

**AVVISI PUBBLICI REGIONALI DI ATTUAZIONE PER L'ANNO 2015 DEL TIPO DI OPERAZIONE 16.1.01 "GRUPPI OPERATIVI DEL PEI PER LA PRODUTTIVITÀ E LA SOSTENIBILITÀ DELL'AGRICOLTURA"  
FOCUS AREA 2A, 4B, 4C, 5A E 5E  
DGR N. 2268 DEL 28 DICEMBRE 2015**

**RELAZIONE TECNICA**

**INTERMEDIA**

**FINALE**

**DOMANDA DI SOSTEGNO 5005330**

**DOMANDA DI PAGAMENTO 5155308**

**FOCUS AREA: 4C**

Titolo Piano	<b>COVER AGROECOLOGICHE – Colture di copertura per l'incremento della sostanza organica del suolo e il contenimento delle malerbe</b>
Ragione sociale del proponente (soggetto mandataro)	<b>Fondazione CRPA Studi Ricerche</b>
Elenco partner del Gruppo Operativo	<p><b>Partner effettivi:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Centro Ricerche Produzioni Animali C.R.P.A. spa</li> <li>• Università Cattolica del Sacro Cuore</li> <li>• Università degli Studi di Parma</li> <li>• Società Agricola CIATO</li> </ul> <p><b>Partner associati:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caussade semences Italia srl</li> <li>• Emme Emme srl</li> </ul>

Durata originariamente prevista del progetto (in mesi)	36
Data inizio attività	1/07/2016
Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse)	30/11/2019

Relazione relativa al periodo di attività dal	1 ottobre 2017	al	30 novembre 2019
Data rilascio relazione	22 gennaio 2020		

Autore della relazione:	Paolo Mantovi		
telefono		email	P.Mantovi@crpa.it

## Sommario

<b>1</b>	<b>- Descrizione dello stato di avanzamento del Piano.....</b>	<b>3</b>
<b>1.1</b>	<b>Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>- Descrizione per singola azione.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Attività e risultati.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Personale .....</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Trasferte .....</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Materiale consumabile.....</b>	<b>12</b>
<b>2.5</b>	<b>Attività di formazione.....</b>	<b>13</b>
<b>2.6</b>	<b>Collaborazioni, consulenze, altri servizi.....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>- Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività.....</b>	<b>14</b>
<b>3</b>	<b>- Altre informazioni .....</b>	<b>14</b>
<b>4</b>	<b>- Considerazioni finali.....</b>	<b>14</b>
<b>5</b>	<b>- Relazione tecnica.....</b>	<b>14</b>

# 1 - Descrizione dello stato di avanzamento del Piano

*Descrivere brevemente il quadro di insieme relativo alla realizzazione del piano. Richiamare eventuali richieste di modifiche inviate agli organi Regionali ed apportate al progetto.*

Il successo di un progetto integrato si fonda sul coordinamento puntuale e fattivo tra i vari partner e azioni. A tal fine, tutti i partner hanno cooperato per la fasatura e integrazione delle diverse attività previste. Ciò ha permesso il rispetto pieno della tabella di marcia, con le varie attività che hanno potuto procedere come indicato nel Piano di Innovazione.

Cover Agroecologiche ha sviluppato sistemi innovativi di agricoltura conservativa fondati sull'impiego di colture di copertura (cover crop), che permettono di sfruttare dei principi di agroecologia per ottenere una vasta serie di vantaggi agronomici ed ambientali.

In particolare, presso la Società Agricola Ciato, partner del GO, è stata condotta la prova agronomica che ha posto a confronto cinque tesi di agricoltura conservativa, ciascuna ripetuta in triplicato. La prova agronomica ha interessato un largo appezzamento con basso tenore di sostanza organica.

Sotto la supervisione del responsabile scientifico del progetto prof. Vincenzo Tabaglio e la collaborazione e controllo di Fondazione CRPA, la gestione agronomica è stata condotta dal partner Società Agricola Ciato, che ha svolto le operazioni necessarie utilizzando i fornitori individuati in fase di progettazione (sia per i noleggi di macchine agricole che per l'acquisto dei mezzi tecnici) ed avvalendosi della collaborazione dei partner associati. Infatti le sementi sono state messe a disposizione al beneficiario associato Caussade Semences mentre le seminatrici da sodo dal partner associato Emme Emme.

La coltivazione delle cover crops è stata ripetuta per le tre annualità del Piano, in periodo autunno-vernino, e a queste sono succedute le colture da reddito primaverili-estive: mais da granella nel 2017 e 2019 e soia nel 2018. Sono stati controllati lo sviluppo, le rese e sono state valutate le caratteristiche di qualità sia delle cover crops che delle colture da reddito, la dinamica dei nitrati nel terreno ed il contenuto di acqua nello strato esplorato dalle radici nel corso del periodo estivo.

Il monitoraggio degli effetti pedologici ed ambientali dei diversi trattamenti a confronto, assieme alla registrazione e determinazione degli input energetici e dei mezzi tecnici è risultato anche funzionale alla valutazione della Impronta di carbonio dei sistemi agricoli oggetto di studio ed alla valutazione della loro sostenibilità economica. Anche le attività di monitoraggio sono state condotte come previsto nel programma di lavoro, sia per quanto riguarda le varie determinazioni sul suolo che per la raccolta dei dati utili alle valutazioni di cui sopra.

Per quanto riguarda la comunicazione, è stato realizzato il sito internet dedicato, inoltre sono stati organizzati e realizzati una conferenza stampa di presentazione del GO, due incontri tecnici con visita guidata alle attività di campo (2017 e 2019), altre visite in campo a richiesta, il convegno finale di presentazione dei risultati, un servizio televisivo / videoclip, articoli tecnico-divulgativi e l'opuscolo conclusivo del progetto. E' inoltre previsto l'inserimento di Cover Agroecologiche all'interno della brochure EIP-AGRI su "agroecology" di prossima pubblicazione (2020).

Il Piano Cover Agroecologiche è stato anche presentato a due workshop EIP-AGRI, all'Agri Innovation Summit 2019 e divulgato nel Focus Group EIP-AGRI su "Carbon storage in arable farming", grazie alla partecipazione nel gruppo del responsabile operativo Paolo Mantovi di Fondazione CRPA.

Si segnala che per il completamento delle attività di tipo agronomico è servito raccogliere a maturazione fisiologica la coltivazione di mais da granella prevista nell'estate 2019 nella prova sperimentale. Tale fase fisiologica è stata prevista per settembre 2019; si aggiunga che al completamento delle attività agronomiche fanno seguito quelle relative alla caratterizzazione dei prodotti raccolti e dei terreni a fine prove (con campionamenti e analisi di laboratorio), con successivo calcolo della sostenibilità economica e dell'Impronta di Carbonio dei sistemi agricoli a confronto. Segue la divulgazione dei risultati finali.

Per tali motivazioni è risultato indispensabile richiedere una proroga rispetto alla scadenza originale del progetto di 139 giorni per poter completare le attività previste dal Piano di Innovazione.

In tal modo, complessivamente non si sono verificati scostamenti o criticità significative rispetto al piano di lavoro previsto.

## 1.1 Stato di avanzamento delle azioni previste nel Piano

Indicare per ciascuna azione il mese di inizio dell'attività originariamente previsto nella proposta ed il mese effettivo di inizio, indicare analogamente il mese previsto ed effettivo di termine delle attività. Indicare il numero del mese, ad es.: 1, 2, ... considerando che il mese di inizio delle attività è il mese 1. Non indicare il mese di calendario.

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	FCSR	Coordinamento e monitoraggio	1	1	36	41
Azione 1	FCSR, UNICATT	Coltivazione cover crops alternate alle colture principali	1	1	16	41
Azione 2	FCSR, CRPA, UNICATT, UNIPR	Valutazione della sostenibilità ambientale ed economica	1	1	16	41
Divulgazione	CRPA, FCSR		1	1	16	41
Formazione	FCSR	Coaching	24	24	36	36

## 2 - Descrizione per singola azione

### 2.1 Attività e risultati

Azione	1) Esercizio della cooperazione
Unità aziendale responsabile	Fondazione CRPA Studi Ricerche
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Il Gruppo Operativo Cover agroecologiche si era costituito in forma di ATS con atto notarile n. 13935 del 4 ottobre 2016 ed il kick-off meeting del Piano si era già tenuto in data 04 agosto 2016 presso la Società Agricola Ciato partner del GO, con formazione dei gruppi di lavoro previsti per ogni azione del Piano e assegnazione dei ruoli e responsabilità a ciascun partner come previsto nel Piano approvato.</p> <p>Il comitato del Piano, strumento per il coordinamento e il monitoraggio delle attività formato da rappresentanti tecnici e amministrativi di ciascun partner, nel secondo e terzo anno di attività si è riunito alle seguenti date:  18 gennaio 2018 (presso Soc. Agr. Ciato)  05 dicembre 2018 (presso Soc. Agr. Ciato)  12 giugno 2019 (presso Soc. Agr. Ciato)  19 novembre 2019 (in occasione del convegno finale)</p> <p>Le riunioni del comitato del Piano sono servite per:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- monitoraggio e controllo tecnico. Le riunioni svolte presso Soc. Agr. Ciato sono state anche occasione per visionare il sito sperimentale di svolgimento della prova agronomica;</li> <li>- monitoraggio e controllo amministrativo e finanziario;</li> <li>- preparazione della rendicontazione alla Regione.</li> </ul> <p>Il management staff di Fondazione CRPA ha incontrato anche singolarmente i vari partner per verificare la corrispondenza delle attività con quelle assegnate e la tempistica di esecuzione.</p> <p>Le attività di project management sono state svolte da Fondazione CRPA Studi Ricerche verificando il corretto svolgimento delle attività del Piano, seguendo le comunicazioni che riguardano la sua gestione, i passaggi di informazioni, la programmazione e la gestione delle attività di divulgazione/informazione. Tali attività sono supportate dal sistema di gestione della qualità (SGQ) di Fondazione CRPA, conforme alla norma ISO 9001:2008. Lo strumento utilizzato per gestire l'SGQ in Fondazione CRPA Studi Ricerche è il CRM aziendale.</p> <p>In data 1/04/2019 è stata presentata richiesta di proroga di 139 giorni sulla chiusura del progetto. La richiesta è stata approvata con Determinazione n. 6335 del 8/04/2019</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Lo stato di avanzamento dell'azione è risultato conforme agli obiettivi previsti e non si segnalano scostamenti dal progetto originario né particolari criticità emerse durante l'attività.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

Azione	Azione 1 - Scelta e coltivazione delle colture di copertura e controllo del loro sviluppo
Unità aziendale responsabile	Fondazione CRPA Studi Ricerche con Soc. Agr. Ciato, UCSC, Caussade Semences e Emme Emme
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>La prova agronomica avviata presso la Società Agricola Ciato su un appezzamento della dimensione di circa 7 ettari e caratterizzato da un basso tenore di sostanza organica (media di campo a inizio prova 1,9%), è proseguita regolarmente anche nelle annualità 2018 e 2019, sempre con il confronto tra 5 tesi a gestione conservativa del suolo, ciascuna ripetuta 3 volte:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- senza cover crop (test)</li> <li>- cover crop base senape-facelia</li> <li>- cover base loiessa-trifogli</li> <li>- cover crop segale multicaule</li> <li>- cover crop erba medica poi leguminose annuali (trifogli e veccia)</li> </ul> <p>La rotazione ha visto la coltivazione di specie primaverili-estive come colture da reddito. Nel 2018 è stata coltivata soia e nel 2019 mais da granella (come nel 2017). Le semine delle cover crops sono state effettuate a settembre 2017 e a inizio ottobre 2018 e la loro terminazione è avvenuta ad aprile 2018, in parte con disseccante e in parte facendo uso di roller crimper, e a marzo 2019; il ciclo della soia è stato da maggio a settembre 2018 mentre quello del mais da aprile a settembre 2019.</p> <p>Come era stato concordato, tutte le sementi sono state messe a disposizione del beneficiario associato Caussade Semences, mentre le seminatrici da sodo dal partner associato Emme Emme.</p> <p>Sotto la supervisione del responsabile scientifico del progetto prof. Vincenzo Tabaglio e la collaborazione e controllo di Fondazione CRPA, la gestione agronomica è stata condotta dal partner Società Agricola Ciato che ha svolto le operazioni necessarie utilizzando i fornitori individuati in fase di progettazione (sia per i noleggi di macchine agricole che per l'acquisto dei mezzi tecnici).</p> <p>FCSR ha inoltre raccolto i dati sull'impiego di macchine e mezzi tecnici, ha determinato le produzioni vegetali sia delle cover crops che delle colture da reddito, ed ha effettuato i seguenti campionamenti come da programma di lavoro:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- biomasse vegetali (granelle, residui, cover) per analisi di s.s., CO, NTK, P;</li> <li>- acque di irrigazione per analisi di pH, SST, COD, N nitrico e ammoniacale, P;</li> <li>- granella di mais per analisi delle micotossine (analisi a cura di UCSC).</li> </ul>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro. Unica criticità da evidenziare sono state infestazioni di limacce che hanno caratterizzato l'avvio della coltivazione di soia e che ne hanno parzialmente penalizzato le rese.</p> <p>Il numero di campioni prelevati e le analisi effettuate sono stati in linea con il programma di lavoro. Nel 2018 e 2019 sono stati prelevati 81 campioni di prodotti vegetali e 3 campioni di acque irrigue, su cui sono state condotte tutte le analisi previste presso i laboratori della fondazione CRPA e di UCSC.</p> <p>A questi sono stati aggiunti n. 90 campioni di terreno prelevati nel corso delle stagioni estive sui quali è stato determinato il contenuto di acqua per la pianificazione e il controllo delle pratiche irrigue condotte seguendo il programma Irrinet.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

Azione	Azione 2 - Valutazione degli effetti sul suolo e della sostenibilità economica ed ambientale
Unità aziendale responsabile	UCSC con Fondazione CRPA e Università di Parma
Descrizione delle attività evidenziate	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Il monitoraggio degli effetti pedologici ed ambientali per le diverse tesi a confronto, oltre a rendere conto delle differenze tra i trattamenti, assieme alla registrazione e determinazione degli input energetici e dei mezzi tecnici, è risultato anche funzionale alla valutazione della Impronta di carbonio dei sistemi a confronto ed alla valutazione della loro sostenibilità economica.</p> <p>Come monitoraggio pedologico/ambientale sono stati eseguiti, sia nel 2018 che nel 2019:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- campionamento dei terreni su tre strati, per la misura della stabilità strutturale, a cura di UCSC, e per la determinazione della sostanza organica (UCSC) e dei parametri di umificazione (FCSR);</li> <li>- campionamenti dei terreni su due strati in momenti chiave dal punto di vista agronomico-ambientale (pre semina e post raccolta di soia e mais) per la determinazione dei nitrati, a cura di FCSR;</li> <li>- determinazione dell'indice QBS-ar, ovvero conta dei microartropodi e assegnazione del punteggio che permette di valutare il grado di disturbo del suolo, in campioni indisturbati di, a cura di UCSC;</li> <li>- conta dei lombrichi in campioni indisturbati di suolo, a cura di UCSC.</li> </ul> <p>L'attività di valutazione della sostenibilità ambientale (Carbon Footprint) ed economica si è svolta sotto la responsabilità di CRPA SpA. Sono stati presi in considerazione i carichi ambientali connessi a tutti gli input del processo produttivo analizzato, oltre che le emissioni/sequestri di gas serra dai suoli, sulla base dei dati di monitoraggio e mettendo a confronto le 5 tesi di cui alla prova agronomica.</p> <p>La disponibilità di vari dati rilevati in campo e determinati in laboratorio ha consentito di calcolare l'impronta del carbonio per unità di superficie e di prodotto e di quantificare in modo oggettivo la CO<sub>2</sub> emessa/sequestrata a seguito dell'adozione delle diverse pratiche agricole.</p> <p>Per la sostenibilità economica CRPA SpA è stato supportato dall'Università degli Studi di Parma. Questa è stata incentrata sulla valutazione della redditività delle produzioni in base alla stima dei valori economici ricorrenti. Si è pertanto proceduto alla stesura dei conti colturali a confronto per le 5 tesi di cui alla prova agronomica. È stata valutata la convenienza economica ad adottare le pratiche oggetto di studio, confrontando i risultati economici con quelli di altre aziende del territorio.</p>
Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<p><i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i></p> <p>Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro. Unica criticità da evidenziare è stata l'impossibilità di effettuare i rilievi penetrometrici a causa dell'elevata presenza di scheletro nel terreno che rischiava di restituire dei dati falsati ed anche di compromettere la funzionalità dello strumento (tali misure sono state condotte solo nella prima sessione del 2017).</p> <p>Il numero di campioni prelevati e le analisi effettuate sono stati in linea con il programma di lavoro:</p> <p>due sessioni di campionamento per stabilità strutturale e sostanza organica (ottobre 2018 e 2019), con prelievo di 45 campioni per ciascuna sessione e due sessioni di campionamento per QBS-ar e lombrichi, alle stesse date, con prelievo di 15+15 campioni per ciascuna sessione.</p> <p>120 campioni di terreni per nitrati prelevati nel 2018 e 2019.</p>
Attività ancora da realizzare	<p><i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i></p> <p>-</p>

Azione	<b>DIVULGAZIONE - Piano divulgazione di trasferimento dei risultati e implementazione della rete PEI</b>
Unità aziendale responsabile	<b>CRPA SpA con Fondazione CRPA, Soc. Agr. Ciato, UCSC, Università di Parma, Caussade Semences e EmmEmme</b>
Descrizione delle attività	<p><i>descrizione delle attività svolte per il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'azione</i></p> <p>Nel corso del secondo e terzo anno di lavoro CRPA SpA, con il coordinamento di FCSR e la collaborazione degli altri componenti del GO, ha realizzato le seguenti attività di divulgazione e trasferimento dei risultati:</p> <p>1) Aggiornamento costante del sito internet dedicato (<a href="http://cover.crpa.it">http://cover.crpa.it</a>) con iniziative organizzate nell'ambito del progetto e partecipazioni ad eventi nei quali il GOI ha portato i suoi risultati. Implementazione costante con materiale divulgativo realizzato, pubblicazioni, presentazioni, gallerie fotografiche e video.</p> <p>Le statistiche attivate al sito web hanno registrato l'accesso per n. 1071 utenti dalla sua attivazione, per n. 1789 sessioni aperte, con una media di 3,76 pagine per sessione, prevalentemente da desktop 81,3%. Visualizzazione delle pagine dai social: Facebook n. 228, YouTube n. 26, Twitter n. 15;</p> <p>2) Realizzazione di un opuscolo tecnico/divulgativo con i risultati di progetto.</p> <p>3) Articoli Tecnico/divulgativi n. 2: uno pubblicato su rivista regionale Agricoltura gen-feb2018 "Ritorno alla fertilità con l'agroecologia" a cura di P. Mantovi (FCSR), V. Tabaglio (UNICATT); un articolo pubblicato sulla rivista Terra e Vita n. 26-2019 "Agricoltura conservativa quali cover crop" a cura di P. Mantovi, F. Ruozi (FCSR), V. Tabaglio, R. Boselli (UNICATT). È inoltre prevista la pubblicazione di un articolo con i risultati finali del progetto su <i>Informatore Agrario</i> a inizio 2020.</p> <p>4) Organizzazione di una giornata dimostrativa con visita in campo presso azienda Ciato il 12/06/2019. Nella prima parte con interventi dei partner del GOI sugli obiettivi del Piano, tecniche adottate e risultati e in seguito visita al sito sperimentale; 21 i partecipanti.</p> <p>5) Organizzazione di un convegno finale tenutosi il 19/11/2019 al Tecnopolo di Reggio Emilia, per divulgare i risultati finali del Piano di Innovazione da parte dei rappresentanti del GO; 83 i partecipanti.</p> <p>Hanno preso parte all'iniziativa con proprie presentazioni anche una rappresentante di EIP-AGRI (Margarida Ambar) ed una delegazione di un Gruppo Operativo portoghese (MaisSolo) che il giorno successivo il convegno ha effettuato una visita guidata presso il sito sperimentale all'azienda Ciato.</p> <p>Di seguito le presentazioni dei partner pubblicate anche sul sito:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• "Le tecniche adottate e i risultati produttivi" a cura di P. Mantovi e F. Ruozi (FCSR);</li> <li>• "Gli effetti sulla fertilità del suolo" a cura di R. Boselli, V. Tabaglio (UCSC);</li> <li>• "L'analisi costi benefici" a cura di F. Arfini, M. Guareschi (UNIPR);</li> <li>• "Impronta del carbonio" a cura di S. Pignedoli, L. Valli (CRPA).</li> </ul> <p>6) Visita al campo sperimentale di una delegazione del progetto LIFE HelpSoil il 07/10/2017;</p> <p>7) Partecipazione ad eventi di altri:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2nd meeting del Focus Group EIP-AGRI su "Carbon storage in arable farming" (Tulln, Austria 13-14/06/2018). Paolo Mantovi ha partecipato, come membro della Fondazione CRPA, a una visita tecnica a un sito sperimentale nella valle del Danubio, in collaborazione con un Gruppo Operativo austriaco che sperimenta l'utilizzo di cover crops in sistemi agricoli biologici;</li> <li>• Nell'ambito dell'iniziativa "Scopri&amp;Gusta la strada del prosciutto e dei vini dei colli" (14/09/2018) i tecnici della Fondazione hanno illustrato le tecniche dell'agricoltura conservativa e attività del GO Cover;</li> <li>• Partecipazione a Workshop "I gruppi operativi fanno rete" a Roma (27/09/2018), organizzato dalla Rete Rurale Nazionale, con poster di progetto;</li> <li>• Presentazione plenaria orale del progetto Cover Agroecologiche a EIP-AGRI workshop "Cropping for the future: networking for crop rotation and crop diversification" ad Almere (Olanda) il 04/06/2019;</li> <li>• Il GOI Cover Agroecologiche ha preso parte all'Agri Innovation Summit 2019 a Lisieux in Francia (25-26/06/2019) con un poster. Il progetto è stato selezionato tra i vari Gruppi Operativi europei per contribuire alla sezione su "Soil: fertility, biological life and fighting against erosion".</li> </ul> <p>È inoltre previsto l'inserimento di Cover Agroecologiche all'interno della brochure EIP-AGRI su "agroecology" di prossima pubblicazione.</p>

Grado di raggiungimento degli obiettivi, scostamenti rispetto al piano di lavoro, criticità evidenziate	<i>descrivere in che misura sono stati raggiunti gli obiettivi previsti, giustificando eventuali scostamenti dal progetto originario. Analizzare eventuali criticità tecnico-scientifiche emerse durante l'attività</i> Le attività sono state condotte come previsto nel programma di lavoro e non si evidenziano scostamenti o particolari criticità.
Attività ancora da realizzare	<i>Solo per relazioni intermedie - descrivere sinteticamente le attività ancora da realizzare</i> -

## 2.2 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.*

### Esercizio della Cooperazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	FCSR - Tecnico	Avvio progetto per ATS, coordinamento, controlli intermedi, rendicontazione	24	582,48
	FCSR - Ricercatore	Avvio progetto per ATS, coordinamento, controlli intermedi, rendicontazione	63	1.644,85
	FCSR - Ricercatore	Responsabile organizzativo del Piano	154	5.309,52
		<b>Totale</b>	<b>241</b>	<b>7.536,85</b>

### Azione 1 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	FCSR - Tecnico	Campionamenti e rilievi di campo, assistenza attività agronomiche	413	10.129,06
	FCSR - Tecnico	Campionamenti e rilievi di campo	28	707,22
	FCSR - Ricercatore	Responsabile organizzativo del Piano	118	4.058,28
	FCSR - Tecnico	Campionamenti e rilievi di campo	124	3.082,52
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	236	5.682,73
	FCSR - Tecnico	Analisi di laboratorio	102	2.396,69
			64	2.658,08
	UNICATT - Ricercatore	Analisi di laboratorio	315	2.397,84
		<b>Totale</b>	<b>1.400</b>	<b>31.112,42</b>

### Azione 2 della realizzazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	FCSR - Ricercatore	Responsabile organizzativo del Piano	104	3.592,08
	CRPA - Ricercatore	Elaborazione impronta carbonica	257	9.094,30
	CRPA - Ricercatore	Elaborazione dati e stesura	58	1.211,20

		relazioni		
	UNIPR - Ricercatore		124	7.143,64
	UNIPR - Ricercatore	Elaborazione dati e stesura relazioni	232	7.175,76
			161	4.176,49
	UNICATT - Ricercatore	Campionamenti e rilievi di campo	1.561	15.485,99
	UNICATT - Professore ordinario	Analisi biologiche di laboratorio	175	1.500,00
		<b>Totale</b>	<b>2.672</b>	<b>49.379,46</b>

### Divulgazione

Cognome e nome	Mansione/ qualifica	Attività svolta nell'azione	Ore	Costo
	FCSR - Ricercatore	Responsabile organizzativo del Piano	34	1.170,62
	CRPA - Tecnico	Supporto attività di divulgazione	136	3.034,88
	CRPA - Ricercatore	Gestione attività di divulgazione	156	3.302,20
		<b>Totale</b>	<b>326,00</b>	<b>7.507,70</b>

## 2.3 Trasferte

### Azione 1 della realizzazione

Cognome e nome	Descrizione	Costo
- FCSR	km 82 - RE - Pilastro (PR) - RE-5.09.2017: Az. CIATO - Operazioni di squadratura sito e campionamento terreni	43,60
- FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-5.09.2017: Az. CIATO - Operazioni di squadratura sito e campionamento terreni	19,00
- FCSR	km 90 - RE - Pilastro (PR) - RE-18.10.2017: Az. CIATO - Rilievi di campo	27,90
FCSR	km 65 - Cavriago (RE) - Pilastro (PR) - RE-26.10.2017: Az. CIATO - Incontro tecnico e rilievi	20,15
- FCSR	km 80 - RE - Pilastro (PR) - RE-3.11.2017: Az. CIATO - Rilievi sviluppo vegetativo	24,80
- FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-20.11.2017: Az. CIATO - Rilievi su colture	12,00
FCSR	km 152 - RE - Bologna - Alicante (spagna) - BO - RE-30.11.2017: Az. CIATO - 1st meeting EIP-AGRI Focus Group	114,52
FCSR	km 56 - Cavriago (RE) - Pilastro (PR) - RE-4.01.2018: Az. CIATO - Rilievi e riunione tecnica	17,36
FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-18.01.2018: Az. CIATO - Riunione comitato di Piano	15,00
- FCSR	km 82 - RE - Pilastro (PR) - RE-18.01.2018: Az. CIATO - Riunione comitato di Piano	25,42
- FCSR	km 84 - RE - Pilastro (PR) - RE-5.03.2018: Az. CIATO - Rilievi di campo	26,04
- FCSR	km 83 - RE - Pilastro (PR) - RE-30.03.2018: Az. CIATO - Rilievi e riunione tecnica	25,73
FCSR	km 58 - RE - Pilastro (PR) - RE-30.03.2018: Az. CIATO - Riunione tecnica	17,98
- FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-18.04.2018: Az. CIATO - Campionamenti	20,00
re -	km 83 - RE - Pilastro (PR) - RE-18.04.2018: Az. CIATO - Raccolta e campionamenti	45,73
FCSR	km 55 - RE - Pilastro (PR) - RE-23.04.2018: Az. CIATO - Terminazione cover crops con roller crimper	17,05
- FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-23.04.2018: Az. CIATO - Terminazione cover crops con roller crimper	18,00
re -	RE - Pilastro (PR) - RE-23.04.2018: Az. CIATO - Terminazione cover crops con roller crimper	18,00
- FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-24.04.2018: Az. CIATO - Terminazione cover e riconsegna roller crimper	34,80
re -	RE - Pilastro (PR) - RE-24.04.2018: Az. CIATO - Terminazione cover e riconsegna roller crimper	14,00
FCSR		

Cognome e nome	Descrizione	Costo
FCSR	km 91 - RE - Pilastro (PR) - RE-4.05.2018: Az. CIATO - Riunione tecnica e semina soia	49,12
-FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-4.05.2018: Az. CIATO - Riunione tecnica e semina soia	20,00
FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-8.05.2018: Az. CIATO - Campionamento terreni	17,00
-FCSR	km 59 - RE - Pilastro (PR) - RE-17.05.2018: Az. CIATO - Semina soia	18,29
FCSR	km 92 - RE - Pilastro (PR) - RE-17.05.2018: Az. CIATO - Semina soia	28,52
FCSR	km 90 - RE - Pilastro (PR) - RE-18.05.2018: Az. CIATO - Semina soia	27,90
ie -	km 95 - RE - Pilastro (PR) - RE-23.05.2018: Az. CIATO - Campionamento terreni	45,40
FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-23.05.2018: Az. CIATO - Campionamento terreni	15,00
FCSR	km 91 - RE - Pilastro (PR) - RE-31.05.2018: Az. CIATO - Visita a campi sperimentali e prove di campo	28,21
-FCSR	km 55 - RE - Pilastro (PR) - RE-12.06.2018: Az. CIATO - Trasemina soia su parcelle con cover segale	17,05
ie -	km 85 - RE - Pilastro (PR) - RE-12.06.2018: Az. CIATO - Trasemina soia su parcelle con cover segale	28,05
FCSR	km 81 - RE - Pilastro (PR) - RE-20.06.2018: Az. CIATO - Rilievi su soia	26,73
FCSR	km 81 - RE - Pilastro (PR) - RE-29.06.2018: Az. CIATO - Campionamento terreni	25,11
FCSR	km 83 - RE - Pilastro (PR) - RE-3.07.2018: Az. CIATO - Predisposizione e avvio impianto irrigazione	27,39
FCSR	km 80 - RE - Pilastro (PR) - RE-11.07.2018: Az. CIATO - Rilievi d campo	24,80
FCSR	km 80 - RE - Pilastro (PR) - RE-24.07.2018: Az. CIATO - Rilievi d campo	24,80
FCSR	km 72 - RE - Pilastro (PR) - RE-9.08.2018: Az. CIATO - Controllo irrigazione soia	22,32
-FCSR	km 57 - RE - Pilastro (PR) - RE-4.09.2018: Az. CIATO - Rilievi su soia	25,08
-FCSR	km 90 - RE - Pilastro (PR) - RE-11.09.2018: Az. CIATO - Rilievi su soia	43,70
ie -	RE - Pilastro (PR) - RE-11.09.2018: Az. CIATO - Prove su soia	14,00
-FCSR	km 80 - RE - Pilastro (PR) - RE-19.09.2018: Az. CIATO - Organizzazione trebbiatura soia	24,80
-FCSR	km 80 - RE - Pilastro (PR) - RE-20.09.2018: Az. CIATO - Trebbiatura soia	24,80
FCSR	km 55 - Cavriago (RE) - Pilastro (PR) - RE-20.09.2018: Az. CIATO - Trebbiatura soia	24,80
ie -	km 95 - RE - Pilastro (PR) - RE-26.10.2018: Az. CIATO - Campionamento terreni	31,35
-FCSR	km 81 - RE - Pilastro (PR) - RE-27.09.2018: Az. CIATO - Trinciatura paglia soia	26,73
-FCSR	km 81 - RE - Pilastro (PR) - RE-2.10.2018: Az. CIATO - Rilievi per semina cover	26,73
-FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-3.10.2018: Az. CIATO - Squadratura campo per semina cover	12,50
-FCSR	km 81 - RE - Pilastro (PR) - RE-4.10.2018: Az. CIATO - Semina cover	25,11
FCSR	km 56 - Cavriago (RE) - Pilastro (PR) - RE-11.10.2018: Az. CIATO - Rilievi di campo	17,36
-FCSR	km 50 - RE - Pilastro (PR) - RE-18.10.2018: Az. CIATO - Rilievi di campo	16,50
-FCSR	km 95 - RE - Pilastro (PR) - RE-15.11.2018: Az. CIATO - Rilievi di campo	31,35
-FCSR	RE - Piacenza - RE-21.12.2018: UCSC - Consegna e ritiro campioni	13,00
FCSR	km 56 - Cavriago (RE) - Pilastro (PR) - RE-1.02.2019: Az. CIATO - Rilievi di campo e riunione tecnica	17,36
-FCSR	km 94 - RE - Pilastro (PR) - RE-20.02.2019: Az. CIATO - Riunione tecnica	28,20
-FCSR	km 93 - RE - Pilastro (PR) - RE-20.03.2019: Az. CIATO - Campionamenti	28,83
-FCSR	km 90 - RE - Pilastro (PR) - RE-11.03.2019: Az. CIATO - Riunione tecnica	27,90
ie -	RE - Pilastro (PR) - RE-20.03.2019: Az. CIATO - Campionamenti	12,00
-FCSR	km 81 - RE - Pilastro (PR) - RE-1.04.2019: Az. CIATO - Diserbo	25,40
-FCSR	km 83 - RE - Pilastro (PR) - RE-3.04.2019: Az. CIATO - Diserbo	25,73
FCSR	km 67 - RE - Pilastro (PR) - RE-17.04.2019: Az. CIATO - Semina mais	20,77
-FCSR	km 100 - RE - Pilastro (PR) - RE-19.04.2019: Az. CIATO - Campionamenti	42,20
-FCSR	km 83 - RE - Pilastro (PR) - RE-24.04.2019: Az. CIATO - Rilievi	25,73
FCSR	km 67 - RE - Pilastro (PR) - RE-30.04.2019: Az. CIATO - Rilievi	20,77
-FCSR	km 89 - RE - Pilastro (PR) - RE-7.05.2019: Az. CIATO - Rilievi	29,37
-FCSR	km 82 - RE - Pilastro (PR) - RE-22.05.2019: Az. CIATO - Diserbo	27,06
-FCSR	km 78 - RE - Pilastro (PR) - RE-23.05.2019: Az. CIATO - Diserbo	24,18

Cognome e nome	Descrizione	Costo
- FCSR	km 144 - RE - BO Almere (Olanda) - BO - RE-3.06.2019-5.06.2019: Az. CIATO - EIP-AGRI Workshop	121,79
- FCSR	km 65 - RE - Pilastro (PR) - RE-12.06.2019: Az. CIATO - Incontro tecnico e visita guidata	20,15
- FCSR	km 72 - RE - Pilastro (PR) - RE-20.06.2019: Az. CIATO - Irrigazione e mais e posizionamento pluviometri	22,32
- FCSR	km 72 - RE - Pilastro (PR) - RE-2.07.2019: Az. CIATO - Campionamenti	23,04
- FCSR	km 77 - RE - Pilastro (PR) - RE-9.07.2019: Az. CIATO - Campionamenti	24,64
ipe -	RE - Pilastro (PR) - RE-9.07.2019: Az. CIATO - Campionamenti	10,00
- FCSR	km 90 - RE - Pilastro (PR) - RE-12.07.2019: Az. CIATO - Campionamenti	28,80
- FCSR	km 84 - RE - Pilastro (PR) - RE-24.07.2019: Az. CIATO - Campionamenti e riunione tecnica	38,88
- FCSR	RE - Pilastro (PR) - RE-8.08.2019: Az. CIATO - Rilievi	30,08
- FCSR	km 98 - RE - Pilastro (PR) - RE-4.09.2019: Az. CIATO - Rilievi	30,38
- FCSR	km 83 - RE - Pilastro (PR) - RE-12.09.2019: Az. CIATO - campionamenti	40,73
	<b>TOTALE</b>	<b>2.106,89</b>

#### Azione 2 della realizzazione

Cognome e nome	Descrizione	Costo
	27/10/2017; 18/01/2018 -Campionamento progetto, e partecipazipne riunione di coordinamento progetto	108,00
	12/03/2018, 05/04/2018, 22/03/2018-Attività campi sperimentali, riunioni di progetto	111,10
	27/04/2018, 03, 07, 10, 17, 21/5/2018-Attività campi sperimentali, riunioni di progetto	312,00
	07, 25,/06/2018; 10, 26/07/2018 e 01/08/2018-Attività campi sperimentali, riunioni di progetto	269,70
	3,8,28/08/2018; 3, 11, 17/09/2018-Attività campi sperimentali, riunioni di progetto	312,00
	RE - Parma - RE-18.01.18: Riunione del comitato di piano	15,00
	<b>TOTALE</b>	<b>1.127,80</b>

## 2.4 Materiale consumabile

#### Azione 1 della realizzazione

Fornitore	Partner	Descrizione materiale	Costo
Consorzio Agrario dell'Emilia	Società Agricola Ciato	Fattura n. 942/01 del 31/05/2018: Mezzi tecnici per prove agronomiche: Roundup platinum Monsanto Lt 1	€136,50
Consorzio Agrario dell'Emilia	Società Agricola Ciato	Fattura n. 1185/01 del 30/09/2018: Mezzi tecnici per prove agronomiche: Ferti Actyl GZ TIMAC lt 10	€153,00
Consorzio Agrario dell'Emilia	Società Agricola Ciato	Fattura n. 1522/01 del 31/08/2018: Mezzi tecnici per prove agronomiche: Roundup platinum Monsanto Lt 1	€136,50
Consorzio Agrario dell'Emilia	Società Agricola Ciato	Fattura n. 952/01 del 31/05/2019: Mezzi tecnici per prove agronomiche: Urea granulare N46%, Casper Syngenta 1 kg, Concime minerale composto 18.46, SluXX certis, Roundup Platinum	€2.563,50
Consorzio Agrario dell'Emilia	Società Agricola Ciato	Fattura n. 1459/01 del 31/07/2019: Mezzi tecnici per prove agronomiche: Roundup platinum Moddus Syngenta	€747,90
		<b>Totale:</b>	<b>3.737,40</b>

## 2.5 Attività di formazione

Descrivere brevemente le attività già concluse, indicando per ciascuna: ID proposta, numero di partecipanti, spesa e importo contributo richiesto

ID proposta Catalogo Verde: 5004928

Tutta la documentazione relativa al Coaching è stata rendicontata su SIAG - N. domanda formazione GOI 5154730

Il contributo richiesto è stato di euro 62,00 + 13,64 (IVA 22%) per singola azienda

ID proposta	Azienda	N. e nome partecipante	Spesa (euro)	Contributo richiesto (euro)
5004928	Società Agricola CIATO – Strada Pilastro, 8 – PARMA		310,00	248,00
<b>TOTALE</b>			<b>310,00</b>	<b>-</b>

## 2.6 Collaborazioni, consulenze, altri servizi

### CONSULENZE – SOCIETÀ

#### Divulgazione

Ragione sociale della società di consulenza	Partner	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Tecnograf srl	CRPA	€215,00	Fattura n. 586 del 30/06/2017: 1 Roll up	€215,00
CIRFOOD S.C.	CRPA	€360,00	Fattura n. 5300074648 del 30/11/2019:250 cartelline fustellate con bandelle	€360,00
Tecnograf srl	CRPA	€450,00	Fattura n. 984 del 30/11/2019: coffee break del 19/11/2019 in occasione del Convegno finale del progetto	€450,00
<b>Totale:</b>				<b>€1.025,00</b>

#### Azione 1 della realizzazione

Ragione sociale della società di consulenza	Partner	Importo contratto	Attività realizzate / ruolo nel progetto	Costo
Bertolotti Walter di Bertolotti Alberto	Società Agricola CIATO	11.663,00	Fattura n. 3 del 15/02/2019: noleggio a caldo trattore trebbiatura soia a parcelle	€2.501,00
Bertolotti Walter di Bertolotti Alberto	Società Agricola CIATO	11.663,00	Fattura n. 37 del 14/10/2019: noleggio a caldo trattore; trebbiatura mais	€3.008,00
<b>Totale:</b>				<b>€5.509,00</b>

## 2 - Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

Lunghezza max 1 pagina

<b>Criticità tecnico-scientifiche</b>	
<b>Criticità gestionali</b> (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.)	
<b>Criticità finanziarie</b>	

## 3 - Altre informazioni

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

## 4 - 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

## 5 - Relazione tecnica

*DA COMPILARE SOLO IN CASO DI RELAZIONE FINALE*

*Descrivere le attività complessivamente effettuate, nonché i risultati innovativi e i prodotti che caratterizzano il Piano e le potenziali ricadute in ambito produttivo e territoriale*

La relazione tecnica finale del Piano di Innovazione viene allegata come file separato COVER AE – Relazione tecnica.pdf

Reggio Emilia, 22 gennaio 2020

IL LEGALE RAPPRESENTANTE

.....

Regione Emilia-Romagna - Programma regionale di sviluppo rurale 2014-2020

16.1.01 - Gruppi operativi del partenariato europeo per l'innovazione: "produttività e sostenibilità dell'agricoltura", FA 4C – Qualità dei suoli

Gruppo Operativo – Cover Agroecologiche (domanda di aiuto: 5005330)

Piano d'innovazione

## **COVER AGROECOLOGICHE**

**Culture di copertura per l'incremento della sostanza organica  
del suolo e il contenimento delle malerbe**

*ALLEGATO – Relazione tecnica.pdf*

Rendicontazione tecnica finale del Piano d'Innovazione

A cura di



Fondazione CRPA Studi Ricerche



Viale Timavo, 43/2 – 42121 Reggio Emilia

*Reggio Emilia, novembre 2019*

## INDICE

INTRODUZIONE	3
AZIONE 1 – Scelta e coltivazione delle colture di copertura e controllo del loro sviluppo	4
<i>1.1. Materiali e metodi</i>	4
<i>1.2. Risultati della prova agronomica</i>	7
AZIONE 2 – Valutazione degli effetti sul suolo e della sostenibilità economica ed ambientale	11
<i>2.1. Effetti sulla qualità del suolo</i>	11
<i>2.2. Valutazione della sostenibilità ambientale</i>	18
<i>2.3. Valutazione della sostenibilità economica</i>	26
CONCLUSIONI	38

## INTRODUZIONE

L'Azienda Agricola Ciato, localizzata nell'alta pianura emiliana su suoli alluvionali della conoide del fiume Parma, è dedicata alla coltivazione di cereali, proteaginose e foraggi. Le pratiche agronomiche convenzionali condotte in azienda negli ultimi decenni hanno causato una diminuzione significativa del tenore di sostanza organica dei terreni, con conseguenti effetti negativi sulla lavorabilità e fertilità degli stessi; nel contempo l'infestazione dovuta ad alcune malerbe particolarmente ostiche (come sorghetta, farinaccio, cencio molle, ...) ha preso sempre più piede e si è 'cronicizzata', richiedendo pesanti interventi diserbanti.

Con il fine di contrastare queste problematiche, il progetto ha previsto lo sviluppo di sistemi innovativi di agricoltura conservativa fondati sull'impiego di colture di copertura (cover crops), temporanee o perenni, che permettono di sfruttare dei principi di agroecologia per ottenere una vasta serie di vantaggi agronomici ed ambientali.

I pilastri dell'agricoltura conservativa sono le lavorazioni del terreno ridotte o nulle, la rotazione delle colture, la gestione del residuo colturale (mulch) e le colture di copertura (cover crops).

L'espressione "colture di copertura", traduzione italiana della denominazione inglese cover crops, è entrata velocemente in uso nel vocabolario tecnico degli agronomi e dà immediatamente conto della funzione prioritaria che viene attribuita a queste colture, ovvero quella di coprire il terreno, evidentemente con scopo di protezione. In realtà, nell'attuale rivisitazione dell'agricoltura conservativa, questa dizione va oltremodo stretta, perché fa riferimento esclusivamente alla funzione antierosiva di queste colture mentre i loro compiti agronomico-ambientali sono molti altri e spesso più importanti per le esigenze dell'agricoltura conservativa. Tra questi si citano, ad esempio:

- stabilizzazione della struttura del suolo grazie all'azione della radici che creano macroaggregati;
- produzione e accumulo di sostanza organica;
- captazione e riciclo dei nutrienti e conseguente riduzione delle perdite di nitrati;
- incremento dell'attività biologica del suolo e della biodiversità;
- contrasto all'infestazione da malerbe.

Di seguito, vengono descritte le modalità di conduzione ed i risultati delle diverse attività tecnico-scientifiche condotte all'interno del Piano di Innovazione.

## *AZIONE 1 – Scelta e coltivazione delle colture di copertura e controllo del loro sviluppo*

L'obiettivo di questa azione è consistito nella conduzione di una prova di tipo agronomico della durata di tre anni fondata sull'impiego delle cover crops, su di un appezzamento della dimensione complessiva di quasi 7 ettari e con basso tenore di sostanza organica (1,9% a inizio prova).

### *1.1. Materiali e metodi*

Occupando praticamente tutta la superficie, sono state messe a confronto le seguenti 5 tesi, ciascuna ripetuta 3 volte, in uno schema sperimentale a blocchi randomizzati come nella figura che segue.

- A. Gestione conservativa del suolo con cover crop autunno-vernina base senape-facelia
  - 2016-2017 → avena strigosa 70%, veccia comune 30%
  - 2017-2018 → facelia 80%, senape bruna 20%
  - 2018-2019 → facelia 62%, senape bianca 38%
  
- B. Gestione conservativa del suolo con cover crop autunno-vernina base loiessa-trifogli
  - 2016-2017 → loiessa 48%, trifoglio incarnato 38%, trifoglio di persia 14%
  - 2017-2018 → loiessa 48%, trifoglio incarnato 38%, trifoglio di persia 14%
  - 2018-2019 → loiessa 48%, trifoglio incarnato 38%, trifoglio di persia 14%
  
- C. Gestione conservativa del suolo con cover crop autunno-vernina base segale multicaule
  - 2016-2017 → segale multicaule 42%, avena strigosa 38%, veccia vellutata 10%, trifoglio incarnato 10%
  - 2017-2018 → segale multicaule 100%
  - 2018-2019 → segale multicaule 100%
  
- D. Gestione conservativa del suolo con cover crop autunno-vernina base leguminose
  - 2016-2017 → erba medica a elevata dormienza (classe 3)
  - 2017-2018 → -
  - 2018-2019 → trifoglio alessandrino 32%, trifoglio incarnato 30%, veccia comune 26%, trifoglio di persia 12%
  
- E. Gestione conservativa del suolo senza coltura di copertura (test senza cover)

Sotto la supervisione del responsabile scientifico del progetto prof. Vincenzo Tabaglio ed il coordinamento e collaborazione di Fondazione CRPA, la gestione agronomica è stata condotta dal partner Società Agricola Ciato.

Come era stato concordato, le sementi sono state messe a disposizione dal beneficiario associato Caussade Semences, mentre le seminatrici da sodo dal beneficiario associato Emme Emme.

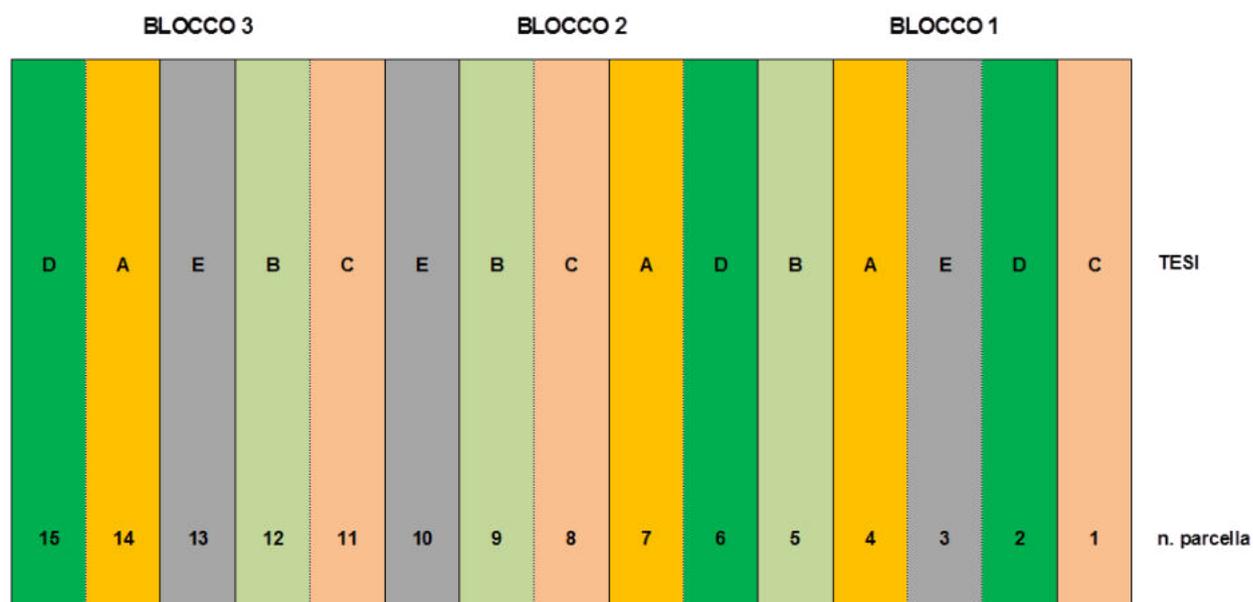


Figura – Schema sperimentale a blocchi randomizzati della prova agronomica condotta presso la Società Agricola Ciato

La rotazione che è stata messa in atto nella prova agronomica ha previsto come colture da reddito delle primaverili-estive, per le quali era maggiormente manifesta l'infestazione da malerbe che si era cronicizzata all'Azienda Ciato. Sono stati coltivati:

anno 2017 - mais da granella (Varietà KAMPONI, Classe FAO 250),

anno 2018 - soia (Varietà MERIDIAN PZO, gruppo 00),

anno 2019 - mais da granella (Varietà KAMPONI, Classe FAO 250).

Le cover crop autunno-vernine sono state seminate ogni anno (2016, 2017, 2018) a fine estate, in precessione alle colture da reddito primaverili-estive, e per questo terminate nel mese di marzo con erbicida disseccante in precessione al mais e nel mese di aprile, in parte con roller crimper (cover base senape-facelia e solo parzialmente la segale multicaule) e in parte con erbicida disseccante in precessione alla soia.

L'erba medica di varietà a elevata dormienza (classe 3) era stata seminata nel mese di settembre 2016 assieme alle altre cover crops, poi riseminata a marzo 2017 a causa del suo mancato affrancamento per ritardata germinazione autunnale dovuta a siccità, danni da insetti e gelo invernale. La presenza dell'erba medica, con piante comunque piccole, è stata significativa solo nei mesi da aprile a giugno 2017 dopo di che tale cover perenne è risultata molto diradata, e per questo sostituita dalle leguminose annuali nel terzo anno di progetto.

L'estrema siccità che ha caratterizzato il primo anno di lavoro (fine 2016 e 2017), oltre ad aver contribuito al mancato attecchimento della prima semina di erba medica, ha penalizzato le produzioni vegetali delle cover crops autunno-vernine e del mais.

A luglio 2017 è saltato un intervento irriguo e questo ha ulteriormente penalizzato le rese del mais, inoltre le temperature estreme registrate nella seconda parte dello stesso mese di luglio ed ai primi di agosto hanno fatto sì che le piante di mais si siano essiccate in tempi assai rapidi, costringendo ad anticipare la raccolta al giorno 8 agosto 2017.

Gli interventi irrigui sono stati condotti seguendo le indicazioni del programma Irrinet, inoltre nel corso delle stagioni estive è stato ripetutamente determinato il contenuto di acqua su campioni di terreno delle diverse parcelle, per una migliore pianificazione e controllo delle pratiche irrigue.

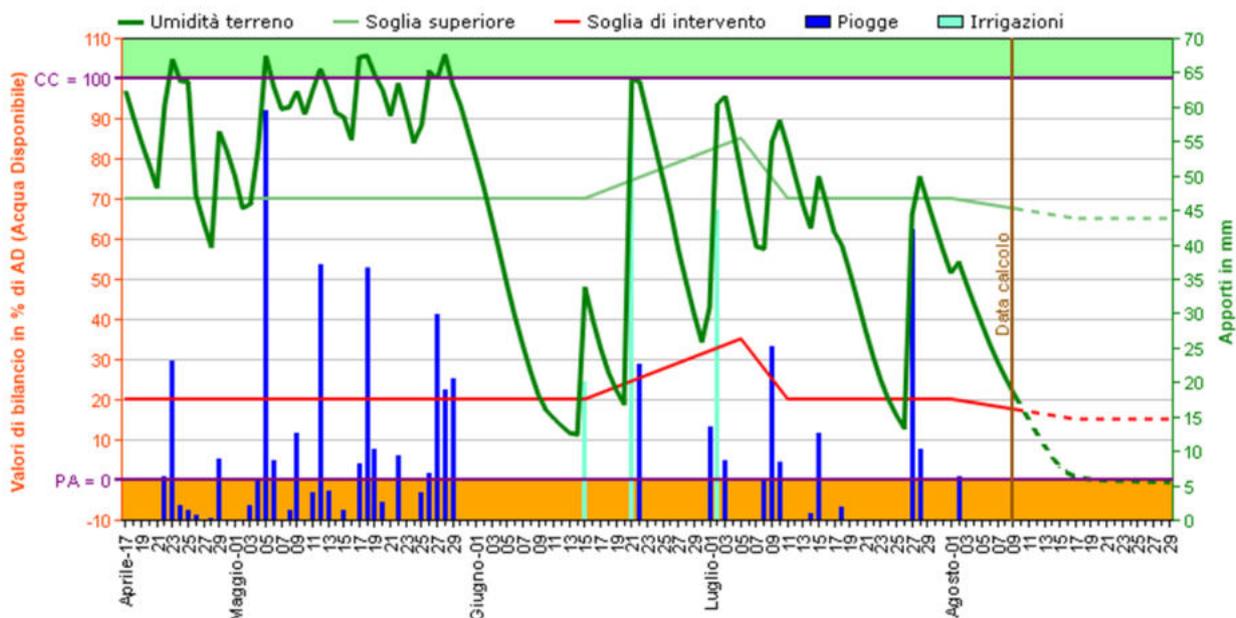


Figura – Grafico riferito alla gestione degli interventi irrigui con il programma Irrinet, mais da granella 2019

### 1.2. Risultati della prova agronomica

Di seguito si riportano i grafici con le produzioni di granella per le coltivazioni primaverili-estive, espresse in t/ha di granella all'umidità commerciale (14%).

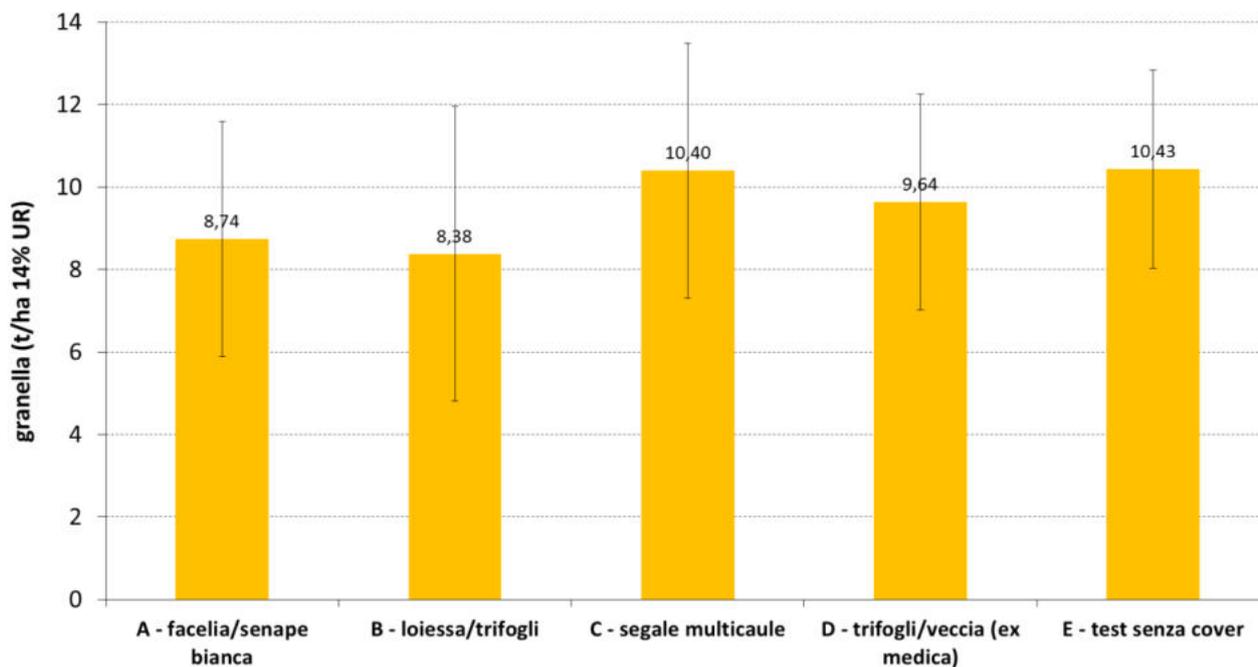


Figura – Rese di granella di mais ad umidità commerciale, primo anno (2017)

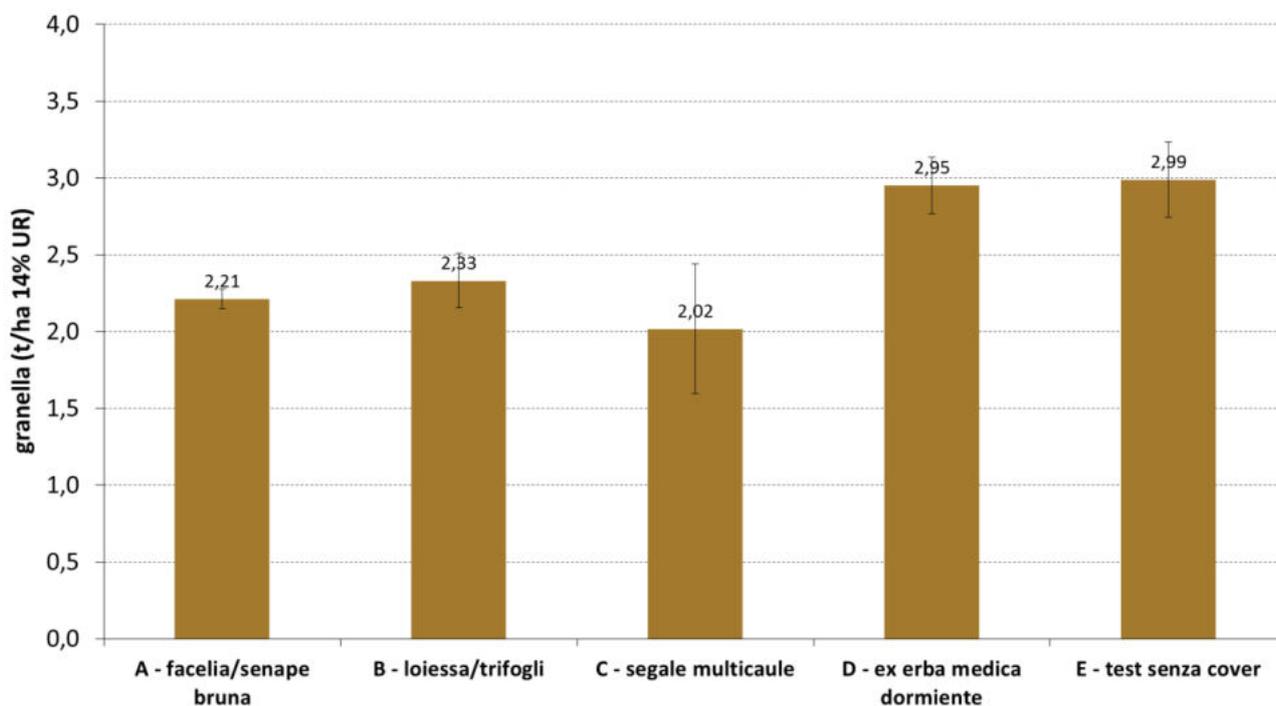


Figura – Rese di granella di soia ad umidità commerciale, secondo anno (2018)

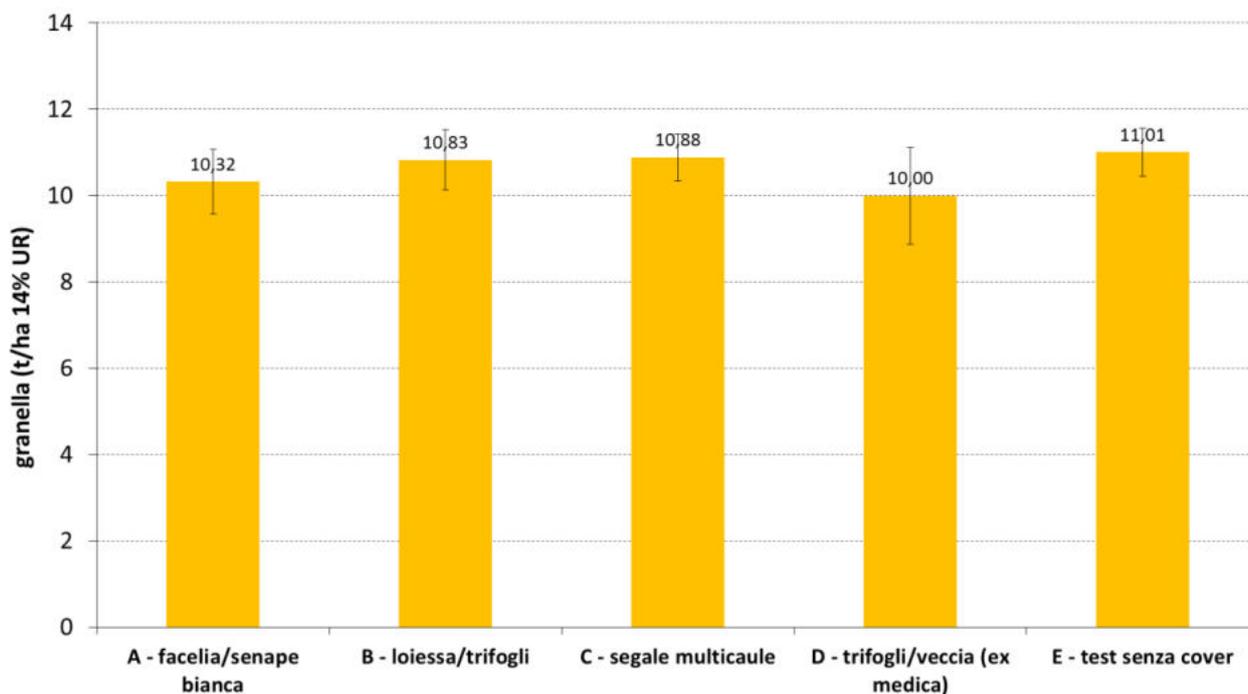


Figura – Rese di granella di mais ad umidità commerciale, terzo anno (2019)

Di fatto è risultato possibile coltivare su sodo le colture primaverili-estive, con risultati produttivi alterni, piuttosto buoni per il mais e più scarsi per la soia. Nell’arco del triennio si è notata una crescente ‘propensione’ del terreno ad ospitare le coltivazioni su sodo e in effetti le migliori produzioni sono state ottenute al terzo anno (2019).

Una criticità da evidenziare sono state infestazioni di limacce che hanno caratterizzato l’avvio della coltivazione di soia e che ne hanno parzialmente penalizzato le rese nonostante siano state controllate somministrando fosfato ferrico in microgranuli.

Sulle granelle di mais sono state determinate le concentrazioni di aflatossine B1 e B2 senza riscontrare valori oltre i limiti di legge, e comunque con i valori più bassi al terzo anno di prove.

Oltre alle produzioni vegetali delle colture da reddito sono state determinate anche le produzioni di biomassa epigea delle cover crops, riuscendo quindi a quantificare anche il loro recupero di azoto e fosforo, come riportato nelle due tabelle che seguono, rispettivamente per le annualità 2018 e 2019, in quanto nel 2017 le produzioni di biomassa delle cover crops erano state decisamente scarse per i motivi già riferiti.

2018	t SS/ha	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
Senape - facelia	3,12	75	28
Loiessa - trifogli	3,66	76	31
Segale multicaule	3,27	68	32

Tabella – Produzioni di biomassa e recupero di nutrienti delle cover crops, rilievi del 18/04/2018

2019	t SS/ha	kg N/ha	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
<b>Senape - facelia</b>	1,42	32	15
<b>Loiessa - trifogli</b>	1,44	27	8
<b>Segale multicaule</b>	1,68	37	13
<b>Trifogli - veccia</b>	0,84	23	6

Tabella – Produzioni di biomassa e recupero di nutrienti delle cover crops, rilievi del 20/03/2019

Le determinazioni condotte sia sulle cover crops che alla raccolta delle coltivazioni primaverili-estive, con quantificazione delle produzioni di granella per ciascuna parcella e prelievo di campioni di granella e residui per le analisi di laboratorio, condotte dal laboratorio della Fondazione CRPA, hanno permesso di redigere un bilancio dell'azoto per il triennio di prove i cui valori aggregati vengono riportati nella tabella che segue.

	Apporti nel triennio	Asportazioni granelle	IN - OUT	In residui colturali	In cover crops	Totale 'ricircolato'
<b>Senape - facelia</b>	594	363	<b>231</b>	128	107	<b>235</b>
<b>Loiessa - trifogli</b>	594	381	<b>213</b>	141	103	<b>244</b>
<b>Segale multicaule</b>	594	389	<b>205</b>	128	105	<b>233</b>
<b>Trifogli - veccia</b>	594	416	<b>178</b>	137	23	<b>160</b>
<b>Test no cover</b>	594	454	<b>140</b>	158	-	<b>158</b>

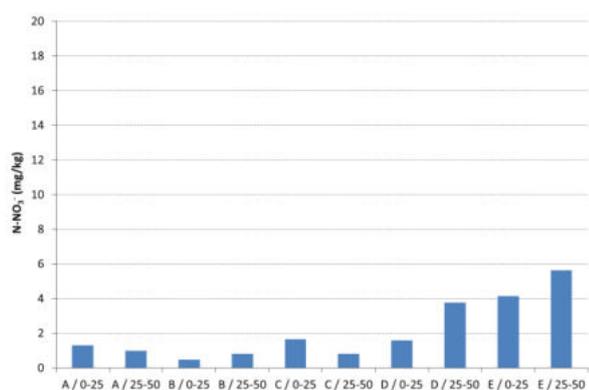
Tabella – Bilanci dell'azoto per il triennio di prove, per ciascuna delle 5 tesi a confronto

Le cover crops permettono di produrre sostanza organica utile alla fertilità e funzionalità del suolo e di contribuire al recupero e riciclo di nutrienti. A fronte di differenze tra apporti di azoto e asportazioni dovute a granelle, variabili tra 140 e 230 kg/ha nel triennio, i residui colturali lasciati al campo (foglie, stocchi e tutoli di mais, foglie e fusti di soia) hanno permesso un "ricircolo" di circa 130-160 kg/ha e le cover crops oltre 100 kg/ha, portando praticamente in pareggio il bilancio tra apporti e asportazioni.

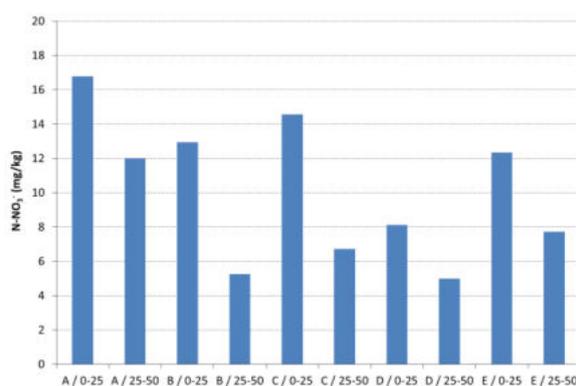
Per valutare la dinamica dell'azoto nel suolo sono stati effettuati dei prelievi periodici di terreno dagli strati 0-25 e 25-50 cm, per ciascuno dei 15 parcelloni, dopo aver terminato le cover crops (e quindi in presemina a mais e soia) e alla raccolta delle primaverili-estive, per l'analisi dell'azoto nitrico. I grafici che seguono illustrano i tenori di azoto nitrico rilevati alle diverse date.

È utile fare un confronto con le tre classi di concentrazioni individuate dall'ERSAF Lombardia (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste), rispettivamente pari a  $\leq 20$  mg/kg (normale), tra 20-45 mg/kg (medio-alto) e  $>45$  mg/kg (molto alto) a cui sono stati riferiti i dati di un esteso monitoraggio dei terreni condotto in Lombardia in relazione all'applicazione della Direttiva Nitrati. I terreni esaminati nella prova agronomica di cover Agroecologiche hanno raggiunto valori massimi di soli 16 mg/kg ed i valori più bassi sono generalmente stati riscontrati nelle parcelle con cover crops e nello strato più profondo, a testimoniare di un efficiente utilizzo dell'azoto.

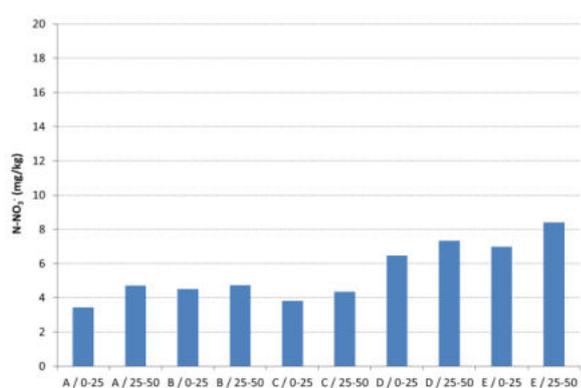
30 mar 2017



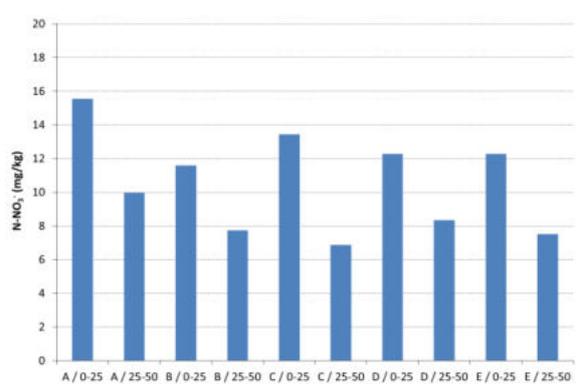
05 set 2017



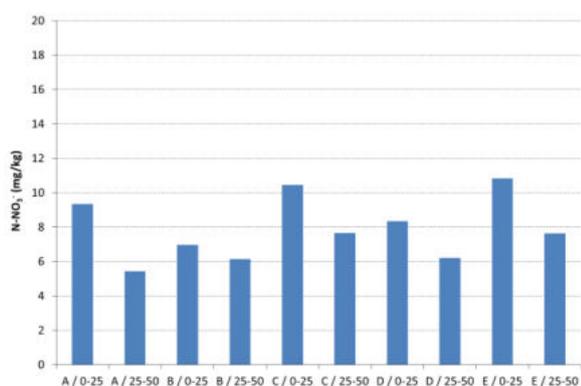
23 mag 2018



26 ott 2018



25 mar 2019



13 set 2019

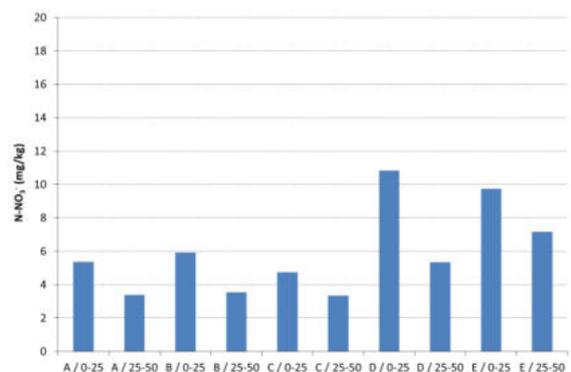


Figura – Concentrazioni di azoto nitrico nei terreni, rilevate in presemina (sx) e dopo la raccolta (dx) delle colture primaverili-estive

## AZIONE 2 – Valutazione degli effetti sul suolo e della sostenibilità economica ed ambientale

In questa azione è stata condotta un'attività di monitoraggio degli effetti di tipo pedologico ed ambientale per i diversi trattamenti a confronto. Tale monitoraggio, assieme alla registrazione e determinazione degli input energetici e di mezzi tecnici è risultato anche funzionale alla valutazione della Impronta del carbonio dei sistemi a confronto ed alla valutazione della loro sostenibilità economica.

### 2.1. Effetti sulla qualità del suolo

All'inizio del progetto (autunno 2016) è stato effettuato un campionamento di terreno prelevando 3 campioni rappresentativi, poi riunificati, per ogni parcellone, alla profondità di 30 cm. Il terreno prelevato è stato analizzato al fine di determinarne le principali caratteristiche chimico-fisiche, riassunte nella seguente tabella.

Tessitura	Sabbia (g kg <sup>-1</sup> )	Limo (g kg <sup>-1</sup> )	Argilla (g kg <sup>-1</sup> )	pH in acqua	S.O. (g kg <sup>-1</sup> )	NTK (g kg <sup>-1</sup> )	P assimil. (mg kg <sup>-1</sup> )	K scamb. (mg kg <sup>-1</sup> )
Franco - argillosa	339	369	292	6,5	19	11	34	131

Tabella - Caratterizzazione analitica iniziale del terreno dell'azienda Ciato sede della prova

Il terreno dell'azienda Ciato all'inizio del periodo progettuale presentava un tenore di sostanza organica (SO) che, in funzione del contenuto di argilla, lo faceva classificare come “scarsamente dotato”. La dotazione di macro-elementi (NPK) era invece buona. Il discreto contenuto di sabbia, mentre da un lato ne facilita l'arieggiamento e il drenaggio, dall'altro favorisce i processi di ossidazione a carico della sostanza organica, a scapito di quelli di umificazione.

Per valutare gli effetti dell'agricoltura conservativa abbinata alla coltivazione delle cover crops sulla qualità del suolo sono stati successivamente presi in considerazione ed analizzati diversi parametri della fertilità. La fertilità del terreno agrario, infatti, può essere valutata tramite l'impiego di indicatori fisici (indice di stabilità strutturale) e chimici (sostanza organica), che nella prova in oggetto sono stati determinati per gli strati 0-5, 5-15 e 15-30 cm. Ulteriori validi indicatori dello stato di salute del suolo sono gli indici di fertilità biologica, QBS-ar e n° di lombrichi per metro quadro, determinati rispettivamente nei primi 10 e 20 cm di terreno. Tutte le analisi sono state effettuate nel laboratorio dell'Area Agronomia del DI.PRO.VE.S. presso l'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza.

### Fertilità fisica

La struttura influenza in modo determinante molti aspetti chimici, fisici e biologici del terreno, tra cui: flussi idrici, ritenzione e disponibilità degli elementi nutritivi, densità apparente, decomposizione della sostanza organica e proliferazione dei microorganismi. La presenza di residuo colturale sulla superficie del terreno, oltre a fornire una protezione dall'azione battente dell'acqua e dai fenomeni erosivi, nonché attenuare gli effetti del calpestamento, genera un aumento dell'input di materia organica nei primi strati, che funge da nutrimento per la micro- e meso-fauna del suolo (microartropodi e lombrichi). L'aumento della sostanza organica stabile e la riduzione dello shock meccanico dovuto alle lavorazioni favoriscono l'aggregazione delle particelle che compongono il terreno, portando alla formazione di aggregati stabili. Favorire la stabilità degli aggregati consente di migliorare la fertilità del suolo, accrescerne la produttività agronomica, aumentarne la porosità e diminuire il rischio di erosione.

L'indice di struttura (IS) rappresenta la % di macro-aggregati (aggregati aventi diametro compreso tra 1 e 2 mm) che non vengono degradati dall'azione dell'acqua ed è un ottimo indicatore del grado di stabilità della struttura del terreno.

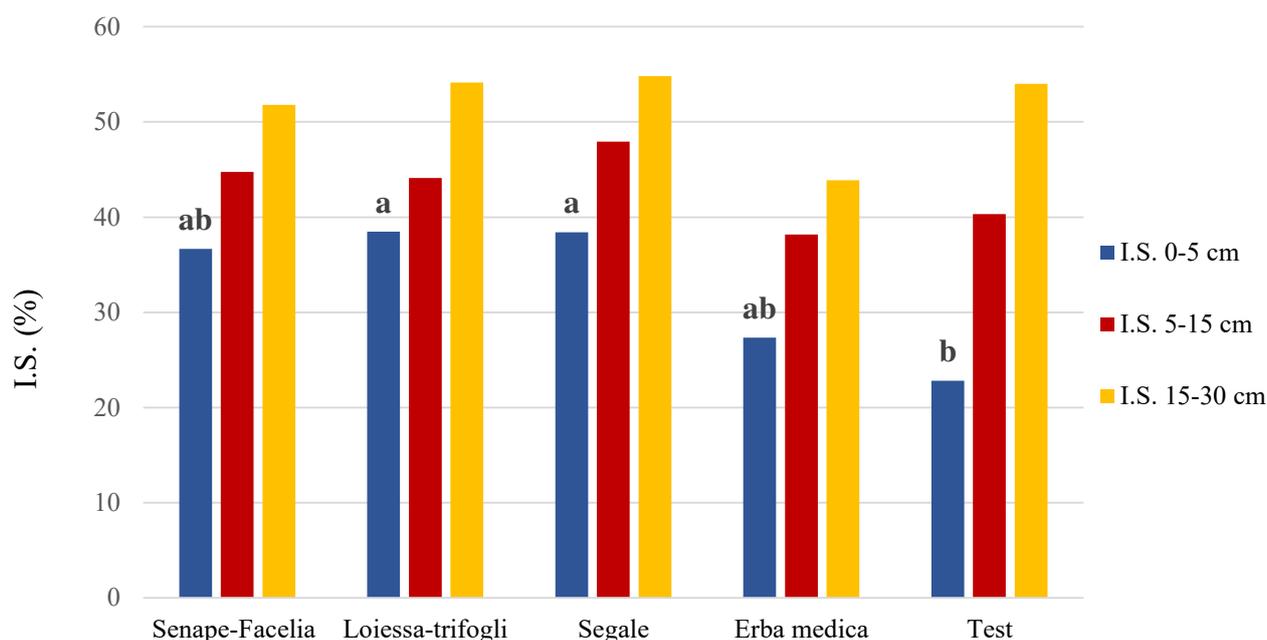


Figura - Indice di stabilità strutturale (IS%) del terreno alla fine del triennio di prova (2019). A lettere diverse corrispondono valori statisticamente differenti, secondo il test di Tukey ( $\alpha < 0,05$ ).

Dopo tre anni di coltivazione delle cover crops, si è assistito ad un aumento delle stabilità strutturale nei primi 5 cm di suolo, che rappresentano lo strato maggiormente interessato dal decadimento della struttura, a causa del ripetuto passaggio di macchine agricole e dell'azione battente delle precipitazioni. In particolare, le cover crops a base di graminacee (segale e loiessa-trifogli), dotate

di un ampio apparato radicale fascicolato, hanno evidenziato un maggior incremento dell'indice di stabilità strutturale (+65%), rispetto al testimone senza cover. Negli strati inferiori, dove la stabilità degli aggregati è maggiore rispetto allo strato superficiale, non si sono riscontrate differenze statisticamente significative.

### *Fertilità chimica*

L'eliminazione dell'aratura e delle lavorazioni rovescianti porta ad un minore arieggiamento degli strati inferiori del suolo, proteggendo la sostanza organica dalla mineralizzazione e favorendone la trasformazione in humus. Inoltre, le cover crops costituiscono una fonte continua di materia organica fresca che viene lasciata sulla superficie del terreno e che sarà destinata ad essere incorporata grazie all'azione della fauna edafica, in particolar modo dei lombrichi.

La sostanza organica (SO) esplica diverse funzioni nel terreno, tra le quali di particolare importanza è la funzione nutritiva: la SO infatti rende maggiormente disponibili per le piante l'azoto (N), il fosforo (P) e il potassio (K). Il P e il K, in particolare, quando legati alle componenti umiche risultano più facilmente utilizzabili dalle piante rispetto a quando legati alle argille. La SO rappresenta anche la principale fonte nutritiva per la fauna del suolo e riveste un'importante funzione miglioratrice sulle caratteristiche del terreno: condiziona la stabilità strutturale, riduce la coesione e la plasticità, aumenta il potere di imbibizione e la capacità di scambio cationico.

In tabella è mostrata la concentrazione di SO nei vari strati del terreno nell'autunno 2019, al termine del triennio progettuale.

Cover crop	S.O. 0-5 cm (g kg <sup>-1</sup> )	S.O. 5-15 cm (g kg <sup>-1</sup> )	S.O. 15-30 cm (g kg <sup>-1</sup> )
Senape/Facelia	22,9	19,7	18,2
Loiessa/Trifogli	21,8	18,6	17,2
Segale	21,7	19,9	18,6
Erba medica	21,9	19,1	18,5
Test	20,9	18,5	17,6

*Tabella - Tenore di sostanza organica a fine prova (autunno 2019) nei vari strati di terreno: 0-5; 5-15 e 15-30 cm*

Non sono apprezzabili differenze significative tra le varie tesi oggetto di indagine. Tuttavia, si può vedere come, rispetto al test senza cover, nella tesi Senape/Facelia, il tenore di SO nello strato superficiale del terreno (0-5 cm) sia di 2 g kg<sup>-1</sup> maggiore, pari a circa il 10% in più. Anche per tutte le altre cover crops, si osserva una tendenza all'aumento della concentrazione di SO nel primo strato, pari a circa 1 g kg<sup>-1</sup>, ossia circa il 4% in più. La stessa tendenza è riscontrabile anche negli strati inferiori, dove si può notare come tutte le cover (ad eccezione di Loiessa/Trifogli nello strato 15-30 cm) presentino tenori di SO maggiori rispetto al test, seppur non statisticamente significativi.

Nella seguente tabella è riportata la variazione del tenore di SO rispetto all'inizio della prova (autunno 2016).

Cover crop	autunno 2016 (g kg <sup>-1</sup> )	autunno 2019 (g kg <sup>-1</sup> )	Variazione %
Senape/Facelia	18,5	19,5	+5 %
Loiessa/Trifogli	17,9	18,4	+3 %
Segale	19,6	19,6	=
Erba medica	19,7	19,3	-2 %
Test	18,6	18,5	=

*Tabella - Variazione della sostanza organica nello strato 0-30 cm rispetto all'inizio della prova*

In due dei cinque trattamenti considerati (Senape/Facelia e Loiessa/Trifogli) la concentrazione di S.O. nei primi 30 cm di terreno è aumentata rispettivamente del 5 e del 3%, a confronto con l'inizio della prova. Per il testimone senza cover e la Segale il tenore di SO è rimasto sostanzialmente lo stesso, mentre per l'erba medica (poi leguminose annuali) questo è leggermente diminuito, probabilmente a causa del ridotto sviluppo della cover. Questi dati, seppur non significativi dal punto di vista statistico, sono indicativi dei benefici apportati dalle pratiche agricole conservative in termini di fertilità chimica del terreno, fertilità che richiede tempi sicuramente più lunghi di tre anni al fine di stabilizzarsi. Ciò anche in considerazione del basso livello di SO rilevato ad inizio della prova che, come indicato in tabella, era pari a 19 g kg<sup>-1</sup>.

Cover crop	C totale estraibile –TEC (g kg <sup>-1</sup> )	Acidi umici e fulvici (g kg <sup>-1</sup> )	Indice di umificazione
Senape/Facelia	19,0	11,2	0,70
Loiessa/Trifogli	17,8	10,3	0,73
Segale	18,8	11,2	0,68
Erba medica	18,9	10,8	0,75
Test	17,1	9,9	0,73

*Tabella - Determinazione della qualità della sostanza organica: C totale estraibile; acidi umici e fulvici e indice di umificazione a fine prova (2019) nello strato 0-30 cm*

Al fine di determinare la qualità della sostanza organica e l'indice di umificazione, la sostanza organica viene separata in una frazione contenente il carbonio estraibile (TEC) e in una ancora intimamente legata alla fase minerale, l'umina (HU). Dal TEC si determinano successivamente gli acidi umici (HA) e gli acidi fulvici (FA). Questa determinazione permette di calcolare l'indice di umificazione, che è un parametro adimensionale che indica il rapporto tra la sostanza organica estratta non umificata (calcolata dalla differenza [TEC-(HA+HF)]) e quella umificata (HA+HF). L'indice oscilla tra 0 e 1 ed è tanto più basso quanto più i processi di umificazione prevalgono su quelli di mineralizzazione.

Le analisi sono state eseguite presso il laboratorio della Fondazione CRPA.

Anche in questo caso, come indicato in Tabella, in tutte le tesi in cui sono state coltivate le cover crops, si può osservare un maggior contenuto sia di C estraibile, sia di acidi umici e fulvici, seppur non siano riscontrabili differenze statisticamente significative tra le tesi. L'indice di umificazione è simile per tutte le tesi, indice del fatto che nel terreno dell'azienda Ciato la mineralizzazione della sostanza organica prevalga a scapito dell'umificazione.

### Fertilità biologica

La valutazione della fertilità biologica si è basata sulla determinazione della biodiversità edafica, grazie all'utilizzo dell'indice QBS-ar e del numero di lombrichi nel terreno. L'indice QBS-ar permette di valutare la qualità biologica dei suoli sulla base dell'analisi dei microartropodi edafici viventi nei primi 10 centimetri di profondità del suolo, dove si concentrano maggiormente le loro attività. L'indice QBS-ar si basa sull'assunto che i gruppi di microartropodi particolarmente adattati alla vita edafica sono presenti se l'ecosistema suolo non è disturbato da attività antropiche. Maggiore è il valore dell'indice QBS-ar, maggiore sarà la presenza di unità sistematiche adattate al suolo, le più vulnerabili in caso di disturbo. Il numero di lombrichi viene determinato invece su un campione di suolo delle dimensioni di 20x20x20 cm.

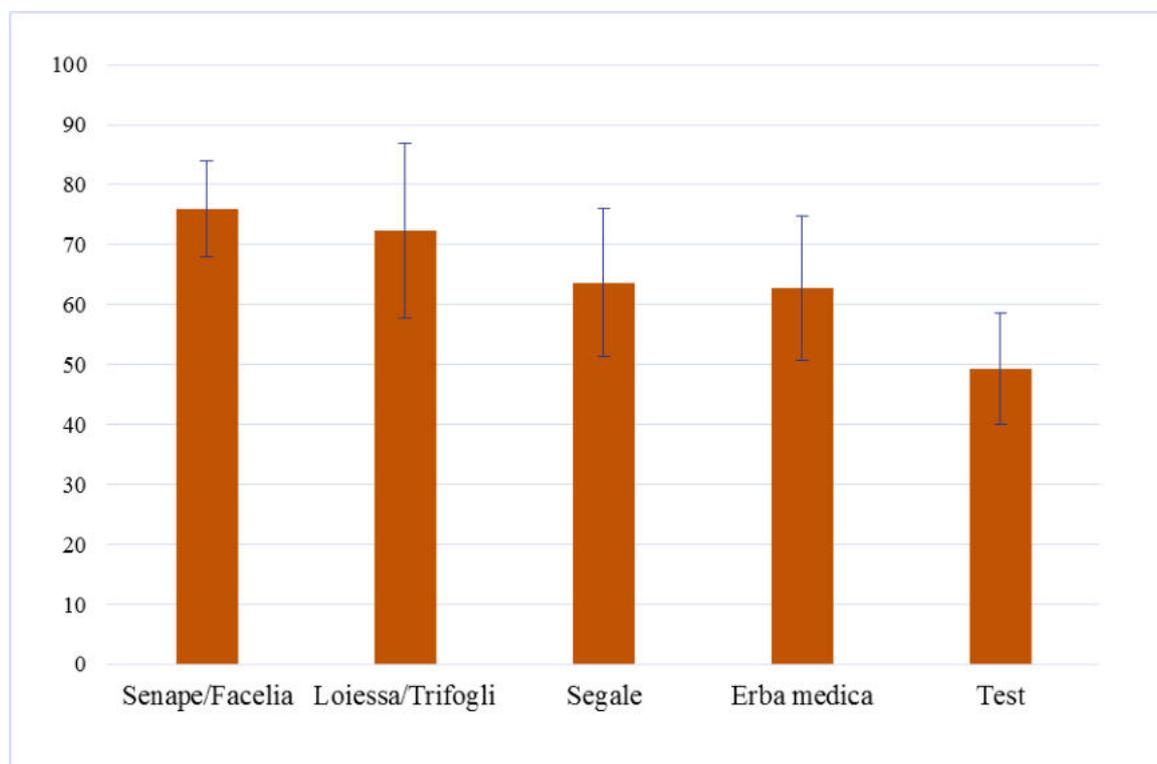


Figura - Indice QBS-ar del terreno alla fine del periodo di prova. Dati medi  $\pm$  deviazione standard

Come si può vedere dal grafico, l'analisi statistica non ha rilevato differenze significative tra le tesi, anche a causa della elevata variabilità riscontrata tra le repliche considerate. Nonostante ciò, si può notare come nel test il valore di QBS-ar tendesse ad essere inferiore. La presenza di un maggior quantitativo di biomassa sia epigea ma, soprattutto, ipogea dovuta alle radici delle cover crops, che rimangono in situ e non vengono distrutte dalle lavorazioni, garantisce un habitat migliore per la microfauna edafica, la quale partecipa attivamente alla degradazione della materia organica e alla sua incorporazione negli aggregati strutturali.

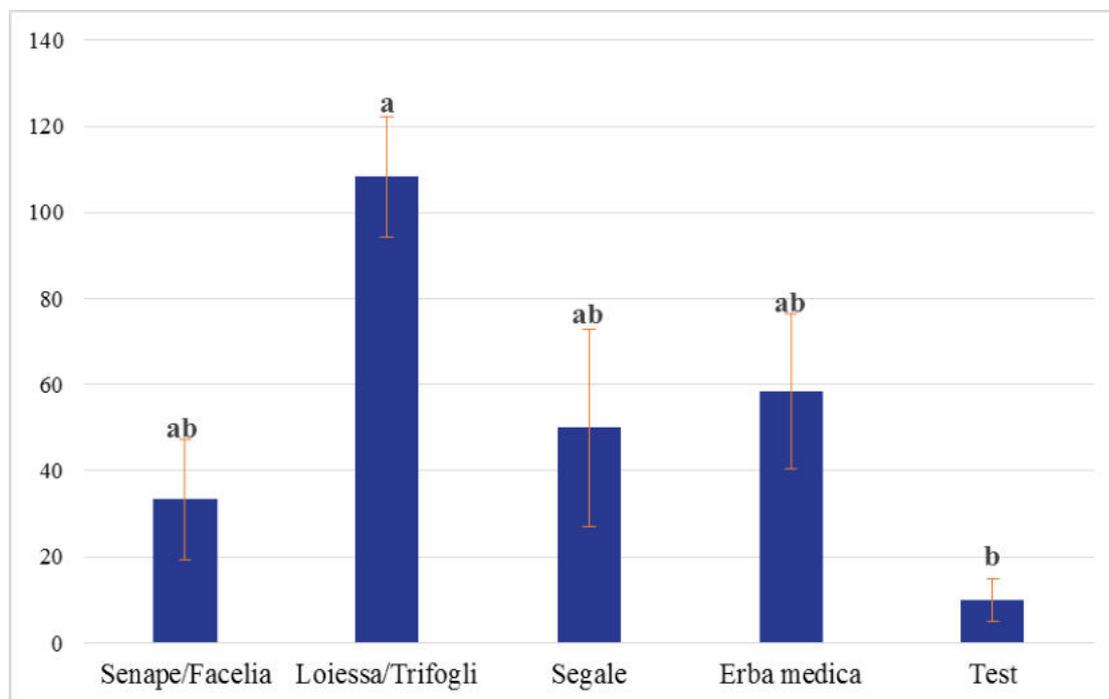


Figura - Numero lombrichi per metro quadro alla fine del triennio di prova. Dati medi  $\pm$  deviazione standard. A lettere diverse corrispondono valori statisticamente differenti, secondo il test di Tukey ( $\alpha < 0,05$ ).

Nel grafico si può vedere come l'analisi statistica abbia evidenziato la presenza di un maggior numero di lombrichi m<sup>-2</sup> nella tesi Loiessa/Trifogli, mentre le altre cover crops non sono risultate differenti dal testimone, seppure i valori fossero più che doppi. Questo è dovuto alla grande variabilità riscontrata all'interno del campo, testimoniata dagli elevati valori di deviazione standard rispetto alle medie. Anche in questo caso comunque, il maggior input di materia organica dovuto alla biomassa, sia epigea che ipogea, delle cover crops ha garantito una maggiore disponibilità di nutrimento per i lombrichi, condizionando l'abbondanza della popolazione. I lombrichi, definiti anche "ingegneri del terreno", sono tra i principali attori della decomposizione della materia organica, che grazie alla loro attività viene sminuzzata ed incorporata negli strati inferiori del terreno.

In sintesi, nell'agrosistema conservativo nel quale si sono praticate la non lavorazione, la copertura permanente del suolo e gli opportuni avvicendamenti colturali, si è osservata una tendenza all'incremento del tenore di sostanza organica, un effettivo consolidamento della stabilità strutturale del terreno negli strati superficiali e un'augmentata diversità e attività della micro e meso-fauna pedologiche, attori fondamentali della trasformazione della materia organica nel terreno.

## 2.2. Valutazione della sostenibilità ambientale

L'impatto ambientale è stato valutato attraverso la quantificazione della impronta carbonica delle produzioni, utilizzando la metodologia LCA (Life Cycle Assessment, Analisi del ciclo di vita), che si basa su un approccio globale, che tiene conto di tutti i processi di produzione. Si tratta di una metodologia ampiamente utilizzata per identificare le più significative fasi di emissione e di uso di risorse all'interno di un processo produttivo.

La valutazione è stata svolta seguendo la metodologia della Life Cycle Assessment [LCA, norme ISO della serie 14040 - 14044] che permette di individuare i diversi impatti in relazione alle fasi e ai processi del ciclo di vita del prodotto analizzato.

La analisi LCA richiede che siano chiaramente individuati l'obiettivo e i confini dello studio, definendo anzitutto l'unità di riferimento rispetto alla quale vengono valutati gli impatti. In questo studio sono state considerate due diverse unità di riferimento: l'ettaro di superficie coltivata e la resa produttiva delle colture (in t di granella al 14% di umidità), cioè la impronta carbonica viene espressa in kg CO<sub>2</sub>eq/ha e in kg CO<sub>2</sub>eq/t di prodotto.

I confini del sistema analizzato hanno incluso tutti gli input di materiali necessari alle coltivazioni negli anni della prova (sementi, fertilizzanti, agrofarmaci, mezzi tecnici, energia, etc.) e si sono fermati al cancello della produzione aziendale (*cradle to gate*) senza considerare i processi a valle, quali trasporti ed eventuali trasformazione dei prodotti.

Con impronta di carbonio si intende la somma di tutte le emissioni di gas serra correlate alle diverse produzioni evidenziandole in termini di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente. La CO<sub>2</sub> equivalente è la unità di misura che permette una quantificazione aggregata di tutti i gas che di fatto contribuiscono all'effetto serra e che, per le produzioni agricole, sono, oltre alla CO<sub>2</sub>, il metano (CH<sub>4</sub>) e il protossido di azoto (N<sub>2</sub>O).

In accordo a quanto indicato nella ISO 14067 nella quantificazione del Carbon Footprint si sono convertiti i gas serra non-CO<sub>2</sub> in CO<sub>2</sub>eq, adottando i più recenti GWP (Global Warming Potential, in italiano potenziale di riscaldamento globale) a 100 anni, ossia quelli dell'AR5 di IPCC 2013, che sono per metano (CH<sub>4</sub>) GWP100 = 28, e per protossido di azoto (N<sub>2</sub>O) GWP100 = 265.

Nel calcolo della impronta carbonica sono state considerate le emissioni di gas serra associate sia alle operazioni che avvengono in campagna, quali i consumi di carburanti e le emissioni di N<sub>2</sub>O dovute alle fertilizzazioni azotate organiche e minerali, sia le emissioni dovute alla produzione dei mezzi tecnici impiegati: i carburanti, i fertilizzanti chimici, gli erbicidi, le sementi.

Negli studi LCA vengono di norma utilizzati software di calcolo che consentono di organizzare ed elaborare i dati in modo coerente, di ricorrere a banche dati internazionalmente condivise e di utilizzare diversi metodi di valutazione dei risultati. Nel lavoro si è utilizzato il programma SimaPro 8.4.0.0, con l'utilizzo della banca dati Ecoinvent per la quantificazione degli impatti dei processi "secondari", quei processi produttivi, cioè, per i quali non è possibile raccogliere i dati direttamente.

- Carburanti

Per il calcolo dell'impronta carbonica delle operazioni colturali delle macchine agricole è stato considerato il consumo di carburante, utilizzando lo stesso dato già calcolato per i costi di esercizio e moltiplicando tale valore per il fattore di emissione del gasolio quantificato in 3,652 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di gasolio, comprensivo delle emissioni derivate dalla combustione, dalla estrazione e della raffinazione.

- Sementi, concimi, agrofarmaci

Sono state considerate le emissioni derivanti dalla produzione del seme utilizzato per le semine, dalle produzioni dei concimi e degli erbicidi e dalle emissioni in campo dirette ed indirette dei concimi sia organici che minerali.

Per le sementi si è utilizzato un dato presente in banca dati Ecoinvent, che, ad esempio, per la produzione del seme di mais stima 2,15 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di semente e 3,85 kg CO<sub>2</sub>eq/kg per la soia

Per gli agrofarmaci è stato utilizzato l'impatto dovuto alla produzione di una unità di principio attivo riportato in banca dati (Pesticide, unspecified), pari a 9,27 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di principio attivo.

Anche per la produzione dei concimi si è utilizzato il dato di banca dati, sempre ad esempio quello riferito all'urea pari a 3,23 kg CO<sub>2</sub>eq/kg di concime.

Le emissioni di protossido di azoto dovute all'utilizzo dei fertilizzanti sia di sintesi che organici sono state calcolate come emissioni dirette ed indirette, secondo la metodologia IPCC 2006.

Le emissioni dirette sono emissioni di N-N<sub>2</sub>O prodotto a seguito della somministrazione nel terreno di azoto contenuto nei concimi minerali e organici mentre le emissioni indirette derivano da deposizioni atmosferiche di NH<sub>3</sub> e NO<sub>x</sub> e dalle specie azotate che si riscontrano nelle acque di ruscellamento e percolazione.

Nel caso dei fertilizzanti di sintesi alle emissioni di N<sub>2</sub>O che avvengono in campo a seguito del loro utilizzo vanno aggiunte le emissioni dovute alla loro produzione. Per la quantificazione delle emissioni alla produzione ci siamo avvalsi, come indicato in precedenza, dei dati contenuti nella banca dati Ecoinvent.

Di seguito si riportano i processi utilizzati per le emissioni alla produzione di fertilizzanti, agrofarmaci e sementi:

1 kg Calcium nitrate {RER}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Phosphate fertiliser, as P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> {RER}| diammonium phosphate production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Nitrogen fertiliser, as N {RER}| monoammonium phosphate production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Urea, as N {RER}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Pesticide, unspecified {RER}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Grass seed, Swiss integrated production, for sowing {CH}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Clover seed, Swiss integrated production, for sowing {RoW}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Rye seed, for sowing {GLO}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Soybean seed, for sowing {RoW}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

1 kg Maize seed, for sowing {GLO}| production | Alloc Def, U (of project Ecoinvent 3 - allocation, default - unit)

Diesel {RER}| market group for | Alloc Def, U

Sono stati confrontate le quattro tesi con differenti cover crops con la tesi di controllo senza cover crops:

- senape-facelia,
- loiessa-trofogli,
- segale,
- leguminose (erba medica),
- test senza cover.

La rotazione colturale oggetto delle prove ha previsto l'avvicendamento mais/soia/mais intercalato dalle cover crops.

La tesi di controllo senza cover presenta le maggiori rese, superiori di circa il 10% rispetto alle produzioni delle tesi con cover.

Per il calcolo della impronta carbonica riferita al prodotto si è utilizzata la resa complessiva del triennio, in granella al 14% di umidità.

I valori di produzione delle colture e della impronta carbonica determinati per i tre anni di prova nelle 5 tesi sono riassunti nella tabella e grafico seguenti.

I risultati sono riportati con riferimento alle due unità funzionali: la superficie in ettari e la produzione in kg di prodotto al 14% di umidità, cioè kg CO<sub>2</sub>eq/ha e kg CO<sub>2</sub>eq/kg di prodotto (mais-soia) raccolto negli anni delle prove.

Test:	Senape-facelia	Loiessa-trifogli	Segale	Erba medica	Test
Produzioni t mais-soia/ha	21,27	21,54	23,30	22,59	24,43
kg CO <sub>2</sub> eq/ha	5868	5913	5852	5842	4670
kg CO <sub>2</sub> eq/kg prodotto	0,276	0,275	0,251	0,259	0,191

*Tabella – Rese produttive del triennio e impronta carbonica delle diverse tesi a confronto*

Le emissioni di gas serra delle 4 tesi con le cover sono risultate fra loro molto simili e tutte superiori alla tesi senza cover, che presenta i minori impatti soprattutto a causa del minor numero di operazioni colturali richieste nella gestione agronomica.

Il vantaggio delle cover crops dal punto di vista ambientale è soprattutto attribuibile al potenziale di sequestro di carbonio che la prolungata copertura vegetale del terreno e gli apporti di sostanza organica ipogea ed epigea delle cover crops dovrebbero consentire.

La copertura vegetale ritarda, infatti, il tempo di mineralizzazione della sostanza organica grazie all'azione protettiva degli aggregati del terreno che non vengono più distrutti dalle lavorazioni, né esposti alla pioggia quando il terreno è nudo.

Secondo la metodica dell'IPCC tale vantaggio è stato quantificato in 7963 kg di CO<sub>2</sub>eq/ha/3 anni per la tesi senape-facelia, 4645 kg di CO<sub>2</sub>eq/ha/3 anni per loiessa-trifogli. Nessun sequestro di Carbonio nei tre anni di prova per la tesi medica e le parcelle senza cover crop.

Considerando i dati del monitoraggio della sostanza organica già presentati e una densità apparente del terreno di 1,3 t/m<sup>3</sup> è stato possibile determinare gli stock di sostanza organica e, conseguentemente, di carbonio organico (S.O. = 1,724 C.O.) dello strato 0-30 cm. Le variazioni di carbonio organico si traducono in CO<sub>2</sub> tenendo conto dei rispettivi pesi molecolari (1 kg C\*44/12 = 3,67 kg CO<sub>2</sub>).

In Tabella 4 vengono riportate le variazioni sui tre anni di prova del contenuto di carbonio del suolo e della corrispondente emissione/sequestro di CO<sub>2</sub>.

Si hanno 3.9 t/ha di terreno nei primi 30 cm. (0,3\*100\*100\*1,3). Prendendo come riferimento per la quantità di carbonio organico C.O. contenuto nella S.O. il fattore di Van Bemmelen (S.O. = 1,724 C.O.) (Jackson, 1965) in tabella 5 vengono riportate le variazioni di quantità di carbonio organico e di conseguenza le quantità di CO<sub>2</sub> (kg C\*44/12) rilevate nei tre anni di prova.

Valori triennio 2016-2019	kg C organico/ha	kg CO <sub>2</sub> ha
senape-facelia	+2172	+7963
loiessa-trifogli	+1267	+4645
segale	-90	-332
leguminose (erba medica)	-973	-3567
test senza cover	-362	-1327

*Tabella - Variazioni sui tre anni di prova del contenuto di carbonio del suolo e della corrispondente emissione/sequestro di CO<sub>2</sub>*

Nei grafici che seguono vengono mostrati i risultati della impronta carbonica delle colture evidenziando le due componenti: le emissioni di gas serra e il sequestro (o perdita) del carbonio del suolo. I grafici si riferiscono sia all'unità funzionale di superficie che di prodotto: kg CO<sub>2</sub>eq/ha e kg CO<sub>2</sub>eq/kg di prodotto.

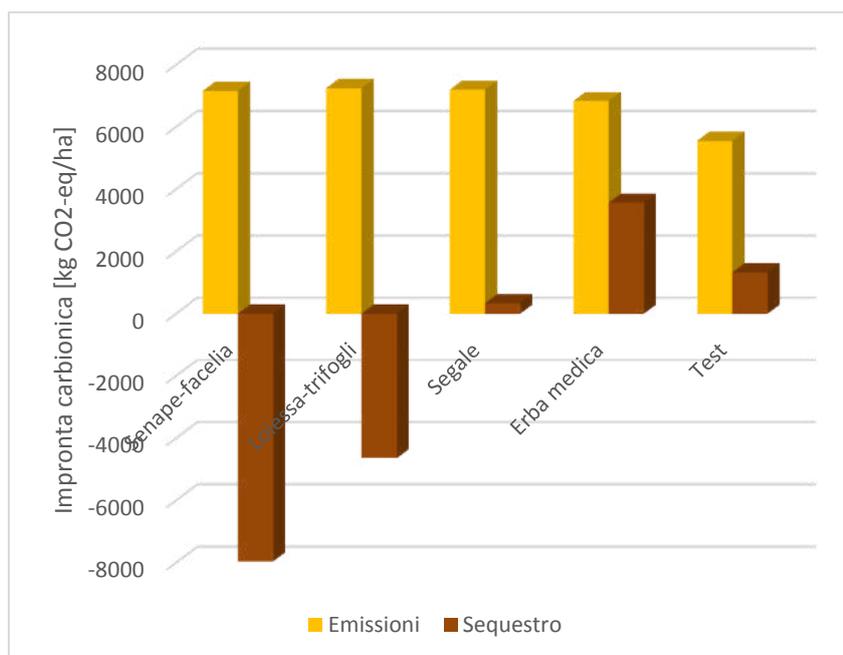


Figura - Impronta di carbonio delle colture riferita alla superficie con evidenziata anche la componente dovuta al sequestro di carbonio nel suolo.

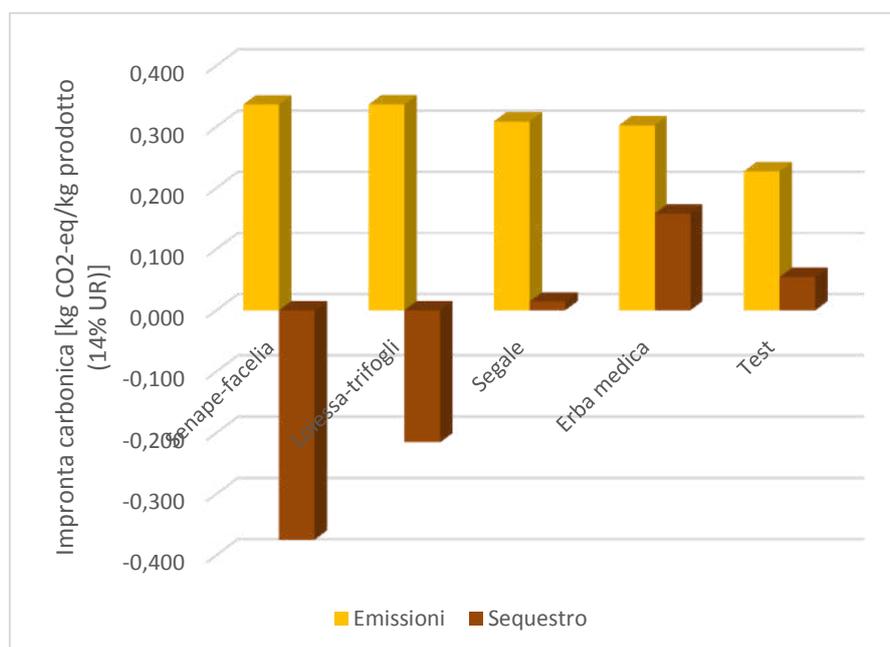


Figura - Impronta di carbonio delle colture riferita al prodotto con evidenziata anche la componente dovuta al sequestro di carbonio nel suolo.

I grafici che seguono evidenziano il bilancio della somma emissioni – sequestro.

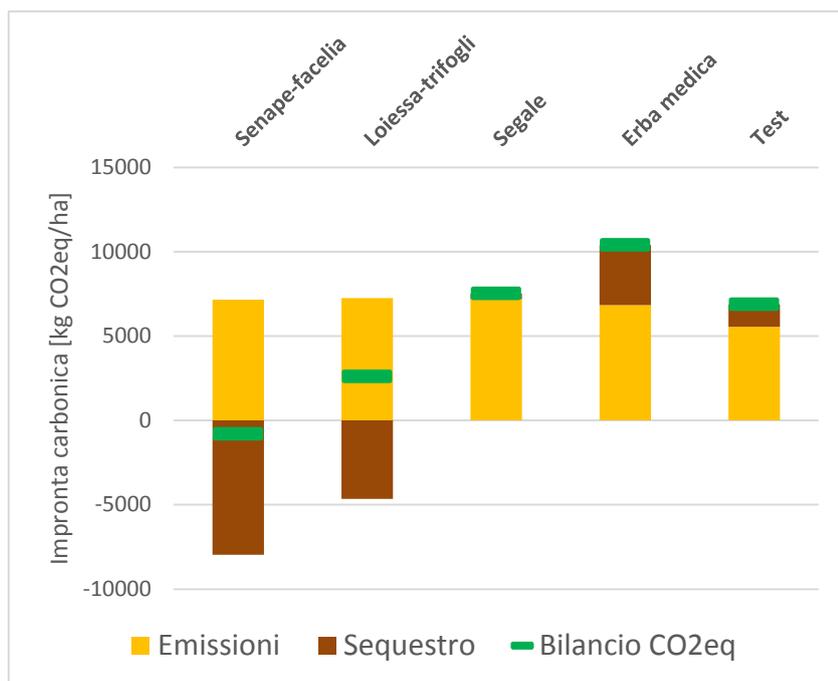


Figura - Impronta di carbonio delle colture riferita alla superficie bilanciata con gli effetti del sequestro calcolato con i valori delle analisi del terreno. La linea verde indica il valore (positivo o negativo) della somma emissioni-sequestro

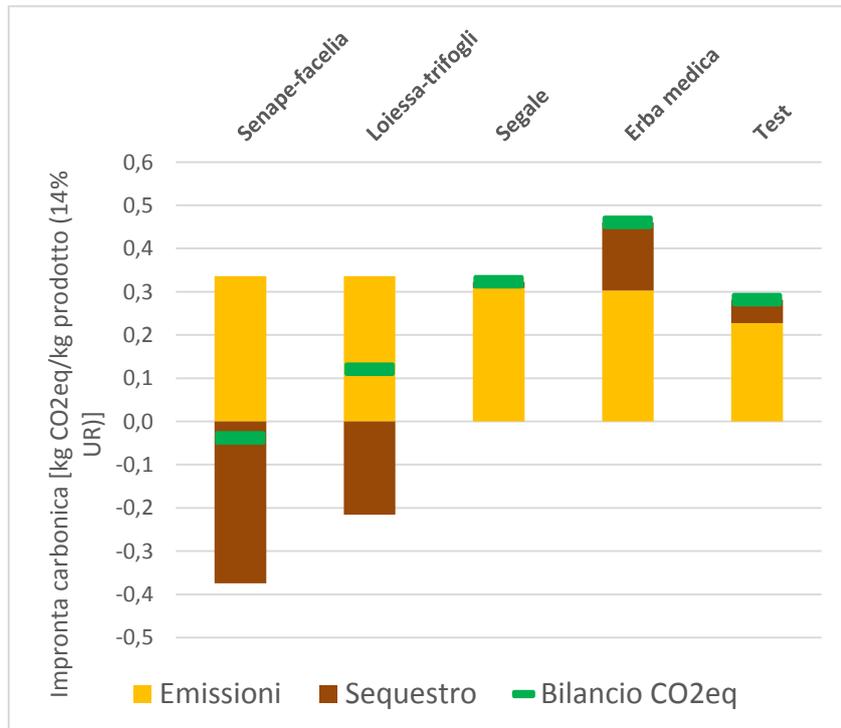


Figura - Impronta di carbonio delle colture riferita al prodotto bilanciata con gli effetti del sequestro calcolato con i valori delle analisi del terreno. La linea verde indica il valore (positivo o negativo) della somma emissioni-sequestro

Considerando le sole emissioni di gas serra l'impronta carbonica risulta inferiore per la tesi di controllo (senza cover crops) a causa delle minori operazioni colturali a fronte di rese produttive superiori.

Alcune delle tesi con cover crops, pur nel limitato periodo della sperimentazione, hanno fatto registrare un incremento del tenore di sostanza organica del suolo, mentre la tesi di controllo mostra un decremento.

Il contributo del carbonio sequestrato nel suolo, tradotto in CO<sub>2</sub>-equivalente, è stato in grado in alcuni casi di ridurre la impronta carbonica delle colture, fino a rendere le produzioni carbon-negative.

Le analisi del terreno confermano il potenziale di sequestro della tesi Senape-Facelia. Rilevante anche il valore di compensazione delle emissioni per la tesi Loiessa-trifoglio. Perdite di carbonio si sono invece trovate in tutte le altre tesi con diversi gradi di significatività. Praticamente impercettibile quella della tesi Segale che comunque non incrementa, la quantità di carbonio.

Da segnalare la perdita di carbonio dal suolo nella tesi con erba medica poi leguminose annuali, probabilmente a causa della scarsa produttività. Decremento di sostanza organica è stato osservato nella tesi senza cover; il mancato apporto di sostanza organica nel tempo può provocare un depauperamento del terreno.

### *2.3. Valutazione della sostenibilità economica*

L'obiettivo dell'attività è stato quello di valutare la convenienza economica ad adottare l'innovazione sviluppata e confrontare i risultati economici derivati dalle prove sperimentali con quelli di altre aziende del territorio che presentano gli stessi problemi e i medesimi indirizzi produttivi.

Per raggiungere tale obiettivo si è realizzata un'Analisi Costi-Benefici (ACB), che consente di valutare su un orizzonte temporale di medio-lungo periodo la convenienza a realizzare un dato progetto di investimento sia in ambito privato che pubblico, con lo scopo di verificare la sostenibilità finanziaria ed economico-sociale dell'investimento (Pearce, et. Al 2006).

L'obiettivo è verificare se i benefici derivanti dall'implementazione del progetto superano i costi necessari alla sua realizzazione. La componente di beneficio è più ampia di quella di ricavo: mentre quest'ultima identifica un'entrata monetaria per l'investitore, il concetto di beneficio viene riferito a qualsiasi risorsa prodotta o risparmiata per effetto della realizzazione del progetto. La componente di costo identifica, invece, il valore delle risorse consumate. La metodologia è pertanto orientata alla quantificazione in termini monetari delle grandezze di costo e beneficio, siano esse direttamente desumibili dal mercato ovvero provenienti da effetti che sfuggono alle regole di domanda e offerta.

L'ACB è ampiamente utilizzata per valutare progetti di carattere ambientale, in quanto considera sia i costi e i benefici associati al reperimento dei beni e servizi connessi alla realizzazione del progetto sia gli effetti non misurati direttamente dal mercato ma in ogni caso importanti per il benessere collettivo, le esternalità (positive e negative).

Occorre precisare che la valutazione economica è stata effettuata nell'arco temporale del triennio, considerando il carattere sperimentale del progetto. Infatti, l'adozione dell'agricoltura conservativa e delle coperture vegetali rappresenta un processo che richiede un periodo di adattamento, tanto del suolo come dell'operatore agricolo. In tale periodo di transizione si possono quindi registrare dati che esprimono la variabilità di un processo in via di assestamento. Per questo, si considera fondamentale soffermarsi su una visione di medio periodo che permetta la valutazione dei trend in un processo in divenire.

#### *Le fasi metodologiche dell'Analisi Costi-Benefici*

L'attività ha previsto una prima fase di raccolta dei dati economici, sistematizzando le operazioni colturali riportate nel quaderno di campagna dell'Azienda agricola Ciato relative al periodo 2016-2019 (Azione 1). Le operazioni colturali sono state suddivise per tesi e annata agricola.

In una seconda fase sono state definite le tipologie di costi per operazione, considerando i costi variabili. In specifico:

- il costo di manodopera, considerando 35 €/ora per l'agricoltore e 25 €/ora per l'operaio;

- il costo dei terzisti: considerando 100 €/ora per operazione generica e 204 €/ora per la trebbiatura;
- il costo per l'uso dei trattori e attrezzi, calcolato come la somma dei consumi di carburanti (litri gasolio per ore), il costo di ammortamento annuo dei trattori, il costo di ammortamento annuo degli attrezzi, il costo di manutenzione degli attrezzi (10% del valore dell'ammortamento annuo), rapportati ai tempi di lavoro;
- il costo dei mezzi tecnici, calcolato moltiplicando le dosi di input per il costo unitario (tipi di input: sementi, acqua, concime, dissecante, erbicida, lumachicida);

Per il costo di ammortamento dei trattori sono state considerate 800 ore di lavoro annue, mentre per il costo di ammortamento degli attrezzi 200 ore di lavoro annue.

Successivamente è stata realizzata l'analisi dei costi colturali. In tale fase si sono analizzati sia i costi colturali per ettaro che i costi per operazione, per poter confrontare le tesi e osservare l'incidenza delle singole operazioni sul totale dei costi.

Considerando le rese agricole di mais e soia, si sono stimati i guadagni colturali nelle 3 annate agricole (2016-2017, 2017-2018, 2018-2019) e nell'intero periodo. In tal modo si sono potuti calcolare il ricavo economico e il margine economico della sperimentazione. In un primo momento si sono considerati i ricavi tenendo in considerazione solamente i costi colturali e i guadagni dovuti alla vendita del raccolto. Tuttavia, nel tentativo di attribuire un valore ai benefici ambientali e sociali derivati dall'introduzione dell'innovazione, sono stati inseriti nel calcolo:

1. I contributi che il Piano di Sviluppo Rurale 2014-2020 della Regione Emilia Romagna assegna all'agricoltura conservativa (250 €/ha annui) e alle coperture vegetali (30 €/ha annui) (PSR 2014-2020);
2. I crediti per il sequestro di carbonio (corrispondenti a 25 €/t CO<sub>2</sub>, secondo i prezzi stimati da Prezzi SendeCO2 per il 2019).

Infine, per analizzare l'efficienza economica della sperimentazione sono state rapportate le rese e i costi delle tesi a un valore di riferimento rappresentato in un primo caso dai dati osservati nella parcella test e in un secondo caso dai dati medi registrati in altre aziende del territorio che presentano i medesimi indirizzi produttivi (si tratta di aziende che seguono un modello produttivo convenzionale).



Figura - Sintesi fasi metodologiche

#### Analisi dei costi colturali

Se si considerano i costi per ettaro e anno agricolo, la parcella test risulta essere la meno costosa. Tale risultato è dovuto al fatto che i costi relativi a tale parcella sono privi dei costi delle sementi delle cover e delle operazioni colturali legati alla copertura vegetale. Tra le cover, i minori costi si registrano nella parcella A-Senape-facelia, mentre i costi medi sostenuti per la parcella D-Erba medica superando del 19% i costi della parcella test e dell'8% quelli della parcella A, rendendo tale tesi la più costosa.

Tesi	Anno Agricolo			Totale costi	Media costi
	2016-2017	2017-2018	2018-2019		
A-Senape facelia	2.072	984	1.697	4.753	1.584
B-Loiessa trifogli	2.104	1.068	1.709	4.881	1.627
C-Segale	2.104	1.095	1.701	4.901	1.633
D-Erba Medica	2.520	932	1.720	5.171	1.724
E-Test	1.842	792	1.515	4.149	1.383

Tabella - Costi totali per ettaro e per annualità

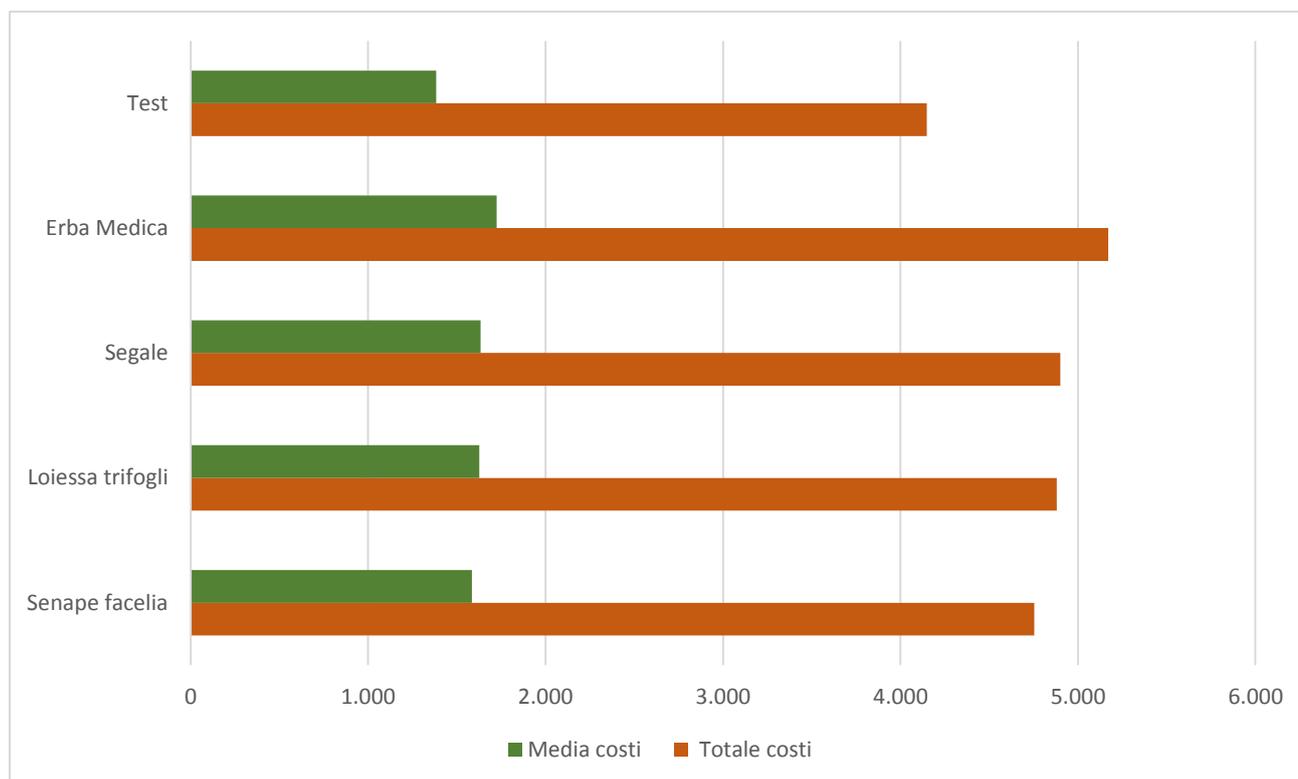


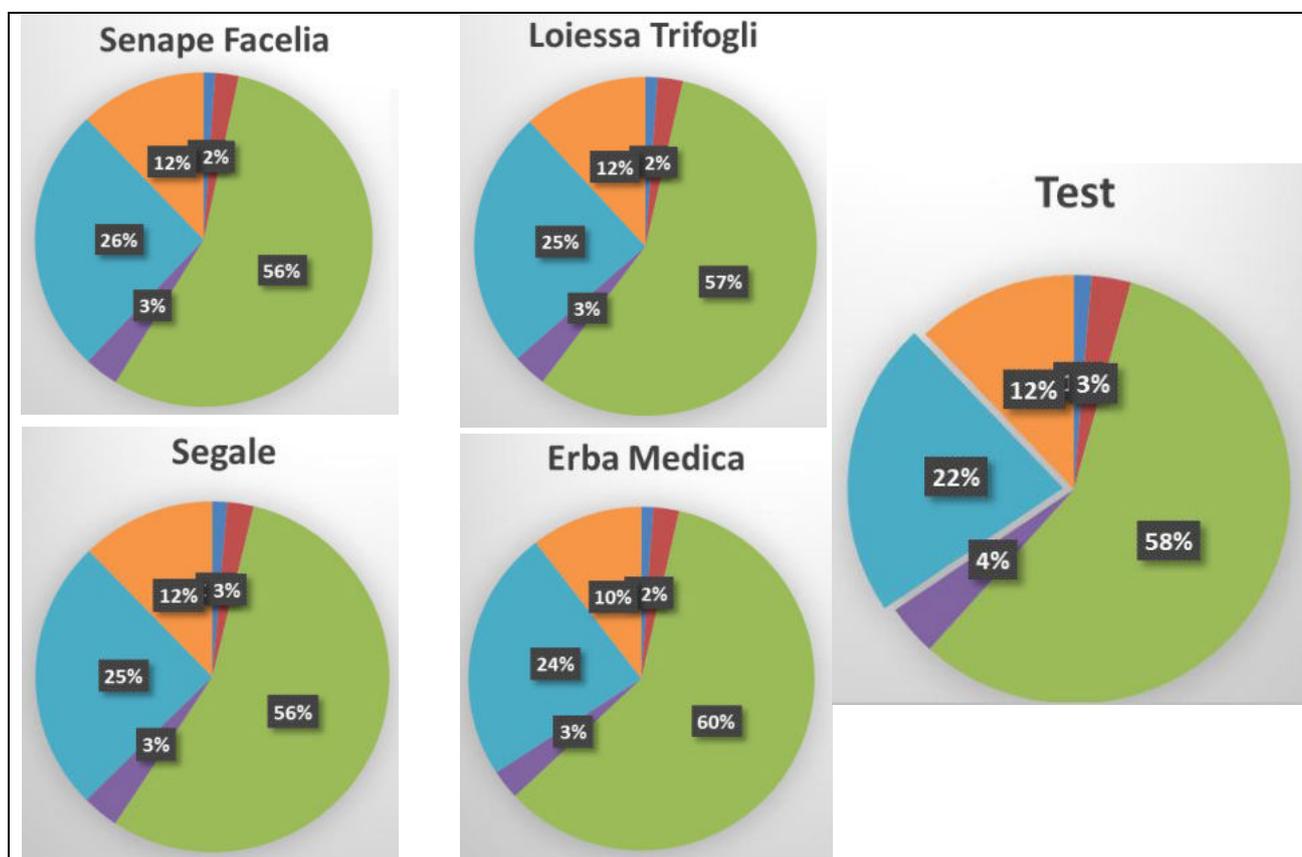
Figura - Costi totali del periodo 2016-2019 e costi medi per ettaro

Rispetto ai costi medi per operazione, le voci di costo con una maggior incidenza sulle tesi risultano essere il costo dei mezzi tecnici e il costo dei terzisti. I primi variano da 794 €/ha nella parcella test a 1.026 €/ha nella parcella D-erba medica; i secondi da 309 €/ha nella parcella test ai 409 €/ha nelle parcelle A-Senape-facelia, B-Loiessa trifogli e D-Erba medica.

Parcella	Costi uso trattori e macchine operatrici	Costo totale terzisti	Costo manodopera	Costo mezzi tecnici	Costo di ammortamento annuo trattore	Costo ammortamento attrezzi
A	52,1	409,5	192,5	877,7	17,1	35,7
B	53,2	376,1	196,7	942,3	19,2	39,6
C	55,0	409,5	200,8	906,4	22,1	39,8
D	47,8	409,5	180,0	1026,0	19,2	41,3
E	53,2	309,5	167,5	794,1	18,1	40,7

Tabella - Costi medi per ettaro per operazione

Dalla figura seguente si osserva che il costo medio dei mezzi tecnici per ettaro si avvicina al 60% del totale dei costi, seguito dal costo dei terzisti che rappresenta tra il 22 e il 26% del totale dei costi, e dal costo della manodopera che rappresenta il 10-12% dei costi.



Legenda:

	Costo di ammortamento annuo trattore		Costo mezzi tecnici		Costo totale terzisti
	Costo ammortamento attrezzi		Costo uso trattori e macchine operatrici		Costo manodopera

Figura - Incidenza dei costi medi per operazione per ettaro sul totale dei costi.

Analizzando nello specifico il costo dei mezzi tecnici, il costo per le sementi rappresenta il principale, seguito dai concimi e dai diserbanti. I primi raggiungono i 4.324,85 € per ha nel totale del periodo (il costo medio annuale per ha è di 1.444,62 €) rappresentando il 32% dei costi; i concimi corrispondono a 2.166,49 € (il costo medio annuale per ha è di 722,16 €) rappresentando il 16% del totale dei costi totali; i diserbanti costano 1.492,65 € per ha nel totale del periodo (il costo medio annuale per ha è di 497,55 €) pari all'11% del totale dei costi.

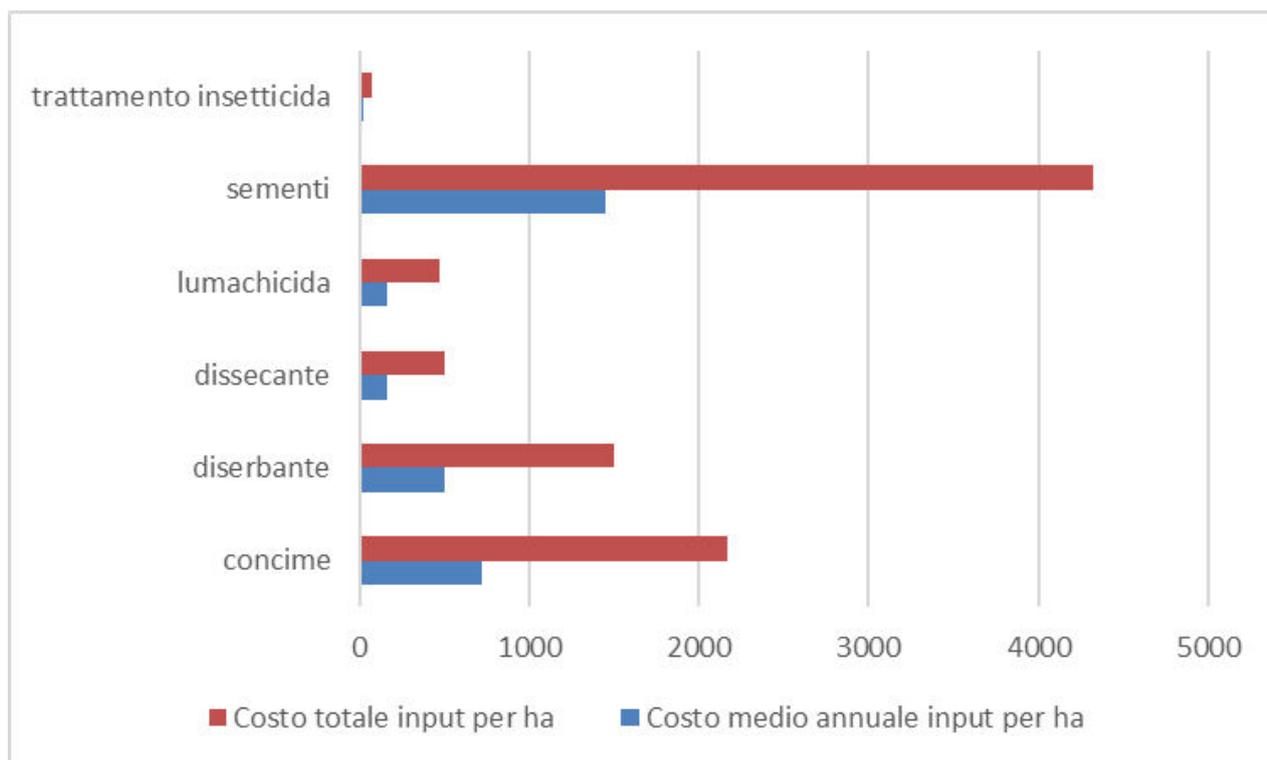


Figura - Costo medio annuale di input e costo totale di input per ha

#### *I ricavi colturali e i margini economici*

Considerando le rese annuali delle colture di mais e soia e i prezzi indicati dal listino della Borsa Merci della Camera di Commercio di Bologna (per il mais si considera un prezzo medio tra il 2017 e il 2019 di 177 €/t; per la soia 320 €/t) si sono calcolati il ricavo per ogni anno agricolo e per l'intero periodo.

I migliori risultati in termini di ricavi si sono registrati nelle tesi C-Segale, D-Erba medica e E-test. Tuttavia, considerando i soli costi e ricavi di produzione, i guadagni del periodo risultano negativi per tutte le parcelle cover tranne che nel caso del test. La divergenza minore si registra nella tesi C-Segale, segnando comunque una perdita di quasi 500 € a fronte di un ricavo di 600 € del test. Tuttavia è interessante osservare che la parcella A-Senape facelia, che presenta i minori costi di produzione, registra un interessante incremento delle rese di mais dal 2017 al 2019 di 1,6t/ha, pari al 18%. Un incremento del 28%, che corrisponde a 2,4 t/ha, si è registrato anche nella tesi B-Loiessa trifogli. Inoltre, includendo nel calcolo i contributi del PSR 2014-2020 per l'agricoltura conservativa e per le coperture vegetali, osserviamo dei guadagni positivi in tutte le cover crops, specialmente nella tesi C-Segale.

Tesi cover	Ricavo annuo Mais 2017	Ricavo annuo soia 2018	Ricavo annuo mais 2019	Ricavo periodo	Costi 2016-2017	Costi 2017-2018	Costi 2018-2019	Costi periodo	Guadagno del periodo	Contributi agricoltura conservativa +cover	Guadagno totale
Senape-facelia	1.547	707	1.827	4.081	2.072	984	1.697	4.753	-673	840	167
Loiessa-trifogli	1.483	746	1.917	4.146	2.104	1.068	1.709	4.881	-735	840	105
Segale	1.841	646	1.926	4.413	2.104	1.095	1.701	4.901	-488	840	352
Erba medica	1.706	944	1.770	4.420	2.520	932	1.720	5.171	-751	840	89
Test	1.846	957	1.949	4.752	1.842	792	1.515	4.149	603	750	1.353

Tabella - Guadagni nel periodo di sperimentazione

Oltre ai contributi del PSR occorre includere nel calcolo dei margini economici le esternalità positive generate dalla sperimentazione. Per questo si analizzano i dati relativi alla sostanza organica nei terreni dell'Azienda Ciato da cui si deduce la capacità di sequestro o emissione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera da parte delle tesi. Dalla Fig 5 si osserva che le tesi in grado di sequestrare CO<sub>2</sub> sono state la A-Senape facelia e B-Loiessa trifogli: la prima per un totale di 7,96 t CO<sub>2</sub>/ha, e la seconda di 4,65 t CO<sub>2</sub>/ha. La parcella D-ebra medica ha invece emesso 3,56 t CO<sub>2</sub>/ha nel periodo 2016-2019, mentre il test senza cover ha emesso 1,33 t CO<sub>2</sub>/ha.

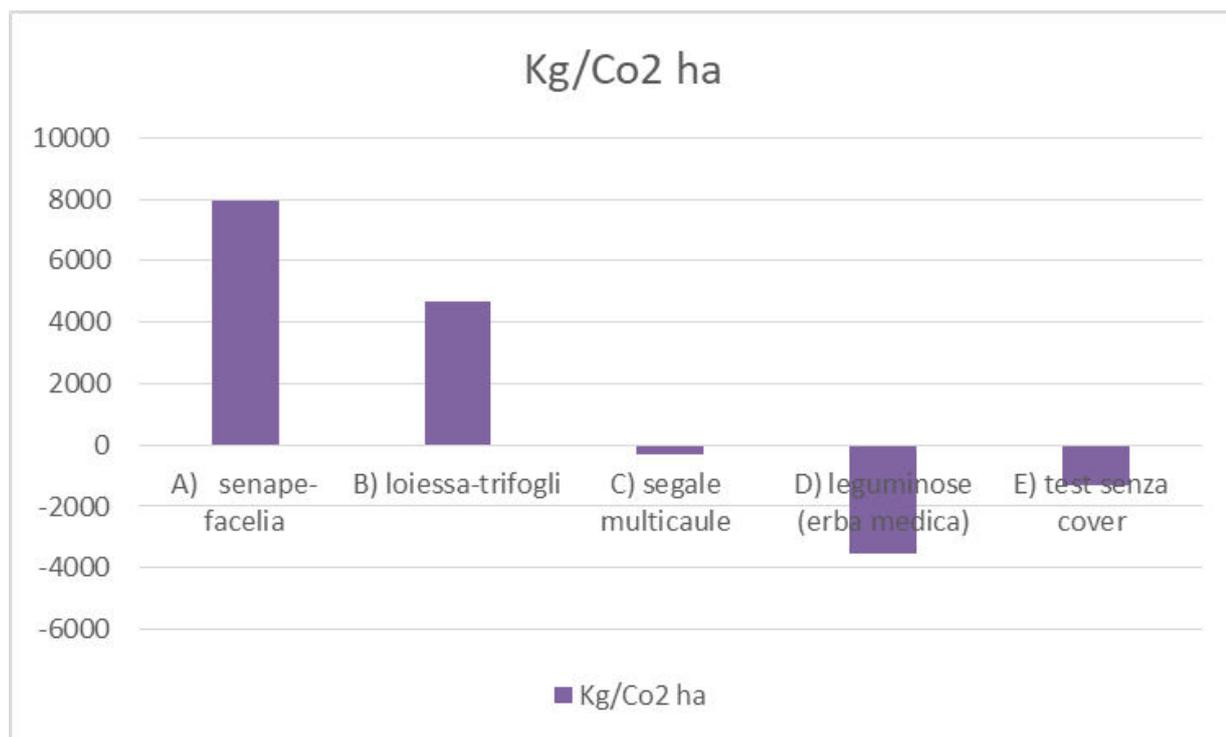


Figura - Sequestro (valori positivi) o perdita (valori negativi) di CO<sub>2</sub> nel suolo

Pertanto, nel caso delle tesi A-Senape facelia e B-Loiessa trifogli è possibile tradurre il beneficio ambientale in termini economici assegnando un valore di 25 €/t di CO<sub>2</sub> sequestrata (Prezzi SendeCO<sub>2</sub> 2019). In tal caso, il guadagno totale per la parcella A-Senape facelia ammonterebbe a 366,4 €, e per la parcella B-Loiessa trifogli a 220,9 €.

Tesi cover	Guadagno del periodo	Contributi agricoltura conservativa+cover	Crediti sequestro CO2	Guadagno totale
Senape-facelia	-672,7	840,0	199,1	366,4
Loiessa-trifogli	-735,2	840,0	116,1	220,9
Segale	-487,9	840,0		352,1
Erba medica	-751,0	840,0		89,0
Test	602,7	750,0		1.352,7

Tabella - Guadagni totali nel periodo 2016-2019

Osservando i guadagni totali, che comprendono i contributi pubblici destinati all'agricoltura conservativa e alle coperture vegetali e i guadagni per i crediti per il sequestro di CO<sub>2</sub>, la tesi A-Senape/facelia risulta essere la maggiormente vantaggiosa tra le cover crops, sia in termini economici che ambientali. In complesso, la parcella test registra i maggiori guadagni, anche se andrebbero considerate le esternalità negative di emissione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera.

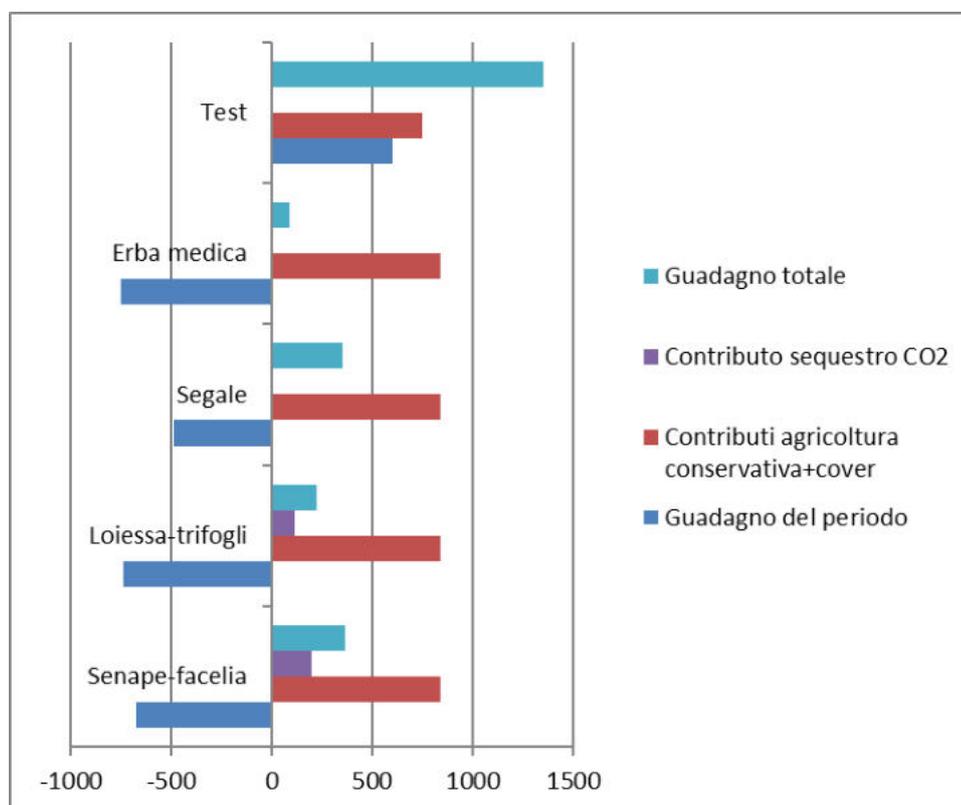


Figura - Guadagni totali per le diverse tesi a confronto

È possibile sintetizzare tali informazioni attraverso la definizione di indici dimensionali e un indice sintetico aggregato. Gli indici dimensionali esprimono la deviazione del valore osservato in ogni tesi (in questo caso il costo medio, il ricavo medio, il guadagno totale medio e la sostanza organica espressa in Kg C/ha) dai valori di altre osservazioni omogenee. Essi sono stati calcolati usando la seguente formula:

$$\text{Indice dimensionale} = (\text{valore attuale} - \text{valore minimo}) / (\text{valore massimo} - \text{valore minimo})$$

Tali indici sono normalizzati usando una scala quantitativa da 0 a 1, dove 0 rappresenta il livello più basso e 1 il più alto, in modo da rendere gli indici comparabili tra loro e calcolare un indice sintetico aggregato.

L'indice sintetico si esprime calcolando il significato geometrico degli indici dimensionali:

Indice sintetico = (Indice dimensionale 1 \* Indice dimensionale 2 \* Indice dimensionale 3 \* Indice dimensionale 4) / 4

Si osserva come la tesi A Senape-fecelia e E-Test presentano i migliori indici aggregati. In particolare, nel caso della tesi A l'indice relativo alla materia organica si approssima all' 1; mentre nel caso della tesi E l'alto indice relativo ai guadagni totali raggiunge lo 0,90. La tesi D-Erba medica presenta invece il minor indice aggregato (0,09) a causa dei bassi indici relativi ai guadagni totali e alla sostanza organica nel suolo.

Indici	A	B	C	D	E
Ricavi	0,50	0,51	0,57	0,57	0,64
Costi	0,48	0,51	0,51	0,51	0,37
Materia organica nel suolo	0,94	0,68	0,28	0,28	0,20
Guadagni totali	0,20	0,10	0,19	0,19	0,90
Indice sintetico	0,46	0,36	0,36	0,09	0,46

Tabella - Indici dimensionali e indice aggregato per tesi

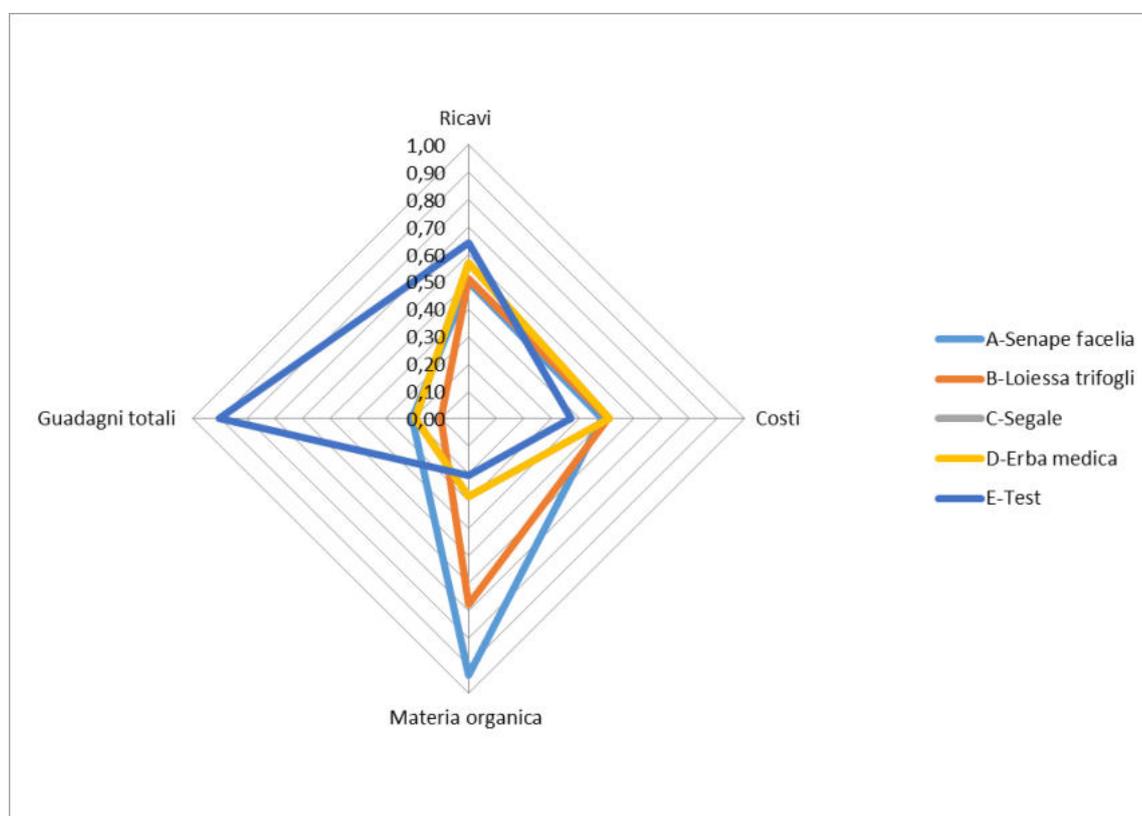


Figura - Sintesi valutazione economica

### *Analisi dell'efficienza economica*

Per analizzare l'efficienza economica si sono considerati i rapporti tra le rese osservate nelle cover crops e nella parcella Test scelta come riferimento. Le rese delle cover crops si avvicinano a quella del test (il rapporto presenta valori poco inferiori allo 0) soprattutto per quanto riguarda la resa del mais 2019, mentre rimane inferiore nel caso della soia 2018. La tesi C-Segale risulta la maggiormente efficiente, presentando rese di mais che si uguagliano a quelle della parcella Test; per quanto riguarda la coltivazione di soia, la parcella che presenta migliori risultati in termini di resa è la D-Erba medica. Considerando il rapporto tra i costi sostenuti nelle cover crops e i costi di riferimento sostenuti nella parcella Test, si osserva che tutte le parcelle presentano dei costi superiori a quelli del Test dal 15% (A-Senape facelia) al 25% (D-Erba medica).

	MAIS 2017	SOIA 2018	MAIS 2019	Costi 2016-2017	Costi 2017-2018	Costi 2018-2019	Costi periodo
Senape-facelia	0,84	0,74	0,94	1,13	1,24	1,12	1,15
Loiessa-trifogli	0,80	0,78	0,98	1,14	1,35	1,13	1,18
Segale	1,00	0,68	0,99	1,14	1,38	1,12	1,18
Erba medica	0,92	0,99	0,91	1,37	1,18	1,14	1,25

*Tabella - Rese e costi osservati per cover in rapporto alla parcella test*

Si sono inoltre rapportati i risultati delle rese e i costi osservati nelle tesi con le rese medie e i costi medi registrati in altre aziende del territorio che presentano i medesimi indirizzi produttivi (si tratta di aziende che seguono un modello produttivo convenzionale) (Tab.6).

In tale caso, dalla tabella che segue si osserva che per quanto riguarda il mais, le rese della prova agronomica sono state superiori alle rese medie di altre aziende del territorio, registrando un incremento fino al 50% per la tesi C-segale e E-test nel 2019.

Per quanto riguarda la produzione di soia, le rese osservate nella prova agronomica sono inferiori alle rese medie delle altre aziende del territorio, con l'unica eccezione del test e della tesi D-Erba medica, che hanno eguagliato la media delle altre aziende agricole.

Nel calcolo del rapporto tra i costi sono stati considerati unicamente il costo dei mezzi tecnici e dei terzisti, voci considerate dalla base dati RICA. In tal caso i costi della sperimentazione risultano superare, di circa il doppio, i costi medi di aziende agricole che producono mais e soia nel territorio della Provincia di Parma. Occorre tuttavia considerare che nel caso della coltura soia sono state rilevate solo 3 osservazioni, essendo una coltura poco diffusa nel territorio, rendendo tali dati piuttosto variabili.

Colture	n.obs.	Inc.% su SAU	Resa produttiva (t/ha)			Costi variabili (€/ha)		
			min	max	media	min	max	media
Mais	15	0,10	2,09	10,71	7,27	224,36	1285,71	735,88
Soia	3	0,10	2,69	3,34	3,00	292,14	438,17	373,72

*Tabella - Rese e costi per la coltura di mais e soia in aziende medio-grandi della Provincia di Parma (Fonte: Rica, 2017)*

	MAIS 2017	SOIA 2018	MAIS 2019	Costi 2016-2017	Costi 2017-2018	Costi 2018-2019
Senape-facelia	1,20	0,74	1,42	2,29	2,08	1,90
Loiessa-trifogli	1,15	0,78	1,49	2,32	2,25	1,92
Segale	1,43	0,67	1,50	2,32	2,25	1,91
Erba medica	1,33	0,98	1,38	2,94	1,93	1,93
Test	1,43	1,00	1,51	1,99	1,61	1,69

*Tabella - Rese osservate per cover in rapporto ai dati Rica. Fonte: elaborazione propria a partire dai dati RICA*

In sintesi, la sostenibilità economica al netto dei contributi è risultata fragile: solo la parcella test presenta un margine economico positivo, mentre tra le cover la tesi A-Senape/facelia risulta essere la più conveniente. Maggiori perdite si registrano nella cover D-Erba medica.

Tuttavia, considerando i contributi del PSR 2014-2020 per l'agricoltura conservativa con copertura vegetale (cover crops) si registrano guadagni in tutte le parcelle sperimentali, specialmente nella tesi C-Segale seguita dalla A-Senape/facelia.

Le cover A-Senape/facelia e B-Loiessa/trifogli risultano importanti nel sequestro di CO<sub>2</sub>. In tali tesi si registra infatti un importante incremento della sostanza organica nel suolo con un corrispondente aumento delle rese nella produzione di mais dal 2017 al 2019.

Complessivamente le cover A-Senape/facelia risulta essere la maggiormente interessante: presenta minori costi, un importante incremento delle rese e il maggior livello di sequestro di CO<sub>2</sub>, producendo delle esternalità positive che possono trasformarsi in un ulteriore beneficio economico.

Con l'adeguato supporto economico per sostenere il periodo di transizione, l'agricoltura con l'aggiunta della copertura vegetale può permettere un miglioramento dei suoli che si traduce in un maggior guadagno in termini di rese e di crediti di carbonio.

## CONCLUSIONI

Cover Agroecologiche ha sviluppato sistemi innovativi di agricoltura conservativa fondati sull'impiego di colture di copertura (cover crops), che permettono di sfruttare dei principi di agroecologia per ottenere una vasta serie di vantaggi agronomici ed ambientali.

È risultato possibile coltivare su sodo le colture primaverili-estive, con risultati produttivi alterni, piuttosto buoni per il mais e più scarsi per la soia, che ha subito infestazioni di limacce che hanno caratterizzato l'avvio della coltivazione. Nell'arco del triennio si è notata una crescente 'propensione' del terreno ad ospitare le coltivazioni su sodo e in effetti le migliori produzioni sono state ottenute al terzo anno

Nell'agrosistema conservativo nel quale si sono praticate la non lavorazione, la copertura permanente del suolo e gli opportuni avvicendamenti colturali, si è osservata una tendenza all'incremento del tenore di sostanza organica, un consolidamento della stabilità strutturale del terreno negli strati superficiali e un'aumentata diversità e attività della micro e meso-fauna pedologiche, attori fondamentali della trasformazione della materia organica nel terreno.

Il contributo del carbonio sequestrato nel suolo, tradotto in CO<sub>2</sub>-equivalente, è stato in grado in alcuni casi di ridurre la impronta carbonica delle colture, fino a rendere le produzioni carbon-negative. La sostenibilità economica al netto dei contributi è invece risultata fragile. Tuttavia, considerando i contributi del PSR 2014-2020 per l'agricoltura conservativa con copertura vegetale (cover crops) si registrano guadagni in tutte le tesi a confronto.

Nel complesso, la cover a base di senape e facelia è risultata la maggiormente interessante: presenta minori costi, possibilità di terminazione della cover con roller crimper, ha generato il maggior incremento delle rese nel triennio e il maggior livello di sequestro di carbonio, producendo delle esternalità positive che possono trasformarsi in un ulteriore beneficio economico.

## Riferimenti bibliografici

Pearce, D., Atkinson, G., & Mourato, S. (2006). *Cost-benefit analysis and the environment: recent developments*. Organisation for Economic Co-operation and development.