u>            maggiore nelle infrastrutture ecologiche rispetto al centro del campo</p>

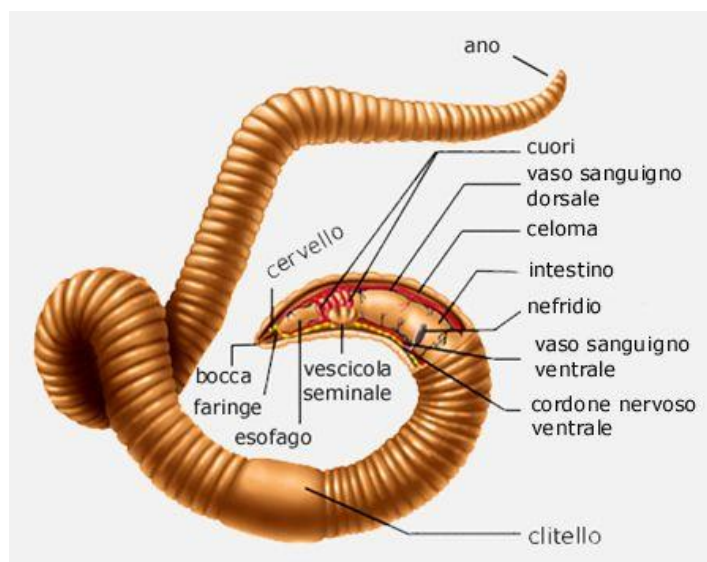


**Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale del Dott. Mattia Lancioli.**

***Il lombrico nell'agroecosistema***

***Caratteristiche generali dei lombrichi***

I lombrichi sono caratterizzati dall'aver il capo non distinto dal resto del corpo, che è metamerico, con una segmentazione esterna che in genere corrisponde a quella interna, dalla presenza di poche setole semplici distribuite sui varî segmenti di tutto il corpo. Sono tutti ermafroditi: gli organi riproduttori maschili e femminili (i primi più cefalici rispetto ai secondi) sono situati nella parte anteriore del corpo. (“L'affascinante mondo dei lombrichi,” 2014) Durante il periodo della maturità sessuale si ha la formazione di un clitello, un ispessimento cutaneo di alcuni segmenti del corpo situato in prossimità degli sbocchi degli organi genitali; è dovuto alla presenza di voluminose cellule ghiandolari epidermiche di vario tipo, il cui secreto, oltre a favorire l'accoppiamento, costituisce l'ooteca contenente le uova (“clitello in Vocabolario - Treccani,” n.d.) che avranno sviluppo diretto senza metamorfosi (“L'affascinante mondo dei lombrichi,” 2014).



*Figura 17 Anatomia di un lombrico. È ben visibile il clitello*

La superficie viscosa del lombrico gli consente di respirare. La cuticola è porosa e i vasi sanguigni presenti in sua prossimità assorbono ossigeno dall'aria

o dall'acqua rilasciando anidride carbonica. Questo scambio di gas può avvenire solo se la cuticola è umida.

Il suo corpo costituito da segmenti anulari è mosso da due fasci di fibre muscolari per ciascun segmento. Un fascio, posto sotto l'epidermide, avvolge il lombrico in senso circolare mentre il secondo fascio si estende longitudinalmente. Il lombrico si muove grazie alla distensione e alla contrazione di questi due fasci muscolari, tendendo segmento dopo segmento con un ritmo che produce movimenti flessuosi. Il lombrico fa presa sul terreno grazie a piccole appendici filamentoze dette setole presenti su ogni segmento. Il lombrico le protende, si trascina e poi le ritrae. Può muoversi in entrambe le direzioni usando una serie di setole alla volta oppure, se è spaventato, può ancorare un'estremità del corpo mentre ritrae rapidamente l'altra. ("L'affascinante mondo dei lombrichi," 2014)

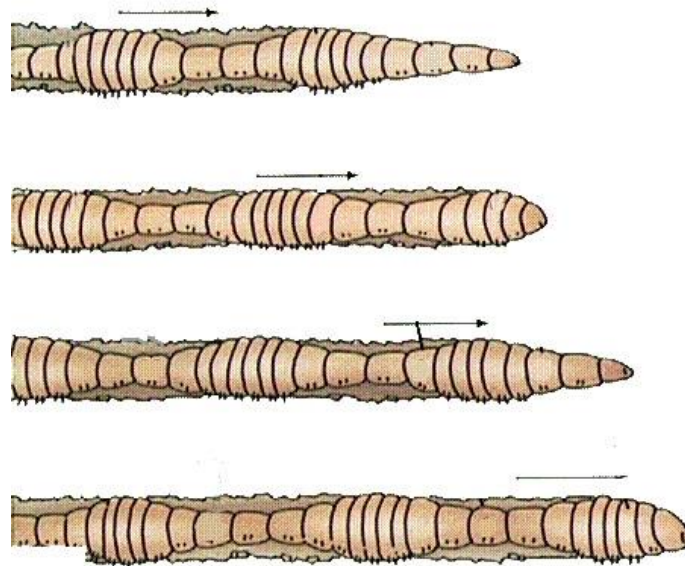


Figura 18 Movimento dei lombrichi tramite setole poste su ogni anello del suo corpo

Gli organi di senso del lombrico associati all'alimentazione si trovano sul prostoma, situato all'estremità anteriore dell'organismo. I chemiorecettori sono sensibili agli alcaloidi, ai polifenoli e agli acidi. Le risposte negative sono causate dall'acido e dagli alcaloidi (a determinati livelli), mentre la sensibilità del polifenolo identifica diverse fonti alimentari.



I chemiorecettori possono anche essere trovati su altre parti del corpo dell'organismo (“*Lumbricus rubellus*,” 2019). In un solo segmento ce ne possono essere circa 1.900. Questi recettori conferiscono al lombrico il senso del tatto, quello del gusto e la capacità di percepire la luce dirigendo l'organismo lontano da pericoli come variazioni di temperatura o pH ma anche verso possibili fonti alimentari. Le migliaia di organi di senso e i complessi sistemi muscolari sono tutti collegati al ganglio cerebrale, che si trova nella parte terminale della bocca (“L'affascinante mondo dei lombrichi,” 2014).

I fattori abiotici sono molti importanti per lo sviluppo dei lombrichi in un terreno. La temperatura è significativa, con implicazioni per la crescita, la respirazione, il metabolismo e la riproduzione. Un ulteriore fattore abiotico importante è l'umidità, che è fondamentale per la respirazione. Per quanto riguarda l'intensità della luce, la maggior parte delle specie sono fotonegative a forti fonti di luce e fotopositive a deboli fonti di luce. Ciò è attribuibile agli effetti della luce intensa, come l'essiccazione e la mancanza di fonti alimentari trovate al di sopra del suolo (“*Lumbricus rubellus*,” 2019).

I lombrichi sono caratterizzati da un periodo di letargo che si manifesta negli individui adulti che hanno abbondantemente deposto: sarebbe da interpretarsi come un periodo di riposo necessario alla reintegrazione dell'apparato riproduttivo anche se non è in dipendenza della attività sessuale (Vejdovsky, 1892). Durante il letargo gli animali restano immobili, strettamente ravvolti in una cavità del terreno, i loro organi sessuali, sia interni che esterni, si involgono. Questa condizione biologica è influenzata dall'azione di fattori termici, alimentari, igroscopici ed endogeni. L'inattività indotta nei lombrichi sia dall'essiccamento, sia dal freddo intenso non è paragonabile al letargo stagionale in quanto scompare al regredire dello stimolo. Gli individui si ritirano isolatamente o a gruppetti entro piccole cavità levigate e tappezzate di muco e vi rimangono strettamente ravvolti e immobili (Omodeo, 1948).

### ***Caratteristiche generali del lombrico *Hormogaster****

I lombrichi del genere *Hormogaster* sono grandi animali che possono misurare fino a 90 cm di lunghezza e fino a 100 g di peso. L'aspetto più notevole

della loro fisiologia è la loro tolleranza a periodi prolungati di siccità grazie a una lunga diapausa. *H. redii* unisce questa attitudine con una valenza ecologica eccezionalmente ampia: oltre ai terreni ottimali per il suo sviluppo, può infatti abitare boschi di sclerofille, pascoli sovraccaricati, terreni pietrosi, sabbia a grana grossa e persino spiagge sabbiose sopra il litorale.

Il genere *Hormogaster* è diffuso nel bacino del Mediterraneo e ha creato anche degli endemismi, come nel caso di *H. pretiosa*, limitato alla sola Sardegna meridionale. *Hormogaster samnitica*, un parente stretto del *H. pretiosa*, è diffuso

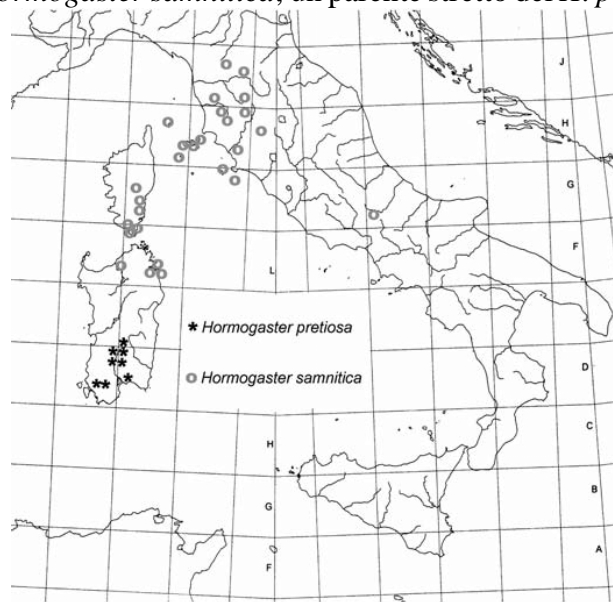


Figura 19 Distribuzione geografica di *H. pretiosa* e *H. samnitica*

in Corsica, Elba e Capraia e nella terraferma toscana a sud del fiume Arno. Insieme a *H. redii*, abita anche le isole minori dell'Arcipelago toscano e l'arcipelago della Maddalena (NE della Sardegna), mentre in Sardegna è limitato alla costa della Gallura. Una stazione isolata in Abruzzo ha dato il nome a questa specie.

### ***Ruolo dei lombrichi nell'ecosistema agrario***

I lombrichi svolgono diverse funzioni all'interno di un agroecosistema e, con la loro attività, influenzano direttamente la fertilità del suolo. Scavando nel terreno modificano la circolazione di aria e acqua, aumentando così la porosità. Inoltre, grazie alla loro produzione di sostanza organica facilmente e velocemente mineralizzabile da microrganismi terricoli, viene migliorata la

struttura del suolo e il suo contenuto di elementi minerali disponibili per le piante. La loro presenza è infatti fondamentale per il riciclo dei nutrienti quali il fosforo e l'azoto (Paoletti, 1999; Svensson et al., 1986).

Alcuni agenti patogeni e alcuni inquinanti possono essere controllati efficacemente dal biota del suolo, se supportato da pratiche agricole sostenibili (come la gestione dei residui, la rotazione delle colture, l'utilizzo di cultivar meno sensibili e l'applicazione sostenibile degli agrofarmaci). Oltre alla diminuzione nell'uso di fungicidi, ciò significherebbe anche che i fertilizzanti potrebbero essere ridotti, limitandone quindi il loro dilavamento nei corpi idrici. ("La pressione dei patogeni: l'influenza dei lombrichi," n.d.)

I lombrichi si trovano nella parte più bassa di molte catene trofiche, andando così a costituire una risorsa importante per il mantenimento della biodiversità all'interno di un ecosistema.

Per conservare la fertilità di un suolo in tutti i suoi aspetti è quindi necessario favorire l'insediamento di questi animali, senza effettuare operazioni che possono arrecargli disturbo. Le specie più grandi di lombrico scompaiono subito dopo la trasformazione di un terreno naturale in un campo coltivato, principalmente a causa delle operazioni di lavorazione del terreno. La lavorazione minima, l'assenza di aratura e l'aratura in cresta sono le operazioni che consentono di alterare il meno possibile la popolazione dei lombrichi che vivono sulla superficie del suolo. Queste pratiche di miscelazione del terreno sono meno invasive e permettono di incorporare i residui colturali a 10-15 cm sotto la superficie (o di non spostarli affatto). I residui colturali lasciati sulla superficie del suolo proteggono i lombrichi dalla predazione e dall'essiccamento durante i periodi di siccità (Paoletti, 1999).

L'aggiunta di letame influisce positivamente sulla presenza di lombrichi sia nelle praterie che nei campi. I lombrichi generalmente rispondono meglio al letame organico che ai fertilizzanti chimici (Curry, 1993). Tuttavia, il letame liquido come il liquame di maiale può stressare le popolazioni di lombrichi nelle praterie e nei campi coltivati se applicato in grandi quantità. Data al terreno sufficiente umidità, con l'applicazione di una pacciamatura "viva" o "morta" ci

si aspetta che essa promuova la biomassa di lombrichi, soprattutto delle specie endogene (Paoletti, 1999).

### ***Il lombrico come bioindicatore di fertilità del suolo***

Negli ultimi anni è sorta l'esigenza di affiancare ai comuni metodi di indagine strumentale (misurazione di parametri chimico-fisici) altre metodiche di tipo biologico che misurano le variazioni dei popolamenti animali e vegetali, senza perdere di vista che la diversità biotica, intesa come prodotto delle interazioni fra evoluzione biologica e variazione dei parametri ambientali, non dipende solo dagli inquinanti. Tale metodica va sotto il nome di "Biomonitoraggio" e si basa sull'impiego di organismi viventi "sensibili", in grado cioè di fungere da indicatori del degrado della qualità ambientale dovuto all'inquinamento. L'uso di organismi sensibili a stress ambientali si è reso necessario in quanto i dati di tipo chimico-fisico non davano una visione globale del possibile impatto ambientale, ma fornivano solamente una misura puntiforme ed istantanea di un unico parametro (Biagini et al., n.d.). I lombrichi vengono divisi nelle seguenti categorie generali, tenendo conto delle loro caratteristiche di base come la capacità di scavare, le preferenze alimentari, il colore, la forma e le dimensioni del corpo (K. E. Lee and Foster, 1991):

- Le specie epigeiche, lunghe 2-6 cm, decompongono materia organica fresca vicino alla superficie del suolo. Sono piccoli e per lo più rosso scuro. Si trovano in prati, foreste e compost, più raramente si possono trovare nelle terre coltivate a causa della mancanza di strati di materiale organico permanenti. Hanno un tasso di riproduzione vigoroso ma una durata della vita corta.
- Specie endogeiche (fino a 18 cm di lunghezza) decompongono le sostanze organiche nel suolo e vivono in gallerie orizzontali instabili nell'area della radice presente nello strato superiore del suolo. Sono pallidi, non pigmentati. Il loro tasso di riproduzione è limitato (8-12 bozzoli / anno) e la durata della vita è di 3-5 anni.
- Le specie aneciche, lunghe 15-45 cm, portano parti di piante dalla superficie del suolo nelle loro tane verticali (diametro di 8-11 mm), dove vengono decomposte. Per via del loro comportamento, quando sono attivi sono particolarmente sensibili alle lavorazioni del terreno. Il tasso di riproduzione è limitato e la vita è lunga. Le specie di *Lumbricus* aneciche sono grandi e di colore rosso-marrone. Gli animali adulti depositano le loro feci nel suolo o fuori terra.
- Le specie coprofaghe vivono nel letame.

- Le specie arboricole che vivono in terreni sospesi nelle foreste tropicali umide.

Per quanto riguarda l'utilizzo di bioindicatori per la qualità del suolo, sono prese in considerazione solo le prime 3 classi di lombrichi.

Per descrivere la popolazione di lombrichi di un ambiente è bene sapere la quantità di giovani e di adulti, in quanto i primi indicano il tasso di ricambio generazionale, mentre la presenza dei secondi presuppone che abbiano avuto le condizioni necessarie e sufficienti per crescere e svilupparsi e sono dei potenziali riproduttori, fondamentali per la prosecuzione della specie (Paoletti et al., n.d.).

Un'alta densità di lombrichi in un suolo sarà favorita da (Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner, n.d.):

- Piccoli disturbi del suolo (lavorazione del terreno, protezione delle piante);
- Vegetazione (prati, sovescio di colture);
- Materiale vegetale morto (compost, pacciamatura).

Al contrario, le ragioni principali del declino dei lombrichi sono la monocoltura, i residui colturali rimossi, lunghi periodi di terreno nudo, macchinari pesanti e lavorazione del terreno intensiva come aratura frequente e pesticidi (ad es. erbicidi) (Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner, n.d.).

### ***Scopo dell'esperimento***

Il nostro esperimento ha come obiettivo quello di determinare quali variabili influenzano la presenza di lombrico *Hormogaster samnitica*, individuando così il periodo e le condizioni ottimali per trovarlo all'interno di un terreno in ambiente mediterraneo.

### ***Materiali e metodi***

#### ***Sito sperimentale***

L'azienda agricola dell'Università di Firenze (Località Montepaldi, San Casciano Val di Pesa, Long. 11°09'08''E, Lat. 43°40'16''N) interessa una superficie leggermente declive di 15 Ha circa a 90 m s.l.m.

Il clima è subappenninico con precipitazioni totali di 800 mm/anno, con massimo in autunno e primavera e minimo nel periodo tra giugno e agosto. La

temperatura media annuale è di 14,1° C, con massima oltre i 30°C in estate e minima a gennaio.

Dal punto di vista pedologico, l'azienda è caratterizzata da terreni evoluti da sedimenti pliocenici di tipo conglomeratici misto a lenti sabbioso e argilloso (aree declivi) e da sedimenti del fiume Pesa nell'area pianeggiante. La tessitura fa rientrare i terreni nelle categorie che intercorrono tra i "medio impasto limo-argillosi" e gli "argillosi", con presenza di scheletro di piccole e medie dimensioni.

L'azienda è costituita da 3 agroecosistemi classificati come "New Org." (NO), "Old Org." (OO) e Convenzionale (CO). "Old Org." e "New Org." sono gestiti con metodi di agricoltura biologica rispettivamente dal 1991 e dal 2001. I due agroecosistemi sono circondati da infrastrutture ecologiche quali siepi naturali e/o artificiali e/o strisce di essenze erbacee spontanee. In particolare sono presenti due siepi: una naturale che separa il biologico vecchio da quello nuovo, costeggiata da entrambi i lati da due strisce inerbite di 2 metri; l'altra artificiale, che separa gli appezzamenti a conduzione biologica dagli altri campi aziendali ed è formata da specie autoctone. Inoltre, una striscia inerbita separa il sistema biologico nuovo da quello convenzionale. Oltre a questa distinzione, i terreni sono ulteriormente divisi in 10 campi sperimentali. ("MoLTE - Ricerca - DAGRI," n.d.)

Questo esperimento è stato effettuato nei campi OO2 e NO6 che misurano rispettivamente LUNG x LARG e LUNG x LARG.

#### *Disegno sperimentale*

In previsione di esperimenti futuri, entrambi i campi presi in considerazione sono stati divisi in 3 righe da 2 corridoi larghi 8 m, ottenendo così superfici con misure di LUNG x LARG.

Per ridurre il possibile disturbo ai lombrichi a opera di situazioni esterne al terreno, verrà ridotto la superficie di campionamento, considerando quindi un "effetto bordo" di 5 m dal lato orizzontale e 2 m dai lati verticali della parcella.

Si è deciso di effettuare 15 campionamenti al giorno e di eseguirli ogni settimana. Per ottimizzare i tempi ed evitare di arrecare del possibile disturbo ai

lombrichi, andando così a incidere sulle raccolte successive, si è optato per alternare i campi, tornando sullo stesso dopo circa 10-14 giorni.

Per scegliere il punto di campionamento è stata effettuata una randomizzazione tale per cui non possono esservi punti di campionamento vicini nella stessa data. Anche l'ordine di campionamento ha subito una randomizzazione che ci permette di campionare i punti contenuti in un riga uno di seguito all'altro. Inoltre l'ordine tra le righe è casuale, evitando così di legare i dati alla fascia oraria di campionamento.

Per avere una migliore visione spaziale di come si distribuiscono i lombrichi all'interno del campo abbiamo deciso di adottare un metodo di individuazione del punto di campionamento più accurato possibile. Tramite lo squadro del terreno infatti sono stati posti dei pali alle estremità di ogni riga ai quali verrà teso un nastro su cui saranno state preventivamente segnate le coordinate di ogni punto.

È stato deciso di raccogliere i seguenti dati:

- Data e ora di campionamento;
- Temperatura del suolo a 0 cm e a 30 cm (espresso in °C);
- Umidità del suolo a 0 cm e a 30 cm (espresso in  $m^3m^{-3}$  e mV);
- Numero di individui trovati (suddivisi in adulti, giovani, infanti in base al grado di sviluppo del clitello);
- Numero di gallerie/buchi trovate.

#### ***Metodo di campionamento***

Per effettuare il campionamento si è scelto di utilizzare prelevare una zolla di terreno (30 cm x 30 cm, profonda circa 20 cm) e sminuzzarla su telo bianco al fine di trovare tutti i lombrichi contenuti in essa. Gli individui trovati verranno poi puliti per distinguere al meglio il grado di sviluppo del clitello, identificandone così l'età.

#### ***Materiali utili***

- Forco-vanga (utile per evitare di tagliare gli individui);
- Telo bianco;
- Nastro metrico;
- Contenitore con acqua;
- Scheda di monitoraggio;
- Igrometro specifico per suolo;
- Termometro specifico per suolo.

### Misura dell'umidità del suolo tramite sonda ML3

L'umidità del suolo è misurata sulla superficie del suolo e a 30 cm di profondità.

Si è deciso di utilizzare la sonda ML3 di Delta-T Devices che ci permette di avere una misura volumetrica del contenuto idrico del suolo con una precisione



*Figura 20 Igrometro con sonda ML3 per la misura dell'umidità volumetrica del suolo*

dell'1%.

Questo igrometro funziona sul principio della permittività (“ML3 user manual version 1.0F.pdf,” n.d.), una grandezza fisica che quantifica la tendenza del materiale a contrastare l'intensità del campo elettrico presente al suo interno. Descrive quindi il comportamento di un materiale in presenza di un campo elettrico. (“Permittività elettrica,” 2020)

La sonda infatti è in grado creare ed emanare nel terreno delle onde con frequenza di 100MHz (simile alle onde radio). In base alla risposta del suolo, il computer associato alla sonda trasforma la lettura in mV in quantitativo volumetrico ( $m^3m^{-3}$ ).

Vista l'eterogeneità dei terreni, è possibile impostare il computer associato al campionamento di diversi suoli, tarandolo per 5 terreni che saranno mantenuti poi in memoria contemporaneamente. (“ML3 user manual version 1.0F.pdf,” n.d.)



La sonda ML3 può esser utilizzata anche per la misura della temperatura del suolo ma in questo esperimento è stato preferito utilizzare un termometro.

Sono state anche prelevate delle carote di terreno di volume noto che saranno pesate prima e dopo il passaggio in stufa a 105°C per determinare così l'umidità del suolo con metodo classico.

*Misura della temperatura*

Analogamente all'umidità del suolo, anche la temperatura è misurata sulla superficie del suolo e a 30 cm di profondità.

Per la misura della temperatura è stato utilizzato un termometro.



**Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale del Dott. Giovanni Pomi.*****Il ruolo di carabidi e ragni come bioindicatori in un esperimento biologico di lungo termine******Introduzione***

L'impatto dei metodi di coltivazione sulla biodiversità è argomento di grande interesse per la comunità scientifica. Negli ultimi anni la valutazione di questo impatto tramite l'uso di bioindicatori ha visto un incremento importante nel numero di ricerche svolte e nel numero di risultati ottenuti.

I Coleotteri Carabidi (Arthropoda, Insecta) rappresentano un'importante componente della fauna terrestre epigea sia negli ambienti naturali che in quelli coltivati e presentano un'elevata ricchezza di specie e di individui. Sono considerati degli ottimi bioindicatori in agroecosistemi in quanto sensibili a piccoli cambiamenti dovuti all'impatto dei metodi di coltivazione (Kromp, 1999). Vengono infatti ormai globalmente utilizzati come indicatori di qualità degli ecosistemi dato che le comunità rispondono direttamente e indirettamente ai cambiamenti di gestione degli agroecosistemi (Brandmayr and Pizzolotto, 1994). Numerose sono le pubblicazioni che evidenziano quanto la gestione agricola agisca sulla ricchezza di specie, sulla densità di individui per specie, sulle caratteristiche morfologiche delle stesse e sul grado di strutturazione delle comunità. I Carabidi sono dunque di largo uso come indicatori dello stato dell'ambiente, sia in ambienti naturali che in ambienti modificati o degradati da specifici interventi antropici quali la messa a coltura, l'urbanizzazione, l'inquinamento.

I Carabidi inoltre possono svolgere un ruolo importante anche nell'economia delle aziende agricole dato che molte specie sono predatrici di insetti dannosi.

L'intensificazione agricola ha portato a una drastica riduzione della loro abbondanza in agricoltura e specie comuni sono diventate sempre più rare. Infatti, le pratiche agricole portano ad un aumento del disturbo degli habitat naturali dei Carabidi, diminuendo il numero di specie e di individui presenti (Rushton et al., 1989).

Le caratteristiche biologiche più utili ai fini della valutazione dell'ambiente riguardano ad esempio la fenologia, i ritmi riproduttivi, la scelta alimentare, il potere di dispersione, le caratteristiche biogeografiche e la diversità delle specie.

La relazione negativa tra l'intensità di gestione e l'abbondanza dei Carabidi è determinata principalmente dal tempo di riproduzione. Infatti, le specie che si riproducono durante il periodo di intense pratiche di gestione dell'agroecosistema risultano maggiormente danneggiate rispetto alle specie che si riproducono in situazioni di non disturbo (Rushton et al., 1989). La risposta delle specie di Carabidi ai disturbi ambientali dipende dal loro potere di dispersione e dalla loro preferenza di habitat. Studi condotti su terreni coltivati hanno evidenziato che le pratiche di gestione sembrano favorire le specie che preferiscono condizioni aride e quelle che posseggono un grande potere di dispersione (Rushton et al., 1989). Solitamente le specie specialiste di grandi dimensioni e quelle con basso potere di dispersione diminuiscono con l'aumento del disturbo, mentre le piccole specie generaliste con una buona abilità di dispersione aumentano (Rainio and Niemelä, 2003).

Per valutare la capacità dei Carabidi come bioindicatori vengono solitamente analizzati parametri e caratteristiche delle specie che consentono di effettuare una diagnosi delle popolazioni in condizioni ambientali diverse attraverso la composizione qualitativa e quantitativa della biocenosi campionata (Brandmayr and Pizzolotto, 1994).

Il successo dell'utilizzazione dei Carabidi come bioindicatori è basato sulla sensibilità di questi a diversi fattori ambientali e sulla loro necessità di ampi habitat. I vantaggi riguardano anche un facile ed economico metodo di campionamento grazie all'utilizzo di trappole a caduta e alla loro diversità morfologica ed ecologica (Niemela et al., 2000). Gli svantaggi dell'utilizzo di Carabidi come bioindicatori comprendono la loro variazione stagionale, distribuzione, alto numero di specie generaliste e difficoltà nello stimare la ricchezza di specie (Rainio and Niemelä, 2003).

Non è chiaro comunque fino a che punto i Carabidi siano correlati alla presenza di altri gruppi di specie bioindicatori di sostenibilità ambientale in

quanto sono presenti in letteratura diversi studi in cui nessuna o poche correlazioni sono state trovate tra la ricchezza di specie di diversi gruppi tassonomici (piante, uccelli, farfalle, coleotteri ecc.) e la presenza di Carabidi, anche se esiste qualche evidenza in cui la loro presenza riflette una correlazione positiva con i ragni (Rushton et al., 1989).

Per ciò che riguarda invece l'utilizzo di ragni come bioindicatori la letteratura risulta molto più carente. Tuttavia, alcune loro caratteristiche li rendono idonei ad essere utilizzati come bioindicatori: facili metodi di campionamento, metabolismi particolarmente sensibili ai cambiamenti ambientali, la loro diffusione e il loro ruolo come predatori, particolarmente importante all'interno della rete trofica. Inoltre, molte specie di ragni sono endemiche di una località o di una regione e hanno una limitata capacità di spostamento essendo dunque molto rappresentative di una particolare zona. Infine, i ragni possono essere classificati senza l'uso di particolari strumentazioni o tecniche cosa che rende possibile il loro studio in larga scala (Feest and Cardoso, 2012).

Una delle considerazioni da tenere in considerazione nell'interpretazione dei dati relativi alla presenza di ragni in un determinato ambiente è che spesso valori alti di diversità non corrispondono a bassi gradi di disturbo. Appare quindi utile porre l'attenzione sulle specie più frequenti nei diversi ambienti e considerarne le specificità ecologiche. Nonostante ciò, le comunità di aracnidi variano molto in termini di abbondanza e di composizione specifica in base non solo al disturbo antropico, ma anche alla struttura della vegetazione e alla presenza di lettiera. Molti risultati suggeriscono come il mantenimento di componenti naturali (in particolare boschi) o seminaturali (siepi, filari e margini inerbiti) negli agroecosistemi favorisca una maggiore differenziazione delle strategie di caccia e dunque una pressione predatoria maggiore e più diversificata su insetti dannosi per le colture. Le aree di rifugio naturali e seminaturali sembrano favorire la presenza di elementi stenoeci, i quali possono indicare condizioni di maggiore stabilità dell'ecosistema in relazione alla maggiore differenziazione di nicchie ecologiche disponibili (Venturino et al., 2006).

Infine, la suddivisione in gruppi funzionali dati dalla differente tecnica di predazione risulta molto importante per stabilire le condizioni ambientali dell'agroecosistema. Infatti, per alti gradi di complessità vi è una maggiore presenza contemporanea di molti gruppi funzionali tra cui ragni predatori specializzati, mentre ad un aumento dell'omogeneità e ad una semplificazione del paesaggio agricolo segue un aumento di gruppi pionieri in grado di compiere ampi spostamenti tramite *ballooning*.

In questo progetto di tesi verranno monitorati gli effetti sulla comunità di Carabidi e ragni presenti in sistemi agrari condotti con diversi metodi di produzione (biologico e convenzionale) e con differente complessità ecosistemica.

I Carabidi e i ragni come bioindicatori permetteranno quindi di capire se e con quale modalità la differente gestione di un terreno agricolo determini cambiamenti nell'agroecosistema.

### ***Materiali e metodi***

Il progetto di tesi è svolto presso i campi sperimentali del **Montepaldi Long Term Experiment – MoLTE**. Il progetto **MoLTE (Montepaldi Long Term Experiment)** è attivo dal 1991 nell'azienda agricola dell'Università di Firenze (località Montepaldi, San Casciano Val di Pesa) e interessa una superficie leggermente declive di circa 15 ettari a 90 metri s.l.m.

Nell'area pianeggiante dell'azienda, lungo il fiume Pesa, è situata l'area sperimentale.

Il dispositivo sperimentale include i seguenti tre differenti agroecosistemi:

- Sistema biologico stabile (“Biovecchio” - OO) è costituito da 4 appezzamenti rettangolari di 1.3 ha ciascuno per un totale di 5.2 ha. Dal 1991 è condotto secondo il metodo dell'agricoltura biologica, secondo il Reg. CE 2092/91 e successivo Reg. 834/08.
- Sistema biologico nuovo (“Bionuovo” - NO) è costituito da 4 appezzamenti rettangolari di 1.3 ha ciascuno per un totale di 5.2 ha. È stato condotto secondo il metodo dell'agricoltura integrata, secondo il reg CE 2078/92, dal 1991 al 2000 e nel 2001 è stato convertito all'agricoltura biologica.
- Sistema Convenzionale (CO), costituito da 2 appezzamenti rettangolari di 1.3 ha ciascuno, per un totale di 2.6 ha. Questo è stato condotto secondo il metodo dell'agricoltura convenzionale dal 1991 ad oggi.

Gli agroecosistemi sono circondati da infrastrutture ecologiche (siepi naturali e/o artificiali e/o strisce di essenze erbacee spontanee). In particolare, sono presenti due siepi: una naturale che separa il biologico vecchio da quello nuovo, costeggiata da entrambi i lati da due strisce inerbite di 2 metri; l'altra siepe artificiale, piantata dal DISAT con l'aiuto del WWF agli inizi degli anni '90, separa il biologico dagli altri campi aziendali ed è formata da specie autoctone. Inoltre, una striscia inerbita separa il sistema "Bionuovo" da quello convenzionale.



Figura 21 I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE)

Gli appezzamenti del dispositivo condotti secondo l'agricoltura biologica (OO e NO) seguono una rotazione quadriennale che prevede per l'annata agraria 2020-2021 le seguenti colture: trifoglio alessandrino da seme Var. Alex, grano tenero antico Var. Andriolo, Farro, erba medica da seme Var. Maraviglia. Negli appezzamenti condotti secondo l'agricoltura convenzionale invece è stata seminata erba medica da seme. Gli appezzamenti presi in considerazione per la sperimentazione comprendono l'appezzamento n.1 (OO) e l'appezzamento 5 (NO) seminati a trifoglio e l'appezzamento 2 (OO) e l'appezzamento 6 (NO) condotti a grano tenero antico. Per quanto riguarda il convenzionale sono stati presi in considerazione l'appezzamento 9 e 10 seminati ad erba medica.



Figura 22 Veduta panoramica del sito sperimentale

Infine, è stato preso in considerazione come controllo un prato stabile posto a nord dell'appezzamento NO e denominato PR.

Il campionamento si è svolto e si svolgerà nei mesi di Giugno e Settembre 2020.

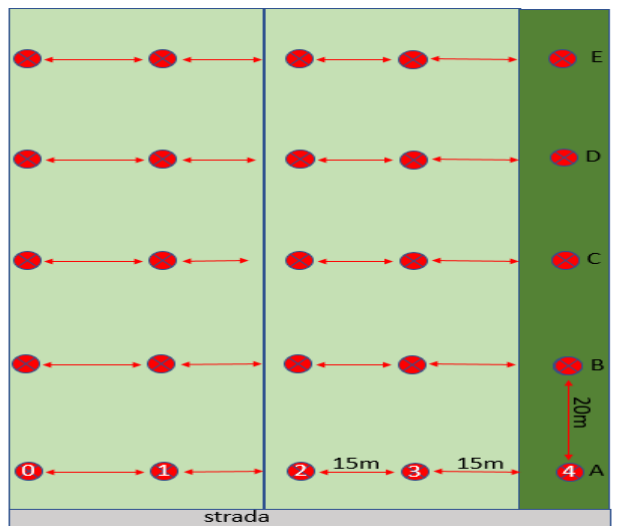


Figura 23 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO



La valutazione delle comunità di formiche presenti in sito è stata effettuata ponendo negli appezzamenti oggetto di studio trappole a caduta (Pitfall traps). Le trappole sono costituite da bicchieri monouso in plastica della capacità di 250 ml ed ogni trappola prevede l'utilizzo di due bicchieri. Il primo bicchiere è stato posizionato nel terreno e costituisce la base della trappola, mentre il secondo bicchiere è stato posizionato sopra al primo e riempito con 150 ml di soluzione idroalcolica diluita al 50% e glicerina per permettere la cattura degli artropodi. La funzione dell'alcool è quella di attirare gli artropodi e permetterne la conservazione.

Al termine di ogni sessione di trappolaggio il secondo bicchiere è stato svuotato del suo contenuto e riposizionato in loco. Ogni sessione ha avuto una durata di 6 giorni consecutivi nel mese di Giugno e nel mese di Settembre.

Il posizionamento delle trappole è rappresentato in Figura 23. Il numero di campioni totali per ogni mese di campionamento è di 90.

Come è possibile vedere in Figura 23, cinque transetti lineari sono stati posizionati nell'appezzamento 1/2 e 5/6 rispettivamente OO e NO seminati a trifoglio alessandrino e grano tenero antico, a distanza di 20 metri l'uno dall'altro. Le prime cinque trappole di ogni transetto sono state collocate nell'infrastruttura ecologica relativa agli appezzamenti OO e NO, ovvero rispettivamente all'interno della siepe artificiale e nella siepe naturale. Le restanti trappole, quattro per ogni transetto, sono state collocate a 15 metri di distanza l'una dall'altra lungo la fila del transetto verso l'interno del campo. In definitiva, per ogni transetto, la prima trappola è stata collocata all'interno della siepe, due trappole sono state collocate nel campo 1 (OO) e 5 (NO) seminato a trifoglio e due trappole sono state posizionate nel campo 2 (OO) e 6 (NO) seminato a grano tenero antico. Per gli appezzamenti 9 e 10 del CO è stato utilizzato lo stesso metodo di campionamento con 5 transetti lineari in cui la prima trappola è stata collocata nella striscia inerbita che separa il NO dal CO, due trappole nell'appezzamento 9 e due trappole nell'appezzamento 10, entrambi seminati a erba medica. La distribuzione delle trappole è illustrata in Figura 24.

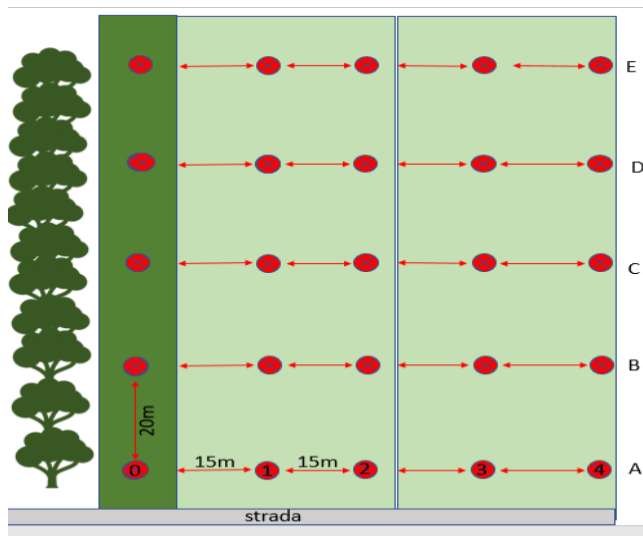


Figura 24 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti CO

Infine, come mostra la Figura 25, tre transetti lineari costituiti da 5 trappole sono stati posizionati nel prato (PR) collocato a nord dell'appezzamento NO. Le trappole sono state posizionate a 20 metri di distanza tra le file e a 15 metri di distanza lungo la fila.

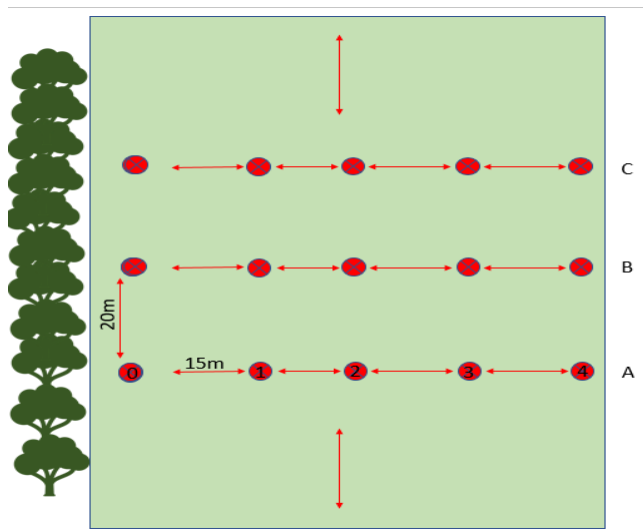


Figura 25 Distribuzione delle trappole nel prato (PR)

Per poter identificare ogni trappola, ad ogni transetto è stata assegnata una lettera dalla A alla E. La lettera "A" è stata assegnata al transetto più vicino alla strada. Questo ordine è stato rispettato per i tre appezzamenti OO, NO e CO. Nel

caso del prato, essendo stati posizionati solo tre transetti, ad essi sono state assegnate le lettere dalla A alla C, assegnando la lettera “A” al transetto più vicino all’appezzamento NO.

Infine, ad ognuna delle cinque trappole costituenti ogni transetto è stato assegnato un numero da 0 a 4, in cui lo 0 rappresenta la trappola posta nelle varie infrastrutture ecologiche.

Dunque, il codice alfanumerico per l’identificazione di ogni campione è il seguente:

- Sigla indicante l’appezzamento di riferimento: OO, NO, CO e PR.
- Numero di transetto: da A a E per OO, NO, CO; da A a C per PR.
- Numero di trappola: da 0 a 4.
- Ultime due cifre dell’anno di raccolta: 20.
- Iniziale del mese di raccolta: G per il mese di Giugno e S per il mese di Settembre.

A titolo esemplificativo dunque la prima trappola nella siepe posta nell’appezzamento OO, raccolta nel mese di Giugno è stata identificata come di seguito: OOA020G.

Dopo aver svuotato tutte le trappole all’interno di contenitori appositi, i campioni sono stati portati in laboratorio per analizzarne il contenuto.

L’analisi del contenuto delle trappole è avvenuta suddividendo inizialmente gli artropodi presenti nelle seguenti categorie: “formiche”, “carabidi”, “ragni” e “altro”. Nella categoria “altro” sono stati posti tutti gli artropodi non appartenenti alle categorie elencate in precedenza. La conservazione dei campioni è in alcool puro al 96.2% vol. alla temperatura di 4°C.

In seguito, le formiche e gli altri artropodi saranno riconosciuti da biologi specializzati nel riconoscimento delle varie specie.

### ***Obiettivi***

Gli obiettivi del progetto di tesi sono dunque i seguenti:

- Effettuare una comparazione tra le differenti comunità di Carabidi e ragni presenti in sistemi biologici (OO e NO) e convenzionali (CO).
- Effettuare una comparazione tra OO e NO per verificare se le differenti tempistiche nella conversione dei due appezzamenti influiscono sulla comunità di Carabidi e ragni.

- Verificare la differenza in termini di densità e diversità di specie tra gli appezzamenti e le infrastrutture ecologiche presenti nei diversi sistemi.

### ***Risultati Attesi***

Tramite il primo obiettivo del progetto sarà possibile valutare in che modo le comunità di Carabidi e ragni rispondono a diversi tipi di gestione dell'agroecosistema. Tra i risultati attesi ci si aspetta una differenza nella biocenosi degli appezzamenti condotti con metodo biologico rispetto a quelli condotti secondo metodo convenzionale.

Con il secondo obiettivo del progetto si cercherà di comprendere se la durata della conversione al metodo biologico possa influire o meno sulla comunità di Carabidi e ragni. Ci aspettiamo che l'appezzamento OO, condotto dal 1991 secondo il metodo dell'agricoltura biologica, presenti una maggior complessità di specie rispetto al NO.

Infine, tramite il terzo obiettivo, si stabilirà se la numerosità e complessità della comunità di Carabidi e ragni presenti all'interno delle varie infrastrutture ecologiche sia diverso rispetto al centro del campo e se un gradiente di diminuzione dalla siepe verso il centro del campo commisuri il fatto che le infrastrutture ecologiche sono habitat naturali utili alla crescita e riproduzione di specie bioindicatrici di sostenibilità ambientale.

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



**Proposta di tutoraggio per il XXXVI corso di Dottorato****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).

E' 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.

#### Pubblicazioni:

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., Lazzerini, 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., Tiftonell, 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.



## **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 (Maeder et al., 2002). 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.

### ***Obiettivi***

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 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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 (Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner, n.d.).

*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 (Santos et al., 2007).

**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 innovative** 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 *time-sheet 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 (Bünemann et al., 2018). 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 (Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner, n.d.). Tuttavia, non vi sono studi pubblicati che si occupino di condizioni pedo-climatiche mediterranee. Le formiche, grazie alle loro distribuzione e abbondanza, facilità di raccolta e identificazione, possono essere utilizzate come indicatori di qualità del suolo (Folgarait, 1998; Underwood and Fisher, 2006). 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 (Bünemann et al., 2018). 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 determinato 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*



## **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-zoo-forestali 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 campi 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 (Goodman et al., 2016), 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

**SCHEDE TECNICHE DIVULGATIVE  
(ALLEGATO 6)**



## **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 (1971) in Francia e Lee (1959) 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 (1991) 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 lettiere permanenti 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 18). 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.

*Tabella 18 Confronto dei due metodi di campionamento dei lombrichi*

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

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 (2003) 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.

### ***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 26):

- 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.



*Figura 26 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 FertilCrop dal titolo "Test della vanga per valutare la struttura del suolo" e 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 Fertilcrop, 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 27).
- 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 27 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 (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 l'andamento della popolazione.

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

**Interpretazione dei risultati**

Tabella 19 Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi

Osservazioni	Possibili conclusioni e raccomandazioni
Abbondanza di lombrichi e loro biomassa	* 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).
	* 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.
	* 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).
Categorie ecologiche	* L'uso di erbicidi riduce la popolazione di lombrichi in quanto viene ridotta la disponibilità di residui vegetali (Pfiffner, 2014).
	* 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.
	* 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)
	* 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).
	* 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.
Età dei lombrichi	* 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).
	* Adulti e giovani possono indicare il livello di disturbo del suolo: più giovani indicano maggiori disturbi del suolo.
	* Un numero elevato di giovani può anche mostrare un alto tasso di riproduzione e quindi buone condizioni di vita.
Misure chiave per la promozione dei lombrichi	* 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)
	* 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).  -> 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)

### ***Maggiori informazioni***

Per ulteriori informazioni sul campionamento dei lombrichi, consultare il sito web dell'osservatorio partecipativo francese dei lombrichi [https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT\\_accueil.php](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://eussoils.jrc.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 delle categorie ecologiche, significato e misure per aumentare le popolazioni di lombrichi nei suoli agricoli <https://shop.fibl.org/>

### ***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)

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)

### **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 (Grime, 2006), 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 presenta 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).

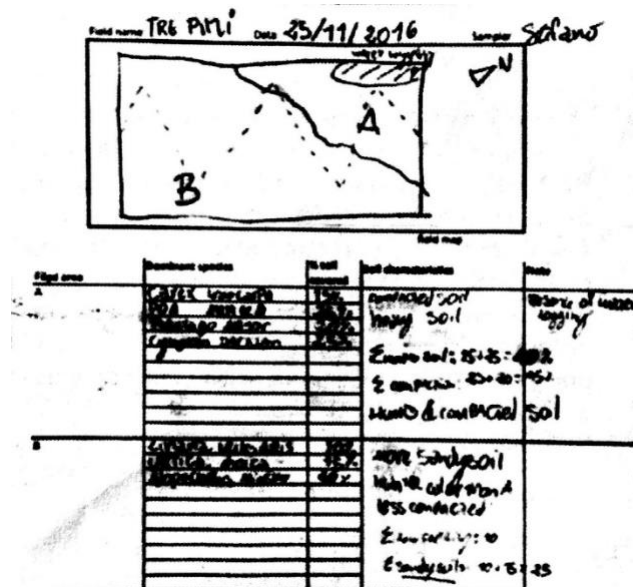


Figura 28 Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi

### Materiali necessari

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

### 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.



Figura 29 Terreno umido che mostra un'alta presenza di *Poa annua* e *Ranunculus repens*. Foto: Stefano Carlesi

#### Note per il campionamento

- Focalizza la tua 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.
- 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 parcella 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 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.

### ***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**

Tabella 20 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.

**Autori**

Stefano Carlesi and Paolo Bàrberi (both SSSA)

**Immagini**

Copertina :Equisetum arvense prospera su un terreno umido.

Paolo Bàrberi . Atre : Stefano Carlesi &amp; 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.

**Tablelle delle specie bioindicatrici**

Ordinate per caratteristiche del suolo

Tabella 21 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>
<b>pH del suolo</b>	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

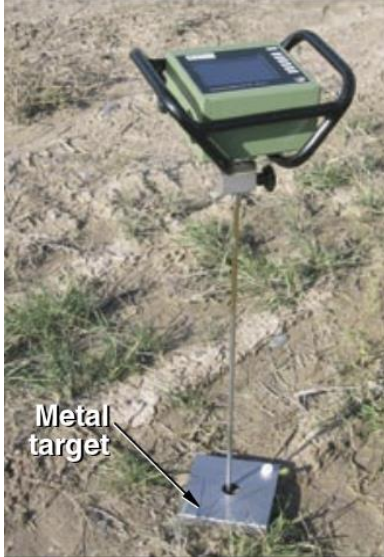
<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Suolo acido	M
	Viola arvensis	Violaceae	Suolo acido	A
	Anagallis arvensis	Primulaceae	Suolo alcalino	A
	Anthemis nobilis syn. Chamaemelum nobilis	Asteraceae	Suolo alcalino	M
	Chenopodium spp.	Chenopodiaceae	Suolo alcalino	M
	Daucus carota	Apiaceae	Suolo alcalino	M
	Lepidium virginicum	Brassicaceae	Suolo alcalino	M
<b>Disponibilità di acqua</b>	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 crusgalli	Graminaceae	Suolo umido	M
	Equisetum arvense	Equisetaceae	Suolo umido	A
	Impatiens pallida	Balsaminaceae	Suolo umido	M
	Lychnis flos-cuculi	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
<b>Compattazione del suolo</b>	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

<b>Caratteristica del suolo</b>	<b>Specie</b>	<b>Famiglia botanica</b>	<b>Tipologia</b>	<b>Affidabilità</b>
<b>Tessitura del suolo</b>	Allium vineale	Liliaceae	Suolo argilloso	M
	Bellis perennis	Asteraceae	Suolo argilloso	M
	Plantago major	Plantaginaceae	Suolo argilloso	A
	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
<b>Fertilità del suolo</b>	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
	Rumex acetosella	Polygonaceae	Fertilità bassa	M
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Fertilità bassa	M



## Resistenza alla penetrazione

Per valutare la resistenza alla penetrazione viene usato il penetrometro, 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.

### *Protocollo Fertilcrop*

Durante il progetto Fertilcrop 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.

*Procedura*

Tabella 22 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 23 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>2</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 N/cm<sup>2</sup> =600 kN/m<sup>2</sup> = 0.6 MPa = 0.6 x 10<sup>6</sup> Pa

## **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) (Ball et al., 2007) e la guida svizzera pubblicata da Hasinger et al. (1993) (Hasinger et al., 1993). 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 segnarle 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 frantumerebbe naturalmente.
- Guarda l'intero campione: vedi strutture e aggregati, una suola di aratura, radici, tane di lombrichi o un cambiamento di colore o odore?

Prendere nota delle tue osservazioni.

##### *Umidità*

- Prendere una porzione dal terreno estratto. Si rompe difficilmente? Quindi è troppo secco.
- Può essere impastato? 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.

Tabella 24 Classificazione del tipo di suolo e 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, leggerment e 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 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.
- 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.

*Criteria per gli aggregati del suolo*

Tabella 25 Criteri per la classificazione degli aggregati del suolo

Forma	Fratture	Tipo di suolo	Aggregati
arrotondata	porose	Da leggero ad intermedio	Briciole
tondeggiante	grossolane	Intermedio	Grumi
angolare	piatte, lucide	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 disgregati.

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



Figura 30 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.
- 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 31 Esame dei frammenti*

#### *Valutazione delle radici*

Devono essere 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.
- Completare l'osservazione descrivendo le strutture e le condizioni delle radici nel campione prelevato.



Figura 32 Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione



Figura 33 Forma della radice a causa della zona compattata

#### *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***

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 n° X) 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](http://www.sruc.ac.uk)

ISARA, 69364 Lyon, France

[www.isara.fr](http://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.

## **ATTIVITÀ DI DISSEMINAZIONE**



**Articolo sul portale online “Terra e Vita”.**

[https://terraevita.edagricole.it/biologico/il-progetto-differ-sostiene-diversita-fertilita-e-resilienza-nel-biologico-e-nel-biodinamico/?fbclid=IwAR2WoN8NQW\\_q0-D--ac7BE\\_\\_jL5zE\\_imHkAoPm5USQO4MmWGQEfZXn0mV6A](https://terraevita.edagricole.it/biologico/il-progetto-differ-sostiene-diversita-fertilita-e-resilienza-nel-biologico-e-nel-biodinamico/?fbclid=IwAR2WoN8NQW_q0-D--ac7BE__jL5zE_imHkAoPm5USQO4MmWGQEfZXn0mV6A)

# 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 coltura
	Biologica	Biodinamica		
Az. Agricola di Montepaldi	Si	No	Toscana	Viti coltura
Az. Agricola Pasquale Amico	Si	Si	Campania	Orto coltura
Az. Agr. Romualdi	Si	No	Toscana	Viti coltura

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*



**Schede tecniche riportate in formato testuale in Allegato 6, nel formato per la divulgazione tra agricoltori e ricercatori**

## 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.

## 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).

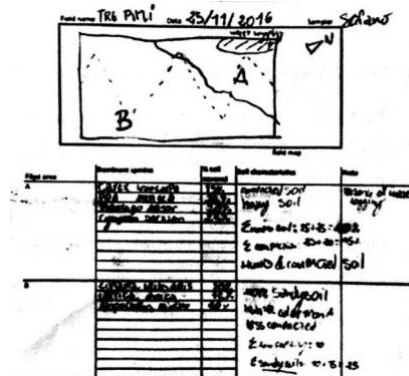


Figura 1 Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi

### Materiale necessario

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

### Lavoro in campo

1 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, identificare 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.

2 Camminare all'interno del campo seguendo uno schema a zig-zag. 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.

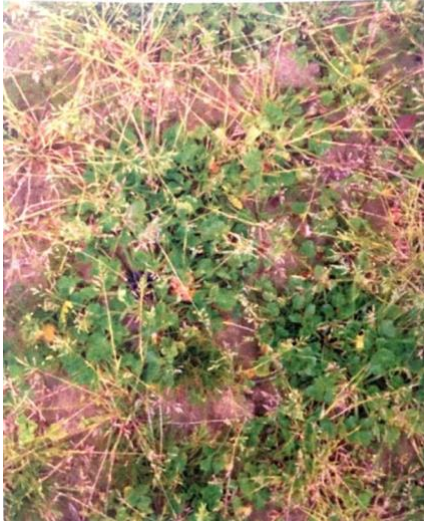


Figura 2 Terreno umido che mostra un'alta presenza di *Poa annua* e *Ranunculus repens*. Foto: Stefano Carlesi

#### 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 parcella per le seguenti caratteristiche:

- Tessitura del suolo

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

4 Controllare se le principali specie trovate nelle parcella 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

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)

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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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><input type="checkbox"/> 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 Carlesì & 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	<input type="checkbox"/> Indica la necessità di modificare le pratiche di lavorazione del terreno (ad esempio impiegando lavorazioni ridotte e / o rippatura)
Fertilità del suolo	<input type="checkbox"/> 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.
--	--

**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 , Maïke Krauss (all FiBL)

**Traduzione**

Andreas Basler (FiBL)

**Bibliografia**

- 1 Raunkiaer, C. (1934). The life forms of plants and statistical plant geography; being the collected papers of C. Raunkiaer.
- 2 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.
- 3 Grime, J. P. (2006). Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem properties. John Wiley & Sons.
- 4 Clements, F. E. (1920). Plants indicators :the relation of plant communities to process and practice (N° . 290). Carnegie institution of Washington.
- 5 Cocannouer , J. (1964). Weeds: guardians of the soil. Devin – Adair.

**Impronta****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)**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	

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	_____			

 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)

---

---

---

---

---

---

---

---


---

---

**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 dell'importanza per la distribuzione di specie di piante sui campi arabili 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 condizioni 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.
- 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 diserbato. 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., & Lengyel, A.( 2012). L'influenza dell'ambiente, della gestione e del contesto del sito sulla composizione delle specie di vegetazione di infestanti arabili estiva in Hungary. *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

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)

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>  
 Accessed 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/oarej/soils\\_weed\\_management.pdf](http://www.ydae.purdue.edu/oarej/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

 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 FertilCrop 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 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 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.



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

2



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 FertilCrop 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 FertilCrop, 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. FertilCrop Scheda Technica. Scaricare su [www.fertilcrop.net](http://www.fertilcrop.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>



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

	<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>5</sup>.</p> <p>* L'uso di erbicidi riduce la popolazione di lombrichi in quanto viene ridotta la disponibilità di residui vegetale (Pfißner, 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 (Pfißner, 2014)<sup>5</sup>.</p>
<b>Categorie ecologiche</b>	<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>	<b>Età dei lombrichi</b>	<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>
		<b>Misure chiave per la promozione dei lombrichi</b>	<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://eussoils.jrc.ec.europa.eu/content/atlante-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

1. 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).
2. Lee, K. E. *The earthworm fauna of New Zealand*. (1959).
3. Lee, K. E. & Foster, R. C. Soil fauna and soil structure. *Soil Res.* **29**, 745–775 (1991).
4. Fründ, H.-C. & Jordan, B. Regenwurmerfassung mit Senf oder Formalin? Versuche zur Eignung verschiedener Senfbereitungen für die Austreibung von Regenwürmern. **6** (2003).
5. Pfiffner, L. Earthworms – Architects of fertile soils. **9** (2014).
6. 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).
7. 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).

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

### 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 Ingegnere 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)

## 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.
- Contentitore 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?

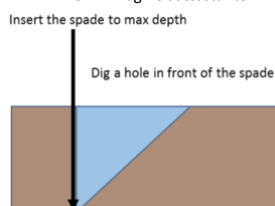
Campionare quando il terreno è umido. Il campione è molto più facile da prendere, se il terreno ha un'umidità ottimale. Se il terreno è troppo secco o troppo umido, può essere difficile distinguere i segnali di scarsa struttura. La primavera e l'autunno sono i momenti migliori dell'anno e ciò consente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

### Dove campionare?

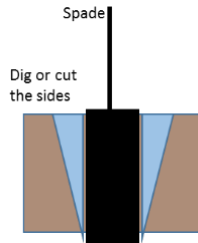
- Fare una passeggiata sul campo da studiare e tracciare una mappa del campo.
- Osservare le aree in cui le piante stanno crescendo bene oppure no, controllare i segni di scorrimento dell'acqua, le tracce delle ruote, dove il trattore effettua le manovre, o le aree che sembrano diverse ad un primo colpo 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

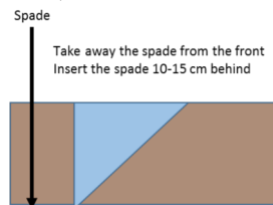
- Dopo avere selezionato l'area di campionamento, definire la parte superiore del blocco che si desidera estrarre sulla superficie del suolo
- Inserire la vanga più profondamente che si può su un lato del blocco di terra da campionare. Premere sulla vanga per inserirla più a fondo. La porzione di suolo 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.



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

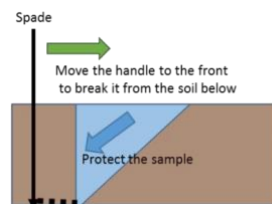


- Quando il blocco è libero da due lati, ripetere l'operazione su un terzo lato

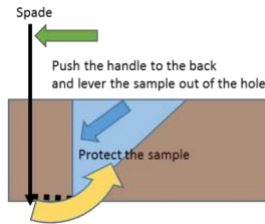


#### Riposizionamento della vanga

- 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 facilmente? 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.



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 $\phi$	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 $\phi$	Terreno intermedio	Franco sabbioso	15-20%
				Franco limoso	20-30%
Non granulare, molto adesivo	Facile da impastare	2mm $\phi$	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 disagregati.

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 & Hiesbach (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).

## 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](http://www.sruc.ac.uk)

ISARA, 69364 Lyon, France  
[www.isara.fr](http://www.isara.fr)

### **Autore**

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)

### **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>	Facile o non facile				
<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 si,	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 si, 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 si	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 80 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.



Developed by JIRIC, Agricultural Research Centre, Copenhagen, Denmark. Email: jiric@jiric.dk  
Bjarne Sørensen, University of Odense, Email: sorenso@jiric.dk  
Tom Ewing, Independent Consultant, Email: te@teconsultants.co.uk  
Lars Munkholm, University of Aarhus, Denmark, Email: lars@agro.au.dk

**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 adhesive layers or clumps of aggregates. If possible separate the soil into natural aggregates and man-made clods. Clods are large, hard, adhesive 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 scores.
<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 scores:
	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 25 cm block with 10 cm depth of loose soil (Sq1) over a more compact (Sq2) layer at 10-25 cm depth, the block score is $(1 \times 10/25 + 2 \times 15/25) = Sq\ 2.2$ .

**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/platey 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

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 I dati climatici rilevati dalla stazione meteorologica dell'azienda Montepaldi.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabella 2 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nell'Azienda Agricola Mascagni Bianca.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 3 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Mascagni Bianca.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 4 Rotazione prevista nei tre anni nell'Azienda Agricola Montepaldi.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabella 5 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Montepaldi.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 6 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 1 con favino (controllo) nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 7 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 2 con letame bocino compostato nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 8 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 3 con letame ovino addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 9 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 4 con letame ovino compostato addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 10 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Agricola Forte Soc. Semplice.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 11 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 1 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso.....</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 12 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 2 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 13 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 3 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 14 Test speditivi presso l'Azienda Agr. Romualdi Tommaso.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabella 15 Cronoprogramma dei seminari previsti nel Task 5.1.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 16 Risultati dell'analisi SIMPER (Gaifami and Pacini, 2017). .....</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 17 Tabella riassuntiva dei risultati attesi per gli obbiettivi posti in esame.....</i>	<i>93</i>
<i>Tabella 18 Confronto dei due metodi di campionamento dei lombrichi.....</i>	<i>134</i>
<i>Tabella 19 Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi.....</i>	<i>140</i>
<i>Tabella 20 Interpretazione dei risultati relativi al campionamento delle erbe infestanti.....</i>	<i>149</i>
<i>Tabella 21 Le diverse specie infestanti utilizzate come bioindicatori, ordinate per le diverse caratteristiche del suolo.....</i>	<i>150</i>
<i>Tabella 22 Procedura per la misurazione della resistenza alla penetrazione del suolo.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabella 23 Misura della resistenza alla penetrazione del suolo in N/m<sup>2</sup> in base al valore del manometro e al diametro dello strumento.....</i>	<i>154</i>
<i>Tabella 24 Classificazione del tipo di suolo e particelle.....</i>	<i>159</i>
<i>Tabella 25 Criteri per la classificazione degli aggregati del suolo.....</i>	<i>160</i>

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1</i>	<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 (Bivand et al., 2020).....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 2</i>	<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>	<i>23</i>
<i>Figura 3</i>	<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>	<i>24</i>
<i>Figura 4</i>	<i>Le gallerie di passaggio dei lombrichi sono facilmente identificabili a causa dell'impronta lasciata dal corpo dell'animale.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5</i>	<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>	<i>25</i>
<i>Figura 6</i>	<i>Disegno sperimentale presso l'Azienda Agricola Montepaldi.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 7</i>	<i>Schema della disposizione dei campi del sito sperimentale.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 8</i>	<i>Servizi ecosistemici forniti dalla natura e dall'agricoltura (MEA).....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 9</i>	<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) (Gaifami et al., n.d.).....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 10</i>	<i>Localizzazione geografica dell'azienda agricola "Montepaldi s.r.l.".....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 11</i>	<i>I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE).....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 12</i>	<i>Veduta panoramica del sito sperimentale.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 13</i>	<i>Esempio di trappola a caduta installata in un appezzamento dei campi sperimentali.....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 14</i>	<i>Strumenti utilizzati per il collocamento delle trappole.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 15</i>	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO nell'immagine a sinistra, e nel CO nell'immagine di destra.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 16</i>	<i>Posizionamento delle trappole nel prato stabile.....</i>	<i>89</i>
<i>Figura 17</i>	<i>Anatomia di un lombrico. È ben visibile il clitello.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura 18</i>	<i>Movimento dei lombrichi tramite setole poste su ogni anello del suo corpo.....</i>	<i>96</i>
<i>Figura 19</i>	<i>Distribuzione geografica di <i>H. pretiosa</i> e <i>H. samnitica</i>.....</i>	<i>98</i>
<i>Figura 20</i>	<i>Igrometro con sonda ML3 per la misura dell'umidità volumetrica del suolo.....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 21</i>	<i>I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE).....</i>	<i>111</i>
<i>Figura 22</i>	<i>Veduta panoramica del sito sperimentale.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 23</i>	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO.....</i>	<i>112</i>
<i>Figura 24</i>	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti CO.....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 25</i>	<i>distribuzione delle trappole nel prato (PR).....</i>	<i>114</i>

<i>Figura 26 Durante il freddo invernale e la siccità estiva i lombrichi di profondità rimangono arrotolati e inattivi (ibernazione, periodi di stasi). Foto: K. Huber</i>	136
<i>Figura 27 La soluzione di senape viene versata nel foro e viene misurata l'infiltrazione. Foto: D. Antichi</i>	138
<i>Figura 28 Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi</i>	145
<i>Figura 29 Terreno umido che mostra un'alta presenza di Poa annua e Ranunculus repens. Foto: Stefano Carlesi</i>	146
<i>Figura 30 Rottura del blocco</i>	160
<i>Figura 31 Esame dei frammenti</i>	161
<i>Figura 32 Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione</i>	162
<i>Figura 33 Forma della radice a causa della zona compattata</i>	162



## BIBLIOGRAFIA

- Andersen, A., 1997. Using Ants as bioindicators: Multiscale Issues in Ant Community Ecology. *Conservation Ecology* 1. <https://doi.org/10.5751/ES-00014-010108>
- Ball, B.C., Batey, T., Munkholm, L.J., 2007. Field assessment of soil structural quality – a development of the Peerlkamp test. *Soil Use and Management* 23, 329–337. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2007.00102.x>
- Bàrberi, P., Bocci, G., Carlesi, S., Armengot, L., Blanco-Moreno, J.M., Sans, F.X., 2018. Linking species attributes to agroecosystem services: a functional analysis of weed communities 58, 76–88. <https://doi.org/10.1111/wre.12283>
- Biagini, B., Barbuto, M., Zullini, A., n.d. Bioindicatori della qualità del suolo 24.
- Bivand, R., Keitt, T., Rowlingson, B., Pebesma, E., Sumner, M., Hijmans, R., Rouault, E., Warmerdam, F., Ooms, J., Rundel, C., 2020. rgdal: Bindings for the “Geospatial” Data Abstraction Library.
- Blüthgen, N., Gebauer, G., Fiedler, K., 2003. Disentangling a rainforest food web using stable isotopes: dietary diversity in a species-rich ant community. *Oecologia* 137, 426–435. <https://doi.org/10.1007/s00442-003-1347-8>
- Bouché, M.B., 1971. Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des écosystèmes, illustrées par le rôle pedobiologique des vers de terre., in: *La Vie Dans Les Sols*. Pesson, P., Paris.
- Brandmayr, P., Pizzolotto, R., 1994. I Coleotteri Carabidi come indicatori delle condizioni dell’ambiente ai fini della conservazione. *Atti Congresso nazionale italiano di Entomologia* 17, 13–18.
- Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens, L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.W., Brussaard, L., 2018. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry* 120, 105–125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>
- Caprio, E., Nervo, B., Isaia, M., Allegro, G., Rolando, A., 2015. Organic versus conventional systems in viticulture: Comparative effects on spiders and carabids in vineyards and adjacent forests. *Agricultural Systems* 136, 61–69. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2015.02.009>
- clitello in Vocabolario - Treccani [WWW Document], n.d. URL <http://www.treccani.it/vocabolario/clitello> (accessed 2.27.20).
- Curry, J.P., 1993. *Grassland Invertebrates: Ecology, influence on soil fertility and effects on plant growth*. Springer Science & Business Media.
- Feest, A., Cardoso, P., 2012. The comparison of site spider “biodiversity quality” in Portuguese protected areas. *Ecological Indicators* 14, 229–235. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.08.015>
- Folgarait, P.J., 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7, 1221–1244. <https://doi.org/10.1023/A:1008891901953>
- Fründ, H.-C., Jordan, B., 2003. Regenwurmfassung mit Senf oder Formalin? Versuche zur Eignung verschiedener Senfzubereitungen für die Austreibung von Regenwürmern 6.
- Gaifami, T., Bruschi, P., Pacini, G.C., Santoni, M., n.d. FunBies, a Model for Integrated Assessment of Functional Biodiversity of Weed Communities in Agro-ecosystems.
- Gaifami, T., Pacini, G., 2017. Influence in time and space of non-crop elements with associated functional traits on biocontrol, within the Montepaldi Long-Term Experiment, Tuscany. *Organic Eprint*.

- Goodman, S.N., Fanelli, D., Ioannidis, J.P.A., 2016. What does research reproducibility mean? *Science Translational Medicine* 8, 341ps12-341ps12. <https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aaf5027>
- Grime, J.P., 2006. *Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties*.
- Hasinger, G., Marendaz, E., Keller, L., Neyroud, J.-A., Vökt, U., Weisskopf, P., 1993. *Bodenbeurteilung im Feld*. Forschungsinstitut für biologischen Landbau FiBL, Frick.
- Hölldobler, B., Wilson, E.O., 1990. *The Ants*.
- Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner, n.d. Earthworm sampling.
- Joséphine Peigné, Kathrin Huber & Lukas Pfiffner, n.d. Earthworm sampling.
- Kromp, B., 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74, 187–228. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00037-7](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00037-7)
- La pressione dei patogeni: l'influenza dei lombrichi [WWW Document], n.d. URL <http://www.aboutplants.eu/portal/cms/content-fitopatologia/2098-la-pressione-dei-patogeni-linfluenza-dei-lombrichi.html> (accessed 2.27.20).
- L'affascinante mondo dei lombrichi, 2014. . BioMaUrbano. URL <http://www.biomaurbano.it/laffascinante-mondo-dei-lombrichi/> (accessed 2.27.20).
- Lebas, C., Galkowski, C., Blatrix, R., Wegnez, P., 2019. Guida alle formiche d'Europa [WWW Document]. Ricca Editore. URL <https://riccaeditore.it/products/guida-alle-formiche-deuropa-lebas-blatrix-galkowski-wegnez> (accessed 8.3.20).
- Lee, K. E., 1959. *The earthworm fauna of New Zealand*. Wellington.
- Lee, K., Foster, R., 1991. Soil fauna and soil structure. *Soil Res.* 29, 745. <https://doi.org/10.1071/SR9910745>
- Lee, K.E., Foster, R.C., 1991. Soil fauna and soil structure. *Soil Res.* 29, 745–775. <https://doi.org/10.1071/sr9910745>
- Lumbricus rubellus*, 2019. . Wikipedia.
- Maeder, P., Fliessbach, A., Dubois, D., Gunst, L., Fried, P., Niggli, U., 2002. Soil Fertility and Biodiversity in Organic Farming. *Science* 296, 1694–1697. <https://doi.org/10.1126/science.1071148>
- Masoni, A., Frizzi, F., Brühl, C., Zocchi, N., Palchetti, E., Chelazzi, G., Santini, G., 2017. Management matters: A comparison of ant assemblages in organic and conventional vineyards. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 246, 175–183. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.05.036>
- ML3 user manual version 1.0F.pdf, n.d.
- MoLTE | Ricerca | DAGRI: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali - UniFI [WWW Document], n.d. . [www.dagri.unifi.it](http://www.dagri.unifi.it). URL <https://www.dagri.unifi.it/p473.html> (accessed 7.22.20).
- MoLTE - Ricerca - DAGRI: Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agrarie, Alimentari Ambientali e Forestali - UniFI [WWW Document], n.d. . [www.dagri.unifi.it](http://www.dagri.unifi.it). URL <https://www.dagri.unifi.it/p473.html> (accessed 2.27.20).
- Nazzi, F., Paoletti, M.G., Lorenzoni, G.G., 1988. Il ruolo delle siepi negli agroecosistemi friuliani. Considerazioni su alcuni invertebrati. *Thalassia Salentina* 18, 457-479–479. <https://doi.org/10.1285/i15910725v18p457>

- Niemela, J., Kotze, J., Ashworth, A., Brandmayr, P., Desender, K., New, T., Penev, L., Samways, M., Spence, J., 2000. The search for common anthropogenic impacts on biodiversity: a global network 7.
- Offenberg, J., 2015. REVIEW: Ants as tools in sustainable agriculture. *Journal of Applied Ecology* 52. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12496>
- Omodeo, P., 1948. Il letargo nei Lombrichi. *Bolletino di zoologia* 15, 11–18. <https://doi.org/10.1080/11250004809440053>
- Omodeo, P., Rota, E., n.d. Earthworm Diversity and Land Evolution in Three Mediterranean Districts. *PROCEEDINGS OF THE CALIFORNIA ACADEMY OF SCIENCES* 59, 21.
- Paoletti, M.G., 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators 19.
- Paoletti, M.G., Sommaggio, D., Fusaro, S., 2013. Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui Lombrichi e applicato agli Agroecosistemi 20.
- Paoletti, M.G., Sommaggio, D., Fusaro, S., n.d. Proposta di Indice di Qualità Biologica del Suolo (QBS-e) basato sui Lombrichi e applicato agli Agroecosistemi 20.
- Peigne, J., Gautronneau, Y., Vian, J.F., Achard, P., Chignier-Riboulon, M., Ruffe, L., Vaskou, C., 2016. Spade test [WWW Document]. URL <https://orgprints.org/32099/> (accessed 7.22.20).
- Pereira, J.L., Picanço, M.C., Silva, A.A. da, Barros, E.C. de, Silva, R.S. da, Galdino, T.V. da S., Marinho, C.G.S., 2010. Ants as environmental impact bioindicators from insecticide application on corn. *Sociobiology* 55, 153–164.
- Permittività elettrica, 2020. . Wikipedia.
- Piñol, J., Ribes, E., Ribes, J., Espadaler, X., 2012. Long-term changes and ant-exclusion effects on the true bugs (Hemiptera: Heteroptera) of an organic citrus grove. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 158, 127–131. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.06.004>
- R Core Team, 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Rainio, J., Niemelä, J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12, 487–506. <https://doi.org/10.1023/A:1022412617568>
- Rushton, S.P., Luff, M.L., Eyre, M.D., 1989. Effects of Pasture Improvement and Management on the Ground Beetle and Spider Communities of Upland Grasslands. *Journal of Applied Ecology* 26, 489–503. <https://doi.org/10.2307/2404076>
- Santos, S.A.P., Cabanas, J.E., Pereira, J.A., 2007. Abundance and diversity of soil arthropods in olive grove ecosystem (Portugal): Effect of pitfall trap type. *European Journal of Soil Biology* 43, 77–83. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.10.001>
- Svensson, B.H., Boström, U., Klemmedtson, L., 1986. Potential for higher rates of denitrification in earthworm casts than in the surrounding soil. *Biol Fert Soils* 2, 147–149. <https://doi.org/10.1007/BF00257593>
- Underwood, E.C., Fisher, B.L., 2006. The role of ants in conservation monitoring: If, when, and how. *Biological Conservation* 132, 166–182. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.03.022>
- Vejdovsky, F., 1892. Ueber die Encyeterung von Aelosoma und der Regenwürmer. Ueber die Encyeterung von Aelosoma und der Regenwürmer. *Zool. Anz.*, 15.
- Venturino, E., Isaia, M., Bona, F., Issoglio, E., Triolo, V., Badino, G., 2006. Modelling the spiders ballooning effect on the vineyard ecology. <http://dx.doi.org/10.1051/mmnp:2006008> 1. <https://doi.org/10.1051/mmnp:2006008>

Walvoort, D., Brus, D., Gruijter, J. de, 2020. spcosa: Spatial Coverage Sampling and Random Sampling from Compact Geographical Strata.