

**RENDICONTAZIONE SCIENTIFICA
DEL SECONDO SEMESTRE DEL
PROGETTO DIFFER (ID19),
PERIODO DI RIFERIMENTO
14 LUGLIO 2020-13 GENNAIO 2021.**

INDICE

<i>Rendicontazione scientifica del secondo semestre del progetto DIFFER (ID19), periodo di riferimento 14 luglio 2020-13 gennaio 2021.</i>	1
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.....	33
<i>Programma di sperimentazione in azienda (Allegato 1)</i>	37
Ricerca in Azienda Agr. Mascagni Bianca	41
Ricerca in Azienda Agr. Montepaldi.....	45
Ricerca in Azienda Agr. Forte Soc. Semplice.....	49
Ricerca in Azienda Agr. Romualdi Tommaso	57
Ricerca in Az. Agr. Amico Bio e Az. Agr. Amico Pasquale	63
Ricerca in Cooperativa Vitulia.....	75
Piano riassuntivo delle sperimentazioni in azienda.....	77
<i>Cronoprogramma dei workshop pianificati nelle aziende (Allegato 2)</i>	85
Cronoprogramma dei workshop pianificati nelle aziende.....	87
Allegato 2A	89
<i>Linee guida per l'implementazione delle pratiche agroecologiche nei sistemi agro-zoo-forestali della collina interna appenninica (Allegato 3)</i>	
.....	97
Allegato 3A	101
Allegato 3B	103
<i>Extended Summaries di quattro tesi di laurea (Allegato 4)</i>	105
Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Tatiana Ercoli.....	107
Tesi di Laurea Magistrale del Dott. Giovanni Pomi	125
Tesi di Laurea Triennale del Dott. Mattia Lancioli.....	145
Risultati preliminari della Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Andrea Alexandra Cannarozzo.....	181
<i>Proposta di Dottorato in Scienze Agrarie e Ambientali (Allegato 5)</i>	191
Proposta di tutoraggio per il XXXVI corso di Dottorato	193
Titolo della proposta	193
Progetto di ricerca della proposta di tutoraggio	197
Descrizione delle risorse disponibili o acquisibili per supportare l'attività prevista per il dottorando	203
Progetto di ricerca di dottorato.....	205
<i>Schede tecniche divulgative (Allegato 6)</i>	213
Campionamento dei lombrichi.....	215
Specie infestanti come bioindicatori della fertilità del suolo: come campionare e utilizzare i dati	227
Resistenza alla penetrazione.....	239
Test della vanga per valutare la struttura del suolo.....	241

<i>Protocollo per la preparazione del Cumulo Biodinamico (Allegato 7)</i>	<i>251</i>
<i>Stakeholder group (Allegato 8)</i>	<i>259</i>
<i>Indice delle tabelle</i>	<i>265</i>
<i>Indice delle figure</i>	<i>267</i>
<i>Bibliografia</i>	<i>271</i>

RENDICONTAZIONE SCIENTIFICA DEL SECONDO SEMESTRE DEL
PROGETTO DIFFER (ID19), PERIODO DI RIFERIMENTO
14 LUGLIO 2020-13 GENNAIO 2021.

Introduzione

Anche nel secondo 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.

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 e secondo 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;*

- *Purtroppo, il MIPAAF non ha risposto ad una serie di messaggi PEC che servivano al coordinamento per comprendere se alcune misure migliorative o sostitutive intraprese andavano nella direzione gradita dal Committente; in assenza di risposte del MIPAAF abbiamo applicato una sorta di meccanismo di silenzio/assenso, sperando che il Ministero ci esponga al più presto i propri desiderata*

- *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; A tal riguardo, fino ad adesso (termine del secondo semestre) il Coordinatore non ha ricevuto comunicazione con convocazione alla riunione sopra menzionata.*

- (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.
 - Nel mese di ottobre è stato effettuato il meeting plenario di progetto con gran successo di partecipazione di tutti partner, manifestatosi anche tramite la presenza costante di circa 30 collegamenti individuali o di piccoli gruppi, inclusa la presenza graditissima di una funzionaria del MIPAAF (Dott.ssa Riveccio); il programma dell'incontro plenario di progetto è riportato nell'**Allegato 3B**; l'incontro è stato registrato.
- (c) agire come punto di contatto con il MIPAAF 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.

- *Lo stakeholder group è stato formato durante l'incontro plenario di progetto.*

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

- *Lo stakeholder group è stato formato durante l'incontro plenario di progetto. E' stato deciso di aumentare la capacità di partecipazione del progetto identificando anziché un unico stakeholder group di progetto, un insieme di quattro gruppi; dei quattro gruppi tre sono a carattere regionale e sono impegnati nelle fasi di modellizzazione di sistemi agro-zoo-forestali sostenibili adattati alle aree collinari di Calabria, Campania e Toscana; il quarto gruppo è nazionale e sarà impegnato nella fase di validazione dei*

modelli regionali; la lista dei partecipanti ai quattro stakeholder group è riportata in Allegato 8.

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;*
- *L'incontro plenario di progetto previsto al mese 2 è stato effettuato al mese 9 per ritardi connessi al Covid come spiegato in precedenza.*

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*

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 P₂O₅ 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 63. 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.

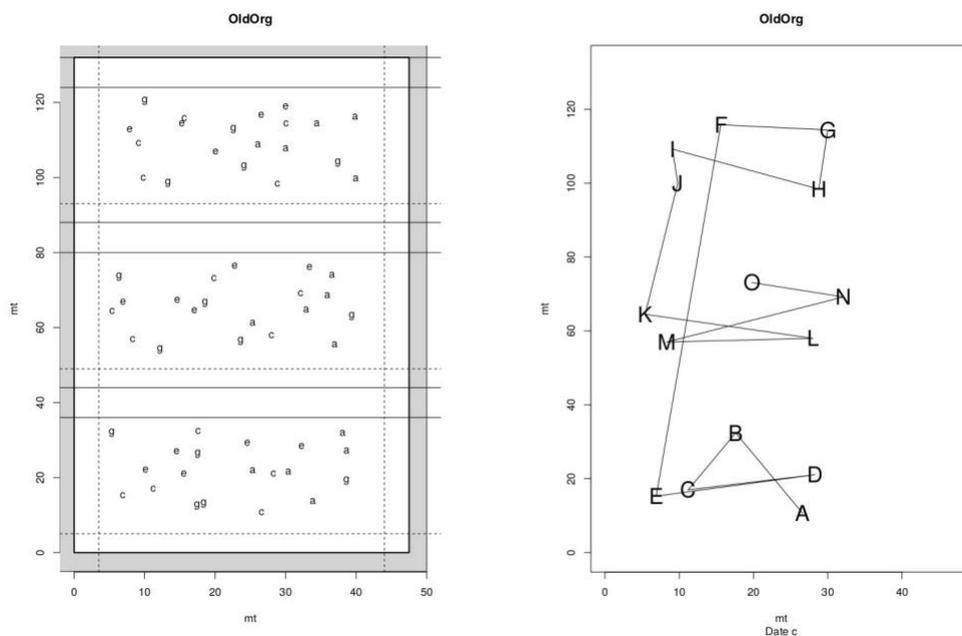


Figura 2 Campionamento randomizzato per i lombrichi. A sinistra: ogni lettera minuscola indica una data di campionamento. A destra: ogni lettera maiuscola indica la sequenza temporale di campionamento per la data "c"

	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

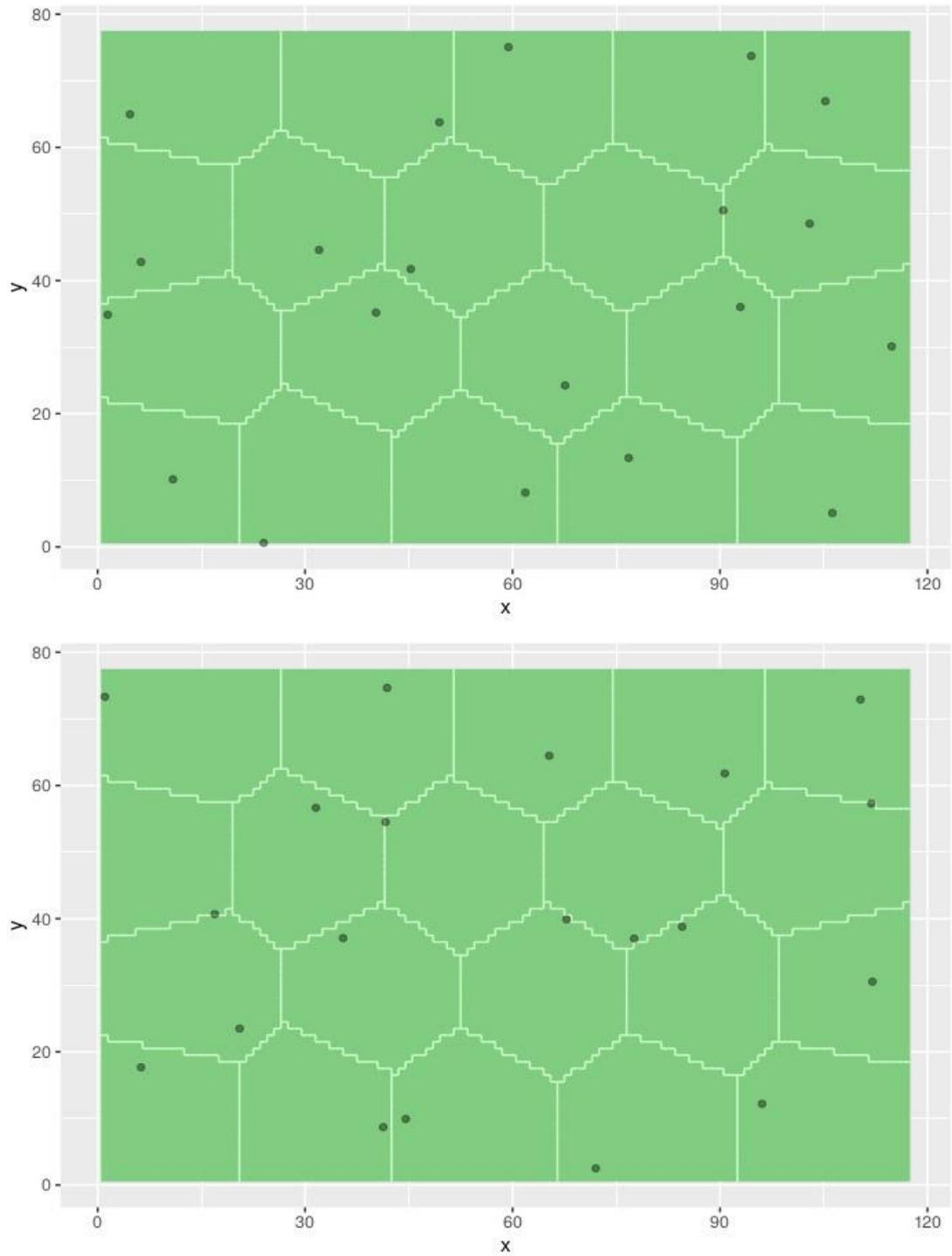


Figura 5 La suddivisione spaziale del campionamento. Ogni perimetro racchiude un'area equivalente e il punto ha coordinate casuali entro il perimetro. I numeri si riferiscono non a dimensioni bensì a superfici quadrate di 34 cm di lato

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	
24/03/2020	7,9	0	SI
30/03/2020	11,6	1	
31/03/2020	7,4	1,5	
06/04/2020	14,5	0	SI
13/04/2020	16,1	1,2	
14/04/2020	13,9	2	
20/04/2020	13,9	15,1	
21/04/2020	12,1	2	SI
28/04/2020	13,6	21,1	
29/04/2020	15,3	0,2	SI
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)

Per lo svolgimento delle attività, con Decreto del Direttore del Dipartimento Scienze per l'economia e l'impresa n° 11002 del 2020, è stato emesso bando per assegno di ricerca per le esigenze del programma di ricerca “Valutazione dell'impatto economico e sociale dell'agricoltura biodinamica. Analisi comparativa di tecniche di produzione agroecologiche”.

Per il raggiungimento dell'importo necessario a costituire l'assegno di ricerca, il DISEI ha cofinanziato con fondi propri per €8.786,76 in aggiunta all'importo di €18.000,00 previsti dal progetto. A seguito di selezione, l'assegno della durata di 1 anno, rinnovabile per 6 mesi, è stato conferito alla dr.ssa Valentina Carlà Campa. L'attività dell'assegnista è iniziata a partire da 1° dicembre 2020 conformemente a quanto previsto dal cronoprogramma di progetto.

Con il supporto dell'assegnista, l'attività di progetto si svolgerà attraverso lo sviluppo di due task rispettivamente dedicati alla valutazione degli impatti economici e degli impatti sociali determinati attraverso indicatori impiegati per la valutazione degli impatti a livello “micro”, selezionati fra set di indicatori presenti in letteratura (Fao-SAFA, INEA, CREA). Questi indicatori saranno impiegati per valutare l'impatto socioeconomico delle pratiche sullo status quo aziendali e fra aziende che adottino pratiche differenziate nell'ambito dei sistemi agroecologici e convenzionali.

Valutazione dell'impatto economico delle aziende agricole partner (Task 1):

Le valutazioni saranno effettuate attraverso il confronto tra le redditività che caratterizzano i processi produttivi biologici, biodinamici e convenzionali. In questa fase di lavoro si utilizzerà lo strumento del bilancio economico per quantificare le voci di passivo ed attivo dei processi produttivi testati dal progetto, analizzando la struttura dei costi e dei ricavi che caratterizzano i diversi modelli di produzione. Le fasi principali dell'attività riguarderanno:

- raccolta dati ed analisi dei costi di produzione delle colture e degli allevamenti per ogni azienda analizzata.
- analisi dei costi di trasformazione delle diverse tipologie di letame.
- raccolta dati sui canali di commercializzazione, quote e prezzi relativi (premium price) dei prodotti aziendali e di quelli proposti.
- valutazione dell'impatto potenziale sul reddito netto aziendale delle partiche proposte.
- saranno inoltre analizzati la PLV/consumi intermedi, VAn/SAU, VAn/ULT
- verranno inoltre raccolti i dati relativi alla diversificazione e alla multifunzionalità della azienda attraverso valutazione della composizione della PLV rispetto ai diversi processi di produzione aziendale (strutture di trasformazione e vendita gestite o cogestite direttamente, vendita diretta, didattica, agricoltura sociale, coproduzione).

Valutazione dell'impatto sociale aziende agricole partner (Task 2):

Su questi aspetti verranno raccolti dati riferiti alle aziende considerate con particolare riferimento a:

- occupazione agricola (ULT/SAU)
- presenza di giovani nella conduzione aziendale,
- presenza di donne nella conduzione aziendale,
- livello di istruzione,
- networking aziendali,
- partecipazione a reti alimentari alternative (AFN), a filiere corte
- sistemi innovativi di gestione e organizzazione dei processi di produzione,
- attività di promozione del territorio locale, (partecipazione ad eventi culturali e della tradizione).
- attività di agricoltura sociale, didattica etc.

Metodologia adottata

Adozione di un data set attraverso il quale raccogliere i dati descrittivi aziendali e quelli economici per la rilevazione dei costi variabili colturali, di allevamento e di produzione delle diverse tipologie di letame. La raccolta dati avviene attraverso interviste telefoniche e dove possibile attraverso sopralluogo in azienda.

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)

**PROGRAMMA DI SPERIMENTAZIONE
IN AZIENDA
(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)

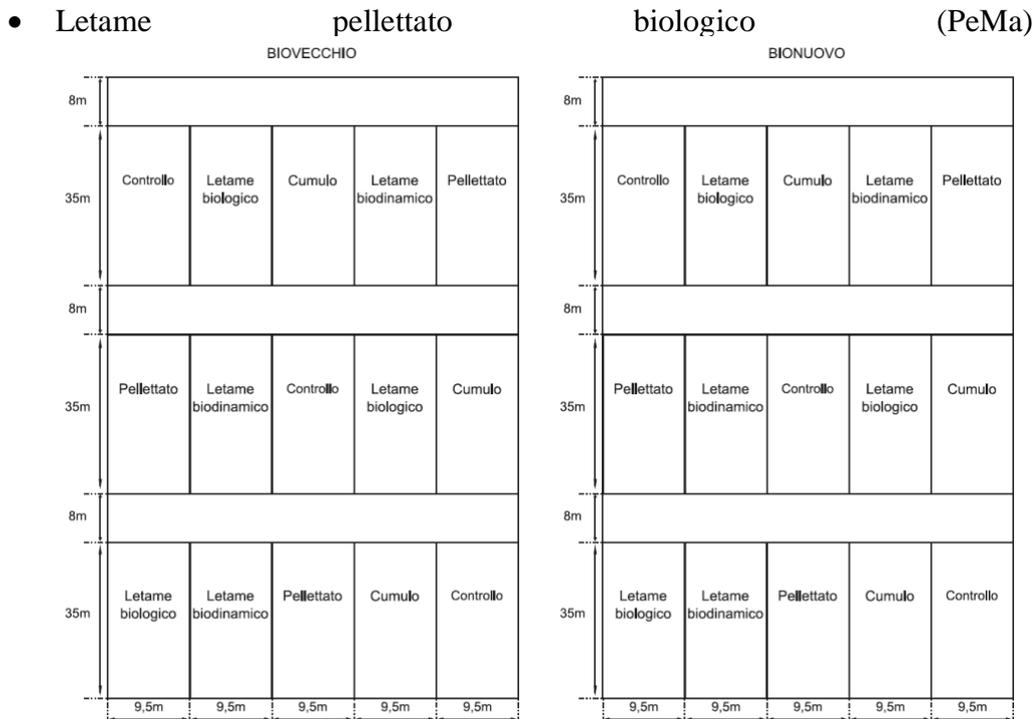


Figura 6 Disegno sperimentale presso l'Azienda Agricola Montepaldi. Note: Biovecchio: sistema biologico stabile - dal 1991 è condotto secondo il metodo dell'agricoltura biologica secondo il Reg. CE 2092/91 e successivo Reg. 834/08. Bionuovo: sistema biologico nuovo - condotto secondo il metodo dell'agricoltura 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 bocino 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.

Aggiornamento: 15/10/2020

Anno	Stagione	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3	Gruppo 4
Anno 1	Primavera	COLTURA DA RINNOVO Semina in Aprile-Maggio a seconda del tipo di coltura	GRANO DURO +TRIFOGLIO Trasemina Trifoglio in Marzo	TRIFOGLIO	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)
	Estate	COLTURA DA RINNOVO	GRANO DURO +TRIFOGLIO Raccolta Grano Duro in Luglio Sfalcio Trifoglio in Agosto	TRIFOGLIO Raccolta Trifoglio in Luglio	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)
	Autunno	GRANO DURO Semina Grano Duro in Novembre	TRIFOGLIO	MISCUGLIO DA SOVESCIO Solo il letame non è sufficiente. Semina prato in Ottobre-Novembre	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)
Anno 2	Primavera	GRANO DURO +TRIFOGLIO Trasemina Trifoglio in Marzo	TRIFOGLIO	COLTURA DA RINNOVO Semina in Aprile-Maggio a seconda del tipo di coltura	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)
	Estate	GRANO DURO +TRIFOGLIO Raccolta Grano Duro in Luglio Sfalcio Trifoglio in Agosto	TRIFOGLIO Raccolta Trifoglio in Luglio	COLTURA DA RINNOVO	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)
	Autunno	TRIFOGLIO	MISCUGLIO DA SOVESCIO Solo il letame non è sufficiente. Semina prato in Ottobre-Novembre	GRANO DURO Semina Grano Duro in Novembre	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)
Anno 3	Primavera	TRIFOGLIO	COLTURA DA RINNOVO Semina in Aprile-Maggio a seconda del tipo di coltura	GRANO DURO + ERBA MEDICA Trasemina Erba medica in Marzo	COLTURA DA RINNOVO Semina in Aprile-Maggio a seconda del tipo di coltura
	Estate	TRIFOGLIO Raccolta Trifoglio in Luglio	COLTURA DA RINNOVO	GRANO DURO + ERBA MEDICA Raccolta Grano Duro in Luglio	COLTURA DA RINNOVO
	Autunno	MISCUGLIO DA SOVESCIO Solo il letame non è sufficiente. Semina prato in Ottobre-Novembre	GRANO DURO Semina Grano Duro in Novembre	ERBA MEDICA (RIPOSO - FUORI ROTAZIONE)	GRANO DURO Semina Grano Duro in Novembre

Figura 7: Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione nell'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice

Seguendo la rotazione colturale aziendale, la sperimentazione interesserà i gruppi 1,2,3 all'interno dei quali 1 campo per gruppo sarà destinato all'allestimento di una parcella sperimentale di 1 ha (50x200 m). Per facilitare le operazioni colturali le parcelle verranno allestite nel senso della lunghezza dei campi ad una distanza di 5 metri dal bordo campo. All'interno della parcella che ospiterà la coltura da rinnovo verranno testate 4 tesi che occuperanno 2500 m² di superficie ciascuna secondo lo schema a pagina seguente.

Tabella 11: Inserimento delle diverse tesi di concimazione organica all'interno della rotazione colturale presso l'Azienda Agr. Forte Soc. Semplice

ANNO	Gruppo 1	Gruppo 2	Gruppo 3
1	T1	Frumento Duro	Trifoglio
	T2	+	
	T3	Trifoglio	
	T4		
2	Frumento Duro	Trifoglio	T1
	+		T2
	Trifoglio		T3
			T4
3	Trifoglio	T1	Frumento Duro
		T2	+
		T3	Erba Medica
		T4	

Legenda: T1: letame ovino; T2: letame ovino + miscuglio da sovescio (Benedettelli); T3: miscuglio da sovescio (Benedettelli); T4: controllo

Campi oggetto di sperimentazione :

- proposta 1
 - gruppo 1: campo 8
 - gruppo 2: campo 11
 - gruppo 3: campo 3
- proposta 2
 - gruppo 1: campo 9
 - gruppo 2: campo 13
 - gruppo 3: campo 3

Test speditivi per la valutazione della fertilità del suolo:

in ogni parcella saranno effettuati i seguenti test:

- test della vanga;
- numerosità di lombrichi;
- resistenza alla penetrazione;

Per la coltura da rinnovo ed il grano duro sarà inoltre testata la *produttività* della coltura

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 12 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 13 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 14 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 15.

Tabella 15 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.

Ricerca in Az. Agr. Amico Bio e Az. Agr. Amico Pasquale

Linee guida per l'allestimento del disegno sperimentale

Descrizione del contesto pedo-climatico

La sperimentazione si svolgerà sia in pieno campo, sia in coltura protetta rispettivamente nei terreni delle aziende *Amico Bio* e *Amico Pasquale*. In entrambe le aziende il terreno, originato da sedimenti vulcanici è molto fertile e sciolto con una classe tessiturale riconducibile al sabbioso-limoso. Nell'area oggetto di sperimentazione il clima è temperato, con periodi estivi di siccità e inverni piovosi, ma con temperature miti. La temperatura media annuale di Capua è 15.4 °C, mentre la piovosità media annuale è di 907 mm concentrati soprattutto nel mese di novembre (fonte: <https://it.climate-data.org/europa/italia/campania/capua-14139/>).



Figura 8: Appezamenti dell'azienda Amico Bio con coltivazioni pacciamate con biofilm (in alto) e scerbate e sarchiate manualmente (in basso)

Scopo della sperimentazione – Opzione 1

La sperimentazione avrà inizio nell'autunno 2020 (inizio stimato per la prima metà di ottobre) ed in entrambe le aziende lo scopo sarà quello di incrementare la biodiversità e sfruttarne gli effetti benefici sulle colture realizzando delle

strisce inerbite seminate ai margini dei campi e, dove possibile, nell'interfila della coltura principale. La striscia inerbita verrà consociata alle liliacee e brassicacee coltivate e di essa verranno testate e valutate le seguenti funzioni: repellente nei confronti di insetti dannosi per le colture; rifugio e habitat per gli insetti utili sia per l'impollinazione sia per il biocontrollo; produttiva, in quanto alcune specie che andranno a comporre il miscuglio possiedono proprietà fitofarmaceutiche e contengono sostanze con azione insetticida, fungicida e nematocida; di strutturazione del terreno da parte degli apparati radicali; estetica.

Criteri di selezione del miscuglio per la semina in ottobre

Le specie da seminare sono state scelte in base a: a) scopo della sperimentazione; b) compatibilità con il contesto pedo-climatico; c) epoca di semina. Per soddisfare i tre criteri di selezione la ricerca delle specie si è strutturata a partire dalle pubblicazioni relative al progetto Co.Al.Ta. (Colture Alternative al Tabacco: RegCEE2182/02) pubblicate su *Il Naturalista Campano* a partire dal 2007. L'oggetto del progetto Co.Al.Ta era lo studio delle proprietà etnobotaniche di specie coltivate e spontanee Campane che potevano rappresentare un'alternativa alla coltivazione del tabacco divenuta ormai marginale. Il miscuglio di specie che viene di seguito proposto soddisfa i tre criteri di selezione e rappresenta la base per gli studi sull'implementazione della biodiversità in azienda previsti dal progetto DIFFER

Composizione del miscuglio – Opzione 1

Daucus carota (o *Carota selvatica*):



Figura 9: Infiorescenza ad ombrello di *Daucus carota*

- Descrizione: specie originaria della parte meridionale dell'Eurasia, ma oggi diffusa nelle zone temperate di tutto il mondo. La carota selvatica

e una pianta erbacea a ciclo biennale appartenente alla famiglia delle Apiaceae (o Ombrelliferae) con apparato radicale fittonante. La pianta ha una grossa rosetta basale di foglie, da cui si ergono i lunghi fusti che terminano con lo scapo florale. Il periodo di fioritura si estende da maggio a luglio

- Densità di semina: 35 piante/m² (distanza di semina 6x6 cm)
- Funzioni: pianta trappola per le cimici attratte dall'infiorescenza ad ombrella, funzione rifugio e habitat per insetti utili, proprietà fitofarmaceutiche e officinali di foglie, semi e radici (cicatrizzanti, diuretiche e digestive)
- Svantaggi: se non controllata adeguatamente, la carota selvatica per la sua rusticità e adattabilità può diventare infestante

Artemisia annua (Assenzio annuale):



Figura 10: Parte epigea di Artemisia Annuata

- Descrizione: specie eurasiatica di origine steppica, ormai ampiamente diffusa anche altrove in ambienti disturbati ma da noi piuttosto rara ed effimera, presente in Italia come pianta avventizia, con ampie lacune. Cresce in ambienti ruderali, lungo le vie, in incolti ghiaiosi e sabbiosi, dal livello del mare ai 500 m circa. Artemisia annua è una pianta erbacea a ciclo annuale appartenente alla famiglia delle Asteraceae con apparato radicale fittonante.
- Densità di semina: 5-6 piante/m² (distanza di semina 30x50 cm)
- Funzioni: fitoestratti ad azione bio-fumigante, repellente e insetticida nei confronti di Coleotteri, Ditteri, Rincoti e Lepidotteri (per maggiori dettagli consultare *Vicidomini 2008*). Inoltre, fitoestratti di Artemisia

hanno dimostrato azione citotossica nei confronti di molti generi di funghi tra cui alcuni dannosi per le colture oggetto della sperimentazione del progetto DIFFER come il genere *Alternaria*

- Svantaggi: Come le altre specie congeneri, contiene il tossico thujone. Da valutare l'effetto negativo dell'azione bio-fumigante sui microorganismi utili nel lungo periodo

Sinapis alba (*Senape bianca*):



Figura 11: Fioritura di *Sinapis alba* in pieno campo

- Descrizione: La senape bianca è una pianta annua appartenente alla famiglia delle Cruciferae, a una distribuzione eurimediterranea ed è presente con tre sottospecie in quasi tutte le regioni d'Italia (sembra mancare allo stato spontaneo nelle regioni nord-occidentali). Cresce spontanea in campi di cereali, incolti e ruderi, al di sotto della fascia montana inferiore, ma spesso viene anche coltivata. Presenta un apparato radicale fittonante
- Densità di semina: 6-7 piante/m² (distanza di semina 30x30)
- Funzioni: proprietà fitofarmaceutiche e officinali, attrattiva per gli insetti utili. Azione biocida e mobilitazione del fosforo da parte degli essudati radicali
- Svantaggi: effetto negativo dell'azione biocida nel lungo periodo

Ruta graveolens (Ruta comune):

Figura 12: Esempio di aiuola seminata con *Ruta graveolens*

- Descrizione: la ruta comune è una specie dell'Europa sudorientale presente come pianta spontanea o avventizia in tutte le regioni dell'Italia continentale salvo che in Valle d'Aosta. Cresce nei prati aridi, nei macereti e negli orli di boschi termofili, in siti caldi e assolati, su suoli di solito calcarei, poco profondi e ricchi in scheletro, aridi d'estate, con optimum al di sotto della fascia montana. E' una piante erbacea perenne appartenente alla famiglia delle Rutaceae con apparato radicale composto da radici fibrose che affondano in profondità nel terreno
- Densità di semina: 4-5 piante/m² (distanza di semina 40x40 cm)
- Funzioni: proprietà fitofarmaceutiche. In linea con gli scopi della sperimentazione verrà testato il potenziale effetto insettifugo di Ruta comune nei confronti di afidi ed altri insetti dannosi per le colture
- Svantaggi: La ruta è tossica per il contenuto in furocumarine e rutarine e per gli alcaloidi chinolonici presenti nell'olio essenziale dall'odore sgradevole; assunta a dosi eccessive provoca gravi disturbi, con esiti anche letali. Gli oli essenziali possono provocare reazioni fotoallergiche in persone sensibili che hanno toccato la pianta in giorni assolati. Si può riscontrare difficoltà di germinazione in caso di semina autunnale in quanto l'ottimo di temperatura per la germinazione è 18-20 °C.

Scopo della sperimentazione – Opzione 2

La sperimentazione nell'ambito del progetto DIFFER in entrambe le aziende avrà lo scopo di incrementare la biodiversità e sfruttarne gli effetti benefici sulle colture realizzando delle strisce inerbite seminate ai margini dei campi e, dove possibile, nell'interfila della coltura principale. La striscia inerbita verrà consociata a liliacee e brassicacee coltivate e di essa verranno testate e valutate le seguenti funzioni:

- *repellente e/o pianta trappola* nei confronti di insetti dannosi per le colture;
- *bioindicatrice* di malattie fungine;
- *rifugio e habitat* per gli insetti utili sia per l'impollinazione sia per il biocontrollo;
- *produttiva*, in quanto alcune specie che andranno a comporre il miscuglio possiedono proprietà fitofarmaceutiche e contengono sostanze con azione insetticida, fungicida e nematocida;
- *estetica*.

Selezione delle specie per la costituzione delle strisce inerbite seminate – Opzione 2

La ricerca nella letteratura scientifica si è concentrata sull'individuazione di specie erbacee con funzione di *pianta trappola* per gli insetti dannosi alle colture e *bioindicatrice* di malattie fungine ed è stata condotta attraverso il motore di ricerca Web of Science (WoS) dal 1985 al 2020. I risultati della ricerca per le colture target e le loro principali avversità sono riassunti nella seguente tabella. E' necessario precisare che, vista l'assenza di dati su specie erbacee con funzione bioindicatrice nei confronti del fungo patogeno *Alternaria brassicae*, la strategia è stata quella di cercare specie appartenenti alla famiglia delle brassicacee molto sensibili ad *Alternaria* così da testarne la funzione di modello previsionale in campo per la coltura principale.

Tabella 16: Specie selezionate per la costituzione delle striscie inerbite

Coltura principale	Avversità	Specie bioindicatrice	Piante trappola
Cipollotto (<i>Allium cepa</i> L.)	Triptide della cipolla (Thrips tabaci)		Cotone (<i>Gossypium</i>)
			Grano saraceno (<i>Fagopyrum esculentum</i>), Facelia (<i>Phacelia tanacetifolia</i>)
			Carota (<i>Daucus carota</i>), Cavolo africano (<i>Cleome gynandra</i>)
Cavolfiori (<i>Brassica oleracea</i>)	Cavolaia maggiore (<i>Pieris brassicae</i>)		Cavolo d'Abissinia (<i>Brassica carinata</i> A. Braun)
Cavolfiori (<i>Brassica oleracea</i>)	Alternariosi (<i>Alternaria brassicae</i>)	Colza (<i>B. napus</i> cv Hyola 450 TT)	
		Colza (<i>B. napus</i> cv CBTM Tribune)	
		Senape indiana (<i>B. juncea</i> genotipo Seeta)	

Reperibilità della semente ed epoca di semina – Opzione 2*Cotone (Gossypium):*

- epoca di semina: da febbraio a maggio
- dose di semina: 15-20 kg/ha
- quantità necessaria: 10 kg

Grano saraceno (Fagopyrum esculentum)

- epoca di semina: primavera inoltrata
- dose di semina: 50 kg/ha
- quantità necessaria: 25 kg

Facelia (Phacelia tanacetifolia)

- epoca di semina: fine estate e primavera

- dose di semina: 10 kg/ha
- quantità necessaria: 5 kg

Carota (Daucus carota)

- epoca di semina: gennaio, febbraio, marzo, aprile, maggio, giugno
- dose di semina: 200.000 pz.
- quantità necessaria: 150.000 pz

Cavolo africano (Cleome gynandra)

- epoca di semina: nd
- dose di semina: nd
- quantità necessaria: nd

Cavolo d'Abissinia (Brassica carinata A. Braun)

- epoca di semina: autunno
- dose di semina: 12-15 kg/ha
- quantità necessaria: 7 kg

Colza (B. napus cv Hyola 450 TT)

- epoca di semina: autunno
- dose di semina: 70 piante/m²
- quantità necessaria: 20 piante/m²

Colza (B. napus cv CBTM Tribune)

- epoca di semina: autunno
- dose di semina: 70 piante/m²
- quantità necessaria: 20 piante/m²

Senape indiana (B. juncea genotipo Seeta)

- epoca di semina: autunno
- dose di semina: 70 piante/m²

- quantità necessaria: 20 piante/m²

Realizzazione delle strisce inerbite

Azienda Amico Bio (pieno campo):

- colture principali: Cipollotto (o Cipolla d'inverno) e crucifere;
- composizione miscuglio: *Daucus carota*, *Artemisia annua*, *Ruta graveolens* e *Sinapis alba*;
- dimensioni strisce inerbite ai margini del campo: 2 m x lunghezza campo, nel margine sinistro o destro;



Figura 13: Disposizione della striscia inerbita ai margini del campo

- dimensioni strisce inerbite nell'interfila: 1 m x lunghezza campo. La striscia sarà seminata tra le file binate pacciamate del cipollotto, sostituendo una fila binata ogni due con la striscia inerbita. Saranno realizzate 3 strisce inerbite interfilari (si veda la tabella 1 del presente documento);



Figura 14: Disposizione delle strisce inerbite nell'interfila

- Permanenza in campo delle strisce inerbite: la striscia inerbita sarà sfalciata/interrata o mantenuta a seconda delle necessità in termini di spazio e rotazioni colturali di concerto con il responsabile aziendale.
- Considerazioni generali: la superficie da destinare alla sperimentazione non dovrà interferire con la programmazione lineare aziendale, quindi potrà essere diminuita in funzione di questo aspetto fondamentale.

Azienda Amico Pasquale (coltura protetta):

- colture principali: fiori eduli e crucifere;
- composizione miscuglio: *Daucus carota*, *Artemisia annua*, *Ruta graveolens*, *Sinapis alba*;
- dimensioni strisce inerbite: anche in questo caso, considerando una superficie totale in coltura protetta di 2 Ha, la disposizione delle strisce inerbite deve essere valutata insieme al responsabile aziendale in modo che le strisce marginali ed interfilari non alterino la programmazione lineare aziendale.
- Permanenza in campo delle strisce inerbite: la striscia inerbita sarà sfalciata/interrata o mantenuta a seconda delle necessità in termini di spazio e rotazioni colturali di concerto con il responsabile aziendale.

- Considerazioni generali: la sperimentazione in coltura protetta si incentrerà sulla funzione rifugio ed habitat, sulla azione fumigante e la potenziale azione antifungina delle specie che costituiscono il miscuglio

Superficie da destinare alla sperimentazione

Azienda Amico Bio (pieno campo):

Tabella 17: Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in pieno campo

Sezioni del campo	Totale larghezza strisce (m)	Totale lunghezza strisce (m)	Totale m ²
marginie	2	300	600
interfila	3	300	900
totale mq occupati			1.500

Tabella 18: Superficie totale da destinare alla sperimentazione in pieno campo

Descrizione	Numero campi sperimentazione	Totale m ² occupati
semina autunnale	4	6.000
semina primaverile*	3	4.500
Totale	7	10.500

**da definire composizione del miscuglio ed epoca di semina*

*Azienda Amico Pasquale (coltura protetta)**Tabella 19: Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in coltura protetta*

Sezioni del campo	Totale larghezza strisce (m) *	Totale lunghezza strisce (m) *	Totale m ² *
marginie			
interfila			
totale mq occupati			

* *Da definire in base alle disponibilità aziendali**Tabella 20: Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in coltura protetta*

Descrizione	Numero campi sperimentazione **	Totale m2 occupati **
semina autunnale		
semina primaverile		
Totale		

** *Da definire in base alle disponibilità aziendali*

Ricerca in Cooperativa Vitulia***Piano di sperimentazione per i tre anni di progetto (2020-2023)***

Aggiornamento: 01/12/2020

Tabella 21: Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nella Cooperativa Vitulia

ANNO	Parcella 0,5 ha		Parcella 0,5 ha		Parcella 0,5 ha		Parcella 0,5 ha
1	Lupinella + 501 Primaverile	Filare Di Olivi	Lupinella + 501 Estivo	Filare Di Olivi	Controllo (Prato Spontaneo)	Filari Di Olivi	Controllo (Prato Spontaneo)
2	Lupinella + 501 Primaverile		Lupinella + 501 Estivo		Controllo (Prato Spontaneo)		Controllo (Prato Spontaneo)
3	Patata Viola		Patata Viola		Patata Viola + Letame Ovino		Patata Viola + Letame Ovino

Test speditivi per la valutazione della fertilità del suolo:

In ogni parcella saranno effettuati i seguenti test:

- test della vanga;
- numerosità di lombrichi;
- resistenza alla penetrazione;
- utilizzo delle specie infestanti come bioindicatori;
- produttività delle colture

Piano riassuntivo delle sperimentazioni in azienda

Tabella 22: Piano riassuntivo dei programmi di ricerca nelle Aziende partner

AZIENDA	REGIONE/ GESTIONE	ORDINA- MENTO PRODUT- TIVO	SISTEMA COLTURALE	COLTURE TARGET	OGGETTO DELLA SPERIMENTAZIONE	TESI A CONFRONTO	INDICATORI UTILIZZATI
Az. Agricola di Montepaldi (Campi sperimentali <i>MoLTE - Montepaldi Long Term Experiment</i>)	Toscana/ Biologica	viti-olivicolo- cerealicolo	seminativo	Grano tenero antico	Diversificazione colturale; Fertilità del suolo	T1: letame biodinamico; T2: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica con aggiunta di preparati biodinamici; T3: letame bovino umido proveniente da allevamento biologico; T4: letame pellettato biologico; T5: controllo (nessuna pratica)	Analisi chimico-fisiche del suolo; Analisi microbiologiche e del suolo; Test della vanga; Lombrichi come bioindicatori; Specie infestanti come bioindicatori; Resistenza alla penetrazione; Produttività delle colture

Az. Agricola Forte	Toscana/ Biodinamica	viti-olivicolo- cerealicolo- zootecnico	seminativo	Coltura da rinnovo	Diversificazione culturale; Fertilità del suolo	T1: Letame ovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica con aggiunta di preparati biodinamici; T2: Letame ovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica con aggiunta di preparati biodinamici + sovescio multispecie; T3: sovescio multispecie; T4: controllo (nessuna pratica)	Test della vanga; Lombrichi come bioindicatori; Resistenza alla penetrazione; Produttività delle colture
--------------------	-------------------------	---	------------	--------------------	--	---	---

Az. Agricola Amico Bio	Campania/ Biodinamica	orticolo- olivicolo- cerealicolo	orticolo in pieno campo	Cipolla invernale; Cavolfiore	Implementazione della biodiversità	T1: strisce inerbite seminate con funzione di: piante trappola per insetti dannosi chiave; bioindicatori di malattie fungine; T2: controllo (nessuna pratica)	Numero di piante colpite; Entità del danno arrecato
Az. Agricola Amico Pasquale	Campania/ Biodinamica	ortofloricolo	ortofloricolo in coltura protetta	Cipolla invernale; Cavolfiore; Fiori eduli	Implementazione della biodiversità	T1: strisce inerbite seminate con funzione di: piante trappola per insetti dannosi chiave; bioindicatori di malattie fungine; T2: controllo (nessuna pratica)	Numero di piante colpite; Entità del danno arrecato

Az. Agricola Mas cagni Bianca	Toscana/ Biologica	cerealicolo- olivicolo	seminativo	Grano tenero antico; Grano duro antico	Diversificazione colturale; Fertilità del suolo	T1: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica; T2: letame pellettato biologico; T3: controllo (nessuna pratica)	Test della vanga; Lombrichi come bioindicatori; Resistenza alla penetrazione; Specie infestanti come bioindicatori; Produttività delle colture
-------------------------------------	-----------------------	---------------------------	------------	--	---	--	---

Az. Agricola Poggio La Tana di Romualdi To mmaso	Toscana/ Biologica	viti-olivicolo- cerealicolo	agroforestale (oliveto + seminativo)	Grano tenero antico; Patate cv locali;	Diversificazione colturale; Fertilità del suolo	T1: letame bovino umido proveniente da allevamento aziendale a conduzione biologica con aggiunta di preparati biodinamici; T2: letame bovino umido proveniente da allevamento biologico; T3: controllo (nessuna pratica) nota: parte della sperimentazione in sistema agroforestale (olivo)	Test della vanga; Lombrichi come bioindicatori; Resistenza alla penetrazione; Specie infestanti come bioindicatori; Produttività delle colture
---	-----------------------	--------------------------------	--	--	---	--	---

Cooperativa Vitulia	Calabria/ Biodinamica	olivicolo- cerealicolo- ortofrutticolo	agroforestale (oliveto + seminativo)	Patate cv. locali; lupinella;	Diversificazione colturale; Fertilità del suolo	T1: lupinella biennale + applicazione del preparato biodinamico 501 in estate; T2: lupinella biennale + applicazione del preparato biodinamico 501 a fine inverno- inizio primavera; T3: patata + letame ovino biologico T4: controllo (nessuna pratica) nota: tutti i trattamenti in sistema agroforestale (olivo)	Test della vanga; Lombrichi come bioindicatori; Resistenza alla penetrazione; Specie infestanti come bioindicatori; Produttività delle colture
---------------------	--------------------------	--	--	-------------------------------------	---	---	---

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

Cronoprogramma dei workshop pianificati nelle aziende

Tabella 23 Cronoprogramma dei seminari previsti nel Task 5.1

Titolo	Sede	Date previste
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 dell'allevamento e diversificazione colturale in un'azienda biodinamica agro-zoo-forestale	Az. Agr. Podere Forte -Toscana	Febbraio 2021
Una review sulla ricerca scientifica in agricoltura biodinamica. Il contributo della sperimentazione dell'azienda agricola universitaria Montepaldi	Az. Agr. Montepaldi - Toscana	Marzo 2021
Co-progettazione di sistemi agrozooforestali sostenibili per la collina interna toscana	Az. Agr. L'Orto del Vicino – Toscana	Maggio 2021
<i>Bioreport 2019 (RRN). Sviluppi del biodinamico in Italia e all'estero le richieste del mercato.</i> A cura della Prof.ssa Ginevra Lombardi (DISEI-UNIFI)	DISEI - Università di Firenze	Settembre 2021
Co-progettazione di sistemi agrozooforestali sostenibili per le aree collinari della Calabria	Coop Vitulia - Calabria	Inverno 2021-2022
Co-progettazione di sistemi agrozooforestali sostenibili in Campania Felix	Az. Agr. Pasquale Amico – Campania	Inverno 2021-2022
Co-progettazione di accordi territoriali per il riciclo della sostanza organica tra aree urbane e aree rurali	Az. Agr. Amico Bio - Campania	Inverno 2021-2022
Presentazione dei risultati della ricerca ottenuti nell'ambito del progetto DIFFER	Da definire	Da definire

Allegato 2A

Programma del primo seminario tenuto online nel dicembre 2020



Sabato 12 dicembre 2020

WEBINAR

PRATICHE AGROECOLOGICHE PER LA CONSERVAZIONE DEL SUOLO E MISURE DI CONDIZIONALITA' DELLA POLITICA AGRICOLA COMUNITARIA/AGROECOLOGICAL PRACTICES FOR SOIL CONSERVATION AND CAP CROSS-COMPLIANCE

Link: <https://meet.google.com/jpz-jyex-ooe>

Organizzatore operativo/Operative organizer: *Lorenzo Ferretti*, socio di Agroecology Europe, Agroecology Europe Youth Network e Agroecology Italy/member of Agroecology Europe, Agroecology Europe Youth Network and Agroecology Italy. Contatti/Contact: lorenzo.ferretti@unifi.it +39 339 8785945

Coordinatore/Chairman: *Gaio Cesare Pacini*, socio di Agroecology Europe e Vice-Presidente di Agroecology Italy/ member of Agroecology Europe, Vice-President of Agroecology Italy

PROGRAMMA/PROGRAMME

09.15-09.30 **SALUTO DEI RAPPRESENTANTI DEI PROGETTI/WELCOME**

Valentina Carlà Campa, APAB
Gaio Cesare Pacini, Università di Firenze/*University of Florence*
Paola Migliorini, Agroecology Europe

09.30-10.30 **VISITA AZIENDALE (video) E CONFRONTO CON L'AGRICOLTORE/FARM VISIT (VIDEO) AND DISCUSSION WITH THE FARMER**



Azienda Agricola "La Scoscesa", progettata in permacultura situata nel Comune di Gaiole in Chianti/*A permaculture farming example in Chianti*. Riprese a cura di Marco Fratoddi

10.30-11.30 **VISITA AZIENDALE (video) E CONFRONTO CON L'AGRICOLTORE /FARM VISIT (VIDEO) AND DISCUSSION WITH THE FARMER**



Podere "Le Cinciole", azienda agricola vitivinicola biologica a Panzano in Chianti/ "*Le Cinciole*" organic farm in Chianti. Riprese a cura di Marco Fratoddi





This conference was organised with the financial support of the LIFE Operating Grant for NGOs of the European Commission

Agli iscritti all'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori forestali verranno rilasciati i crediti formativi professionali



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DISEI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
ECONOMICHE E POLITICHE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
AGRICOLE, AMBIENTALI E FORESTALI

**BIO-DISTRETTO
DEL CHIANTI**



SESSIONE 1/SESSION 1

11.30-11.50 INTRODUZIONE E PRESENTAZIONE DEL BIO-DISTRETTO DEL CHIANTI/
WELCOME AND PRESENTATION OF THE CHIANTI ORGANIC DISTRICT

Monica Coletta, Associazione Italiana Agricoltura Biologica, AIAB/ *Italian association of organic agriculture (AIAB)*

11.50-12.10 PRATICHE AGROECOLOGICHE PER LA CONSERVAZIONE DEL SUOLO IN VIGNETO/
AGROECOLOGICAL SOIL CONSERVATION PRACTICES FOR VINEYARD MANAGEMENT

Ruggero Mazzilli, Stazione Sperimentale per la Viticoltura SPEVIS/*The Experimental Station for Viticulture SPEVIS*

12.10-12.30 MISURE DI CONDIZIONALITÀ O UN NUOVO MODELLO DI AGRICOLTURA PER LA CONSERVAZIONE DEL SUOLO? IL RUOLO DELLA PAC/
CROSS-COMPLIANCE MEASURES OR A BRAND NEW MODEL OF AGRICULTURE TO PROMOTE SOIL CONSERVATION? THE ROLE OF COMMON AGRICULTURAL POLICY

Benedetto Rocchi, DISEI-Università degli Studi di Firenze/*University of Florence*

12.30-13.00 DISCUSSIONE/*DISCUSSION*

Pausa pranzo/lunch break

SESSIONE 2/SESSION 2

14.10-14.30 PRATICHE AGROECOLOGICHE PER LA CONSERVAZIONE DEL SUOLO IN SISTEMI COLTURALI ERBACEI E AGROFORESTALI
AGROECOLOGICAL SOIL CONSERVATION PRACTICES IN ARABLE CROPS AND AGROFORESTRY

Gaio Cesare Pacini, DAGRI-Università degli Studi di Firenze/*University of Florence*

14.30-14.50 RE-INNOVAZIONE BASATA SULLA COLTURA PROMISCUA/
RE-INNOVATION BASED ON TRADITIONAL MEDITERRANEAN AGROFORESTRY SYSTEMS

Vittorio Cintolesi, Presidente Comitato Promotore Distretto Biologico di Carmignano/*Organic district of Carmignano*

14.50-15.10 TERRAZZAMENTI E MURI A SECCO NELLA PROVINCIA DI FIRENZE/
TERRACES AND DRY STONE WALLS IN THE PROVINCE OF FLORENCE

Paolo Baldeschi, DIDA-Università degli Studi di Firenze/*University of Florence*



Regione Toscana



mipaaf
Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali



Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali

This conference was organised with the financial support of the LIFE Operating Grant for NGOs of the European Commission

Agli iscritti all'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori forestali verranno rilasciati i crediti formativi professionali



15.10-15.30 PASSATO, PRESENTE E FUTURO DELLE PRATICHE AGROECOLOGICHE IN CHIANTI/*PAST, PRESENT AND FUTURE OF THE AGROECOLOGICAL PRACTICES IN CHIANTI*

Roberto Stucchi-Prinetti, Agricoltore, Presidente Bio-Distretto del Chianti/
President of the Organic district of Chianti

15.30-16.00 DISCUSSIONE/*DISCUSSION*

SESSIONE 3/SESSION 3

16.00-16.20 CARMIGNANO, UNA COMUNITA' IN TRANSIZIONE ECOLOGICA/*THE ECOLOGICAL TRANSITION OF THE CARMIGNANO COMMUNITY*

Edoardo Prestanti, Sindaco del Comune di Carmignano/*Mayor of the Municipality of Carmignano*

16.20-16.40 STATO E PROSPETTIVE DELL'AGRICOLTURA BIOLOGICA IN TOSCANA/*STATE AND PERSPECTIVES OF ORGANIC AGRICULTURE IN TUSCANY*

Alberto Bencistà, Presidente Toscana Bio, Responsabile Toscana FederBio/
President of ToscanaBio, Responsible person for FederBio in Tuscany

16.40-17.00 STATO E PROSPETTIVE DELL'AGRICOLTURA BIOLOGICA IN ITALIA/*STATE AND PERSPECTIVES OF ORGANIC AGRICULTURE IN ITALY*

Maria Grazia Mammuccini, Presidentessa di FederBio/*President of FederBio*

17.00-17.30 DISCUSSIONE/*DISCUSSION*

CONCLUSIONI/ FINAL WRAP UP AND CONCLUSION

17.30-18.00 COMMENTI CONCLUSIVI DA UNA PROSPETTIVA EUROPEA/*CONCLUDING REMARKS FROM A EUROPEAN PERSPECTIVE*

Paola Migliorini, Presidente Agroecology Europe, Univ. Sc. Gastronomiche/
President of Agroecology Europe



Regione Toscana



This conference was organised with the financial support of the LIFE Operating Grant for NGOs of the European Commission

Agli iscritti all'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori forestali verranno rilasciati i crediti formativi professionali



PROGETTI COINVOLTI/INVOLVED PROJECT

Il progetto DIFFER/ The DIFFER Project

“Diversità, fertilità e resilienza in sistemi agrozooforestali sostenibili”, finanziato dal MIPAAF, ha come obiettivo definire pratiche agro-ecologiche per l’implementazione della sostenibilità in sistemi agro-zoo-forestali biodinamici e biologici mediterranei basati su vite e olivo. Coinvolge oltre all’Università di Firenze, l’Associazione per l’Agricoltura Biodinamica, l’agenzia formativa APAB, 8 agricoltori in Toscana, Campania e Calabria, professionisti agronomi, Coldiretti e Demeter/ “Diversity, fertility and resilience of agro-forestry systems” (National project funded by the Ministry for Agriculture and Forestry Policies; 2020-2023). DIFFER is aimed to define agro-ecological practices to enhance the sustainability of organic and biodynamic agro-forestry systems. Eight organic and biodynamic farms located in central and southern Italy are involved in the project. One of the above mentioned farms is the experimental farm of the University of Florence where the agro-ecological practices will be tested and validated

Il progetto VALBIOAGRI/ The VALBIOAGRI Project

Progetto interamente finanziato nell’ambito della Sottomisura 1.2 “Sostegno ad attività dimostrative e azioni di informazione” del Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Toscana, VALBIOAGRI è finalizzato alla divulgazione dell’innovazione di processo e di prodotto nel campo dell’agroecologia intesa come attuazione dei metodi agricoli certificati, biologico e biodinamico, in un contesto di uso razionale delle risorse. Gli obiettivi preposti saranno perseguiti attraverso la realizzazione di convegni, seminari ed altri strumenti di disseminazione in relazione ad aree tematiche quali diffusione dell’innovazione, condizionalità in agricoltura, misure agroambientali di gestione di acqua, suolo, energia, biodiversità e paesaggio per la mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici. VALBIOAGRI coinvolge l’agenzia formativa APAB (Capofila), Università di Firenze, Biodistretto della Valdichiana, Coordinamento Toscano Produttori Biologici, Associazione Bartola, AP Software – Agenzia Formativa, Associazione Nazionale Comuni Italiani/ Project fully financed within the Rural Development Plan 2014-2020 for the Tuscany Region. VALBIOAGRI is aimed at the dissemination of process and product innovation in the field of agroecology as the implementation of certified, organic and biodynamic agricultural methods.

Il progetto LIFE/ The LIFE project

The LIFE Operating Grant for NGO aims at co-financing the operating costs of European environmental NGOs in relation to their activities that involve contributing to the implementation and/or development of EU environmental policy and legislation in Europe

APPROFONDIMENTI/ INSIGHTS

Cos’è la cross-compliance/ What is cross-compliance?

Il termine Condizionalità (cross-compliance in inglese) si riferisce all’insieme di regole introdotte a partire dal 2003 che ogni agricoltore beneficiario di contributi messi a disposizione dalla Politica Agricola Comune (PAC) è tenuto a rispettare. gli impegni di condizionalità sono divisi in Criteri di Gestione Obbligatoria (CGO) e Buone Condizioni Agronomiche e Ambientali (BCAA). I CGO, denominati anche "Atti" nella normativa italiana, fanno riferimento a normativa europea già esistente, Direttive o Regolamenti, mentre le BCAA, denominate "Norme", sono elencate in relazione a obiettivi di salvaguardia, mantenimento e protezione del suolo agricolo, introdotti dal regolamento stesso. Seppure l’ottemperanza da parte degli agricoltori che usufruiscono dei contributi PAC è obbligatoria, molti agricoltori non ne conoscono nemmeno l’esistenza, pregiudicando l’efficacia di spesa dei fondi pubblici in termini di risultati ambientali/



Regione Toscana



This conference was organised with the financial support of the LIFE Operating Grant for NGOs of the European Commission

Agli iscritti all’Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori forestali verranno rilasciati i crediti formativi professionali



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DISEI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
ECONOMICHE



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
AGRICOLE, AMBIENTALI E FORESTALI

**BIODISTRETTO
DELCHIANTI**



In order to receive EU income support, farmers must respect a set of basic rules. The interplay between this respect for rules and the support provided to farmers is called cross-compliance. Rules farmers are expected to comply with include:

- *statutory management requirements, these apply to all farmers whether or not they receive support under the common agricultural policy (CAP);*
- *good agricultural and environmental conditions, these apply only to farmers receiving support under the CAP.*

Farmers violating EU law on environmental, public and animal health, animal welfare or land management will have their EU support reduced and may face other penalties. Through cross-compliance, farmers are encouraged to comply with high European Union standards for public, plant, and animal health and welfare. Cross-compliance plays a role in making European farming more sustainable

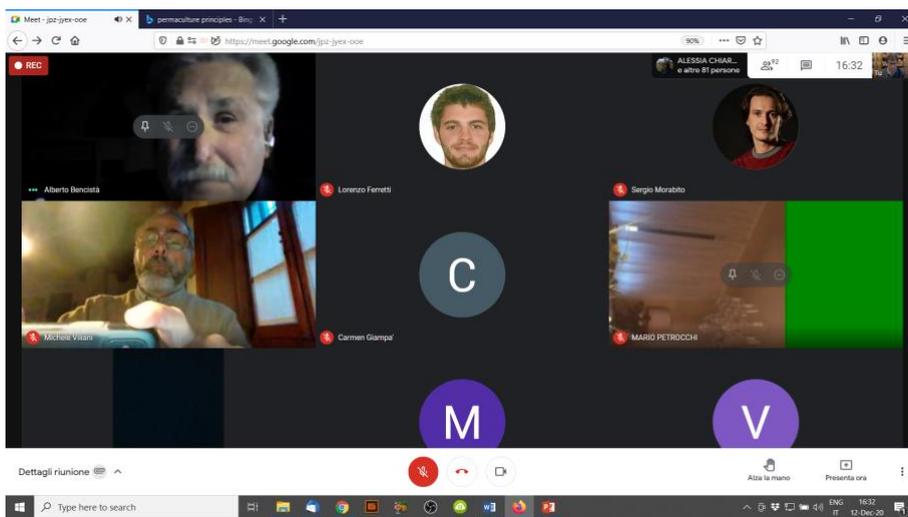
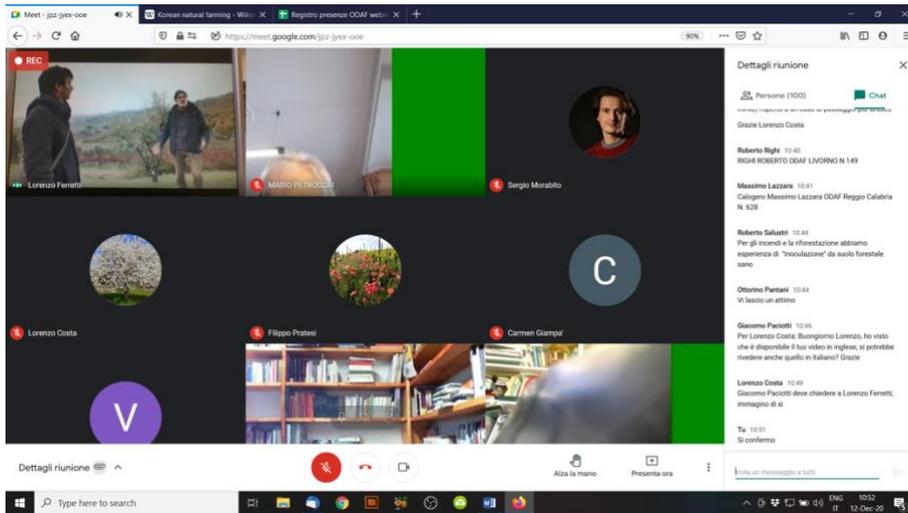


Regione Toscana



This conference was organised with the financial support of the LIFE Operating Grant for NGOs of the European Commission

Agli iscritti all'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori forestali verranno rilasciati i crediti formativi professionali





**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 GINEVRA VIRGINIA LOMBARDI	DISEI - UNIFI	gvlombardi@unifi.it	<i>gvlombardi</i>
2 OROLOGIO PANTANI	DAGRI - UNIFI	ocpantani@unifi.it	<i>[Signature]</i>
3 CARLA CAMPA VALENTINA	PER ASS. PER L'AGR. BD	valentina.vignini@apab.it	Valentina Carla Campa
4 ELISABETTA BUGELLI	DAGRI UNIFI	elisebetta.bugelli@unifi.it	<i>[Signature]</i>
5 SAIO CESARE PACINI	DAGRI - UNIFI	giacomo.pacini@unifi.it	<i>[Signature]</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			

Allegato 3B

Programma dell'incontro plenario di progetto.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



13-14 novembre 2020

PROGETTO DIFFER - DIVERSITÀ, FERTILITÀ E RESILIENZA IN SISTEMI AGROZOOFORESTALI SOSTENIBILI

I° meeting di progetto

VENERDI' 13 NOVEMBRE

09.00-09.30 **REGISTRAZIONE**

09.30-10.00 **WP1**

PRESENTAZIONE DEL RAPPORTO DI RENDICONTAZIONE
SCIENTIFICA

Cesare Pacini, *coordinatore wp1*

10.00-11.00 **WP3 (T.3.1-T.3.2-T.3.3-T.5.3)**

DESCRIZIONE DEL DISEGNO SPERIMENTALE DEL MOLTE E DEL PIANO
DI SPERIMENTAZIONE NELLE AZIENDE PREVISTO DAL PROGETTO
DIFFER

Margherita Santoni, *dottoranda di ricerca DIFFER*

Ottorino-Luca Pantani, *coordinatore wp3*

Lorenzo Ferretti, *borsista di ricerca DIFFER*

Carlo Viti, *co-coordinatore wp3*

Matteo Daghio, *assegnista di ricerca UNIFI-DAGRI*

11.00-13.00 **WP5 (T.5.1-T.5.2)**

FOCUS GROUP DI CO-PROGETTAZIONE E MODELLIZZAZIONE DI
SISTEMI AGROZOO-FORESTALI BIODINAMICI E BIOLOGICI
SOSTENIBILI E SPERIMENTAZIONE NELLE AZIENDE

Carlo Triarico, *coordinatore wp5*

Sandro Stoppioni, *co-coordinatore wp5 (Lorenzo Ferretti, borsista di ricerca
DIFFER)*

13.00-14.30 **Pausa pranzo**

14.30-15.00 **WP4**

PROGRAMMAZIONE DELLE ATTIVITA' DI RICERCA SU VALU-
TAZIONE SOCIO ECONOMICA DELLE PRATICHE AGROECOLOGICHE
BIODINAMICHE E BIOLOGICHE

Ginevra Lombardi, *coordinatrice wp4*



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



15.00-17.00 **WP1**

COSTITUZIONE DELLO STAKEHOLDER GROUP PER LA VALIDAZIONE
DEI MODELLI AZIENDALI BIODINAMICI E BIOLOGICI

Cesare Pacini, *coordinatore wp1*

17.00-18.30 **DISCUSSIONI**

SABATO 14 NOVEMBRE

09.30-10.30 **WP3**

PRIMISSIMI RISULTATI SU IMPATTI DELLE PRATICHE BIODINAMICHE
E BIOLOGICHE SULLA FERTILITÀ DEL SUOLO E PRESENTAZIONE
DELLE TESI DI LAUREA

Ottorino-Luca Pantani, *coordinatore wp3*

Margherita Santoni, *dottoranda di ricerca Differ*

10.30-13.00 **WP2**

PRESENTAZIONE DELLE LINEE GUIDA PER LA PRODUZIONE DEL
MANUALE SULLE PRATICHE AGROECOLOGICHE E DEFINIZIONE
DELLA PROGRAMMAZIONE

Paola Migliorini, *coordinatrice wp2*

13.00-14.30 **Pausa pranzo**

14.30-16.00 **SINTESI E PROGRAMMAZIONE DEI PROSSIMI EVENTI**

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

Tesi di Laurea Magistrale della Dott.ssa Tatiana Ercoli.

La Dott.ssa Tatiana Ercoli si è laureata il 17/12/2020 con votazione di 110/110 e Lode presso l'Università degli Studi di Firenze, Scuola di Agraria.

Valutazione delle comunità di imenotteri formicidi in sistemi agricoli biologici e convenzionali nell'esperimento di lungo termine di Montepaldi***Abstract***

Le comunità di imenotteri formicidi sono ottimi bioindicatori in campo agrario in quanto forniscono indicazioni circa la qualità dell'ambiente in cui vivono e, in maniera indiretta, forniscono un giudizio sulla sostenibilità del modello agrario utilizzato.

La presente tesi ha lo scopo di valutare la comunità di imenotteri formicidi presenti all'interno di sistemi agricoli condotti secondo metodi di gestione biologici e convenzionali nell'esperimento di lungo termine di Montepaldi (MoLTE). Il dispositivo sperimentale MoLTE, situato presso i campi sperimentali dell'azienda agricola di Montepaldi, San Casciano Val di Pesa (Firenze), nasce nel 1991 con l'obiettivo di valutare nel lungo periodo sistemi biologici e convenzionali a confronto. Il dispositivo è costituito da tre differenti agroecosistemi: sistema "Biovecchio", a conduzione biologica dal 1991; sistema "Bionuovo", gestito secondo il metodo dell'agricoltura biologica dal 2001; e sistema "Convenzionale" che adotta pratiche dell'agricoltura convenzionale dal 1991. I tre sistemi sono circondati da infrastrutture ecologiche quali siepi ("Biovecchio" e "Bionuovo") e strisce inerbite ("Convenzionale").

Il campionamento delle formiche è stato effettuato nel mese di giugno 2020, utilizzando il metodo delle "trappole a caduta". Questo metodo consiste in un contenitore di plastica da 250 ml posizionato a livello del terreno contenente una soluzione idroalcolica con funzione di attrattivo nei confronti della fauna edafica. Gli obiettivi della presente tesi sono: i) valutare le comunità di formiche presenti nei tre sistemi agricoli condotti con diversi metodi di gestione; ii) effettuare una comparazione tra "Biovecchio" e "Bionuovo" per verificare se la durata dall'inizio della conversione a biologico possa influire

o meno sulla comunità di formiche; iii) verificare eventuali differenze in termini di diversità di specie tra le varie infrastrutture ecologiche (siepi e strisce inerbite) presenti nei diversi sistemi.

Il disegno sperimentale ha previsto il posizionamento di 90 trappole a caduta e il successivo riconoscimento degli individui tramite chiavi dicotomiche. I dati sono stati poi elaborati con tecniche di analisi statistica multivariata (Multidimensional scaling e PERMANOVA), con software statistico “R”. Come ci aspettavamo, i risultati hanno messo in evidenza che la diversità di specie di formiche presente nei sistemi biologici risulti significativamente maggiore rispetto al sistema convenzionale. I due sistemi “Biovecchio” e “Bionuovo” non hanno mostrato invece differenze in termini di diversità. Ciò può essere dovuto al fatto che il sistema “Bionuovo” abbia raggiunto uno stato di equilibrio tale da essere equiparabile al “Biovecchio”.

Infine, per quanto riguarda le infrastrutture ecologiche presenti a margine degli appezzamenti, le quali costituiscono un habitat per molte specie di imenotteri formicidi, la diversa complessità vegetale che le caratterizza non ha avuto effetti significativi sulle comunità di formiche ospitate.

In conclusione, i nostri risultati ci portano ad affermare che una gestione di lungo periodo dell’agroecosistema con metodo biologico ha contribuito ad aumentare la diversità della comunità di imenotteri formicidi rispetto a sistemi gestiti secondo metodo convenzionale.

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 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 Offenberg 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 è 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.

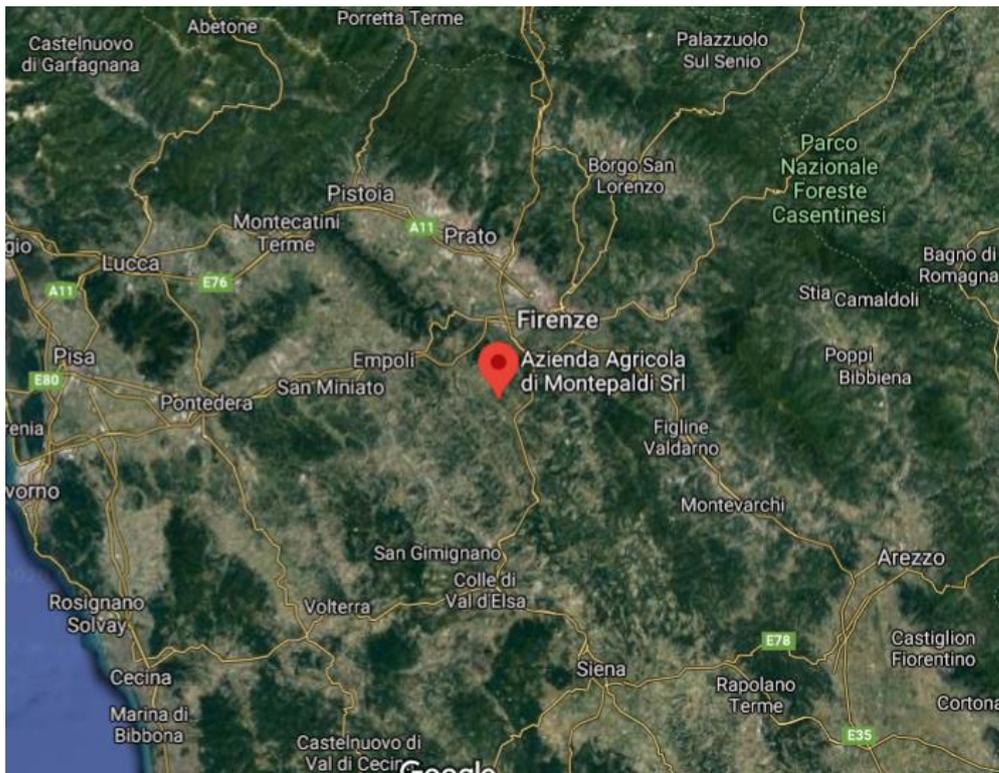


Figura 15 Localizzazione geografica dell'azienda agricola "Montepaldi s.r.l."

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



Figura 17 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 18. 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 18 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 6, è stato effettuato con l'ausilio degli strumenti presenti in Figura 19. Il numero di campioni totali per ogni mese di campionamento è di 90.



Figura 19 Strumenti utilizzati per il collocamento delle trappole

Come è possibile vedere nella Figura 6, 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.

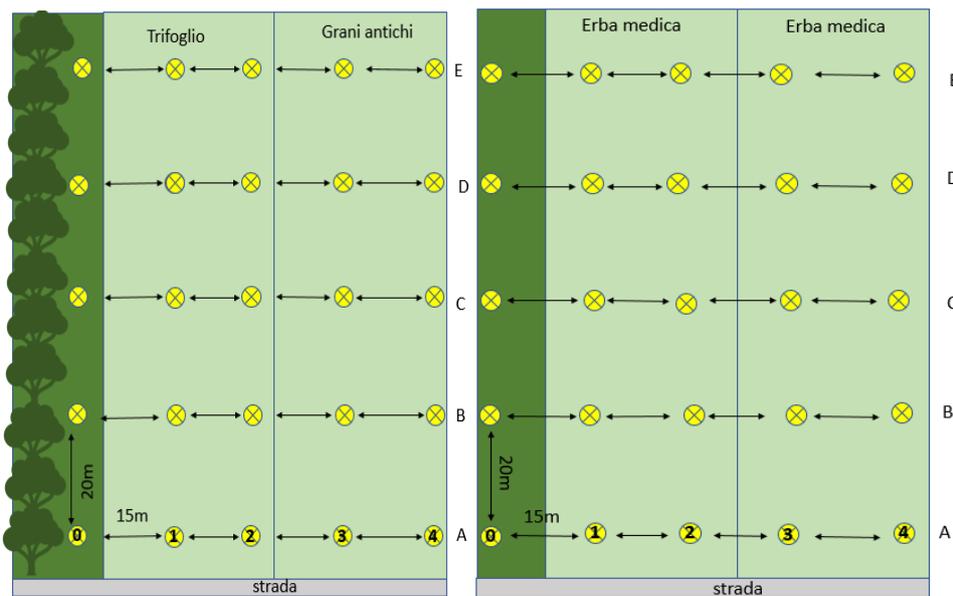


Figura 20 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO nell'immagine a sinistra, e nel CO nell'immagine di destra.

Infine, come mostra la Figura 21, 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.

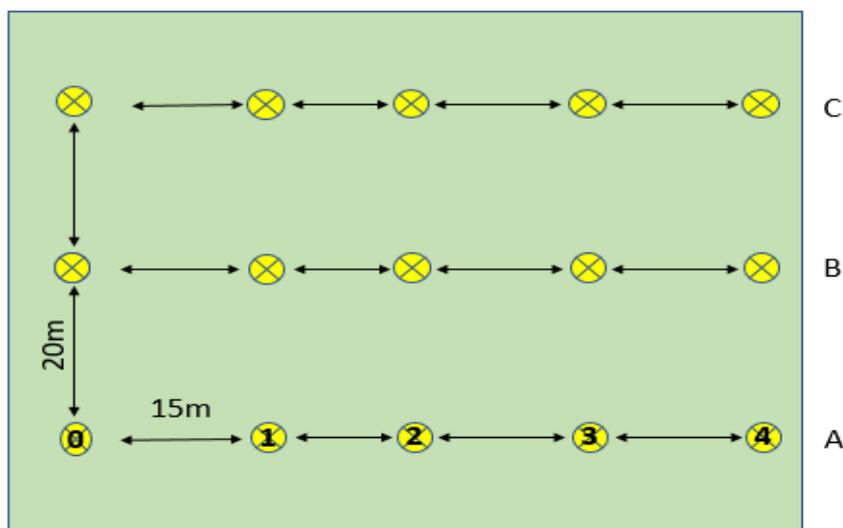


Figura 21 Posizionamento delle trappole nel prato stabile

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 gestione e con differente complessità ecosistemica.

Le formiche come bioindicatori ci permetteranno dunque di comprendere se la differente gestione di un terreno agricolo possa determinare dei cambiamenti nella presenza di questi artropodi.

Gli obiettivi del progetto di tesi sono dunque i seguenti:

- Descrivere le comunità di formiche presenti in sistemi a conduzione biologica e convenzionale.

- Effettuare una comparazione tra sistemi biologici con diverse tempistiche di conversione all'agricoltura biologica per verificare se ciò ha influenza sulla comunità di formiche.
- Valutare se diverse tipologie di infrastrutture ecologiche hanno effetti sulla comunità di formiche.

Risultati

Tra gli insetti riconosciuti è stato possibile individuare 18 specie di formiche appartenenti a 12 generi e 3 sottofamiglie differenti.

Dall'analisi dei risultati delle trappole presenti nei diversi appezzamenti gestiti con diversi metodi di coltivazione è emerso che 8 specie di formiche sono state trovate in tutti e quattro gli agroecosistemi (OO, NO, CO e PR) mentre alcune sono state campionate esclusivamente in determinati appezzamenti. In particolare due specie (*Messor capitatus* e *Tetramonium meridionalis*) sono state individuate unicamente nel "Biovecchio" e una (*Solenopsis fugax*) nel prato. Da una prima analisi risulta evidente che i sistemi in cui sono state individuate il maggior numero di specie sono il "Biovecchio" (OO) e il prato (PR). I risultati appena descritti sono raffigurati in Figura 22.

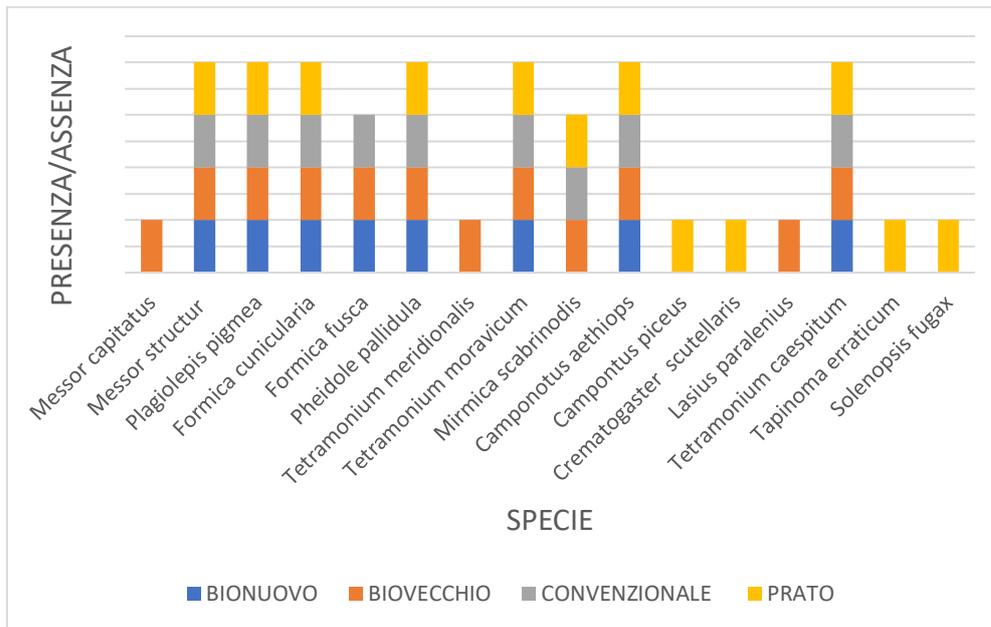


Figura 22 Analisi della presenza/assenza delle specie di formiche all'interno degli appezzamenti OO, NO, CO e PR

I risultati dell'analisi PERMANOVA mettono in evidenza che le differenze tra i quattro agroecosistemi risultano statisticamente significative. I dati ottenuti hanno dimostrato che la diversità di specie di formiche del sistema "Biovecchio" risulta statisticamente maggiore rispetto al sistema convenzionale. Anche il sistema "Bionuovo" presenta una diversità di specie di formiche maggiore rispetto al sistema convenzionale. La diversità di specie tra i due sistemi biologici (OO e NO) non risulta invece statisticamente significativa. Infine, considerando l'ecosistema prato (PR), l'analisi PERMANOVA ha dimostrato che questo risulta più biodiverso rispetto al sistema convenzionale, ma meno dei due sistemi biologici.

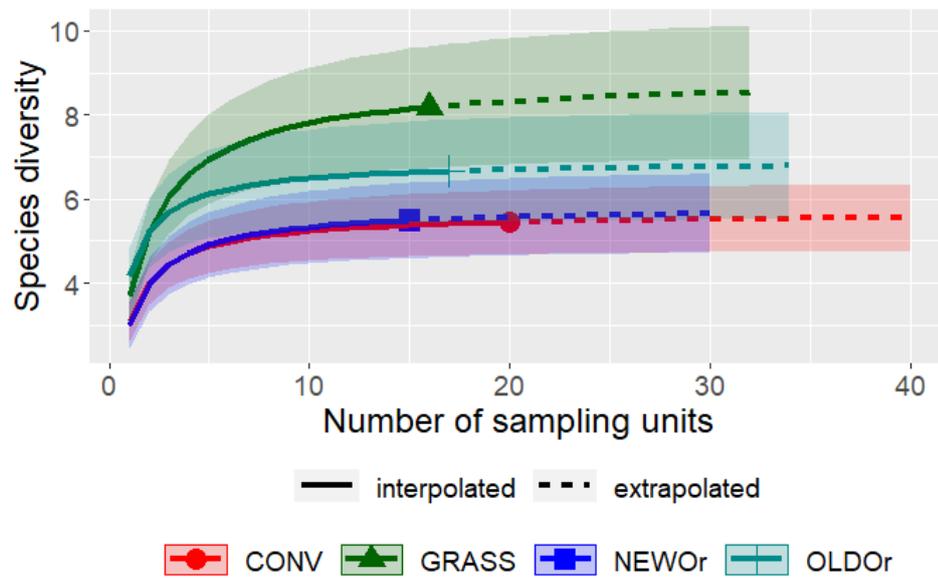


Figura 23: Indice di Simpson tra i quattro agroecosistemi.

Inoltre è stato studiato l'indice di Simpson, che ha confermato i risultati appena esposti (Figura 23).

All'interno delle infrastrutture ecologiche è stata rilevata una maggiore diversità di specie nelle siepi dei due sistemi biologici rispetto alla striscia inerbita a margine del sistema convenzionale. I risultati sono illustrati in Figura 3. Le analisi di ordinamento MDS e le analisi PERMANOVA hanno mostrato però che non risulta esserci una differenza statisticamente significativa tra le infrastrutture ecologiche in termini di diversità delle specie di formiche.

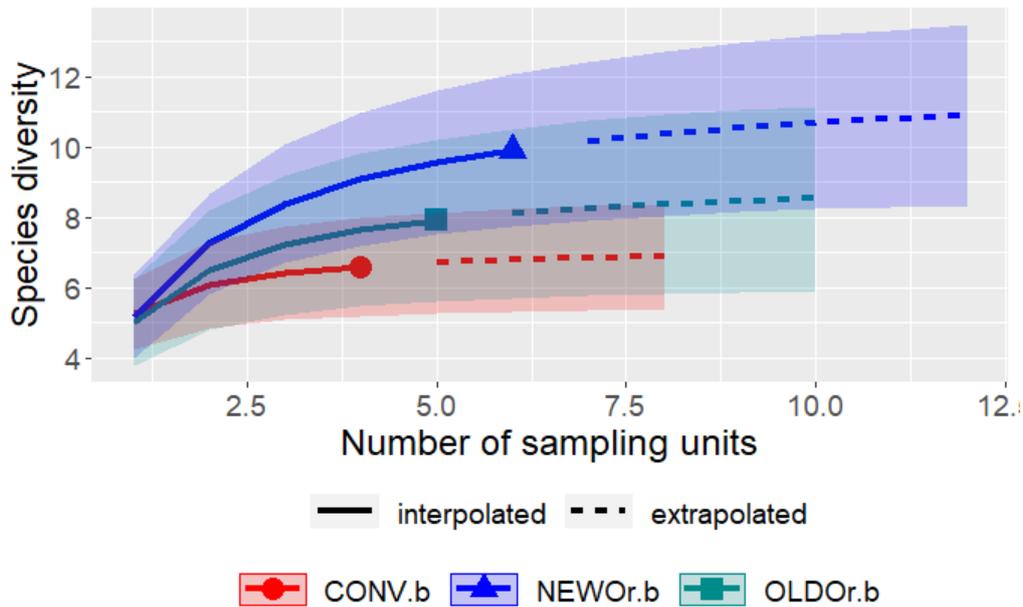


Figura 24: Indice di Simpson all'interno delle infrastrutture ecologiche.

Conclusioni

In conclusione, l'utilizzo delle formiche come bioindicatori ha fornito risultati interessanti sulla sostenibilità ambientale degli agroecosistemi posti a confronto, dimostrando come nel lungo periodo i modelli di gestione biologici presentino una maggiore diversità di specie di imenotteri formicidi rispetto ai sistemi convenzionali. La presenza maggiore di formiche nel sistema biologico ha dimostrato come l'utilizzo di tecniche virtuose che promuovono la biodiversità, favoriscono la creazione di un ambiente più ricco, diversificato e stabile nel tempo, mentre di contro, l'utilizzo di prodotti chimici di sintesi determini una riduzione nella diversità di specie con ovvie ripercussioni negative sull'agroecosistema.

Tesi di Laurea Magistrale del Dott. Giovanni Pomi

Il Dott. Giovanni Pomi si è laureato il 17/12/2020 con votazione di 110/110 e Lode presso l'Università degli Studi di Firenze, Scuola di Agraria.

Valutazione della comunità di Coleotteri in sistemi agricoli biologici e convenzionali nell'esperimento di lungo termine di Montepaldi

Abstract

I Coleotteri sono tra gli insetti più utilizzati come bioindicatori ambientali, in quanto forniscono indicazioni dirette circa la qualità dell'ambiente in cui vivono. In questo lavoro di tesi viene effettuato uno studio sulle comunità di Coleotteri presenti all'interno di diversi sistemi agricoli facenti parte l'esperimento di lungo termine di Montepaldi (MoLTE), portato avanti presso l'azienda agricola di Montepaldi dal gruppo di ricerca del Prof. Gaio Cesare Pacini dell'Università degli studi di Firenze. Questo progetto, attivo dal 1991, ha la finalità di valutare l'evoluzione nel lungo periodo di agroecosistemi gestiti secondo metodi di agricoltura biologica e convenzionale. Il dispositivo di MoLTE è costituito da tre diversi agroecosistemi: sistema "Bio-vecchio", a conduzione biologica dal 1991; sistema "Bio-nuovo", gestito secondo il metodo dell'agricoltura biologica dal 2001; e sistema "Convenzionale" che adotta pratiche dell'agricoltura convenzionale dal 1991. I tre sistemi sono circondati da infrastrutture ecologiche quali siepi ("Bio-vecchio" e "Bio-nuovo") e strisce inerbite ("Convenzionale"). Il campionamento della comunità di Coleotteri è stato effettuato durante il mese di Giugno 2020 utilizzando il metodo delle "trappole a caduta". Il metodo consiste in un contenitore di plastica da 250 ml posizionato a livello del terreno e riempito una soluzione idroalcolica.

Gli obiettivi della presente tesi sono: i) valutare la comunità di Coleotteri presenti nei tre agroecosistemi condotti con metodi di coltivazione diversi; ii) effettuare una comparazione tra "Bio-Vecchio" e "Bio-Nuovo" per verificare se la durata dall'inizio della conversione a biologico possa influire o meno sulla comunità di Coleotteri; iii) valutare eventuali differenze in termini di diversità di specie tra le varie infrastrutture ecologiche (siepi e strisce

inerbite) presenti nei diversi sistemi. I dati sono stati elaborati utilizzando tecniche di analisi statistica multivariata (Multidimensional scaling e PERMANOVA) e utilizzando l'indice di diversità di Simpson.

Nei tre sistemi di coltivazione sono state trovate 48 specie diverse di Coleotteri appartenenti a 21 famiglie. Le famiglie più presenti sono quelle dei Carabidi (10 specie), degli Stafilinidi (5 specie) e degli Scarabeidi (5 specie).

I risultati hanno mostrato che la comunità di Coleotteri è statisticamente diversa sia tra i vari sistemi di coltivazione, sia tra le tre infrastrutture ecologiche. La comunità di Coleotteri sembra dunque rispondere in modo diretto alle variazioni ambientali dovute alla diversa gestione agronomica.

La distribuzione degli individui campionati ha mostrato che la ricchezza di specie decresce passando dal sistema "Bio-Vecchio" al "Convenzionale"; al "Bio-Nuovo". In termini di abbondanza di ogni specie, si ha un decremento del numero di individui passando dal sistema "Convenzionale" al sistema "Bio-Vecchio" al sistema "Bio-Nuovo". Le differenze riscontrate tra "Bio-Vecchio" e "Convenzionale" potrebbero essere attribuite agli effetti dei trattamenti erbicidi, che hanno causato una riduzione del numero di specie presenti nel convenzionale. Anche gli effetti delle rotazioni colturali, più lunghe e diversificate negli appezzamenti biologici, potrebbero aver avuto un effetto positivo sulle specie, fornendo una migliore distribuzione spaziale e temporale delle risorse e una maggiore diversificazione degli habitat.

La ricchezza di specie, così come l'abbondanza, sono risultate maggiori nel "Bio-vecchio" rispetto al "Bio-nuovo", evidenziando una maggiore complessità della comunità di Coleotteri nel primo sistema. Ciò probabilmente è causato anche dal mancato recupero di 5 trappole del sistema "Bio-Nuovo", che ha portato ad una diminuzione del numero di campioni alterando dunque i risultati.

Infine, per quanto riguarda le infrastrutture ecologiche, abbiamo rilevato che le differenze maggiori si hanno tra le due siepi arboreo-arbustive e la striscia inerbita a fianco del sistema "Convenzionale", probabilmente a causa della differente composizione vegetale dei due tipi di infrastruttura.

In conclusione, i Coleotteri risultano buoni bioindicatori per lo studio di sistemi agricoli condotti con metodi di gestione diversi e studi su un arco temporale più lungo ed incentrati sulla verifica delle singole specie, potrebbero portare a informazioni più dettagliate circa l'impatto della gestione degli agroecosistemi.

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 25 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 26 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.

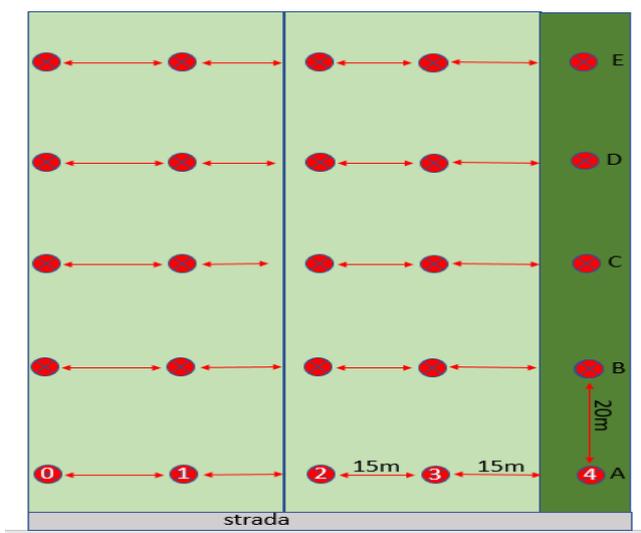


Figura 27 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO

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 13. Il numero di campioni totali per ogni mese di campionamento è di 90.

Come è possibile vedere in Figura 13, 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 28.

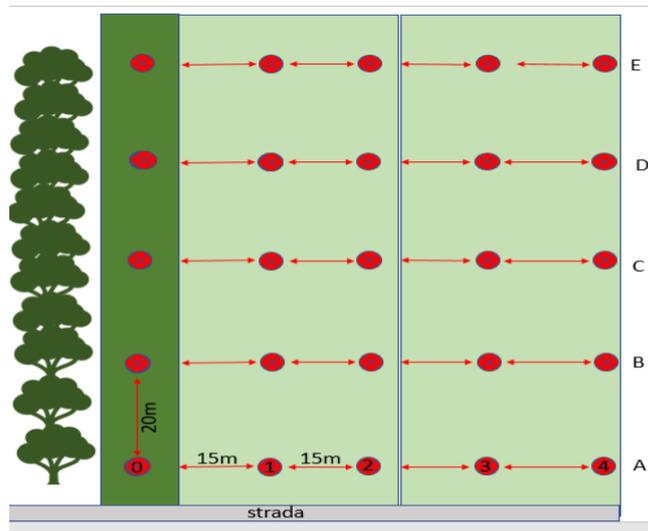


Figura 28 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti CO

Infine, come mostra la Figura 15, 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.

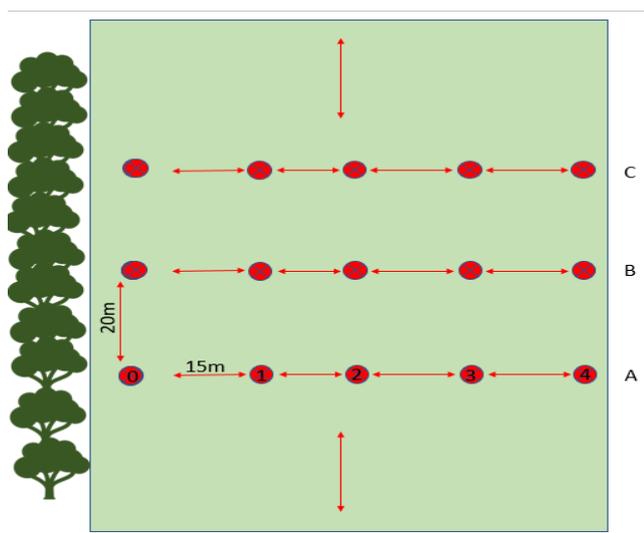


Figura 29 Distribuzione delle trappole nel prato (PR)

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

In questo progetto di tesi verranno valutati gli effetti sulla comunità di Coleotteri, con particolare riferimento alle famiglie dei Carabidi, Stafilinidi e degli Scarabeidi, in tre sistemi agricoli condotti con metodi di produzione biologica e convenzionale, al fine di valutare lo stato qualitativo dei suddetti agroecosistemi. I Coleotteri come bioindicatori permetteranno quindi di iniziare a capire se e con quale modalità la differente gestione di un terreno agricolo determini cambiamenti nell'agroecosistema.

Gli obiettivi del progetto di tesi sono dunque i seguenti:

- Valutare la comunità di Coleotteri presente in sistemi biologici e convenzionali.
- Effettuare una comparazione tra sistemi biologici con diverse tempistiche di conversione all'agricoltura biologica per verificare se ciò ha influenza sulla comunità di Coleotteri.
- Valutare se diverse tipologie di infrastrutture ecologiche hanno effetti sulla comunità di Coleotteri.

Risultati

Al termine del riconoscimento degli esemplari, le specie di Coleotteri osservate sono state 48.

Il numero totale di individui campionati è di 2894, di cui:

- 188 campionati nel prato (PR)
- 1723 campionati nel convenzionale (CO)
- 828 campionati nel BioVecchio(OO)
- 155 campionati nel BioNuovo (NO)

La ricchezza specifica di specie nei quattro sistemi del MoLTE è illustrata in Figura 30:

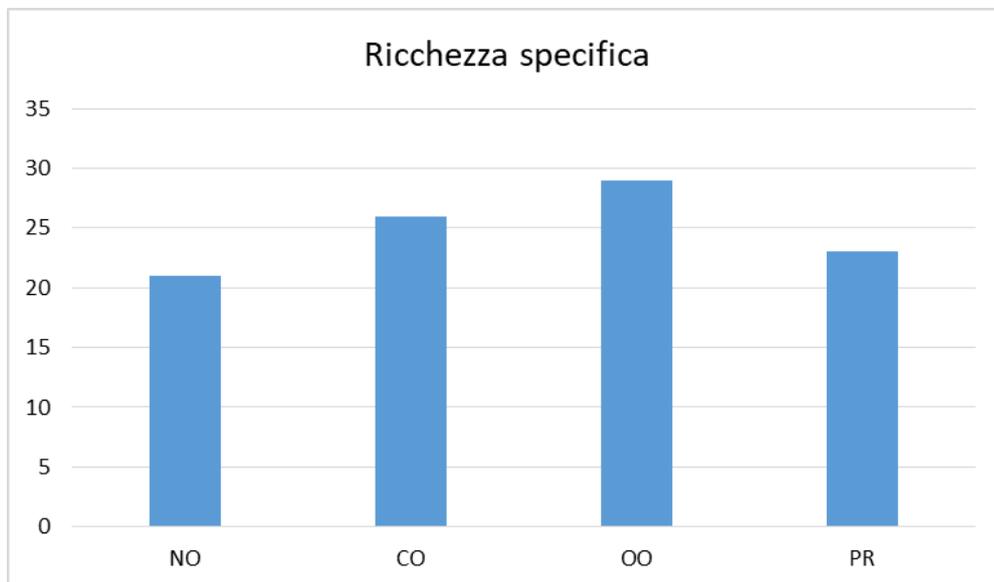


Figura 30 Ricchezza specifica di ogni agroecosistema

Come vediamo, la ricchezza di specie risulta decrescente passando da OO (29 specie), a CO (26 specie), a PR (23 specie), a NO (21 specie).

Per quel che concerne l'abbondanza assoluta (Figura 31), i valori maggiori si registrano nel "Convenzionale" e poi a decrescere nei sistemi biologici (OO e NO) ed infine nel prato.

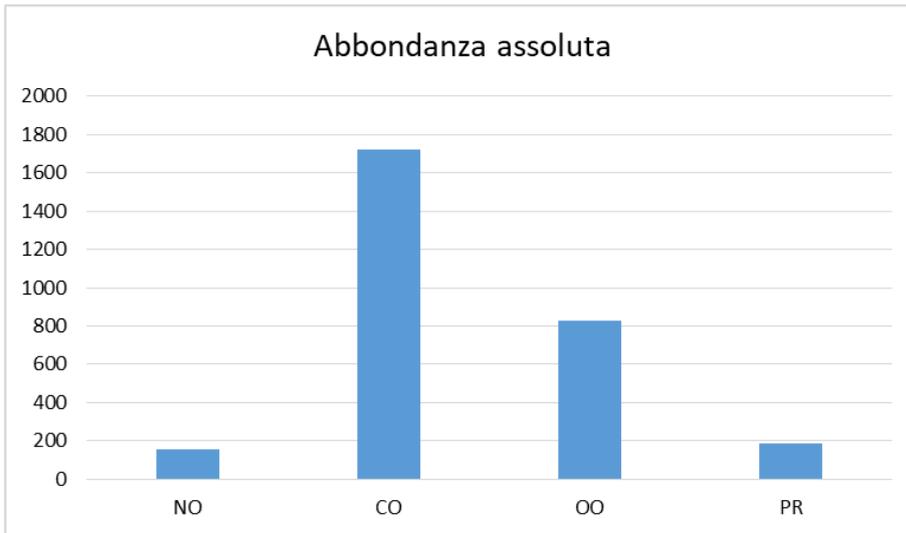


Figura 31: Abbondanza assoluta dei Coleotteri nei quattro sistemi del MoLTE

In Figura 32, Figura 19 e Figura 20 vengono rappresentate rispettivamente le abbondanze relative delle specie dei Carabidi, Stafilinidi e Scarabeidi.

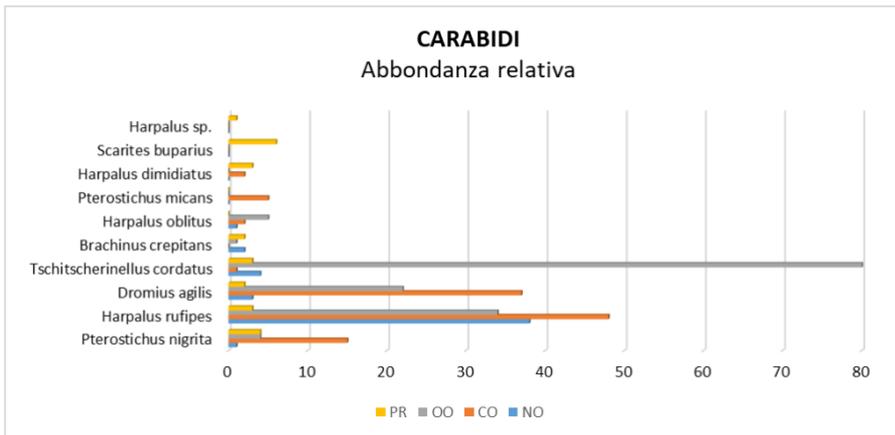


Figura 32: Abbondanza delle specie di Carabidi nei quattro sistemi del MoLTE

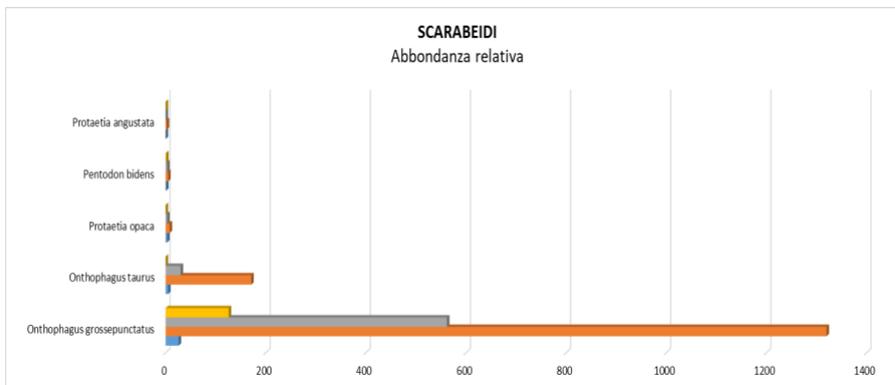


Figura 33: Abbondanza delle specie di Scarabeidi nei quattro sistemi del MoLTE

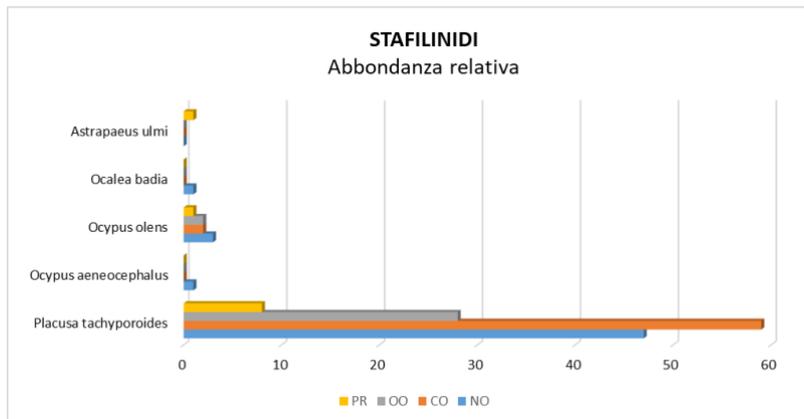


Figura 34: Abbondanza delle specie di Stafilinidi nei quattro sistemi del MoLTE

Le abbondanze assolute delle tre famiglie all'interno dei quattro sistemi invece sono mostrate nella Figura 35:

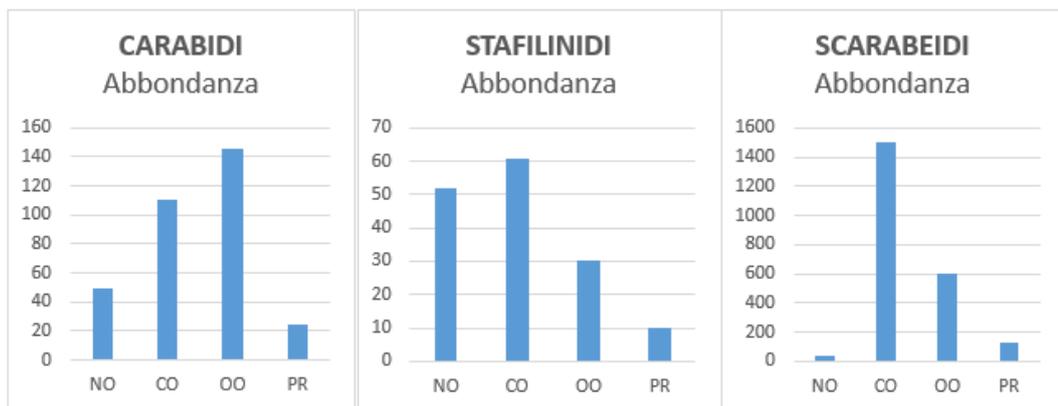


Figura 35: Abbondanze assolute delle famiglie dei Carabidi, Stafilinidi e Scarabeidi nei quattro sistemi del MoLTE

Dall'osservazione della Figura 35 si osserva come i Carabidi abbiano un'abbondanza assoluta maggiore in OO, mentre le abbondanze assolute di Stafilinidi e Scarabeidi risultano maggiori in CO.

Le analisi statistiche effettuate hanno evidenziato differenze significative tra i tre diversi sistemi di coltivazione (OO, NO, CO). Anche il prato (PR) ha mostrato differenze statisticamente significative rispetto ai tre sistemi di coltivazione campionati.

In Figura 36 vengono riportati i risultati del calcolo dell'indice di Simpson, i cui valori (moltiplicati per 100) sono rappresentati sull'asse y del grafico.

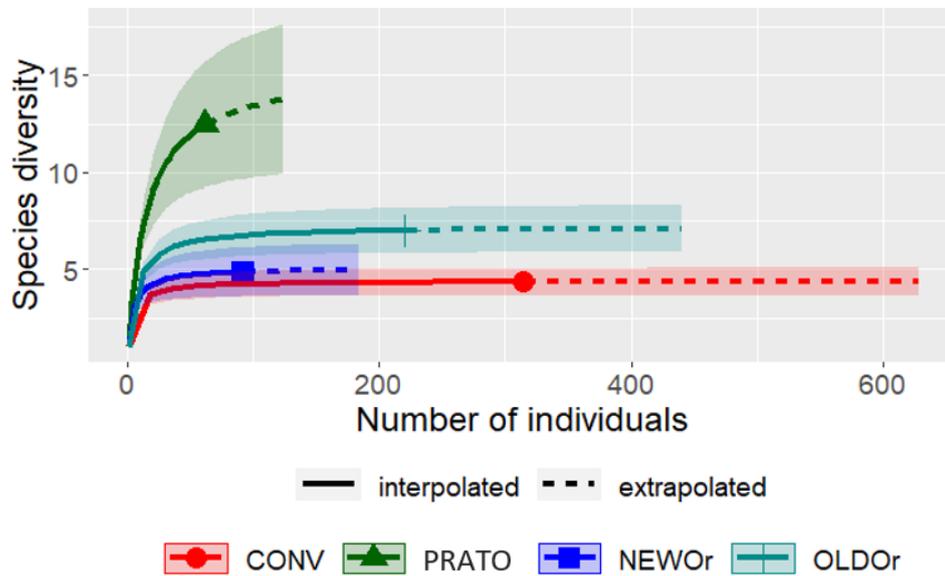


Figura 36: Risultati del calcolo dell'Indice di Diversità di Simpson in base ai differenti metodi di gestione dei sistemi

Dall'osservazione delle curve vediamo come la diversità di Simpson, calcolata tenendo conto contemporaneamente del numero di specie e dell'abbondanza relativa, sia maggiore nel prato (PR), e vada gradualmente a diminuire dai sistemi biologici al convenzionale (OO > NO > CO). In conclusione, i quattro sistemi testati sono tra loro significativamente diversi sia per quanto riguarda la presenza di specie che per la loro abbondanza.

Per quanto riguarda il campionamento effettuato nelle infrastrutture ecologiche la Figura 37 mostra la ricchezza specifica riscontrata in ognuna di esse.

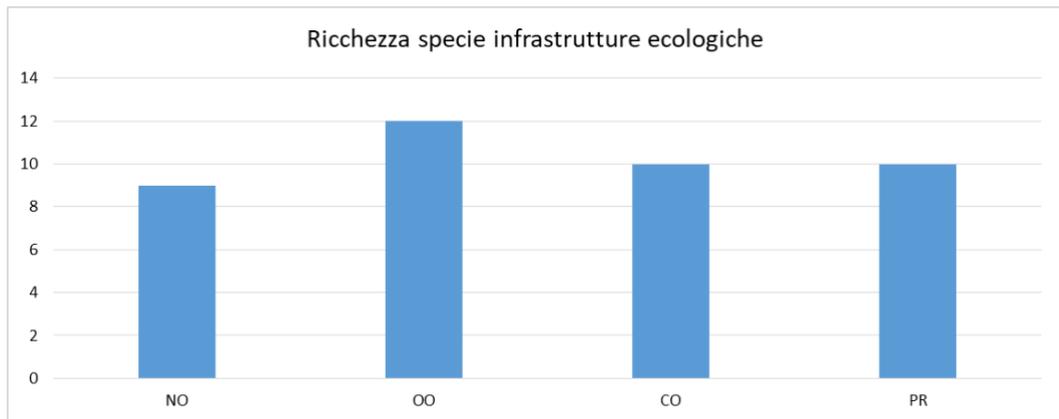


Figura 37: Ricchezza specifica delle varie infrastrutture esaminate

La siepe artificiale (OO) è quella che mostra la maggiore ricchezza specifica. La striscia inerbita (CO) e la siepe del prato (PR) mostrano lo stesso numero di specie, mentre la siepe naturale (NO) è quella caratterizzata dalla minor ricchezza specifica.

In Figura 24 viene invece riportato l'indice di diversità di Simpson per le infrastrutture ecologiche.

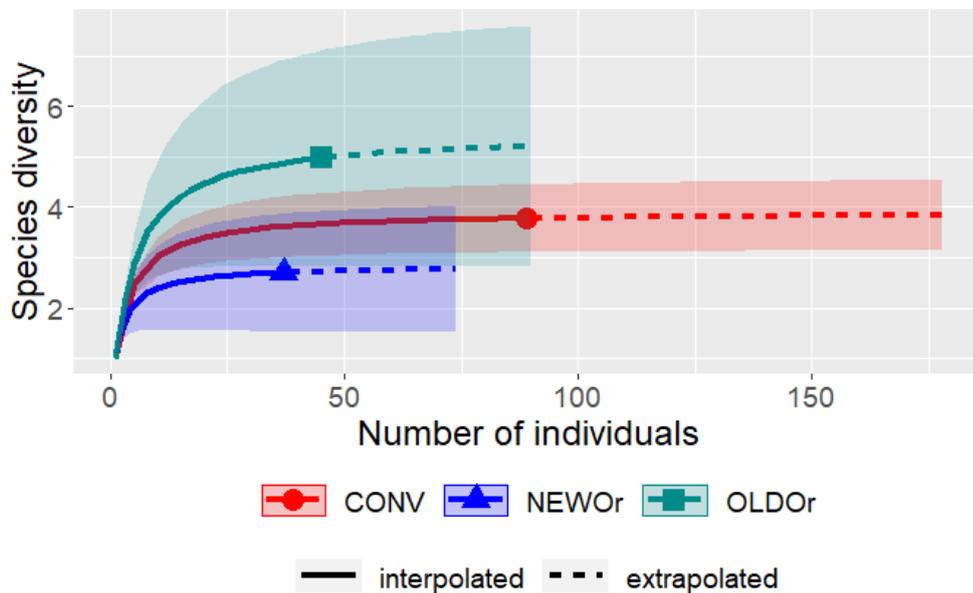


Figura 38: Indice di Diversità di Simpson nelle diverse infrastrutture ecologiche

Dalla figura si evince che l'indice decresce passando dalla siepe artificiale adiacente a OO, alla striscia inerbita (CO), alla siepe naturale (NO). Le

differenze tra tali infrastrutture sono risultate statisticamente significative sia per quanto riguarda la presenza di specie che per la loro abbondanza.

Conclusioni

L'utilizzo dei Coleotteri come bioindicatori ha permesso di dimostrare come le differenti gestioni agronomiche producano effetti diversi all'interno dell'agroecosistema. La maggiore ricchezza specifica riscontrata nel sistema biologico vecchio ha evidenziato come l'utilizzo di pratiche virtuose che promuovono la biodiversità, favorisca la creazione di un ambiente più ricco, diversificato e stabile nel tempo, mentre di contro, le pratiche convenzionali, caratterizzate dall'utilizzo di prodotti chimici di sintesi e da rotazioni colturali meno diversificate, determinano una riduzione della diversità di specie con ovvie ripercussioni negative sull'agroecosistema.

Tramite l'osservazione di questi bioindicatori si è potuto poi contribuire a valutare lo stato di maturità dei due sistemi biologici, i quali sono apparsi, almeno da questo punto di vista, molto diversi tra loro: il "Biovecchio" infatti è risultato più ricco di specie, mentre il "BioNuovo" meno biodiverso. Questa differenziazione è stata imputata alla perdita di 9 campioni presenti sul sistema "Bionuovo" a seguito della distruzione delle trappole ad opera della fauna selvatica.

Per quanto riguarda le infrastrutture ecologiche vi sono state differenze nella composizione specifica delle comunità di Coleotteri in esse ritrovate. Una diversità più marcata è stata osservata confrontando le infrastrutture arboreo-arbustive con la striscia inerbita. L'analisi svolta tuttavia non ha permesso di chiarire come la differente composizione specifica di una siepe possa influenzare la composizione delle comunità di Coleotteri. Per questo motivo saranno necessarie analisi strutturate su più anni che considerino le singole specie e le loro esigenze ecologiche, le caratteristiche morfologiche e le dinamiche temporali della popolazione, al fine di poter comprendere più ampiamente l'effetto reale delle infrastrutture ecologiche.

Un'analisi su più anni, incentrata sulle singole specie e sulla definizione di gruppi funzionali all'interno della comunità dei Coleotteri, sarebbe opportuna anche per comprendere meglio gli effetti reali della gestione biologica e di quella convenzionale.

Per concludere, una lettura dei risultati descritti in questo lavoro, in aggiunta a quelli riportati in studi sulla biodiversità vegetale e sulla biodiversità delle comunità di imenotteri formicidi, svolti parallelamente a questo studio, potrà ampliare la comprensione dello stato ecologico dei campi sperimentali di Montepaldi.

Tesi di Laurea Triennale del Dott. Mattia Lancioli.

Il Dott. Mattia Lancioli si è laureato il 15/12/2020 con votazione di 110/110 e Lode presso l'Università degli Studi di Firenze, Scuola di Agraria.

Il lombrico e la fertilità del suolo nella collina interna a clima mediterraneo***Abstract***

È possibile valutare la fertilità di un suolo tramite il monitoraggio della popolazione di lombrichi. Sono disponibili diversi metodi di campionamento, ma molti di essi si riferiscono a zone a clima continentale. È stato preso quindi in considerazione un suolo della collina interna mediterranea, situato presso l'azienda sperimentale Montepaldi. Il lavoro mira a individuare il miglior momento e le migliori condizioni del terreno per la conta dei lombrichi e a redigere un protocollo attuabile dagli agricoltori. A questo scopo sono state effettuate, in aprile e in ottobre, 2 + 2 sessioni di misura. Tali sessioni hanno previsto campionamenti del numero di individui di lombrichi su 120 posizioni negli appezzamenti aziendali a diversi orari. Sono state rilevate anche l'umidità e la temperatura del suolo al momento del campionamento. A causa dell'assenza di piogge nel periodo di campionamento, gli individui di lombrico campionati sono stati solo 5. Già dalla prima sessione, dunque, è stata inclusa anche la conta dei tunnel prodotti dagli animali. I risultati ottenuti indicano una leggera prevalenza di presenza dei lombrichi in una specifica area e permettono una migliore futura pianificazione delle operazioni, oltre a stimare il numero minimo di campionamenti per una efficace valutazione delle eventuali differenze tra appezzamenti.

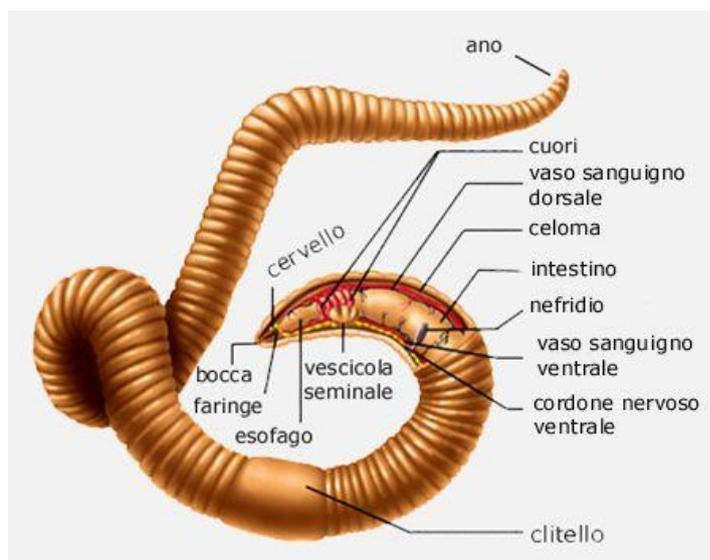
Obiettivi:

Il nostro lavoro di monitoraggio ha come scopo quello di rispondere a diversi quesiti inerenti il campionamento di lombrichi in ambiente mediterraneo collinare interno, come ad esempio quali variabili influiscono sulla loro presenza e quale sia il momento più adatto per il campionamento. Gli obiettivi, dunque, sono quelli di individuare il miglior periodo e le condizioni ottimali per aumentare la probabilità di campionamento dei lombrichi. Il fine ultimo è di

utilizzare i lombrichi come bioindicatori della fertilità del terreno e di redigere una serie di linee guida per il campionamento, utilizzabile da aziende agrarie in ambiente mediterraneo collinare interno.

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 vari 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).

La superficie viscida 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 filamentose 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)

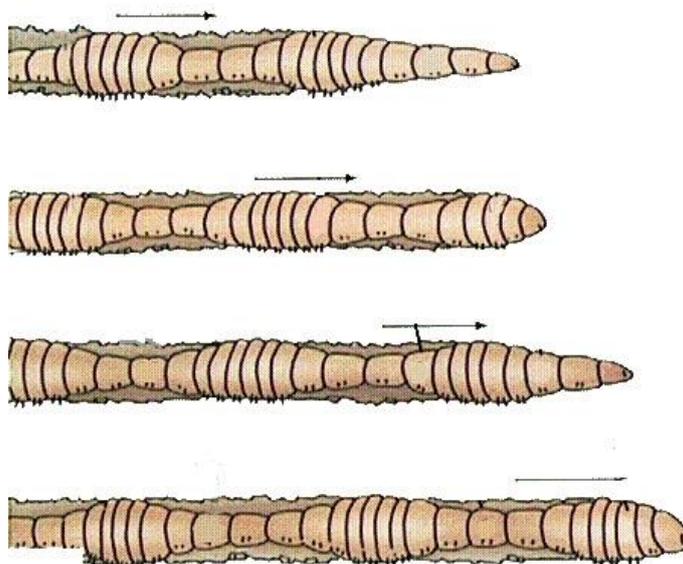


Figura 39 Movimento dei lombrichi tramite setole poste su ogni anello del suo corpo

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

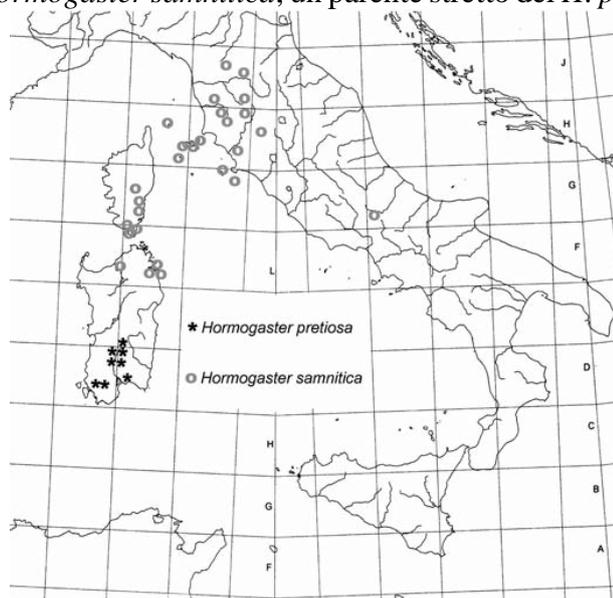


Figura 40 Distribuzione geografica di *H. pretiosa* e *H. samnitica*

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 arboree 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.).

Materiali e metodi

Questo progetto ha indubbiamente risentito delle eccezionali condizioni generali in cui la nazione si è venuta a trovare per la nota pandemia. La presente relazione è stata quindi divisa in due parti: cosa era stato pensato di fare e cosa in realtà è stato possibile fare.

Sito sperimentale

L'azienda agricola dell'Università di Firenze, situata in Località Montepaldi, San Casciano Val di Pesa, (Lat. 43°40'16''N, Long. 11°09'08''E) 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 intorno a 5°C.

Dal punto di vista pedologico, l'azienda è caratterizzata da terreni evoluti da sedimenti pliocenici di tipo conglomeratico misto a lenti sabbiose e argillose nelle aree declivi mentre nell'area pianeggiante da sedimenti del torrente Pesa. 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. I campi sperimentali (Figura 41) sono composti da 3 agroecosistemi classificati come “Biologico vecchio” (BioVecchio), “Biologico nuovo” (BioNuovo) e “Convenzionale” (Conv). BioVecchio e BioNuovo sono gestiti con metodi di agricoltura biologica rispettivamente dal 1991 e dal 2001.

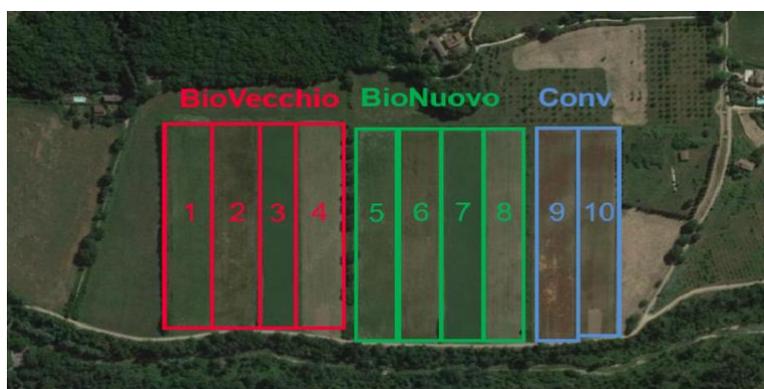


Figura 41: Divisione degli appezzamenti sperimentali a Montepaldi secondo diverse metodologie di conduzione

Questi 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 BioVecchio dal BioNuovo, costeggiata da entrambi i lati da due strisce inerbite di 2 m; 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 BioNuovo dal Conv. Oltre a questa distinzione, la superficie interessata è ulteriormente divisa in 10 campi sperimentali. Il monitoraggio è stato effettuato nei campi BioVecchio3 e BioNuovo7 che misurano 132 m x 47,5 m ciascuno.

Disegno sperimentale: periodo pre-COVID19

In previsione di esperimenti futuri, che saranno relativi all'introduzione di vari tipi di letame, entrambi i campi presi in considerazione sono stati divisi in 3 righe separate da 2 corridoi larghi 8 m, ottenendo così 3 superfici di 36 m x 47,5

m ciascuna (Figura 28). Inizialmente, a tavolino, fu stimato possibile effettuare 15 campionamenti al giorno e di alternare i 2 campi. In questo modo trascorreranno 14 giorni prima di tornare nello stesso campo e questo permetterà di influire in misura minore sui campionamenti. Successivamente però è stato

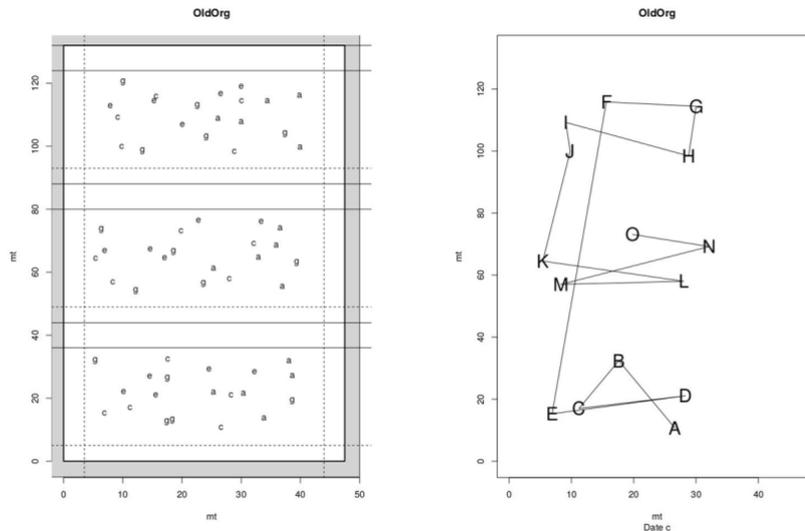


Figura 42 Randomizzazione dei punti e dell'ordine di campionamento

notato che il terreno tendeva a perdere velocemente il proprio contenuto idrico, aumentando così la sua tenacità e impedendo di procedere con il campionamento e successiva conta dei lombrichi. È stato quindi deciso di eseguire i campionamenti ogni qual volta le condizioni pedologiche e meteorologiche lo permettessero, lasciando comunque trascorrere almeno una settimana per non condizionare i successivi campionamenti. Per ottimizzare i tempi, sfruttando al meglio i giorni ottimali per i campionamenti, sono stati campionati 15 punti per campo, per un totale di 30 per ogni sessione di misura.

Disegno sperimentale: randomizzazione e individuazione dei punti

Il gradiente di umidità causato dal corso d'acqua (torrente Pesa) presente vicino al terreno oggetto di studio e il fatto che i lombrichi sono disturbati dal calpestio degli operatori hanno reso necessarie randomizzare i campionamenti su griglia spaziale (posizione) e su scala temporale (sequenza). Un

campionamento sequenziale ordinato avrebbe probabilmente ridotto le probabilità di trovare soggetti che si sarebbero allontanati dall'area investigata.

La sequenza temporale è casuale all'interno di ogni riga. 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 righe: ad es. (Figura 28) dopo aver processato la striscia inferiore (lettere da A a E), si passa al campionamento della striscia più in alto (lettere da F a 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 riga, escludendo dal campionamento un'area di 3,5 mt di larghezza per eliminare 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 della forco-vanga di prelievo), pertanto la superficie di campionamento della riga è stata idealizzata essere divisa in 117 colonne per

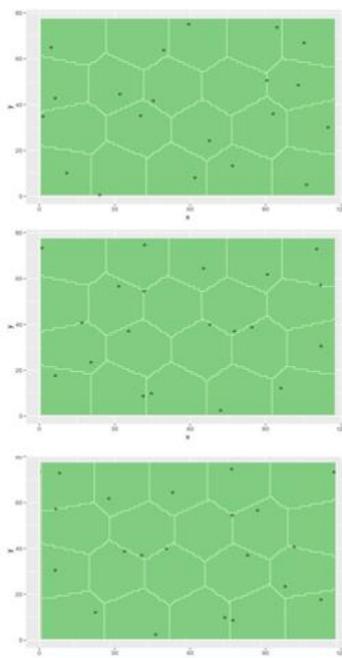


Figura 43 Individuazione casuale dei punti all'interno di poligoni equilateri. Gli assi x e y indicano il numero di quadratini in cui è stata idealmente divisa l'area da campionare.

77 righe ($39,78 * 26,18$ mt considerando un quadrato di 34 cm di lato. Sono stati individuati 20 poligoni per ogni striscia, così da coprire completamente tutta la superficie in 8 sessioni di misura. Per evitare che un campionamento su griglia fissa potesse raccogliere dati spazialmente ciclici (es: lavorazioni del terreno con organi a distanze fisse, accavallamento del passaggio della trattrice, ecc), il campo è stato diviso in 20 poligoni equilateri e, all'interno di essi è stato individuato un punto casuale (Figura 29). 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.

L'uso di apparati GPS rende impossibile riportare sul terreno le coordinate teoriche dei singoli punti con sufficiente precisione. È stato deciso di adottare un metodo di individuazione del punto di campionamento più accurato possibile. Tramite lo squadra del terreno, infatti, sono stati posti dei pali alle estremità di ogni riga ai quali verranno tesi dei nastri su cui saranno state preventivamente segnate le coordinate di ogni punto: due fettucce con le identiche coordinate da stendere lungo la lunghezza Y ai due lati della riga e una fettuccia da stendere lungo la larghezza X (Figura 30). 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 lunghezza 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 (Figura 30).



Figura 44 Stesura della fettuccia "X" per individuare i punti da campionare

Disponendo le paline è stato possibile ottimizzare i tempi di campionamento, permettendo un disturbo inferiore ai lombrichi e una riduzione dei tempi morti, e quindi una migliore qualità dei dati.

Campionamento durante il periodo COVID19

Tutta la procedura precedentemente descritta, era stata pensata durante l'autunno 2019 in modo da potersi recare in campo tempestivamente in primavera, quando l'umidità e la temperatura avrebbero potuto aumentare la probabilità di raccogliere e contare individui. La squadra di conteggio lombrichi era formata da tre operatori, due addetti all'ispezione della zolla con relativo conteggio dei lombrichi e un operatore addetto alla rilevazione e registrazione dei dati secondo un modulo cartaceo.

Era stato deciso di raccogliere i seguenti dati:

- Data e ora di campionamento;
- Temperatura del suolo a 0 cm e a 30 cm;
- Umidità del suolo a 0 cm e a 30 cm;
- Numero di individui trovati (suddivisi in adulti, giovani, infanti);

La fase 1 della pandemia Covid, iniziata il 9 marzo 2020, ha colto tutti di sorpresa. Le nuove procedure per autorizzare le missioni in campo hanno richiesto del tempo, quindi la prima missione, anche senza la squadra al

completo, è stata effettuata il 24 marzo, data in cui il terreno si presentava 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 tunnel che ne testimoniano il passaggio. Questi tunnel sono inequivocabilmente identificabili a causa del segno lasciato dagli anelli del corpo dell'animale (Figura 45). Al modulo cartaceo è stata quindi aggiunta una colonna per il numero dei tunnel. Le missioni successive sono state



Figura 45 Tunnel di lombrico, si nota bene la traccia lasciata dagli anelli del corpo dell'animale.

effettuate con la squadra al completo grazie all'autorizzazione dell'INAIL valida da 1/04 a 31/05 che ci autorizzava a recarsi sul sito sperimentale.

Dopo ogni pioggia significativa, è stato fatto un rilevamento per un totale di 2 date primaverili di campionamento. 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. A ottobre è stato possibile effettuare 2 date di campionamento. Le precedenti lavorazioni del terreno, in particolare l'aratura, hanno inciso sul metodo di campionamento. Non essendo più possibile effettuare uno scavo nel punto

ipotizzato al fine di ottenere una zolla 30x30x30 cm, è stato deciso di controllare la zolla di terreno più vicino alla coordinata.

Metodo di campionamento e materiali necessari

Per effettuare il campionamento si è scelto di prelevare una zolla di terreno 30 cm x 30 cm, profonda circa 30 cm, e sminuzzarla su telo al fine di accertare la presenza di lombrichi contenuti in essa. Gli individui trovati verranno poi puliti per distinguere al meglio il grado di sviluppo del clitello, identificandone così l'età. Inoltre verranno anche contate le gallerie, prova del passaggio e della presenza di lombrichi nell'area. Per le sessioni di campionamento sono stati utilizzati i seguenti materiali:

- Forca-vanga (utile per evitare di tagliare gli individui);
- Telo;
- Scheda di monitoraggio;
- Igrometro specifico per suolo;
- Termometro a sonda.

Misura dell'umidità del suolo

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 (Figura 32) che ci permette di avere una misura volumetrica del contenuto idrico del suolo con una precisione dell'1%. Questo igrometro funziona sul principio della permittività, 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.

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



Figura 46 Igrometro con sonda ML3 per la misura dell'umidità volumetrica del suolo 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.

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

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

Funzionamento dell'igrometro

L'igrometro Delta T misura l'umidità del suolo attraverso un sensore complesso denominato ML3. Questo sensore complesso genera un campo magnetico a radiofrequenza (100 MHz) che viene applicato a tre antenne poste ai vertici di un triangolo equilatero. Tramite queste tre antenne il campo elettrico viene quindi trasferito al mezzo poroso (suolo minerale, torba etc.).

Lo spazio interessato dalla radiofrequenza può essere considerato come il dielettrico di un condensatore: in quanto tale possiede la sua caratteristica permittività elettromagnetica (Permittività su wikipedia). Essa è la proprietà che misura il grado di polarizzabilità del dielettrico.

Un alto valore ci indica che il mezzo è fortemente polarizzabile, ovvero che le particelle e le molecole che ne fanno parte sono facilmente orientabili quando viene applicato un campo magnetico. Un basso valore, al contrario, indica un materiale poco polarizzabile. Il valore viene usato come riferimento ed è pari a Farad/metro. Nel vuoto le molecole sono infatti scarsissime o del tutto assenti. L'aria ha un ϵ di circa 1, mentre l'acqua si aggira intorno a 80.

Ne consegue che un mezzo eterogeneo come il suolo, mostra un ϵ che è funzione sia delle molecole minerali e organiche di cui è composto, ma anche e soprattutto del contenuto di acqua, molecola molto polarizzabile in quanto nettamente dipolare.

Il sensore ML3 fornisce in uscita una tensione, il cui valore è legato a dalla relazione polinomiale il cui l'andamento è mostrato nella Figura 33.

È quindi necessaria una curva di taratura che permetta di passare all'acqua contenuta nel volume di suolo (mc/mc).

Calibrazione dell'igrometro

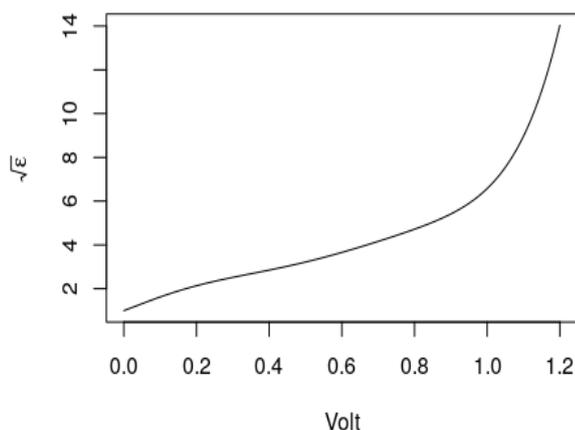


Figura 47 La relazione polinomiale valida per il sensore attivo ML3, che lega l'indice di rifrazione al volume di acqua contenuta in un mezzo.

Lo strumento è dotato di due generiche curve di calibrazione lineare, una per i substrati minerali e una per i substrati torbosi. Nel caso attuale è stato preferito calibrare lo strumento specificatamente sul suolo oggetto di studio, soprattutto in previsione di future ripetute sessioni di misura.

Ricordando che lo strumento misura un valore relativo al volume e non al peso del suolo, si è reso necessario un campionamento a volume noto.

La calibrazione è stata condotta come segue. Mediante 4 tubi d'acciaio di dimensioni note (diametro 8.5 cm, volume 804.78 ± 1.76), sono stati prelevati 4 cilindri di terreno.

Tali cilindri son stati mantenuti all'interno del corrispondente tubo d'acciaio, ne è stata misurata l'umidità in campo appena dopo il prelievo e quindi portati in laboratorio e ognuno chiuso in una busta ermetica di plastica e pesato.

Ogni due o tre giorni e per qualche settimana, si è provveduto all'aggiunta di note quantità d'acqua, per aumentarne l'umidità. Il ciclo di due tre giorni si è reso necessario per permettere la diffusione dell'acqua all'interno di tutto il volume di suolo campionato. L'umidità è stata rilevata sia sulla faccia superiore del cilindro che su quella inferiore. Prima di ogni misura è stato rilevato il peso del campione, comprendente la tara del tubo e della busta plastica.

Alla fine delle misure, i campioni son stati messi in stufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ fino a peso costante, per ottenere il peso secco e quindi poter calcolare l'acqua contenuta nei vari momenti di misura.

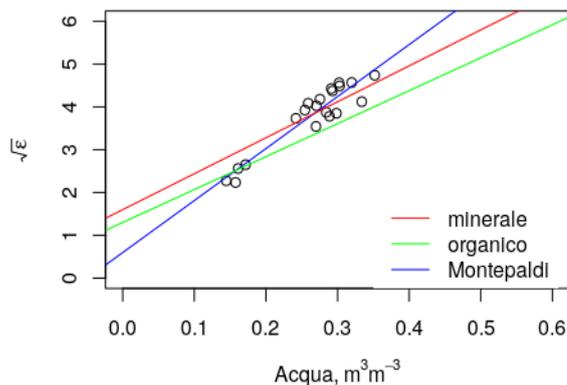


Figura 48 La curva di calibrazione per il suolo oggetto di studio.

Questa procedura ha permesso di ottenere delle coppie di dati riportati nella Figura 34.

La linea blu rappresenta la retta di calibrazione del terreno in esame. Essa è visivamente diversa da quelle contenute nello strumento e il formale test t conferma una pendenza del valore di 12.15 significativamente diversa da valore 8.4 del suolo minerale e 7.7 per quello organico (valori di p inferiori in entrambi i casi).

In conclusione, le misure appositamente fatte per la calibrazione, si sono rivelate necessarie per avere valori accurati.

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 a termistore PTC di tipo digitale in quanto i termometri a infrarossi, misurando la emissività termica delle superfici, hanno mostrato dei limiti in quanto influenzati ad es. dalla presenza di luce solare.

Risultati

Durante i campionamenti sono stati rinvenuti solo 5 lombrichi, tutti in date differenti (Figura 35).



Figura 49 Lombrichi ritrovati durante i campionamenti

Visto il numero così esiguo, è stato deciso di non tenerne conto nell'analisi dei dati. I campionamenti di ottobre sono stati leggermente diversi da quelli

effettuati ad aprile. Infatti, in seguito alla raccolta della coltura in campo, è stata effettuata una aratura che ha modificato il terreno, rendendo impossibile l'estrazione nel punto prefissato di una zolla 30x30x30 cm. Si è optato per campionare utilizzando la zolla creata con l'aratura che si trovava nelle vicinanze. In questo caso, non sono stati registrati i valori di temperatura e umidità a 30 cm di profondità ma solo quelli in superficie.

I risultati dei campionamenti primaverili sono simili a quelli autunnali. Questo permette di considerare che i tunnel trovati in autunno siano un residuo primaverile e quindi non influenzati dalla lavorazione del terreno. L'eterogeneità spaziale della variabile n° tunnel suggerisce che essa non sia influenzata dalla posizione all'interno del campo.

Il numero di tunnel ritrovato con maggior frequenza è 4, seguito da 0. La mediana dei ritrovamenti è di 8 in *BioVecchio* e 6 in *BioNuovo*.

Grazie ai dati raccolti e considerando un livello di confidenza pari a 0.05 si può ottenere il numero minimo di campionamenti necessari al fine di ottenere risultati certi e utilizzabili. Questa relazione può tornare utile qualora fossimo interessati a controllare l'efficacia di alcuni trattamenti su un campo precedentemente campionato. È quindi possibile ottenere il numero di campionamenti per Ha; sapendo che in media sono stati investigati 3673.5 mq, sono necessari un minimo di 35 campionamenti/Ha per avere una differenza di 2 tunnel/campionamento da questo lavoro.

Sono stati riscontrati effetti legati a 2 variabili: la data e il campo. Si nota bene come ci sia dipendenza tra i campionamenti e le date in cui sono stati effettuati. Allo stesso modo si può notare l'interazione presente tra i campi all'interno della stessa data. Infatti, in alcune date c'è una grossa differenza tra *BioVecchio* e *BioNuovo*, mentre in altre la differenza non è significativa.

La temperatura rilevata a 0 cm e a 30 cm ha messo in evidenza che, all'interno dello stesso appezzamento, essa sia leggermente più alta in profondità. Non è presente alcuna differenza sostanziale tra i 2 campi all'interno della stessa giornata di campionamento.

È stato riscontrato che in 3 giornate, dopo le 10-10:30 del mattino, la temperatura del terreno aumenti in funzione dell'orario di campionamento. Avendo riscontrato tale fenomeno raramente, si può dire che questo sia possibile solo in determinate giornate caratterizzate da condizioni meteorologiche e del terreno particolari.

L'umidità riscontrata durante i campionamenti a 30 cm di profondità è inferiore a quella della superficie. Avendo notato questo fenomeno mentre venivano rilevati i dati, alla fine della giornata di campionamento del 29/04, è stata utilizzata una trivella da carotaggio per esaminare il profilo del suolo, misurandone l'umidità. Attorno ai 50-60 cm di profondità, il terreno opponeva una resistenza tale per cui è stato impossibile continuare con l'estrazione dello stesso, inoltre le umidità rilevate diminuivano all'aumentare della profondità. Si può notare come nei 2 campi le umidità medie riscontrate siano molto simili e quindi si conclude che nelle nostre condizioni, la ipotizzata risalita capillare della falda del torrente Pesa non avviene e l'umidità è dovuta sola alle piogge.

Campionamento

I tempi necessari per il *campionamento* mostrano una certa variabilità tra loro. Calcolati da inizio della misurazione dell'umidità in una buca fino all'inizio della stessa misurazione nella buca successiva, in media ci sono voluti 7 minuti, indipendentemente che il campionamento sia stato fatto su zolla "arata" o su zolla "scavata".

È plausibile pensare che, come evidenzia la relazione tra il n° di tunnel trovati e l'ora di campionamento, al primo campionamento la squadra fosse ancora inesperta nel riconoscere le tracce lasciate dai lombrichi all'interno della zolla investigata.

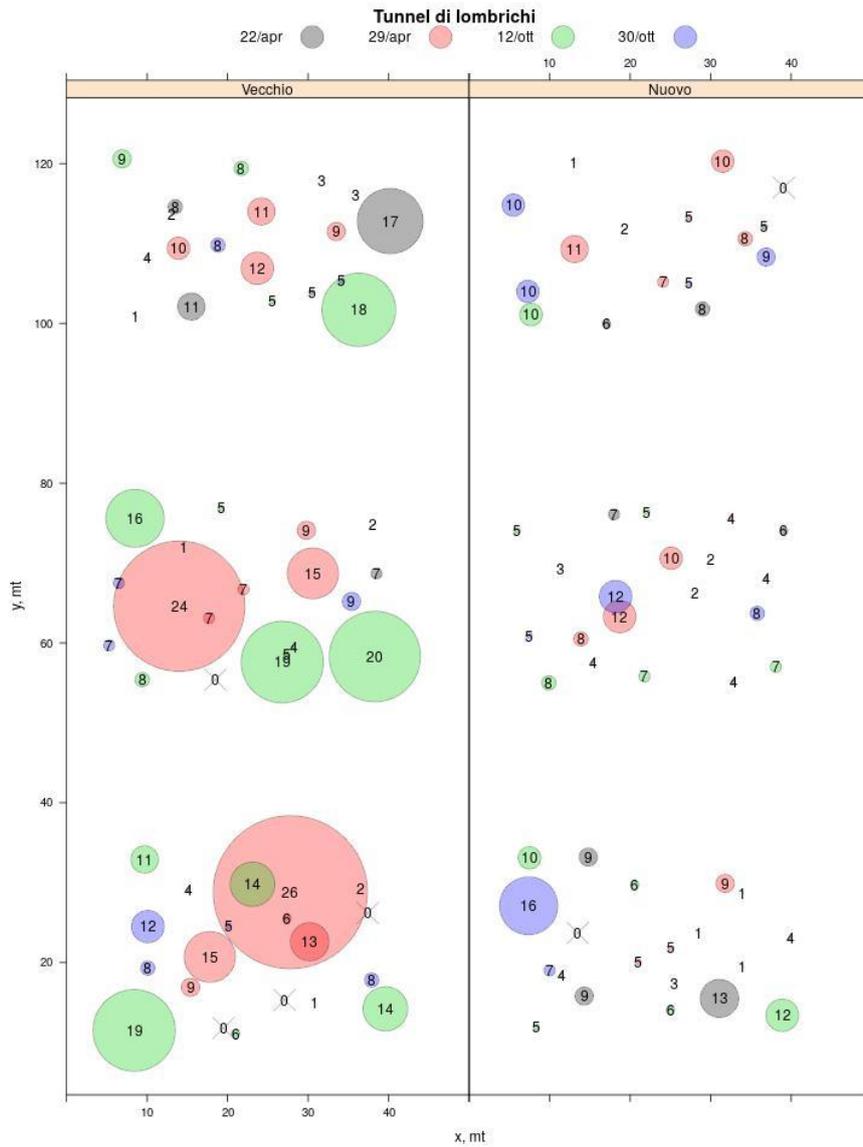


Figura 50 Distribuzione dei tunnel di lombrichi trovati. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale al numero di tunnel rinvenuti, indicato dal numero al centro. Evidente la maggiore frequenza di rinvenimento nel BioVecchio.

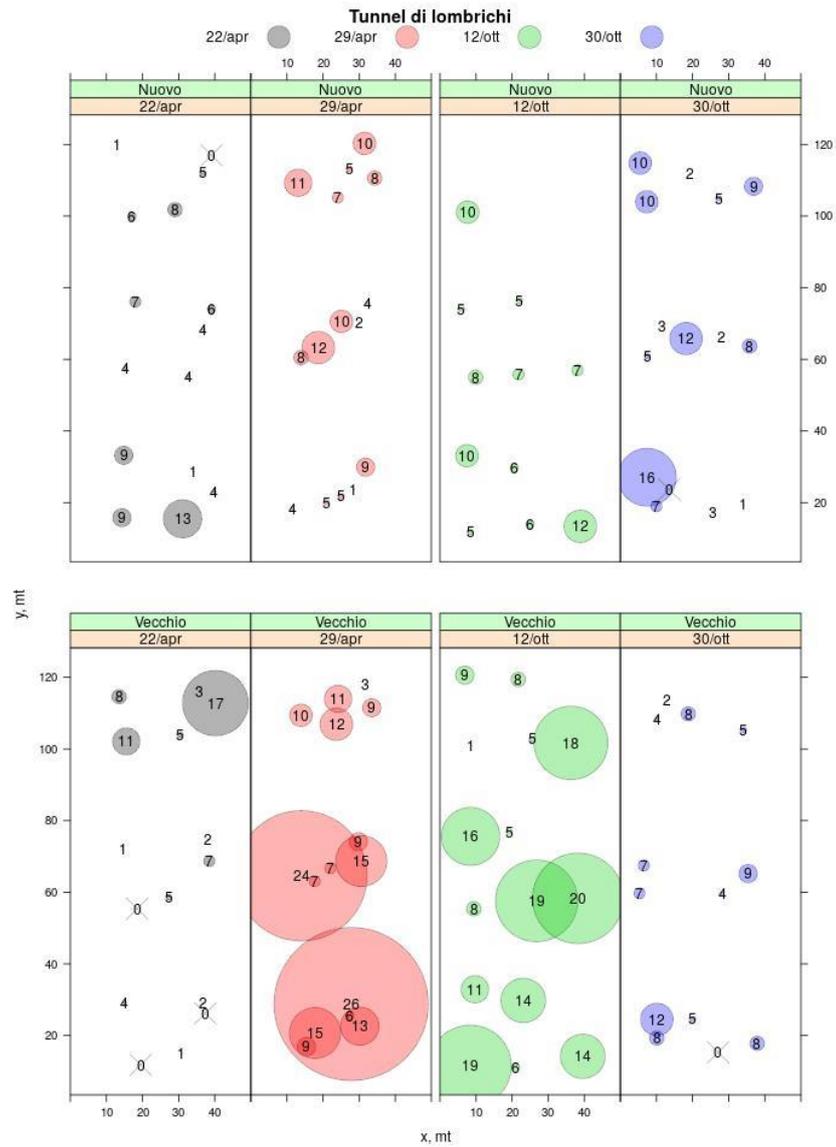


Figura 51 Tunnel di lombrichi trovati suddivisi per data e campo. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale al numero di tunnel rinvenuti, indicato dal numero al centro. Evidente la maggiore frequenza di rinvenimento nel BioVecchio

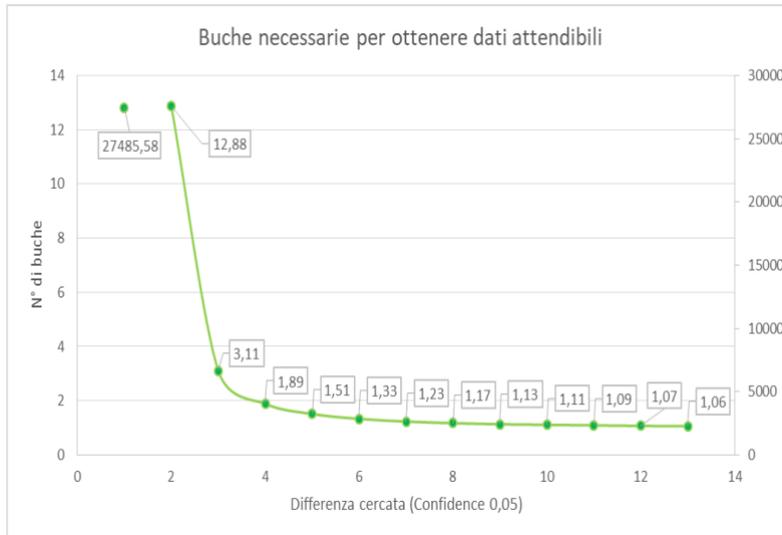


Figura 52 Campionamenti necessari per ottenere dati attendibili.

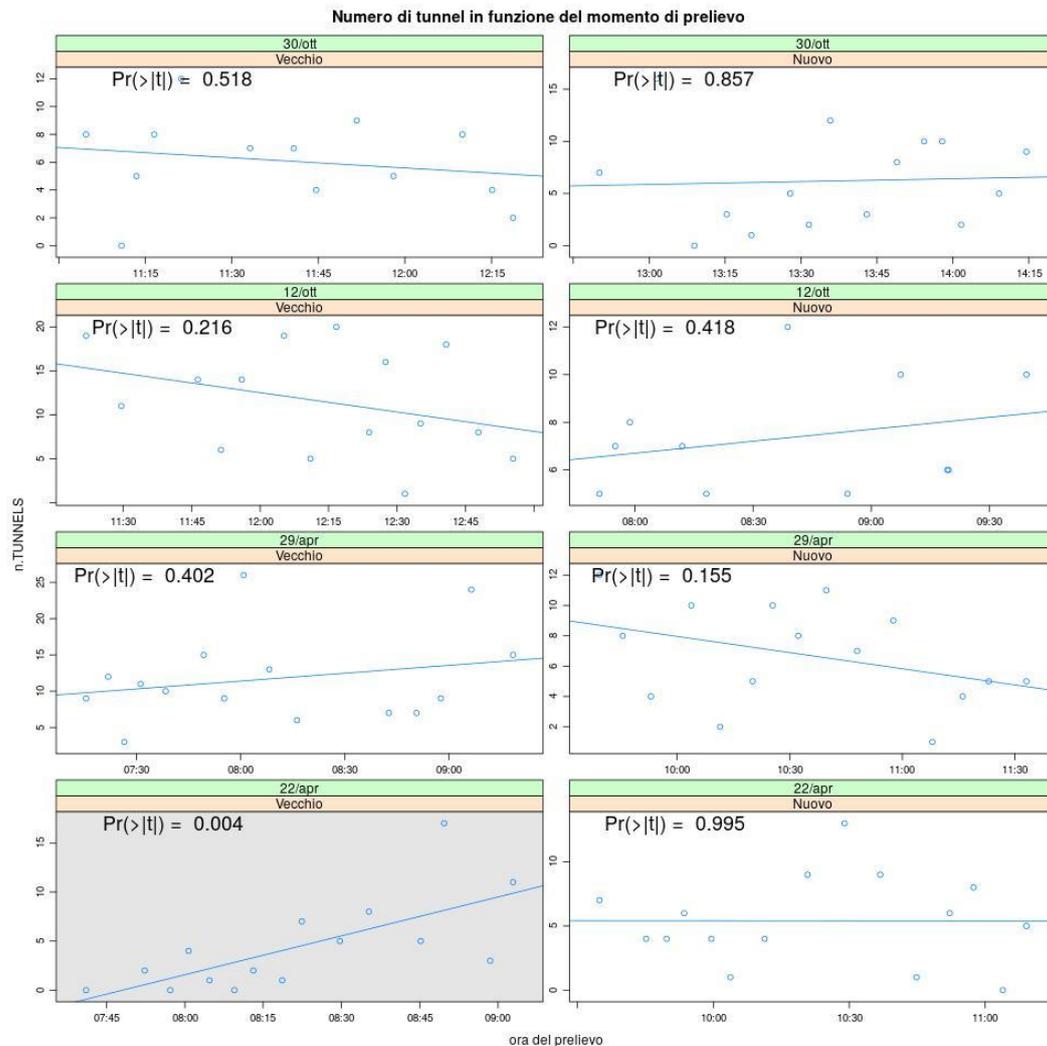


Figura 53 Numero di tunnel in funzione del momento di prelievo. La prima data è l'unica significativa, evidente segnale dell'acquisizione di esperienza nel campionamento in loco.

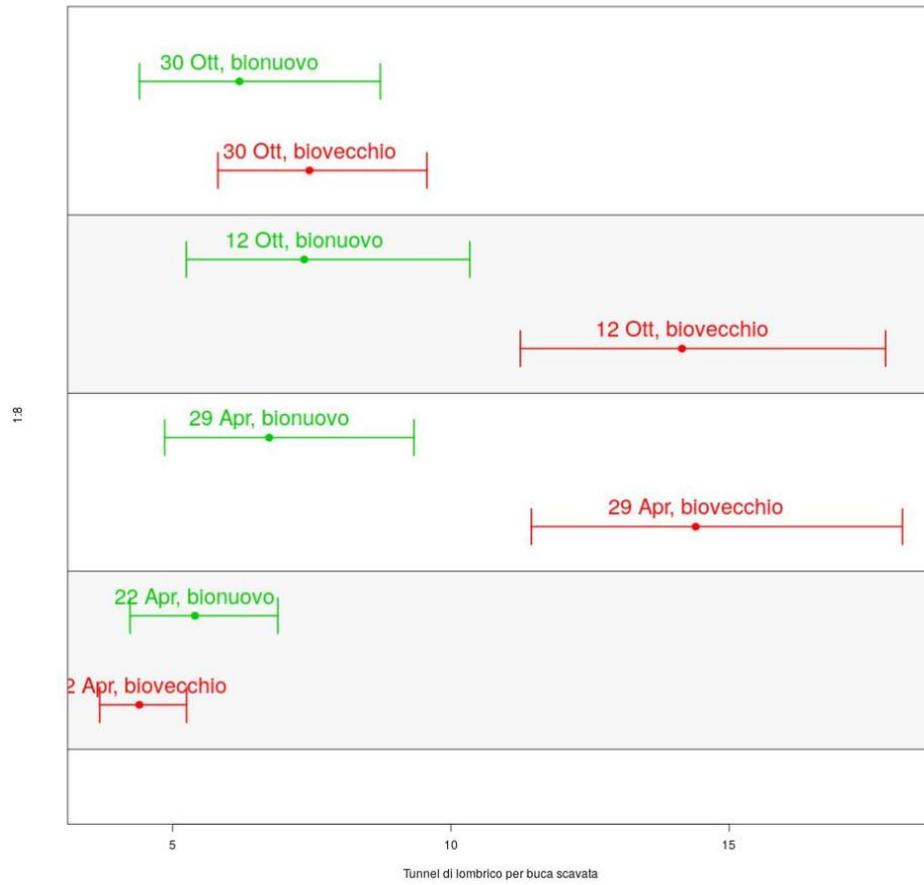


Figura 54 Distribuzione dei tunnel di lombrico per buca scavata.

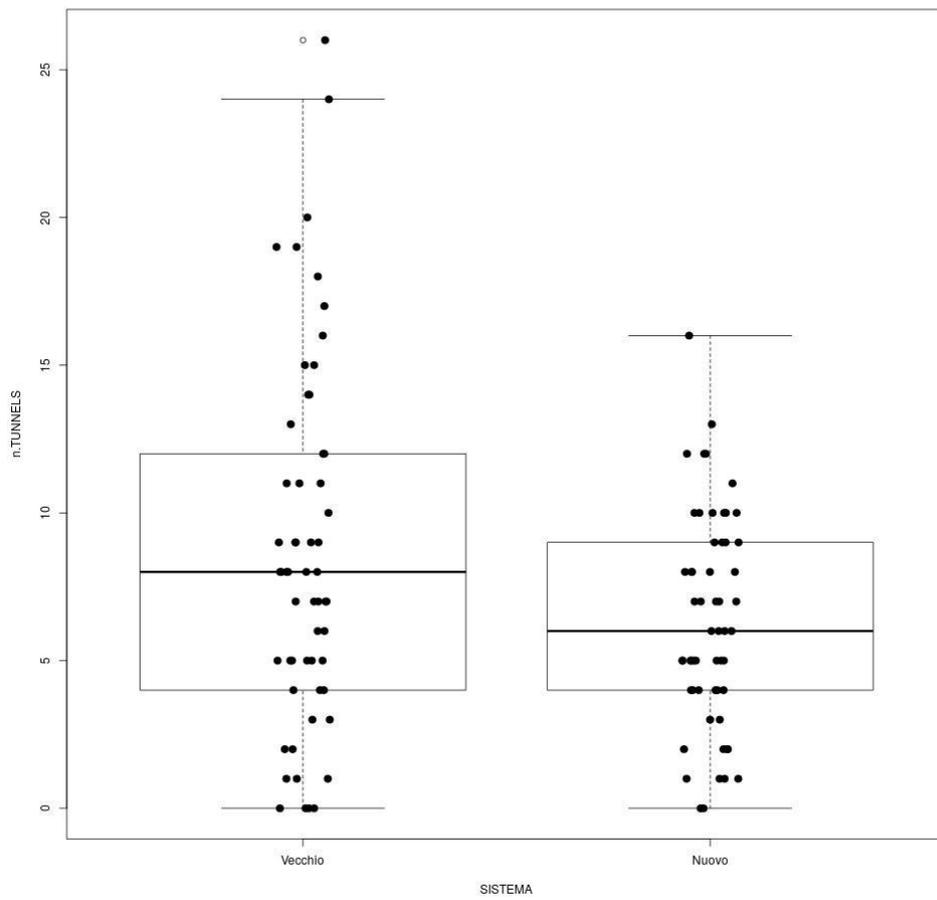


Figura 55 Numero di tunnel trovati nei rispettivi campi. Le mediane dei tunnel trovati in ciascun campo sono molto simili.

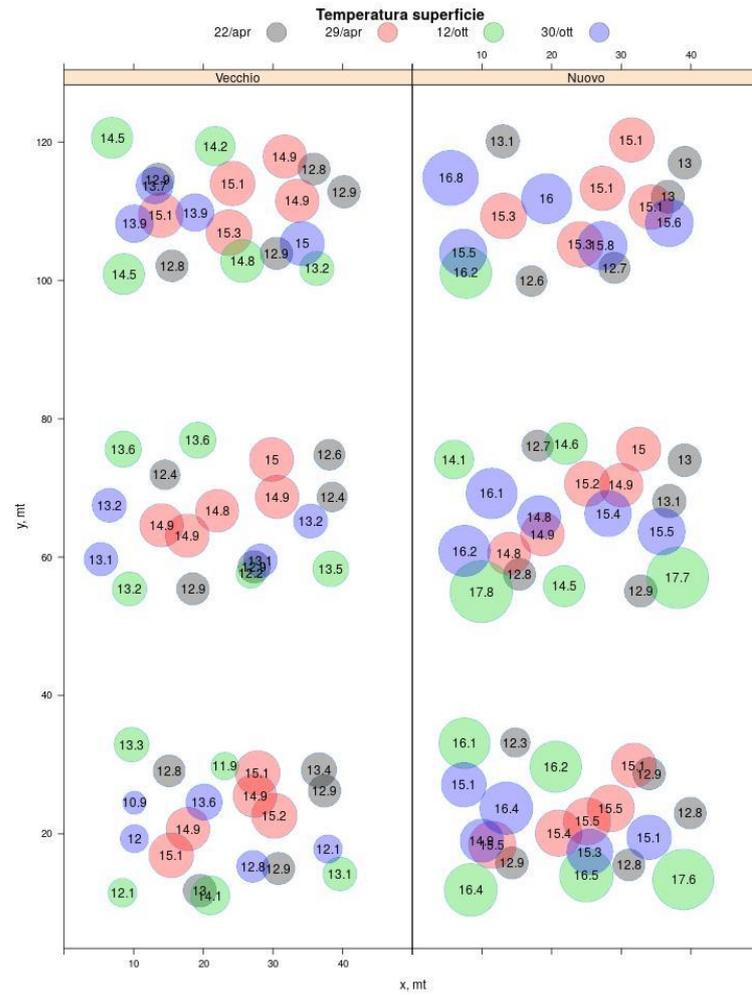


Figura 56 Distribuzione spaziale delle temperature ($^{\circ}\text{C}$) del terreno rilevate a 0 cm di profondità. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale alla temperatura rinvenuta, indicata dal numero al centro. Molte di esse sono simili

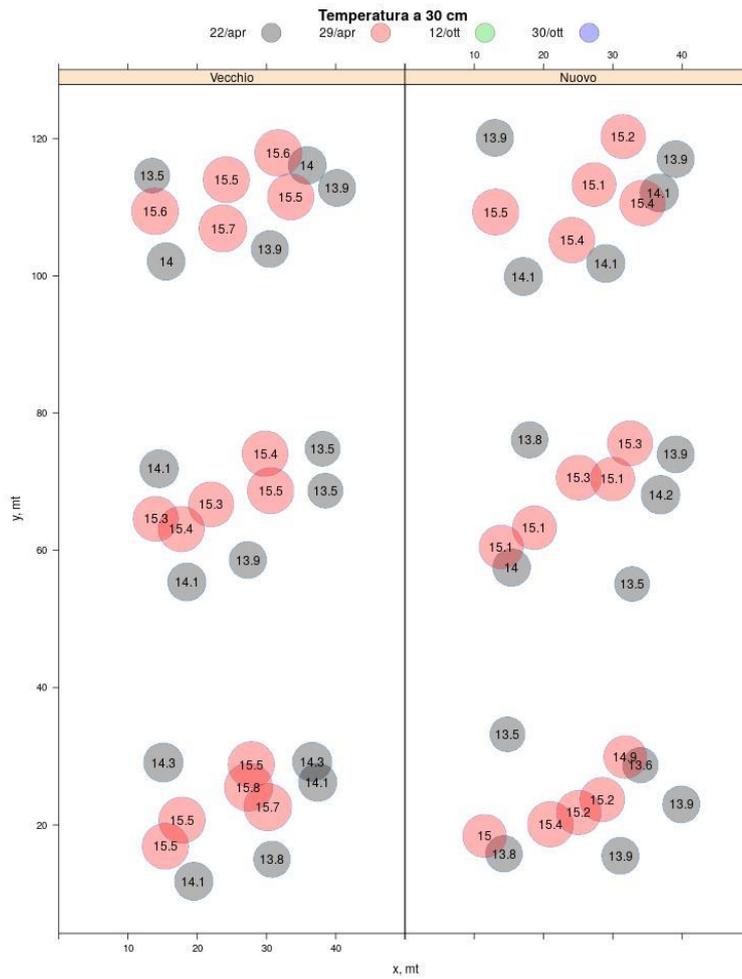


Figura 57 Distribuzione spaziale delle temperature ($^{\circ}\text{C}$) del terreno rilevate a 30 cm di profondità. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale alla temperatura rinvenuta, indicata dal numero al centro.

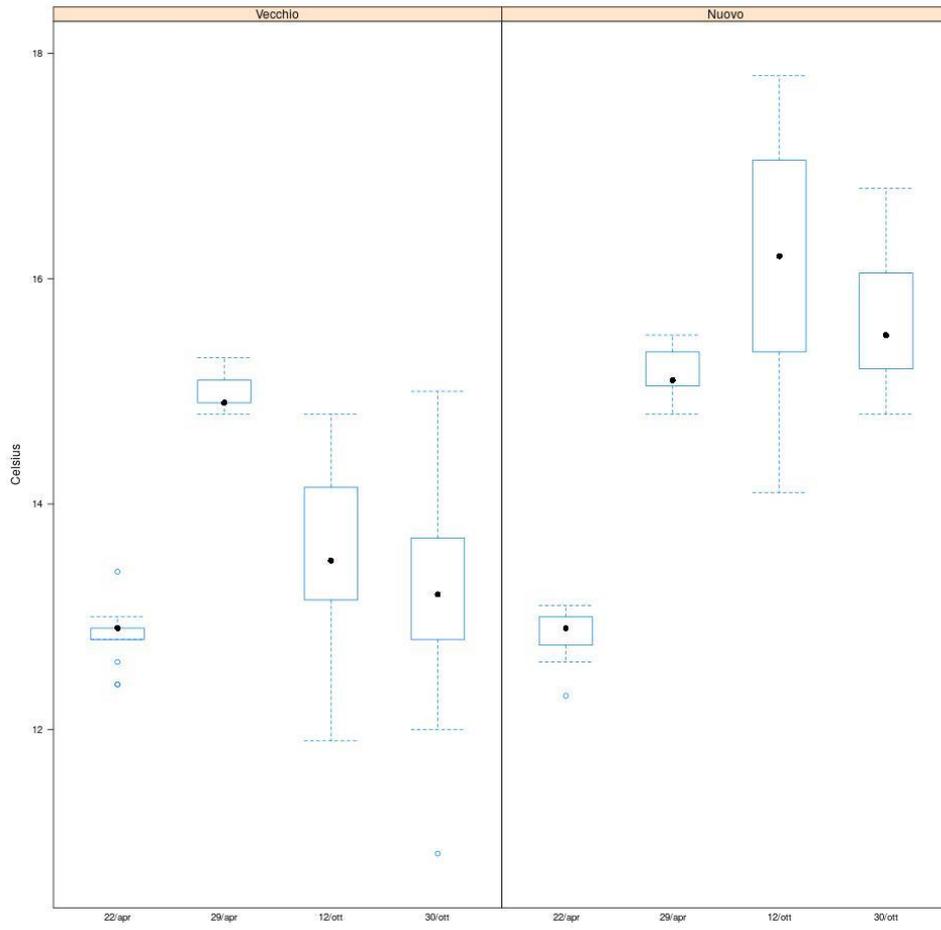


Figura 58 Temperature nei 2 sistemi a confronto. Si può notare come la temperatura sia variata di poco dal campionamento di un campo all'altro.

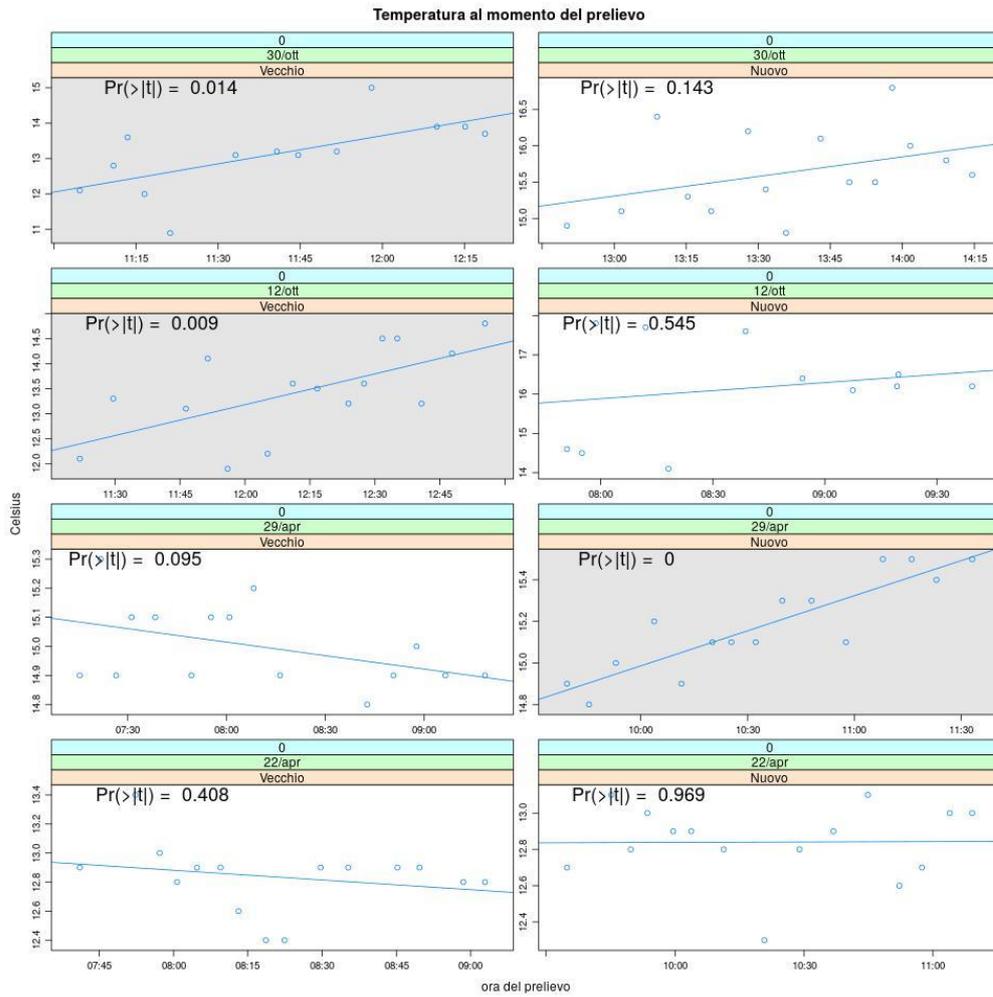


Figura 59 Temperatura in funzione del momento del prelievo. Solo 3 relazioni sono significative, non permettendoci di considerare questa relazione sempre esistente.

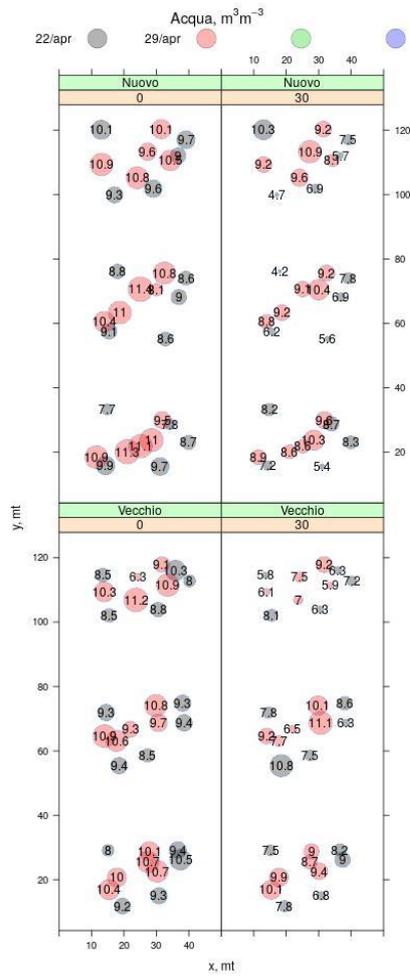


Figura 60 Umidità rilevata nei campi a 0 e 30 cm. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale all'umidità rinvenuta, indicata dal numero al centro. Curiosamente la distribuzione della differenza tra superficie e profondità è molto eterogenea.

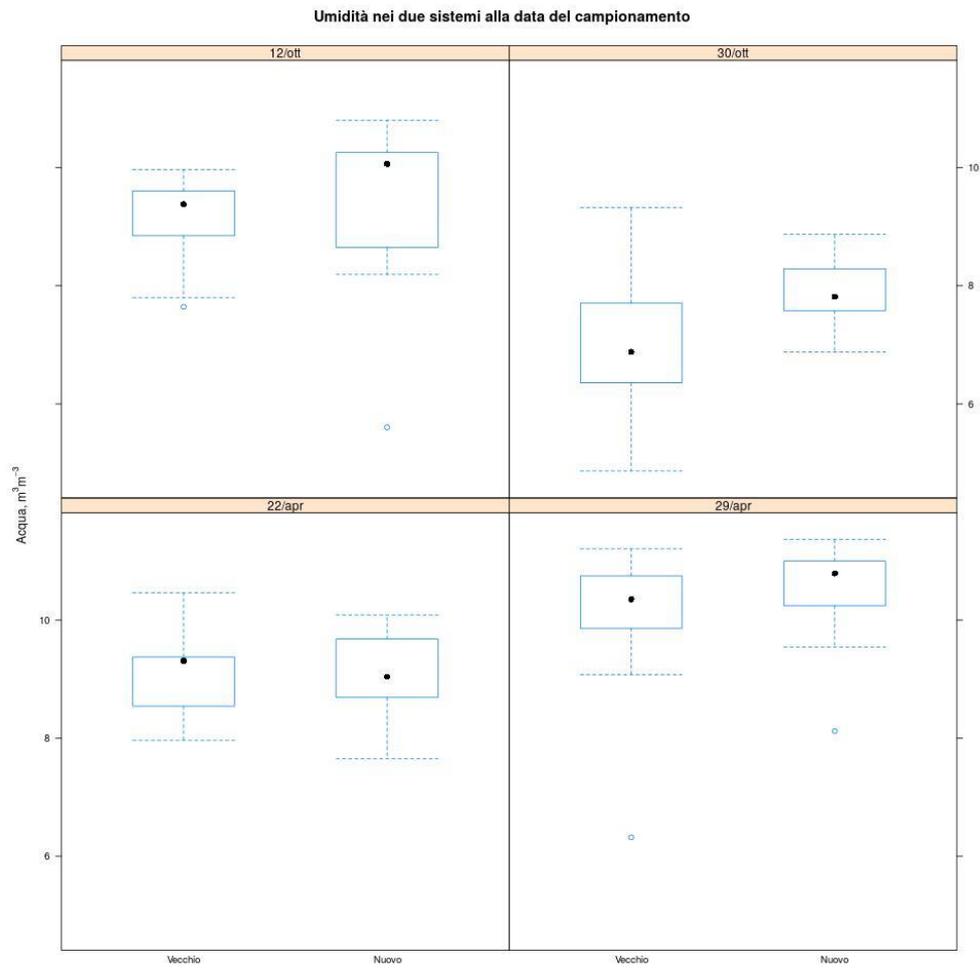


Figura 61 Umidità nei 2 campi. Tra i 2 campi la sua differenza è minima. Si possono considerare come molto simili.

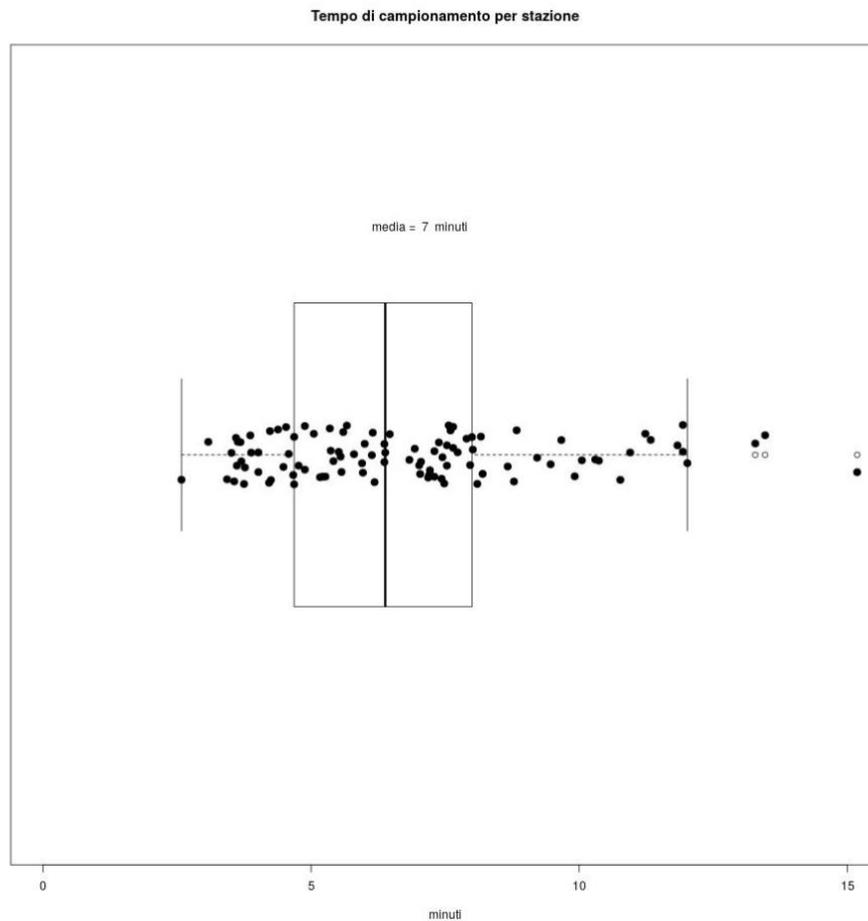


Figura 62 Tempi di campionamento. La media è di 7 minuti.

Conclusioni

Con questo lavoro ci eravamo posti di rispondere ai seguenti quesiti:

- Quali sono le variabili che influiscono sulla presenza dei lombrichi in un terreno in ambiente mediterraneo collinare interno?
- Qual è il momento più idoneo per andare in campo a campionarli?
- Questo metodo di campionamento può essere utilizzato da aziende agricole per utilizzare il lombrico come bioindicatore della fertilità dei propri terreni?

Avendo trovato pochi lombrichi durante i nostri campionamenti, non è stato possibile ottenere i dati sufficienti per rispondere alle prime 2 domande. In compenso però, analizzando l'operato, è possibile proporre una serie di suggerimenti per i campionamenti futuri.

- Prima di procedere con una sessione di campionamento, utilizzare una trivella da carotaggio al fine di verificare l'assenza di uno strato asciutto e compatto in profondità. Si può dedurre che, qualora sia presente, i lombrichi anecici come *H. samnitica* non riescano a risalire in superficie.
- Al fine di ottenere dei dati che rispecchino la realtà fin da subito, è consigliato di rodare la squadra, effettuando un paio di prove in bianco. In questo modo gli operatori riconosceranno meglio i tunnel di lombrico presenti nella zolla e diminuiranno i tempi di campionamento.
- Notando che la presenza dei tunnel di lombrico non è legata all'orario di campionamento, è consigliato di effettuare più campionamenti possibile in una giornata, coprendo meglio l'area interessata. Si possono effettuare 60 campionamenti/giorno, divisi in 15+15 al mattino e 15+15 al pomeriggio.
- Effettuare qualche campionamento durante le ore notturne, prima dell'alba o dopo il tramonto. I lombrichi sono animali fotosensibili e quindi è ragionevole ipotizzare che si nascondano con la presenza del sole in cielo.

Alla terza domanda invece è stato possibile trovare una risposta.

Un'azienda agraria potrebbe voler controllare che la propria gestione mirata all'incremento della fertilità del terreno stia avendo effetto. Il metodo è ancora da affinare ma è possibile proporlo con le seguenti accortezze.

Da marzo a giugno e da settembre a fine ottobre, un imprenditore agricolo dovrebbe campionare ogni 3-4 settimane in diversi punti del proprio terreno, annotando il numero di lombrichi e di tunnel trovati. Se questi aumentano di anno in anno (un aumento nel breve periodo potrebbe essere dovuto all'incremento stagionale della popolazione) si può pensare che le pratiche effettuate stiano dando i risultati previsti. Comunque, come paragone suggerirei di considerare che in questa occasione, ovvero in ambiente mediterraneo collinare interno, abbiamo trovato circa 6-8 tunnel per buca ispezionata e più

frequentemente 4 tunnel. Considerando che il numero minimo di campionamenti necessario ad ottenere dei dati paragonabili ai nostri è di 35 campionamenti/Ha, consiglieri a un imprenditore agricolo di effettuare minimo 45-50 campionamenti/Ha.

La presenza dei lombrichi è fortemente influenzata dalla variabilità climatica. Questo è testimoniato in letteratura ed è evidenza anche di questa tesi. Tale aspetto è parzialmente compensato dalla capacità dei suoli argillosi di conservare le tracce del passaggio dei lombrichi sotto forma di tunnel e buchi che deve essere quindi visto come un vantaggio in quanto può svincolare dall'obbligo di effettuare la conta in momenti precisi. In altri tipi di suolo più sciolti, con frazioni sabbiose preponderanti, o comunque in caso di condizioni climatiche estreme che escludano la presenza dei lombrichi, gli agricoltori hanno a disposizione altri metodi speditivi per la valutazione della fertilità del suolo. Ad esempio, il test della vanga, il campionamento delle erbe infestanti come bioindicatori della fertilità del suolo sono metodi utili e veloci che gli agricoltori possono applicare a costo zero a complemento del campionamento dei lombrichi. La fertilità, come molti altri fenomeni naturali, è caratterizzata da molteplici sfaccettature e possono necessitare diversi metodi per valutarla nel suo complesso.

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:

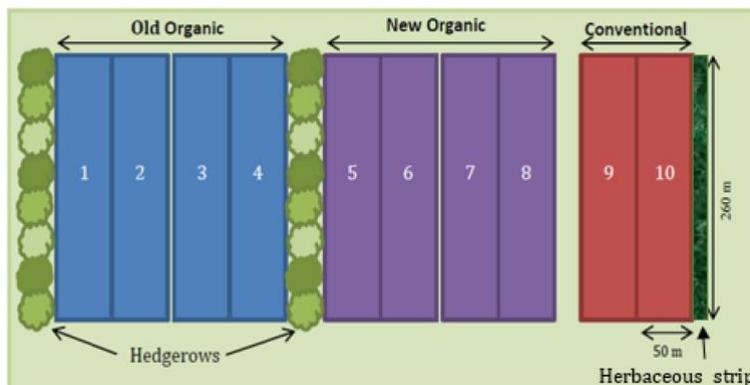


Figura 63 Schema della disposizione dei campi del sito sperimentale

- 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 64 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 culturale 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.

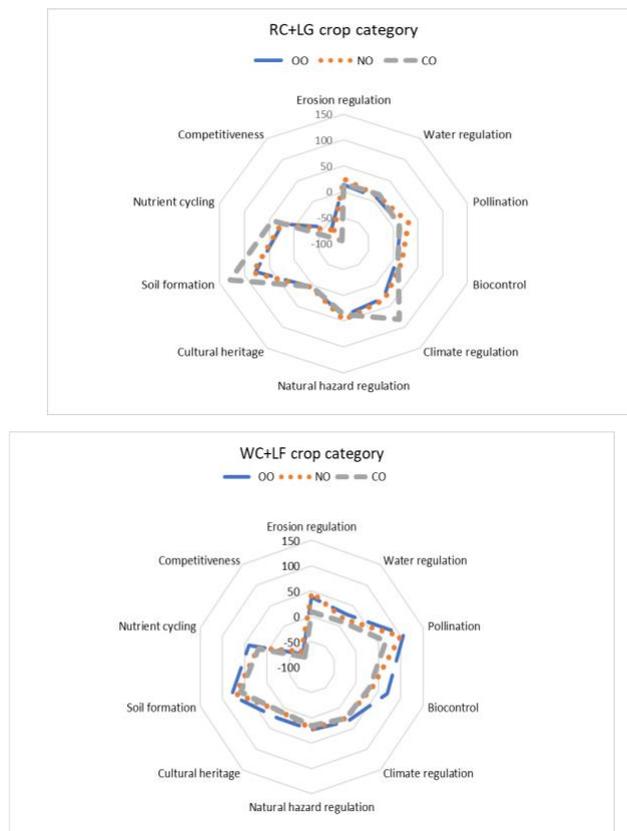


Figura 65 I servizi ecosistemici delle comunità rappresentative di specie spontanee nelle due categorie: colture invernali + leguminose per il foraggio (WC+LF) e colture a strisce + leguminose (RC+LG) nei tre agroecosistemi (OO, NO e CO) (Gaifami et al., n.d.)

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 24, 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 24 Risultati dell'analisi SIMPER (Gaifami and Pacini, 2017).

Variable	Average Abundance	Average Similarity	Contribution to group similarity (%)	Cumulative contribution (%)
Group 1				
<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
Group 2				
<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
Group 3				
<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
Group 4				
<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
Group 5				
<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
Group 6				
<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.

**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 P₂O₅ totale e disponibile attraverso i metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (Gazz.Uff. 21 ottobre 1999).

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

Metodi per Obiettivo 2 Misurazione dei parametri biologici

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

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

Progetto di ricerca di dottorato

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

Candidata: Margherita Santoni (Scheda personale:

<https://www.dottoratoscienzeagricoleambientali.unifi.it/p332.html>)

Key word

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

Introduzione e stato dell'arte

Nonostante i principi fondamentali dell'agricoltura biologica affermino la necessità di interconnessioni funzionali tra le colture e la produzione animale, i sistemi di agricoltura biologica nel bacino del Mediterraneo non posseggono tale requisito (Canali e Speiser, 2005). Già nel 2008 Stinner et al. hanno rilevato che il numero di agricoltori che effettuano coltivazioni biologiche senza produzione animale in azienda era in aumento. La gestione della fertilità del suolo e della nutrizione delle colture in sistemi biologici senza bestiame sono particolarmente difficili (Berry et al. 2002; Cormack et al. 2003; Stinner et al. 2008) e ciò è dovuto principalmente alla scarsa disponibilità di sostanza organica di origine animale.

Negli agroecosistemi biologici senza bestiame, la conservazione della fertilità del suolo risulta dunque un aspetto chiave delle strategie di gestione che massimizzino le capacità del sistema agricolo nel resistere a fluttuazioni delle condizioni ambientali nel lungo periodo. Tuttavia, bisogna tenere conto che l'attuale sistema produttivo ha concentrato gli allevamenti in zona limitate, con conseguente ristretta disponibilità di letame. I costi di trasporto del letame hanno limitato, se non azzerato, la distribuzione di sostanza organica sui suoli coltivati. Ciò ha costretto gli agricoltori a sostituire parzialmente le sorgenti di fertilità interne al sistema con input organici esterni. Questo approccio porta al fenomeno noto come "convenzionalizzazione dell'agricoltura biologica" (Darnhofer et al. 2010). Si rende dunque necessaria la messa a punto di nuovi modelli di produzione che superino il dualismo tra produzioni

vegetali e animali, ricollegando e richiudendo le catene di produzione e di riutilizzo degli elementi nutritivi.

L'attuale disponibilità di concimi o ammendanti organici comprende letame essiccato o pellettato e letame fresco ma, da un punto di vista chimico-fisico, anche i cumuli biodinamici possono essere considerati come apporti di sostanza organica estremamente attivi (Mäder et al. 2002). L'agricoltura biodinamica è stata introdotta come forma alternativa di agricoltura dal filosofo austriaco Rudolf Steiner (Steiner, 1993) e si basa su un sistema di produzione chiuso che comprende l'elemento animale all'interno dell'azienda, riproducendo un modello agroecologico in grado di raggiungere elevati livelli di efficienza ambientale e di redditività economica (Bioreport, 2018).

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

Infine, dato che le principali obiezioni alla proposta secondo cui l'agricoltura biologica e biodinamica possono contribuire in modo significativo all'approvvigionamento alimentare globale sono le basse rese (Scialabba et al. 2014), si andrà ad indagare come diverse strategie di fertilizzazione possano influire sulla produttività colturale, analizzando anche i dati storici di produttività dell'esperimento di lungo termine MoLTE che compara agricoltura biologica con agricoltura convenzionale e in cui si svolgerà la sperimentazione.

Obiettivi

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

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

Materiali e metodi con articolazione temporale delle diverse fasi del progetto

La sperimentazione si svolgerà presso il dispositivo sperimentale del “Montepaldi Long Term Experiment” (MoLTE<https://www.dagri.unifi.it/p473.html>), l’esperimento di lungo termine su agricoltura biologica più duraturo di tutta l’area mediterranea. La rotazione prevista comprenderà erba medica da seme, grano tenero antico, farro e trifoglio da seme. Verranno messe in atto letamazioni con quattro ammendanti organici di diversa natura più un controllo. Il disegno sperimentale prevede le seguenti letamazioni:

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

L’esperimento verrà attuato su due campi sperimentali di 130 X 36 mt, uno condotto ininterrottamente col metodo biologico dal 1991 e l’altro condotto con agricoltura integrata dal 1991 al 2000 e in seguito convertito al metodo biologico. Ogni campo sarà squadrato in tre righe (repliche) e cinque colonne (trattamenti) per un totale di 30 parcelle sperimentali (disegno a blocchi randomizzati).

Il progetto di ricerca si svilupperà nel corso di tre anni e sarà articolato in accordo ai work-packages (WP) e tasks sottoelencati:

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

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

WP2: Misurazione dei parametri chimico-fisici e biologici:

- Task 2.1: Misurazione dei parametri di natura chimica. Verranno misurati il carbonio e l'azoto organico totale, il pH, il pH di scambio, la P₂O₅ totale e disponibile attraverso i metodi ufficiali di analisi chimica del suolo (Gazz.Uff. 13 settembre 1999).
- Task 2.2: Misurazione dei parametri di natura fisica. I parametri di natura fisica che verranno misurati saranno: porosimetria a mercurio, granulometria laser, densità apparente e resistenza alla penetrazione.
- Task 2.3: Misurazione dei parametri biologici. I parametri di natura biologica che verranno misurati come bioindicatori della qualità del suolo saranno: lombrichi tramite conta, riconoscimento e attribuzione dello stadio di sviluppo (Peigné et al. 2018); formiche, carabidi e ragni tramite campionamento con berlesi e successiva stima dell'indice biologico di qualità del suolo (QBS) (Gardi et al. 2002; Parisi et al. 2005).

WP3: *Valutazione integrata di parametri chimico-fisici, biologici e di produttività.* Il WP3 integrerà i parametri dei vari Task del WP2 con i valori di

produttività delle colture. La produttività sarà un parametro pivot verso il quale i parametri sopra descritti esplicheranno un effetto e verrà valutata tramite campionamento parcellare. La correlazione tra i vari parametri sarà effettuata tramite tecniche di analisi multivariata quali analisi delle componenti principali, analisi di cluster e scaling multidimensionale.

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

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

Articolazione temporale delle attività previste

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

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

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

Principali risultati previsti

Questo progetto permetterà di implementare le conoscenze relative alle strategie di fertilizzazione organiche. Tramite il primo obiettivo del progetto sarà possibile avere chiaro l'evolversi nel lungo periodo delle produttività colturali

nel dispositivo MoLTE, per poter meglio valutare le nuove strategie di fertilizzazione introdotte a partire dalla campagna 2020-2021. Tramite il secondo obiettivo del progetto si cercherà di comprendere quali siano le migliori forme sostenibili di gestione della sostanza organica che meglio supportino la fertilità chimica, fisica e biologica del suolo integrando tali risultati con la produttività delle colture. Tali strategie di fertilizzazione saranno valutate sia attraverso metodiche consolidate per lo studio delle proprietà base del suolo, sia attraverso metodiche innovative come per i parametri biologici del suolo valutati all'interno di agroecosistemi. Infine, tramite il terzo obiettivo, si avrà una valutazione sistemica integrata dei parametri chimico-fisici e biologici del suolo che porterà all'implementazione delle conoscenze sulle strategie di fertilizzazione organica con pratiche agroecologiche.

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



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

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

AREA
SERVIZI ALLA
DIDATTICA
DOTTORATO

Prot. n. 129894
Decreto n. 951
Anno 2020

IL RETTORE

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

DECRETA

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

POSTI A CONCORSO: 7

Con borsa: 6 Università di Firenze

Senza borsa: 1

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

Precede per minore età

Precede per minore età

Precede per minore età

Firenze, 10 settembre 2020

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

IL RETTORE
F.to Prof. Luigi Dei

**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 25). 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 25 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.

Fruend 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 66):

- 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 66 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 67).
- 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 67 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 26 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).
	* L'uso di erbicidi riduce la popolazione di lombrichi in quanto viene ridotta la disponibilità di residui vegetali (Pfiffner, 2014).
Categorie ecologiche	* 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.
	* 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).
Età dei lombrichi	* 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.
	* 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)
Misure chiave per la promozione dei lombrichi	* 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

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

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, www.fibl.org
Scuola di Ingegneria ISARA
23 rue Jean Baldassini, 69364 Lyon Cedex, France
Telefono +33(0)427858524, com@isara.fr, 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 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.

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

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**

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).

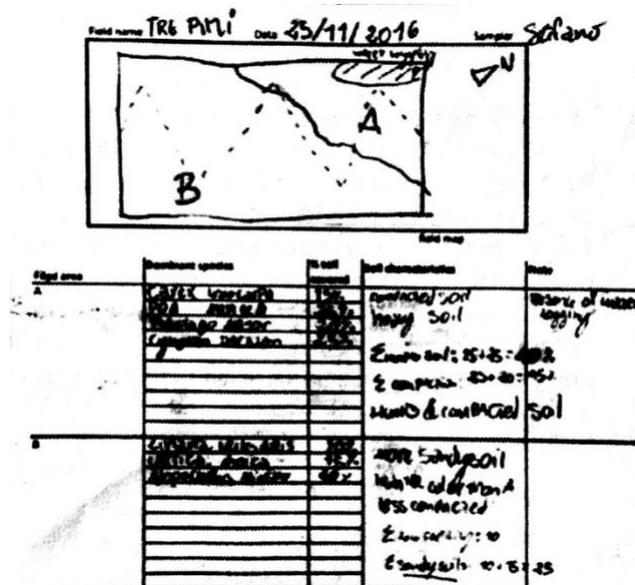


Figura 68 Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi

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 69 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 27 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 & 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 28 Le diverse specie infestanti utilizzate come bioindicatori, ordinate per le diverse 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

Caratteristica del suolo	Specie	Famiglia botanica	Tipologia	Affidabilità
	Verbascum spp.	Scrophulariaceae	Suolo acido	M
	Viola arvensis	Violaceae	Suolo acido	A
	Anagallis arvensis	Primulaceae	Suolo alcalino	A
	Anthemis nobilis syn. Chamaemelum nobilis	Asteraceae	Suolo alcalino	M
	Chenopodium spp.	Chenopodiaceae	Suolo alcalino	M
	Daucus carota	Apiaceae	Suolo alcalino	M
	Lepidium virginicum	Brassicaceae	Suolo alcalino	M
Disponibilità di acqua	Amaranthus retroflexus	Amaranthaceae	Suolo asciutto	M
	Euphorbia maculata	Euphorbiaceae	Suolo asciutto	M
	Medicago lupulina	Fabaceae	Suolo asciutto	M
	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
Compattazione del suolo	Euphorbia maculata	Euphorbiaceae	Compattazione	A
	Galium aparine	Rubiaceae	Compattazione	A
	Plantago major	Plantaginaceae	Compattazione	A
	Poa annua	Graminaceae	Compattazione	A
	Polygonum aviculare	Polygonaceae	Compattazione	A

Caratteristica del suolo	Specie	Famiglia botanica	Tipologia	Affidabilità
Tessitura del suolo	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
Fertilità del suolo	Arctium minus	Asteraceae	Fertilità alta	M
	Chenopodium album	Chenopodiaceae	Fertilità alta	A
	Phytolacca americana	Phytolaccaceae	Fertilità alta	M
	Poa annua	Graminaceae	Fertilità alta	M
	Portulaca oleracea	Portulacaceae	Fertilità alta	M
	Stellaria media	Caryophyllaceae	Fertilità alta	A
	Taraxacum officinale	Asteraceae	Fertilità alta	A
	Andropogon spp.	Graminaceae	Fertilità bassa	M
	Linaria vulgaris	Scrophulariaceae	Fertilità bassa	M
	Lotus corniculatus	Fabaceae	Fertilità bassa	M
	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 29 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 m² le misurazioni possono essere replicate fino a 6 volte. È importante misurare contemporaneamente il contenuto in acqua del suolo.</p>

Tabella 30 Misura della resistenza alla penetrazione del suolo in N/m² in base al valore del manometro e al diametro dello strumento

Superficie proiettata (dello strumento)	1 cm ²	2 cm ²	5 cm ²
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/cm² =600 kN/m² = 0.6 MPa = 0.6 x 10⁶ 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 impastarlo? È troppo bagnato. Il terreno ha la consistenza ideale quando si sbriciola tra le dita.

Tessitura del suolo

- Prendere un po' di terreno dalla parte superiore del campione e strofinarlo tra le mani per controllare il contenuto di argilla. Puoi creare una piccola palla? Più sabbia è contenuta nel terreno meno sarai in grado di arrotolare il suolo tra le mani. Anche il contenuto di limo non permette facilmente questa operazione. Il limo rimane sulla punta delle dita e le mani, una volta asciugate, rimarranno impolverate.

Tabella 31 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 32 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 70 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 71 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 72 Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione



Figura 73 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

Pubblicato da:

Research Institute of Organic Agriculture FiBL

Ackerstrasse 113, Postfach 219, CH-5070 Frick, Switzerland

Phone +41 62 865 72 72, info.suisse@fibl.org, www.fibl.org

Scotland's Rural College SRUC

West Mains Road, Edinburgh EH9 3JG, Scotland

www.sruc.ac.uk

ISARA, 69364 Lyon, France

www.isara.fr

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.

© 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.

Avvertimento

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

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

Reperimento del materiale di partenza

Alla base del cumulo biodinamico ci sono tre ingredienti fondamentali:

- Letame (palabile) fresco
- Preparati biodinamici
- Paglia

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

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

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



Figura 74: I sei "Preparati Biodinamici da Cumulo"

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

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

Formazione del Cumulo

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

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

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

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

Inoculo dei preparati

Formato in maniera corretta il cumulo si può procedere con l'inoculo dei preparati. I cinque preparati solidi (Preparato 502 – Achillea Millefolium, Preparato 503 – Matricaria Chamomilla, Preparato 504 – Urtica Dioica, Preparato 505 – Quercus Robur, Preparato 506 – Taraxacum Officinalis) sono inseriti in piccole quantità (circa un cucchiaino da caffè per ogni preparato) all'interno del cumulo con una disposizione ben precisa (Figura 75) all'interno di una piccola pallina di Preparato 500 – Cornoletame. Come da Figura 75 il Preparato 504 a base di Ortica va inserito attraverso un foro (creato con un bastone) di profondità 10-20 cm in corrispondenza della metà della lunghezza del cumulo, perpendicolarmente al terreno. Gli altri quattro preparati sono

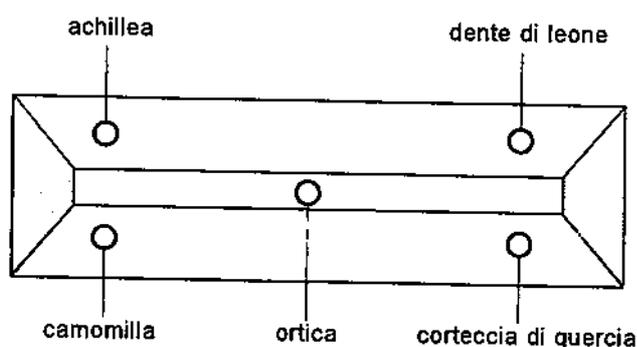


Figura 75 Disposizione dei preparati biodinamici nel cumulo

distribuiti agli angoli del cumulo, sempre creando un foro con un bastone di circa 10-20 cm di profondità, ma con un angolo di 45° rispetto al suolo.

Il Preparato 507, a base di Valeriana, è invece in formulazione liquida. Deve essere quindi disciolto in acqua tiepida, alla dose di 5 ml per 5 l di H₂O, e poi spruzzato sulla superficie del cumulo. Il passaggio della dinamizzazione per 20 minuti del Preparato 507 è facoltativa.

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

Monitoraggio del Cumulo

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

Temperatura

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

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

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

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

Umidità

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

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

selezionando così popolazioni di micorganismi anaerobi, non utili per il processi trasformativi ricercati.

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

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

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

**STAKEHOLDER GROUP
(ALLEGATO 8)**

Tabella 33: Prospetto riassuntivo dei soggetti facenti parte dello Stakeholder Group nei diversi livelli regionali e nel livello nazionale

GRUPPO DI ESPERTI	CALABRIA		CAMPANIA		TOSCANA		NAZIONALE	
AGRICOLTORI	Soggetto proposto	Afferenza	Soggetto proposto	Afferenza	Soggetto proposto	Afferenza	Soggetto proposto	Afferenza
	Antonio Scalise	Coop. Vitulia	Francesco Russo	Az. Agr. Amico Pasquale Bio distretto Casertano	Simone Mariotti	Podere Forte	Enrico Amico	Az. Agr. AmicoBio
	Ivan Vangieri		Filippo Farinaro	Az. Agr. Rufrae, Aversa	Bianca Mascagni	Az. Agr. Mascagni Bianca	Zagnoli	Az. Agricola Zad Agrodynamics
TRASFORMATORI		Trasformatore piccoli frutti e frutta secca			Amedeo Grappi	Mulino Vald'Orcia	Raffaella Mellano	Consigliere Assoc. Biodinamica Az. Agricola Natura Alimenta
	Antonino Anastasi	Medirterreana Food-Consigliere Demeter					Presidente Associazione	Associazione Grani Antichi di Montespertoli

DISTRIBUTORI				Marco Bignardi	Effegi food-Toscana Biologica	Fausto Jori (o suo delegato)	Ecor-Natura SI
						Antonino Pietralia	Consigliere Demeter Az. Agricola Petralia (Sicilia)
CONSUMATORI DI ALIMENTI	Dott. Gallucci	Socio Coop. Vitulia			GAS biodinamico		Legambiente Nazionale
ASSOCIAZIONI MO E TERZO SETTORE		Sezione Calabria Associazione Biodinamica	Sezione Campania Associazione Biodinamica	Carlo Triarico	Presidente Assoc. Biodinamica e Consigliere Demeter		Lipu Nazionale
				Valentina Carà Campa	Sezione Toscana Associazione Biodinamica		
ASSOCIAZIONI DI CATEGORIA	Eugenio Spadafora	Coldiretti Confagricoltura	Coldiretti Confagricoltura	Aldo Galeotti	Coldiretti	Claudia Fedi	Coldiretti
				Irene Lucchesi	Confagricoltura		Confagricoltura
				Samuele Mariotti			
		CIA	CIA	Alessandra Alberti	CIA		CIA

TECNICI E PROFESSIONISTI AGRONOMI	Fabiop Petrillo	responsabile del Centro di Divulgazione Agricola n. 7 - Cosenza dell'ARSAC (Azinda regionale per i Servizi e Sviluppo dell'Agricoltura Calabrese) Centri di divulgazione in agricoltura		Lenio Morganti	Francesca Castioni	ODAF, Firenze
				Marco Serventi	Renato Ferretti	CONAF
				Cerretelli Giovanni	ODAF Firenze	Francesco D'Agosta
RICERCATORI sociologia	dott. santopolo Francesco					

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>42</i>
<i>Tabella 3 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Mascagni Bianca</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 5 Rotazione prevista nei tre anni nell'Azienda Agricola Montepaldi.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 6 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Montepaldi.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 7 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 1 con favino (controllo) nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 8 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 2 con letame bocino compostato nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 9 Rotazione prevista nelle tre campagne agrarie sul Campo 3 con letame ovino addizionato di preparato biodinamico 500P nella Azienda Agricola Podere Forte.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 10 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>52</i>
<i>Tabella 11 Test speditivi presso l'Azienda Agricola Agricola Forte Soc. Semplice</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 12: Inserimento delle diverse tesi di concimazione organica all'interno della rotazione colturale presso l'Azienda Agr. Forte Soc. Semplice</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 13 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 1 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 14 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 2 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 15 Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione sul Campo 3 dell'Azienda Agricola Romualdi Tommaso</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 16 Test speditivi presso l'Azienda Agr. Romualdi Tommaso</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 17: Specie selezionate per la costituzione delle strisce inerbite.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabella 18: Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in pieno campo.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 19: Superficie totale da destinare alla sperimentazione in pieno campo.....</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 20: Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in coltura protetta</i>	<i>74</i>
<i>Tabella 21: Ripartizione superficie da destinare alle strisce inerbite in coltura protetta</i>	<i>74</i>
<i>Tabella 22: Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione e diverse tesi di concimazione organica nella Cooperativa Vitulia</i>	<i>75</i>
<i>Tabella 23: Piano riassuntivo dei programmi di ricerca nelle Aziende partner.....</i>	<i>78</i>
<i>Tabella 24 Cronoprogramma dei seminari previsti nel Task 5.1</i>	<i>87</i>
<i>Tabella 25 Risultati dell'analisi SIMPER (Gaifami and Pacini, 2017).</i>	<i>189</i>
<i>Tabella 26 Confronto dei due metodi di campionamento dei lombrichi</i>	<i>217</i>
<i>Tabella 27 Interpretazione dei risultati del campionamento dei lombrichi</i>	<i>223</i>
<i>Tabella 28 Interpretazione dei risultati relativi al campionamento delle erbe infestanti</i>	<i>233</i>

<i>Tabella 29 Le diverse specie infestanti utilizzate come bioindicatori, ordinate per le diverse caratteristiche del suolo.....</i>	<i>234</i>
<i>Tabella 30 Procedura per la misurazione della resistenza alla penetrazione del suolo.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabella 31 Misura della resistenza alla penetrazione del suolo in N/m² in base al valore del manometro e al diametro dello strumento.....</i>	<i>240</i>
<i>Tabella 32 Classificazione del tipo di suolo e particelle.....</i>	<i>245</i>
<i>Tabella 33 Criteri per la classificazione degli aggregati del suolo</i>	<i>246</i>
<i>Tabella 34: Prospetto riassuntivo dei soggetti facenti parte dello Stakeholder Group nei diversi livelli regionali e nel livello nazionale.....</i>	<i>261</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>46</i>
<i>Figura 7:</i>	<i>Rotazione prevista nei tre anni di sperimentazione nell'Azienda Agricola Forte Soc. Semplice.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 1:</i>	<i>Appezamenti dell'azienda Amico Bio con coltivazioni pacciamate con biofilm (in alto) e scerbate e sarchiate manualmente (in basso).....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 9:</i>	<i>Infiorescenza ad ombrello di Daucus carota.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 10:</i>	<i>Parte epigea di Artemisia Annua.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 11:</i>	<i>Fioritura di Sinapis alba in pieno campo.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 12:</i>	<i>Esempio di aiuola seminata con Ruta graveolens.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura 13:</i>	<i>Disposizione della striscia inerbita ai margini del campo.....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 7:</i>	<i>Disposizione delle strisce inerbite nell'interfila.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 15</i>	<i>Localizzazione geografica dell'azienda agricola "Montepaldi s.r.l.".....</i>	<i>114</i>
<i>Figura 16</i>	<i>I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE).....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 17</i>	<i>Veduta panoramica del sito sperimentale.....</i>	<i>115</i>
<i>Figura 18</i>	<i>Esempio di trappola a caduta installata in un appezzamento dei campi sperimentali.....</i>	<i>116</i>
<i>Figura 19</i>	<i>Strumenti utilizzati per il collocamento delle trappole.....</i>	<i>117</i>
<i>Figura 6</i>	<i>Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO nell'immagine a sinistra, e nel CO nell'immagine di destra.....</i>	<i>118</i>
<i>Figura 21</i>	<i>Posizionamento delle trappole nel prato stabile.....</i>	<i>119</i>
<i>Figura 22</i>	<i>Analisi della presenza/assenza delle specie di formiche all'interno degli appezzamenti OO, NO, CO e PR.....</i>	<i>122</i>
<i>Figura 23:</i>	<i>Indice di Simpson tra i quattro agroecosistemi.....</i>	<i>123</i>
<i>Figura 10:</i>	<i>Indice di Simpson all'interno delle infrastrutture ecologiche.....</i>	<i>124</i>
<i>Figura 25</i>	<i>I tre sistemi del Montepaldi Long Term Experiment (LTE MOLTE).....</i>	<i>131</i>

<i>Figura 26 Veduta panoramica del sito sperimentale</i>	<i>132</i>
<i>Figura 13 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti OO e NO.....</i>	<i>133</i>
<i>Figura 28 Posizionamento delle trappole negli appezzamenti CO</i>	<i>134</i>
<i>Figura 15 Distribuzione delle trappole nel prato (PR)</i>	<i>135</i>
<i>Figura 30 Ricchezza specifica di ogni agroecosistema.....</i>	<i>137</i>
<i>Figura 31: Abbondanza assoluta dei Coleotteri nei quattro sistemi del MoLTE.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 32: Abbondanza delle specie di Carabidi nei quattro sistemi del MoLTE.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 19: Abbondanza delle specie di Scarabeidi nei quattro sistemi del MoLTE.....</i>	<i>138</i>
<i>Figura 20: Abbondanza delle specie di Stafilinidi nei quattro sistemi del MoLTE.....</i>	<i>139</i>
<i>Figura 35: Abbondanze assolute delle famiglie dei Carabidi, Stafilinidi e Scarabeidi nei quattro sistemi del MoLTE</i>	<i>139</i>
<i>Figura 36: Risultati del calcolo dell'Indice di Diversità di Simpson in base ai differenti metodi di gestione dei sistemi.....</i>	<i>140</i>
<i>Figura 37: Ricchezza specifica delle varie infrastrutture esaminate</i>	<i>141</i>
<i>Figura 24: Indice di Diversità di Simpson nelle diverse infrastrutture ecologiche</i>	<i>141</i>
<i>Figura 25 Movimento dei lombrichi tramite setole poste su ogni anello del suo corpo</i>	<i>147</i>
<i>Figura 26 Distribuzione geografica di H. pretiosa e H samnitica.....</i>	<i>149</i>
<i>Figura 41: Divisione degli appezzamenti sperimentali a Montepaldi secondo diverse metodologie di conduzione</i>	<i>153</i>
<i>Figura 28 Randomizzazione dei punti e dell'ordine di campionamento</i>	<i>154</i>
<i>Figura 29 Individuazione casuale dei punti all'interno di poligoni equilateri. Gli assi x e y indicano il numero di quadratini in cui è stata idealmente divisa l'area da campionare.</i>	<i>155</i>
<i>Figura 30 Stesura della fettuccia "X" per individuare i punti da campionare.....</i>	<i>157</i>
<i>Figura 45 Tunnel di lombrico, si nota bene la traccia lasciata dagli anelli del corpo dell'animale.....</i>	<i>158</i>
<i>Figura 32 Igrometro con sonda ML3 per la misura dell'umidità volumetrica del suolo.....</i>	<i>160</i>
<i>Figura 33 La relazione polinomiale valida per il sensore attivo ML3, che lega l'indice di rifrazione al volume di acqua contenuta in un mezzo.</i>	<i>161</i>
<i>Figura 34 La curva di calibrazione per il suolo oggetto di studio.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura 35 Lombrichi ritrovati durante i campionamenti</i>	<i>163</i>
<i>Figura 36 Distribuzione dei tunnel di lombrichi trovati. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale al numero di tunnel rinvenuti, indicato dal numero al centro. Evidente la maggiore frequenza di rinvenimento nel BioVecchio.....</i>	<i>166</i>
<i>Figura 37 Tunnel di lombrichi trovati suddivisi per data e campo. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale al numero di tunnel rinvenuti, indicato dal numero al centro. Evidente la maggiore frequenza di rinvenimento nel BioVecchio.....</i>	<i>167</i>
<i>Figura 38 Campionamenti necessari per ottenere dati attendibili.....</i>	<i>168</i>

<i>Figura 39</i> Numero di tunnel in funzione del momento di prelievo. La prima data è l'unica significativa, evidente segnale dell'acquisizione di esperienza nel campionamento in loco.....	168
<i>Figura 40</i> Distribuzione dei tunnel di lombrico per buca scavata.....	169
<i>Figura 41</i> Numero di tunnel trovati nei rispettivi campi. Le mediane dei tunnel trovati in ciascun campo sono molto simili.....	170
<i>Figura 42</i> Distribuzione spaziale delle temperature (°C) del terreno rilevate a 0 cm di profondità. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale alla temperatura rinvenuta, indicata dal numero al centro. Molte di esse sono simili.....	171
<i>Figura 43</i> Distribuzione spaziale delle temperature (°C) del terreno rilevate a 30 cm di profondità. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale alla temperatura rinvenuta, indicata dal numero al centro.....	172
<i>Figura 44</i> Temperature nei 2 sistemi a confronto. Si può notare come la temperatura sia variata di poco dal campionamento di un campo all'altro.....	173
<i>Figura 45</i> Temperatura in funzione del momento del prelievo. Solo 3 relazioni sono significative, non permettendoci di considerare questa relazione sempre esistente.....	174
<i>Figura 46</i> Umidità rilevata nei campi a 0 e 30 cm. Ogni cerchio è posizionato sul luogo del campionamento, il colore indica la data mentre l'area è direttamente proporzionale all'umidità rinvenuta, indicata dal numero al centro. Curiosamente la distribuzione della differenza tra superficie e profondità è molto eterogenea.....	175
<i>Figura 47</i> Umidità nei 2 campi. Tra i 2 campi la sua differenza è minima. Si possono considerare come molto simili.....	176
<i>Figura 48</i> Tempi di campionamento. La media è di 7 minuti.....	177
<i>Figura 63</i> Schema della disposizione dei campi del sito sperimentale.....	182
<i>Figura 64</i> Servizi ecosistemici forniti dalla natura e dall'agricoltura (MEA).....	185
<i>Figura 65</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.).....	187
<i>Figura 66</i> Durante il freddo invernale e la siccità estiva i lombrichi di profondità rimangono arrotolati e inattivi (ibernazione, periodi di stasi). Foto: K. Huber.....	218
<i>Figura 67</i> La soluzione di senape viene versata nel foro e viene misurata l'infiltrazione. Foto: D. Antichi.....	221
<i>Figura 68</i> Esempio di foglio di campionamento riempito con le informazioni raccolte. Foto: Stefano Carlesi.....	229
<i>Figura 69</i> Terreno umido che mostra un'alta presenza di <i>Poa annua</i> e <i>Ranunculus repens</i> . Foto: Stefano Carlesi.....	230
<i>Figura 70</i> Rottura del blocco.....	246
<i>Figura 71</i> Esame dei frammenti.....	247
<i>Figura 72</i> Radici in una zona compatta da cui è stato prelevato il campione.....	248

<i>Figura 73 Forma della radice a causa della zona compattata</i>	<i>248</i>
<i>Figura 74: I sei "Preparati Biodinamici da Cumulo.....</i>	<i>254</i>
<i>Figura 75 Disposizione dei preparati biodinamici nel cumulo</i>	<i>255</i>

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 Peerkamp 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. 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. 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.