



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

TIPO DI OPERAZIONE

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per la produttività e la sostenibilità dell'agricoltura

DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE N. 754 DEL 16/05/2022 FOCUS AREA 4 B

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO 5516232

DOMANDA DI PAGAMENTO 5851653

Titolo Piano	Inerbimento nei Frutteti per l'Aumento della Sostenibilità Aziendale - IFASA
Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario)	Alma Mater Studiorum - Università di Bologna – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari (DISTAL)
Partner del GO	CRPA Soc. Cons. p.A. Università degli Studi di Ferrara - Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche ed Agrarie DINAMICA Soc. Cons. a r.l. Fondazione per l'agricoltura Fratelli Navarra

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	15
Data inizio attività	07/02/2023
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	05/08/2024

Relazione relativa al periodo di attività dal	07/02/2023	Al 05/08/2024
Data rilascio relazione	16/09/2024	

Autore della relazione	Luigi Manfrini		
telefono		e-mail	luigi.manfrini@unibo.it
pec	distal.dipartimento@pec.unibo.it		

Sommario

1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO	3
1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO.....	4
2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE	5
2.1 Esercizio della cooperazione	5
2.2 Azione 1 - Confronto fra frutteti lavorati ed inerbimenti con essenze a base di leguminose per ridurre l'apporto di concimi minerali e proteggere il suolo	8
2.3 Azione 2 - Valutazione fitosanitaria del frutteto	11
2.4 Azione 3 - Valutazione chimico analitica del suolo.....	13
2.5 Azione 4 Valutazione dell'impatto ambientale ed economico delle due tecniche agronomiche	15
2.6 Divulgazione.....	17
2.7 Formazione, scambi, visite e consulenza	21
3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ	23
4 - ALTRE INFORMAZIONI	23
5 - CONSIDERAZIONI FINALI	23
6 - RELAZIONE TECNICA.....	24

1 - DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano.

Il Gruppo Operativo ha avviato le attività previste dal Piano il 1° febbraio 2023. In generale, tutte le attività sono state attivate e realizzate secondo i protocolli stabiliti nel piano, sia in termini di operatività che di spesa. Gli obiettivi fissati sono stati tutti raggiunti, senza che emergessero criticità tecnico-scientifiche durante l'attuazione delle attività. Oltre al capofila (Università di Bologna – Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-alimentari, DISTAL), presentano domanda di pagamento a saldo i partner CRPA Soc. Cons PA (CRPA), Università di Ferrara - Dipartimento di Scienze Chimiche, Farmaceutiche ed Agrarie (UNIFE), DINAMICA SCARL (DINAMICA) e Fondazione per l'agricoltura Fratelli Navarra (Navarra).

Segue una breve descrizione dello stato di avanzamento di ciascuna azione prevista dal Piano.

Esercizio della cooperazione

DISTAL, con l'aiuto dei partner CRPA, UNIFE e NAVARRA, ha assunto il ruolo di coordinatore e gestore delle azioni del Piano d'innovazione, pianificando e attuando tutte le iniziative necessarie per realizzare l'attività progettuale e raggiungere i risultati stabiliti. Inizialmente è stato costituito un Comitato di Progetto, composto dal Responsabile del Piano d'innovazione, dal Responsabile Scientifico e da almeno un Rappresentante per ogni Unità Operativa coinvolta nella realizzazione delle varie azioni previste. Nel corso di tutta la durata del Piano, DISTAL ha svolto diverse attività volte a garantire la corretta applicazione di quanto previsto, tra cui: il monitoraggio dello stato di avanzamento dei lavori; la valutazione dei risultati in corso; l'analisi degli scostamenti, confrontando i risultati intermedi con quelli attesi; la definizione di azioni correttive. Inoltre, il Responsabile del Piano d'innovazione e Responsabile Scientifico ha pianificato una strategia di controllo per assicurare il buon andamento delle attività previste dal Piano.

Azione 1 - Confronto fra frutteti lavorati ed inerbimenti con essenze a base di leguminose per ridurre l'apporto di concimi minerali e proteggere il suolo

Questa azione aveva l'obiettivo di valutare lo stato fisiologico e produttivo degli alberi di pero, insieme alla diffusione della maculatura bruna, successivamente all'inerbimento con leguminose capaci di fornire benefici agronomici e ambientali, come la tutela dell'acqua e del suolo. Nello specifico, si prevedeva un contenimento della diffusione del patogeno attraverso l'inerbimento con trifoglio Gallura S2, che avrebbe dovuto limitare lo sviluppo delle spore e, al contempo, migliorare la struttura del terreno e ottimizzare le fertilizzazioni. Sono state valutate sia le risposte ecofisiologiche e produttive delle piante, sia il bilancio del carbonio dell'ecosistema suolo-pianta-atmosfera, per quantificare l'effetto di mitigazione delle pratiche agronomiche adottate.

Azione 2 - Valutazione fitosanitaria del frutteto

In questa azione è stata verificata l'efficacia del mix di trifoglio Gallura S2 nell'attenuazione del danno da maculatura bruna, rappresentando i risultati in modo spaziale attraverso la creazione di una mappa di prescrizione. Questa mappa ha illustrato i parametri che descrivono la variabilità spaziale della patologia, fornendo una visione dettagliata della distribuzione e dell'intensità del danno all'interno del pereto.

Azione 3 - Valutazione chimico analitica del suolo

L'obiettivo di questa azione è stato valutare l'impatto ecologico delle colture di copertura sulla concentrazione effettiva e sulla possibile riduzione dei prodotti fitosanitari e altri inquinanti presenti nell'ambiente, principalmente nel suolo, oltre alla riduzione delle emissioni di CO₂ durante la stagione produttiva, a seguito dell'applicazione di diverse pratiche agronomiche. Le principali informazioni sono state ottenute valutando le concentrazioni delle molecole chimiche utilizzate nella lotta contro la maculatura bruna, i livelli di nitrati presenti e le emissioni di CO₂.

Azione 4 - Valutazione dell'impatto ambientale ed economico delle due tecniche agronomiche

In questa azione è stato cercato di fornire un'analisi il più completa possibile della sostenibilità ambientale ed economica, integrando diversi parametri, in linea con la nuova Politica Agricola Comunitaria (PAC) 2023-2027. Quest'ultima riconosce infatti all'inerbimento delle colture arboree un ruolo chiave, attribuendo a questa pratica agronomica l'eco-schema 2.

Divulgazione

Le attività di divulgazione e diffusione dei risultati del Piano anno vito impegnati i partner del GO e differenti enti legati alla pericoltura Emiliano-romagnola. In questa azione sono state organizzate e gestite diverse iniziative. In particolare, sono stati organizzati nel complesso attività di comunicazione e divulgazione del progetto includono la creazione del logo del Gruppo Operativo. Il Sito web dedicato:

realizzato all'interno del portale DISTAL, per condividere aggiornamenti e informazioni sul progetto. Sono stati organizzati due incontri con visita guidata alle attività di campo: organizzati per tecnici e frutticoltori appartenenti sia a diverse cooperative dell'Emilia-Romagna che liberi coltivatori interessati ai risultati del Piano. Durante questi incontri, sono state illustrate le attività svolte e i principali risultati ottenuti. Inoltre, è stato organizzato un convegno finale in cui sono stati presentati i risultati del progetto.

A livello di comunicazione è stato redatto un comunicato stampa, svariate (tre) newsletter digitali agli iscritti della mailing list del CRPA, per aggiornare sui progressi del progetto, è stata concordata la pubblicazione di un articolo redatto dai ricercatori e tecnici per approfondire i risultati e le metodologie del progetto. Oltre ciò è stato realizzato un videoclip con interviste in cui veniva presentato il progetto, le tecnologie utilizzate per le analisi ed un servizio televisivo dedicato al Piano trasmesso in TV per raggiungere un pubblico più vasto. Infine, è stata implementata la rete PEI-AGRI per promuovere la cooperazione e la condivisione dei risultati all'interno della rete europea per l'innovazione in agricoltura (PEI-AGRI).

Formazione, scambi, visite e consulenza

L'attività formativa si è concentrata sulla realizzazione e svolgimento di un corso formativo organizzato dal partner DINAMICA. Tale attività ha avuto il titolo "Miglioramento della sostenibilità nelle aziende frutticole attraverso il controllo delle avversità con metodi a basso impatto" e ha visto un'ampia approvazione da parte dei partecipanti

1.1 STATO DI AVANZAMENTO DELLE AZIONI PREVISTE NEL PIANO

Azione	Unità aziendale responsabile	Tipologia attività	Mese inizio attività previsto	Mese inizio attività effettivo	Mese termine attività previsto	Mese termine attività effettivo
Esercizio della Cooperazione	DISTAL	Esercizio della cooperazione	1	1	15	18
Azione 1- Confronto fra frutteti lavorati ed inerbimenti con essenze a base di leguminose per ridurre l'apporto di concimi minerali e proteggere il suolo	DISTAL	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	6	2	15	18
Azione 2 - Valutazione fitosanitaria del frutteto	DISTAL	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	6	6	15	18
Azione 3 - Valutazione chimico analitica del suolo	UNIFE	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	6	2	15	18
Azione 4 - Valutazione dell'impatto ambientale ed economico delle due tecniche agronomiche	CRPA	Specifiche azioni legate alla realizzazione del piano	10	10	15	18
Divulgazione	Navarra	Divulgazione	6	6	15	18
Formazione/Consulenza	Dinamica	Formazione	6	6	12	12

2 - DESCRIZIONE PER SINGOLA AZIONE

Compilare una scheda per ciascuna azione

2.1 Esercizio della cooperazione

2.1.1 Attività e risultati

Azione	Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	DISTAL
Descrizione delle attività	<p>DISTAL, in collaborazione con gli altri partner, ha svolto il ruolo di coordinamento organizzativo per assicurare il corretto funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO). DISTAL è stato incaricato di pianificare le attività previste nel Piano, adottando tutte le iniziative necessarie per l'attuazione e il raggiungimento dei risultati stabiliti. A tal fine, ha utilizzato personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato, con un'esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, e nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro nei principali settori produttivi.</p> <p>Attivazione del Gruppo Operativo</p> <p>La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi sia il consolidamento degli obiettivi con tutti i referenti coinvolti nel Piano. Per quanto riguarda gli aspetti formali, in riferimento alle attività del Piano e ai costi ammessi, DISTAL, in qualità di responsabile di progetto e Responsabile Scientifico (RS), insieme ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati con le attività da svolgere. Questa verifica ha consentito di autorizzare l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner via e-mail. Inoltre, in questa fase, è stata costituita formalmente l'Associazione Temporanea di Scopo (ATS).</p> <p>Dopo aver completato gli aspetti formali, è stata convocata una riunione plenaria del GO, alla quale hanno partecipato tutte le figure coinvolte di ciascun partner. Durante l'incontro, il Responsabile di Progetto e Scientifico ha illustrato nuovamente i contenuti e gli obiettivi del Piano per garantire una condivisione completa delle informazioni e definire le modalità per l'attuazione delle azioni di innovazione.</p> <p>Costituzione del Comitato di Piano</p> <p>Durante la riunione di attivazione del GO, è stato costituito anche il Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del Gruppo Operativo. Il CP è composto dai seguenti membri:</p> <ul style="list-style-type: none">• RO:(DISTAL) _____• RS: (DISTAL) _____• (CRPA) _____• (UNIFE) _____• (Navarra) _____• (DINAMICA) _____ <p>Gestione del Gruppo Operativo</p> <p>A partire dall'attivazione del GO, il Responsabile di Progetto ha intrapreso una serie di attività per garantire l'applicazione corretta di quanto previsto nel Piano. In particolare, queste attività hanno incluso:</p> <ul style="list-style-type: none">• Monitoraggio dello stato di avanzamento dei lavori;

- Valutazione dei risultati durante l'esecuzione del progetto;
- Analisi degli scostamenti, confrontando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi;
- Definizione delle azioni correttive necessarie.

Il RP, che è anche RS, ha elaborato una strategia di controllo per monitorare il progresso delle attività del Piano. Questa strategia si basa sull'identificazione delle fasi decisive, ossia momenti di verifica finalizzati al controllo del corretto avanzamento dei lavori. Parallelamente, il RP/RS ha valutato i risultati e i prodotti intermedi ottenuti in ciascuna fase per assicurarsi che fossero in linea con gli obiettivi del Piano.

Verifica dei materiali, strumenti e attrezzature impiegate in campo e in laboratorio

Altre attività connesse alla gestione del GO

Oltre alle attività descritte in precedenza, DISTAL ha svolto una serie di attività di supporto al GO, come le attività di interrelazione con la Regione Emilia-Romagna, l'assistenza tecnico-amministrativa agli altri partner, le richieste di chiarimento, la redazione e l'inoltro della richiesta di proroga.

DISTAL si è inoltre occupato dell'aggiornamento della Rete PEI-AGRI in riferimento al Piano, come richiesto dalla Regione, al fine di stimolare l'innovazione, tramite l'apposita modulistica presente sul sito.

Attività di Coordinamento

Il coordinamento del GO è stato attuato tramite riunioni e colloqui periodici tra le Unità Operative coinvolte. Questi incontri hanno permesso di discutere il progresso delle attività, di risolvere eventuali problematiche e di assicurare un flusso continuo di comunicazione tra i partner del progetto.

Attività di Controllo

La verifica periodica dell'attuazione del progetto è stata effettuata seguendo le scadenze temporali definite nella scheda progetto. Questa verifica ha riguardato sia il funzionamento operativo sia la qualità dei risultati raggiunti e si è concentrata su specifici momenti chiave, tra cui:

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in base a quanto stabilito nella scheda progetto;
- Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nell'esecuzione delle attività specifiche.
-

Riscontro di Non Conformità e Gestione di Modifiche e Varianti

Non sono state riscontrate situazioni difformi rispetto a quanto previsto dalla scheda progetto. Tutte le attività sono state svolte conformemente alla procedura specifica di processo, registrate e archiviate nel fascicolo di progetto, e certificate attraverso visite ispettive.

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Gli obiettivi previsti nell'ambito di questa azione sono stati completamente raggiunti. Nessuna criticità tecnico-scientifica è stata evidenziata durante l'attività svolta.
---	---

2.1.2 PERSONALE

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Professore Ordinario	Personale scientifico	73	40	2.920 €
		Referente scientifico	31	400	12.400 €
	Impiegato amministrativo	Collaborazione nell'esecuzione del piano e delle riunioni	27	55,5	1.498,5 €
	Ricercatore	Coordinamento attività	43	23	989 €
	Tecnico	Segreteria tecnica	27	67	1.809 €
	Ricercatore	Coordinamento e controllo delle attività partner UNIFE, Relazione finale	31	38	1.178 €
	Ricercatore	Relazione finale	31	5	155 €
	Ricercatore	Relazione finale	31	5	155 €
Totale:					21.104,5 €

2.2 Azione 1 - Confronto fra frutteti lavorati ed inerbimenti con essenze a base di leguminose per ridurre l'apporto di concimi minerali e proteggere il suolo

2.2.1 Attività e risultati

Azione 1	Confronto fra frutteti lavorati ed inerbimenti con essenze a base di leguminose per ridurre l'apporto di concimi minerali e proteggere il suolo
Unità aziendale responsabile	DISTAL
Descrizione delle attività	<p>La prova è stata condotta su un pereto della Fondazione per l'agricoltura f.lli Navarra con due tipologie di sesto d'impianto, a fusetto e a "V" per una superficie complessiva di circa 1 ettaro. La varietà era Abate Fetal. Le tesi a confronto erano 3, inerbimento naturale, inerbimento controllato con trifoglio e terreno lavorato. Dopo la semina sono stati fatti rilievi sulla velocità di affrancamento sia dell'inerbimento naturale che di quello controllato attraverso il software canopeo sviluppato con il linguaggio MatLab (Mathworks, Inc., Natick, MA), che utilizza i valori di colore del sistema rosso-verde-blu (RGB). Prima della trinciatura del cotico erboso sono state campionate aree di saggio per determinare la floristica e la biomassa fresca e secca. I campioni ottenuti sono stati poi essiccati a 65°C per l'analisi qualitativa attraverso la metodologia NIRs. L'affrancamento, come prevedibile, è stato più veloce nella tesi con inerbimento controllato che ha portato anche ad una maggiore produzione di biomassa sia fresca che secca nel primo anno. Nel secondo anno invece la produzione di biomassa non ha fatto registrare differenze significative fra le due tipologie d'inerbimento. Nel primo anno l'inerbimento naturale ha fatto registrare una prevalenza di specie dicotiledoni (principalmente malva, seppola canadese, convulvo e romice), mentre nel secondo anno la presenza di monocotiledoni è stata predominante con la Poa annua che ha superato l'80% della copertura nell'allevamento a "V" e il 70% nell'allevamento a fusetto. Nell'inerbimento controllato, sebbene nel secondo anno la quota di trifoglio sia diminuita sono prevalse le dicotiledoni di fatto riducendo la presenza di monocotiledoni.</p> <p>I differenti trattamenti (sistema di allevamento * inerbimento) sono stati valutati per la loro risposta fisiologica al mezzogiorno sia tramite misure di scambi gassosi a livello fogliare (i.e., fotosintesi netta, conduttanza stomatica e traspirazione), sia tramite valutazione dello stato idrico della pianta con l'utilizzo della camera a pressione di Scholander per le misure di potenziale idrico del fusto, fogliare. Sono state inoltre effettuate valutazioni allometriche e biometriche dell'accrescimento vegetativo e del frutto lungo le differenti fasi fenologiche. In collaborazione con UNIFE alla raccolta sono state poi valutate la resa (produttività t/ha), e la qualità del prodotto (pezzatura media del frutto, sostanza secca accumulata (%), °Brix. Infine alla raccolta sono state effettuate analisi su frutti raccolti nei tre diversi trattamenti sperimentali del suolo [lavorazione permanente (terreno nudo per tutto il periodo dell'anno); inerbimento naturale (con essenze spontanee), e inerbimento controllato attraverso la semina di specie erbacee appartenenti alla famiglia delle leguminose foraggere], le tre diverse lavorazioni sono state applicate a due diverse tipologie di sesto di impianto, a fusetto indicato nella relazione tecnica come Impianto 1 e a V, indicato successivamente come Impianto 2. In particolare, UNIFE ha eseguito misurazioni legate a parametri fisico-chimici legati allo stato di maturazione del frutto quali peso, grado zuccherino, acidità. La valutazione del grado zuccherino è stata determinata valutando sia il grado °Brix mediante l'uso di un rifrattometro sia quantificando il contenuto in glucosio e fruttosio mediante l'utilizzo di un kit enzimatico e successiva lettura spettrofotometrica.</p> <p>La determinazione dell'acidità invece è stata determinata mediante una semplice titolazione potenziometrica. I risultati evidenziano un maggior contenuto di fruttosio alla raccolta, indice di maturazione del frutto,</p>

	<p>evidenziando alcune differenze tra le tre lavorazioni, con maggior contenuto in frutti raccolti da gestione lavorata e inerbito controllato, mentre non si sono evidenziate differenze sul contenuto di glucosio. Il pH dei campioni compreso tra 4.6 e 4.9, con acidità solo leggermente inferiore nei frutti da gestione lavorata.</p> <p>La composizione chimica dei frutti ha previsto anche la determinazione dell'umidità e relativa sostanze secca del frutto, del contenuto proteico totale e della frazione minerale totale e fibra solubile, insolubile e totale per valutare la composizione chimico-nutrizionale del frutto.</p> <p>L'umidità è risultata essere omogenea nei frutti con valori compresi tra 82 e 85.5%, basso il contenuto in proteine come atteso per un frutto con valori diversi tra i due sestri di impianto (% proteica inferiore nel sesto di impianto a V a confronto con il fusetto, per tutte le tre lavorazioni del suolo), mentre il contenuto in minerali totali è tendenzialmente superiore in frutti provenienti da piante trattate con inerbito controllato per entrambi i sestri di impianto.</p> <p>La determinazione della fibra invece ha messo in evidenza un maggior contenuto di fibre insolubile rispetto alla solubile (due volte superiore), e un contenuto in fibra totale tendenzialmente superiore in frutti raccolti in sesto di impianto a fusetto per tutte le tre gestioni del suolo.</p> <p>Ad oggi la qualità nutrizionale del prodotto non viene solo valutata analizzando e quantificando i nutrienti classici ma valutando anche i composti funzionali. Il consumatore non guarda solo alla bontà di un prodotto ma anche alle sue caratteristiche salutistiche, e per questo oltre alla classica composizione chimica del prodotto ci siamo soffermati sulla valutazione dei composti fenolici ad attività antiossidante, importanti per il mantenimento di una lunga shelf-life del frutto e in grado sia portare effetti benefici sul consumatore.</p> <p>In questo ambito è stato valutato il contenuto in flavonoidi, polifenoli e la relativa capacità antiossidante totale determinata con due metodologie a confronto (il saggio del DPPH ed il metodo mediante fotochemiluminescenza, metodo Photochem®).</p> <p>I risultati hanno evidenziato un buon contenuto in sostanze fenoliche nel frutto con un valore tendenzialmente superiore nei frutti raccolti da gestione inerbito controllato per entrambi gli impianti.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Tutti gli obiettivi sono stati raggiunti. Il progetto prevedeva la semina del solo trifoglio ladino, mentre durante la pianificazione delle attività è stato deciso di utilizzare un mix di trifogli auto riseminanti per favorire l'affrancamento delle leguminose anche per l'anno successivo. Il bilancio dell'ecosistema suolo-pianta-atmosfera verrà invece riportato nei risultati dell'azione 3. Erano previste un totale di 12 analisi NIR, ma avendo lavorato con due tipologie di allevamento sono state fatte in totale 18 analisi.</p> <p>Per quanto riguarda le valutazioni fisiologiche e qualito-produttive, anche in questo caso tutti gli obiettivi sono stati pienamente raggiunti seguendo lo stato fisiologico delle piante lungo la stagione in entrambe le annate, con almeno 3 rilievi completi. A raccolta sono stati valutate le performance qualitative e produttive come sopra descritto. I risultati sono stati riportati nella sezione dedicata del report. Tutti gli obiettivi indicati nell'azione 1 riguardanti la valutazione composizionale del frutto a seguito delle diverse lavorazioni dell'interfilare sono stati raggiunti con successo. Alla raccolta dei frutti i campioni sono stati analizzati in laboratorio e ne sono state valutate le caratteristiche composizionali-nutrizionali e la composizione funzionale al fine di valorizzare il frutto anche dal punto di vista bio-funzionale. Buono è risultato il grado zuccherino e l'acidità, rendendo gradevole l'utilizzo del frutto, basso il contenuto proteico, per un utilizzo del frutto anche in regime dietetico e ricco di sostanze fenoliche ad attività antiossidante, importanti per il consumatore soprattutto con il consumo del frutto fresco e per migliore la conservabilità del frutto.</p>

2.2.2 PERSONALE

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Professore Ordinario	Personale Scientifico	73	314	22.922 €
	RTDb	Referente scientifico	31	550	17.050 €
	Tecnico	Analisi tecnica	31	501	15.531 €
	Impiegato amministrativo	Tecnico di campagna, raccolta ed elaborazione dati	27	226	6.102 €
	Impiegato amministrativo	Tecnico di campagna, raccolta ed elaborazione dati	27	124	3.348 €
	Operaio tempo determinato	Tecnico di campagna	19,5	130	2.535 €
	Tecnico	Campionamento e rilievo dati	27	74	1.998 €
	Ricercatore	Campionamento e rilievo dati	27	45	1.215 €
	Ricercatore	Campionamento e rilievo dati	43	70	3.010 €
	Ricercatore	Campionamento e rilievo dati	27	25	675 €
	Ricercatore	Gestione prova di campo	31	85	2.635 €
	Ricercatore	Analisi bromologiche	31	220	6.820 €
Totale:					83.841 €

2.3 Azione 2 - Valutazione fitosanitaria del frutteto

2.3.1 Attività e risultati

Azione 2	Valutazione fitosanitaria del frutteto
Unità aziendale responsabile	DISTAL
Descrizione delle attività	<p>L'esperimento è stato condotto nello stesso frutteto dell'Azione 1, in collaborazione con UNIFE e NAVARRA, sotto la coordinazione del DISTAL. Disegno sperimentale: sono stati istituiti 3 blocchi caratterizzati da differenti lavorazioni del suolo. In ognuno di questi blocchi, sono stati applicati due livelli di intensità di lotta alla maculatura bruna: i) trattamento controllo in cui sono state seguite le pratiche standard aziendali per la gestione della malattia. ii) trattamento riduzione: Il numero di trattamenti fungicidi è stato ridotto del 50% rispetto al controllo (dal mese di giugno in cui l'incidenza della maculatura sarebbe stata troppo alta), spruzzando le piante appartenenti a questo trattamento una volta ogni 2 applicazioni.</p> <p>L'incidenza della maculatura bruna è stata valutata dal personale DISTAL applicando una scala di quantificazione del danno sui frutti, considerando la percentuale di superficie danneggiata a livello di frutto, pianta e zona del frutteto. Sono state inoltre realizzate mappe di prescrizione per individuare le aree con maggiore incidenza della malattia. Dal punto di vista entomologico/patologico sono state condotte osservazioni visive e campionamenti per valutare la presenza di psilla del pero, cimice asiatica e del suo antagonista naturale, l'antocoride, nei diversi blocchi sperimentali.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>L'obiettivo principale dell'esperimento è stato quello di valutare l'interazione tra le diverse lavorazioni del suolo e i differenti regimi di lotta alla maculatura bruna, analizzando sia l'efficacia dei trattamenti fungicidi che l'impatto sugli insetti dannosi e utili. I dati raccolti sono stati analizzati sia con metodi statistici tradizionali che attraverso tecniche di analisi geostatistiche, al fine di identificare eventuali differenze significative tra i trattamenti e di mappare la distribuzione spaziale della maculatura bruna. Nell'anno 2023 in generale è stata evidenziata in entrambi gli appezzamenti una bassa incidenza di maculatura bruna che non ha permesso di evidenziare alcun tipo di differenza tra i trattamenti. Tale risultato è comunque di risalto perché indica che la conduzione dell'interfilare "lavorato" non ha portato migliorie rispetto al "seminato con trifoglio" che invece ha permesso un miglioramento delle caratteristiche chimico fisiche del suolo. Dal punto di vista entomologico è stata valutata l'efficacia delle tre tesi messe a confronto (inerbimento naturale, inerbimento controllato con trifoglio e terreno lavorato) e nelle due forme di allevamento (fusetto e "V") effettuando un rilievo visivo su 300 frutti per parcellone per maculatura bruna in preraccolta che non ha messo in evidenza differenze statisticamente significative considerando anche la bassa presenza della malattia nell'azienda dove è stato effettuato il confronto. Stesso risultato è stato ottenuto sulla psilla del pero dove due ripetuti campionamenti visivi condotti a distanza di un mese (Fine Giugno e Fine Luglio) non hanno permesso di osservare differenze fra le varie tesi a confronto per l'assenza del fitofago. La Battitura delle branchette "frappage" effettuata su 30 piante centrali di ogni singolo parcellone non ha messo in evidenza differenze significative per il bassissimo numero di individui raccolti sia per quanto riguarda gli antocoridi predatori della psilla che della cimice asiatica.</p> <p>Non sono state riscontrate problematiche di rilievo o criticità nella conduzione della sperimentazione</p>

2.3.2 PERSONALE

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Professoressa Associata	Personale Scientifico	48	143	6.864 €
	RTDb	Referente scientifico	31	50	1.550 €
				Totale:	8.414 €

2.4 Azione 3 - Valutazione chimico analitica del suolo

2.4.1 Attività e risultati

Azione 3	Valutazione chimico analitica del suolo
Unità aziendale responsabile	Università degli Studi di Ferrara (UNIFE)
Descrizione delle attività	<p>L'azione prevedeva la valutazione chimico analitica del terreno attraverso diversi parametri, fra cui azoto Kjeldahl, azoto nitrico, carbonio organico, concentrazione delle molecole target per la lotta alla maculatura bruna del pero nonché parametri del suolo quali temperatura, umidità ed emissioni di CO₂. Sono stati, pertanto, effettuati due campionamenti di suolo del profilo 0-30 cm nelle tre tesi messe a confronto (inerbimento naturale, inerbimento controllato con trifoglio e terreno lavorato) e nelle due forme di allevamento (fusetto e "V"). Il primo ad inizio progetto (14 febbraio 2023) ed il secondo dopo la ripresa vegetativa (4 maggio 2024) per un totale di 36 campioni (18 + 18). I valori di sostanza organica nei campioni di suolo non hanno mostrato incrementi significativi né fra i due campionamenti, né tra le forme di allevamento né fra le tesi messe a confronto anche se tendenzialmente la tesi inerbita con trifoglio mostra un contenuto maggiore (3,05%) rispetto alle altre due (2,42% e 2,78% rispettivamente per l'inerbimento naturale e il terreno lavorato). Il contenuto di azoto totale del terreno, indipendentemente dalla forma di allevamento, è risultato statisticamente maggiore nella tesi con inerbimento controllato (2.363 mg kg⁻¹) rispetto al terreno lavorato (2.124 mg kg⁻¹) e all'inerbimento naturale (2.085 mg kg⁻¹), probabilmente dovuto all'azione di azotofissazione della leguminosa. Anche i nitrati hanno mostrato un contenuto maggiore nella tesi con trifoglio confermando le potenzialità fertilizzanti del trifoglio nell'interfilare.</p> <p>Per quanto riguarda la valutazione dei principi attivi nei differenti trattamenti sono state eseguite ad inizio e fine sperimentazione analisi di persistenza mostrando un comportamento simile tra i diversi trattamenti, indipendentemente dal tipo di gestione (naturale, seminato con leguminose, terreno lavorato). Le differenze nei quantitativi tra i vari trattamenti sono minime, evidenziando che la gestione del terreno non ha influenzato significativamente la degradazione o la persistenza delle molecole. L'effetto della Riduzione del 50% nei trattamenti con riduzione ha mostrato una riduzione proporzionale dei quantitativi delle molecole ritrovate. Per esempio, il Tebuconazolo mostra una riduzione da 0.25 mg/kg (nel trattamento naturale) a 0.12 mg/kg (con riduzione del 50%). Tuttavia, questa riduzione non sembra compromettere la presenza delle molecole nel terreno. Le molecole ad alte concentrazioni come Captano, Ziram, e Metiram mostrano una maggiore persistenza e concentrazione nel terreno rispetto ad altre molecole, come Mefentrifluconazolo o Dodina, che sono presenti a livelli inferiori. Questo potrebbe riflettere una diversa stabilità chimica o una maggiore quantità iniziale applicata durante i trattamenti.</p> <p>Le misurazioni relative alle emissioni di CO₂ sono state effettuate "in situ" utilizzando lo strumento EGM5 tramite misurazioni effettuate a intervalli regolari durante l'intera durata del progetto. L'indice di respirazione del suolo è stato determinato attraverso il rapporto tra lo stock di carbonio (determinato tramite le analisi del suolo rilevate ad inizio e fine progetto, espresse in t ha⁻¹) e le emissioni di CO₂ espresse in t ha⁻¹. Contemporaneamente alle emissioni di CO₂ dal suolo sono state effettuate le misure di umidità e temperatura del suolo utilizzando lo strumento portatile TDR350. I risultati hanno mostrato un leggero incremento delle emissioni di CO₂ nel terreno lavorato soprattutto nel periodo iniziale di sperimentazione, mentre nel periodo successivo le emissioni di CO₂ hanno seguito un</p>

	<p>andamento simile tra i trattamenti, anche se tendenzialmente le emissioni di CO₂ sono risultate essere maggiori nella tesi con inerbimento controllato. In totale nelle tesi inerbite sono state riscontrate una media di 12.41 t ha⁻¹ di CO₂ emessa nel 2023 e 16.21 t ha⁻¹ di emissioni di CO₂ emessa nel 2024 che sono state maggiori rispetto al terreno lavorato (12.24 t ha⁻¹ di CO₂ emessa nel 2023 e 16.04 t ha⁻¹ di emissioni di CO₂ emessa nel 2024). Tuttavia, il calcolo dell'indice di respirazione del suolo ha mostrato valori più elevati in entrambe le tipologie di inerbimenti rispetto al terreno lavorato, indicando una maggiore capacità di stoccaggio del carbonio a parità di emissioni di CO₂. Nessuna differenza è stata riscontrata in merito alla temperatura del suolo a diverse profondità, mentre il contenuto di umidità è risultato essere tendenzialmente maggiore nelle parcelle inerbite rispetto a quelle lavorate. Tali differenze si sono mantenute lungo le profondità del terreno misurate (7,5, 11,0 e 20,0 cm), anche se la forbice dei valori tendeva a diminuire lungo il profilo misurato.</p>
<p>Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate</p>	<p>Tutti gli obiettivi indicati nell'azione sono stati raggiunti con successo, i campionamenti e le analisi chimico-fisiche sono state fatte e l'indice di respirazione del suolo è stato opportunamente misurato. Le misure di CO₂, umidità e temperatura del suolo sono state effettuate per l'intera durata del progetto (18 mesi) e compatibilmente alle condizioni climatiche che hanno caratterizzato il periodo progettuale, in accordo con i protocolli sperimentali. Le misure descritte nell'azione 3 sono state implementate attraverso analisi più specifiche. Pertanto, l'umidità e la temperatura del suolo è stata misurata a 3 diverse profondità (7,5, 11,0 e 20,0 cm, rispettivamente). In aggiunta è stato misurato il grado di compattazione del suolo all'inizio e alla fine di ogni ciclo produttivo del pero.</p>

2.4.2 PERSONALE

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Rtdb	Referente scientifico	31	50	1.550 €
	Impiegato amministrativo	Tecnico di campagna, raccolta ed elaborazione dati	27	148	3.996 €
	Ricercatore	Campionamento, monitoraggi e rilievo dati	43	40	1.720 €
	Tecnico	Campionamento, monitoraggi e rilievo dati	27	67	1.809 €
	Ricercatore	Campionamento, monitoraggi e rilievo dati	27	36	972 €
	Tecnico	Analisi di laboratorio	27	46	1.242 €
	Tecnico	Analisi di laboratorio	27	75	2.025 €
	Ricercatore	Campionamento, monitoraggi e rilievo dati	27	83	2.241 €
	Ricercatore	Misure prove di campo	31	129	3.999 €
	Ricercatore	Misure prove di campo	31	210	6.510 €
Totale:					26.064 €

2.5 Azione 4 - Valutazione dell'impatto ambientale ed economico delle due tecniche agronomiche

2.5.1 Attività e risultati

Azione 4	Valutazione dell'impatto ambientale ed economico delle due tecniche agronomiche
Unità aziendale responsabile	CRPA
Descrizione delle attività	<p>Nell'analisi economica, per favorire una maggiore comprensione del risultato nel calcolo non sono state considerate le operazioni di impianto e di raccolta del prodotto, ma solo le differenti tecniche gestionali previste nel progetto. Sono state considerate le seguenti operazioni:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Trinciatura legna (Tesi 1,2,3) • Trinciatura erba (Tesi 2,3) • Concimazione (Tesi: 1,2,3) • Lavorazione interfilare (Tesi 1) • Semina (Tesi 3) • Trattamenti fitosanitari (Tesi 1,2,3) • Irrigazione (Tesi 1,2,3) <p>Nella tabella 1 della relazione tecnica vengono mostrati i risultati dell'analisi economica. Non ci sono praticamente differenze tra la tesi 1 di controllo e la tesi 2 dove era previsto l'inerbimento spontaneo. Nella tesi 3 si è riscontrato un lieve calo dei costi 7691,27 €/ha, -5% circa, rispetto alle altre due tesi. Questo è dovuto al minor numero di interventi fitosanitari (15 rispetto ai 20 delle altre tesi) previsti per questo tipo di tecnica.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Tutti gli obiettivi indicati nell'azione sono stati raggiunti con successo non sono state riscontrate criticità in questa azione

2.5.2 PERSONALE

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Professore Ordinario	Personale Scientifico	73	70	5.110 €
	RTDb	Referente scientifico	31	50	1.550 €
	Impiegato amministrativo	Tecnico di campagna, raccolta ed elaborazione dati	27	111	2.997 €
	Impiegato amministrativo	Coordinatore	27	77	2.079 €
	Impiegato amministrativo	Analisi dati	27	120	3.240 €
	Ricercatore	Coordinamento e analisi dati, stesura relazioni	43	104	4.472 €
	Ricercatore	Database e LCA	27	214	5.778 €
	Ricercatore	Supervisione, stesura relazioni	43	20	860 €
	Ricercatore	Database e analisi economica	43	102	4.386 €
	Ricercatore	Analisi dati	27	20	540 €
Totale:					31.012 €

2.6 Divulgazione

2.6.1 Attività e risultati

Azione	Divulgazione
Unità aziendale responsabile	Fondazione Navarra
Descrizione delle attività	<p>CRPA e Fondazione Navarra, oltre che il DISTAL hanno collaborato attivamente nel realizzare tutte le attività previste per la diffusione dei risultati del progetto IFASA.</p> <p>Nei primi mesi di avvio del progetto è stata creata una pagina dedicata sul sito Gruppi Operativi per l'Innovazione del CRPA (https://goi.crupa.it/nqcontent.cfm?a_id=24925&tt=t_bt_app1_www&aa=ifasa), una nel sito della Fondazione Navarra (www.fondazione.navarra.it) ed una nel sito del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari (https://distal.unibo.it/it/ricerca/progetti-di-ricerca/progetti-locali/psr/ifasa) con descrizione degli obiettivi del progetto e delle attività, finanziamento, partner e link al sito del capofila. Qui sono stati caricati e resi disponibili tutti i prodotti della divulgazione. Predisposizione sul sito internet della Fondazione Navarra www.fondazione.navarra.it della sezione "i nostri progetti" dedicata al progetto IFASA. (https://www.fondazione.navarra.it/index.php/eventi-ambiente-e-salute/progetti/item/155-ifasa)</p> <p>È stata ideata e progettata l'immagine grafica del progetto, roll-up di presentazione del Piano, carpettine e penne personalizzate per la distribuzione del materiale negli eventi.</p> <p>Sono state realizzate n. 3 newsletter digitali, inviate all'indirizzo del CRPA a circa 20.000 contatti e tramite la mailing list e i social network della Fondazione Navarra:</p> <ul style="list-style-type: none">• Newsletter 1° settembre 2023, con informazioni sulla prima giornata tecnica del 19/07/2023; inviata con CRPA Informa 15/2023;• Newsletter 2 luglio 2024, con il programma del convegno finale del 18/07/2024; inviata con CRPA Informa 12/2024;• Newsletter 3 agosto 2024, con i risultati finali del progetto; inviata con CRPA Informa-13/2024. <p>È stato prodotto un video clip del progetto con un'intervista ad un responsabile del piano: https://www.youtube.com/watch?v=j0kx8_gw_cc e versione con spikeraggio in inglese.</p> <p>Realizzazione di un servizio televisivo con intervista al coordinatore di progetto, durante il convegno finale all'Università di Bologna; messa in onda di un anticipo di 3 minuti del servizio dal 4 agosto, mentre il servizio completo è andato in onda dall'11 al 16 agosto, su emittenti a diffusione regionale: Teleromagna, E TV – RETE 7, TV QUI (https://www.youtube.com/watch?v=hv2SxAufyLM&t=16s).</p> <p>Sono stati scritti due articoli tecnico-divulgativi (uno previsto+uno extra) a riviste del settore:</p> <ul style="list-style-type: none">• <i>Migliorare la sostenibilità aziendale con l'inerbimento del pereto</i> a cura di Alessandro Zatta - CRPA, Luigi Manfrini- UNIBO, Magda C. Schiff – CRPA; pubblicato su Agrimpresa n. 8 - agosto 2024 pag. 23 e online (https://agrimpresaonline.it/migliorare-la-sostenibilita-aziendale-con-linerbimento-del-pereto/);• Invio di un articolo a luglio 2024, per la pubblicazione sulla rivista di Frutticoltura (uscita probabile ottobre 2024). <p>Un comunicato stampa conclusivo del progetto è stato inviato a n. 468 tra addetti della comunicazione e giornalisti (https://goi.crupa.it/media/documents/goi_www/Ifasa/comunicati-stampa/IFASA_CS_1_002.pdf?v=20240731).</p>

CRPA e Fondazione Navarra hanno inoltre collaborato nell'organizzazione di tutti gli eventi divulgativi, realizzando l'impostazione della locandina e l'invio del programma con la piattaforma CRM all'indirizzario CRPA e della mailing list della Fondazione Navarra dando supporto alla segreteria con la raccolta delle iscrizioni dei partecipanti e la distribuzione di materiali divulgativi ai partecipanti:

- Giornata Tecnica n. 1, presso la Fondazione Navarra, invio del programma tramite newsletter CRPA Informa 11/2023 e rinvio a oltre 3.000 portatori d'interesse tra coltivatori di frutta, agronomi, organizzazioni professionali; n. 61 partecipanti; istituzione di collaborazione con l'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Ferrara e con il Collegio dei Periti Agrari e Periti Agrari Laureati della Provincia di Ferrara per la concessione dei crediti formativi.
- Incontro Tecnico n. 2, presso la Fondazione Navarra, invio del programma con la newsletter CRPA Informa 3/2024; n. 22 partecipanti; istituzione di collaborazione con l'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Ferrara e con il Collegio dei Periti Agrari e Periti Agrari Laureati della Provincia di Ferrara per la concessione dei crediti formativi.
- Convegno finale, presso aula Guarnieri del Dipartimento di Scienze e Tecnologie Agro-Alimentari dell'Università di Bologna; Istituzione di collaborazione con l'Ordine dei Dottori Agronomi e Dottori Forestali di Ferrara e con il Collegio dei Periti Agrari e Periti Agrari Laureati della Provincia di Ferrara per la concessione dei crediti formativi. Invio del programma con CRPA Informa 12/2024; n. 44 partecipanti. Pubblicazione delle relazioni del convegno sul sito della Fondazione Navarra con relativa comunicazione attraverso mailing list, social, LinkedIn, Facebook e sul sito goi.crpa.it:
 - *L'innovazione, la formazione e la consulenza per il settore agricolo ed agroalimentare dell'Emilia-Romagna* di Patrizia Alberti – RER;
 - *Aspetti ecofisiologici dell'inerbimento interfilare nei pereti* - DISTAL - Department of Agricultural and Food Sciences;

 - *Il trifoglio sotterraneo per la gestione dell'interfilare nei pereti: aspetti agronomici* - Università degli Studi di Ferrara;
 - *Qualità del frutto: valutazione delle caratteristiche nutrizionali e funzionali* - Università di Ferrara;
 - *L'impatto ambientale della gestione dell'interfilare nei pereti* - CRPA scpa.

Diffusione delle iniziative intraprese nell'ambito del progetto attraverso il canale social LinkedIn:

- https://www.linkedin.com/posts/fondazione-navarra-06762b222_goi-ifasa-registrazione-incontro-tecnico-activity-7161706997137059841-mbAs?utm_source=share&utm_medium=member_desktop (14-02-2024)
- https://www.linkedin.com/posts/fondazione-navarra-06762b222_ifasa-incontro-tecnico-aspetti-agroecologici-activity-7166387444223729664-tz3Q?utm_source=share&utm_medium=member_desktop (22-02-2024)
- https://www.linkedin.com/posts/fondazione-navarra-06762b222_ifasa-incontro-tecnico-aspetti-agroecologici-activity-7166359877152452608-EpT3?utm_source=share&utm_medium=member_desktop (22/02/2024)
- https://www.linkedin.com/posts/centro-ricerche-produzioni-animali-scpa_ifasa-inerbimento-nei-frutteti-per-laumento-activity-

	<p>7178137515889991680-Ziz?utm_source=share&utm_medium=member_desktop (01/04/2024)</p> <p>Realizzazione di ulteriori video (non fra quelli in programma) condivisi sui social:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Video-1: Valutazione delle performance fisiologiche delle piante in studio • Video in campo-2: Determinazione del potenziale idrico di foglie e fusto.
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	Le attività sono state completate senza trovare particolari criticità, per i dettagli tecnici specifici si rimanda ai materiali disponibili nel sito di progetto.

2.6.2 PERSONALE

Elencare il personale impegnato, il cui costo è portato a rendiconto, descrivendo sinteticamente l'attività svolta. Non includere le consulenze specialistiche, che devono essere descritte a parte.

Cognome e nome	Mansione/qualifica	Attività svolta nell'azione	Costo orario	Ore	Costo totale
	Professore Ordinario	Personale scientifico	73	5	1.364 €
	RTDb	Referente scientifico	31	44	365 €
	Impiegato amministrativo	Supporto contenuti divulgativi e organizzazione incontri	27	50	1.350 €
	Segreteria divulgazione	Supporto attività divulgazione	27	16	432 €
	Segreteria divulgazione	Supporto attività divulgazione	27	10	270 €
	Ricercatore	Attività di divulgazione	43	25	1.075 €
	Ricercatore	Attività di divulgazione	27	30	810 €
	Ricercatore	Attività di divulgazione	43	34	1.462 €
	Ricercatore	Preparazione materiale divulgativo, relazione finale	31	22	682
	Ricercatore	Preparazione materiale divulgativo, relazione finale	31	5	155
	Ricercatore	Preparazione materiale divulgativo, relazione finale	31	5	155
	Ricercatore	Preparazione materiale divulgativo, relazione finale	31	1	31
Totale:					8.151 €

2.6.3 COLLABORAZIONI, CONSULENZE, ALTRI SERVIZI

CONSULENZE - PERSONE FISICHE

Nominativo del consulente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo orario	Ore	Costo totale
	2.430 €	Giornalista scientifico - Comunicati stampa, articoli, riviste del settore, rapporto coi media	54	45	2.430 €
Totale:					2.430 €

CONSULENZE – SOCIETÀ

Ragione sociale della società di consulenza	Referente	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
MCM SERVICE		3.440,4 €	Realizzo immagine grafica, roll-up, carpettine e materiale vario	3.440,4 €
Totale:				3.440,4 €

2.6.4 SPESE PER ATTIVITÀ DI DIVULGAZIONE E DISSEMINAZIONE

Fornitore	Descrizione	Costo
Filmica srl	Video clip con interviste in italiano e versione con spikeraggio in inglese	2.085 €
Agricoltura è Vita S.C.	Servizio TV con drone	700 €
Totale:		2.785 €

2.7 Formazione, scambi, visite e consulenza

2.7.1 Attività e risultati

Azione	Attività di formazione e consulenza
Unità aziendale responsabile	DINAMICA Scarl
Descrizione delle attività	<p>Titolo: "Miglioramento della sostenibilità nelle aziende frutticole attraverso il controllo delle avversità con metodi a basso impatto."</p> <p>La crescente attenzione per il miglioramento dell'ambiente e la qualità dei prodotti alimentari rappresenta una sfida continua per le imprese agricole che, per restare sul mercato, dovranno sostituire le metodologie attualmente in uso con tecniche di controllo delle avversità a basso impatto.</p> <p>In frutticoltura, una delle più efficaci tecniche a basso impatto che si sta progressivamente imponendo per il controllo di avversità particolarmente virulenti parte dalla gestione del suolo mediante il controllo dell'inerbimento nelle sue varie forme.</p> <p>Questa tecnica, oltre a influire positivamente su importanti caratteristiche fisico-meccaniche, chimiche e biologiche del terreno mediante una serie di effetti tra loro interagenti, grazie alla presenza del cotico erboso protegge il terreno dall'erosione esercitata dall'azione della pioggia battente e vento, aumentando l'apporto di sostanza organica al suolo favorendo così un'attività microbica più intensa che, seppur in percentuale non molto elevata, può essere utilizzata per il controllo delle avversità con metodi a basso impatto. Nel caso specifico del pero, la presenza di cotico erboso può risultare una componente fondamentale per lo sviluppo di patologie fungine come la maculatura bruna, la più grave tra le malattie fungine del pero nell'area mediterranea. La presenza di determinate specie di graminacee e residui in decomposizione, permette al fungo di moltiplicarsi e produrre grandi quantità di spore.</p> <p>La ricerca ha testato differenti strategie per trovare una soluzione di compromesso rispetto alla eliminazione totale del cotico erboso. Queste hanno visto la riduzione o eliminazione, selettiva delle graminacee, in modo da realizzare un tappeto erboso costituito in prevalenza da specie a foglia larga e leguminose che, pur conferendo meno portanza al terreno, ha necessità di sfalci meno frequenti, creando un luogo meno favorevole allo sviluppo del fungo, oltre a favorire la fissazione biologica dell'azoto.</p> <p>Così facendo e attraverso l'applicazione di questi principi agronomici e tecnologie innovative sarà possibile minimizzare gli impatti e ridurre i rischi associati all'esposizione ai prodotti fitosanitari.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p>L'attività di formazione è stata realizzata in un'unica edizione</p> <p>EDIZIONE N.1 "Miglioramento della sostenibilità nelle aziende frutticole attraverso il controllo delle avversità con metodi a basso impatto."</p> <p>Domanda di avvio formazione GOI n. 5693239 Domanda di proposta n. 5518068 Domanda di rendiconto formazione GOI n. 5745569</p> <p>Periodo di Svolgimento: dal 10/01/2024 al 31/01/2024 Durata: 29 ore</p> <p>Nell'ambito del corso sono state realizzate le 29 ore di formazione previste in fase di proposta progettuale approvata dalla Regione Emilia-Romagna. Si sono iscritti 20 partecipanti di cui 19 hanno concluso il percorso formativo superando la percentuale minima di presenza. Inoltre, tutti e 19 hanno raggiunto gli obiettivi formativi previsti oggettivamente dimostrabili attraverso i risultati ottenuti nella verifica finale di apprendimento.</p>

3 - CRITICITÀ INCONTRATE DURANTE LA REALIZZAZIONE DELL'ATTIVITÀ

Criticità tecnico-scientifiche	Nessuna criticità tecnico-scientifica incontrata nella realizzazione dell'attività.
Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	Nessuna criticità gestionale incontrata nella realizzazione dell'attività.
Criticità finanziarie	Nessuna criticità finanziaria incontrata nella realizzazione dell'attività.

4 - ALTRE INFORMAZIONI

Riportare in questa sezione eventuali altri contenuti tecnici non descritti nelle sezioni precedenti

--

5 - CONSIDERAZIONI FINALI

Riportare qui ogni considerazione che si ritiene utile inviare all'Amministrazione, inclusi suggerimenti sulle modalità per migliorare l'efficienza del processo di presentazione, valutazione e gestione di proposte da cofinanziare

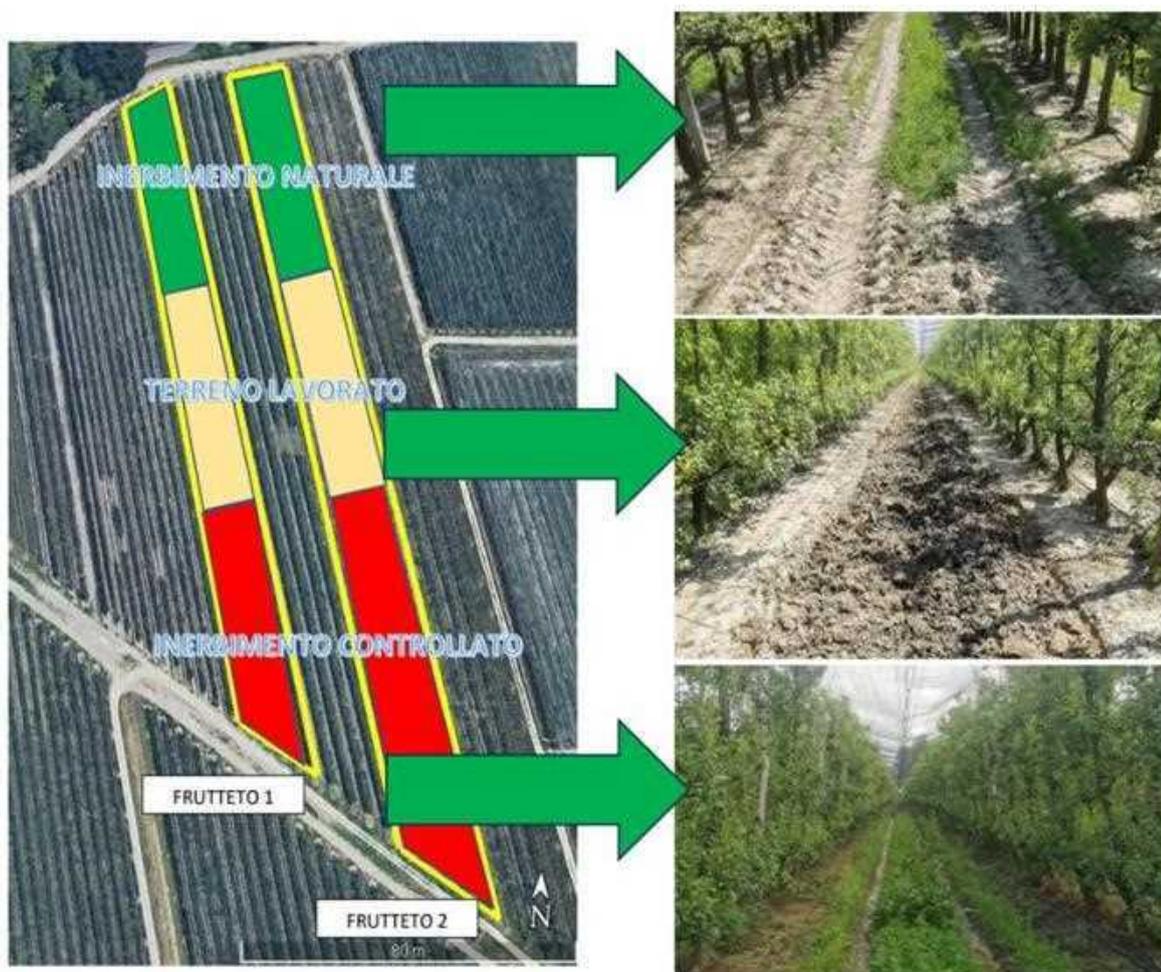
--

6 - RELAZIONE TECNICA

Azione 1 - Confronto fra frutteti lavorati ed inerbimenti con essenze a base di leguminose per ridurre l'apporto di concimi minerali e proteggere il suolo

La prova è stata condotta su un pereto della Fondazione per l'agricoltura f.lli Navarra con due tipologie di sesto d'impianto, a "V" (Frutteto 1) e a fusetto (Frutteto 2) per una superficie complessiva di circa 1 ettaro. La varietà era Abate Fetal. Le tesi a confronto in entrambe le forme di allevamento erano: a) inerbimento naturale; b) inerbimento controllato con trifoglio; c) terreno lavorato. La semina è stata effettuata il 22/02/2023 con il mix autoriseminante Gallura S2 (Continental semences), adatto per coltura in asciutto e costituito da:

- 35% *Trifolium subterraneum* ssp. *Yanninicum*
- 20% *Trifolium subterraneum* cv. *Seaton park*
- 20% *Trifolium subterraneum* cv. *Campeda*
- 15% *Trifolium subterraneum* ssp. *Brachycalycinum*
- 10% *Trifolium subterraneum* cv. *Dalkeith*



Valutazione della risposta del cotico erboso

Dopo la semina sono stati fatti rilievi sulla velocità di affrancamento sia dell'inerbimento naturale che di quello controllato attraverso il software canopeo ® (figura 1) sviluppato con il linguaggio MatLab (Mathworks, Inc., Natick, MA), che utilizza i valori di colore del sistema rosso-verde-blu (RGB) per

discriminare la componente vegetale dal terreno e che restituisce come output la copertura vegetale espressa in percentuale (figura 1).

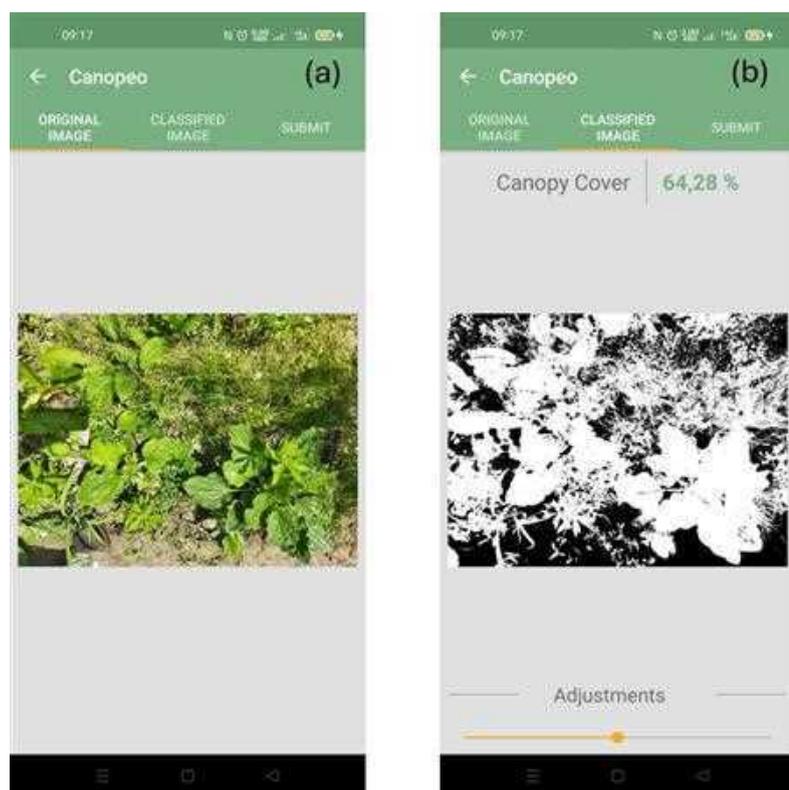


Figura 1: porzione di campo prima dell'elaborazione (a); porzione di campo elaborata con il software Canopeo® (b).

Prima della trinciatura del cotico erboso sono state campionate aree di saggio per determinare la floristica e la biomassa fresca e secca. È stata delimitata un'area di saggio di circa 2 m² per ogni tesi di entrambi i senti d'impianto e raccolta con una falciatrice. I campioni ottenuti sono stati utilizzati per determinare la composizione floristica e poi essiccati a 65°C per l'analisi qualitativa attraverso la metodologia NIRs. La prima raccolta è stata fatta il 7 giugno 2023 e la seconda il 5 aprile 2024.

Valutazione della performance fisiologica della pianta

Seguendo il disegno sopra descritto, sono state effettuati rilevamenti dello stato fisiologico delle piante in tesi (Stagione 2023: 31.05, 07.06, 19.07, 24.08; Stagione 2024: 29.05, 15.07, 30.08). Per ogni data di rilievo, al mezzogiorno solare, 5 piante di ogni trattamento sono state soggette a misurazioni di scambi gassosi a livello fogliare effettuati con un LICOR 6800 per valutarne il livello di attività fotosintetica e traspirazione. Questo strumento misura la differenza nel contenuto di H₂O e CO₂ indotte dall'attività fotosintetica della foglia pinzata all'interno di una camera isolata con condizioni controllate. Nella stessa giornata lo stato idrico di tronco, foglie. È stata valutata tramite l'utilizzo della camera di Scholander (Fig.2), una camera a pressione in cui viene inserita una porzione vegetale di pianta che è sottoposta ad una pressione tale da equiparare la forza di trattenuta dell'acqua all'interno dei tessuti vegetali.

Nelle stesse giornate, l'accrescimento di 10 germogli e 30 frutti per trattamento sono stati registrati per ottenere le informazioni allometriche e di accrescimento necessarie alla ricerca.



Fig.2 - A sinistra le misurazioni effettuate con la camera di Scholander, per valutare lo stato idrico; A destra LICOR-6800 per valutare la performance fotosintetica a livello fogliare

Valutazione della qualità del prodotto

Nell'ambito delle attività inerenti all'azione 1 del progetto IFASA, sono state svolte analisi di caratterizzazione del frutto alla raccolta, settembre 2023. Sono state raccolti 45 frutti per ciascun impianto, 15 frutti per ciascun trattamento del suolo.

Inizialmente, i campioni di pera sono stati pesati e poi sbucciati manualmente, separando buccia e polpa. Successivamente la polpa è stata cubettata e conservata a -20°C fino alle analisi. Inizialmente è stata valutata la composizione bromatologica, sulla polpa di tutti i campioni raccolti è stato determinato il grado Brix, pH e acidità, contenuto in glucosio e fruttosio, percentuale di umidità e relativa sostanza secca, il contenuto in proteine e frazione minerale totale (ceneri), la fibra solubile e insolubile.

I frutti sono stati pesati con una bilancia tecnica e durante la fase di cubettazione mediante rifrattometro manuale è stato determinato il grado zuccherino (grado brix).

Sul campione fresco è stato poi determinato il pH e l'acidità totale. Il pH è stato determinato mediante uso di un pHmetro per immersione della sonda in un frullato di pera disciolto in 50 mL di acqua distillata. Contemporaneamente è stata eseguita una titolazione con NaOH 0.1 M fino a pH 8.1, ricavando così il valore dell'acidità espresso come g di acido malico equivalenti/g di campione analizzato.

Le determinazioni degli zuccheri semplici glucosio e fruttosio è stata determinata sempre su sostanza fresca mediante l'utilizzo di un kit enzimatico (Megazyme) e successiva lettura spettrofometrica a 340 nm. La reazione prevede l'utilizzo di enzimi quali esochinasi (HK) e glucosio-6-fosfato deidrogenasi e fosfoglucoisomerasi che durante la reazione portano alla formazione di NAPH+, che verrà letto alla lunghezza d'onda sopra indicata ed è direttamente proporzionale al contenuto di glucosio e fruttosio contenuto nel prodotto. I dati verranno perciò espressi come g/100 g di glucosio e fruttosio.

Per completare la composizione chimica del prodotto la polpa è stata poi essiccata in stufa a 110°C fino a peso costante per determinare il contenuto di umidità e la relativa sostanza secca.

La sostanza secca verrà poi utilizzata per la determinazione di minerali totali, proteine e fibra.

La quantificazione della frazione minerale totale avviene mediante l'utilizzo di una muffola alla temperatura di 570°C per 6 ore fino a completa ossidazione della componente organica in acqua e anidride carbonica, mentre la componente inorganica che permane rappresenta i minerali totali.

Il contenuto proteine è stato determinato mediante il metodo Kjeldhal, che prevede una prima fase di mineralizzazione della componente organica aggiungendo ad 1 grammo circa esattamente pesato 25 mL di acido solforico al 96%, che porta alla completa ossidazione con formazione di solfato di ammonio. Il solfato d'ammonio, fatto reagire con una base forte, libera ammoniaca, che viene distillata in corrente di vapore e raccolta dopo un refrigerante a ricadere in beuta. In questa beuta, è contenuto H_2SO_4 in quantità e concentrazione nota (0,5N). Retrotitolando con NaOH 0,5 N si risale alla quantità di azoto, che moltiplicata per un fattore di conversione (6,25) esprime direttamente la quota proteica.

La determinazione della fibra alimentare è stata eseguita utilizzando un kit enzimatico (Total Dietary Fiber Assay Kit, Megazyme). 1 grammo circa esattamente pesato di polpa di pera essiccato viene addizionato

con 40 mL di MES/TRIS e 50 μ L di α -amilasi (per gelatinizzare, idrolizzare e depolimerizzare l'amido), posto in bagno termostato a 95 °C per 35 minuti. Terminata l'incubazione si lasciano raffreddare i campioni fino a 60 °C e si aggiungono 10 mL di acqua deionizzata e 100 μ L di proteasi (per solubilizzare e depolimerizzare le proteine), si lascia nuovamente incubare a 60°C per 30 minuti. Si aggiungono 5 ml di HCl 0,561 M; si modifica il pH con NaOH 4 M fino ad un valore compreso tra 4.1 e 4.8, e si aggiungono 200 μ L di amiloglicosidasi (per idrolizzare frammenti di amido in glucosio), si pone in incubazione e agitazione per altri 30 minuti. La fibra insolubile si ottiene filtrando su un crogiolo contenente 1g di celite. La soluzione rimanente è recuperata con etanolo al 96% (in quantità 4 volte superiore al volume di partenza) per far precipitare la fibra solubile, che verrà successivamente filtrata anch'essa su celite.

Infine, la determinazione delle sostanze fenoliche avviene su prodotto fresco. I campioni di pera precedentemente tagliati in cubetti sono stati sottoposti ad un'estrazione con una miscela metanolo/acqua in rapporto 80:20, ripetendo l'operazione 3 volte fino ad estrazione esaustiva.

Su tale estratto sono stati determinati i flavonoidi totali mediante reazione con nitrito di sodio e cloruro di alluminio e successiva lettura spettrofotometrica a 510 nm.

La quantificazione dei polifenoli totali invece è stata eseguita seguendo il metodo classico di Folin-Ciocalteu e lettura spettrofotometrica a 700nm per la formazione di complessi blu a seguito della reazione.

L'attività antiossidante totale è stata invece determinata con due differenti metodologie: il saggio DPPH ed il metodo Photochem. Il saggio DPPH evidenzia una variazione di colore del radicale sintetico DPPH a seguito della reazione con sostanze antiossidanti e successiva lettura spettrofotometrica a 515 nm. Il metodo Photochem invece quantifica la capacità antiossidante totale mediante lo spegnimento del radicale $O_2\cdot$ per opera della componente antiossidante presente nell'estratto. La quantificazione avviene mediante reazione con luminol ad una lunghezza d'onda di 431nm.

Entrambe le metodiche esprimono la capacità antiossidante totale come Trolox equivalente, pur lavorando con due diversi radicali.

Risultati

Valutazione della risposta del cotico erboso

Come prevedibile l'attecchimento dell'inerbimento con trifoglio è stato più veloce ed omogeneo che al momento della raccolta aveva in media una copertura del suolo pari al 90% mentre per l'inerbimento naturale era del 70%.

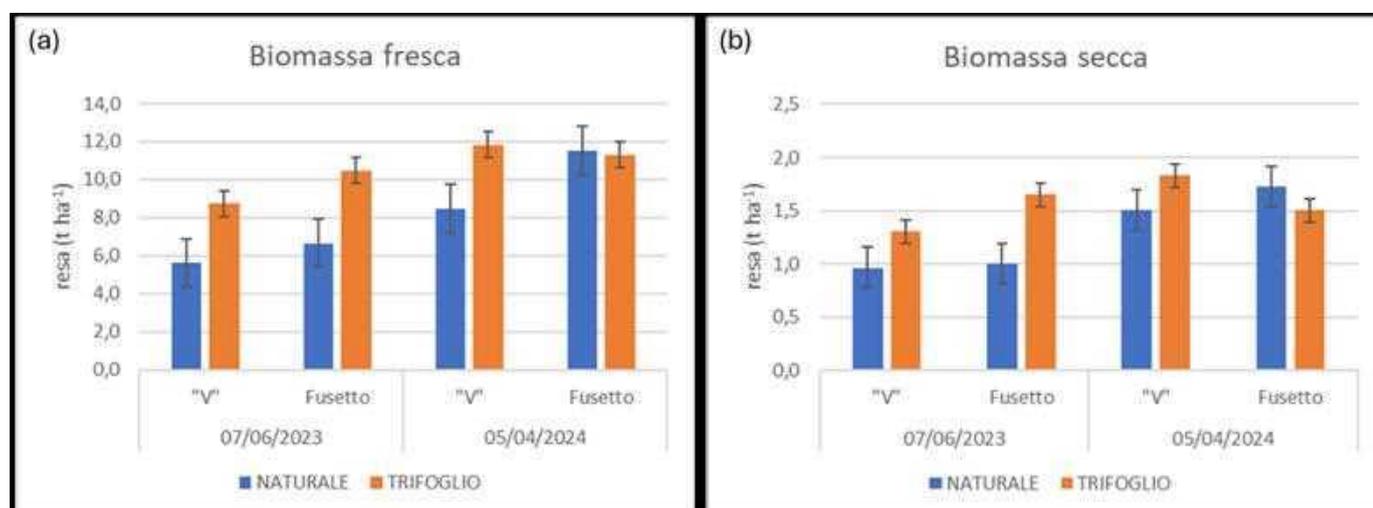


Figura 2: produzione di biomassa fresca e secca delle due tipologie d'inerbimento (naturale e trifoglio) nelle due forme di allevamento (fusetto a "V").

Nella figura 2 si può notare che nel 2023 la produzione di biomassa sia fresca che secca è stata maggiore nell'inerbimento con trifoglio rispetto all'inerbimento naturale in entrambe le forme di allevamento. Nel 2024 la biomassa fresca è risultata maggiore nell'inerbimento con trifoglio rispetto al naturale solo nella biomassa fresca, mentre nella biomassa secca tale differenza non c'è stata.

In media la biomassa fresca del trifoglio è stata di 9,61 t ha⁻¹ nel 2023 e di 11,56 t ha⁻¹ nel 2024 indipendentemente dalle forme di allevamento. La biomassa secca ha invece registrato in media 1,48 t ha⁻¹ nel 2023 e 1,67 t ha⁻¹ nel 2024.

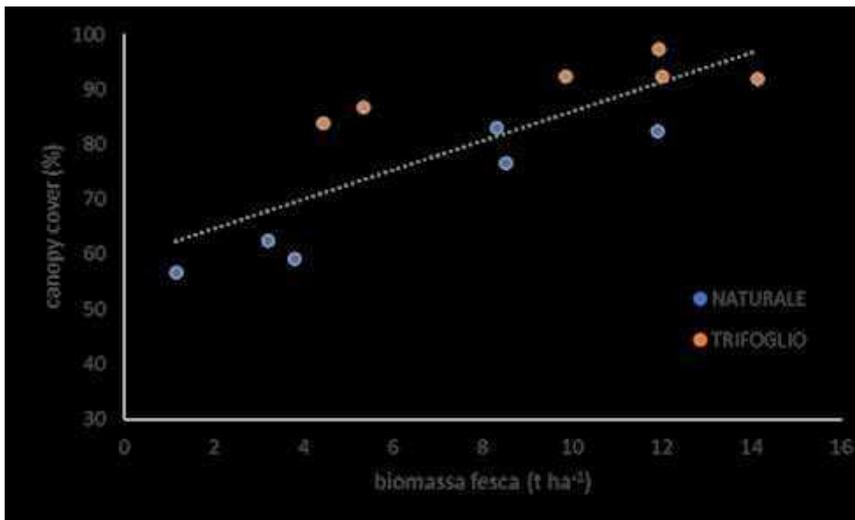


Figura 3: correlazione fra copertura del suolo e biomassa vegetale dell'inerbimento dell'interfila nel 2023

La minor produzione di biomassa registrata nel 2023 nell'inerbimento naturale è dovuta alla minor copertura del suolo, come evidenziato dalla figura 3 dove viene riportata la correlazione fra copertura del suolo (%) nei due tipi d'inerbimento la produzione di biomassa fresca (t ha⁻¹).

Al momento della raccolta sono stati fatti anche i rilievi delle specie botaniche presenti sia nell'inerbimento naturale che con trifoglio. La tipologia delle specie identificate è riportata nella tabella 1.

Tabella 1: codifica delle specie botaniche identificate durante i rilievi della floristica

cod. infestante	Nome comune	Nome botanico
Sep	Seppola	Erigeron canadensis
Tar	tarassaco	Taraxacum officinale
Ver	Veronica comune	Veronica persica
Pla	piantaggine	Plantago
Mal	malva	Malva sylvestris
PoA	fienarola	Poa annua
Rom	romice comune	Rumex
Sen	senecione	Senecio vulgaris
Gre	grespino	Sonchus aleraceus
Tr	trifoglio	
Pol	Correggiola	Poligonum avicolare
Lac	lattuga selvatica	Lactuga seriola
Am	amaranto	Amaranthus retroflexus
Che	chenopodio	Chenopodium album
Con	vilucchio	Convolvulus arvensis
Lap	Lappolina canaria	Torilis arvensis
Gal	Galio	Gallium aparine

Dalla tabella 2 emerge che nel 2023 le specie maggiormente presenti nella forma di allevamento "fusetto" con inerbimento naturale sono la malva (in media il 50%), seppola, convolvo (soprattutto nel blocco 2) e l'amaranto, mentre nella forma di allevamento a "V" le specie predominanti erano la seppola (in media il 55%), seguita da lappolina, plantago, convolvo e poa. Nell'inerbimento controllato con trifoglio

chiaramente la specie con la maggior presenza era il trifoglio (in media 56%) in entrambe le forme di allevamento, mentre le altre specie presenti erano principalmente il senecio e il poligono nella forma d'allevamento a fusetto, mentre la veronica e sempre il poligono nella forma a "V".

Tabella 2: tipologia e quantitativo (%) delle diverse specie botaniche identificate durante il rilievo del 7 giugno 2023

allevamento	tesi	REPLICA	data	Tar	Ver	Pla	Mal	PoA	Rom	Sen	Gre	Tr	Pol	Lac	Am	Che	Con	Sep	Lap	Gal	TOT(%)
Fusetto	naturale	1	07/06/2023	3		4	53		11	9					18			2			100
							22										60	18			
Fusetto	naturale	3	07/06/2023			3	75	4		2	10							6			100
							24		24										30		
"V"	naturale	2	07/06/2023		1												3		93	3	100
																		81			
Fusetto	trifoglio	1	07/06/2023		6	5		2		24		54	6	3							100
										15		14	64								
Fusetto	trifoglio	3	07/06/2023		3			6		1		69	5			2	14				100
						10						79									
"V"	trifoglio	2	07/06/2023		16	7		1		9		44	23								100
						23	13					49									

Nel secondo anno (tabella 3) i rilievi delle erbe presenti nell'interfilare hanno fatto emergere una dinamica sia in quello con inerbimento naturale che in quello con inerbimento controllato. In particolare, nell'inerbimento naturale è stata riscontrata una forte presenza di poa annua sia nell'allevamento a fusetto (67%) che nell'allevamento a "V" (82%) dove le altre specie erano in media sotto il 5% della presenza.

Tabella 3: tipologia e quantitativo (%) delle diverse specie botaniche identificate durante il rilievo del 7 giugno 2024

Fusetto	naturale	1	05/04/2024	4	2	1	2	68	20	2	1										100
Fusetto	naturale	2	05/04/2024	5	3	1	2	65	15	2	5		2								100
Fusetto	naturale	3	05/04/2024	5	2	2	2	70	15	2	2										100
"V"	naturale	1	05/04/2024	1	1	1		85	10	1	1										100
"V"	naturale	2	05/04/2024	3	2	2	2	80	3	3									5		100
"V"	naturale	3	05/04/2024	1	1	1	2	85	4	2									4		100
Fusetto	trifoglio	1	05/04/2024	1	20	1	2	5	10	1		60									100
Fusetto	trifoglio	2	05/04/2024	2	17	3	1	5	8	3		55			1		5				100
Fusetto	trifoglio	3	05/04/2024	1	20	2	2	4	4	2		65									100
"V"	trifoglio	1	05/04/2024	2	5	2	2	5	30	2	2	50									100
"V"	trifoglio	2	05/04/2024	1	6	2	2	4	25	2	3	55									100
"V"	trifoglio	3	05/04/2024	2	6	2	2	3	25	3	2	55									100

Nell'inerbimento controllato invece è stata riscontrata una diminuzione della presenza del trifoglio sia nel fusetto (60%) che nella forma a "V" (53%) ma la presenza di monocotiledoni come la poa annua è stata più limitata sia nel fusetto (7,3%) che nella forma a "V" (26%).



Figura 4: evoluzione dell'inerbimento controllato fra il 2023 (a) e il 2024 (b) e dell'inerbimento naturale fra il 2023 (c) e il 2024 (d)

Tabella 4: principali parametri qualitativi della biomassa raccolta

anno	inerbimento	SS [%]	N (%)	P [%SS]
2023	naturale	14,93	2,74	0,35
	trifoglio	13,63	3,00	0,35
	Media (2023)	14,28	2,87	0,35
2024	naturale	14,83	2,56	0,44
	trifoglio	12,94	2,98	0,46
	Media (2024)	13,88	2,77	0,45

Dalla tabella 4 emerge che l'inerbimento naturale tende ad avere una sostanza secca maggiore rispetto a quello controllato con trifoglio in entrambi gli anni. Il contenuto di azoto risulta chiaramente maggiore nell'inerbimento con trifoglio mentre il contenuto di fosforo non ha fatto registrare differenze fra le due tipologie d'inerbimento. Il fosforo invece è risultato in media maggiore nel 2024 rispetto al 2023.

In conclusione, l'inerbimento con trifoglio ha portato ad un leggero incremento di sostanza organica del suolo (anche se in maniera non significativa) e all'apporto di azoto del terreno confermando le sue capacità di fertilizzazione. L'inerbimento controllato inoltre ha consentito di limitare la proliferazione di specie monocotiledoni come la poa annua che, come noto, possono essere fonte di inoculo della maculatura bruna del pero.

Valutazione della performance fisiologica della pianta

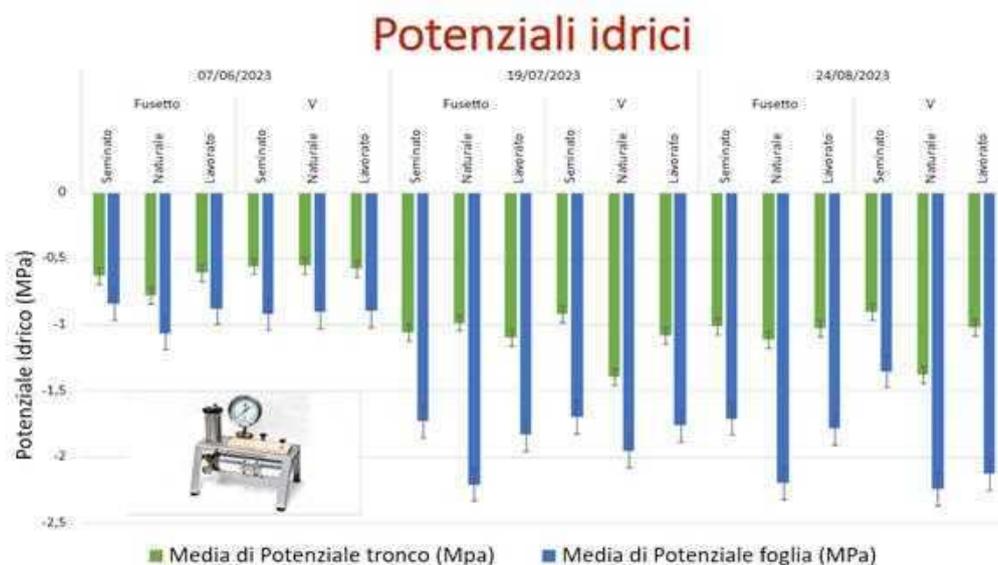


Figura 5. Potenziali idrici di foglia e fusto misurati al mezzogiorno solare. Le barre verticali indicano gli errori standard

Durante la stagione 2023, i trattamenti di inerbimento non hanno mostrato nessuna differenza significativa a livello di stato idrico della pianta per il sistema a fusetto, con valori adeguati maggiori di -1 Mpa; al contrario, la forma di allevamento a V ha mostrato come, con l'avanzare della stagione, il trattamento Naturale abbia ridotto leggermente il suo stato idrico raggiungendo valori prossimi a -1.5 Mpa, una soglia riconosciuta come stress idrico (fig. 5). Questo stesso pattern con il trattamento Naturale con valori più negativi è invece presente in entrambe le forme di allevamento quando si valuta il potenziale idrico della pianta foglia in luce, mostrando possibili necessità irrigue maggiori per la gestione naturale.

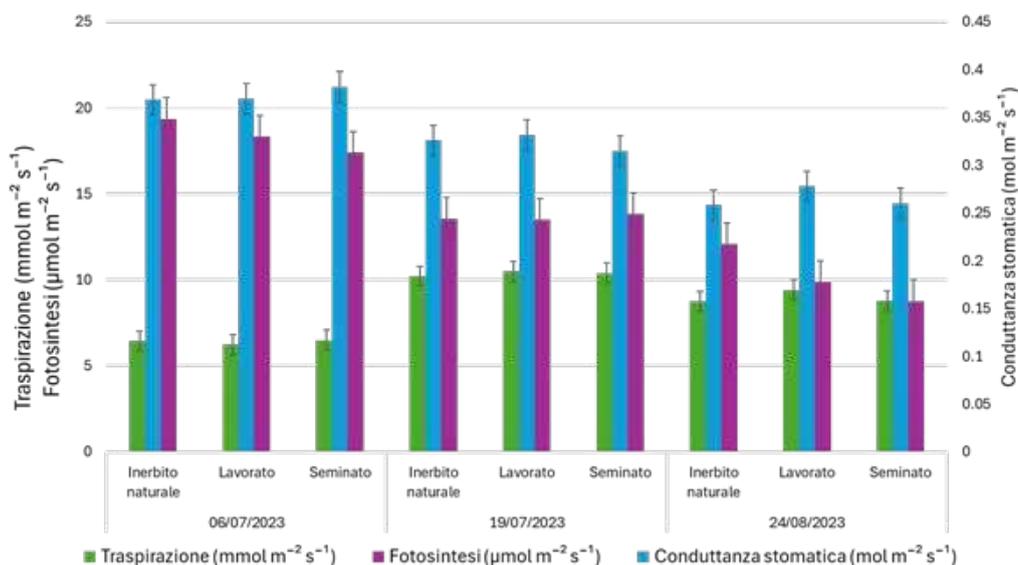


Figura 6. Misure di scambi gassosi misurati al mezzogiorno solare. Le barre verticali indicano gli errori standard

Valutando gli scambi gassosi (fig. 6) per la stessa stagione si nota come non siano presenti differenze significative in relazione a traspirazione e conduttanza stomatica e fotosintesi, se non nell'ultima campagna di rilievo dove V Naturale ha mostrato valori fotosintetici maggiori

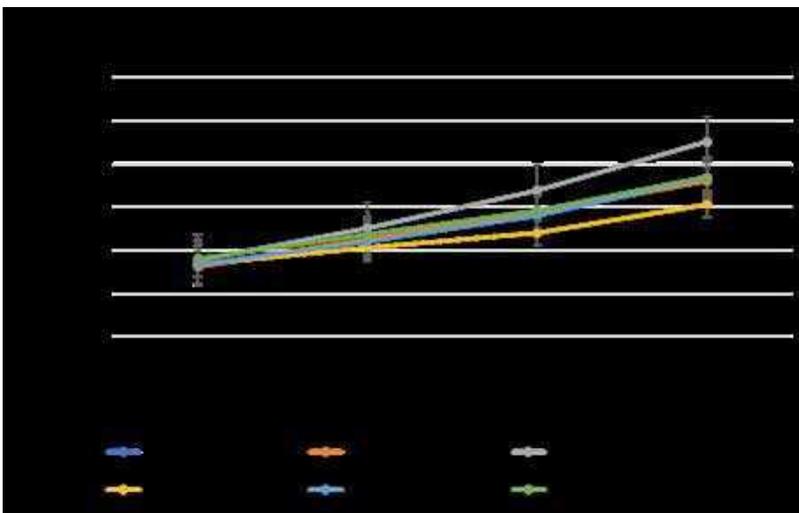
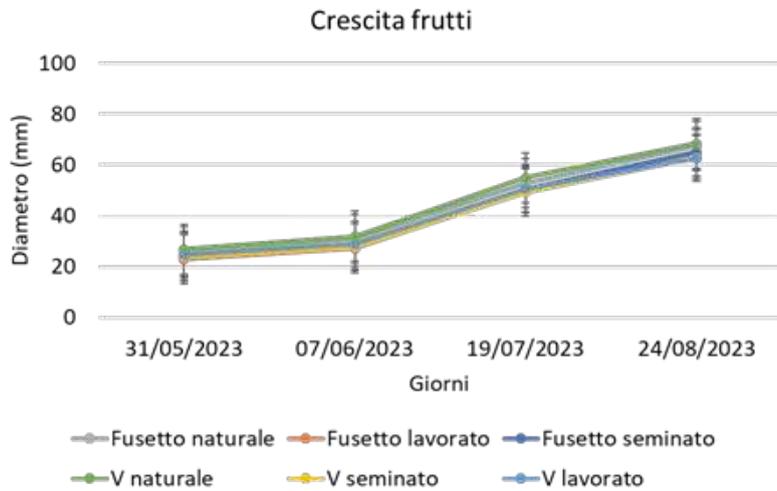


Figura 7. Accrescimenti biometrici di frutti e germogli lungo la stagione. Le barre verticali indicano gli errori standard

Per quanto riguarda l'andamento di crescita dei frutti, interessante notare come le velocità di accrescimento dei frutti (Absolute Growth Rate - g/giorno), inizialmente siano leggermente differenziate (non significativamente) tra i trattamenti, con il V naturale che presenta la massima velocità di accrescimento e il V seminato (controllato) con quella minore; La mancanza di differenze nelle dimensioni dei frutti lungo la stagione mostra come l'iniziale differenza di AGR non abbia indotto modifiche rilevanti (fig. 7).

Lo stesso accade per l'accrescimento dei germogli dove non si hanno differenze, ma si nota come il V seminato abbia accrescimenti minori lungo la stagione, mentre il Fusetto Naturale quelle maggiori. Nella

Il carico produttivo (~ 2,7Kg/pianta; ~13 frutti/pianta) e le produzioni non sono risultate differenti tra i trattamenti. Da sottolineare le basse produttività per ettaro (~10 t/ha) dovute all'annata difficoltosa in termini di condizioni meteo e scarsa allegazione.

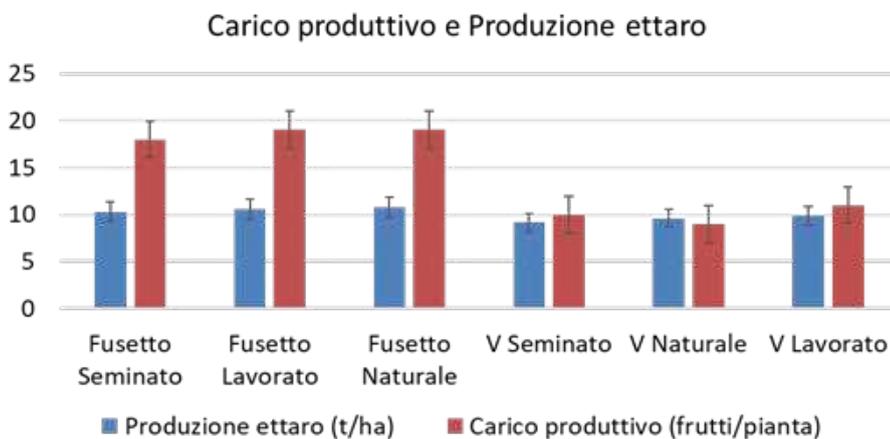
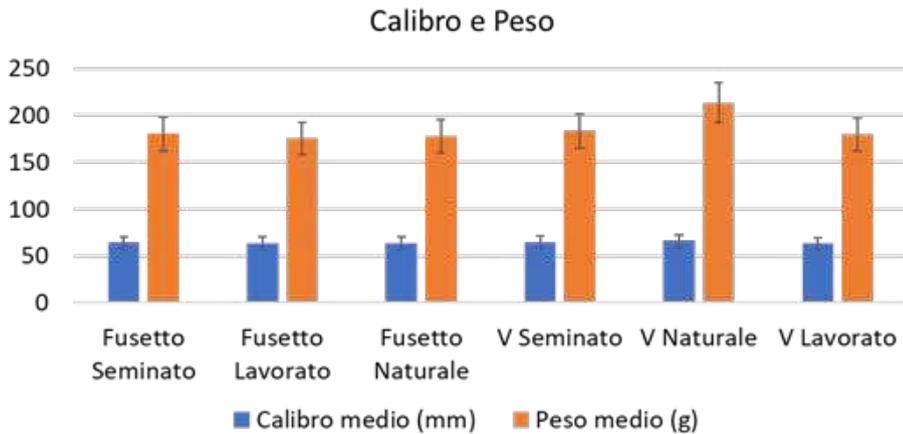


Figura 8. Produzione pianta e produttività. Le barre verticali indicano gli errori standard

Valutazione della qualità del prodotto

L'obiettivo di questa parte del progetto, inserito nell'azione 1 è valutare eventuali cambiamenti composizionali del frutto a seguito dell'utilizzo delle diverse tecniche di lavorazione del suolo. Questa analisi mira a comprendere se e in che modo queste pratiche influenzino la componente bromatologico-funzionale della pera, focalizzandosi sulla presenza di composti fenolici e antiossidanti.

La composizione chimica del frutto può essere influenzata non solo dalle sue caratteristiche genetiche intrinseche, ma anche dalle caratteristiche del suolo e dai disciplinari di produzione adottati. La determinazione della composizione chimica riveste un'importanza particolare per il valore nutrizionale, la conservabilità e il valore commerciale del prodotto. Su campioni raccolti, inizialmente è stata valutata la composizione bromatologica, sulla polpa di tutti i campioni raccolti è stato determinato il grado Brix, pH e acidità, contenuto in glucosio e fruttosio, percentuale di umidità e relativa sostanza secca, il contenuto in proteine e frazione minerale totale (ceneri), la fibra solubile e insolubile.

I dati di seguito riportati pongono a confronto le tre lavorazioni del terreno e i due diversi impianti, dove le sigle L, I, T indicano le tre diverse lavorazioni del suolo, rispettivamente L: lavorato permanente; I: inerbito naturale, T: inerbito controllato con foraggiere quali trifoglio. Le indicazioni 1 e 2 fanno riferimento invece ai due diversi impianti, 1: impianto con frutti a fusetto; 2: impianto con frutti a V.

La prima analisi, come detto, riguarda il peso dei diversi frutti, indicato come dato medio±deviazione standard del dato.

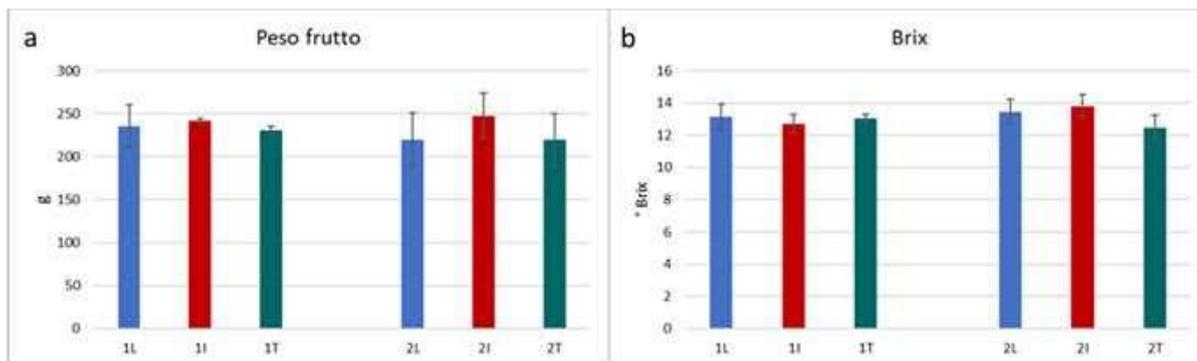


Figura 9. Peso medio dei frutti analizzati e relativa deviazione standard (a) e grado brix dei diversi frutti con relativa SD (b). 1: impianto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

Il peso del frutto è compreso tra 220 e 250 g circa, senza differenze statisticamente significative tra le diverse lavorazioni del suolo. Il frutto è stato poi sbucciato, per separare polpa e buccia e sulla polpa è stato determinato il grado Brix, il contenuto in glucosio e fruttosio tramite metodo enzimatico, il pH e la relativa acidità; tutti parametri fondamentali per valutare il grado di maturazione e l'aroma del frutto.

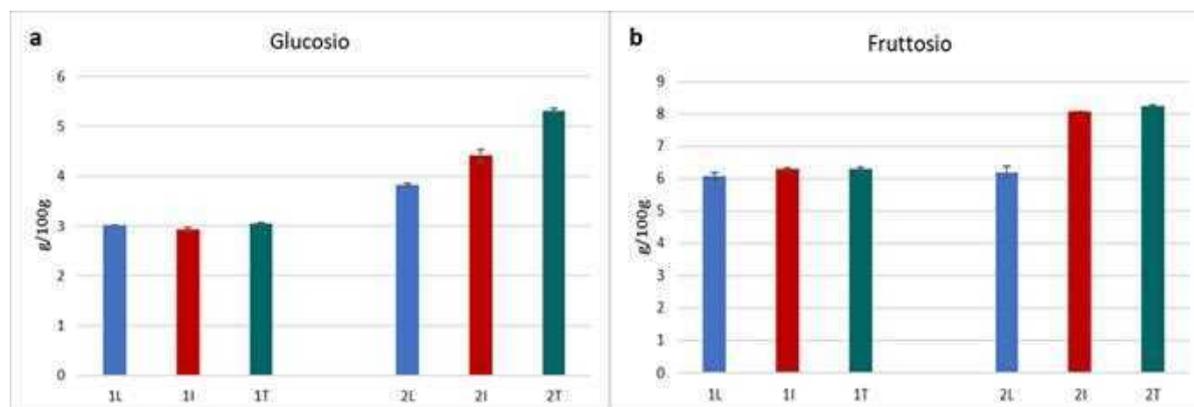


Figura 10. Contenuto medio di glucosio (a) e fruttosio (b) con relativa deviazione standard in frutti analizzati. 1: impianto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

Il °Brix (misura delle sostanze solide disciolte in un liquido, che nel caso della frutta tendenzialmente coincidono con la componente zuccherina) presenta un valore variabile tra 12 e 14 °Brix (Tabella 1b).

Le concentrazioni di glucosio e fruttosio (esprese in g/100g) evidenziano un più elevato contenuto di fruttosio a maturazione, in concentrazione quasi 2 volte il glucosio. E' da evidenziare inoltre che non si notano differenze significative tra i trattamenti all'interno dell'impianto 1, mentre per l'impianto 2 i frutti provenienti da lavorazioni con inerbito naturale e inerbito controllato (trifoglio) presentano una più alta concentrazione di zuccheri sia a confronto con il relativo lavorato permanente sia confrontandoli i frutti raccolti dall'impianto 1.

Tra i dati intrinseci essenziali per la qualità di un frutto è importante ricordare l'acidità oltre al contenuto zuccherino. Il frutto è sicuramente acido con un pH tra 4.7 e 4.9 (Figura 3a) e una acidità determinata tramite titolazione espressa come g/100g di acido malico equivalente (Figura 3b) variabile da 1.56% a 2% senza differenze importanti se non evidenziare un tendenziale valore leggermente inferiore per frutti raccolti da filare con trattamento inerbito naturale.

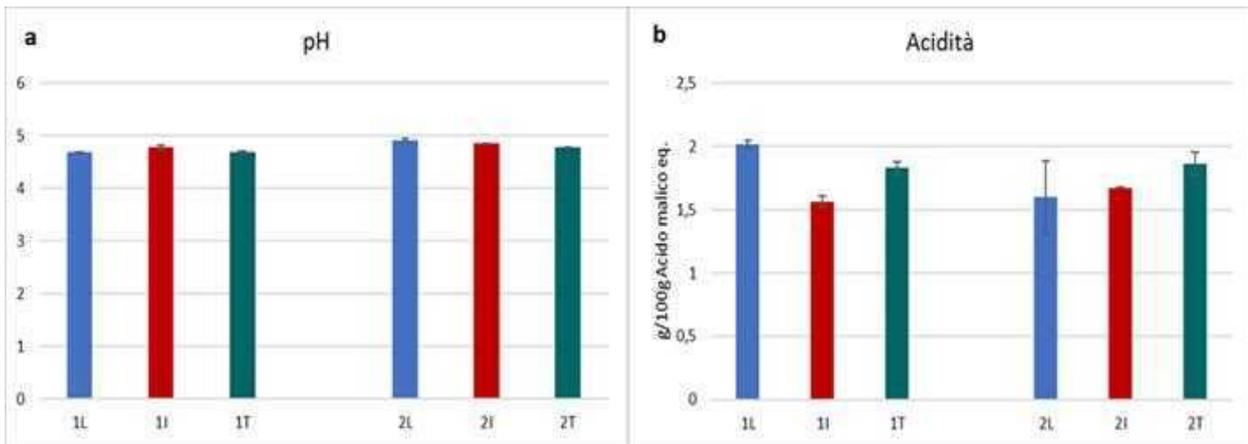


Figura 11. Determinazione del pH (a) e contenuto di acidità espressa (b) in % (g/100g di acido malico equivalente) nei campioni di pera raccolti e analizzati. 1: impianto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

Per la caratterizzazione bromatologica dei frutti si è proceduto con la determinazione dell'umidità e relativa sostanza secca, considerando la polpa del frutto.

I frutti tagliati a piccoli pezzi sono stati essiccati in stufa a 110°C fino a peso costante.

L'umidità percentuale è risultata essere compresa tra 82.6 e 85.2%, senza evidenziare differenze significative tra le tre diverse lavorazioni del terreno e i due impianti.

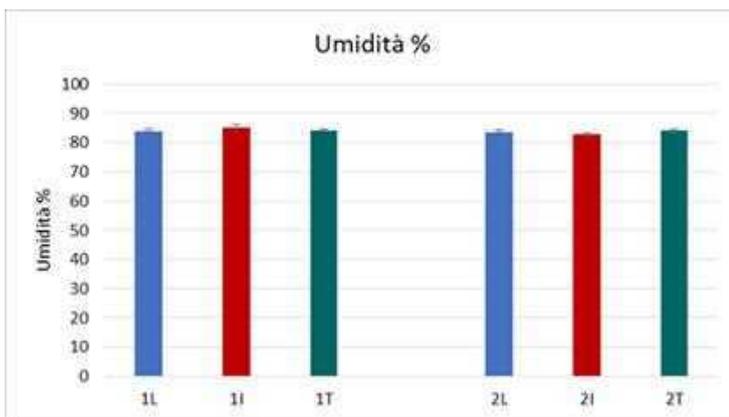


Figura 12. Umidità %±SD in campioni di pera. 1: impianto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

Sui campioni così essiccati sono state valutate il contenuto in ceneri (frazione minerale totale), proteine e fibra.

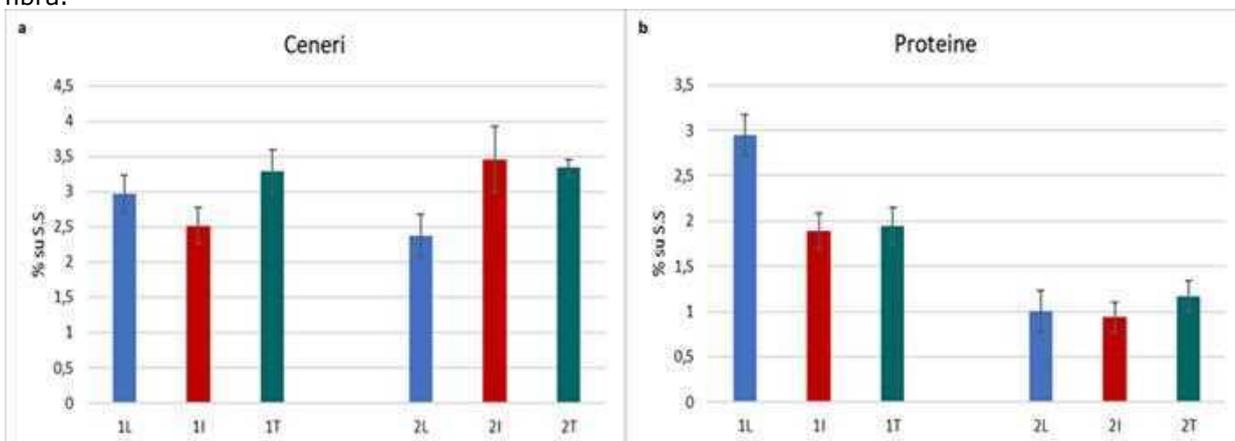


Figura 13. Frazione minerale totale (a) e contenuto in proteine (b) espressi come dato medio±SD. 1: imp1anto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

La determinazione della frazione minerale totale, ottenuta per completa ossidazione della componente organica in muffola a 570°C, è risultata variabile da 2.3 a 3.4%, dati espressi su sostanza secca (Figura 5a). I risultati non evidenziano un trend particolare, solo il prodotto raccolto nell'interfilare trattato con inerbitamento controllato (trifoglio) mostra un contenuto in ceneri confrontabile tra i due impianti.

La pera è molto apprezzata nelle diete ipocaloriche per l'elevato apporto in minerali, per il quasi nullo apporto lipidico e basso apporto proteico. La determinazione dell'azoto organico totale mediante metodo Kjeldahl ha evidenziato un basso contenuto proteico, con differenze tra i due sestini di impianto.

Per tutte le lavorazioni, infatti, (Figura 5b) i campioni provenienti dall'impianto 1 presentano un maggiore contenuto proteico, con una percentuale più elevata nel trattamento "lavorato permanente". Mentre per quanto concerne l'impianto 2 la percentuale di proteine non presenta differenze significative tra le tre lavorazioni, con una percentuale di proteine riferite alla sostanza secca variabile tra 0.7% e 1.28%.

Tabella 5. Fibra solubile, insolubile e relativa fibra totale in campioni di pera raccolti dai due diversi sestini di impianto con le tre diverse gestioni di impianto. 1: imp1anto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

Campioni	Fibra insolubile±SD	Fibra solubile±SD	Fibra totale±SD
1L	15,81±0,79	6,45±0,32	23,05±1,15
1I	12,34±0,62	6,66±0,33	19,63±0,98
1T	14,78±0,74	5,80±0,29	21,32±1,07
2L	13,50±0,67	5,03±0,25	19,20±0,96
2I	12,23±0,61	4,08±0,20	16,93±0,85
2T	12,15±0,61	7,53±0,38	20,28±1,01

I dati relativi al contenuto in fibra evidenziano un elevato contenuto in fibra insolubile a confronto con la solubile in tutti i campioni. Analizzando il contenuto in fibra totale si può mettere in risalto un contenuto tendenzialmente maggiore nei campioni provenienti dall'impianto 2, e valutando le tre diverse gestioni di impianto i campioni raccolti da lavorazione con inerbito naturale mostrano un contenuto in fibra tendenzialmente inferiore ai frutti raccolti dalle altre due lavorazioni di suolo.

Ad oggi la qualità nutrizionale del prodotto non viene solo valutata analizzando e quantificando i nutrienti classici ma valutando anche i composti funzionali. Il consumatore non guarda solo alla bontà di un prodotto ma anche alle sue caratteristiche salutistiche.

Gli antiossidanti rivestono un ruolo di grande importanza nella qualità degli alimenti, poiché contribuiscono a prevenire i fenomeni ossidativi che potrebbero compromettere la qualità durante la produzione o la conservazione. Gli antiossidanti sono sostanze chimiche presenti in quantità limitate che reagiscono con substrati ossidabili, principalmente limitando l'ossidazione causata dalle molecole ossidanti. Si possono definire antiossidanti le sostanze in grado di inibire, ritardare o controllare l'ossidazione di componenti alimentari, contribuendo così a prevenire il deterioramento e prolungare la durata e la conservazione degli alimenti.

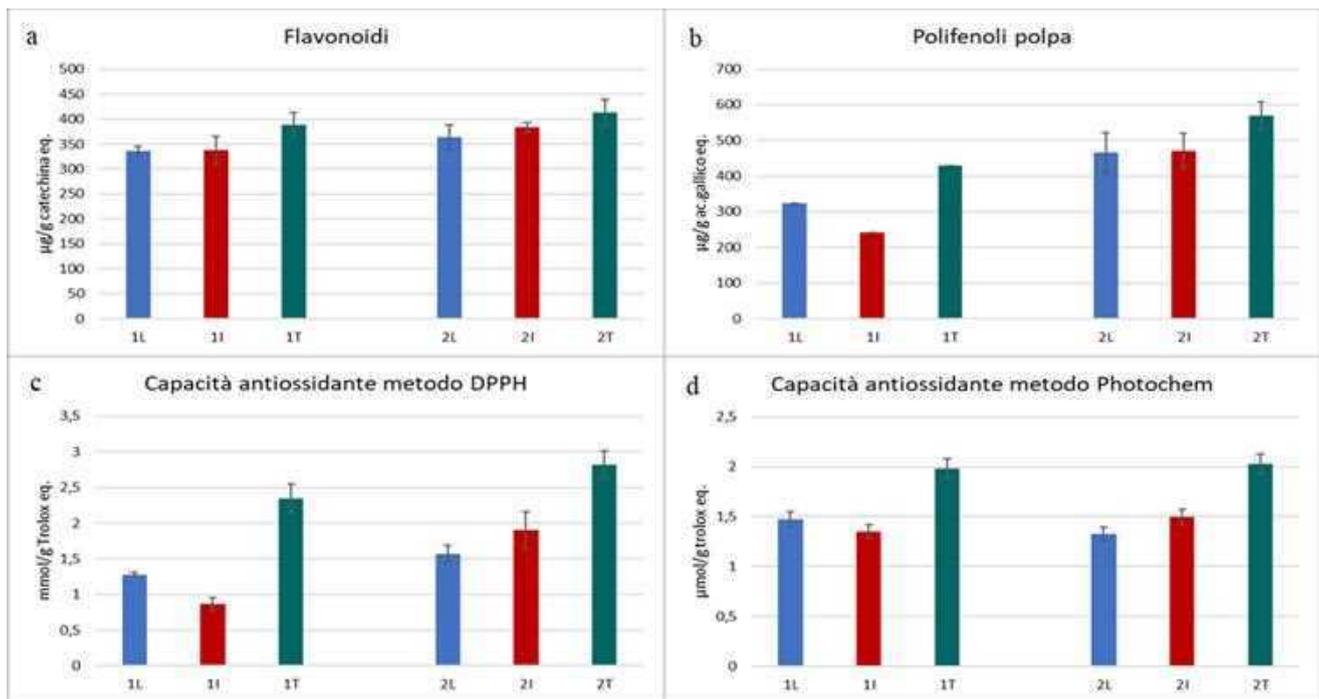


Figura 13. Determinazione della componente fenolica e relativa attività antiossidante. Contenuto in Flavonoidi (a), espressi come catechina equivalente, polifenoli totali (b) espressi come acido gallico equivalente, e capacità antiossidante totale determinata con saggio DPPH (c) e metodo della fotochemiluminescenza (d). 1: impianto a fusetto, 2: impianto a V; L: lavorato permanente, I: inerbito naturale, T: Inerbito controllato.

Valutando i risultati ottenuti si può evidenziare un contenuto in flavonoidi simile tra i due sestri di impianto con contenuto leggermente superiore nei frutti provenienti da lavorazione con inerbito controllato (T). I polifenoli seguono lo stesso trend dei flavonoidi, ma in questo caso l'impianto 1 a V presenta frutti con un contenuto di sostanze fenoliche superiore ai corrispondenti frutti dell'impianto 1 a fusetto.

La capacità antiossidante totale pur evidenziando quantitativi assoluti diversi tra i due metodi (dovuti come specificato nei materiali e metodi a due diversi radicali di reazione) mostra un trend comparabile, con i frutti raccolti da gestione con inerbito controllato (T) con maggiore capacità antiossidante totale comparabile al contenuto in polifenoli totali.

Azione 2 - Valutazione fitosanitaria del frutteto

L'immagine 1 rappresenta una mappa geostatistica della distribuzione di sintomi di maculatura bruna sui 2 appezzamenti di pero presi in esame nella sperimentazione. La mappa mette in evidenza la frequenza assoluta desunta dalla quantità di frutti colpiti da maculatura su singola pianta dei sintomi rilevati nelle diverse aree in base a tre trattamenti differenti applicati all'interfilare: inerbimento naturale, inerbimento artificiale e lavorato.

Descrizione della Procedura di Realizzazione dell'analisi geostatistica di rappresentazione della maculatura bruna

Il sito di studio include i due appezzamenti di pero già descritti precedentemente, e sottoposti a trattamento fitosanitario contro la maculatura bruna, con diverse pratiche di gestione del suolo tra le file (interfilari). Sono state identificate le seguenti parcelle (visibili nel riquadro verde della mappa): i) Inerbimento naturale: dove il suolo tra le file è lasciato crescere con vegetazione spontanea. ii) inerbimento artificiale: dove il suolo tra le file è stato seminato con leguminose selezionate. iii) Lavorato: dove il suolo tra le file è stato lavorato (probabilmente con aratura o altre tecniche meccaniche).

Raccolta dei Dati

Nella data del 24 agosto 2023 sono state condotte rilevazioni visive della presenza di sintomi della maculatura bruna su ciascuna pianta caratterizzandone presenza ed intensità in una scala variabile da 1 a

10 a seconda del numero di infezioni trovate su ogni singolo frutto per pianta. I rilievi sono avvenuti su un numero di 50 piante per appezzamento per un totale di 100 piante (V e fusetto). Come si può chiaramente desumere dalla figura 1 nel 2023 l'incidenza di maculatura è stata molto bassa. Questo nonostante le intense piogge che anno caratterizzato l'inizio di stagione. Geolocalizzazione: I punti neri sulla mappa potrebbero rappresentare le piante o punti specifici all'interno degli appezzamenti, dove sono stati rilevati i sintomi della maculatura.

Analisi Geostatistica

È stata condotta una interpolazione geostatistica per rappresentare la distribuzione spaziale della malattia. In questo specifico caso è stato utilizzato un metodo di interpolazione Kriging per stimare i valori di malattia (frequenza di distribuzione e assoluta dei sintomi) nelle zone non campionate sulla base dei punti osservati. La scala di frequenza assoluta dei sintomi è rappresentata con una gradazione di colori dal verde (assenza di sintomi) al rosso (massima frequenza di sintomi). Le aree rosse indicano concentrazioni più alte di piante infette o sintomi visibili (hot-spot)

Creazione della Mappa

La mappa è stata realizzata utilizzando software GIS (QGIS), che permette di sovrapporre l'analisi dei dati (frequenza sintomi) su immagini satellitari. È stata utilizzata una immagine satellitare con una scala in metri e una rosa dei venti per orientare il lettore. Sono stati disegnati i contorni delle parcelle sperimentali, che corrispondono alle aree verdi con i rispettivi trattamenti (inerbimento naturale, artificiale e lavorato). Infine, è stata inclusa una leggenda con la scala dei colori per la frequenza dei sintomi e i trattamenti dell'interfilare applicati nelle diverse parcelle.

Interpretazione della Mappa

Le aree con una maggiore concentrazione di rosso indicano un'alta frequenza di sintomi della maculatura bruna in quanto l'ipotesi era che i trattamenti del suolo tra le file (inerbimento naturale, artificiale e lavorato) avrebbero potuto influenzare la distribuzione della malattia. Nelle zone con inerbimento naturale e lavorato si notano alcuni focolai evidenziati da macchie rosse, indicando che in quelle aree era presente, anche se in quantità minime, la maculatura bruna. Le zone con inerbimento artificiale sembrano avere una distribuzione più uniforme con meno aree di alta concentrazione, anche se sono presenti piccoli focolai.

In generale nell'annata 2023 la presenza di sintomi di maculatura è stata molto bassa e non è stato possibile verificare con chiarezza se la conduzione dell'interfilare abbia realmente influenzato l'incidenza della malattia. Sarà necessario ripete in condizioni differenti tale promettente sperimentazione



Figura 1. Mappa di prescrizione della distribuzione della maculatura bruna all'interno dei differenti trattamenti di conduzione del suolo dell'interfilare

Azione 3 - Valutazione chimico analitica del suolo

Materiali e metodi

L'azione 3 aveva come obiettivo la valutazione chimico analitica del terreno attraverso la misurazione dell'azoto totale Kjendahl, azoto nitrico, livello degli agrofarmaci ed emissione di CO₂. Sono stati quindi effettuati campionamenti e misurazioni sulle caratteristiche del suolo soggetto ai differenti trattamenti sperimentali in entrambe le forme di allevamento, come descritto nell'azione 1.

Il campionamento del suolo per le analisi chimico fisiche del terreno è stato effettuato ad inizio (14 febbraio 2023) e fine progetto (8 maggio 2024) su tutte le tesi e forme di allevamento messe a confronto ad una profondità di 0-30 cm. Le analisi di carbonio, azoto Kjendahl e azoto nitrico sono state effettuate presso i laboratori del CRPA, mentre le analisi dei fitofarmaci sono state eseguite dal DISTAL, le misurazioni di emissione di CO₂ sono state fatte da UniFerrara. Le misure per la caratterizzazione del suolo sono state effettuate in aree rappresentative dell'interfila.

Le misurazioni di CO₂ sono state fatte attraverso il posizionamento di un collare in PVC in un'area al centro dell'interfila per non interferire con il passaggio delle macchine nel pereto. Il collare aveva un diametro di 11 cm e altezza 6 cm ed è stato interrato fino alla profondità di 4 cm e lasciato sporgere dalla superficie per altri 2 cm. Il collare è stato rimosso solo durante le operazioni di sfalcio o lavorazione del suolo. Le misurazioni relative alle emissioni di CO₂ sono state effettuate "in situ" utilizzando il "PP System Soil Respiration System", il quale è costituito da una cuvetta (SRC-1 Soil Respiration Chamber) e da un corpo centrale (EGM Environmental Gas Monitor). Tale strumentazione effettua una misura dinamica del flusso continuo di anidride carbonica, questa misura viene determinata dal tasso di crescita della concentrazione del gas in una camera isolata. Le misurazioni di emissioni di CO₂ tramite la procedura descritta sono state rilevate con una cadenza regolare compatibilmente con gli eventi atmosferici e le operazioni meccaniche di distribuzione dei prodotti fitosanitari come da protocollo sperimentale. In caso di pioggia, le misurazioni di emissione di anidride carbonica sono state effettuate almeno 48 ore dopo l'evento piovoso al fine di evitare che la saturazione della porosità del terreno influenzi la corretta efficacia della misurazione. Tutte le misurazioni delle emissioni di CO₂ del suolo sono state effettuate alla stessa ora del giorno al fine di ridurre le variazioni diurne.

L'analisi statistica dei dati del carbonio organico (SOM%), azoto Kjendahl (mg kg⁻¹) e nitrico (mg kg⁻¹) è stata fatta utilizzando il software R e R-studio e per la separazione delle medie è stato utilizzato il test di

Duncan. Lo schema sperimentale adottato è stato uno split-plot dove il fattore principale era la forma di allevamento e il fattore secondario la tipologia di gestione dell'interfila. Il primo campionamento (T0) è stato considerato come un trattamento all'interno delle due forme di allevamento.

L'indice di respirazione del suolo (SRI) è stato stimato come lo stock di C del suolo/tasso di emissione di CO₂ del suolo. Nello specifico le emissioni di CO₂ sono state assunte come mineralizzazione netta del carbonio, poiché è stata inclusa la componente autotrofa. La stima è stata calcolata tramite l'interpolazione lineare di due valori consecutivi di emissioni di CO₂ e la loro integrazione numerica nel tempo (regola del trapezio) come riportato da Mancinelli et al. (2010).

Contemporaneamente alla misurazione delle emissioni di anidride carbonica e in corrispondenza degli stessi punti sperimentali è stata effettuata la misurazione dell'umidità del suolo e della temperatura del suolo. Lo strumento impiegato per questa tipologia di misurazioni è il TDR 350.

In aggiunta alle misure del suolo previste nell'azione 3 del progetto IFASA, sono state effettuate anche misurazioni complementari e aggiuntive riferite al grado di compattamento del suolo in modo da fornire una visione completa relativa all'impatto della gestione dell'interfilare sulle caratteristiche del suolo. Le misure di compattazione sono state effettuate per entrambe le stagioni produttive (2023 e 2024) oggetto di sperimentazione all'inizio della ripresa vegetativa (aprile) e alla raccolta dei frutti (settembre). Per le misure è stato impiegato lo strumento Soil Compaction meter Field Scout 900. Le letture della profondità del terreno sono determinate da un sensore di profondità sonico. I valori dell'indice del cono sono misurati da un sensore a cella di carico e possono essere visualizzati in PSI o kPa.

Risultati

Il contenuto di sostanza organica è risultato in media di 2,65% senza differenze significative né fra le due forme di allevamento (A) né fra le tesi (T) messe a confronto (tabella 1). Dalla figura 1 emerge comunque una tendenza della tesi inerbita con trifoglio rispetto alle altre, soprattutto al T0. Il maggior contenuto di sostanza organica della tesi con inerbimento controllato è probabilmente dovuto al maggiore apporto di biomassa registrato nell'azione 1 sia nel primo che nel secondo anno di prova.

Tabella 1: analisi statistica delle

	SOM (%)	N tot (mg kg⁻¹)	N nitrico (mg kg⁻¹)
allevamento (A)	NS	NS	NS
trattamento (T)	0,062	***	**
A x T	NS	NS	NS
CV_A (%)	19,60	11,30	16,8
CV_B (%)	16,60	8,80	28,2
media	2,65	2.219,88	11,55
LSD (B)	0,56	234,55	6,36

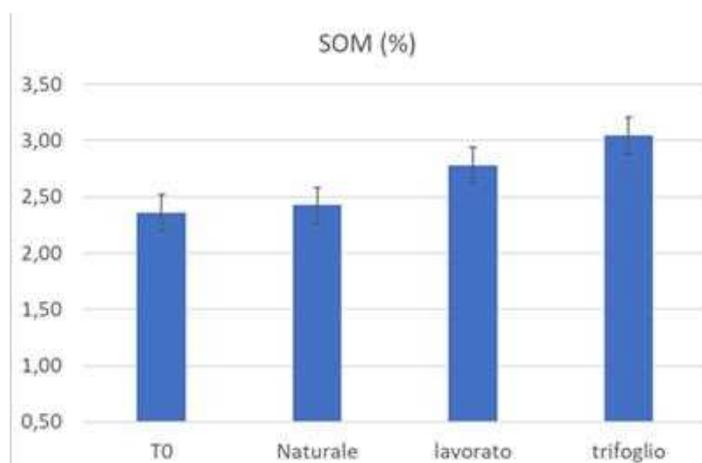


Figura 1: Contenuto di sostanza organica (SOM – Soil Organic Matter) nelle quattro tesi messe a confronto (T0: campionamento a febbraio 2023; Naturale: inerbimento naturale; lavorato: interfila lavorato meccanicamente; trifoglio: inerbimento con mix di trifoglio sotterraneo). Le linee verticali indicano l'errore standard.

Il contenuto di azoto totale, ottenuto con la metodologia Khjndal, è risultato in media di 2.220 mg kg⁻¹ e non ha mostrato differenze significative fra le forme di allevamento mentre è risultato significativo fra le tesi (figura 2). In particolare, la tesi con trifoglio (2.363 mg kg⁻¹) ha presentato un contenuto superiore rispetto alle altre tesi (in media 2.039 mg kg⁻¹).

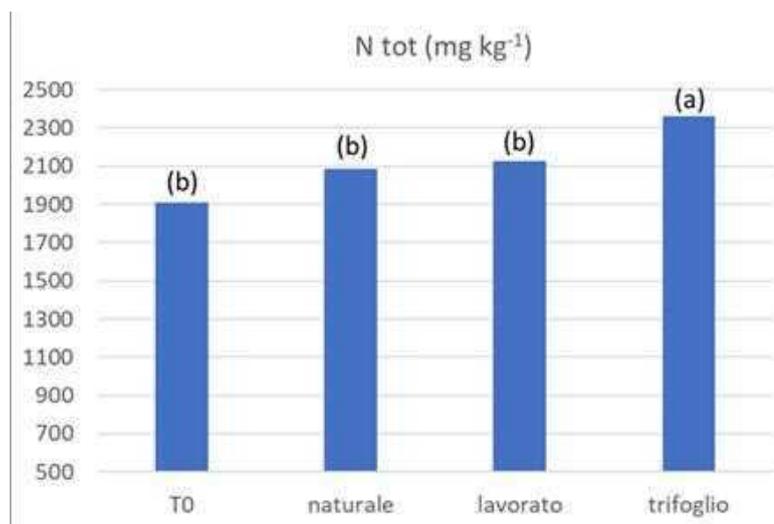


Figura 2: Contenuto di azoto totale (mg kg⁻¹) nelle quattro tesi messe a confronto (T0: campionamento a febbraio 2023; Naturale: inerbimento naturale; lavorato: interfila lavorato meccanicamente; trifoglio: inerbimento con mix di trifoglio sotterraneo). Le lettere rappresentano la differenza minima significativa pari a 234,5 mg kg⁻¹.

Il contenuto di nitrati è stato in media di 11,55 mg kg⁻¹ senza differenze significative fra le forme di allevamento mentre si sono differenziate le tesi. In particolare, la tesi inerbita con mix di trifoglio (14,70 mg kg⁻¹) ha mostrato il valore più alto seguito dal T0 (14,47 mg kg⁻¹), mentre il valore più basso è stato registrato nella tesi con terreno lavorato (7,81 mg kg⁻¹). Il maggior contenuto della tesi con inerbimento controllato è probabilmente dovuto all'attività di azotofissazione della leguminosa che di fatto mette a disposizione buone quantità di azoto disponibile per le piante arboree.

Tabella 2. Quantitativi delle molecole ritrovate nel terreno nei tre trattamenti: naturale, seminato con leguminose e terreno lavorato, inclusi i trattamenti con riduzione del 50% dei prodotti fitosanitari.

Molecola	Naturale (mg/kg)	Naturale (50% Riduzione) (mg/kg)	Seminato con Leguminose (mg/kg)	Seminato con Leguminose (50% Riduzione) (mg/kg)	Terreno Lavorato (mg/kg)	Terreno Lavorato (50% Riduzione) (mg/kg)
Tebuconazolo	0.25	0.12	0.23	0.11	0.24	0.12
Difenoconazolo	0.18	0.09	0.17	0.08	0.19	0.09
Fluazinam	0.30	0.15	0.32	0.16	0.31	0.15

Fludioxonil	0.20	0.10	0.21	0.09	0.22	0.10
Captano	0.40	0.20	0.38	0.19	0.42	0.21
Fosetil	0.35	0.18	0.36	0.17	0.34	0.17
Alluminio-Rame Solfato	0.45	0.22	0.44	0.23	0.46	0.23
Fluxapiroxad	0.28	0.14	0.27	0.13	0.29	0.14
Dodina	0.22	0.11	0.23	0.10	0.21	0.10
Ziram	0.50	0.25	0.48	0.24	0.51	0.25
Mefentrifluconazolo	0.12	0.06	0.13	0.06	0.12	0.06
Metiram	0.60	0.30	0.58	0.29	0.61	0.30

La tabella 2 riporta i risultati delle molecole utilizzate nei trattamenti fitosanitari per il controllo della maculatura bruna del pero. La sperimentazione ha confrontato tre differenti tipologie di gestione del terreno: naturale, seminato con leguminose e terreno lavorato, in combinazione con un trattamento di riduzione del 50% del prodotto fitosanitario. Le molecole ritrovate nel terreno mostrano una presenza simile tra i diversi trattamenti, indipendentemente dal tipo di gestione (naturale, seminato con leguminose, terreno lavorato). Le differenze nei quantitativi tra i vari trattamenti sono minime, evidenziando che la gestione del terreno non ha influenzato significativamente la degradazione o la persistenza delle molecole. Come atteso, nei trattamenti con riduzione del 50% del prodotto fitosanitario, si osserva una riduzione proporzionale dei quantitativi delle molecole ritrovate. Per esempio, il Tebuconazolo mostra una riduzione da 0.25 mg/kg (nel trattamento naturale) a 0.12 mg/kg (con riduzione del 50%). Tuttavia, questa riduzione non sembra compromettere la presenza delle molecole nel terreno. Alcune molecole come Captano, Ziram, e Metiram mostrano una maggiore persistenza e concentrazione nel terreno rispetto ad altre molecole, come Mefentrifluconazolo o Dodina, che sono presenti a livelli inferiori. Questo potrebbe riflettere una diversa stabilità chimica o una maggiore quantità iniziale applicata durante i trattamenti. La sperimentazione dimostra che la riduzione del 50% dei prodotti fitosanitari non altera significativamente la presenza delle molecole nel terreno, ma riduce i quantitativi ritrovati in maniera coerente. Inoltre, non vi sono differenze significative tra i diversi metodi di gestione del terreno (naturale, seminato con leguminose, terreno lavorato) in termini di quantitativi di molecole ritrovate.

I risultati relativi alle misurazioni delle emissioni di CO₂ per le stagioni produttive 2023 e 2024 sono riportati in Figura 3. Per l'anno 2023, le emissioni di CO₂ sono state simili per tutti i trattamenti sperimentali oggetto di sperimentazione. Tuttavia, è da rilevare che la gestione lavorata ha mostrato un picco di emissioni in prossimità dell'esecuzione delle prime lavorazioni del suolo, mentre i trattamenti inerbiti, con particolare riferimento a quello controllato, hanno fatto registrare valori di emissioni di CO₂ più elevati per il periodo successivo al mese di maggio fino alla raccolta (Fig. 3). Nell'anno 2024, i dati relativi alle emissioni di CO₂ sono stati simili su tutti i trattamenti sperimentali (Fig. 3).

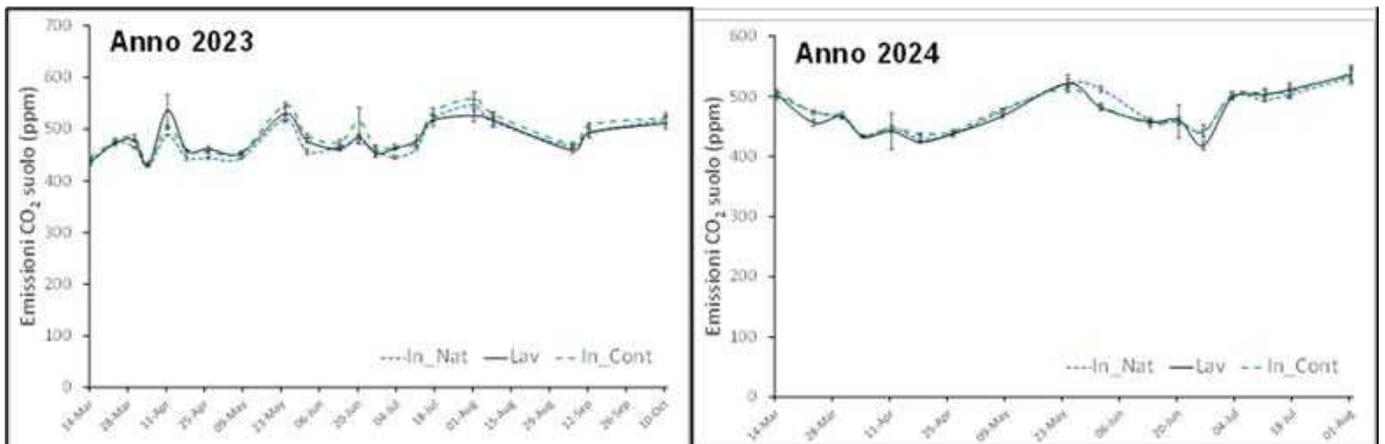


Figura 3: Andamento delle emissioni di anidride carbonica (CO₂) in base alla differente gestione dell'interfila durante gli anni 2023 e 2024. In_Nat = Inerbimento Naturale; Lav = Interfila lavorato; In_Cont = inerbimento controllato. Le linee verticali indicano l'errore standard.

I risultati sono in linea con quelli osservati precedentemente in altre ricerche e che riscontrano un picco di emissioni di gas serra, in particolare CO₂, in corrispondenza dell'esecuzione delle lavorazioni del suolo. La ragione principale per l'aumento delle emissioni di CO₂ dopo la lavorazione del terreno è dovuta alla fuoriuscita di CO₂ dai pori del terreno causata da operazioni meccaniche. Inoltre, le emissioni più elevate potrebbero anche essere dovute a operazioni di lavorazione che: (1) hanno causato la rottura degli aggregati del terreno ed esposto la materia organica del terreno all'attacco microbico; (2) hanno incoraggiato l'incorporazione dei residui delle colture come materia organica del terreno attraverso la mineralizzazione; e (3) hanno migliorato i processi di aerazione e ossidazione del terreno. Il flusso di emissioni di CO₂ segue un andamento simile nelle gestioni del suolo oggetto di sperimentazione e tende ad aumentare gradualmente quando si osservano temperature calde. Tuttavia, la produzione di biomassa nel suolo coperto, nelle fasi più avanzate di sviluppo dell'inerbimento, ha portato a una biomassa radicale elevata e più densa, aumentando così l'attività microbica vicino alla superficie del suolo. Di conseguenza, la rizosfera e la respirazione delle radici hanno probabilmente contribuito in modo significativo agli elevati valori di emissione di CO₂ nel suolo osservati in entrambe le tipologie di inerbimento. Pertanto, le elevate emissioni di CO₂ nel suolo osservate nelle parcelle inerbite erano probabilmente dovute a un'intensa attività microbica che ha iniziato a decomporre la materia organica dal suolo e dai residui vegetali. Infatti, in entrambi gli anni di sperimentazione, il trattamento con inerbimento controllato ha fatto rilevare il più alto valore di emissioni di CO₂ stimato in 12,46 e 12,21 t ha⁻¹ di CO₂ nel 2023 e 2024, rispettivamente, e corrispondente a 3,40 e 4,42 t ha⁻¹ di carbonio emesso dal suolo). Di conseguenza, i nutrienti minerali, in particolare l'azoto, sono diventati più disponibili nel suolo rispetto al terreno lavorato. Questi risultati confermano che la gestione dell'interfilare con inerbimento, in particolare quello controllato, potrebbe essere adottata come strategia adatta per migliorare la dinamica del carbonio e, quindi, potrebbe contribuire alla mitigazione del cambiamento climatico se inserita in una strategia di gestione agronomica integrata. Infatti, i dati relativi all'indice di respirazione del suolo (SRI) indicano che i valori maggiori sono osservati nell'inerbimento controllato (36,12), mentre non sono riscontrate differenze nell'inerbimento naturale e nel terreno lavorato (in media 21,82), indicando una maggiore capacità dell'inerbimento controllato ad incrementare lo stock di carbonio a parità di emissioni di CO₂. I dati relativi alla temperatura del suolo mostrano un andamento simile in tutti i trattamenti a tutte le profondità oggetto di misurazione (Fig. 4).

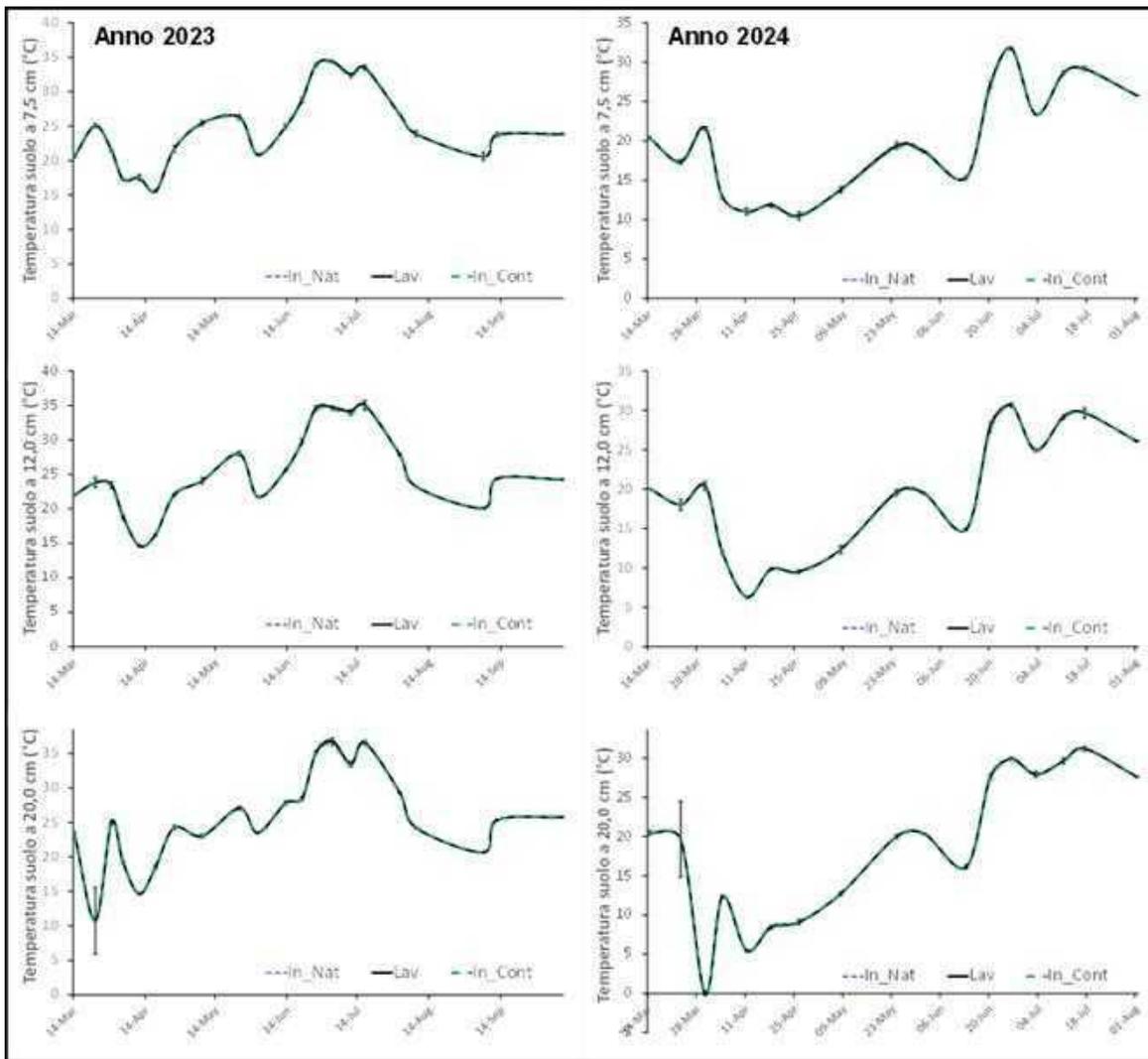
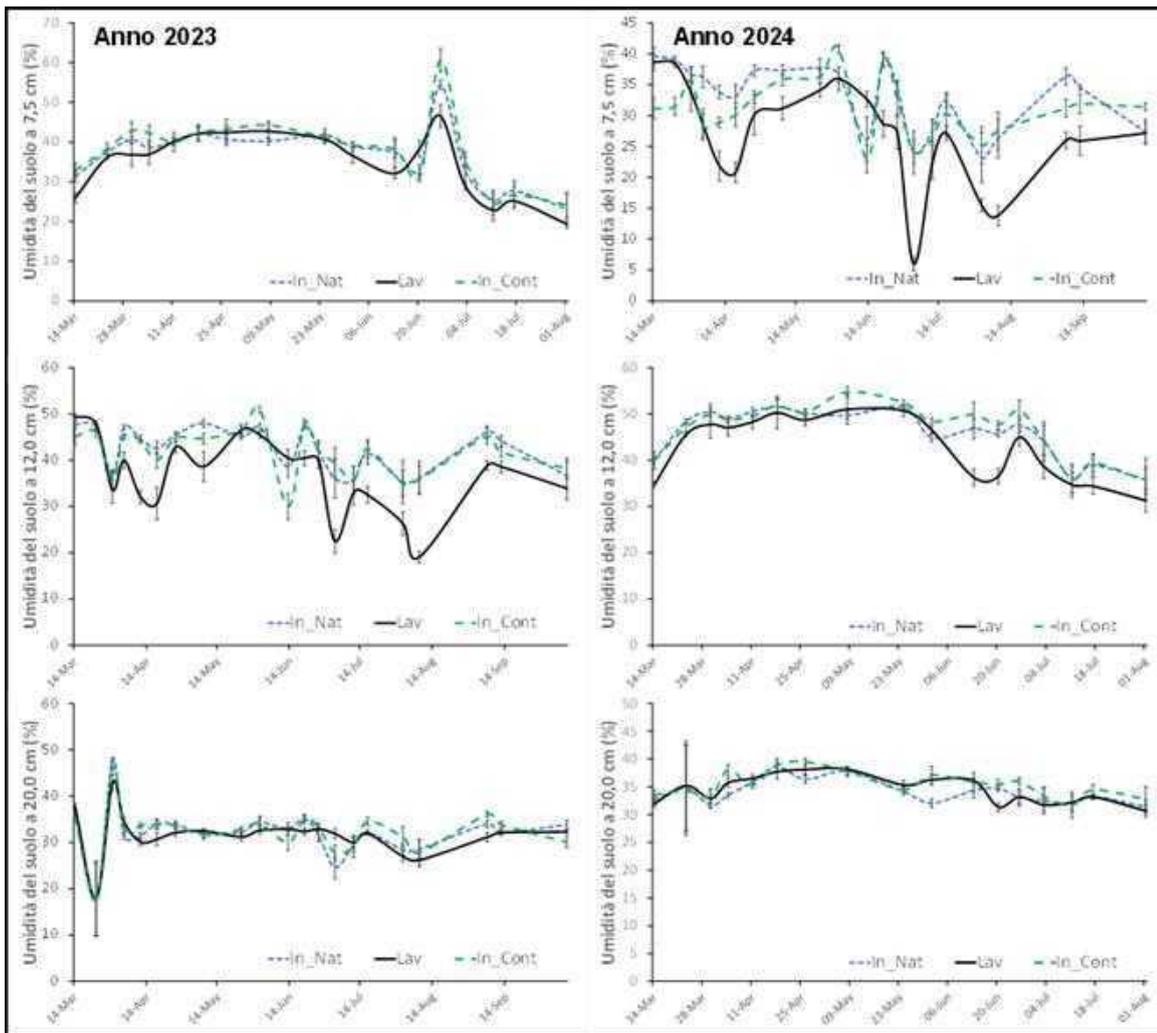


Figura 4. Andamento della temperatura del suolo a 7,5, 11,0 e 20,0 cm di profondità in base alla differente gestione dell'interfilare durante gli anni 2023 e 2024. In_Nat = Inerbimento naturale; Lav = Interfila lavorato e In_Cont = Inerbimento controllato. Le linee verticali indicano l'errore standard.

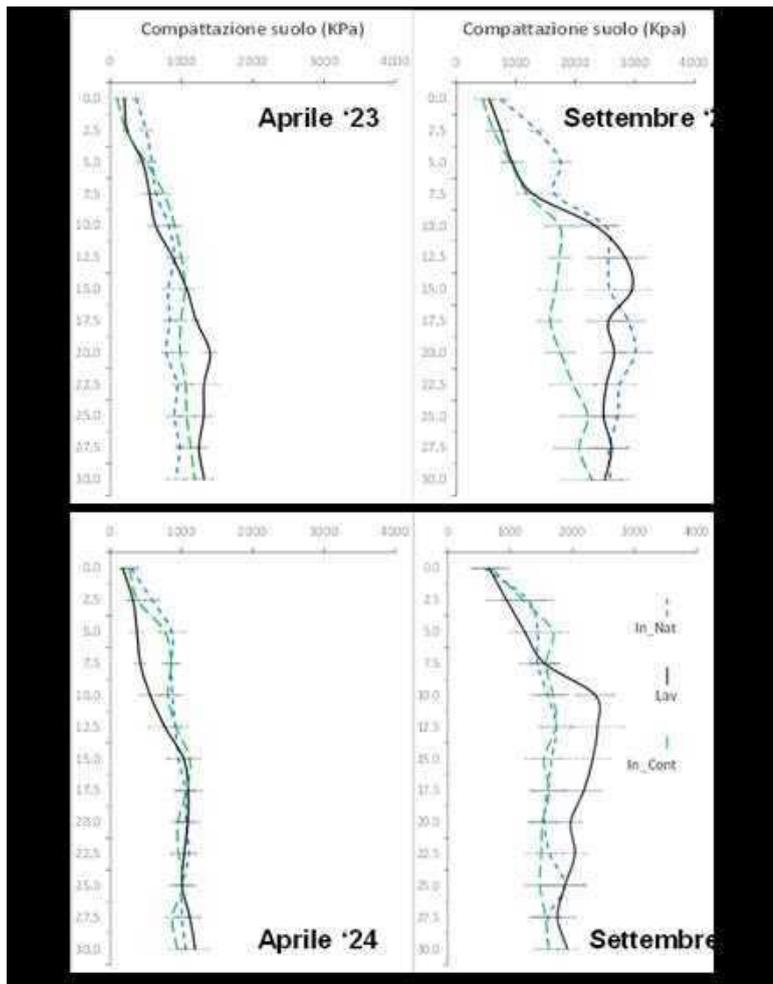
Il contenuto di umidità del suolo misurata durante le stagioni 2023 e 2024 nei profili 7,5, 11,0 e 20,0 cm è riportato in Figura 5. I dati mostrano come durante il primo anno di sperimentazione (2023), il contenuto di umidità nel suolo a 7,5 cm di profondità è relativamente simile tra i trattamenti oggetto di valutazione, mentre nell'anno successivo (2024) i dati fanno riscontrare valori più elevati sui trattamenti inerbiti. Tale differenza, in particolare nell'inerbimento controllato, è probabilmente da imputare alla produzione di biomassa, che nel primo anno è relativamente ridotta, come conseguenza di una semina tardiva della specie impiegata per l'inerbimento. Nel secondo anno, la maggior produzione di biomassa della specie leguminosa ha creato uno strato di pacciamatura vegetale nell'interfilare riducendo il fenomeno dell'evaporazione e consentendo una maggiore capacità di trattenere l'acqua negli strati di terreno interessati allo sviluppo radicale della coltura del pero. Tale differenza tende a mantenersi anche per lo strato 11,0 cm con maggiore disponibilità su entrambi gli inerbimenti rispetto alla gestione lavorato nell'interfilare (in media 42.00 vs. 36.72 % nel 2023 e 46.53 vs. 39.95 % nel 2024, rispettivamente). Seppur on qualche scostamento, l'umidità osservata a 20,0 cm di profondità è risultata essere simile in tutte le gestioni dell'interfilare oggetto di sperimentazione (Fig. 5).

Figura 5. Andamento dell'umidità del suolo a 7,5, 11,0 e 20,0 cm di profondità in base alla differente gestione dell'interfilare durante gli anni 2023 e 2024. In_Nat = Inerbimento naturale; Lav = Interfila lavorato e In_Cont = Inerbimento controllato. Le linee verticali indicano l'errore standard.



In aggiunta alle misure di emissioni di CO₂ e di quelle relative all'umidità e temperatura del suolo a 3 differenti profili di terreno, durante la sperimentazione svolta per il progetto IFASA sono state svolte anche misure relative al compattamento del suolo. Le misure sono state condotte in modo da poter valutare l'effetto legato alla gestione dell'interfilare sul grado di compattamento. Le misure sono state svolte in entrambi gli anni oggetto di sperimentazione all'inizio del ciclo vegetativo e alla raccolta dei frutti, posizionando la strumentazione al centro dell'interfilare in prossimità delle aree di saggio dedicate alle altre misure di caratterizzazione del suolo. In Figura 6 sono riportati i risultati relativi al compattamento del suolo. In entrambi gli anni (2023 e 2024) la compattazione del suolo nel profilo 0-30 cm risulta essere simile in tutti i trattamenti di gestione dell'interfilare. Contrariamente, al momento della raccolta dei frutti, il grado di compattamento del suolo è risultato essere variabile in base ai trattamenti sperimentali adottati. In particolar modo, l'impiego di un inerbimento controllato tramite il ricorso a specie leguminose sembra aver ridotto sensibilmente il grado di compattamento del suolo per l'intero profilo misurato. Contrariamente è da rilevare come, in entrambi gli anni di prova, nelle aree assoggettate a lavorazione si osserva un incremento del compattamento del suolo a circa 12,5 cm di profondità. Questo incremento può essere legato alle ripetute lavorazioni del suolo eseguite durante il ciclo colturale che hanno contribuito alla formazione di una suola di lavorazione. Le differenze invece osservate tra il 2023 e 2024 nell'inerbimento naturale sono presumibilmente legate alla composizione floristica che risulta essere a sua volta influenzata dall'andamento climatico stagionale e pertanto influenzare sullo sviluppo radicale delle specie autoctone sviluppate (Fig. 6).

Figura 6. Compattamento del suolo nel profilo 0 - 30 cm in base alla differente gestione dell'interfilare durante gli anni 2023 e 2024. In_Nat = Inerbimento naturale; Lav = Interfila lavorato e In_Cont = Inerbimento controllato. Le linee orizzontali indicano l'errore standard.



Azione 4 - Valutazione dell'impatto ambientale ed economico delle due tecniche agronomiche

Uno studio di impronta carbonica è stato sviluppato al fine di valutare la sostenibilità ambientale del pereto, mettendo a confronto le seguenti tesi:

- Tesi 1: controllo
- Tesi 2: inerbimento spontaneo,
- Tesi 3: inerbimento con trifoglio.

Lo studio si è focalizzato esclusivamente sulle differenti tipologie di gestione dell'interfila, tralasciando invece le operazioni relative all'impianto e alla raccolta, che non sono state incluse nel calcolo complessivo.

Metodologia

L'impronta carbonica rappresenta la stima delle emissioni di tutti i potenziali gas serra (GHG), principalmente CO₂, N₂O, CH₄, emessi da un prodotto o da un sistema di prodotto durante tutto il suo ciclo di vita. Essa è stata calcolata applicando la metodologia LCA - *Life Cycle Assessment* in accordo con le norme ISO 14040-44:2006 e ISO14067:2018, con il supporto del software OpenLCA integrato con le banche dati *Ecoinvent* e *Agribalyse*. L'impronta carbonica è stata elaborata utilizzando i fattori di caratterizzazione *IPCC 2013 V Assessment Report AR5* (<http://www.ipcc.ch/report/ar5/>), secondo i quali il metano ha un potenziale di riscaldamento globale o *Global Warming Potential (GWP)* pari a 27,75 volte quello della CO₂ e il protossido di azoto pari a 265 volte quello della CO₂. Il gas serra di riferimento l'anidride carbonica CO₂.

Tabella 1 Valori di Global Warming Potential GWP secondo IPCC 2013 V Assessment Report AR5

Gas serra	GWP a 100 anni (IPCC 2013)	Gas serra di riferimento
CO ₂	1	CO ₂
CH ₄	27,75	CO ₂
N ₂ O	265	CO ₂

Il risultato dell'analisi di impronta carbonica è stato espresso in termini di kg CO₂ equivalente per unità di prodotto, considerando tutti i carichi ambientali connessi alla coltivazione del pereto (consumo di combustibili, emissioni di protossido di azoto dovute alle fertilizzazioni azotate, variazioni della sostanza organica del suolo, etc.) nelle tre tesi. La figura sottostante riporta tutti gli input considerati nello studio secondo l'approccio *from cradle to farm gate* (Figura 1).

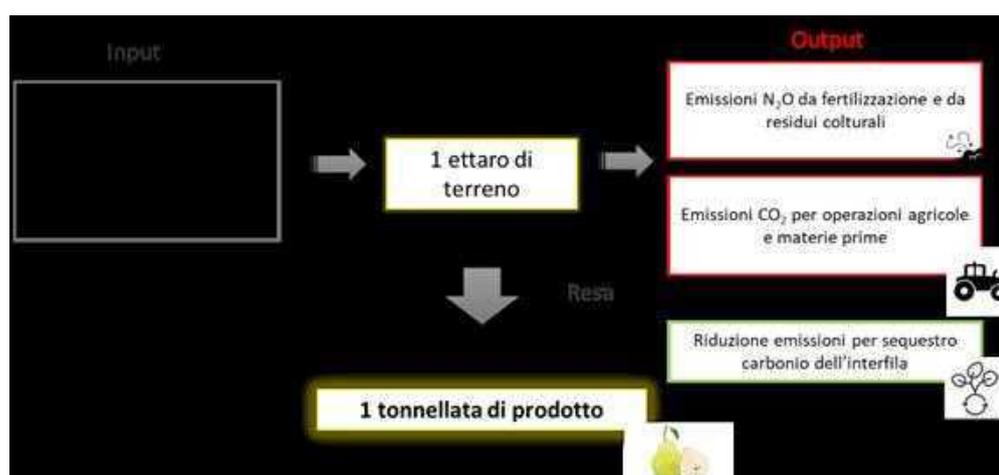


Figura 1. Schema del diagramma di flusso del processo analizzato

I dati raccolti per condurre l'analisi hanno riguardato nello specifico i seguenti input:

- Resa produttiva, pari a 6,5 t tq/ha in tutte e tre le tesi;
- Concimazione, effettuata in tutte le tre tesi con una somministrazione uguale di nutrienti pari a 32 kg/ha di azoto (N), 5 kg/ha di fosforo (P₂O₅) e 6 kg/ha di potassio (K₂O);
- Operazioni agricole¹.
- Numero e tipologia di trattamenti fitosanitari, 20 trattamenti per la tesi 1 e 2 e 15 per la tesi 3.
- Irrigazione, effettuata con un sistema a goccia con un consumo medio di acqua pari a 4.500 m³/ha.
- Materie prime (semi, concimi di sintesi e altri trattamenti).

Le fonti di impatto emerse dal diagramma di flusso e dai dati raccolti nel rilievo aziendale sono state quantificate nel calcolo di impronta carbonica applicando la metodologia sintetizzata nella tabella sottostante (Tabella 2).

Tabella 2. Descrizione delle fonti di impatto considerate nel calcolo dell'impronta del carbonio del pereto

¹ Le tre tesi si differenziano nelle operazioni agricole per la lavorazione dell'interfila che compare solo nella tesi 1, l'operazione di trinciatura dell'erba effettuata esclusivamente nelle tesi 2 e 3 (nella tesi 2 con un numero di quattro interventi rispetto ad un solo intervento effettuato nella tesi 3), la semina del trifoglio effettuata solo per la tesi 3, cicli di trattamenti fitosanitari (20 per la tesi 1 e 2 e 15 per la tesi 3)

N ₂ O residui colturali	Le emissioni dirette di N ₂ O dovute ai residui colturali sono state calcolate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i> , utilizzando l'equazione 11.6 per stimare l'apporto di N dovuto ai residui e il fattore EF1 (Table 11.1) che riporta una perdita dell'1% dell'azoto apportato dai residui colturali.
N ₂ O Fertilizzazione	<p>Le emissioni dirette di N₂O dalle fertilizzazioni sono state stimate con la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i>, che considera le emissioni dirette di N- N₂O pari a 1% dell'azoto distribuito con i fertilizzanti organici e minerali.</p> <p>Le emissioni indirette di N₂O dalle fertilizzazioni sono state stimate utilizzando la metodologia <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i>, che considera le emissioni indirette di N- N₂O pari a 1% delle perdite di N sotto forma di emissioni di NH₃+NO, dovute ai fertilizzanti azotati applicati (sia minerali che organici), e pari a 1.1% delle perdite di N sotto forma di rilasci azotati come percolazione + ruscellamento. In base ai fattori di emissione dell'<i>IPCC 2019 Refinement to the 2006</i>, le emissioni NH₃+ N₂O rappresentano l'11% dell'azoto applicato con i fertilizzanti sintetici e il 24% di quello applicato con i fertilizzanti organici, le emissioni di N sotto forma di nitrati per percolazione + ruscellamento sono stimate pari al 24% di N applicato.</p>
Sequestro di carbonio	Sequestro di carbonio nel terreno dovuto alla variazione delle lavorazioni del terreno nelle tre tesi. Il sequestro di carbonio è stato quantificato applicando i fattori del <i>IPCC 2019 Refinement to the 2006 (Tier 1)</i> ed è stato espresso in termini di kg CO ₂ equivalente sottratta al sistema.
Macchine	Emissioni di CO ₂ per la produzione di macchine agricole utilizzate per le operazioni agronomiche.
Gasolio	Emissioni di CO ₂ per la produzione e il consumo di gasolio per la coltivazione dei terreni.
Materie prime	Emissioni di CO ₂ dovute alla produzione e all'utilizzo di sementi e concimi.

Risultati

Le tabelle 3 e 4 e le figure 2 e 3 riportano i risultati dell'analisi di sostenibilità ambientale del pereto.

	Tesi 1 controllo	Tesi 2 Inerbimento spontaneo	Tesi 3 Inerbimento con trifoglio
	Kg CO ₂ eq/ha	Kg CO ₂ eq/ha	Kg CO ₂ eq/ha
Lavorazioni meccaniche	582	557	404
Fertilizzazione	252	252	252
Residui colturali	0	3	5
Materie prime	43	43	48
Irrigazione	369	369	369
Sequestro	0	-269	-269
Totale	1246	955	808

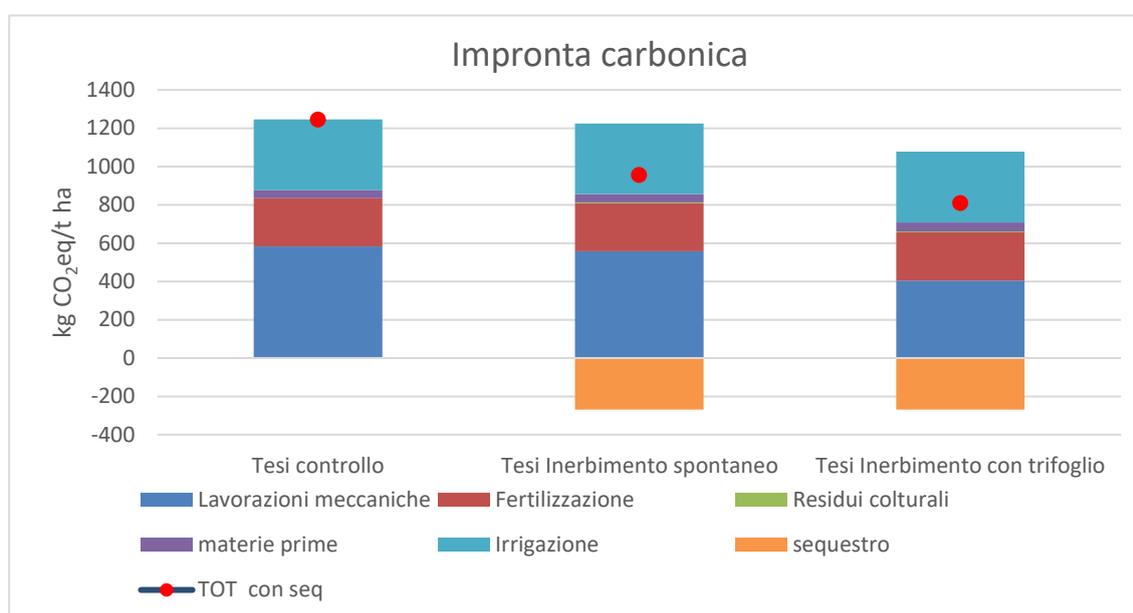


Tabella 3 e figura 2 – Impronta carbonica per ettaro del pereto nelle tre tesi

	Tesi controllo	Tesi Inerbimento spontaneo	Tesi Inerbimento con trifoglio
	Kg CO ₂ eq/t tq	Kg CO ₂ eq/t tq	Kg CO ₂ eq/ t tq
Lavorazioni meccaniche	90	86	62
Fertilizzazione	39	39	39
Residui colturali	0	1	1
Materie prime	7	7	7
Irrigazione	57	57	57
Sequestro	0	-81	-81
Totale	192	108	85

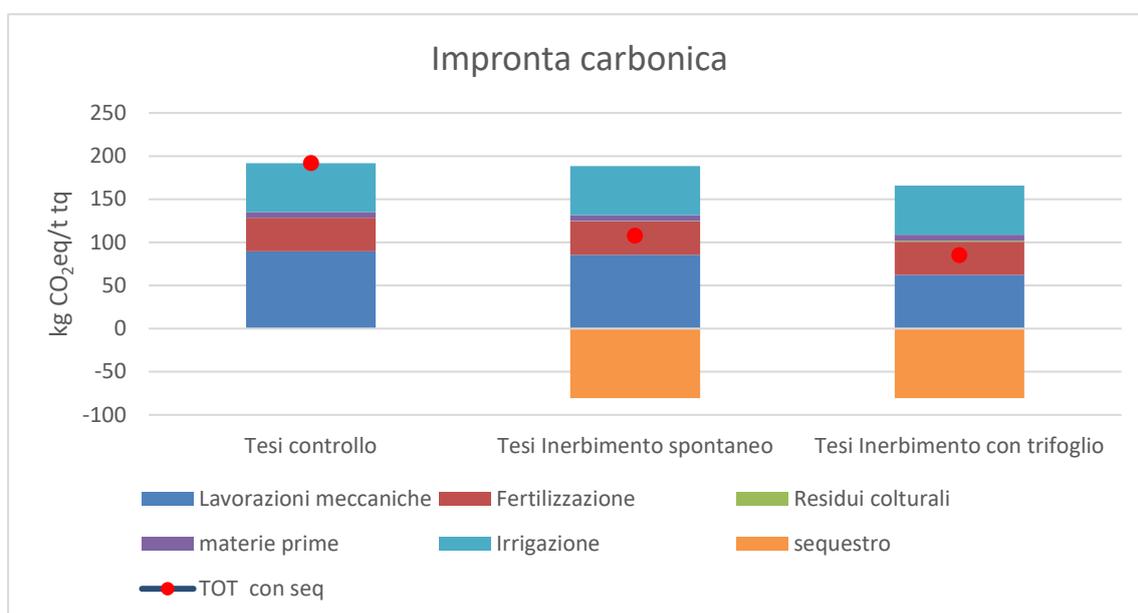


Tabella 4 e figura 3 - Impronta carbonica del pereto per tonnellata di prodotto tal quale nelle tre tesi

Il controllo risulta avere un'impronta carbonica pari a 192 Kg CO₂ eq/t tq, l'inerbimento spontaneo 108 Kg CO₂ eq/t tq e l'inerbimento con trifoglio 85 Kg CO₂ eq/t tq. Le principali voci d'impatto del pereto sono le lavorazioni meccaniche seguite dall'irrigazione e dalla fertilizzazione. L'irrigazione a goccia risulta particolarmente impattante in quanto richiede un consumo elevato di energia.

La tesi con inerimento con trifoglio (Tesi 3) rappresenta la gestione del pereto più sostenibile grazie ad un minor utilizzo di gasolio agricolo ed un minor numero di trattamenti fitosanitari. Inoltre, il sequestro riduce maggiormente l'impatto ambientale delle tesi con inerimento (Tesi 2 e 3) permettendo la riduzione di 81 Kg CO₂ eq/t tq.

Analisi economica

La metodologia adottata per l'analisi economica ha previsto il calcolo del costo di esercizio delle operazioni agricole. Il costo di esercizio delle macchine agricole risulta formato da due componenti: le voci di spesa fisse indipendenti dall'utilizzo e le voci di spesa variabili legate all'impiego. Nella componente fissa sono comprese la reintegrazione del capitale investito, gli interessi (costo d'uso del capitale), le spese inerenti alle assicurazioni, il ricovero. La componente variabile comprende: riparazioni, manutenzioni, consumo di materiali, manodopera addetta alla conduzione e al servizio della macchina. I materiali di consumo includono i carburanti e i lubrificanti, le spese per sementi, concimi e agrofarmaci.

La reintegrazione rappresenta la quota annuale da accantonare per poter recuperare il capitale investito nella macchina. Per il calcolo della quota di reintegrazione è stata utilizzata la seguente formula:

Quota di reintegrazione= $(A-R)/n$

Dove A=valore a nuovo; R= valore di recupero; N= durata in anni della macchina

Il valore a nuovo è stato stimato in base ai prezzi di mercato. Per il valore di recupero si è considerato un deprezzamento annuale del 20% per le macchine semoventi e del 10% per le operatrici. La durata (vita utile) delle macchine è stata stimata in 12 anni.

Rappresentano gli interessi del costo del capitale investito e sono stati calcolati sul valore medio investito
Interessi = $[(A+R)/2] * r$

Dove: A=valore a nuovo; R= valore di recupero; R=saggio di interesse. (è stato applicato un saggio del 4.5%).

Per le manutenzioni è stata considerata 1 ora di manutenzione ogni 20 ore di utilizzo trattori e operatrici, 1 ora ogni 10 ore di lavoro per le macchine per la lavorazione del terreno.

Per i costi delle riparazioni si è stimata per tutta la vita delle macchine una percentuale del 80% sul valore a nuovo e del 100% per le macchine lavorazione terreno. Per la quantificazione del costo orario di manutenzione, limitato alla manodopera è stato applicato il costo orario di 20 €/ora. Tale tariffa è stata applicata anche per le operazioni di campo dei conducenti delle macchine semoventi in base ai tempi di lavoro.

Il consumo di carburante è stato stimato utilizzando l'equazione di Grisso et al, (2004):

$$Q = (0,22 R + 0,096) (1 - (-0,0045 R \text{ Nred} + 0,00877 \text{ Nred})) \text{ Ppdp}$$

dove: Q = quantità di gasolio consumata in l/h; R = rapporto tra potenza alla presa di potenza (pdp) equivalente e potenza alla velocità nominale alla presa di potenza; Nred = riduzione in percentuale (%) della valvola di regolazione della mandata (si è ipotizzata una riduzione del 20% rispetto alla massima mandata); Ppdp = potenza del motore in kW misurata alla presa di potenza (si è assunto un rendimento alla presa di potenza del 90%).

$$\text{Costo gasolio} = P_m * C_m * C_s * P / 1000$$

Dove: P_m=potenza motrice (kW); C_m=carico motore (%); C_s=consumo specifico (g/kWh); P=prezzo del gasolio agevolato (1,1 €/kg)

Il carico motore è stato stimato in base alla gravosità dell'operazione

Per i lubrificanti è stata utilizzata una formula specifica in base alla potenza motrice applicando un prezzo di 7 €/kg.

$$(\text{kg/h} = \text{kW} * 0.0004956 + 0.01822)$$

Rientrano in queste spese i costi ad esempio delle sementi, dei concimi e degli agrofarmaci utilizzati. I valori delle quantità e dei prezzi sono stati forniti direttamente dal personale aziendale.

Per le spese varie (ricovero, eventuali assicurazioni, altro) è stata applicata un'aliquota dello 1% sul valore a nuovo delle macchine.

Tabella 3 (Analisi economica delle tre tesi)

	t/ha	€/t	€/ha
Tesi 1 Controllo	6,5	€ 1243,57	€ 8083,23
Tesi 2 Inerbimento spontaneo	6,5	€ 1241,20	€ 8067,82
Tesi 3 Inerbimento con trifoglio	6,5	€ 1183,27	€ 7691,27

Per favorire una maggiore comprensione del risultato nel calcolo non sono state considerate le operazioni di impianto e di raccolta del prodotto, ma solo le differenti tecniche gestionali previste nel progetto.

Sono state considerate le seguenti operazioni:

- Trinciatura legna (Tesi 1,2,3)
- Trinciatura erba (Tesi 2,3)
- Concimazione (Tesi: 1,2,3)
- Lavorazione interfila (Tesi 1)
- Semina (Tesi 3)
- Trattamenti fitosanitari (Tesi 1,2,3)
- Irrigazione (Tesi 1,2,3)

Nella tabella 1 vengono mostrati i risultati dell'analisi economica. Non ci sono praticamente differenze tra la tesi 1 di controllo e la tesi 2 dove era previsto l'inerbimento spontaneo. Nella tesi 3 si è riscontrato un

lieve calo dei costi 7691,27 €/ha, -5% circa, rispetto alle altre due tesi. Questo è dovuto al minor numero di interventi fitosanitari (15 rispetto ai 20 delle altre tesi) previsti per questo tipo di tecnica.

Bologna, data della firma digitale

Firma del legale rapp.te

.....

Firma autografa (*) Firma digitale (**)¹

¹ (*) In caso di firma autografa allegare copia di un documento di identità in corso di validità (**) Ai sensi dell'art. 24 del D.Lgs. 82/2005