



UNIONE EUROPEA
Fondo Europeo Agricolo
per lo Sviluppo Rurale



Regione Emilia-Romagna

L'Europa investe nelle zone rurali

PROGRAMMA DI SVILUPPO RURALE 2014-2020 - REGIONE EMILIA-ROMAGNA

Gruppi operativi del PEI per produttività e sostenibilità dell'agricoltura Progetti Pilota/Supporto per sviluppo di nuovi prodotti, pratiche, processi e tecnologie nel settore agroalimentare e forestale/ Approcci collettivi riduzione Gas serra

FOCUS AREA 4B DGR 754/2022

RELAZIONE TECNICA FINALE

DOMANDA DI SOSTEGNO **5516266** DOMANDA DI PAGAMENTO **5851145**

FOCUS AREA: 4B

| | |
|--|--|
| Titolo Piano | Controllo infestanti con sistemi a ridotto impiego di erbicidi su colture orticole industriali ed estensive – DUNE |
| Ragione sociale del proponente (soggetto mandatario) | CAPA Cologna Soc. Coop. Agricola, via Fossa Lavezzola 83, Riva Del Po (FE) |
| Elenco partner del Gruppo Operativo | <ul style="list-style-type: none"> - C.A.P.A. Cologna - RI.NOVA -Consorzio Agrario di Ravenna -ASTRA innovazione e Sviluppo -Fattoria dell'Agape -DINAMICA |

| | |
|---|-----------------|
| Durata originariamente prevista del progetto (in mesi) | 15 |
| Data inizio attività | 01 Ottobre 2022 |
| Data termine attività (incluse eventuali proroghe già concesse) | 05 Agosto 2024 |

| | | |
|---|-----------------|----------------|
| Relazione relativa al periodo di attività dal | 01 ottobre 2022 | 05 Agosto 2024 |
| Data rilascio relazione | 23.09.2024 | |

| | | | |
|------------------------|------------------------|-------|-----------------------|
| Autore della relazione | Maria Grazia Tommasini | | |
| telefono | | email | mgtommasini@rinova.eu |

1. DESCRIZIONE DELLO STATO DI AVANZAMENTO DEL PIANO

Il Gruppo Operativo (GO) ha completato complessivamente le attività previste nel piano che qui di seguito vengono rendicontate in sintesi:

- Azione 1: completata come previsto seguendo i percorsi e utilizzando gli strumenti indicati nel piano.
- Azione 2: Non erano previste attività, quindi non sono state svolte.
- Le attività sono state completate, grazie anche a una proroga di 90 giorni concessa con determina regionale n. 1502 del 29/01/2024. Questa estensione è stata fondamentale per sfruttare la primavera e l'inizio dell'estate 2024, periodi cruciali per concludere le prove sperimentali nelle sotto-azioni 3.1 e 3.2, soprattutto quelle di quest'ultima, in parte compromesse dall'alluvione di maggio 2023.
- Azione 4: La divulgazione è stata attivata sin dalle prime fasi del progetto, con numerosi eventi, tra cui visite di campo, incontri tecnici, campus cloud e strumenti digitali fra cui un podcast. RINOVA ha messo a disposizione il proprio portale internet per rendere facilmente accessibili le attività e i risultati del Piano. Inoltre, il personale di RINOVA ha predisposto la documentazione necessaria, in italiano e inglese, per il collegamento alla Rete PEI-Agri.
- Azione 5: le attività di formazione previste sono state svolte conformemente al Piano.

Il GO ha avviato le attività previste nel piano a partire dal 1 ottobre 2022, consentendo l'inizio delle diverse attività e prove sin da inizio 2023, Tutte le attività sono state completate entro luglio 2024. Contestualmente, sono state portate a termine le ultime attività di formazione e la redazione della relazione tecnica, con la rendicontazione completata a metà settembre 2024.

| Azione | Unità aziendale responsabile | Tipologia attività | Mese inizio attività previsto | Mese inizio attività reale | Mese termine attività previsto | Mese termine attività reale |
|--------|--|--------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | RI.NOVA | Cooperazione | 1 | 1 | 15 | 18 |
| 3 | - CAPA Cologna - RINOVA - Consorzio Agrario di Ravenna - ASTRA innovazione e sviluppo - Fattoria dell'Agape | Azioni specifiche | 1 | 1 | 15 | 18 |
| 4 | RINOVA | Divulgazione | 4 | 5 | 15 | 18 |
| 5 | Dinamica | Formazione | 10 | 12 | 15 | 15 |

AZIONE 1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

2.1 Attività e risultati

| |
|--------|
| Azione |
|--------|

1 – ESERCIZIO DELLA COOPERAZIONE

CAPA Cologna, nel suo ruolo di mandatario, ha mantenuto la funzione di coordinamento generale, demandando, in accordo con gli altri Partner, a RINOVA la funzione di coordinamento organizzativo per garantire il funzionamento tecnico e amministrativo del Gruppo Operativo (GO).

RINOVA ha quindi avuto il compito di pianificare le attività previste nel Piano mettendo in atto tutte le iniziative necessarie alla realizzazione e al conseguimento dei risultati previsti. Per fare questo si è avvalso di proprio personale tecnico, amministrativo e di segreteria qualificato e dotato di esperienza pluriennale nel coordinamento tecnico-organizzativo di progetti di ricerca, sperimentazione e divulgazione a vari livelli, nonché nella gestione di comitati tecnici e gruppi di lavoro riguardanti i principali comparti produttivi.

Attivazione del Gruppo Operativo

La fase di attivazione del GO ha riguardato sia gli aspetti formali e amministrativi, sia il consolidamento degli obiettivi con l'intero gruppo di referenti coinvolti a vario titolo nel Piano.

In merito agli aspetti formali, con particolare riferimento alle attività del Piano e ai relativi costi ammessi, RINOVA, unitamente al Responsabile Scientifico (RS) e ai Responsabili dei partner del GO, ha verificato la congruenza dei budget approvati rispetto alle attività da svolgere. Con questo passaggio si è autorizzata l'attivazione del GO, comunicata a tutti i partner tramite e-mail. Inoltre, in questa fase si è proceduto alla costituzione formale del raggruppamento (ATS).

Una volta soddisfatti gli aspetti formali, sono state indette 7 riunioni del GO, di cui la prima di attivazione con l'intero gruppo di lavoro e Comitato di Piano (02/02/2023) e le successive alla presenza delle figure coinvolte per ogni partner nelle rispettive sotto-azioni dalla 3.1 alla 3.3 (19/04/2023, 09/05/2023, 13/07/2023, 17/10/2023, 24/10/2023, 17/04/2024), al fine di poter approfondire la discussione sui singoli aspetti di ciascuna azione dato l'ampio scenario di contesti da analizzare per i diversi obiettivi presi in esame, in coerenza con la coerenza delle attività operative nelle fasi di campo. In queste sedi, il Responsabile del Progetto (RINOVA) e il Responsabile Scientifico (Consorzio Agrario di Ravenna) hanno analizzato i contenuti, gli obiettivi del Piano e le eventuali criticità incontrate in corso d'opera al fine di avere la più ampia condivisione possibile delle informazioni e impostare correttamente la realizzazione delle azioni d'innovazione. Negli ultimi mesi del progetto sono stati svolti ulteriori momenti di confronto, parte dei quali anche via telefono e posta elettronica, finalizzati all'analisi dei risultati raccolti e per la predisposizione delle rendicontazioni tecniche.

Costituzione del Comitato di Piano

In occasione delle riunioni di attivazione si è anche proceduto alla costituzione del Comitato di Piano (CP) per la gestione e il funzionamento del GO, che è così composto:

- RP (RINOVA)
- RS (Consorzio Agrario di Ravenna)
- Rappresentante di CAPA Cologna
- Rappresentante di DINAMICA
- Rappresentante di ASTRA innovazione e sviluppo

- Rappresentanti di Fattoria dell'Agape

Gestione del Gruppo Operativo

Dalla data di attivazione del GO, il RP ha svolto una serie di attività funzionali a garantire la corretta applicazione di quanto contenuto nel Piano stesso, e in particolare:

- Il monitoraggio dello stato d'avanzamento dei lavori;
- La valutazione dei risultati in corso d'opera;
- L'analisi degli scostamenti, comparando i risultati intermedi raggiunti con quelli attesi;
- La definizione delle azioni correttive.

Durante il costante monitoraggio dei lavori ed i risultati via via raggiunti in caso di scostamenti sono state valutate le necessarie azioni correttive. Questo è stato gestito anche in relazione ai momenti cruciali sullo sviluppo delle diverse prove del Piano ("milestone"). In particolare, annualmente da maggio a settembre (pieno sviluppo delle attività della azione 3) sono state svolte verifiche finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Anche gli incontri sopra citati sono stati utili a questo scopo, oltre ai contatti diretti avuti con i responsabili di ciascuna prova, e nel caso per definire congiuntamente con il RS e il responsabile della prova gli opportuni aggiustamenti metodologici.

In generale infatti il RP, in stretta collaborazione con il Responsabile Scientifico (RS), si è occupato di pianificare una strategia di controllo circa il buon andamento delle attività del Piano, attraverso un sistema basato sull'individuazione delle fasi decisive, cioè momenti di verifica finalizzate al controllo del corretto stato di avanzamento lavori. Allo stesso modo, il RP e il RS si sono occupati di valutare i risultati/prodotti intermedi ottenuti in ciascuna fase inclusa la realizzazione delle fasi di rendicontazione tecnica e finanziaria. Tutto ciò agendo in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali di RINOVA (v. Autocontrollo e Qualità).

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

A campione, il RP ha verificato la congruenza tra le caratteristiche dei materiali e prodotti impiegati dai partner, rispetto a quanto riportato nel Piano. A tal fine il RP ha eseguito alcune verifiche ispettive presso i partner, in coerenza con quanto indicato dalle procedure gestionali del Sistema Gestione Qualità di RINOVA.

Preparazione dei documenti per le domande di pagamento

In occasione di questa prima domanda di pagamento (stralcio), il RP e il RS, insieme a tutti i partner coinvolti, hanno effettuato l'analisi dei risultati intermedi e finali ottenuti, nonché l'analisi della loro conformità a quanto previsto dal Piano. In particolare, è stata verificata la completezza della documentazione relativa alle spese affrontate dai singoli soggetti operativi e raccolta la documentazione per la redazione del rendiconto tecnico ed economico.

Altre attività connesse alla gestione del GO

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

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

Per la fase organizzativa e logistica di incontri e delle altre iniziative descritte di seguito, RINOVA si è avvalso della segreteria tecnica di RINOVA.

Autocontrollo e Qualità

Attraverso le Procedure Gestionali e le Istruzioni operative approntate nell'ambito del proprio Sistema Gestione Qualità, RINOVA ha lavorato al fine di garantire efficienza ed efficacia all'azione di esercizio della cooperazione, come segue:

- Requisiti, specificati nei protocolli tecnici, rispettati nei tempi e nelle modalità definite;
- Rispettati gli standard di riferimento individuati per il Piano;
- Garantita la soddisfazione del cliente tramite confronti diretti e comunicazioni scritte;
- Rispettate modalità e tempi di verifica in corso d'opera definiti per il Piano;
- Individuati i fornitori ritenuti più consoni per il perseguimento degli obiettivi.

La definizione delle procedure, attraverso le quali il RP ha effettuato il coordinamento e applicato le politiche di controllo di qualità, sono la logica conseguenza della struttura organizzativa del CRPV. In particolare, sono state espletate le attività di seguito riassunte.

Attività di coordinamento

Le procedure attraverso le quali si è concretizzato il coordinamento del GO si sono sviluppate attraverso riunioni e colloqui periodici con il Responsabile Scientifico e con quelli delle Unità Operative coinvolte.

Attività di controllo

La verifica periodica dell'attuazione progettuale si è realizzata secondo cadenze temporali come erano state individuate nella scheda progetto. Più in particolare è stata esercitata sia sul funzionamento operativo che sulla qualità dei risultati raggiunti; in particolare è stata condotta nell'ambito dei momenti sotto descritti:

- Verifiche dell'applicazione dei protocolli operativi in relazione a quanto riportato nella scheda progetto;
- Visite ai campi sperimentali e ai laboratori coinvolti nella conduzione delle specifiche attività.

Riscontro di non conformità e/o gestione di modifiche e varianti

L'emergenza alluvione occorsa nella primavera 2023 in regione ha determinato la necessità di operare aggiustamenti in corso d'opera che non hanno comunque comportato sostanziali situazioni difformi a quanto previsto dalla scheda progetto.

Tutte le attività svolte come previsto nella procedura specifica di processo sono registrate e archiviate nel fascicolo di progetto e certificate attraverso visite ispettive svolte dal Responsabile Gestione Qualità di RINOVA.

Il Sistema Qualità RINOVA, ovvero l'insieme di procedure, di misurazione e registrazione, di analisi e miglioramento e di gestione delle risorse, è monitorato mediante visite ispettive interne e verificato ogni 12 mesi da Ente Certificatore accreditato (DNV-GL).

A causa di criticità temporali emerse durante l'attuazione del Piano, il GO ha richiesto una **Proroga di 90 giorni**, protocollata dalla Regione il 27 dicembre 2023 e approvata il 29 gennaio 2024 con determina n. 1502, posticipando la chiusura del progetto al 5 agosto 2024. Questa estensione è stata necessaria per sfruttare appieno la primavera e l'inizio dell'estate 2024, periodi cruciali per il raggiungimento degli obiettivi del piano. Alcune prove sperimentali, come quelle della sotto-azione 3.1 sul ruolo delle cover crops nel contenimento delle infestanti su colture estensive primaverili-estive, richiedevano un periodo di sviluppo oltre il termine originario del progetto, rendendo necessario completare i rilievi nella primavera 2024. Inoltre, a causa dell'alluvione di maggio 2023 che ha colpito l'azienda in zona Conselice, sede di una delle prove della sotto-azione 3.2, è stata necessaria la replicazione dell'indagine nel 2024. La proroga ha così garantito il tempo adeguato a sviluppare e concludere queste attività.

Per quanto riguarda l'Azione 1, tutte le attività previste nel piano sono state completate con successo, raggiungendo gli obiettivi senza incontrare criticità nella fase di cooperazione del GO.

2.2 Personale

| Unità aziendale responsabile | Azione | Nome e cognome | Mansione e qualifica | Attività svolta | Costo orario | Ore | Costo |
|------------------------------|--------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------|---------------|-------------------|
| CAPA COLOGNA | | | Impiegato amministrativo | Referente amministrativo | 27,00 € | 60 | 1.620,00 € |
| RI.NOVA | | | Impiegato tecnico | Supporto tecnico | 43,00 € | 84 | 3.612,00 € |
| RI.NOVA | | | Impiegato amministrativo | Supporto amministrativo | 27,00 € | 36 | 972,00 € |
| RI.NOVA | 1 | | Impiegato Tecnico | Responsabile progetto | 43,00 € | 26 | 1.118,00 € |
| RI.NOVA | 1 | | Impiegato amministrativo | Supporto amministrativo | 43,00 € | 21 | 903,00 € |
| | | | | | | TOTALE | 8.225,00 € |

Consulenze – RI.NOVA

| Ragione sociale della società di consulenza | Importo contratto | Attività realizzate / ruolo nel progetto | Costo |
|---|-------------------|--|-------------------|
| (RI.NOVA) | 4.590,00 € | Supporto tecnico | 4.590,00 € |
| | | | TOTALE |
| | | | 4.590,00 € |

AZIONE 3 – AZIONI SPECIFICHE LEGATE ALLA REALIZZAZIONE DEL PIANO

SOTTO-AZIONE 3.1 – Ruolo delle cover crops nel contenimento delle infestanti su colture estensive primaverili-estive

Uar: ASTRA, CAPA Cologna, CAP RA, Azienda agricola Fattoria dell'Agape

L'obiettivo di questa sotto-azione è stata valutare l'efficacia di diverse tipologie di cover crops seminate in autunno come strumento agronomico sostenibile per il controllo delle infestanti, a confronto con altre tecniche di gestione delle malerbe, che includono l'uso combinato di glifosate e lavorazione meccanica minima, o la sola lavorazione meccanica.

La sperimentazione è stata condotta in parallelo in due diverse aree geografiche: nel Bolognese (a cura di ASTRA, prove 1.1 e 2.1) e nel Ferrarese (a cura di Capa Cologna, prove 1.2 e 2.2).

Le prove sperimentali sono suddivise per approccio sperimentale dell'utilizzo di cover crops:

- **Prova 1 (Mix di cover crops autunnali):** In questa prova, le cover crops erano rappresentate da un miscuglio di specie autunnali.
 - Nella **prova 1.1 (Bolognese)**, le cover crops sono state trinciate e successivamente interrate come sovescio prima della semina primaverile della coltura principale.
 - Nella **prova 1.2 (Ferrarese)**, invece, le cover crops sono state solamente trinciate, senza interrimento. Ciò ha permesso di valutare l'efficacia del semplice effetto pacciamante nel ridurre le infestanti, rispetto alla pratica del sovescio utilizzata nel Bolognese.
- **Prova 2 (Cereale autunno-vernino):** In questa prova, è stato utilizzato un cereale autunno-vernino come coltura di copertura.
 - Nella **prova 2.1 (Bolognese)** e nella **prova 2.2 (Ferrarese)**, il cereale è stato **allettato in primavera** per consentire una semina diretta della coltura principale senza ulteriore lavorazione del suolo.

Prova 1 - Valutazione dell'efficacia di alcune cover crop per la riduzione delle infestanti sulla coltura primaverile successiva

Prova 1.1 (a cura di ASTRA Innovazione e Sviluppo)

MATERIALI E METODI: la prova è stata sviluppata presso ASTRA Innovazione e Sviluppo – Unità Operativa ex Mario Neri, in località Selva – Imola (BO) per gli anni 2023 e 2024. La prova ha previsto la gestione di 3 distinti parcelloni, della superficie di circa 3.000 mq, a partire dalle lavorazioni dell'autunno 2022 fino alla semina del girasole in primavera 2023. Successivamente per il secondo

anno di prova la gestione è partita dalle lavorazioni autunnali 2023 fino alle semine primaverili 2024.

I tre metodi di conduzione sono stati:

TESI 1. Una gestione convenzionale caratterizzata da un minimo numero di lavorazioni e dall'utilizzo di glifosate per la preparazione del letto di semina (GLIFOSATE).

TESI 2. Una gestione del terreno con sole lavorazioni, effettuando tutti i passaggi che si renderanno necessari con le macchine adeguate (LAVORATO).

TESI 3. L'inserimento di una cover crop a semina autunnale da distruggere meccanicamente subito prima della semina di primavera (SOVESCIO).

Diverse operazioni colturali che hanno differenziato le tre tipologie di conduzione per gli anni di prova 2023 e 2024:

| OPERAZIONI COLTURALI | PROVA 1 | | |
|---|---------------------|--------------------|--------------------|
| | TESI 1 GLIFOSATE | TESI 2 LAVORATO | TESI 3 SOVESCIO |
| <i>autunno inverno</i> | | | |
| Ripuntatura (10/11/2022) | X | X | X |
| Aratura (22/11/2023) | X | X | X |
| Affinamento e preparazione letto di semina (15/11/2022) (30/11/2023) | X | X | X |
| Semina cover (15/11/2022) (30/11/2023) | | | X |
| <i>primavera</i> | | | |
| Lavorazioni gestione infestanti (14/03/2023-08/06/2023) (19/03/2024- 05/04/2024-23/04/2024) | | X | |
| Diserbo Glifosate (08/06/2023) (08/05/2024) | X | | |
| Trinciatura cover miscuglio | | | X |

| | | | |
|---|---|---|---|
| (08/06/2023) (06/05/2024) | | | |
| Preparazione letto semina (08-06-2023) (08/05/2024) | | | X |
| Semina Girasole (11/06/2023) Semina Sorgo (10/05/2024) | X | X | X |
| estate | | | |
| Raccolta Girasole (29/09/2023) | X | X | X |

Tipologia e dosaggio delle cover crops e distanza di semina nella Prova 1 - Tesi 3 su una superficie di 3200 mq (località Selva- Imola (BO))

| | TIPO DI COVER | DOSE X 3200 mq | Distanza di semina |
|-------------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| PROVA 1 – TESI 3 | ORZO (70 kg/ha) | ORZO 24,5 kg | 18 cm |
| | FAVINO (70 kg/ha) | FAVINO 24,5 kg | 50 cm |
| | RAFANO (15 kg/ha) | RAFANO 5,25 kg | 18 cm |

Mappa Prova 1.1 e Prova 2.1 (località Selva- Imola (BO))



Rilievi: per valutare l’impatto dei diversi itinerari tecnici sulla flora infestante, sono stati effettuati conteggi su 10 punti per ciascun parcellone. In ogni punto è stato registrato il numero di infestanti per metro quadrato suddiviso per specie e ne è stato valutato lo stadio di sviluppo (in scala BBCH)

I rilievi sono stati effettuati:

- TESI 1 (glifosate) prima dell’applicazione dell’erbicida e dopo l’emergenza della coltura;
- TESI 2 (lavorato) prima e/o dopo ogni passaggio e dopo l’emergenza della coltura;
- TESI 3 (sovescio) prima della terminazione della cover e dopo l’emergenza della coltura;

Al termine della stagione è stato effettuato un rilievo di stima sulla produzione o sulla vegetazione della coltura primaverile.

RISULTATI

ANNO 1 (2023)

Nelle tabelle sottostanti si riportano le sintesi dei dati sulla presenza delle infestanti raccolti dai rilievi della Prova 1 effettuati a Selva di Imola (BO):

Tab. P1A1 Densità (n°/mq) infestanti al 08-03-2023 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

| SINAR | | | PAPRH | | | FUMOF | | | SENVU | | | grano | | | FALCO | | | POLAV | | |
|------------|---|---------|-------------|---|---------|------------|---|---------|------------|---|---------|------------|---|---------|----------|---|---------|------------|---|---------|
| me dia | ± | dev- st | me dia | ± | dev- st | me dia | ± | dev- st | me dia | ± | dev- st | me dia | ± | dev- st | me dia | ± | dev- st | me dia | ± | dev- st |
| 0,3 | ± | 0,48 | 1,00 | ± | 0,94 | 1,3 | ± | 1,34 | 0,3 | ± | 0,67 | 0,3 | ± | 0,48 | 1 | ± | 1,70 | 0,6 | ± | 0,70 |
| BBCH 14-16 | | | BBCH 16-22 | | | BBCH 14-22 | | | BBCH 14-16 | | | BBCH 24-25 | | | BBCH 10 | | | BBCH 11-13 | | |

Fig. P1A1 Situazione della prova al 08-03-2023.



Tab. P1A2 Densità (n°/mq) infestanti al 30-03-2023 nella tesi 2 dopo la prima lavorazione

| Erbe Sopravissute | | | CONAR | | | FALCO | | |
|-------------------|---|--------|------------|---|--------|------------|---|--------|
| media | | dev.st | media | | dev.st | media | | dev.st |
| 0,9 | ± | 0,74 | 0,4 | ± | 0,52 | 0,9 | ± | 1,10 |
| BBCH 24-32 | | | 4-5 cm | | | BBCH 10-12 | | |

Erbe Sopravissute = SINAR, PAPRH, FUMOF, grano.

Tab. P1A3.1 Densità (n°/mq) infestanti al 05-06-2023 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione

| Sopravissute | | | Nuove emegenze | | | Perenni | | |
|--------------|---|----------|----------------|---|----------|------------|---|-----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | media | | dev.stat. |
| 2,9 | ± | 1,52 | 8,5 | ± | 4,88 | 2,7 | ± | 1,49 |
| BBCH 57- 89 | | | BBCH 12-41 | | | BBCH 32-62 | | |

Erbe Sopravissute = SINAR, PAPRH, FUMOF, FALCO

Nuove emegenze = CHEAL, SETSS

Perenni = CONAR, CYNDA, RUMEX

Tab. P1A3.2 Densità (n°/mq) infestanti al 05-06-2023 nella tesi 1 (glifosate) prima dell'applicazione

| Annuali | | | Perenni | | |
|-------------|---|----------|------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 20,3 | ± | 10,50 | 2,4 | ± | 1,96 |
| BBCH 25-85 | | | BBCH 33-61 | | |

Specie Annuali=SINAR, PAPRH, CHEAL, POLAV, FALCO, SETSS, ERICA - Specie Perenni= CONAR, CIRAR

Fig. P1A2 Situazione della prova al 08-05-2023.



Fig. P1A3: Trinciatura del sovescio 08-06-2023.



Fig. P1A4: Semina Girasole 11-06-2023.



Tab P1A4.1 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 2 in post-emergenza della coltura.

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 5,1 | ± | 2,92 | 4 | ± | 1,89 |

Annuali=POROL, SETSS, CHEAL, SOLNI, PAPRH, FALCO, POLAV - Perenni= CONAR, RUMEX, CYNDA

Tab P1A4.2 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 1 (glifosate)in post-emergenza della coltura.

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0,2 | ± | 0,42 | 0 | ± | |

Annuali=ERICA

Tab.P1A4.3 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 3 (miscuglio)in post-emergenza della coltura.

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 65,9 | ± | 10,61 | 0,9 | ± | 0,57 |

Annuali=Orzo

Perenni= CONAR

Fig. P1A5 Pre-Fioritura Girasole 01-08-2023.



Tab P1A4.4 Risultati produttivi Girasole 29-03-2023:

| Prova 1 | | |
|-----------|------------|-------------|
| Lavorato | Sovescio | Glifosate |
| 14 qli/ha | 4,5 qli/ha | 12,5 qli/ha |

ANNO 2 (2024)

Tab. P1A5.1 Densità (n°/mq) infestanti al 15-03-2024 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

Annuali n°/mq

| | | |
|-------------|---|----------|
| media | | dev.stat |
| 95,8 | ± | 66,97 |
| BBCH 10-12 | | |

Annuali= FALCO, POLAV

Tab. P1A5.2 Densità (n°/mq) infestanti al 15-03-2024 nella tesi 3 (miscuglio)

Annuali n°/mq

| | | |
|-------------|---|----------|
| media | | dev.stat |
| 60,1 | ± | 41,42 |
| BBCH 10-16 | | |

Annuali= FALCO, POLAV, PAPRH

Tab P1A6. Densità (n°/mq) infestanti al 05-04-2024 nella tesi 2 prima della seconda lavorazione

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 7,4 | ± | 5,19 | 1,2 | ± | 1,03 |
| BBCH 10-21 | | | BBCH 30-34 | | |

Annuali=SETSS, CHEA, FALCO, POLAV, SINAR, HELAN - Perenni= CONAR, RUMEX, CIRAR

Tab. P1A7.1 Densità (n°/mq) infestanti al 21-04-2024 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione di pre-semina

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 5,4 | ± | 3,72 | 2,4 | ± | 3,53 |
| BBCH 10-32 | | | BBCH 32-35 | | |

Annuali= SETSS, CHEAL, FALCO, POLAV, SINAR, HELAN - Perenni= CONAR, RUMEX, CIRAR

Tab. P1A7.2 Densità (n°/mq) infestanti al 21-04-2024 nella tesi 1 (glifosate) prima della applicazione di pre-semina

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 11,9 | ± | 3,03 | 1,8 | ± | 2,20 |
| BBCH 12-55 | | | BBCH 31-32 | | |

Annuali= PAPH, SETSS, CHEAL, FALCO, POLAV, SINAR, HELAN - Perenni= RUMEX, CIRAR

Tab. P1A7.3 Densità (n°/mq) infestanti al 21-04-2024 nella tesi 3 (miscuglio) prima della terminazione di pre-semina

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 13,7 | ± | 5,417 | 0,4 | ± | 0,84 |
| BBCH 21-55 | | | BBCH 31-35 | | |

Annuali= PAPRH, FALCO, POLAV, PICEC - Perenni= CONAR,CIRAR

Fig. P1A6 Terminazione del sovescio 06-05-2024.



Tab. P1A8.1 Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2024 nella tesi 2 in post emergenza della coltura (BBCH 13-14).

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Nuove emergenze n°/mq | | | Perenni |
|-----------------------------|---|----------|-----------------------|---|----------|---------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | % cop. |
| 0,6 | ± | 0,70 | 8 | ± | 4,99 | 20 |
| BBCH 41-51 | | | BBCH 14-16 | | | |

Erbe Sopravvissute = FALCOPOLAV

Nuove emergenze = CHEAL, SETSS, HELAN

Perenni = CONAR, CYNDA, RUMEX, CIRAR

Tab. P1A8.2 Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2024 nella tesi 1 in post emergenza della coltura (BBCH 13-14).

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Nuove emergenze n°/mq | | | Perenni |
|--------------------------------|---|----------|--------------------------|---|----------|---------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | % cop. |
| 0 | ± | | 0 | ± | | 0 |
| | | | | | | |

Tab. P1A8.3 Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2024 nella tesi 3 in post emergenza della coltura

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Nuove emergenze n°/mq | | | Perenni |
|--------------------------------|---|----------|--------------------------|---|----------|---------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | % cop. |
| 0 | ± | | 0 | ± | | 0 |
| | | | | | | |

Prova 1.2 (a cura di Capa Cologna)

MATERIALI E METODI

La prova è stata condotta presso l'azienda Fattoria Agape, situata in provincia di Ferrara, nel comune di Tresignana. Gli appezzamenti coinvolti sono caratterizzati da un terreno a medio impasto, irrigato e gestito con tecniche di agricoltura conservativa, con l'obiettivo di preservare la struttura del suolo, aumentare la fertilità e ridurre l'erosione.

Il campo sperimentale, individuato come il più idoneo per la prova, è stato preparato a fine settembre 2022. Dopo la preparazione, l'appezzamento è stato suddiviso in parcelle, ognuna destinata a un trattamento sperimentale diverso, rappresentato dalle tre tesi a confronto.

Le tesi a confronto rispecchiano quelle trattate nella prova parallela condotta da ASTRA in località Selva di Imola, e sono le seguenti:

TESI 1: Gestione convenzionale, che prevede un numero minimo di lavorazioni e l'utilizzo di glifosate per la preparazione del letto di semina (GLIFOSATE).

TESI 2: Gestione del terreno con sole lavorazioni meccaniche superficiali, effettuando tutti i passaggi necessari per la preparazione del letto di semina mediante l'uso di macchinari appropriati (LAVORATO).

TESI 3: Introduzione di un mix di cover crops autunnali (orzo, favino, e rafano), da distruggere meccanicamente immediatamente prima della semina primaverile (MIX COVER CROPS)

Diverse operazioni colturali che hanno differenziato le tre tipologie di conduzione per gli anni di prova 2023 e 2024

| OPERAZIONI COLTURALI | PROVA 1 | | |
|---|---------------------|--------------------|---------------------------|
| | TESI 1 GLIFOSATE | TESI 2 LAVORATO | TESI 3 MIX COVER CROPS |
| autunno inverno | | | |
| Ripuntatura (15/09/2022) (18/09/2023) | X | X | X |
| Affinamento e gestione infestanti (20/09/2022-09/12/2022) (21/09/2023-13/10/2023) | X | X | X |
| Semina cover (14/10/2022) (13/10/2023) | | | X |
| primavera | | | |
| Lavorazioni gestione infestanti (13/03/2023-04/04/2023-09/05/2023) (18/04/2024) | | X | |
| Diserbo Glifosate (31/05/2023) (08/04/2024-13/05/2024) | X | | |
| Trinciatura cover miscuglio (09/05/2023) (10/04/2024) | | | X |
| Preparazione letto semina | | | |
| Semina Soia (31/05/2023) Semina Soia (09/05/2024) | X | X | X |

| <i>estate</i> | | | |
|----------------------------|---|---|---|
| Raccolta soia (07/10/2023) | X | X | X |

Tipologia e dosaggio delle cover crops e distanza di semina nella Prova 1 - Tesi 3 su una superficie di 7200 mq circa (località Roncodigà (FE))

| | TIPO DI COVER | DOSE X 7200 mq | Distanza di semina |
|-------------------------|-------------------|----------------|--------------------|
| PROVA 1 – TESI 3 | ORZO (70 kg/ha) | ORZO 50,4 kg | 18 cm |
| | FAVINO (70 kg/ha) | FAVINO 50,4 kg | 50 cm |
| | RAFANO (12 kg/ha) | RAFANO 8,60 kg | 18 cm |

Per valutare l'impatto dei diversi itinerari tecnici sulla flora infestante, sono stati effettuati rilievi su 10 punti di campionamento all'interno di ogni parcellone. In ciascun punto, è stato conteggiato il numero di infestanti per metro quadrato, suddividendo le infestanti per singola specie e registrando il relativo stadio di sviluppo.

I rilievi sono stati condotti nei seguenti momenti:

Tesi 2 (Lavorato): Durante il primo e l'ultimo passaggio delle lavorazioni meccaniche e successivamente dopo l'emergenza della coltura principale.

Tesi 1 (Glifosate): Prima dell'applicazione dell'erbicida e poi nuovamente dopo l'emergenza della coltura.

Tesi 3 (Cover crops): Dopo l'emergenza della coltura principale, per monitorare l'effetto pacciamante delle cover crops.

RISULTATI

Nelle tabelle sottostanti si riportano le sintesi dei dati raccolti:

Rilievi 2023

Tab P1C1./2023 Densità (n°/mq) infestanti al 08-03-2023 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

| Specie | n°/mq | Dev.St | BBCH |
|--------|-------|--------|-------|
| Grano | 1,5 ± | 0,88 | 25-30 |
| AVEST | 2,6 ± | 3,53 | 25-30 |
| DAUCA | 5,3 ± | 2,75 | 14-22 |
| SINAR | 1,6 ± | 1,26 | 14-24 |
| PAPRH | 1,3 ± | 1,16 | 14-24 |

| | | | | |
|------------|-----|---|------|--|
| Altre dico | 1,7 | ± | 2,16 | |
|------------|-----|---|------|--|

Tab P1C2/2023. Densità (n°/mq) infestanti al 29-05-2023 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione

| Specie | n°/mq | | Dev.St | BBCH |
|--------|-------|---|--------|-------|
| Grano | 0,2 | ± | 0,42 | 39-41 |
| AVEST | 0,5 | ± | 0,71 | 39-41 |
| DAUCA | 0,9 | ± | 0,99 | 45-52 |
| SINAR | 0,2 | ± | 0,42 | 51-55 |
| PAPRH | 0,2 | ± | 0,42 | 51-55 |
| CONAR | 0,4 | ± | 0,52 | 32-33 |
| ECHCG | 1,4 | ± | 1,17 | 14-21 |
| CHEAL | 1,9 | ± | 1,66 | 12-31 |
| SOLNI | 0,9 | ± | 0,88 | 12-16 |
| AMARE | 3,4 | ± | 3,66 | 12-16 |

Tab P1C3/2023. Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2023 nella tesi 1 (glifosate) prima dell' applicazione

| Specie | n°/mq | | Dev.St | BBCH |
|--------|-------|---|--------|-------|
| Grano | 1,2 | ± | 0,92 | 55-61 |
| AVEST | 3,2 | ± | 2,94 | 55-61 |
| DAUCA | 4,1 | ± | 1,52 | 55-61 |
| SINAR | 1,5 | ± | 1,08 | 61-63 |
| PAPRH | 1,1 | ± | 0,99 | 61-62 |
| CONAR | 0,2 | ± | 0,42 | 32-33 |
| ECHCG | 0,8 | ± | 0,79 | 14-21 |
| CHEAL | 1 | ± | 1,05 | 12-31 |
| SOLNI | 0,9 | ± | 0,88 | 12-16 |
| AMARE | 1,9 | ± | 2,69 | 12-16 |

Tab P1C4/2023 % copertura da infestanti in post-emergenza della coltura

| tesi | Totale | DAUCA | altre |
|-------------|--------|-------|-------|
| Cover Crops | 2 | 0 | 2 |
| Lavorato | 12 | 8 | 4 |
| Glifosate | 35 | 30 | 5 |

Altre= CHEAL, AMARE, ECHCG, SOLNI

Rilievi 2024

Tab P1C1/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 17-04-2024 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 2,4 | ± | 1,35 | 2,5 | ± | 1,43 |

Annuali=POLAV a BBCH 31-32;AMIMA a BBCH 51-55- Grano a BBCH37-39 - Perenni= CONAR,Equiseto

Tab P1C2/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 17-04-2024 nella tesi glifosate

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 2,5 | ± | 2,32 | 3 | ± | 1,70 |

Annuali=POLAV a BBCH 31-32;AMIMA a BBCH 51-55- Grano a BBCH37-39 - Perenni= CONAR,CIRAR,Equiseto

Tab P1C3/2024. Densità (n°/mq) infestanti 8-5-2024 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione di pre-semina

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Annuali nuove emergenze n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|-----------------------------|---|----------|-------------------------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0,9 | ± | 0,88 | 2,6 | ± | 1,35 | 3,3 | ± | 2,21 |

Annuali sopravvissute : AMIMA,PAPRH

Annuali nuove emergenze: CHEAL ECHCG

Perenni: CONAR,Equiseto

Tab P1C4/2024. Densità (n°/mq) infestanti 8-5-2024 nella tesi 1 (glifosate) prima della applicazione di pre-semina

| Annuali mature n°/mq | | | Annuali nuove emergenze n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|----------------------|---|----------|-------------------------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 2,5 | ± | 2,32 | 2,4 | ± | 1,6 | 3,2 | ± | 2,04 |

Annuali mature (BBCH 55-60) : AMIMA,PAPRH, POLAV

Annuali nuove emergenze (BBCH 14-31) : CHEAL ECHCG

Perenni: CONAR, CIRSIUM, Equiseto

Tab P1C5/2024. Densità (n°/mq) infestanti 12/06/2024 nella tesi 2 in post emergenza della coltura (BBCH 13-14).

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 5,1 | ± | 2,49 | 4 | ± | 1,89 |

Annuali:POROL, AMIMA, CHEAL, SOLNI, FALCO;

Perenni: CONAR, SORHA, Equiseto

Tab P1C6/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 12/06/2024 nella tesi 1 (glifosate) in post emergenza della coltura (BBCH 13-14)

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0,2 | ± | 0,70 | 1,4 | ± | 0,97 |

Annuali= AMIMA Perenni=Equiseto

Tab P1C7/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 12/06/2024 nella tesi 3 (Miscuglio) in post emergenza della coltura

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 65,9 | ± | 1,42 | 0,9 | ± | 0,57 |

Annuali= Orzo a BBCH 14-22

Perenni=CONAR

Prova 2 - Valutazione dell'efficacia di una cover crop rappresentata da un cereale autunno-vernino con semina diretta della coltura primaverile successiva

Questa prova è stata svolta in parallelo in 2 diverse aree geografiche: nel Bolognese (a cura di Astra, prova 2.1) e nel Ferrarese (a cura di Capa Cologna, prova 2.2), come di seguito descritte.

Prova 2.1 (a cura di ASTRA Innovazione e Sviluppo)

MATERIALI E METODI: la prova è stata sviluppata presso ASTRA Innovazione e Sviluppo – Unità Operativa ex Mario Neri, in località Selva – Imola (BO) per gli anni 2023 e 2024. La prova ha previsto la gestione di 3 distinti parcelloni, della superficie di circa 3.000 mq, a partire dalle lavorazioni dell'autunno 2022 fino alla semina del girasole in primavera 2023. Successivamente per il secondo anno di prova la gestione è partita dalle lavorazioni autunnali 2023 fino alle semine primaverili 2024.

I tre metodi di conduzione sono stati:

TESI 1. Una gestione convenzionale con il minor numero di lavorazioni e utilizzo di glifosate per la preparazione del letto di semina (GLIFOSATE).

TESI 2. Una gestione del terreno con sole lavorazioni, effettuando tutti i passaggi che si renderanno necessari con le macchine adeguate (LAVORATO).

TESI 3. L'inserimento di una cover crop a semina autunnale (segale) da allettare meccanicamente subito prima della semina di primavera (girasole). La semina della coltura primaverile successiva è stata effettuata con seminatrice da sodo.

Diverse operazioni colturali che hanno differenziato le tre tipologie di conduzione per gli anni di prova 2023 e 2024

| OPERAZIONI COLTURALI | PROVA 2 | | |
|---|---------------------|--------------------|------------------|
| | TESI 1 GLIFOSATE | TESI 2 LAVORATO | TESI 3 SEGALE |
| <i>autunno inverno</i> | | | |
| Ripuntatura (10-11/2022) Aratura (22/11/2023) | X | X | X |
| Affinamento e preparazione letto di semina (15/11/2022) (30/11/2023) | X | X | X |
| Semina cover (15/11/2022) (30/11/2023) | | | X |
| <i>primavera</i> | | | |
| Lavorazioni gestione infestanti (14/03/2023-08/06/2023) (19/03/2024-05/04/2024- 23/04/2024) | | X | |
| Diserbo Glifosate (08/06/2023) (08/05/2024) | X | | |
| Trinciatura cover miscuglio (08/06/2023) (06/05/2024) | | | X |
| Preparazione letto semina (08-06-2023) (08/05/2024) | | | X |
| Allettamento segale (08-06-2023) (08/05/2024) | | | X |

| | | | |
|--------------------------------|---|---|---|
| Semina Girasole (11/06/2023) | X | X | X |
| Semina Sorgo (10/05/2024) | | | |
| <i>estate</i> | | | |
| Raccolta Girasole (29/09/2023) | X | X | X |

Tipologia e dosaggio delle cover crops e distanza di semina nella Prova 2 - Tesi 3 su una superficie di 3200 mq (località Selva- Imola (BO))

| | TIPO DI COVER | DOSE X 3200 mq | Distanza di semina |
|------------------|------------------|----------------|--------------------|
| PROVA 2 – TESI 3 | SEGALE 140 kg/ha | SEGALE 50 kg | 18 cm |

Mappa Prova 1.1 e Prova 2.1



Rilievi: per misurare gli effetti sulla flora infestante dei diversi itinerari tecnici a confronto in 10 punti di ogni parcellone si è conteggiato il numero di infestanti presenti/mq dividendole per singola specie e se ne è valutato il relativo stadio di sviluppo.

I rilievi sono stati effettuati:

- TESI 1 (glifosate) prima dell'applicazione dell'erbicida e dopo l'emergenza della coltura;
- TESI 2 (lavorato) prima e/o dopo ogni passaggio e dopo l'emergenza della coltura;
- TESI 3 (segale) prima della terminazione della cover e dopo l'emergenza della coltura;

Al termine della stagione è stato effettuato un rilievo di stima sulla produzione o sulla vegetazione della coltura primaverile.

RISULTATI

ANNO 1 (2023)

Tab. P2S1 Densità (n°/mq) infestanti al 08-03-2023 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

| SINAR | | | PAPRH | | | FUMOF | | | SENVU | | | grano | | | FALCO | | | POLAV | | |
|------------|---|--------|-------------|---|--------|------------|---|--------|------------|---|--------|------------|---|--------|------------|---|--------|------------|---|--------|
| me dia | ± | dev-st | me dia | ± | dev-st | me dia | ± | dev-st | me dia | ± | dev-st | me dia | ± | dev-st | me dia | ± | dev-st | me dia | ± | dev-st |
| 0,1 | ± | 0,32 | 0,40 | ± | 0,52 | 0 | ± | | 0,1 | ± | 0,32 | 0,3 | ± | 0,67 | 0,3 | ± | 0,48 | 0,1 | ± | 0,32 |
| BBCH 14-16 | | | BBCH 16-22 | | | BBCH 14-22 | | | BBCH 14-16 | | | BBCH 24-25 | | | BBCH 10 | | | BBCH 11-13 | | |

Fig. P2S1 7 Situazione della prova al 08-03-2023.



Tab P2S2. Densità (n°/mq) infestanti al 30-03-2023 nella tesi 2 dopo la prima lavorazione

| Sopravvissute | | | CONAR | | | FALCO | | |
|---------------|---|--------|--------|---|--------|-------|---|--------|
| media | | dev.st | media | | dev.st | media | | dev.st |
| 0,3 | ± | 0,48 | 0,2 | ± | 0,42 | 0,2 | ± | 0,42 |
| 24-32 | | | 4,5 cm | | | 10-12 | | |

Sopravvissute = SINAR, PAPRH, FUMOF, grano

Fig. P2S2 Situazione della prova al 08-05-2023



Tab. P2S3.1 Densità (n°/mq) infestanti al 05-06-2023 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione

| Sopravvissute | | | Nuove emergenze | | | Perenni | | |
|---------------|---|----------|-----------------|---|----------|------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0 | ± | | 8,1 | ± | 4,48 | 1,5 | ± | 1,72 |
| BBCH 57- 89 | | | BBCH 12-41 | | | BBCH 32-62 | | |

Nuove emergenze = CHEAL, SETSS

Perenni = CONAR, CYNDA, RUMEX

Tab P2S3.2 Densità (n°/mq) infestanti al 05-06-2023 nella tesi 1 (glifosate) prima dell'applicazione

| Annuali | | | Perenni | | |
|------------|---|----------|------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 13 | ± | 6,13 | 1,5 | ± | 0,97 |
| BBCH 25-85 | | | BBCH 33-61 | | |

Specie Annuali = SINAR, PAPRH, CHEAL, POLAV, FALCO, SETSS, ERICA - Specie Perenni = CONAR, CIRAR

Fig. P2S3 Allettamento della segale 08-06-2023.



Fig. P2S4: Semina Girasole con macchina da sodo 11-06-2023.



Tab P2S4..1 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 2 in post-emergenza della coltura

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 1,3 | ± | 1,16 | 2,5 | ± | 1,27 |

Annuali=POROL, SETSS, CHEAL, SOLNI, PAPRH, FALCO, POLAV - Perenni= CONAR, RUMEX, CYNDA

Tab. P2S4.2 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 1 (glifosate)in post-emergenza della coltura

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0,1 | ± | 0,32 | 0 | ± | |

Annuali=ERICA

Tab. P2S4.3 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 3 (segale)in post-emergenza della coltura

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0 | ± | | 2,5 | ± | 1,58 |

Perenni= CONAR, CYNDA

Fig. P2S5 Pre-Fioritura Girasole 01-08-2023.



Tab. P2S4.4 Risultati produttivi Girasole 29-03-2023:

| Prova 1 | | |
|-----------|------------|-------------|
| Lavorato | Segale | Glifosate |
| 14 qli/ha | 4,5 qli/ha | 12,5 qli/ha |

ANNO 2 (2024)

Tab. P2S5.1. Densità (n°/mq) infestanti al 15-03-2024 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

Annuali n°/mq

| media | | dev.stat |
|------------|---|----------|
| 8,7 | ± | 4,40 |
| BBCH 10-12 | | |

Annuali= FALCO, POLAV

Tab. P2S5.2 Densità (n°/mq) infestanti al 15-03-2024 nella tesi 3 (segale)

Annuali n°/mq

| media | | dev.stat |
|------------|---|----------|
| 2,9 | ± | 2,38 |
| BBCH 10-12 | | |

Annuali= FALCO, POLAV, PAPRH

Tab. P2S6 Densità (n°/mq) infestanti al 05-04-2024 nella tesi 2 prima della seconda lavorazione

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 1,6 | ± | 1,65 | 0,2 | ± | 0,42 |
| BBCH 10-21 | | | BBCH 30-34 | | |

Annuali=SETSS, CHEA, FALCO, POLAV, SINAR, HELAN - Perenni= CONAR, RUMEX, CIRAR

Tab P2S7.1 Densità (n°/mq) infestanti al 21-04-2024 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione di pre-semina

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 3,2 | ± | 2,53 | 1,2 | ± | 1,69 |
| BBCH 10-32 | | | BBCH 32-35 | | |

Annuali=SETSS, CHEAL, FALCO, POLAV, SINAR, HELAN - Perenni= CONAR, RUMEX, CIRAR

Tab. P2S7.2 Densità (n°/mq) infestanti al 21-04-2024 nella tesi 1 (glifosate) prima della applicazione di pre-semina

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 28,7 | ± | 7,86 | 0 | ± | |
| BBCH 12-55 | | | BBCH 31-32 | | |

Annuali= PAPRH, SETSS, CHEAL, FALCO, POLAV, SINAR, HELAN - Perenni= RUMEX, CIRAR

Tab. P2S7.3 Densità (n°/mq) infestanti al 21-04-2024 nella tesi 3 (segale) prima della terminazione di pre-semina

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 2,4 | ± | 2,44 | 1,2 | ± | 2,44 |
| BBCH 21-55 | | | BBCH 31-35 | | |

Annuali= PAPRH, FALCO, POLAV, PICEC - Perenni= CONAR, CIRAR

Fig. P2S6 Situazione della prova al 06/05/2024 prima della terminazione della cover crop segale



Tab P2S8.1 Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2024 nella tesi 2 in post emergenza della coltura principale (BBCH 13-14).

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Nuove emergenze n°/mq | | | Perenni |
|--------------------------------|---|----------|--------------------------|---|----------|---------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | % cop. |
| 0,4 | ± | 0,52 | 6 | ± | 3,99 | 5,50 |
| BBCH 41-51 | | | BBCH 14-16 | | | |

Erbe sopravvissute = FALCOPOLAV

Nuove emergenze = CHEAL, SETSS, HELAN

Perenni = CONAR, CYNDA, RUMEX, CIRAR

Tab. P2S8.2 Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2024 nella tesi 1 in post emergenza della coltura principale (BBCH 13-14).

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Nuove emergenze n°/mq | | | Perenni |
|--------------------------------|---|----------|--------------------------|---|----------|---------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | % cop. |
| 0 | ± | | 0 | ± | | 0 |
| | | | | | | |

Tab. P2S8.3 Densità (n°/mq) infestanti al 30-05-2024 nella tesi 3 (segale) in post emergenza della coltura principale (BBCH 13-14).

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Nuove emergenze n°/mq | | | Perenni |
|--------------------------------|---|----------|--------------------------|---|----------|---------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | % cop. |
| 0 | ± | | 0 | ± | | 0 |
| | | | | | | |

Fig. P2S7 Situazione della prova in sviluppo della segale 10-07-2024



Prova 2.2 (a cura di Capa Cologna)

MATERIALI E METODI

La prova, ripetuta negli anni 2023 e 2024, è stata condotta presso l'azienda Fattoria Agape, situata nel comune di Tresignana, in provincia di Ferrara. Gli appezzamenti sperimentali sono caratterizzati da un terreno a medio impasto, irrigato e gestito con tecniche di agricoltura conservativa. Il protocollo sperimentale è stato strutturato per valutare l'efficacia di tre differenti metodi di gestione agronomica delle infestanti:

TESI 1. Una gestione convenzionale con il minor numero di lavorazioni e utilizzo di glifosate per la preparazione del letto di semina (GLIFOSATE).

TESI 2. Una gestione del terreno con sole lavorazioni, effettuando tutti i passaggi che si renderanno necessari con le macchine adeguate (LAVORATO).

TESI 3. L'inserimento di una cover crop a semina autunnale (SEGALE) da allettare meccanicamente subito prima della semina di primavera (soia).

Diverse operazioni colturali che hanno differenziato le tre tipologie di conduzione per gli anni di prova 2023 e 2024

| OPERAZIONI COLTURALI | PROVA 2 | | |
|---|-----------|----------|--------|
| | TESI 1 | TESI 2 | TESI 3 |
| | GLIFOSATE | LAVORATO | SEGALE |
| <i>autunno inverno</i> | | | |
| Ripuntatura (15-09/2022) (18/09/2023) | X | X | X |
| Affinamento e contenimento infestanti (20/09/2022-09/12/2022) (21/09/2023-13/10/2023) | X | X | X |
| Semina cover (SEGALE) (14/10/2022) (13/10/2023) | | | X |
| <i>primavera</i> | | | |
| Lavorazioni gestione infestanti (13/03/2023-04/04/2023-09/05/2023) (18/04/2024) | | X | |
| Diserbo Glifosate (31/05/2023) (08/04/2024-13/05/2024) | X | | |
| Allettamento segale (31-05-2023) (08/05/2024) | | | X |
| Semina Soia (31/05/2023) Semina Soia (09/05/2024) | X | X | X |
| <i>estate</i> | | | |
| Raccolta Soia | | | |

Tipologia e dosaggio delle cover crops e distanza di semina nella Prova 2 - Tesi 3 su una superficie di 7200 mq (località Roncodigà (FE))

| | TIPO DI COVER | DOSE X 7200 mq | Distanza di semina |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|--------------------|
| PROVA 2 – TESI 3 | SEGALE 140 kg/ha | SEGALE 100 kg | 18 cm |

Per valutare l'impatto dei diversi itinerari tecnici sulla flora infestante, sono stati effettuati rilievi su 10 punti di campionamento all'interno di ogni parcellone. In ciascun punto, è stato conteggiato il numero di infestanti per metro quadrato, suddividendo le infestanti per singola specie e registrando il relativo stadio di sviluppo.

I rilievi sono stati condotti nei seguenti momenti:

Tesi 2 (Lavorato): Durante il primo e l'ultimo passaggio delle lavorazioni meccaniche e successivamente dopo l'emergenza della coltura principale.

Tesi 1 (Glifosate): Prima dell'applicazione dell'erbicida e poi nuovamente dopo l'emergenza della coltura.

Tesi 3 (SEGALE): Dopo l'emergenza della coltura principale, per monitorare l'effetto pacciamante dopo allettamento della cover crop.

RISULTATI

Rilevi anno 2023

Tab P2C11/2023. Densità (n°/mq) infestanti al 08-03-2023 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

| Specie | n°/mq | Dev.St | BBCH |
|------------|-------|--------|-------|
| Grano | 0,6 ± | 0,97 | 25-30 |
| AVEST | 1,8 ± | 3,01 | 25-30 |
| DAUCA | 4,2 ± | 3,16 | 14-22 |
| SINAR | 0,9 ± | 0,74 | 14-24 |
| PAPRH | 1,2 ± | 0,92 | 14-24 |
| Altre dico | 2 ± | 3,65 | |

Tab P2C12/2023. Densità (n°/mq) infestanti al 05-06-2023 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione

| Specie | n°/mq | Dev.St | BBCH |
|--------|-------|--------|-------|
| Grano | 0,3 ± | 0,48 | 39-41 |
| AVEST | 0,4 ± | 0,70 | 39-41 |
| DAUCA | 0,4 ± | 0,70 | 45-52 |
| SINAR | 0,3 ± | 0,48 | 51-55 |
| PAPRH | 0,1 ± | 0,32 | 51-55 |
| CONAR | 0,3 ± | 0,48 | 32-33 |
| ECHCG | 1 ± | 0,94 | 14-21 |

| | | | | |
|-------|-----|---|------|-------|
| CHEAL | 2,3 | ± | 2,45 | 12-31 |
| SOLNI | 0,9 | ± | 1,10 | 12-16 |
| AMARE | 2,2 | ± | 2,53 | 12-16 |

Tab P2C13/2023 Densità (n°/mq) infestanti al 05-06-2023 nella tesi 1 (glifosate) prima dell' applicazione

| Specie | n°/mq | | Dev.St | BBCH |
|--------|-------|---|--------|-------|
| Grano | 0,8 | ± | 0,92 | 55-61 |
| AVEST | 2,6 | ± | 2,67 | 55-61 |
| DAUCA | 3,1 | ± | 0,99 | 55-61 |
| SINAR | 0,9 | ± | 0,99 | 61-63 |
| PAPRH | 1 | ± | 1,05 | 61-62 |
| CONAR | 0,2 | ± | 0,42 | 32-33 |
| ECHCG | 0,5 | ± | 0,71 | 14-21 |
| CHEAL | 1,2 | ± | 1,14 | 12-31 |
| SOLNI | 0,9 | ± | 1,10 | 12-16 |
| AMARE | 1,1 | ± | 1,60 | 12-16 |

Tab P2C14/2023 Densità (n°/mq) infestanti al 20-06-2023 nella tesi 2 in post-emergenza della coltura

| tesi | totale | DAUCA | altre |
|-----------|--------|-------|-------|
| Segale | 4 | 0 | 4 |
| Lavorato | 10 | 5 | 5 |
| Glifosate | 25 | 20 | 5 |

Rilevi anno 2024

Tab P2C11/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 17-04-2024 nella tesi 2 prima della prima lavorazione

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 2 | ± | 1,41 | 1,7 | ± | 1,1 |

Annuali=POLAV a BBCH 31-32; AMIMA a BBCH 51-55- Grano a BBCH37-39 - Perenni= CONAR,Equiseto

Tab P2C12/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 17-04-2024 nella tesi glifosate

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 1,3 | ± | 0,95 | 2,7 | ± | 1,64 |

Annuali=POLAV a BBCH 31-32; AMIMA a BBCH 51-55- Grano a BBCH37-39 - Perenni= CONAR,CIRAR,Equiseto

Tab P2C13/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 08/05/2024 nella tesi 2 prima della ultima lavorazione di pre-semina

| Annuali sopravvissute n°/mq | | | Annuali nuove emergenze n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|-----------------------------|---|----------|-------------------------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0,7 | ± | 0,67 | 3,3 | ± | 1,8 | 1,8 | ± | 1,40 |

Annuali sopravvissute: AMIMA, PAPRH

Annuali nuove emergenze: CHEAL ECHCG

Perenni: CONAR, Equiseto

Tab P2C14/2024. Densità (n°/mq) infestanti al nella tesi 1 al 08/05/2024 (glifosate) prima della applicazione di pre-semina

| Annuali mature n°/mq | | | Annuali nuove emergenze n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|----------------------|---|----------|-------------------------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 1,3 | ± | 0,95 | 2,4 | ± | 1,7 | 2,9 | ± | 1,73 |

Annuali mature (BBCH 55-60): AMIMA, PAPRH, POLAV

Annuali nuove emergenze (BBCH 14-31): CHEAL ECHCG

Perenni: CONAR, CIRSIUM, Equiseto

Tab P2C15/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 12/06/2024 nella tesi 2 in post emergenza della coltura (BBCH 13-14).

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 1,3 | ± | 1,16 | 2,5 | ± | 1,27 |

Annuali: POROL, AMIMA, CHEAL, SOLNI, FALCO

Perenni: CONAR, SORHA, Equiseto

Tab P2C16/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 13/06/2024 nella tesi 1 in post emergenza della coltura (BBCH 13-14).

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0,1 | ± | 1,35 | 1,2 | ± | 1,03 |

Annuali= AMIMA Perenni=Equiseto

Tab P2C17/2024. Densità (n°/mq) infestanti al 13/06/2024 nella tesi 3 (segale) in post emergenza della coltura ,

| Annuali n°/mq | | | Perenni n°/mq | | |
|---------------|---|----------|---------------|---|----------|
| media | | dev.stat | media | | dev.stat |
| 0 | ± | 1,12 | 2,5 | ± | 1,37 |

Perenni=CONAR, Equiseto

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

PROVA 1.1 E PROVA 2.1

Nell'anno 2023 le tempistiche di terminazione ed allettamento delle cover nelle due prove sono state pesantemente influenzate dagli eventi alluvionali delle prime settimane di maggio e dalle condizioni meteorologiche instabili del periodo che hanno reso difficile l'ingresso in campo delle macchine. Questa condizione ha generato un ritardo generale delle operazioni colturali influenzando in maniera negativa l'esito delle tesi inerenti le cover crops.

Si analizzano di seguito i risultati per ogni singolo itinerario tecnico proposto:

TESI 1 GLIFOSATE: nel caso di semine effettuate a fine aprile se non oltre (2023 causa alluvione) lo sviluppo che le infestanti riescono a raggiungere in un terreno fermo da fine inverno è notevole. Il mutato andamento climatico con inverni sempre più caldi accelera lo sviluppo delle infestanti emerse durante l'inverno e anticipa l'emergenza delle infestanti tipicamente primaverili. La bonifica di letti di semina così compromessi richiederebbe dosaggi di glifosate elevati, non più ammessi dalle nuove norme di difesa integrata, a cui le future etichette si conformeranno. Il completo disseccamento richiede alcune settimane e va a formare una pacciamatura secca che contiene l'emergenza di nuove infestanti ma ritarda anche emergenza e sviluppo iniziale della coltura. Questi effetti potrebbero essere superati prevedendo più passaggi ma questa metodologia e i dosaggi totali/ha per anno richiesti non saranno più ammessi. L'unica possibilità di mantenere l'uso di glifosate nella bonifica dei letti di semina è di gestire i terreni con lavorazioni meccaniche fino a 20, massimo 30 giorni prima della semina per poi applicare i dosaggi consentiti di glifosate a ridosso della semina.

Questo itinerario tecnico è anche funzionale alla prevenzione di fenomeni di resistenza delle infestanti a glifosate.

TESI 2 LAVORATO: la tesi con lavorazione superficiale hanno evidenziato in entrambe le prove una produzione o uno sviluppo vegetativo della coltura primaverile successiva buona ed in linea con la pratica colturale comune. Le lavorazioni meccaniche effettuate in pre-semina della coltura per mantenere il letto di semina libero da infestanti non possono che essere lavorazioni "superficiali" per non compromettere la struttura del letto di semina e esporlo ad una eccessiva perdita di umidità. Questo implica la necessità di intervenire su infestanti ancora poco radicate ripetendo gli interventi ogni qualvolta si verificano nuove emergenze. È un percorso tecnico che richiede una buona tempestività sperando che piogge prolungate non blocchino a lungo l'accesso ai campi. La profondità di lavoro, necessariamente limitata, fa sì che le infestanti non controllate da un

intervento ben difficilmente verranno eliminate dall'intervento successivo effettuato settimane dopo.

Le infestanti possono sfuggire al controllo meccanico se hanno già sviluppato apparati radicali in grado di resistere allo sradicamento o se gli elementi sarchianti delle attrezzature lasciano aree non lavorate. Le infestanti perenni, proprio per la tipologia dei loro apparati radicali, non sono controllabili da questo tipo di attrezzature.

Dai dati, riportati in tabella P1S2, emerge che già al secondo passaggio sarchiante ci si trova ad affrontare infestanti non eliminate dall'intervento precedente, che si sommano alle nuove emergenze e alle infestanti perenni. Di conseguenza, queste infestanti, insieme alle specie perenni, sono presenti in post-emergenza della coltura (vedi tabelle P1S4.1 e P1S8.1), integrandosi con le infestanti emerse successivamente alla semina. Va anche segnalato che il continuo rimescolamento degli strati superficiali riporta in superficie semi dormienti, dando origine a emergenze superiori a quelle rilevate nel terreno indisturbato (dove si utilizza glifosate).

La tesi con lavorazione superficiale hanno evidenziato in entrambe le prove una produzione o uno sviluppo vegetativo della coltura primaverile successiva buona ed in linea con una normale pratica colturale.

TESI 3 COVER CROPS: L'efficacia delle colture di copertura nella gestione delle infestanti è strettamente correlata all'investimento e alla rapidità dello sviluppo iniziale del seme. Nel 2023, lo sviluppo delle cover crops è risultato molto in ritardo rispetto alle aspettative. Tuttavia, l'investimento è risultato accettabile e sufficiente a contenere lo sviluppo delle infestanti prima della semina delle colture principali. Sfortunatamente, a seguito di vicende correlate all'alluvione di maggio, la terminazione delle colture di copertura è avvenuta con eccessivo ritardo tanto che l'orzo, presente nel miscuglio, maturando già i semi, ha generato plantule infestanti nelle colture principali.

Nel 2024 nella prova 1.1, nella tesi con un miscuglio di cover crops è mancata una copertura sufficiente del terreno per contenere le infestanti, per contro la tesi con segale della prova 2.1 ha mostrato i risultati migliori. In entrambe le prove, tuttavia, la terminazione delle cover crops ha destrutturato il letto di semina, rendendo più difficile l'insediamento della coltura principale, tanto che nella prova 1.1 i risultati produttivi del girasole sono stati scarsi e lo sviluppo vegetativo del sorgo stentato.

PROVA 1.2 e 2.2

Nelle prove 1.2 e 2.2, condotte su terreni a medio impasto irrigati e gestiti con tecniche di agricoltura conservativa, i rilievi malerbologici hanno evidenziato differenze significative tra le tesi in esame, dimostrando l'efficacia dell'uso delle cover crops in questi ambienti.

Nei due anni delle prove, nel periodo di fine inverno, nelle parcelle non coperte dalle cover crops (Tesi T1 e T2), le infestanti presentavano una densità media significativa e uno stadio di sviluppo avanzato, attribuibile a un inverno mite. Le graminacee come il grano e l'avena selvatica erano prossime alla fine dell'accostimento, mentre le dicotiledoni, come carota selvatica, senape selvatica e papavero, erano già in fasi avanzate di rosetta. Questo stadio avanzato ha reso difficile

il controllo delle infestanti con le lavorazioni meccaniche, che non sono risultate pienamente efficaci a causa della radicazione delle piante. Lavorazioni profonde, che sarebbero state necessarie per eradicare completamente le infestanti, avrebbero potuto compromettere la struttura del letto di semina.

Nella Tesi T2 (lavorazione meccanica), nei due anni delle prove, si sono comunque resi necessari tre interventi erbicidi durante la primavera per contenere sia le nuove emergenze primaverili che le infestanti perenni come il vilucchio e l'equiseto. Sebbene la lavorazione avesse controllato in parte le infestanti autunnali, il continuo emergere di nuove specie ha richiesto interventi frequenti e tempestivi. Nella Tesi T1 (glifosate), il trattamento è stato inefficace a causa dello stadio avanzato di sviluppo delle infestanti, in particolare la carota selvatica, ampiamente diffusa nei campi, che ha mostrato una bassa sensibilità al diserbante.

Diversamente, nelle parcelle coperte dalle cover crops (Tesi T3), nei due anni di prove, non si sono osservate problematiche rilevanti legate alle infestanti. La densa copertura e il rapido sviluppo delle cover crops hanno limitato lo spazio ecologico disponibile per le infestanti autunnali, con solo sporadiche presenze di avena selvatica. In generale, l'utilizzo di cover crops non ha mostrato particolari problematiche se non l'abbondante biomassa prodotta, come nel caso specifico della segale, la cui gestione è cruciale per evitare effetti negativi sulla semina, emergenza e sviluppo della coltura principale successiva.

I rilievi produttivi sulla soia hanno confermato che la gestione delle infestanti mediante cover crops, non ha compromesso il raccolto e la produzione. I livelli di produzione sono risultati equiparabili a quelli ottenuti con le altre strategie di gestione delle infestanti, quali l'uso di glifosate e la sola gestione meccanica. Questo dimostra che, nonostante la necessità di una gestione accurata della biomassa prodotta dalle cover crops, il loro impiego non influisce negativamente sulla resa della coltura successiva.

Osservazioni e note ritenute importanti, acquisite durante il percorso sperimentale:

Anno 2022-2023

- Ottobre 2022: semina delle colture di copertura su terreno secco. Le precipitazioni leggere successive sono state sufficienti per garantire l'emergenza delle colture.
- Inverno 2022-2023: Il periodo invernale è stato caratterizzato da scarse precipitazioni.
- Fine inverno/inizio primavera 2023: Le piogge hanno permesso lo sviluppo delle colture di copertura e delle infestanti. Nonostante una corretta gestione, si è osservata una presenza significativa di infestanti perenni, come vilucchio, carota selvatica ed equisetto.
- Primavera 2023: La terminazione delle cover crops (vedi Figure 5 e 6), è stata ritardata a causa delle piogge di maggio. In particolare, la segale ha mostrato eccessiva maturazione, con fibre troppo tenaci che hanno complicato la fase di semina su sodo della soia.
- Fine primavera/inizio estate 2023: L'emergenza della soia è risultata ottimale nelle aree coperte dalle cover crops. Tuttavia, nelle zone dove erano presenti infestanti, anche se parzialmente devitalizzate, si è registrata una ridotta germinazione. Questo fenomeno è probabilmente attribuibile alla competizione tra le infestanti e la soia.
- Fine estate 2023: Durante la fase di raccolta, sono emersi i danni significativi causati dalle infestanti recrudescenti, che hanno compromesso la qualità e la resa della coltura.

Anno 2023-2024

- Inizio ottobre 2023: La semina delle cover crops è avvenuta in condizioni ottimali, favorendo una buona emergenza iniziale.
- Autunno 2023: Le condizioni climatiche favorevoli hanno permesso una gestione efficace delle infestanti in tutte le parcelle sperimentali.
- Primavera 2024: La semina della soia è stata eseguita con successo in tutte le parcelle ma, a fine primavera/inizio estate, si sono osservate difficoltà nella sua emergenza nella tesi T3. Qui le cover crops hanno probabilmente rallentato il riscaldamento del suolo e quindi la germinazione ottimale dei semi.

Considerazioni finali sulle tre tesi sperimentali:

Tesi 1 – Glifosate:

I risultati ottenuti nell'arco dei due anni hanno evidenziato difficoltà nel controllo di alcune infestanti. In particolare, *Daucus carota* (carota selvatica) nel 2023 ha creato problemi significativi di contenimento, dimostrando una bassa sensibilità al glifosate. Anche *Ammi majus* (amima), seppur meno densa, è stata rilevata nei terreni del 2024.

Nei terreni gestiti con il glifosate, il principale problema risiede nello sviluppo avanzato delle infestanti già in inverno a causa di stagioni più miti. Questo comporta che, in caso di semine a maggio, le infestanti abbiano già raggiunto uno stadio di sviluppo avanzato, difficile da controllare. Inoltre, l'attuale normativa che regola l'uso del glifosate limita i dosaggi, rendendo complesso il disseccamento totale delle infestanti. Anche se il trattamento riesce a formare una pacciamatura secca utile a contenere le nuove emergenze, ritarda tuttavia l'emergenza della coltura principale. Un'alternativa potrebbe essere la combinazione di lavorazioni meccaniche leggere fino a 20-30 giorni prima della semina, seguite da un'applicazione mirata di glifosate, riducendo così la dose totale per ettaro e prevenendo la resistenza delle infestanti.

Tesi 2 – Lavorazione meccanica:

Le lavorazioni meccaniche superficiali pre-semina si sono dimostrate utili per mantenere il letto di semina libero da infestanti, ma hanno presentato delle limitazioni. Poiché le lavorazioni più profonde avrebbero compromesso la struttura del suolo e ridotto l'umidità, le lavorazioni meccaniche devono essere eseguite in modo ripetuto e tempestivo per agire su infestanti ancora poco radicate.

Questo approccio richiede un'accurata pianificazione, in quanto le piogge prolungate potrebbero ritardare l'accesso ai campi. Inoltre, il controllo delle infestanti perenni, come vilucchio ed equisetolo, è risultato inefficace a causa del loro apparato radicale resistente.

Dai dati delle tabelle (P1C2/2023, P2C12/2023, P1C3/2024, P2C13/2024) emerge che le specie a nascita precoce, come grano, avena selvatica (*Avena sterilis*), *Daucus carota* e *Ammi majus*, già sviluppate al primo passaggio meccanico, non sono state completamente eliminate, e la loro presenza è stata riscontrata anche in post-emergenza della coltura (tabelle P1C4.1 e P2C8.1). Nonostante questi limiti, il metodo ha favorito una migliore emergenza e sviluppo iniziale della coltura.

Tesi 3 – Cover crops:

L'utilizzo delle cover crops ha mostrato un'efficacia significativa nel contenimento delle infestanti, soprattutto grazie a un buon investimento e a un rapido sviluppo iniziale della copertura.

La pacciamatura secca prodotta dall'allettamento della segale ha offerto un controllo ottimale delle infestanti annuali anche dopo la semina della coltura principale, come indicato nella tabella P2C17/2024. Tuttavia, nel 2024, un problema rilevato è stato l'orzo incluso nel miscuglio della cover, che è divenuto infestante a causa di una terminazione della cover crop troppo ritardata.

CONCLUSIONI complessive

Le prove condotte in contesti differenti hanno evidenziato come l'efficacia delle cover crops nella gestione delle infestanti e nella produttività della coltura principale possa variare significativamente in base alle condizioni pedoclimatiche e alle pratiche di gestione applicate.

Nella **Prova 1.1 e Prova 2.1**, le difficoltà emerse sono state principalmente attribuibili agli eventi meteorologici avversi e ai ritardi nella preparazione del letto di semina, che hanno compromesso l'efficacia delle cover crops. L'eccessivo ritardo nella terminazione delle colture di copertura ha portato a problematiche come la formazione di plantule infestanti e la distruzione del letto di semina, con conseguenze negative sulla resa della coltura principale. Un ulteriore fattore critico è stato l'uso di contoterzisti per le lavorazioni, che ha reso difficile una risposta tempestiva agli interventi richiesti dai monitoraggi di campo. La necessità di coordinare tempistiche flessibili e rapide con l'operato di terzi ha aggravato i problemi legati allo sviluppo delle infestanti e alla preparazione del terreno.

Al contrario, nella **Prova 1.2 e Prova 2.2**, condotte su terreni a medio impasto irrigati e gestiti con tecniche di agricoltura conservativa, le cover crops hanno dimostrato un'efficacia significativa. L'azienda agricola, dotata di tutte le attrezzature necessarie, ha potuto gestire le cover crops in modo tempestivo e coordinato, eseguendo interventi immediati e attuando un attento monitoraggio. Ciò ha permesso di limitare efficacemente la densità delle infestanti e di garantire una buona preparazione del letto di semina senza compromettere la produttività della coltura principale. Questo risultato sottolinea che una gestione adeguata delle cover crops può essere un metodo efficace per il controllo delle infestanti, senza incidere negativamente sulla resa della coltura principale.

In sintesi, l'utilizzo delle cover crops per la gestione delle infestanti è una soluzione potenzialmente molto efficace, ma il suo successo dipende da una gestione accurata che tenga conto di variabili come il tipo di terreno, le condizioni meteorologiche e la capacità di monitorare e intervenire tempestivamente. Per massimizzare i benefici delle cover crops e ridurre i rischi, è fondamentale una pianificazione attenta e una gestione mirata della biomassa, in sinergia con una attività puntuale di monitoraggio, garantendo così una produzione agricola sostenibile e di alta qualità.

Va specificato, tuttavia, che l'utilizzo delle cover crops può presentare alcuni svantaggi che è importante considerare. Uno dei principali problemi è che, in primavera, la copertura vegetale può trattenere l'umidità, rendendo il terreno più umido e fresco. Questo rallenta il processo di asciugatura del suolo, complicando le preparazioni del letto di semina e quindi la semina stessa. Al contrario, se la terminazione delle cover crops viene ritardata, si rischia una riduzione dell'umidità

del suolo a causa dell'elevata traspirazione delle piante eccessivamente sviluppate, con possibili effetti negativi sulle colture successive, in particolare in ambienti già soggetti a siccità. Inoltre, una massa vegetale troppo voluminosa può essere difficile da gestire tramite trinciatura o allettamento, causando ritardi nella semina delle colture principali.

Nello specifico le considerazioni di carattere tecnico agronomico che riguardano la scelta del momento della semina e la tempistica di allettamento e trinciatura delle cover crops sono:

Scelta del momento della semina: È cruciale adattare la semina delle cover crops alle caratteristiche specifiche del terreno e alla sua capacità idrica. Semina tardiva, ad esempio, verso metà novembre, su terreni medio impasto poveri di nutrienti e con limitata capacità idrica, può ritardare significativamente la crescita della coltura principale primaverile. Per ottimizzare la crescita delle cover crops e garantire un adeguato sviluppo della coltura successiva, è consigliabile anticipare la semina a ottobre, tenendo conto delle precipitazioni previste.

Tempistica di allettamento e trinciatura: L'allettamento e la trinciatura delle cover crops devono essere eseguiti tempestivamente in primavera, prima del periodo di semina della coltura successiva. Ritardi in queste operazioni possono portare a problemi significativi, come un letto di semina ostacolato da cover crops eccessivamente sviluppate, che può impedire la germinazione e lo sviluppo ottimale della coltura principale. Inoltre, una trinciatura tardiva può comportare un accumulo di residui lignificati difficili da degradare, che potrebbe compromettere la preparazione del terreno e la successiva crescita delle colture.

| |
|--|
| SOTTO-AZIONE 3.2 – Messa a punto di tecniche per la riduzione e ottimizzazione dell'impiego di erbicidi su colture estensive e orticole industriali |
|--|

Uar: CAP RA e consulenti (CAB Massari, Propar)

Prova 1 - Lavorazioni meccaniche di pre-semina.

L'obiettivo della prova è la valutazione dell'impatto che diverse modalità di preparazione del terreno per la semina o il trapianto di colture estensive e orticole da industria hanno sulla flora infestante. In dettaglio si è voluto valutare se lavorazioni meccaniche di pre-semina, energeticamente non troppo gravose e poco impattanti sugli strati superficiali del suolo, possono garantire un controllo delle infestanti non dissimile da quello della aratura tradizionale.

MATERIALI E METODI

Si sono confrontati tre diversi itinerari per la lavorazione principale del terreno con lo scopo di misurare gli effetti che hanno sulla popolazione delle malerbe che andrà a infestare la coltura:

- Tesi 1) Un percorso di tipo "tradizionale" che prevedeva una aratura a 35-40 cm di profondità seguita dalle necessarie lavorazioni di affinamento.

- Tesi 2) Uso di “preparatori”, macchine combinate con elementi dissodatori operanti fino a 35-40 cm di profondità e dischi in acciaio in grado di effettuare una erpicatura a 15-20 cm di profondità.
- Tesi 3) L’uso del “biosovesciatore”, una macchina innovativa che attua una lavorazione a doppio strato grazie elementi dissodatori che operano a 30-35 cm di profondità e vomerini in grado di effettuare una minima aratura a 15-20 cm di profondità.

Questi diversi itinerari sono stati messi a confronto nell’autunno 2022 e nell’autunno 2023 sia per la preparazione di terreni destinati alla semina autunnale del frumento, sia per la preparazione di terreni destinati ad ospitare colture da rinnovo (pomodoro, mais) nella primavera successiva. I confronti si sono realizzati in due diversi areali con condizioni pedoclimatiche diverse: i terreni argillosi della CAB Massari di Conselice e i terreni organici della bonifica del Mezzano. Si è operato con uno schema a parcelloni non ripetuti di ampiezza compresa fra 1.5 e 2 ettari.

Nella tabella sottostante è riportato l'elenco dei campi in cui si sono svolte le attività, con le seguenti informazioni: coltura principale, coltura precedente, azienda, località, tipo di terreno, data delle lavorazioni a confronto e data di semina o trapianto.

| Coltura | Azienda | Località | Tipo terreno | Coltura precedente | Data lavorazioni a confronto | Data semina / trapianto |
|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| Grano tenero var. Rebelde | CAB Massari | Conselice | Argilloso | Girasole | 23-24 ott. 2022 | 30 ott. 2023 |
| Grano tenero var. Bagou | Guerrini Mauro pod. Marini | Longastrino | Organico | Pisello da industria | 27-28 ott. 2022 | 10 nov. 2023 |
| Mais var. LG 31545 | CAB. Massari pod. Sagrape 3 | Conselice | Argilloso | Frumento | 15 nov. 2022 | 12 apr. 2023 |
| Pomodoro var. Heinz 1281 | Guerrini Mauro | Zona N.O. 19 Ostellato | Organico | Frumento | 22 nov. 2022 | 05 mag. 2023 |
| Grano tenero var. Bologna | Guerrini Mauro | Zona N.O. 15 Ostellato | Organico | Pisello da industria | 30-31 ott. 2023 | 08 nov. 2023 |
| Grano duro var. Marakas | Guerrini Michele | Longastrino Via Collettore | Medio impasto | Soia 2° raccolto | 2-4 nov. 2023 | 09 nov. 2023 |
| Pomodoro var. Heinz 1281 | Guerrini Mauro | Zona 14 N.O. Ostellato | Organico | Frumento | 13-15 nov. 2023 | 24 apr. 2024 |
| Mais var. LG 31688 | CAB Massari pod. Poggionina | Conselice | Argilloso | Frumento | 20-21 nov. 2023 | 12 apr. 2024 |

In queste tabelle si riporta una descrizione dettagliata del tipo di macchine utilizzate in ciascuna tesi per ogni azienda.

Per Az. Guerrini

| Tesi | Attrezzi utilizzati |
|--------------------------|---|
| 1-aratura | Aratro portato quadrivomere, reversibile. Larghezza di lavoro 1,5 m Profondità di lavoro 40 cm. Accoppiato a trattrice da 340 CV. Successivo affinamento effettuato con erpice rotante. |
| 2-combinata | Preparatore semiportato. Larghezza di lavoro 5 m. Accoppiato a trattrice da 250 CV. |
| 3-biosovesciatore | Attrezzatura semiportata con 11 vomerini. Marca Ovlac mod. Mini 9+2. Larghezza di lavoro 4 m. Profondità di lavoro 15-17 cm. Accoppiato a trattrice da 250 CV. Successivo affinamento effettuato con erpice a dischi. |

Per C.A.B Massari

| Tesi | Attrezzi utilizzati |
|--------------------------|---|
| 1-aratura | Aratro semiportata portato esavomere, reversibile. Ermo mod. Diablo. Larghezza di lavoro 3,3 m. Profondità di lavoro 35 cm. Accoppiato a trattrice da 540 CV. Successivo affinamento effettuato con preparatore combinato Maag. |
| 2-combinata | Preparatore semiportato. Kuhn Performer 600. Estirpatori + dischi. Larghezza di lavoro 6 m. Profondità di lavoro 15 cm. Accoppiato a trattrice da 540 CV. |
| 3-biosovesciatore | Attrezzatura semiportata con 11 vomerini. Marca Ovlac mod. Mini 9+2. Larghezza di lavoro 4 m. Profondità di lavoro 15-17 cm. Accoppiato a trattrice da 250 CV. Successivo affinamento effettuato con erpice a dischi. |

Per misurare gli effetti sulle infestanti dei diversi itinerari tecnici a confronto in 10 punti di ogni parcellone si è conteggiato il numero di infestanti presenti su metro quadrato suddividendole per singola specie e valutandone il relativo stadio di sviluppo.

Per quanto riguarda il frumento il rilievo lo si è effettuato a fine inverno, su piante in pieno accestimento subito prima di interventi con erpice strigliatore e/o applicazione di erbicidi di post-emergenza. Nel solo caso del frumento dell'azienda Guerrini nel 2024, coltivato in regime di agricoltura biologica si è effettuato un rilievo anche dopo gli interventi meccanici di post-emergenza (erpice strigliatore poi rompicrosta).

I rilievi nelle colture primaverili (mais, pomodoro) sono invece stati realizzati in tre distinti momenti:

- Entro o a fine inverno prima di una erpicatura di affinamento per valutare gli effetti sulle specie a emergenza autunnale.
- In pre semina o trapianto prima della bonifica del letto di semina con glifosate o interventi meccanici
- In post emergenza o trapianto della coltura prima dell'applicazione di erbicidi di post-emergenza.

Per garantire un numero sufficiente di gradi di libertà necessari per l'applicazione di test statistici, le 10 aree di campionamento per ciascuna tesi sono state considerate come repliche indipendenti.

L'analisi statistica è stata condotta utilizzando l'analisi della varianza (ANOVA) parametrica con soglia di significatività $p < 0,05$. I dati sono stati analizzati solo se rispettavano le condizioni di normalità e omogeneità della varianza, eventualmente dopo opportune trasformazioni. La separazione delle medie è stata eseguita mediante il test SNK (Student-Newman-Keuls).

RISULTATI

- **FRUMENTO (coltura a semina autunnale)**

Nelle tabelle sottostanti si riportano le sintesi dei dati raccolti.

tab.1/1-2023 Frumento Az. Guerrini Mauro – Longastrino. Rilievi del 02/02/2023. La tabella mostra le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, accompagnate dalle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuti dall'ANOVA sui dati trasformati ($\log(x+1)$), nonché i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA $< 0,05$) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Dicotiledoni comuni | | | | SYLMA | | |
|-------------------|---------------------|---------|-----|------|--------------|------|--|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | |
| 1-aratura | 25,3 | ± 43,97 | A | 1,1 | ± 1,85 | N.E. | |
| 2-combinata | 5,6 | ± 10,27 | B | 0,3 | ± 0,48 | | |
| 3-biosovesciatore | 12,1 | ± 8,76 | A | 1,3 | ± 1,83 | | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0000 | | | | P-VALUE 0,09 | | |
| TRASFORMATION | log(x+1) | | | | log(x+1) | | |

Dicotiledoni comuni: PAPRH (prevalente), VERSS, MATCH, STEME a BBCH 12-18, SYLMA a BBCH 14-16

tab.1/2-2023 Frumento Az. Guerrini Mauro – Longastrino. Rilievi del 07/04/2023 dopo diserbo meccanico. La tabella mostra le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, accompagnate dalle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuti dall'ANOVA, nonché i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | PAPRH | | | SYLMA | | | | |
|-------------------|---------------|---|---------|---------------|------|---|---------|------|
| | mean | ± | st.dev. | SNK | mean | ± | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 0,5 | ± | 0,71 | N.E. | 0,3 | ± | 0,48 | N.E. |
| 2-combinata | 0,5 | ± | 0,85 | | 0,5 | ± | 0,71 | |
| 3-biosovesciatore | 0,2 | ± | 0,42 | | 0,1 | ± | 0,32 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,428 | | | P-VALUE 0,276 | | | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | NONE | | | | |

PAPRH a BBCH 32-33, SYLMA a BBCH 31-32

tab.2-2023 Frumento Az. CAB Massari – Conselice. Rilievi del 14/03/2023. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, ai risultati del test SNK, e ai p-value dell'ANOVA.

| TESI | DICOTILEDONI | | | |
|-------------------|---------------|---|---------|-----|
| | mean | ± | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 38,7 | ± | 12,48 | B |
| 2-combinata | 53,3 | ± | 9,80 | C |
| 3-biosovesciatore | 17,7 | ± | 9,49 | A |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,000 | | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | |

Dicotiledoni: PICEC (prevalente), VERSS, RANSS a BBCH 12-22, SINAR a BBCH 45-60

tab.1-2024 Frumento Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 16/02/2024. La tabella mostra le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, accompagnate dalle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuti dall'ANOVA, inclusi quelli calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$), nonché i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | DICOTILEDONI | | | | SYLMA | | | |
|-------------------|---------------|---|---------|-----|---------------|---|---------|------|
| | mean | ± | st.dev. | SNK | mean | ± | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 0,4 | ± | 0,52 | A | 0,1 | ± | 0,32 | N.E. |
| 2-combinato | 4,2 | ± | 4,54 | B | 0,1 | ± | 0,32 | |
| 3-biosovesciatore | 0,8 | ± | 0,92 | A | 0,3 | ± | 0,48 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,001 | | | | P-VALUE 0,472 | | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | | NONE | | | |

Dicotiledoni: PAPRH, VERSS, GALAP a BBCH 14-22, SYLMA a BBCH 12-16

tab.2-2024 Frumento Az. Guerrini Michele – Longastrino. Rilievi del 16/02/2024. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, ai risultati del test SNK, e ai p-value dell'ANOVA calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$).

| TESI | DICOTILEDONI | | | |
|-------------------|----------------|---|---------|-----|
| | mean | ± | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 0,3 | ± | 0,67 | A |
| 2-combinata | 4,4 | ± | 2,07 | C |
| 3-biosovesciatore | 1,9 | ± | 1,45 | B |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0001 | | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | |

Dicotiledoni: VERSS, SINAR a BBCH 12-16

Una unica annualità di osservazione potrebbe non essere sufficiente per trarre conclusioni definitive, ma i dati raccolti sembrano evidenziare come la mancata inversione degli strati

superficiali del terreno (tesi 2: preparatore combinato) favorisca la presenza delle infestanti dicotiledoni a nascita autunnale. In tutte le quattro prove effettuate nelle due annualità la densità media delle infestanti riscontrata nella tesi 2 risulta significativamente superiore a quella rilevata nelle tesi 1 e 3.

Non emerge invece un effetto significativo relativamente alla profondità dello strato rivoltato. Nella tesi 3, dove si è realizzato un rivoltamento del terreno a minima profondità, la densità delle infestanti (tab.1/1-2023 e tab.1-2024) non mostra differenze significative con quella riscontrata nella tesi 1 (aratura tradizionale), risultando addirittura inferiore in un caso (tab.2-2023) e leggermente superiore in un altro (tab.2-2024).

Non emergono differenze significative relativamente al contenimento della composita SYLMA, *Sylibum marianum*, presente nei terreni organici dell'azienda Guerrini con densità basse.

Le differenze nella densità di infestanti apprezzate fra le diverse tecniche non sembrano comunque tale da condizionare la successiva gestione della coltura anche in aziende biologiche dove gli interventi di post-emergenza sono avvenuti solo meccanicamente (tab.1/2-2023). Va comunque considerato che in tutti i confronti realizzati il frumento seguiva una coltura primaverile. In scenari diversi, gli effetti della mancata inversione degli strati superficiali del terreno potrebbero essere molto più gravi.

- **MAIS/POMODORO (colture a semina/trapianto primaverile)**

Nelle tabelle sottostanti si riportano le sintesi dei dati raccolti.

| tab.3/1-2023 Mais Az. CAB Massari – Conselice. Rilievi del 02/02/2023 prima di una erpicatura. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, ai p-value dell'ANOVA calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$) e ai risultati del test SNK. | | | | | | | | |
|---|----------------|---------|-----|------|----------------|-----|--|--|
| TESI | VERSS | | | | GRANO | | | |
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | | |
| 1-aratura | 20,5 | ± 26,66 | AB | 0,6 | ± 0,70 | A | | |
| 2-combinata | 19,3 | ± 17,66 | B | 4,2 | ± 2,82 | B | | |
| 3-biosovesciatore | 9,2 | ± 10,25 | A | 5,3 | ± 4,03 | B | | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0159 | | | | P-VALUE 0,0005 | | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | | LOG(X+1) | | | |

VERSS a BBCH 16-22, GRANO a BBCH 12-25

tab.3/2-2023 Mais Az. CAB Massari – Conselice. Rilievi del 30/03/2023 prima della bonifica pre-semina con glifosate. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche il p-value ottenuto dall'ANOVA, calcolato su dati trasformati (RANK(X)) e il test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito). In presenza di dati non parametrici, né l'analisi ANOVA né il test SNK sono stati applicati (indicato come N.A.).

| TESI | dicotiledoni primaverili | | | VERSS | | | GRANO | | | CONAR | | |
|--------------------|--------------------------|---------|------|---------|---------|------|--------------|---------|------|--------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 30,2 | ± 37,34 | N.E. | 0 | ± 0,00 | N.A. | 0 | ± 0,00 | N.A. | 0,7 | ± 1,16 | N.A. |
| 2-combinata | 12,4 | ± 7,43 | | 2,3 | ± 2,71 | | 0,5 | ± 0,71 | | 0,5 | ± 0,71 | |
| 3-biosovesciato re | 16,7 | ± 9,75 | | 0,6 | ± 1,07 | | 0 | ± 0,00 | | 0,7 | ± 1,57 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,443 | | | P-VALUE | | | P-VALUE N.A. | | | P-VALUE N.A. | | |
| TRASFORMAT ION | RANK(X) | | | | | | | | | | | |

Dicotiledoni primaverili: FALCO, POLAV, CHEAL, SOLNI a BBCH 10-14, VERSS a BBCH 41-45, Grano BBCH 25-27, CONAR 4-7 cm

tab.3/3-2023 Mais Az. CAB Massari – Conselice. Rilievi del 20/04/2023 prima del diserbo di post-emergenza – Mais a BBCH 13. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard e il p-value ottenuti dall'ANOVA e il risultato del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Dicotiledoni primaverili | | | CONAR | | | | |
|-------------------|--------------------------|---------|------|---------------|------|---------|------|------|
| | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | | SNK |
| 1-aratura | 6,6 | ± | 3,37 | N.E. | 0,9 | ± | 1,20 | N.E. |
| 2-combinata | 4,9 | ± | 2,47 | | 0,5 | ± | 0,71 | |
| 3-biosovesciatore | 6,8 | ± | 3,71 | | 0,7 | ± | 0,67 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,443 | | | P-VALUE 0,573 | | | | |
| TRASFORMATION | none | | | none | | | | |

Dicotiledoni primaverili: FALCO, POLAV, CHEAL, SOLNI a BBCH 10-14, CONAR 10-15 cm

tab.3/1-2024 Mais Az. CAB Massari – Conselice. Rilievi del 14/03/2024 prima di erpicatura di pre-semina. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuti dall'ANOVA, compresi quelli calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$) e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | VERSS | | | CHEAL | | | CONAR | | | | | |
|---------------|--------------|---------|------|---------------|------|---------|---------------|------|------|---------|------|------|
| | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | | SNK |
| 1-aratura | 4,8 | ± | 3,46 | A | 0,1 | ± | 0,32 | N.E. | 0,8 | ± | 0,79 | N.E. |
| | 10,3 | ± | 4,22 | B | 0,3 | ± | 0,95 | | 0,8 | ± | 1,03 | |
| | 10,4 | ± | 5,36 | B | 0,4 | ± | 0,97 | | 0,2 | ± | 0,42 | |
| | P-VALUE 0,03 | | | P-VALUE 0,760 | | | P-VALUE 0,153 | | | | | |
| TRASFORMATION | none | | | LOG(X+1) | | | LOG(X+1) | | | | | |

VERSS a BBCH 14-45, CHEAL a BBCH 10-12, CONAR 2-10 cm

tab.3/2-2024 Mais Az. Massari – Conselice. Rilievi del 28/04/2024 prima del diserbo post emergenza. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche il p-value ottenuto dall'ANOVA, calcolato su dati trasformati ($\log(x+1)$) e i risultati del test SNK.

| TESI | CONAR | | | |
|-------------------|----------------|---------|------|-----|
| | mean | st.dev. | | SNK |
| 1-aratura | 0,3 | ± | 0,48 | A |
| 2-combinata | 5,8 | ± | 3,01 | C |
| 3-biosovesciatore | 1,4 | ± | 1,35 | B |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0000 | | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | |

CONAR 15-30 cm

tab.4/1-2023 Pomodoro Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 22/03/2023 prima di erpicatura. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche il p-value ottenuto dall'ANOVA, calcolato su dati trasformati ($\log(x+1)$) e i risultati del test SNK. In presenza di dati non parametrici, né l'analisi ANOVA né il test SNK sono stati applicati (indicato come N.A.).

| TESI | dicotiledoni | | | | grano | | |
|--------------------|---------------|---------|------|-----|--------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 0,7 | ± | 0,95 | A | 0 | ± | 0,00 |
| 2-combinata | 11,3 | ± | 6,18 | B | 0 | ± | 0,00 |
| 3- biosovesciatore | 1 | ± | 0,94 | A | 0,3 | ± | 0,48 |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,000 | | | | P-VALUE N.A. | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | | | | |

Dicotiledoni: SENVU (prevalente) a BBCH 45-60, BEAVA, SYLMA, POLAV a BBCH 12-14, Grano a BBCH 30-31

tab.4/2-2023 Pomodoro Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 10/05/2023 prima della bonifica con glifosate in pre-trapianto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA, compresi quelli calcolato su dati trasformati ($\log(x+1)$) e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Dicotiledoni primaverili | | | | ECHCG | | | | CONAR | | | |
|-------------------|--------------------------|---------|-----|--|---------------|---------|------|--|---------------|---------|------|--|
| | mean | st.dev. | SNK | | mean | st.dev. | SNK | | mean | st.dev. | SNK | |
| 1-aratura | 2,8 | ± 1,32 | A | | 1,2 | ± 1,32 | | | 0,2 | ± 0,42 | | |
| 2-combinata | 5,5 | ± 2,46 | B | | 2,6 | ± 2,07 | N.E. | | 0,7 | ± 1,06 | N.E. | |
| 3-biosovesciatore | 3,5 | ± 2,01 | A | | 1,3 | ± 1,06 | | | 0,5 | ± 0,71 | | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0023 | | | | P-VALUE 0,145 | | | | P-VALUE 0,448 | | | |
| TRASFORMATION | none | | | | none | | | | LOG(X+1) | | | |

Dicotiledoni primaverili: SOLNI, ABUTH, POLLA a BBCH 10-14, ECHCG a BBCH 11-13, CONAR 20-30 cm

tab.4/3-2023 Pomodoro Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 26/05/2023 prima di diserbo di post-emergenza. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA, compresi quelli calcolato su dati trasformati ($\log(x+1)$) e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Dicotiledoni primaverili | | | | ECHCG | | | | CONAR | | | |
|-------------------|--------------------------|---------|-----|--|----------------|---------|-----|--|---------------|---------|------|--|
| | mean | st.dev. | SNK | | mean | st.dev. | SNK | | mean | st.dev. | SNK | |
| 1-aratura | 1,9 | ± 1,10 | A | | 0,5 | ± 0,71 | A | | 0 | ± 0,00 | | |
| 2-combinata | 8,5 | ± 5,13 | B | | 4,9 | ± 3,28 | B | | 0,9 | ± 1,10 | N.E. | |
| 3-biosovesciatore | 2,4 | ± 1,07 | A | | 0,7 | ± 1,57 | A | | 0,9 | ± 1,73 | | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,000 | | | | P-VALUE 0,0002 | | | | P-VALUE 0,153 | | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | | LOG(X+1) | | | | none | | | |

Dicotiledoni primaverili: SOLNI, ABUTH, POLLA a BBCH 10-14, ECHCG a BBCH 11-14, CONAR 20-30 cm

tab.4/1-2024 Pomodoro Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 26/03/2024 prima di erpicatura. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA calcolati su dati trasformati (log(x+1)) e i risultati del test SNK.

| TESI | Dicotiledoni | | | | Graminacee | | | |
|-------------------|----------------|---------|------|-----|----------------|---------|------|-----|
| | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | | SNK |
| 1-aratura | 2 | ± | 1,25 | A | 0,5 | ± | 0,71 | A |
| 2-combinata | 6,3 | ± | 2,79 | B | 3,2 | ± | 1,62 | B |
| 3-biosovesciatore | 3,1 | ± | 1,73 | A | 1,1 | ± | 0,74 | A |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0002 | | | | P-VALUE 0,0014 | | | |
| TRASFORMATION | LOG(X+1) | | | | LOG(X+1) | | | |

Dicotiledoni: VERSS, STEME, a BBCH 25-41, SYLMA, CHEAL, SOLNI a BBCH 10-22, Graminacee: ALOMY, Grano a BBCH 25-30

tab.4/2-2024 Pomodoro Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 22/04/2024 prima di bonifica con glifosate in pre-trapianto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Dicotiledoni | | | | ECHCG | | | CONAR | | | | |
|-------------------|---------------|---------|------|------|---------------|---------|------|---------------|------|---------|------|-----|
| | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | | SNK | mean | st.dev. | | SNK |
| 1-aratura | 12,2 | ± | 4,83 | N.E. | 6,6 | ± | 3,86 | N.E. | 0,2 | ± | 0,42 | A |
| 2-combinata | 11,3 | ± | 4,22 | | 6,6 | ± | 4,01 | | 0,9 | ± | 0,74 | B |
| 3-biosovesciatore | 10,8 | ± | 4,32 | | 7,1 | ± | 3,70 | | 0,4 | ± | 0,70 | A |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,798 | | | | P-VALUE 0,932 | | | P-VALUE 0,006 | | | | |
| TRASFORMATION | none | | | | none | | | none | | | | |

Dicotiledoni: CHEAL, SOLNI, AMARE, POLLA a BBCH 12-13, SYLMA a BBCH 16-25, ECHCG a BBCH 11-14, CONAR 15-30 cm

tab.4/3-2024 Pomodoro Az. Guerrini Mauro – Ostellato. Rilievi del 03/05/2024 prima di diserbo di post-emergenza. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA, e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Dicotiledoni | | | ECHCG | | | CONAR | | |
|-------------------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|----------------|---------|-----|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-aratura | 13 | ± 4,40 | N.E. | 0,5 | ± 0,71 | N.E. | 0,1 | ± 0,32 | A |
| 2-combinata | 11,5 | ± 5,30 | | 0,5 | ± 0,53 | | 0,6 | ± 0,70 | B |
| 3-biosovesciatore | 10,1 | ± 3,84 | | 0,3 | ± 0,48 | | 0,3 | ± 0,48 | AB |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,404 | | | P-VALUE 0,737 | | | P-VALUE 0,0325 | | |
| TRASFORMATION | none | | | none | | | none | | |

Dicotiledoni: SOLNI (prevalente), CHEAL, AMARE a BBCH 10-12, ECHCG a BBCH 11-12, CONAR 5-10 cm

Nella prova mais 2023 non sono emerse differenze statisticamente significative tra le tesi a confronto, probabilmente a causa di un livello di infestazione iniziale non omogeneo (tab3/1-2023 e tab3/2-2023). Diversamente, nella prova su mais 2024 si evidenzia come il rivoltamento del terreno garantisca un miglior contenimento della perenne *Convolvulus arvensis* (CONAR). L'aratura tradizionale si è infatti rivelata la pratica più efficace, ma il risultato ottenuto dal biosovesciatore è comunque significativamente migliore rispetto a quello del preparatore combinato (tab. 3/2-2024).

Nella prova Pomodoro 2023 sia l'aratura convenzionale che il biosovesciatore hanno assicurato una minor densità di infestanti annuali rispetto al preparatore combinato. Relativamente al controllo di CONAR l'aratura convenzionale non risultano però differenze statisticamente significative tra le tesi (tab. 4/2-2023 e tab. 4/3-2023). La prova pomodoro 2024 ha confermato che sia l'aratura che il biosovesciatore consentono un miglior contenimento delle infestanti annuali a nascita autunnale rispetto al preparatore combinato (tab. 4/1-2024). Tuttavia, con l'emergere delle specie primaverili, non si osservano più differenze significative tra le tecniche.

Differenze significative sono emerse nel contenimento di *C. arvensis* (CONAR): l'aratura, infatti, è risultata più efficace rispetto al preparatore combinato (tab. 4/2-2024 e tab. 4/3-2024). Il biosovesciatore ha mostrato un comportamento simile nel rilievo del 22/04/2024 (tab. 4/2-2024), ma nel rilievo successivo la densità di CONAR non differisce né rispetto all'aratura né al preparatore combinato (tab. 4/3-2024).

CONCLUSIONI

Le due prove, condotte su colture con due diversi cicli colturali (autunnale e primaverile), ripetute per due anni, rappresentano un campione insufficiente per trarre conclusioni definitive. Tuttavia, i dati raccolti offrono indicazioni e spunti interessanti.

Relativamente al controllo delle infestanti annuali, la minima inversione degli strati superficiali del terreno, operata dal biosovesciatore, garantisce risultati non dissimili da quelli dell'aratura convenzionale. Sia l'aratura che il Biosovesciatore risultano più efficaci del preparatore combinato. Le differenze tra le tecniche sono più evidenti a fine inverno su infestanti a nascita autunnale che, spesso, nella tesi "preparatore combinato" risultano più sviluppate.

Questo indica che è possibile ottenere lo stesso risultato rivoltando uno spessore molto inferiore di terreno con notevoli vantaggi economici e sulla salvaguardia della struttura e qualità dei suoli.

Va ricordato che, nel caso delle specie annuali, la gestione dei letti di semina attraverso lavorazioni superficiali o bonifica chimica rappresenta un efficace strumento di controllo, soprattutto se la semina è relativamente ritardata, come nel caso dei cereali a paglia. Un'adeguata gestione dei letti di semina può evitare il sistematico ricorso al rivoltamento degli strati superficiali del terreno, utilizzando, invece, preparatori che rimescolano gli strati superficiali senza invertirli.

L'aratura convenzionale continua a risultare indispensabile in situazioni come la rottura di medicai o una disseminazione importante di infestanti particolarmente pericolose. Tuttavia, dopo l'aratura, e poi per alcuni anni, è consigliabile proseguire con lavorazioni che non rimescolino, o che rimescolino solo superficialmente, gli orizzonti del terreno per non riportare in superficie semi ancora vitali, riducendo così il rischio di una nuova infestazione. L'aratura può essere funzionale anche nel caso di interrimento di importanti residui colturali, come il sovescio, o di ammendanti, ma l'uso di strumenti come il biosovesciatore consentono di ottenere gli stessi risultati minimizzando la profondità di lavoro, offrendo indubbi vantaggi economici e ambientali.

Per rigenerare la porosità di terreni costipati, oggi si può contare sui "decompattatori" che non alterano minimamente il profilo dei suoli.

Nei confronti delle infestanti perenni, tuttavia le lavorazioni superficiali del letto di semina non sono efficaci, ma al contrario controproducenti. Altrettanto controproducente è l'utilizzo di preparatori combinati, che sminuzzando rizomi e stoloni, favoriscono la diffusione di queste infestanti. Il minimo rivoltamento operato dal biosovesciatore sembra garantire risultati migliori rispetto al preparatore, ma a un livello inferiore rispetto all'aratura tradizionale che, pur non essendo risolutiva, garantisce almeno un'azione di disturbo nei confronti delle infestanti perenni. Fino a che vi è la possibilità di contrastare chimicamente le specie perenni, infatti, si può fare un uso molto ridotto dell'aratura convenzionale a favore di lavorazioni meno impattanti sul suolo e a più ridotta domanda energetica. Nel solo caso dell'agricoltura biologica, dove l'uso degli erbicidi non è consentito, il ricorso sistematico all'aratura rimane il solo mezzo di gestione delle infestanti perenni.

E' auspicabile che prossime indagini possano concentrarsi sul contenimento delle infestanti perenni e valutare l'adozione di pratiche alternative (ad esempio cover crops). Queste strategie potrebbero offrire soluzioni alternative e contribuire a migliorare anche la salute del suolo.

Prova 2 - Lavorazioni meccaniche di post-emergenza

L'obiettivo della prova è valutare gli effetti sulla flora infestante, di colture estensive e orticole da industria, di diverse tipologie di macchine per il controllo meccanico delle infestanti in post-emergenza o trapianto. Inoltre, è stato esaminato l'impatto delle modalità di preparazione del terreno per la semina o trapianto. La prova si è concentrata, in particolare, sulla valutazione delle potenzialità e criticità operative di questi strumenti, considerati come alternativi e/o complementari al diserbo chimico.

MATERIALI E METODI

Nel frumento, coltura a file strette, si sono confrontate le seguenti macchine:

- Tesi 1: Erpice strigliatore, attrezzo regolarmente utilizzato in agricoltura biologica e sempre più apprezzato anche in agricoltura integrata.
- Tesi 2: Rompicrosta stellare, il cui utilizzo su frumento è ancora poco diffuso.

Nelle colture sarchiate, come mais e nel pomodoro, si sono confrontate le seguenti macchine:

- Tesi 1: Sarchiatrice tradizionale.
- Tesi 2: Sarchiatrici a guida ottica.
- Tesi 3: Sarchiatrici con dispositivi per il controllo delle infestanti lungo la fila.

Si è operato con uno schema a parcelloni non ripetuti di ampiezza minima di 0.5 ha.

Nella tabella sottostante si riporta l'elenco dei campi dove si sono svolte le attività indicando il tipo di coltura, l'azienda, la località, il tipo di terreno e la data delle lavorazioni a confronto.

| Coltura | Azienda | Località | Tipo terreno | Data lavorazioni a confronto |
|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|------------------|------------------------------|
| Grano tenero var. Rebelde | CAB Massari | Conselice | Argilloso | 23-03-2023 |
| Grano tenero var. Bagou | Guerrini Mauro pod. Marini | Longastrino | Organico | 16-03-2023 |
| Grano tenero var. Bologna | Guerrini Mauro pod. Ugolini | Filo | Organico | 15-03-2024 |
| Grano duro var. Marakas | Guerrini Michele | Longastrino Via Collettore | Medio impasto | 04-03-2024 |
| Pomodoro var. Heinz 1281 | Guerrini Mauro pod. Pioppa | Filo | Organico | 22-06-2023 |
| Pomodoro var. Heinz 1281 | Guerrini Mauro Via Valgramigna | Argenta | Organico | 06-06-2024 |
| Mais var. LG 31688 | CAB Massari pod. Poggionina | Conselice | Argilloso | 07-06-2024 |

Descrizione dettagliata del tipo di macchine utilizzate.

Frumento

| Tesi | Attrezzi utilizzati |
|------------------------|---|
| 1-erpice strigliatore | Erpice strigliatore Einbock larghezza di lavoro 6 m, abbinato ad una trattrice da 120 CV |
| 2-rompicrosta stellare | Rompicrosta stellare Badalini, larghezza di lavoro 6 m, abbinato ad una trattrice da 120 CV |

Pomodoro 2023

| Tesi | Attrezzi utilizzati |
|--|---|
| 1-tradizionale | Fresa interfilare con stelle in gomma (finger weeds) per lavorare lungo la fila, larghezza di lavoro 3 bine (4.5 m) |
| 2-sarchiatore Badalini su portattrezzi a guida ottica Robocrop | Larghezza di lavoro 3 bine (4.5 m). Zappette interfilari + margherite in metallo per lavorare lungo la fila |
| 3-sarchiatore Cavalleretti a guida ottica | larghezza di lavoro 3 bine (4.5 m). Zappette interfilari + rotori meccanici in prossimità della fila |

Pomodoro 2024

| Tesi | Attrezzi utilizzati |
|---|---|
| 1-sarchiatore Garford a guida ottica | Larghezza di lavoro 3 bine (4.5 m). Zappette interfilari + con stelle in gomma (finger weeds) per lavorare lungo la fila |
| 2-sarchiatore Cavalleretti a guida ottica | Larghezza di lavoro 3 bine (4.5 m). Zappette interfilari + rotori meccanici in prossimità della fila |
| 3-prototipo Cavalleretti | Larghezza di lavoro 1 bina (1.5 m) Dotato di elementi sarchianti mobili in grado di lavorare fra le singole piante, comandati da sensori ottici |

Mais 2024

| Tesi | Attrezzi utilizzati |
|-------------------------------|---|
| 1-sarchiatrice tradizionale | Sarchiatore Maintech a 6 file con margherite intrafilare in gomma |
| 2-sarchiatrice a guida ottica | Sarchiatore Cavalleretti con larghezza di lavoro 8 file. Zappette interfilari + rotori meccanici in prossimità della fila |
| 3-sarchiatore a guida GPS | Sarchiatore Maschio HS 8 con larghezza di lavoro 8 file. Zappette interfilari. Guida GPS con sistema RTK |

Rilievi

Per determinare gli effetti sulla flora infestante si è rilevata la presenza delle infestanti (specie, densità e stadio di sviluppo) prima e dopo gli interventi a confronto. In 10 punti di ogni parcellone, si è conteggiato il numero di infestanti presenti su metro quadrato, suddivise per specie e con valutazione del loro stadio di sviluppo. Per le colture sarchiate (mais e pomodoro), le aree di campionamento sono state posizionate in prossimità delle file o bine. Per garantire un sufficiente numero di gradi di libertà nell'analisi statistica, le 10 aree di campionamento per tesi sono state considerate come altrettante ripetizioni indipendenti. Per la valutazione statistica è stata utilizzata l'analisi della varianza (ANOVA) parametrica, con significatività fissata a $p < 0,05$. I dati che non

soddisfacevano i presupposti di normalità e omogeneità sono stati sottoposti a opportune trasformazioni prima di procedere con l'ANOVA. Successivamente, per la separazione delle medie è stato applicato il test SNK (Student- Newman-Keuls).

RISULTATI

Frumento

tab.1/1-2023 Az. Guerrini Mauro – Longastrino. Rilievi del 20/02/2023 prima dell'intervento con erpice strigliatore su tutta l'area della prova. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito). In presenza di dati non parametrici, né l'analisi ANOVA né il test SNK sono stati applicati (indicato come N.A.).

| TESI | DICOTILEDONI | | | SYLMA | | |
|----------------|---------------|---------|------|--------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 28,6 | ± 36,49 | N.E. | 1,3 | ± 1,06 | N.A. |
| 2-rompicrosta | 27 | ± 32,01 | | 1,4 | ± 1,17 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,928 | | | P-VALUE N.A. | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | | | |

Dicotiledoni: PAPRH (prevalente), MATCH, VERPE, STEME a BBCH 12-18, SYLMA a BBCH 16-23

tab.1/2-2023 Az. Guerrini Mauro – Longastrino. Rilievi del 14/03/2023 prima delle lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA, e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | DICOTILEDONI | | | SYLMA | | |
|----------------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 3,7 | ± 2,58 | N.E. | 1,4 | ± 0,84 | N.E. |
| 2-rompicrosta | 3,5 | ± 1,65 | | 1,3 | ± 0,95 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,849 | | | P-VALUE 0,811 | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | | | |

Dicotiledoni: PAPRH (prevalente), MATCH, VERPE a BBCH 16-23, SYLMA a BBCH 22-23

tab.1/3-2023 Az. Guerrini Mauro – Longastrino. Rilievi del 06/04/2023 dopo le lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Include anche i p-value ottenuto dall'ANOVA, compresi quelli calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$), e i risultati del test SNK.

| TESI | PAPRH | | | SYLMA | | |
|----------------|----------------|---------|-----|----------------|---------|-----|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 0,9 | ± 0,74 | B | 1,2 | ± 0,63 | B |
| 2-rompicrosta | 0,1 | ± 0,32 | A | 0,3 | ± 0,48 | A |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 00,206 | | | P-VALUE 0,0039 | | |
| TRASFORMATION | $\log(x+1)$ | | | NONE | | |

PAPRH a BBCH 31-32, SYLMA a BBCH 30-33

tab.2/1-2023 CAB Massari – Conselice. Rilievi del 21/03/2023 prima delle lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | SINAR | | | DICO | | |
|----------------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 1,7 | ± 1,34 | N.E. | 48,7 | ± 13,03 | N.E. |
| 2-rompicrosta | 1,9 | ± 1,10 | | 44,2 | ± 11,36 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,726 | | | P-VALUE 0,302 | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | NONE | | |

Dicotiledoni: PICEC (prevalente), RANSA, VERPE a BBCH 14-25, SINAR a BBCH 41-45

tab.2/2-2023 CAB Massari – Conselice. Rilievi del 14/04/2023 dopo le lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e test SNK.

| TESI | SINAR | | | DICO | | |
|----------------|---------------|---------|-----|---------------|---------|-----|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 1,3 | ± 0,82 | B | 8,1 | ± 2,60 | B |
| 2-rompicrosta | 0,5 | ± 0,53 | A | 1,3 | ± 1,49 | A |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,037 | | | P-VALUE 0,000 | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | NONE | | |

Dicotiledoni: PICEC (prevalente), RANSA, a BBCH 30-32, SINAR a BBCH 61-63

tab.3/1 2024 Az. Guerrini Michele – Longastrino. Rilievi del 04/03/2024 prima delle lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | DICO | | | ALOMY | | |
|----------------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 9,8 | ± 4,08 | N.E. | 1,8 | ± 1,55 | N.E. |
| 2-rompicrosta | 11 | ± 3,62 | | 2,6 | ± 2,17 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,586 | | | P-VALUE 0,428 | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | NONE | | |

Dicotiledoni: PAPRH, SINAR a BBCH 16-22, VERSS a BBCH 25-31, ALOMY a BBCH 21-25

tab.3/2 2024 Az. Guerrini Michele – Longastrino. Rilievi del 22/03/2024 dopo le lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA, compresi quelli calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$), e i risultati del test SNK.

| TESI | DICO | | | ALOMY | | |
|----------------|----------------|---------|-----|----------------|---------|-----|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 2,3 | ± 1,89 | B | 1 | ± 0,67 | B |
| 2-rompicrosta | 0,7 | ± 0,82 | A | 0,4 | ± 0,52 | A |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,0076 | | | P-VALUE 0,0239 | | |
| TRASFORMATION | $\log(x+1)$ | | | NONE | | |

Dicotiledoni, PAPRH, SINAR a BBCH 23-25, VERSS a BBCH 32-41, ALOMY a BBCH 31-32

| tab.4/1 2024 Az. Guerrini Mauro – Filo. Rilievi del 13/03/2024 prima delle lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito). | | | | | | |
|--|---------------------|---------|------|---------------|---------|------|
| TESI | VERSS /GERDI /STEME | | | PAPRH | | |
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 15 | ± 2,45 | N.E. | 0,7 | ± 0,82 | N.E. |
| 2-rompicrosta | 16,1 | ± 4,65 | | 0,6 | ± 0,70 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,518 | | | P-VALUE 0,758 | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | NONE | | |

VERSS, GERDI, STEME a BBCH 31-60, PAPRH a BBCH 31-32

| tab.4/2 2024 Az. Guerrini Mauro – Filo. Rilievi del 04/04/2024 dopo le lavorazioni con erpice strigliatore e rompicrosta a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e test SNK. In presenza di dati non parametrici, né l'analisi ANOVA né il test SNK sono applicabili (indicato come N.A.). | | | | | | |
|---|---------------------|---------|-----|--------------|---------|------|
| TESI | VERSS /GERDI /STEME | | | PAPRH | | |
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-strigliatore | 7,8 | ± 2,70 | A | 0,3 | ± 0,48 | N.A. |
| 2-rompicrosta | 12,6 | ± 3,92 | B | 0,6 | ± 0,52 | |
| TEST:ANOVA | P-VALUE 0,039 | | | P-VALUE N.A. | | |
| TRASFORMATION | NONE | | | NONE | | |

VERSS, GERDI, STEME a BBCH 65-75, PAPRH a BBCH 33-35

Ad eccezione del confronto realizzato nel 2024 in località di Filo (tab.4.1 e 4.2) l'uso del rompicrosta è sempre stato più efficace rispetto all'uso dell'erpice strigliatore. Tuttavia, il diverso esito della prova di Filo 2024 è conseguente ad un terreno risultato ancora troppo umido per le piogge dei giorni precedenti. In queste circostanze, le lavorazioni sono state comunque eseguite poiché non erano più procrastinabili. Entrambi gli attrezzi hanno operato in maniera subottimale e poco efficace contro le infestanti, ma in particolare il rompicrosta, caricando terra, ha finito per comportarsi come un rullo piuttosto che come uno strumento di controllo delle malerbe.

In situazioni di campo ottimali, invece, la maggiore aggressività del rompicrosta si traduce in una più elevata riduzione delle infestanti presenti. Questi confronti sono serviti a mostrare le diverse potenzialità operative dei due attrezzi che però nella realtà operativa non sono alternativi fra loro quanto piuttosto complementari. Il rompicrosta, per evitare danni alla coltura, può essere utilizzato solo su frumento già ben radicato, orientativamente da pieno accestimento a fine accestimento. Diversamente l'erpice strigliatore può essere impiegato con adeguate regolazioni a partire da inizio accestimento. Un corretto itinerario di diserbo meccanico di pre-emergenza del frumento prevede, quindi, un intervento iniziale con erpice strigliatore e un successivo passaggio con rompi crosta.

Questo è emerso dalla conduzione della prova 2023 in località di Longastino. Confrontando le tabelle 1.1 e 1.2 si evince come l'erpice strigliatore, utilizzato su infestanti ai primi stadi di sviluppo, ne riduca drasticamente la densità. Di seguito i dati della tabella 1.3 evidenziano come, sulle infestanti superstiti, nel frattempo più sviluppate che in precedenza, il rompicrosta sia significativamente più efficace rispetto all'erpice strigliatore.

Pomodoro

tab.5/1 2023 Az. Guerrini Mauro – Filo. Rilievi del 22/06/2023 prima delle lavorazioni delle macchine a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA, compresi quelli calcolati su dati trasformati ($\log(x+1)$), e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | DICO | | | ECHCG | | | CONAR | | | | | |
|-----------------------|---------------|---------|------|---------------|---------|-----|---------------|---------|-----|---|------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | | | |
| 1-fresa trad. | 9,7 | ± | 2,11 | N.E. | 1,5 | ± | 1,51 | N.E. | 0,4 | ± | 0,70 | N.E. |
| 2-sarch. Cavalleretti | 9,9 | ± | 2,38 | | 1,5 | ± | 1,58 | | 0,3 | ± | 0,48 | |
| 3-sarch. Badalini | 10,4 | ± | 4,06 | | 1,3 | ± | 0,67 | | 0,4 | ± | 0,70 | |
| TEST:ANOVA | P-VALUE 0,969 | | | P-VALUE 0,956 | | | P-VALUE 0,904 | | | | | |
| TRASFORMATI ON | log(x+1) | | | log(x+1) | | | none | | | | | |

Dicotiledoni: SOLNI, ABUTH, AMARE a BBCH 12-14, ECHCG a BBCH 12-21, CONAR 10-15 cm

tab.5/2 2023 Az. Guerrini Mauro – Filo. Rilievi del 30/06/2023 dopo le lavorazioni delle macchine a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito). In presenza di dati non parametrici, né l'analisi ANOVA né il test SNK sono applicabili (indicato come N.A.).

| TESI | DICO | | | ECHCG | | | CONAR | | | | | |
|-----------------------|--------------|---------|------|---------------|---------|-----|---------------|---------|-----|---|------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | | | |
| 1-fresa trad. | 2,4 | ± | 0,52 | N.A. | 0,3 | ± | 0,48 | N.E. | 0,2 | ± | 0,42 | N.E. |
| 2-sarch. Cavalleretti | 1,4 | ± | 1,65 | | 0,2 | ± | 0,42 | | 0,2 | ± | 0,42 | |
| 3-sarch. Badalini | 1,5 | ± | 1,35 | | 0,3 | ± | 0,48 | | 0,3 | ± | 0,48 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE N.A. | | | P-VALUE 0,834 | | | P-VALUE 0,796 | | | | | |
| TRASFORMATION | | | | None | | | none | | | | | |

Dicotiledoni: SOLNI, ABUTH, AMARE a BBCH 14-18, ECHCG a BBCH 22-25, CONAR 15-20 cm

tab.6/1 2024 Az. Guerrini Mauro – Argenta. Rilievi del 06/06/2024 prima delle lavorazioni delle macchine a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | Totale infestanti | | | |
|-----------------------|-------------------|---------|------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | |
| 1-prototipo | 3,4 | ± | 1,51 | N.E. |
| 2-sarch. Cavalleretti | 3,7 | ± | 1,42 | |
| 3-sarch. Garford | 3,9 | ± | 1,91 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,486 | | | |
| TRASFORMATION | none | | | |

Totale infestanti: SOLNI, CHEAL, ECHCG a BBCH 10-14

tab.6/2 2024 Az. Guerrini Mauro – Argenta. Rilievi del 13/06/2024 dopo le lavorazioni delle macchine a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard. Essendo di dati non parametrici, né l'analisi ANOVA né il test SNK sono applicabili (indicato come N.A.).

| TESI | Totale infestanti | | |
|-----------------------|-------------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK |
| 1-prototipo | 0,4 | ± 0,70 | N.A. |
| 2-sarch. Cavalleretti | 0,6 | ± 0,52 | |
| 3-sarch. Garford | 0,4 | ± 0,52 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE N.A. | | |
| TRASFORMATION | | | |

Totale infestanti: SOLNI, CHEAL, ECHCG a BBCH 12-16

Le moderne sarchiatrici consentono una lavorazione efficiente vicino alla fila, riducendo così le infestanti sopravvissute nella zona delle bine. Tuttavia, il numero di piante superstiti per metro quadrato in quest'area è talmente basso che, in alcuni casi, le piccole variazioni tra le ripetizioni hanno restituito dati non parametrici, rendendo impossibile confermare statisticamente le differenze di performance tra le diverse macchine con gli strumenti statistici adottati. Considerato questo bias, nel confronto 2023 i sarchiatori Cavalleretti e Badalini, entrambi a guida ottica, sembrano dare un risultato finale del tutto simile con una densità media di infestanti sopravvissute numericamente inferiore a quella riscontrata nella fresatrice convenzionale anche se equipaggiata con finger weeds (tab.5/2 2023).

Anche nel confronto 2024, la densità delle infestanti è risultata troppo bassa per una valutazione statistica dell'efficacia delle diverse macchine. L'impressione è che comunque, il sarchiatore Cavalleretti senza elementi che lavorano lungo la fila, sia leggermente meno efficace del sarchiatore Garford (dotato di finger weeds) e del prototipo Cavalleretti, che utilizza elementi sarchianti mobili controllati da sensori ottici per lavorare lungo la fila.

MAIS

tab.7/1 2024 CAB Massari – Conselice. Rilievi del 05/06/2024 prima delle lavorazioni delle macchine a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | DICO | | | ECHCG | | | CONAR | | |
|------------------------------------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-sarch. tradizionale | 5 | ± 1,76 | N.E. | 1,6 | ± 1,17 | N.E. | 0,6 | ± 0,70 | N.E. |
| 2-sarch. Cavalleretti guida ottica | 6,3 | ± 2,54 | | 1,2 | ± 1,03 | | 0,6 | ± 0,70 | |
| 3-sarch. Maschio guida GPS | 5,1 | ± 1,97 | | 1,5 | ± 0,53 | | 0,5 | ± 0,71 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,204 | | | P-VALUE 0,704 | | | P-VALUE 0,904 | | |
| TRASFORMATION | none | | | none | | | none | | |

Dicotiledoni: SOLNI, CHEAL, AMARE a BBCH 16-32, ECHCG a BBCH 31-32, CONAR 30-40 cm

tab.7/2 2024 CAB Massari – Conselice. Rilievi del 14/06/2026 dopo le lavorazioni delle macchine a confronto. La tabella riporta le medie delle densità delle infestanti (numero/mq) per ciascuna tesi, insieme alle deviazioni standard, p-value ottenuti dall'ANOVA e i risultati del test SNK (eseguito solo se il p-value ANOVA < 0,05) (N.E. = non eseguito).

| TESI | DICO | | | ECHCG | | | CONAR | | |
|------------------------------------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|---------------|---------|------|
| | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK | mean | st.dev. | SNK |
| 1-sarch. Tradizionale | 1,3 | ± 1,06 | N.E. | 0,6 | ± 0,70 | N.E. | 0,4 | ± 0,52 | N.E. |
| 2-sarch. Cavalleretti guida ottica | 0,8 | ± 0,79 | | 0,4 | ± 0,70 | | 0,3 | ± 0,67 | |
| 3-sarch. Maschio guida GPS. | 0,9 | ± 0,74 | | 0,2 | ± 0,42 | | 0,5 | ± 0,71 | |
| TEST: ANOVA | P-VALUE 0,454 | | | P-VALUE 0,354 | | | P-VALUE 0,760 | | |
| TRASFORMATION | none | | | none | | | none | | |

Dicotiledoni: SOLNI, CHEAL, AMARE a BBCH 32-41, ECHCG a BBCH 33-39, CONAR 30-50 cm

Nel 2023, a causa dell'alluvione verificatasi a maggio, non è stato possibile completare il confronto in campo che è stato quindi svolto nel 2024.

Nel 2024, le sarchiatrici "moderne" Cavalleretti e Maschio hanno mostrato entrambe una miglior efficacia rispetto alla sarchiatrice convenzionale, sebbene le analisi statistiche non evidenzino differenze significative. È importante notare che il numero limitato di infestanti prima dell'esecuzione delle prove potrebbe aver influenzato negativamente l'analisi statistica, rendendo difficile una valutazione oggettiva. L'impressione generale è infatti che le differenze siano attribuibili alla capacità degli elementi sarchianti delle macchine moderne di avvicinarsi maggiormente alla fila delle colture rispetto a macchine più tradizionali. Con infestanti già relativamente sviluppate, il contributo delle finger weeds in dotazione alla sarchiatrice convenzionale risulta minimo. Anche il sarchiatore Maschio, verificato presso la C.A.B. Massari, che beneficia della mappatura GPS di tutti i campi dell'azienda, e utilizzata in tutte le operazioni colturali, dalla semina alla raccolta, consente di garantire prestazioni simili a quelle di un sarchiatore a guida ottica, ottimizzando l'efficacia del lavoro anche in condizioni variabili.

CONCLUSIONI

Frumento

Dai confronti realizzati emergono chiaramente alcune considerazioni chiave per la gestione delle infestanti con mezzi meccanici nelle coltivazioni di colture a file strette:

In condizioni ottimali di impiego, il rompicrosta stellare è più efficace dell'erpice strigliatore, soprattutto su infestanti non più ai primissimi stadi di sviluppo. Il rompicrosta è un attrezzo semplice e relativamente economico e non si ravvisano particolari ostacoli ad un suo maggior utilizzo, a patto che non venga considerato un sostituto all'erpice strigliatore.

È consigliabile che già da inizio accestimento, se i terreni si presentano asciutti, si intervenga nei confronti di infestanti ancora piccole. Non sfruttare queste finestre operative può voler dire vanificare la possibilità di contenere le infestanti con mezzi non chimici. L'attrezzo da utilizzare in queste prime fasi è l'erpice strigliatore che non deve mancare nelle aziende a conduzione biologica. Il rompicrosta stellare è da utilizzarsi in una fase vegetativa più avanzata; si tratta, quindi, di un

attrezzo che è consigliabile inserire nel parco macchine delle aziende, utilizzabile anche su diverse colture primaverili.

Colture sarchiate

Grazie agli sviluppi in informatica, mecatronica, sensoristica e georeferenziazione, oggi è possibile disporre di macchine per l'agricoltura che erano impensabili fino a poco tempo fa. Creando percorsi e larghezze di lavoro uniformi per seminatrici/trapiantatrici e sarchiatrici, è ora possibile progettare macchine capaci di lavorare molto vicino alle file. Inoltre, i sistemi automatici di correzione in tempo reale gestiti da centraline assistite da sensori ottici garantiscono margini di sicurezza più ampi nei confronti delle colture.

I sarchiatori a guida ottica sono macchine con una tecnologia già sufficientemente matura, sono in rapida diffusione presso i contoterzisti e le aziende agricole professionali. La progressiva sostituzione delle sarchiatrici tradizionali con questo tipo di macchine è un processo già avviato in aziende di medio-grandi dimensioni. È evidente che piccole aziende abbiano più difficoltà ad accedere a questo tipo di macchine per la difficoltà ad ammortizzare l'investimento iniziale.

La sarchiatura nel pomodoro da industria potrebbe a breve assumere una maggiore importanza anche in aziende a conduzione integrata, dal momento che si prevede una prossima revoca dell'erbicida "*Metribuzin*", indispensabile nei programmi di diserbo di post-emergenza del pomodoro. Questo scenario suggerisce, nelle aziende che coltivano pomodoro da industria, un aumento della diffusione di sarchiatrici di nuova generazione in grado di minimizzare la presenza delle infestanti lungo le bine.

Per il mais, in agricoltura integrata, la sarchiatura rappresenta, soprattutto, la gestione dell'interfilare per arieggiare il terreno, interrare fertilizzanti e al limite controllare le infestanti nel caso di diserbo di pre-emergenza localizzato. Delegare il controllo delle infestanti lungo la fila a attrezzi meccanici risulta troppo rischioso in quanto il mais, una volta seminato, richiede almeno tre settimane prima che possa essere sarchiato. Questo intervallo di tempo è sufficiente per permettere alle infestanti di sviluppare i loro apparati radicali, rendendo più difficile il loro controllo meccanico.

SOTTO-AZIONE 3.3 – Definizione di linee tecniche sostenibili per la gestione delle infestanti

Uar: RINOVA, CAPA Cologna, Astra, Consorzio Agrario Ravenna

Attività 1 - Valutazione della sostenibilità economica ed ambientale delle pratiche innovative di controllo delle infestanti

Questa attività ha visto lo sviluppo parallelo di 2 analisi, una (Attività 1.1) sulla sostenibilità economica di alcune delle pratiche indagate nel progetto per la gestione delle infestanti ed la seconda (Attività 1.2) sulle ricadute ambientali delle stesse. Di seguito descritte.

Attività 1.1 Sostenibilità economica

L'obiettivo dell'analisi è ottenere una valutazione della sostenibilità economica legata all'introduzione di alcune delle innovazioni testate nelle sperimentazioni previste nel progetto, al fine di ottenere indicazioni di performance economiche connesse all'introduzione di tecniche innovative nella gestione ordinaria delle imprese.

MATERIALI E METODI

È stato necessario mettere a punto un sistema di raccolta dati, che tenesse conto di situazioni operative standard da un lato e delle tecniche innovative dall'altro. Nello specifico, è stato necessario approfondire i dettagli della tecnica sperimentata, ipotizzando i costi delle operazioni in una situazione produttiva ordinaria. I dati raccolti sono stati successivamente ordinati in appositi database impostati a priori ed elaborati secondo il metodo descritto successivamente.

La raccolta dei dati con il metodo del Focus Group. La raccolta dei dati per il calcolo del costo è stata realizzata con lo scopo di ottenere delle informazioni di carattere tecnico-economico che potessero essere generalizzate su un campione omogeneo di aziende agricole. A questo scopo è stata creata una check-list che contenesse tutte le informazioni necessarie allo studio (elenco operazioni unitarie e input produttivi), la quale è stata pre-compilata sulla base di informazioni raccolte ad hoc in aziende agricole. La check-list opportunamente precompilata è stata sottoposta al vaglio di un gruppo di tecnici, appartenenti alle strutture partner di progetto, con lo scopo di discutere e validare ciascun input produttivo.

Tale discussione è stata gestita con la tecnica del Focus Group (FG), ovvero una delle tecniche qualitative di analisi di gruppo utilizzate per la validazione dei dati. Una delle caratteristiche del FG è rappresentata dal fatto che i partecipanti non devono rispondere a specifiche domande da parte di un intervistatore, ma piuttosto devono autonomamente, o con il supporto del moderatore, confrontare le proprie opinioni in modo costruttivo. Un aspetto peculiare di questa tecnica esplorativa è pertanto l'attenzione rivolta all'interazione del gruppo di testimoni privilegiati da parte del moderatore stesso.

Nel caso in esame, la conduzione del FG è orientata a far emergere le opinioni riguardanti gli aspetti che caratterizzano gli impianti frutticoli analizzati. I soggetti coinvolti nei due FG condotti sono stati rispettivamente:

- un moderatore;
- l'assistente al moderatore;
- i partecipanti.

Una volta definite le singole voci di costo, sono stati utilizzati i criteri di calcolo riportati di seguito.

- **I prezzi dei mezzi tecnici e delle strutture:** i prezzi di acquisto di mezzi tecnici (fitosanitari, concimi e sementi) e delle strutture (impianti di irrigazione, pali, fili, reti antigrandine, etc.) sono stati calcolati come media dei prezzi di vendita reali applicati dalle principali strutture commerciali, tenendo dunque conto della scontistica.
- **Le tariffe della manodopera:** il costo della manodopera esterna è stato stimato sulla base del livello di specializzazione degli operai (secondo lo schema tecnico individuato) e dei contratti ufficiali.
- **Il costo d'uso delle macchine:** partendo dalla definizione di un parco macchine che possa essere considerato "medio" per il tipo di coltivazione/impianto, è stato calcolato un costo orario (€/h) per ciascuna macchina; il costo orario tiene conto degli esborsi connessi all'uso delle macchine (carburante, olio, assicurazione, etc.), i quali vengono imputati sui costi diretti, e delle voci di costo calcolate come l'ammortamento, gli interessi, etc., che sono state raggruppate nei costi calcolati; si specifica che il costo orario di ciascun macchinario è fortemente dipendente dalle ore di utilizzo annuo.
- **Le tariffe conto terzi:** le tariffe delle operazioni tipicamente svolte per conto terzi (es. aratura) sono calcolate come media delle tariffe applicate sul territorio, tenendo conto della scontistica.
- La quota annua di manutenzione e di assicurazione del capitale fondiario, le spese generali (comprehensive degli oneri per la direzione e l'amministrazione), le imposte, le tasse e i contributi consortili sono stati stabiliti forfettariamente sulla base di rilievi contabili;
- Gli interessi sul costo di impianto e di allevamento sono stati calcolati sulla semisomma degli oneri sostenuti per l'investimento, utilizzando un saggio di interesse reale del 3%;
- La quota di ammortamento dell'impianto è stata considerata sul valore a nuovo per la vita del frutteto;
- Gli interessi sul capitale di anticipazione sono stati calcolati ipotizzando questo ultimo pari a un mezzo del capitale circolante e adottando un saggio del 3%;
- Il prezzo d'uso del capitale fondiario è stato stabilito sulla base dei canoni medi di affitto praticati nell'area considerata per terreni irrigui;

Il calcolo dei costi di produzione per gli impianti esaminati è stato realizzato utilizzando una metodologia in grado di rendere omogenei e confrontabili i dati rilevati nelle singole aziende.

I dati raccolti sono stati riportati all'interno di un database su supporto elettronico utilizzando l'applicazione Excel, con quale è stato possibile creare e validare degli strumenti di calcolo che hanno permesso di sintetizzare i dati di costo in funzione del valore della manodopera, dei mezzi tecnici e del costo d'uso delle macchine.

Dal punto di vista del calcolo, il metodo proposto è essenzialmente di tipo tecnico-estimativo e si basa sull'analisi del processo produttivo, l'individuazione dei singoli elementi di costo, la loro valorizzazione e poi la loro aggregazione, fino alla determinazione del costo pieno.

La struttura dei costi applicata a questo studio risponde essenzialmente a due finalità: da una parte quella di fornire una valutazione complessiva del costo di produzione, dall'altra quella di consentire ai tecnici di modulare il più possibile il costo di produzione, come supporto per le decisioni aziendali legate all'introduzione di specifiche innovazioni.

I costi sono quindi articolati in quattro aggregati, che fanno riferimento nell'ordine ai costi espliciti rilevati; ai costi espliciti stimati, agli ammortamenti e al costo opportunità dei fattori apportati dall'imprenditore.

La prima voce include i costi direttamente connessi a ciascun processo produttivo, che normalmente comportano un esborso ed il cui valore può essere puntualmente rilevato in azienda. La seconda voce comprende invece quegli esborsi che corrispondono a costi fissi non direttamente attribuibili al singolo processo produttivo e che tuttavia devono essere ripartiti, pro quota e mediante stima, fra i processi produttivi realizzati dall'azienda. Il terzo aggregato corrisponde agli ammortamenti ed include sia le quote direttamente attribuibili al singolo processo produttivo (si pensi ad esempio alla quota di ammortamento di un frutteto), sia le quote relative alle macchine aziendali, la cui attribuzione al singolo processo produttivo avviene pro quota, in funzione dell'utilizzo. Infine, il quarto aggregato corrisponde alla remunerazione figurativa dei fattori apportati direttamente dall'imprenditore, considerando per essi un prezzo d'uso pari al prezzo di mercato.

Dal punto di vista grafico e tabellare, i costi saranno presentati secondo il seguente schema:

| | |
|---|--|
| A - Costi espliciti rilevati -mezzi tecnici -costi diretti macchine (gasolio, lubrificanti, etc) -manodopera salariata -assicurazione antigrandine | Include i costi direttamente connessi a ciascun processo produttivo, che normalmente comportano un esborso ed il cui valore può essere puntualmente rilevato in azienda. |
|---|--|

| | |
|---|---|
| <p>B - Costi espliciti stimati</p> <ul style="list-style-type: none"> -imposte, tasse e contributi consortili -assicurazioni -manutenzione del capitale fondiario -spese generali -contributi previdenziali | <p>Comprende quegli esborsi che corrispondono a costi fissi non direttamente attribuibili al singolo processo produttivo e che tuttavia devono essere ripartiti, pro quota e mediante stima, fra i processi produttivi realizzati dall'azienda.</p> |
| <p>C – Ammortamenti</p> <ul style="list-style-type: none"> -ammortamenti strutture/impianti -ammortamenti macchine | <p>Include sia le quote direttamente attribuibili al singolo processo produttivo (si pensi ad esempio alla quota di ammortamento di un frutteto), sia le quote relative alle macchine aziendali, la cui attribuzione al singolo processo produttivo avviene pro quota, in funzione dell'utilizzo.</p> |
| <p>D - Costo opportunità</p> <ul style="list-style-type: none"> -prezzo d'uso del terreno -interessi sulle strutture ed impianti -interessi sui macchinari -interessi sul capitale circolante -costo della manodopera familiare | <p>corrisponde alla remunerazione figurativa dei fattori apportati direttamente dall'imprenditore, considerando per essi un prezzo d'uso pari al prezzo di mercato.</p> |

Per quanto riguarda la definizione delle aziende campione su cui sono stati raccolti i dati utili al calcolo di un costo di produzione rappresentativo, è stata effettuata una selezione seguendo i seguenti parametri di scelta:

- appartenenza all'area tipica di produzione;
- elevato livello di specializzazione;
- rispondenza alle caratteristiche organizzative tipiche delle imprese agricole dell'area;
- gestione tecnica che risponda ai criteri di tipicità ed alla tecnica standard di produzione.

Per quanto riguarda invece le aziende campione per le valutazioni economiche legate all'introduzione dell'innovazione, si rimanda ai campi prova selezionati all'interno delle precedenti azioni di progetto, oltre al parere di esperti di settore, tecnici agricoli e venditori di mezzi tecnici.

RISULTATI

Con lo scopo di ottenere indicazioni di confronto, sono state analizzate le seguenti casistiche:

1. Frumento tecnica classica vs frumento tecnica innovativa, dove la tecnica innovativa riguarda una tecnica con l'utilizzo di un multitiller in pre-semina, al posto delle classiche lavorazioni del terreno;
2. Pomodoro tecnica classica vs pomodoro tecnica innovativa, dove la tecnica innovativa corrisponde all'utilizzo del multitiller al posto delle classiche lavorazioni del terreno e di una sarchiatrice ottica;
3. Soia tecnica classica vs soia tecnica innovativa, dove la tecnica innovativa riguarda la pratica del sovescio e la semina su sodo, applicata su terreni sabbiosi.

I risultati dello studio si concretizzano in prima battuta con un'analisi dei costi di produzione, in cui vengono posti a confronto i costi produttivi delle diverse situazioni.

In tabella 1, sono stati riportati i dati di costo delle due tecniche di produzione del frumento. Dato che la versione innovativa vede un minor impiego di macchinari dovuto ad una riduzione delle lavorazioni, il costo complessivo risulta essere inferiore. Tale riduzione è totalmente a carico del minor impiego di macchinari che, nel caso specifico, sono stati considerati come servizi per conto terzi.

Tuttavia, è necessario evidenziare che la resa produttiva del frumento coltivato con una minima lavorazione risulta inferiore di circa un 20% rispetto al caso classico, con una conseguente riduzione dei guadagni dalle vendite.

Tabella 1. Il costo di produzione del frumento tecnica classica vs tecnica innovativa (€/ha).

| | FRUMENTO TECNICA CLASSICA | FRUMENTO TECNICA INNOVATIVA |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| A - Costi espliciti rilevati | 1.592,00 | 1.222,00 |
| Conto Terzi | 718,00 | 348,00 |
| Lavoro esterno | 60,45 | 60,45 |
| Mezzi tecnici | 765,05 | 765,05 |
| Costi diretti macchine | 48,50 | 48,50 |
| B - Costi espliciti calcolati | 850,00 | 850,00 |
| Assicurazioni | 50,00 | 50,00 |
| Imposte, tasse, etc. | 450,00 | 450,00 |
| Spese generali | 150,00 | 150,00 |
| Manutenzione terreno | 200,00 | 200,00 |
| C - Ammortamenti | 31,25 | 31,25 |
| Ammortamenti macchine | 31,25 | 31,25 |
| D - Costo opportunità | 641,98 | 636,43 |
| Interessi sul capitale circolante | 36,63 | 31,08 |
| Prezzo uso terreno | 600,00 | 600,00 |
| Interessi macchine | 5,35 | 5,35 |
| Totale complessivo | 3.115,23 | 2.739,68 |

Im tabella 2, viene proposta una simulazione di guadagni in base ad un'ipotesi si resa produttiva e di prezzi di vendita. Si è scelto infatti di utilizzare un valore di resa che possa rappresentare un obiettivo raggiungibile per imprese specializzate nella coltivazione del frumento, localizzate in territori vocati per la sua produzione, tenendo conto della variabilità stagionale che porta a delle differenza tra annate considerate positive e negative.

Con lo stesso criterio, in tabella vengono elencati dei possibili prezzi di vendita, che subiscono forti variabilità in base al periodo, alla piazza, alla varietà, etc.

Considerando il costo di produzione calcolato in tabella 1, le diverse ipotesi di prezzi di vendita, le rese medie raggiungibili e i relativi guadagni, si evince che da un punto di vista meramente econometrico, l'introduzione della tecnica innovativa non porta ad un sostanziale cambiamento delle performance, in quanto alla riduzione dei costi si aggiunge una riduzione della resa, con conseguente diminuzione dei guadagni.

Tabella 2. Resa media e ipotesi di guadagni del frumento tecnica classica vs tecnica innovativa.

| | FRUMENTO TECNICA CLASSICA | FRUMENTO TECNICA INNOVATIVA |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| Resa media (ton/ha) | 7,5 | 6,6 |
| Valore delle vendite (€) in relazione alle seguenti ipotesi di prezzo medio: | | |
| 250 €/ton | 1.875,00 | 1.650,00 |
| 300 €/ton | 2.250,00 | 1.980,00 |
| 350 €/ton** | 2.625,00 | 2.310,00 |
| 400 €/ton | 3.000,00 | 2.640,00 |

**la resa produttiva della tecnica classica è stata considerata come valore mediamente raggiungibile da imprese specializzate e localizzate su territori vocati, il dato della resa con la tecnica innovativa è stato calcolato sottraendo un 20%.*

** Valore indicativo di riferimento per il calcolo degli indicatori

In sintesi, confrontando costi e guadagni delle due casistiche, non si osservano evidenti variazioni tra le due situazioni "frumento tecnica classica" vs "frumento tecnica innovativa".

Questo dato ci consente di affermare che la tecnica innovativa, che porta a dei vantaggi tecnici ed ambientali, non comporta una perdita economica.

La stessa analisi è stata effettuata per il pomodoro da industria. In tabella 3 sono riportati i costi di produzione a confronto, in cui si evince un risparmio economico legato al minor utilizzo di macchinari. In tabella 4 sono proposte le simulazioni di rese e prezzi di vendita.

Prendendo a titolo di esempio un prezzo di vendita di euro per tonnellata di pomodoro, il guadagno del pomodoro coltivato con la tecnica classica risulta pari a 10.500,00 euro per ettaro e il guadagno

della stessa coltivazione con la tecnica innovativa è di 8.400,00 euro per ettaro, in relazione alle diverse rese produttive.

La differenza tra costi e ricavi risulta pari a 4.600,00 euro per ettaro nel caso della tecnica classica, mentre risulta di circa 2.800,00 euro per ettaro nel caso del pomodoro coltivato con la tecnica innovativa.

Per cui, se la riduzione della resa pari al 20% si dovesse confermare per la produzione innovativa, le innovazioni proposte risulterebbero troppo onerose, in quanto portano ad un drastico assottigliamento dei margini di guadagno.

Tabella 3. Il costo di produzione del pomodoro tecnica classica vs tecnica innovativa (€/ha).

| | POMODORO TECNICA CLASSICA | POMODORO TECNICA INNOVATIVA |
|--------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
| A - Costi espliciti rilevati | 4.096,40 | 3.806,45 |
| Conto Terzi | 466,00 | 170,00 |
| Lavoro esterno | 914,50 | 925,35 |
| Mezzi tecnici | 2.040,00 | 2.040,00 |
| Costi diretti macchine | 675,90 | 671,10 |
| B - Costi espliciti calcolati | 750,00 | 750,00 |
| Assicurazioni | 50,00 | 50,00 |
| Imposte, tasse, etc. | 450,00 | 450,00 |
| Spese generali | 150,00 | 150,00 |
| Manutenzione terreno | 100,00 | 100,00 |
| C - Ammortamenti | 352,30 | 350,65 |
| Ammortamenti macchine | 352,30 | 350,65 |
| D - Costo opportunità | 702,89 | 701,83 |
| Interessi sul capitale circolante | 40,11 | 39,38 |
| Prezzo uso terreno | 600,00 | 600,00 |
| Interessi macchine | 62,78 | 62,45 |
| Totale complessivo | 5.901,59 | 5.608,93 |

Tabella 4. Resa media e ipotesi di guadagni del pomodoro classica vs tecnica innovativa.

| | POMODORO TECNICA CLASSICA | POMODORO TECNICA INNOVATIVA |
|---|---------------------------|-----------------------------|
| Resa media (ton/ha)* | 70 | 56 |
| Valore delle vendite (€) in relazione alle seguenti ipotesi di prezzo medio: | | |
| 140 €/ton | 9.800,00 | 7.840,00 |
| 150 €/ton** | 10.500,00 | 8.400,00 |
| 160 €/ton | 11.200,00 | 8.960,00 |

*la resa produttiva della tecnica classica è stata considerata come valore mediamente raggiungibile da imprese specializzate e localizzate su territori vocati, il dato della resa con la tecnica innovativa è stato calcolato sottraendo un 20%.

** Valore indicativo di riferimento per il calcolo degli indicatori

Infine, nelle tabelle 5 e 6 sono state riportate le elaborazioni legate alla casistica della soia, in cui sono state valutate delle innovazioni da applicare esclusivamente su terreni sabbiosi. In questo caso i costi di produzione risultano simili, in quanto vi è una sostituzione di spese: nel caso classico non è contemplata la spesa per il sovescio ma vi sono i costi di lavorazione del terreno, nel caso innovativo le spese di lavorazione sono ridotte ma vi sono le spese di sovescio.

Per quanto riguarda i guadagni, invece, si ipotizza che l'utilizzo dei sovesci possa portare ad un minimo aumento di resa. Se questo dato dovesse confermarsi, è evidente che aumenterebbero in proporzione i relativi guadagni (tab. 6).

Tabella 5. Il costo di produzione della soia tecnica classica vs tecnica innovativa (€/ha).

| | SOIA TECNICA CLASSICA | SOIA TECNICA INNOVATIVA |
|--------------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| A - Costi espliciti rilevati | 1.842,00 | 1.817,00 |
| Conto Terzi | 718,00 | 393,00 |
| Costi diretti macchine | 51,30 | 51,30 |
| Lavoro esterno | 52,70 | 52,70 |
| Mezzi tecnici | 1.020,00 | 1.320,00 |
| B - Costi espliciti calcolati | 850,00 | 850,00 |
| Assicurazioni | 50,00 | 50,00 |
| Imposte, tasse, etc. | 450,00 | 450,00 |
| Manutenzione terreno | 200,00 | 200,00 |
| Spese generali | 150,00 | 150,00 |
| C - Ammortamenti | 32,25 | 32,25 |
| Ammortamenti macchine | 32,25 | 32,25 |
| D - Costo opportunità | 645,93 | 645,56 |
| Interessi macchine | 5,55 | 5,55 |
| Interessi sul capitale circolante | 40,38 | 40,01 |
| Prezzo uso terreno | 600,00 | 600,00 |
| Totale complessivo | 3.370,18 | 3.344,81 |

Tabella 6. Resa media e ipotesi di guadagni della soia classica vs tecnica innovativa.

| | SOIA TECNICA CLASSICA | SOIA TECNICA INNOVATIVA |
|---|--------------------------|----------------------------|
| Resa media (ton/ha) | 3,5 | 3,85 |
| Valore delle vendite (€) in relazione alle seguenti ipotesi di prezzo medio: | | |
| 400 €/ton | 1.400,00 | 1.540,00 |
| 450 €/ton** | 1.575,00 | 1.732,50 |
| 500 €/ton | 1.750,00 | 1.925,00 |
| 550 €/ton | 1.925,00 | 2.117,50 |

**la resa produttiva della tecnica classica è stata considerata come valore mediamente raggiungibile da imprese specializzate e localizzate su territori vocati, il dato della resa con la tecnica innovativa è stato calcolato sottraendo un 20%.*

** Valore indicativo di riferimento per il calcolo degli indicatori

CONCLUSIONI

Le conclusioni sulle tre simulazioni effettuate sulla base delle sperimentazioni oggetto del presente progetto sono:

1. L'innovazione legata alla tecnica di coltivazione del frumento porta alle stesse marginalità della tecnica classica, con gli ulteriori vantaggi tecnici e ambientali descritti nei paragrafi di competenza;
2. L'innovazione sulla tecnica del pomodoro, pur avendo degli indiscutibili vantaggi ambientali, non risulta sostenibile economicamente finché la riduzione delle rese rimane così significativa.
3. L'innovazione sulla tecnica di produzione della soia su terreni sabbiosi non vede sostanziali cambiamenti da un punto di vista economico, ma al limite un lieve miglioramento se si dovessero confermare gli aumenti in termini di resa produttiva.

Attività 1.2 Sostenibilità ambientale

Per il confronto tra i diversi percorsi tecnici di controllo delle infestanti di tipo convenzionale ed innovativo si è seguito l'approccio del Life Cycle Assessment (LCA) di processo (tecniche "convenzionali" vs. "innovative" di controllo delle infestanti).

Tale sistema di valutazione richiede in ingresso una serie di dati primari per il calcolo degli indicatori ambientali (fase di inventario) che sono stati monitorati per il periodo di esecuzione delle prove attraverso degli specifici questionari (tesi a confronto, consumi energetici per le operazioni colturali, materiali in input per la coltivazione, tra cui diserbanti, agrofarmaci e fertilizzanti).

L'unità funzionale del sistema studiato (l'unità alla quale sono riferiti i calcoli) è sia l'unità di massa (kg di prodotto) che l'unità di superficie (ettaro).

Per l'elaborazione dei dati si è utilizzato il software di calcolo SimaPro (versione 8.5) e principalmente la banca dati LCA Ecoinvent v.3.

Per il calcolo degli indicatori nella fase di analisi degli impatti (LCIA - Life Cycle Impact Assessment), si sono utilizzati i fattori di caratterizzazione CML-baseline, versione 3.05.

Il metodo CML-IA baseline è un approccio per la valutazione LCA sviluppato dal Centro di Studi Ambientali dell'Università di Leiden. Questo metodo suddivide gli impatti ambientali in diverse categorie, ciascuna delle quali rappresenta un aspetto specifico del potenziale impatto sull'ambiente. Ecco una breve descrizione delle principali categorie di impatto secondo il metodo:

- *Esaurimento delle risorse abiotiche - elementi* (ADP-e):

Indica il potenziale esaurimento delle risorse minerali e metalliche non rinnovabili. È espresso in unità di antimonio (Sb) equivalente.

- *Esaurimento delle risorse abiotiche - combustibili fossili* (ADP-f):

Misura il consumo di risorse energetiche non rinnovabili, come il petrolio, il gas naturale e il carbone. È espresso in unità di MJ (megajoule).

- *Cambiamento climatico* (GWP):

Valuta il potenziale di riscaldamento globale dovuto alle emissioni di gas serra, considerando un periodo di 100 anni. È espresso in unità equivalenti di CO₂.

- *Riduzione dello strato di ozono* (ODP):

Misura il potenziale di riduzione dello strato di ozono stratosferico, che protegge la Terra dai raggi UV nocivi. È espresso in unità equivalenti di CFC-11.

- *Tossicità nei confronti dell'uomo* (HTP):

Rappresenta il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sull'uomo, attraverso inalazione, ingestione o contatto. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.

- *Ecotossicità acquatica - cronica* (FAETP):

Misura il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sugli organismi acquatici in esposizione cronica. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.

- *Ecotossicità terrestre* (TETP):

Valuta il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sugli organismi terrestri. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.

- *Ecotossicità marina* (MAETP):

Rappresenta il potenziale impatto tossico di sostanze chimiche sugli organismi marini. È espresso in unità di 1,4-diclorobenzene (DB) equivalente.

- *Acidificazione* (AP):

Misura il potenziale di acidificazione dell'ambiente, che può portare a fenomeni come piogge acide, con effetti dannosi su suolo, acque e vegetazione. È espresso in unità di equivalenti di SO₂.

- *Eutrofizzazione* (EP):

Rappresenta il potenziale di arricchimento dei nutrienti in ecosistemi acquatici e terrestri, che può causare crescita eccessiva di alghe e piante, con conseguente riduzione dell'ossigeno disponibile. È espresso in unità di equivalenti di PO₄³⁻.

Le valutazioni di cui sopra sono state affrontate per le 2 tipologie di approccio indagate nel progetto: Cover crop (A) e Lavorazioni meccaniche (B), di seguito descritte distintamente.

A. Ruolo delle cover crops nel contenimento delle infestanti su colture estensive primaverili-estive

Obiettivo

Valutare la sostenibilità ambientale delle tre tesi a confronto: T1: gestione convenzionale, con il minor numero di lavorazioni e utilizzo di glifosate per la preparazione del letto di semina; T2 gestione del terreno in pre-semina con sole lavorazioni; T3 inserimento di una cover crop a semina autunnale, sia per la Prova 1 (Valutazione dell'efficacia di un miscuglio di cover crop per la riduzione delle infestanti sulla coltura primaverile successiva) che per la Prova 2 (Valutazione dell'efficacia di una cover crop rappresentata da segale con semina diretta della coltura primaverile successiva), svolte nel corso del 2022/23 e 2023/24 a Tresignana (FE). Per entrambe le prove e annate, la coltura a semina primaverile è stata la soia.

Nelle tabelle 1 e 2 vengono riassunti gli aspetti salienti che caratterizzano la tecnica colturale adottata nelle prove 1 e 2, per il primo anno di sperimentazione.

Tab. 1 – Aspetti salienti della tecnica colturale applicata alla Prova 1 nel 2022/23

| Tecnica colturale | Prova 1 – Soia – Tresignana (FE) | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 |
| Resa produttiva (t/ha) | 3,05 | 3,59 | 3,96 |
| Consumi carburante per operazioni colturali e irrigazione (kg/ha) | 306,5 (200 per irrigazione) | 314,5 (200 per irrigazione) | 331 (200 per irrigazione) |
| Volume irrigazione (mc/ha) | 800 | | |
| Sementi (kg/ha) | 85 soia | 85 soia | 80 soia + 140 miscuglio cover |
| Fertilizzanti | minerale NP 10-18: 300 kg/ha | | |
| Erbicidi (kg/ha) | 13,4 (9 glifosate) | 4,4 | 2,5 |

Tab. 2 – Aspetti salienti della tecnica colturale applicata alla Prova 2 nel 2022/23

| Tecnica colturale | Prova 1 – Soia – Tresignana (FE) | | |
|---|----------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 |
| Resa produttiva (t/ha) | 3,25 | 3,68 | 3,50 |
| Consumi carburante per operazioni colturali e irrigazione (kg/ha) | 306,5 (200 per irrigazione) | 314,5 (200 per irrigazione) | 331 (200 per irrigazione) |
| Volume irrigazione (mc/ha) | 800 | | |
| Sementi (kg/ha) | 85 soia | 85 soia | 80 soia + 120 segale |
| Fertilizzanti | minerale NP 10-18: 300 kg/ha | | |
| Erbicidi (kg/ha) | 13,4 (9 glifosate) | 8,9 (4,5 glifosate) | - |

Nelle tabelle 3 e 4 vengono riassunti gli aspetti salienti che caratterizzano la tecnica colturale delle prove 1 e 2 per il secondo anno di sperimentazione. Si segnala che al momento di questa elaborazione la soia non è stata ancora raccolta, pertanto i risultati verranno espressi per ettaro (unità funzionale) e non per kg di prodotto.

Tab. 3 – Aspetti salienti della tecnica colturale applicata alla Prova 1 nel 2023/24

| Tecnica colturale | Prova 1 – Soia – Tresignana (FE) | | |
|---|---|--------------------------------|--------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 |
| Resa produttiva (t/ha) | - | - | - |
| Consumi carburante per operazioni colturali e irrigazione (kg/ha) | 165 (100 per irrigazione) | 165,5 (100 per irrigazione) | 188,5 (100 per irrigazione) |
| Volume irrigazione (mc/ha) | 300 | | |
| Sementi (kg/ha) | 85 soia | 85 soia | 80 soia + 140 miscuglio cover |
| Fertilizzanti | minerale NP 18-46 alla semina: 20 kg/ha | | |
| Erbicidi (kg/ha) | 6,55 (4,5 glifosate) | 2,05 | 2,05 |

Tab. 4 – Aspetti salienti della tecnica colturale applicata alla Prova 2 nel 2023/24

| Tecnica colturale | Prova 2 – Soia – Tresignana (FE) | | |
|---|---|--------------------------------|--------------------------------|
| | T1 | T2 | T3 |
| Resa produttiva (t/ha) | - | - | - |
| Consumi carburante per operazioni colturali e irrigazione (kg/ha) | 165 (100 per irrigazione) | 165,5 (100 per irrigazione) | 188,5 (100 per irrigazione) |
| Volume irrigazione (mc/ha) | 300 | | |
| Sementi (kg/ha) | 85 soia | 85 soia | 80 soia + 120 segale |
| Fertilizzanti | minerale NP 18-46 alla semina: 20 kg/ha | | |
| Erbicidi (kg/ha) | 6,55 (4,5 glifosate) | 2,05 | 2,05 |

RISULTATI

Prove 1 e 2 – 2022/23

Nella tabella 5 vengono riportati i risultati delle 3 tesi per la Prova 1 (2023), riferiti a 1 kg di soia (unità funzionale).

Nelle tabelle 6, 7 e 8 si riporta il dettaglio per categoria di impatto (operazioni colturali e irrigazione, semente, fertilizzanti, emissioni da uso fertilizzanti e diserbanti) della Prova 1 (2023), rispettivamente per le tesi 1, 2 e 3, riferito ad 1 kg di soia.

Tab. 5 – Indicatori ambientali **Prova 1 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia

| Categoria d'impatto | Unità | Tesi 1 | Tesi 2 | Tesi 3 |
|----------------------------------|--------------|----------|----------|----------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 3,53E-06 | 2,13E-06 | 1,93E-06 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10,75 | 8,87 | 8,34 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,83 | 0,68 | 0,65 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 2,35E-07 | 1,25E-07 | 1,03E-07 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,27 | 0,18 | 0,17 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,12 | 0,094 | 0,088 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 226,04 | 168,83 | 166,34 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,0080 | 0,006702 | 0,0062 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,00012 | 8,73E-05 | 8,12E-05 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0052 | 0,0041 | 0,0039 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0017 | 0,0014 | 0,0015 |

Per tutti gli indicatori, essendo riferiti al chilogrammo di prodotto, si evidenziano valori più bassi per la tesi 3, in virtù della miglior resa produttiva che ha garantito l'introduzione della cover crop (v. tab. 1), pur a fronte di un maggiore consumo di carburanti per la semina e la terminazione della coltura intercalare e per la produzione della semente del miscuglio di favino, orzo e rafano.

Se analizziamo l'importanza delle varie categorie di impatto (tab. 6, 7 e 8), concentrandoci sull'indicatore GWP, si può notare che il peso maggiore è dovuto alle operazioni colturali e irrigazione e alla produzione dei fertilizzanti (molto energivora, soprattutto per la sintesi dell'ammoniaca dei fertilizzanti azotati).

Tab. 6 – Indicatori ambientali **Prova 1 – TESI 1 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|------------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 3,53E-06 | 2,13E-08 | 1,45E-07 | 1,84E-06 | 0 | 1,52E-06 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10,75 | 5,1249862 | 0,11893558 | 4,8455928 | 0 | 0,66376757 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,83 | 0,37761106 | 0,06586416 | 0,28042119 | 0,057344262 | 0,04530827 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 2,35E-07 | 5,74E-08 | 1,94E-09 | 4,31E-08 | 0 | 1,32E-07 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,27 | 0,022287865 | 0,01065839 | 0,15153685 | 5,21E-05 | 0,08934943 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,12 | 0,007137683 | 0,04192862 | 0,05607345 | 0 | 0,01457983 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 226,04 | 21,884623 | 11,34206 | 151,2853 | 0 | 41,526005 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,0080 | 0,000313725 | 0,00702006 | 0,000464284 | 0 | 0,00025107 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,00012 | 5,69E-05 | 2,35E-05 | 4,03E-05 | -2,94E-05 | 3,06E-05 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0052 | 0,002646371 | 0,00013583 | 0,000954597 | 0,000886426 | 0,00055603 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0017 | 0,000614862 | 0,00019556 | 0,000312997 | 0,000490721 | 0,00012174 |

Tab. 7 – Indicatori ambientali **Prova 1 – TESI 2 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 2,13E-06 | 1,86E-08 | 1,23E-07 | 1,57E-06 | 0 | 4,23E-07 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 8,87 | 4,467744 | 0,101046 | 4,116729 | 0 | 0,185169 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,68 | 0,329185 | 0,055957 | 0,238241 | 0,04871866 | 0,01264 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 1,25E-07 | 5,00E-08 | 1,65E-09 | 3,66E-08 | 0 | 3,69E-08 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,18 | 0,01943 | 0,009055 | 0,128743 | 4,43E-05 | 0,024926 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,094 | 0,006222 | 0,035622 | 0,047639 | 0 | 0,004067 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 168,83 | 19,07808 | 9,636012 | 128,5293 | 0 | 11,5844 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,006702 | 0,000273 | 0,005964 | 0,000394 | 0 | 7,00E-05 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 8,73E-05 | 4,96E-05 | 1,99E-05 | 3,42E-05 | -2,50E-05 | 8,54E-06 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0041 | 0,002307 | 0,000115 | 0,000811 | 0,00075309 | 0,000155 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0014 | 0,000536 | 0,000166 | 0,000266 | 0,00041691 | 3,40E-05 |

Tab. 8 – Indicatori ambientali **Prova 1 – TESI 3 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------------|-------------|---------------|--------------------------------|-------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 1,93E-06 | 1,77E-08 | 2,77E-07 | 1,42E-06 | 0 | 2,18E-07 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 8,34 | 4,2627992 | 0,2514104 | 3,7320854 | 0 | 0,095379687 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,65 | 0,31408477 | 0,069980858 | 0,21598096 | 0,044166667 | 0,006510544 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 1,03E-07 | 4,77E-08 | 3,49E-09 | 3,32E-08 | 0 | 1,90E-08 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,17 | 0,018538331 | 0,017797443 | 0,11671398 | 4,02E-05 | 0,012839014 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,088 | 0,005936896 | 0,036336951 | 0,043187884 | 0 | 0,002095039 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 166,34 | 18,202928 | 25,645138 | 116,52025 | 0 | 5,9670546 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,0062 | 0,000260947 | 0,005513079 | 0,000357592 | 0 | 3,61E-05 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 8,12E-05 | 4,73E-05 | 2,11E-05 | 3,10E-05 | -2,26E-05 | 4,40E-06 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0039 | 0,002201167 | 0,000217479 | 0,000735232 | 0,000682727 | 7,99E-05 |
| Eutrophication | kg PO4 ⁻⁻⁻ eq | 0,0015 | 0,000511423 | 0,000336659 | 0,000241071 | 0,000377955 | 1,75E-05 |

Nella tabella 9 vengono riportati i risultati delle 3 tesi per la Prova 2 (2023), riferiti a 1 kg di soia (unità funzionale).

Nelle tabelle 10, 11 e 12 si riporta il dettaglio per categoria di impatto (operazioni colturali e irrigazione, semente, fertilizzanti, emissioni da uso fertilizzanti e diserbanti) della Prova 2 (2023), rispettivamente per le tesi 1, 2 e 3, riferito ad 1 kg di soia.

Nel caso della Prova 2, essendo più ravvicinati i valori delle rese produttive tra le 3 tesi (v. tab. 2) ed essendo, in particolare, più alta la resa della tesi 2, è proprio quest'ultima che fa segnalare, in linea generale, i valori più bassi. Il mancato apporto di diserbanti nella tesi 3, fa comunque segnare il valore più basso per alcuni indicatori, tra cui la Human Toxicity (0,18 kg 1,4-DB eq).

Tab. 9 – Indicatori ambientali **Prova 2 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia

| Categoria d'impatto | Unità | Tesi 1 | Tesi 2 | Tesi 3 |
|----------------------------------|--------------|----------|----------|----------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 3,31E-06 | 2,50E-06 | 1,93E-06 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10,09 | 8,84 | 9,35 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,78 | 0,68 | 0,73 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 2,20E-07 | 1,59E-07 | 9,50E-08 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,26 | 0,20 | 0,18 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,11 | 0,095 | 0,16 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 212,13 | 176,26 | 183,41 |

| | | | | |
|-------------------------|--------------|----------|----------|----------|
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,0076 | 0,0066 | 0,035 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,000114 | 9,37E-05 | 8,73E-05 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0049 | 0,0042 | 0,0044 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0016 | 0,0014 | 0,0017 |

Anche in questo caso, concentrandoci sulla GWP, le voci preponderanti di impatto derivano dalle operazioni colturali/irrigazione e dalla produzione dei fertilizzanti (tab. 10, 11 e 12).

Tab. 10 – Indicatori ambientali **Prova 2 – TESI 1 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 3,31E-06 | 2,00E-08 | 1,36E-07 | 1,73E-06 | 0 | 1,42E-06 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10,09 | 4,809603 | 0,111616 | 4,547403 | 0 | 0,62292 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,78 | 0,354373 | 0,061811 | 0,263165 | 0,053815385 | 0,04252 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 2,20E-07 | 5,38E-08 | 1,82E-09 | 4,04E-08 | 0 | 1,24E-07 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,26 | 0,020916 | 0,010002 | 0,142212 | 4,89E-05 | 0,083851 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,11 | 0,006698 | 0,039348 | 0,052623 | 0 | 0,013683 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 212,13 | 20,53788 | 10,64409 | 141,9754 | 0 | 38,97056 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,0076 | 0,000294 | 0,006588 | 0,000436 | 0 | 0,000236 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,000114 | 5,34E-05 | 2,20E-05 | 3,78E-05 | -2,76E-05 | 2,87E-05 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0049 | 0,002484 | 0,000127 | 0,000896 | 0,000831877 | 0,000522 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0016 | 0,000577 | 0,000184 | 0,000294 | 0,000460523 | 0,000114 |

Tab. 11 – Indicatori ambientali **Prova 2 – TESI 2 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 2,50E-06 | 1,81E-08 | 1,20E-07 | 1,53E-06 | 0 | 8,35E-07 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 8,84 | 4,358478 | 0,098574 | 4,016048 | 0 | 0,365387 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,68 | 0,321134 | 0,054589 | 0,232414 | 0,04752717 | 0,024941 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 1,59E-07 | 4,88E-08 | 1,61E-09 | 3,57E-08 | 0 | 7,28E-08 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,20 | 0,018954 | 0,008834 | 0,125594 | 4,32E-05 | 0,049185 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,095 | 0,00607 | 0,034751 | 0,046474 | 0 | 0,008026 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 176,26 | 18,6115 | 9,400349 | 125,3859 | 0 | 22,85901 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,0066 | 0,000267 | 0,005818 | 0,000385 | 0 | 0,000138 |

| | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------|-----------------|----------|----------|----------|------------|----------|
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 9,37E-05 | 4,84E-05 | 1,95E-05 | 3,34E-05 | -2,44E-05 | 1,68E-05 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0042 | 0,002251 | 0,000113 | 0,000791 | 0,00073467 | 0,000306 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0014 | 0,000523 | 0,000162 | 0,000259 | 0,00040671 | 6,70E-05 |

Tab. 12 – Indicatori ambientali **Prova 2 – TESI 3 (2023)** riferiti ad 1 kg di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|---|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|-----------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 1,93E-06 | 2,00E-08 | 3,05E-07 | 1,61E-06 | 0 | 1,93E-06 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 9,35 | 4,823053 | 0,29986 | 4,222588 | 0 | 9,35 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 0,73 | 0,355364 | 0,080389 | 0,244367 | 0,04997143 | 0,73 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 9,50E-08 | 5,40E-08 | 3,52E-09 | 3,75E-08 | 0 | 9,50E-08 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 0,18 | 0,020975 | 0,027284 | 0,132054 | 4,54E-05 | 0,18 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 0,16 | 0,006717 | 0,104734 | 0,048864 | 0 | 0,16 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 183,41 | 20,59531 | 30,98483 | 131,8343 | 0 | 183,41 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,035 | 0,000295 | 0,034448 | 0,000405 | 0 | 0,035 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 8,73E-05 | 5,35E-05 | 2,42E-05 | 3,51E-05 | -2,56E-05 | 8,73E-05 |
| Acidification | kg SO2 eq | 0,0044 | 0,00249 | 0,000291 | 0,000832 | 0,00077246 | 0,0044 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 0,0017 | 0,000579 | 0,000452 | 0,000273 | 0,00042763 | 0,0017 |

Prove 1 e 2 – 2023/24

Nella tabella 13 vengono riportati i risultati delle 3 tesi per la Prova 1 del 2024, riferiti a 1 ettaro di soia (unità funzionale).

Nelle tabelle 14, 15 e 16 si riporta il dettaglio per categoria di impatto della Prova 1 (2024), rispettivamente per le tesi 1, 2 e 3, riferito ad 1 ettaro di soia.

Tab. 13 – Indicatori ambientali **Prova 1 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia

| Categoria d'impatto | Unità | Tesi 1 | Tesi 2 | Tesi 3 |
|---|--------------|---------|---------|---------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0031 | 0,0016 | 0,0022 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10.752 | 10.098 | 11.904 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 957 | 913 | 1075 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00031 | 0,00017 | 0,00019 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 233,13 | 141,73 | 184,80 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 172,74 | 157,84 | 175,49 |

| | | | | |
|-----------------------------------|--------------|---------|---------|---------|
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 163.197 | 120.773 | 192.743 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,40 | 22,14 | 22,63 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,21 | 0,18 | 0,21 |
| Acidification | kg SO2 eq | 5,96 | 5,41 | 6,46 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,95 | 1,83 | 2,71 |

In questo caso, non essendo ancora stata raccolta la soia al momento dell'elaborazione, i risultati vengono riferiti all'ettaro; in questo modo non si riesce ad apprezzare l'effetto della cover crops sulle rese produttive, come per l'elaborazione della prova 1 del primo anno. A risultare generalmente più basso è l'impatto della tesi 2, quella principalmente lavorata in pre-semina, mentre la tesi 1, dove si impiega il glifosate, fa segnare i valori più alti per gli indicatori Abiotic depletion, Human Toxicity e Ozone layer depletion. Chiaramente, riferendosi all'ettaro, non si riesce a percepire il grado di efficienza degli input impiegati e la tesi 3 risulta spesso penalizzata per via delle lavorazioni inerenti la semina e la terminazione delle cover e la produzione della semente aggiuntiva, che ha comunque un suo impatto. Resta comunque interessante l'indicatore sulla tossicità verso l'uomo, dove la tesi 3 con le cover fa segnare un valore più basso della tesi 1 che impiega il glifosate.

Tab. 14 – Indicatori ambientali **Prova 1 – TESI 1 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|---|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0031 | 3,49E-05 | 0,000441 | 0,000375 | 0 | 0,002262 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10752,45 | 8414,843 | 362,7535 | 985,2705 | 0 | 989,5833 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 957,12 | 620,009 | 200,8857 | 57,01897 | 11,66 | 67,5482 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00031 | 9,42E-05 | 5,92E-06 | 8,76E-06 | 0 | 0,000197 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 233,13 | 36,595 | 32,50808 | 30,81249 | 0,0106 | 133,2073 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 172,74 | 11,71954 | 127,8823 | 11,4016 | 0 | 21,73645 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 163196,9 | 35932,91 | 34593,28 | 30761,35 | 0 | 61909,39 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,40 | 0,515114 | 21,41119 | 0,094404 | 0 | 0,37431 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,21 | 0,093404 | 0,071603 | 0,008195 | -0,00598 | 0,045621 |
| Acidification | kg SO2 eq | 5,96 | 4,345143 | 0,414275 | 0,194101 | 0,18024 | 0,828958 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,95 | 1,009558 | 0,596469 | 0,063643 | 0,09978 | 0,181494 |

Tab. 15 – Indicatori ambientali **Prova 1 – TESI 2 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0016 | 3,51E-05 | 0,000441 | 0,000375 | 0 | 0,000708 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10098,08 | 8440,342 | 362,7535 | 985,2705 | 0 | 309,7169 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 912,59 | 621,8878 | 200,8857 | 57,01897 | 11,66 | 21,14104 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00017 | 9,45E-05 | 5,92E-06 | 8,76E-06 | 0 | 6,17E-05 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 141,73 | 36,7059 | 32,50808 | 30,81249 | 0,0106 | 41,69085 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 157,84 | 11,75505 | 127,8823 | 11,4016 | 0 | 6,803011 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 120772,7 | 36041,8 | 34593,28 | 30761,35 | 0 | 19376,22 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,14 | 0,516674 | 21,41119 | 0,094404 | 0 | 0,11715 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,18 | 0,093687 | 0,071603 | 0,008195 | -0,00598 | 0,014278 |
| Acidification | kg SO2 eq | 5,41 | 4,35831 | 0,414275 | 0,194101 | 0,18024 | 0,259445 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,83 | 1,012617 | 0,596469 | 0,063643 | 0,09978 | 0,056803 |

Tab. 16 – Indicatori ambientali **Prova 1 – TESI 3 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|-----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0022 | 3,99E-05 | 0,001098 | 0,000375 | 0 | 0,000708 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 11903,89 | 9613,32 | 995,5852 | 985,2705 | 0 | 309,7169 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 1075,26 | 708,3133 | 277,1242 | 57,01897 | 11,66 | 21,14104 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00019 | 0,000108 | 1,38E-05 | 8,76E-06 | 0 | 6,17E-05 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 184,80 | 41,80702 | 70,47788 | 30,81249 | 0,0106 | 41,69085 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 175,49 | 13,38869 | 143,8943 | 11,4016 | 0 | 6,803011 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 192742,9 | 41050,63 | 101554,8 | 30761,35 | 0 | 19376,22 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,63 | 0,588478 | 21,83179 | 0,094404 | 0 | 0,11715 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,21 | 0,106707 | 0,083665 | 0,008195 | -0,00598 | 0,014278 |
| Acidification | kg SO2 eq | 6,46 | 4,963997 | 0,861219 | 0,194101 | 0,18024 | 0,259445 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 2,71 | 1,153344 | 1,333169 | 0,063643 | 0,09978 | 0,056803 |

Nella tabella 17, infine, vengono riportati i risultati delle 3 tesi per la Prova 2 del 2024, riferiti a 1 ettaro di soia (unità funzionale).

Nelle tabelle 18, 19 e 20 si riporta il dettaglio per categoria di impatto della Prova 2 (2024), rispettivamente per le tesi 1, 2 e 3, riferito ad 1 ettaro di soia.

Anche in questo caso valgono le stesse considerazioni già riportate per la prova 1.

Tab. 17 – Indicatori ambientali **Prova 2 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia

| Categoria d'impatto | Unità | Tesi 1 | Tesi 2 | Tesi 3 |
|----------------------------------|--------------|---------|---------|---------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0031 | 0,0016 | 0,0022 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10.752 | 10.098 | 11.958 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 957 | 913 | 1079 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00031 | 0,00017 | 0,00019 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 233,1 | 141,7 | 209,8 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 172,7 | 157,8 | 398,2 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 163.197 | 120.773 | 199.635 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,4 | 22,14 | 121,4 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,21 | 0,18 | 0,21 |
| Acidification | kg SO2 eq | 5,96 | 5,41 | 6,62 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,95 | 1,83 | 2,96 |

Tab. 18 – Indicatori ambientali **Prova 2 – TESI 1 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni colturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0031 | 3,49E-05 | 0,000441 | 0,000375 | 0 | 0,002262 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10752 | 8414,843 | 362,7535 | 985,2705 | 0 | 989,5833 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 957 | 620,009 | 200,8857 | 57,01897 | 11,66 | 67,5482 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00031 | 9,42E-05 | 5,92E-06 | 8,76E-06 | 0 | 0,000197 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 233,1 | 36,595 | 32,50808 | 30,81249 | 0,0106 | 133,2073 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 172,7 | 11,71954 | 127,8823 | 11,4016 | 0 | 21,73645 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 163197 | 35932,91 | 34593,28 | 30761,35 | 0 | 61909,39 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,4 | 0,515114 | 21,41119 | 0,094404 | 0 | 0,37431 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,21 | 0,093404 | 0,071603 | 0,008195 | -0,00598 | 0,045621 |
| Acidification | kg SO2 eq | 5,96 | 4,345143 | 0,414275 | 0,194101 | 0,18024 | 0,828958 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,95 | 1,009558 | 0,596469 | 0,063643 | 0,09978 | 0,181494 |

Tab. 19 – Indicatori ambientali **Prova 2 – TESI 2 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni culturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0016 | 3,51E-05 | 0,000441 | 0,000375 | 0 | 0,000708 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 10098 | 8440,342 | 362,7535 | 985,2705 | 0 | 309,7169 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 913 | 621,8878 | 200,8857 | 57,01897 | 11,66 | 21,14104 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00017 | 9,45E-05 | 5,92E-06 | 8,76E-06 | 0 | 6,17E-05 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 141,7 | 36,7059 | 32,50808 | 30,81249 | 0,0106 | 41,69085 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 157,8 | 11,75505 | 127,8823 | 11,4016 | 0 | 6,803011 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 120773 | 36041,8 | 34593,28 | 30761,35 | 0 | 19376,22 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 22,14 | 0,516674 | 21,41119 | 0,094404 | 0 | 0,11715 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,18 | 0,093687 | 0,071603 | 0,008195 | -0,00598 | 0,014278 |
| Acidification | kg SO2 eq | 5,41 | 4,35831 | 0,414275 | 0,194101 | 0,18024 | 0,259445 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 1,83 | 1,012617 | 0,596469 | 0,063643 | 0,09978 | 0,056803 |

Tab. 20 – Indicatori ambientali **Prova 2 – TESI 3 (2024)** riferiti ad 1 ettaro di soia.

| Categoria d'impatto | Unità | Totale | Operazioni culturali e irrigazione | Semente | Fertilizzanti | Emissioni da uso fertilizzanti | Diserbanti |
|----------------------------------|--------------|----------------|------------------------------------|----------|---------------|--------------------------------|------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 0,0022 | 3,99E-05 | 0,001069 | 0,000375 | 0 | 0,000708 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 11958 | 9613,32 | 1049,511 | 985,2705 | 0 | 309,7169 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 1079 | 708,3133 | 281,3614 | 57,01897 | 11,66 | 21,14104 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 0,00019 | 0,000108 | 1,23E-05 | 8,76E-06 | 0 | 6,17E-05 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 209,8 | 41,80702 | 95,49366 | 30,81249 | 0,0106 | 41,69085 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 398,2 | 13,38869 | 366,5673 | 11,4016 | 0 | 6,803011 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 199635 | 41050,63 | 108446,9 | 30761,35 | 0 | 19376,22 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 121,4 | 0,588478 | 120,5673 | 0,094404 | 0 | 0,11715 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,21 | 0,106707 | 0,084747 | 0,008195 | -0,00598 | 0,014278 |
| Acidification | kg SO2 eq | 6,62 | 4,963997 | 1,018669 | 0,194101 | 0,18024 | 0,259445 |
| Eutrophication | kg PO4--- eq | 2,96 | 1,153344 | 1,582317 | 0,063643 | 0,09978 | 0,056803 |

Considerazioni finali

I risultati degli indicatori ambientali delle prove 2022/23, riferiti al kg di soia, sono risultati particolarmente favorevoli all'impiego della cover crops rappresentata dal miscuglio favino-orzo-rafano, che ha consentito un incremento delle rese produttive del 30% rispetto alla T1 e del 10%

rispetto alla T2; questo nonostante i maggiori consumi di carburante per la gestione della cover e per la produzione della relativa semente. Per questi stessi motivi, se non si considera l'efficienza di impiego degli input, riferendosi all'unità di superficie (ettaro), come per le prove del secondo anno, risulta invece meno impattante, generalmente, la tesi 2, caratterizzata dalle lavorazioni per tenere "pulito" il terreno tra la raccolta del cereale autunno-vernino e la semina della coltura primaverile, in questo caso soia. Anche in questa seconda annata, comunque, si segnala che la tesi maggiormente impattante in termini di tossicità verso l'uomo è risultata la tesi 1 con l'impiego del glifosate.

B. Messa a punto di tecniche per la riduzione e ottimizzazione dell'impiego di erbicidi su colture estensive e orticole industriali

Obiettivo: valutare la sostenibilità ambientale di diverse tipologie di controllo meccanico della flora infestante su colture estensive e orticole da industria sia in pre-semina che in post-emergenza.

Frumento

Per il frumento si è considerata la coltivazione nei terreni argillosi della CAB Massari (Conselice – RA) dove si sono messi a confronto i percorsi colturali riassunti nella tabella 21.

L'uso degli erbicidi è soltanto ipotizzato, come nel caso del glifosate in pre-semina, qualora le lavorazioni del terreno non ne prevedano il rivoltamento (Tesi 3-PRE) e in alternativa al controllo meccanico di post-emergenza (strigliatore e rompicrosta).

Tab. 21 – I diversi percorsi colturali adottati sul frumento

| Tesi pre-semina | Tesi post-emergenza |
|--|---|
| T1-PRE: aratura profonda + coltivatore combinato (dissodatori + dischi) | T1-POST: erpice strigliatore |
| T2-PRE: sovesciatore (ecoaratro a 17-18 cm) + coltivatore combinato (dissodatori + dischi) | T2-POST: erpice rompicrosta |
| T3-PRE: <i>glifosate in pre-semina</i> + erpice rotante + coltivatore combinato | <i>T3-POST: erbicida post-emergenza</i> |

Nella tabella 22 vengono riportate le tempistiche di impiego delle macchine, i consumi stimati del trattore (di grossa potenza) e i consumi ipotizzati di erbicidi.

Tab. 22 – Le caratteristiche principali delle tecniche a confronto

| Tipo lavorazione | Tempistica (ore/ha) | Consumo carburante (kg/ha) |
|--------------------------------------|---------------------|----------------------------|
| Aratura profonda | 2 | 80 |
| Coltivatore pesante combinato | 1 | 40 |
| Sovesciatore (eco-aratro a 17-18 cm) | 1 | 40 |
| Erpice rotante | 0,8 | 24 |
| Erpice strigliatore | 0,17 | 3,4 |
| Erpice rompicrosta | 0,17 | 3,7 |

| |
|---------------------------------|
| Dosi erbicidi (valori stimati) |
| Glifosate in pre-semina: 6 L/ha |
| Erbicida post-emergenza: 1 L/ha |

RISULTATI

Nella tabella 23 vengono riportati gli indicatori per tutte e 9 le possibili combinazioni tra lavorazioni di pre-semina e di post-emergenza.

Tab. 23 – Indicatori ambientali per le varie combinazioni di lavorazioni pre-semina e post-emergenza riferiti a 1 ettaro di frumento.

| Categoria d'impatto | Unit à | T1PRE-T1POS T | T1PRE-T2POS T | T1PRE-T3POS T | T2PRE-T1POS T | T2PRE-T2POS T | T2PRE-T3POS T | T3PRE-T1POS T | T3PRE-T2POS T | T3PRE-T3POS T |
|----------------------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 2,61E-05 | 2,62E-05 | 3,71E-04 | 1,77E-05 | 1,77E-05 | 3,62E-04 | 1,14E-04 | 1,14E-04 | 4,58E-04 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 6.293 | 6.309 | 6.271 | 4.253 | 4.269 | 4.231 | 3.768 | 3.783 | 3.745 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 464 | 465 | 461 | 313 | 315 | 311 | 276 | 277 | 274 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 7,05E-05 | 7,06E-05 | 9,86E-05 | 4,76E-05 | 4,78E-05 | 7,58E-05 | 4,50E-05 | 4,51E-05 | 7,31E-05 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 27,4 | 27,4 | 47,0 | 18,50 | 18,56 | 38,08 | 26,10 | 26,16 | 45,7 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 8,76 | 8,79 | 11,84 | 5,92 | 5,95 | 9,00 | 15,47 | 15,49 | 18,54 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 26.873 | 26.939 | 35.585 | 18.162 | 18.228 | 26.874 | 42.664 | 42.729 | 51.376 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,39 | 0,39 | 0,43 | 0,26 | 0,26 | 0,31 | 0,38 | 0,38 | 0,43 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,070 | 0,070 | 0,075 | 0,047 | 0,047 | 0,052 | 0,049 | 0,049 | 0,054 |
| Acidification | kg SO2 eq | 3,25 | 3,26 | 3,29 | 2,20 | 2,20 | 2,23 | 1,87 | 1,87 | 1,90 |
| Eutrophication | kg PO4-- eq | 0,76 | 0,76 | 0,76 | 0,51 | 0,51 | 0,52 | 0,54 | 0,54 | 0,55 |

In termini di emissioni di GHG, il percorso meno impattante, come del resto ci si poteva aspettare, è quello che prevede le lavorazioni preparatorie del terreno più leggere (T3), con valori che si aggirano sui 274-277 kg CO₂eq/ha.

Per quanto riguarda i parametri relativi alla tossicità, si nota invece l'influenza degli apporti di erbicidi. Ad es., per la Human Toxicity, i valori più alti vengono fatti segnare dalle combinazioni che comprendono la T3POST, che prevede l'apporto di erbicidi in alternativa al controllo meccanico, ma anche i percorsi T1PRE e T3PRE, pur considerando la diversa intensità delle lavorazioni, si pongono sullo stesso ordine di grandezza, poiché la T3PRE prevede un apporto di glifosate in pre-semina.

Il parametro Abiotic depletion risente, generalmente, dell'intensità di impiego di agrofarmaci ed infatti il valore più alto è fatto segnare dalla combinazione T3PRE-T3POST, quella appunto dove si impiegano più erbicidi, sia in pre-semina che in post-emergenza.

Pomodoro da industria

Per il pomodoro da industria si considera la coltivazione nei terreni sciolti della Valle del Mezzano, dove si sono messi a confronto i percorsi colturali riassunti nella tabella 24.

L'uso degli erbicidi è soltanto ipotizzato, come nel caso T2-POST in abbinamento ad un unico passaggio di sarchiatura.

Tab. 24 – I diversi percorsi colturali adottati sul frumento

| Tesi pre-semina | Tesi post-emergenza |
|---|--|
| T1-PRE: aratura profonda + preparatore | T1-POST: diversi passaggi di sarchiatrice a guida ottica |
| T2-PRE: sovesciatore (ecoaratro a 17-18 cm) + preparatore | T2-POST: diserbo post-emergenza + 1 sarchiatura tradizionale |

Nella tabella 25 vengono riportate le tempistiche di impiego delle macchine, i consumi stimati dei trattori (di media e grossa potenza) e i consumi ipotizzati di erbicidi.

Tab. 25 – Le caratteristiche principali delle tecniche a confronto

| Tipo lavorazione | Tempistica (ore/ha) | Consumo carburante (kg/ha) |
|---|---------------------|----------------------------|
| Aratura profonda | 0,75 | 30 |
| Sovesciatore (ecoaratro a 17-18 cm) | 0,63 | 25 |
| Preparatore terreno | 0,5 | 10 |
| Sarchiatrice a guida ottica (n. 3 passaggi) | 0,33 | 19,8 |
| Sarchiatrice tradizionale (1 passaggio) | 0,67 | 13,4 |
| Dosi erbicidi | | |
| Erbicida post-emergenza: 2,5 L/ha | | |

RISULTATI

Nella tabella 26 vengono riportati gli indicatori per tutte e 4 le possibili combinazioni tra lavorazioni di pre-semina e di post-emergenza.

In merito all'emissione di gas climalteranti (GWP), come per il consumo di carburanti fossili, si evidenzia un valore più alto per la tesi T1PRE, che prevede l'aratura profonda. Interessante notare che i 6,4 kg di gasolio consumati in più per i 3 passaggi di sarchiatrice ottica (T1POST) vengono sostanzialmente compensati dall'impiego di 2,5 L/ha di erbicidi.

In termini di tossicità verso l'uomo e di ecotossicità, sono evidenti i valori più alti della T2POST, l'unica dove è previsto l'uso degli erbicidi.

Tab. 26 – Indicatori ambientali per le varie combinazioni di lavorazioni pre-semina e post-emergenza riferiti a 1 ettaro di pomodoro da industria.

| Categoria d'impatto | Unità | T1PRE-T1POST | T1PRE-T2POST | T2PRE-T1POST | T2PRE-T2POST |
|----------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Abiotic depletion | kg Sb eq | 1,27E-05 | 8,75E-04 | 1,16E-05 | 8,74E-04 |
| Abiotic depletion (fossil fuels) | MJ | 3.050 | 3.101 | 2.795 | 2.846 |
| Global warming (GWP100a) | kg CO2 eq | 225 | 226 | 206 | 208 |
| Ozone layer depletion (ODP) | kg CFC-11 eq | 3,41E-05 | 1,1E-04 | 3,13E-05 | 1,03E-04 |
| Human toxicity | kg 1,4-DB eq | 13,26 | 62,69 | 12,15 | 61,58 |
| Fresh water aquatic ecotox. | kg 1,4-DB eq | 4,25 | 12,09 | 3,89 | 11,73 |
| Marine aquatic ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 13.023 | 35.259 | 11.934 | 34.170 |
| Terrestrial ecotoxicity | kg 1,4-DB eq | 0,19 | 0,31 | 0,17 | 0,29 |
| Photochemical oxidation | kg C2H4 eq | 0,034 | 0,048 | 0,031 | 0,045 |
| Acidification | kg SO2 eq | 1,57 | 1,72 | 1,44 | 1,59 |
| Eutrophication | kg PO4 ⁻⁻⁻ eq | 0,37 | 0,40 | 0,34 | 0,37 |

CONCLUSIONI

Il parametro GWP, che esprime le emissioni di gas a effetto serra, è certamente molto legato all'intensità delle lavorazioni e quindi al consumo di carburanti, così come del resto l'indicatore Consumo di risorse abiotiche (combustibili fossili) e quello relativo all'acidificazione delle piogge; a tal proposito, si ricorda che la combustione di gasolio contribuisce all'acidificazione delle piogge principalmente a causa delle emissioni di ossidi di zolfo (SO₂) (il gasolio contiene quantità variabili di zolfo) e ossidi di azoto (NO_x).

L'impiego di erbicidi viene invece evidenziato bene dagli indicatori relativi alla tossicità verso l'uomo e alla ecotossicità, che risultano regolarmente più alti nei casi di apporto in campo, anche in modeste quantità.

Attività 2 – Valutazione della trasferibilità di tecniche di controllo delle infestanti dalle produzioni biologiche a quelle in produzione integrata

Sulla base dell'esperienza acquisita e delle sperimentazioni condotte nel corso del progetto, sono state redatte due schede semplificate con l'obiettivo di facilitare l'applicazione di tecniche alternative al diserbo chimico. Nello specifico, queste schede forniscono indicazioni pratiche sull'uso delle cover crops su colture estensive proteooleaginose e sull'impiego di mezzi meccanici su colture orticole industriali come il pomodoro in fase post-trapianto.

Scheda Tecnica 1

Gestione delle Infestanti con Cover Crops su suoli dedicati a colture Estensive oleoproteaginose

Il progetto **DUNE** (DiminUzioNe uso Erbicidi), finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020, ha come obiettivo principale la promozione di tecniche di gestione delle infestanti a basso impatto ambientale per le colture estensive oleoproteaginose e orticole.

Nel contesto di questo progetto, l'utilizzo delle **cover crops** si distingue come una soluzione innovativa e sostenibile per la gestione del suolo e delle infestanti nelle colture estensive oleoproteaginose. Le cover crops non solo migliorano la qualità del suolo, ma contribuiscono anche a un controllo più efficace delle infestanti rispetto alle tecniche convenzionali.

Questa scheda tecnica fornisce indicazioni pratiche e dettagliate su come implementare le cover crops, evidenziando le strategie per ottimizzare la salute del suolo e gestire le infestanti in modo ecologico ed efficiente.

Limitazioni delle tecniche convenzionali nella gestione delle malerbe

Negli ultimi anni, le tecniche convenzionali di gestione delle malerbe nelle colture estensive oleoproteaginose hanno mostrato crescenti limitazioni. L'evoluzione delle infestanti e l'impatto dei cambiamenti climatici hanno reso meno efficaci le strategie tradizionali, evidenziando la necessità di approcci alternativi. Di seguito sono elencate le principali criticità delle gestioni convenzionali che si basano sul diserbo chimico o sulle lavorazioni meccaniche.

Limitazioni del Diserbo Chimico:

- **Ridotta Efficacia del Glifosate:** Negli ultimi anni, il diserbo chimico tradizionale ha mostrato una ridotta efficacia verso alcune infestanti chiave: la carota selvatica e la visnaga, hanno sviluppato una minore sensibilità al glifosato, mentre altre, come il loietto, hanno sviluppato vere e proprie resistenze, particolarmente nelle aree del Centro Italia.
- **Restrizione Normative e Costi di applicazione:** Inverni sempre più miti, con poche gelate e temperature elevate già da febbraio, favoriscono lo sviluppo precoce delle infestanti autunno-invernali e anticipano l'emergenza di quelle di fine inverno. Per un controllo efficace delle

infestanti in questo scenario, sarebbero necessarie dosi elevate di glifosate, non ammesse dalle attuali (e future) restrizioni di legge. Di conseguenza, queste pratiche stanno diventando sempre meno sostenibili, sia dal punto di vista ambientale che economico, per mantenere standard di resa adeguati.

Limitazioni della gestione meccanica delle infestanti:

- La gestione meccanica delle infestanti richiede interventi ripetuti, anche quando combinata con l'uso di erbicidi, in quella che è considerata la gestione ottimale dei letti di semina. Per ottenere risultati efficaci, sono necessarie da 3 a 5 lavorazioni meccaniche, eseguite fino a 20-30 giorni prima della semina, seguite da un trattamento finale con glifosate immediatamente prima della semina. Questo approccio può risultare particolarmente impegnativo e difficile da implementare in caso di condizioni meteorologiche avverse prolungate. Inoltre, presenta rischi come il compattamento del suolo, la perdita di umidità e un aumento dei costi operativi rispetto all'uso esclusivo di diserbanti.

Benefici dell'utilizzo delle cover crops nella gestione delle malerbe

In risposta alle limitazioni delle tecniche convenzionali, che affrontano sfide operative, normative, ambientali ed economiche, le cover crops emergono come una soluzione efficace e promettente. Queste colture offrono vantaggi significativi, combinando una gestione efficiente delle infestanti con il miglioramento della qualità del suolo. Questi benefici includono:

- Miglioramento della Struttura del Suolo: Le cover crops aumentano la capacità di ritenzione idrica e migliorano la struttura del suolo, facilitando una migliore crescita delle colture principali.
- Protezione del Terreno dall'Erosione: Offrono una copertura continua che riduce la perdita di elementi fertilizzanti e previene l'inquinamento delle acque per lisciviazione.
- Aumento della Sostanza Organica: Contribuiscono a un maggiore contenuto di sostanza organica e carbonio sequestrato nel suolo, migliorando la fertilità e la salute del terreno.
- Mantenimento della Biodiversità: Favoriscono la conservazione della biodiversità dei macro e microrganismi del suolo, che sono benefici per il ciclo dei nutrienti. Questa diversità migliora la salute e la resistenza delle radici delle colture principali, contribuendo a una maggiore resilienza contro parassiti e patogeni.

VADEMECUM PRATICO DELLE OPERAZIONI PER LA CORRETTA GESTIONE DELLE COVER CROPS E DELLE COLTURE OLEOPROTEAGINOSE IN SUCCESSIONE

Questa tabella integra le operazioni pratiche necessarie per la gestione delle cover crops e di una coltura in successione (soia), evidenziando le descrizioni e le tempistiche associate a ciascuna fase.

| OPERAZIONE | DESCRIZIONE | TEMPISTICA |
|---|--|-------------------------------------|
| PREPARAZIONE DEL LETTO DI SEMINA | Effettuare una lavorazione superficiale del terreno per creare un letto di semina idoneo alla cover crop, evitando la formazione di zolle eccessive. | Pre-semina cover crop (fine estate) |
| SEMINA DELLA COVER CROP INVERNALE | Eseguire la semina entro il mese di settembre per garantire una buona copertura e massa vegetale. | Settembre |
| RULLATURA POST SEMINA | Se necessario, effettuare una rullatura leggera per favorire il contatto tra seme e terreno. | Subito dopo la semina |
| VALUTAZIONE DELLA TECNICA DI TERMINAZIONE | A fine inverno o inizio primavera, valutare la tecnica di terminazione più adatta tra trinciatura o discatura. La terminazione chimica va considerata solo in presenza di infestanti. | Fine inverno/inizio primavera |
| LAVORAZIONE SUPERFICIALE O SEMINA SU SODO DELLA COLTURA PRINCIPALE | Mescolare i residui della cover crop al terreno con una lavorazione superficiale o, se le condizioni lo permettono, procedere direttamente con la semina su sodo della coltura principale senza ulteriori lavorazioni. | Inizio primavera |
| VALUTAZIONE DELL'IRRIGAZIONE | In annate secche, valutare l'opportunità di un'irrigazione per facilitare l'emergenza delle cover crops. | Secondo necessità |
| MONITORAGGIO DELLE LIMACCE | Prestare attenzione alla presenza di limacce, che possono danneggiare le plantule durante la fase di emergenza. | Fase di emergenza |

Note pratiche da attenzionare nella gestione delle infestanti mediante cover crops

L'uso delle cover crops rappresenta una strategia efficace per il controllo delle infestanti e il miglioramento della qualità del suolo, ma è importante considerare alcune criticità associate a questa pratica da tenere in considerazione per un suo efficace utilizzo:

- **Umidità e Condizioni del Suolo:** In primavera, la presenza di una copertura vegetale può mantenere il terreno più umido e fresco. Le cover crops trattengono l'umidità, rallentando l'asciugatura del suolo e rendendo più difficili le operazioni di semina e preparazione del terreno. Questo può ritardare l'inizio della stagione vegetativa delle colture principali.
- **Gestione dell'Umidità del Suolo:** Se la terminazione delle cover crops viene ritardata, si può verificare una significativa perdita di umidità del suolo. Le piante di copertura, una volta mature, possono aumentare l'evapotraspirazione, riducendo la disponibilità di acqua per le

colture successive. Questo è particolarmente problematico in ambienti soggetti a siccità, dove una riduzione dell'umidità del suolo può influire negativamente sulle prestazioni delle colture principali.

- **Tempistica per la gestione delle Cover Crops:** Per la trinciatura delle cover è importante la tempistica in base alla loro fase fenologica. Quando le cover crops raggiungono una massa vegetale considerevole, la loro gestione diventa complessa. Le operazioni di trinciatura o allettamento possono infatti essere difficoltose e/o richiedere più tempo, causando ritardi nella preparazione del letto di semina per le colture principali. Questa operazione potrebbe essere complicata laddove ci si avvale di contoterzisti o le condizioni metereologiche non permettessero l'ingresso in campo nei tempi adeguati.

Per affrontare efficacemente queste criticità, è essenziale pianificare attentamente la gestione delle cover crops, programmando e monitorando le operazioni in modo continuo:

- **Pianificazione Oculata:** Stabilire un piano dettagliato per le operazioni legate alle cover crops, inclusa la semina, la terminazione e la gestione dei residui. Questo piano dovrebbe considerare le condizioni climatiche e le caratteristiche specifiche del suolo.
- **Monitoraggio Continuo:** Effettuare ispezioni regolari per valutare la crescita delle cover crops e il loro impatto sul suolo e sulle colture successive. Monitorare attentamente l'umidità del suolo e le condizioni meteorologiche per effettuare aggiustamenti tempestivi alle pratiche di gestione.
- **Gestione Tempestiva:** Programmare le operazioni di terminazione e preparazione del letto di semina in modo da ridurre al minimo i ritardi e le complicazioni, utilizzando tecniche e attrezzature adeguate alla gestione efficace della massa vegetale delle cover crops.

Scheda Tecnica 2

Indicazioni operative su come eseguire il diserbo meccanico nel pomodoro da industria (Fase Post-Trapianto)

Il progetto **DUNE** (DiminUzioNe uso Erbicidi), finanziato dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Programma di Sviluppo Rurale 2014-2020, ha come obiettivo principale la promozione di tecniche di gestione delle infestanti a basso impatto ambientale per le colture estensive oleoproteaginose e orticole. In particolare, il diserbo meccanico del pomodoro da industria è stato identificato come una pratica efficace per il contenimento delle infestanti alternativo al diserbo chimico garantendo una produzione agricola sostenibile.

Grazie ai dati raccolti attraverso il progetto, è stato possibile valutare e ottimizzare le tecniche di diserbo meccanico nella fase post-trapianto del pomodoro. Questa scheda tecnica fornisce indicazioni dettagliate basate sui risultati ottenuti, offrendo raccomandazioni operative per implementare efficacemente il diserbo meccanico e migliorare la gestione delle infestanti nelle coltivazioni di pomodoro da industria.

Descrizione dell'Impianto Tipo per il Pomodoro da Industria

- **Configurazione Standard:** Fila binata con piante trapiantate.
- **Distanza tra le file di una bina:** 50-55 cm.
- **Distanza tra le bine:** 150-160 cm (105-110 cm tra le file interne di bine adiacenti).
- **Distanza tra le piante lungo la fila:** 30-40 cm.

Aree Operative Principali del diserbo meccanico

1. **Interfila tra le due file di una bina:**
 - Spazio di 50-55 cm, richiede lavorazioni precise per non danneggiare le piante.
2. **Interfila tra le bine:**
 - Spazio di 105-110 cm tra le file interne delle bine adiacenti, consente una maggiore libertà di movimento per le attrezzature.
3. **Spazio Intrafila tra le piante:**
 - Distanza di 30-40 cm lungo la fila, area più delicata poiché vicina alle singole piante.

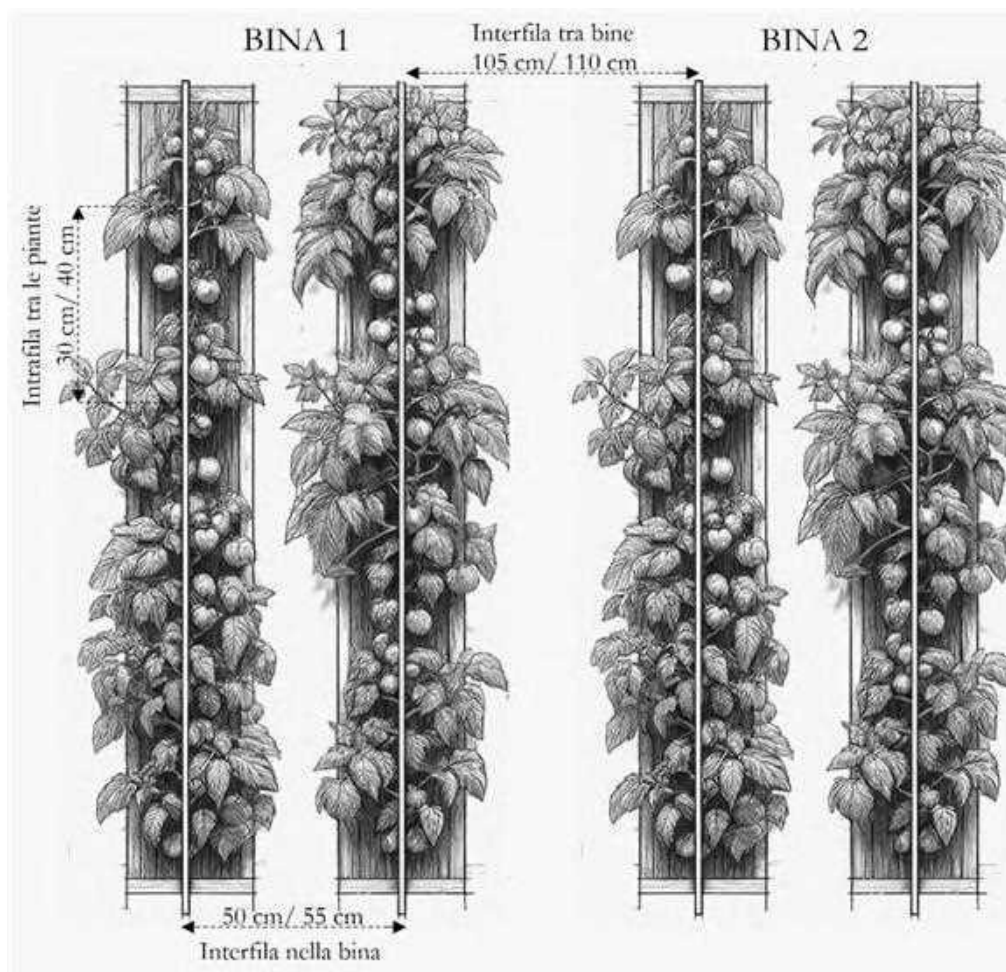


Figura 1 impianto tipo per pomodoro da industria e principali aree operative del diserbo meccanico post-trapianto

Strumenti e tecnologie da utilizzare

Per la lavorazione Interfilare:

- La lavorazione meccanica degli spazi interfilari viene tradizionalmente effettuata con frese rotative azionate dalla presa di forza o con sarchiatrici. Tuttavia, per evitare danneggiamenti alle piante, si mantiene una distanza di "sicurezza" dalla fila, generalmente di 10-15 cm.
- Le moderne attrezzature puntano a ridurre questa distanza per consentire una lavorazione più ravvicinata alla fila, includendo anche elementi meccanici per lavorare nello spazio intrafilare.
- Le macchine più avanzate, per garantire una potenzialità operativa efficiente, hanno una larghezza di lavoro che copre 3 bine e possono avanzare a velocità di 5-7 km/h.

Tipologie di elementi sarchianti negli spazi interfilari:

- Gli strumenti comunemente utilizzati includono lame, ancore, zappette a piede d'anatra o ultrapiatte.

- In presenza di piante molto piccole, si ricorre frequentemente a elementi di protezione lungo la fila per evitare danni accidentali.

Per la lavorazione Intrafilare:

- La lavorazione intrafilare viene effettuata a cavallo di ogni fila, con gli elementi sarchianti che lavorano leggermente inclinati per esercitare una pressione moderata sul terreno, smuovendolo delicatamente.
- Gli elementi con dita in gomma possono lavorare molto vicini alle piante senza danneggiarle, mentre gli elementi in metallo, più aggressivi, richiedono un distanziamento maggiore per evitare effetti indesiderati.

Tipologie di elementi sarchianti negli spazi interfilari:

- Tra gli strumenti più utilizzati vi sono sarchiatrici rotanti ("finger weeders") in gomma ed elementi stellari in metallo, che vengono scelti in base alla delicatezza necessaria e alla vicinanza delle piante.

CONDIZIONI E STRATEGIE OPERATIVE

Requisiti Preliminari:

- Il numero di file della trapiantatrice deve essere uguale o multiplo rispetto a quello della sarchiatrice, e la distanza interfilare deve essere la stessa.
- Per garantire il successo nella fase di sarchiatura, è fondamentale che il trapianto sia effettuato con una corretta equidistanza.
- È necessario utilizzare sistemi di guida della sarchiatrice capaci di mantenere gli elementi sarchianti correttamente allineati sulle file. Questi sistemi possono includere ruote di guida, sterzo servoassistito o visori ottici. Tra queste opzioni, la traslazione automatica tramite visori ottici è attualmente la più diffusa.
- È essenziale regolare correttamente la sarchiatrice in termini di accoppiamento alla trattrice, livellamento, profondità di lavoro e regolazione degli elementi sarchianti.

Condizioni del Terreno:

- Come per ogni macchina per la lavorazione del terreno, anche le sarchiatrici richiedono un terreno asciutto che possa scorrere facilmente tra gli elementi sarchianti. I terreni sciolti sono più facili da lavorare, mentre in terreni più tenaci è importante operare superficialmente per evitare di riportare in superficie zolle bagnate.

Tempistiche e Controllo delle Infestanti:

- È cruciale agire contro le infestanti nei primi stadi di sviluppo, idealmente poco dopo che le piante hanno superato il periodo di adattamento al trapianto, ossia dopo circa 7-10 giorni.
- Se il trapianto è stato eseguito su terreni puliti, è improbabile che si sviluppino quantità di infestanti annuali significative poco dopo il trapianto.

ESEMPI A CONFRONTO DI SARCHIATORI SUL POMODORO DA INDUSTRIA

Nel contesto della sarchiatura del pomodoro da industria, le tecnologie e le macchine in uso hanno subito notevoli evoluzioni. Questo confronto analizza tre macchine testate in un impianto con specifiche caratteristiche di sesto e distanza tra le piante. Di seguito sono valutate le prestazioni di ciascun sarchiatore, mettendo in luce le innovazioni tecnologiche e le diverse soluzioni tecniche che possono ottimizzare la lavorazione del terreno.

Caratteristiche Impianto:

- Varietà: H1766
- Sesto d'Impianto: 105 – 55 cm (160 cm da centro bina a centro bina)
- Distanza tra le Piante: 30-40 cm

Scheda tecnica macchine Testate:

| MACCHINA | COMPOSIZIONE | GUIDA | VELOCITÀ DI LAVORO | LARGHEZZA DI LAVORO | ELEMENTI |
|--|--|-----------------------------|--------------------|---------------------|--|
| BIO SARCHIO CAVALLERETTI A TRE BINE | Elementi con lame e rotori in metallo per la rottura della crosta | Telecamera per guida ottica | 6-7 km/h | 3 bine (4.5 m) | Zappette interfilari + rotori meccanici in prossimità della fila |
| SARCHIATORE GARFORD A TRE BINE | Due telecamere ottiche e sette elementi sarchianti | Telecamere ottiche | 6-7 km/h | 3 bine (4.5 m) | Zappette interfilari + stelle in gomma (finger weeds) |
| PROTOTIPO CAVALLERETTI A UNA BINA | Innovativo sistema con lame in metallo per lavorare tra le piante sulla fila | Sensori ottici | 2-2,5 km/h | 1 bina (1.5 m) | Elementi sarchianti mobili comandati da sensori ottici |

Considerazioni nate dalla comparazione delle differenti macchine:

Le differenze tra le macchine testate evidenziano i progressi tecnologici e le diverse soluzioni tecniche disponibili per ottimizzare la sarchiatura del pomodoro da industria. Ogni macchina presenta punti di forza e limitazioni che influenzano la loro efficacia:

- **Bio Sarchio Cavalleretti a tre bine:** Utilizza rotori in metallo posizionati nella parte posteriore, dopo le lame, per lavorare il terreno tra le file. Questi rotori, essendo in metallo, sono molto aggressivi e devono quindi essere regolati per rimanere a lato delle file per evitare danni alle piante. La loro progettazione consente di rompere efficacemente la crosta del terreno grazie al loro movimento contrapposto. Tuttavia, in presenza di crosta spessa, possono generare un

effetto rincalzante, creando un cordone di terreno lungo la fila che potrebbe complicare le operazioni di raccolta. La macchina ha una buona velocità di lavoro, compresa tra 6 e 7 km/h, che consente di eseguire le operazioni in modo tempestivo.

- **Sarchiatore Garford a tre bine:** Si distingue per la sua eccellente adattabilità, grazie agli elementi in gomma e alla guida ottica precisa fornita da due telecamere. Nella parte posteriore, è equipaggiato con dischi sarchianti rotativi in gomma, disposti in modo sfalsato, che permettono di lavorare all'interno della fila con una sovrapposizione efficace del lavoro. Le dita in gomma, sebbene meno perforanti a causa della loro elasticità, sono particolarmente abili nell'esplorare e smuovere tutto il terreno senza danneggiare le piante. Questo design consente una lavorazione precisa e adattabile alle condizioni del terreno e alla crescita delle piante. È fondamentale mantenere la banda di terreno lungo la fila non interessata dalle lame il più stretta possibile per garantire che l'elemento in gomma possa lavorare efficacemente. La macchina ha una buona velocità di lavoro, compresa tra 6 e 7 km/h.
- **Prototipo Cavalleretti a una bina:** Offre alta precisione nella lavorazione intrafilare grazie ai sensori ottici e alle lame in metallo. Questa configurazione consente una lavorazione accurata tra le piante, risultando particolarmente efficace nell'eliminazione delle infestanti. Tuttavia, la velocità di avanzamento relativamente bassa (2-2,5 km/h) può rappresentare un limite significativo, soprattutto in condizioni climatiche avverse. In tali circostanze, la tempestività dell'intervento è cruciale per garantire una copertura adeguata del lavoro, e la ridotta velocità può compromettere l'efficacia complessiva nel tempo utile disponibile.

2.2 Personale

| Unità aziendale responsabile | Azione | Nome e cognome | Mansione e qualifica | Attività svolta | Costo orario | Ore | Costo |
|------------------------------|--------|----------------|----------------------|-----------------------|--------------|-----|-------------|
| CAPA COLOGNA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 27,00 € | 628 | 16.956,00 € |
| CAPA COLOGNA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 43,00 € | 294 | 12.642,00 € |
| ASTRA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 27,00 € | 190 | 5.130,00 € |
| ASTRA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 27,00 € | 306 | 8.262,00 € |
| ASTRA | 3 | | OTD | Prove sperimentali | 19,50 € | 266 | 5.187,00 € |
| ASTRA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 27,00 € | 223 | 6.021,00 € |
| CONS.AGRARIO RAVENNA | 3 | | Tecnico | Referente scientifico | 43,00 € | 622 | 26.746,00 € |
| CONS.AGRARIO RAVENNA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 27,00 € | 290 | 7.830,00 € |
| CONS.AGRARIO RAVENNA | 3 | | Tecnico | Prove sperimentali | 27,00 € | 290 | 7.830,00 € |

| | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|--|-------------------|-------------------------------------|---------|---------------|---------------------|
| Società agricola fattoria dell'Agape | 3 | | | Collaborazione a Prove sperimentali | 19,50 € | 370 | 7.215,00 € |
| RI.NOVA | 3 | | Impiegato tecnico | Attività sperimentale | 27,00 € | 49,5 | 1.336,50 € |
| RI.NOVA | 3 | | Impiegato tecnico | Attività sperimentale | 43,00 € | 467 | 20.081,00 € |
| RI.NOVA | 3 | | Impiegato tecnico | Attività sperimentale | 27,00 € | 26 | 702,00 € |
| | | | | | | TOTALE | 125.938,50 € |

Consulenze –CONS.AGRARIO RAVENNA, RI.NOVA

| Ragione sociale della società di consulenza | Importo contratto | Attività realizzate / ruolo nel progetto | Costo |
|--|-------------------|--|-------------|
| Cooperativa Agricola Braccianti Massari Società Cooperativa (CONS.AGRARIO RAVENNA) | 6.620,00 € | Lavorazioni differenziate nella preparazione dei letti di semina; diverse tipologie di macchine per il controllo infestanti nelle colture estensive e/o orticole industriali a semina autunnale e primaverile | 6.620,00 € |
| PROPAR Società Cooperativa Agricola (CONS.AGRARIO RAVENNA) | 25.000,00 € | Realizzazione di 2 campi su cui testare diverse tipologie di preparazione del terreno; realizzazione di 2 campi su cui confrontare diverse tipologie di attrezzature per il controllo meccanico delle infestanti in post emergenza | 25.000,00 € |
| (RI.NOVA) | 9.666,00 € | Realizzazione Valutazione della sostenibilità ambientale delle pratiche innovative di controllo delle infestanti: validazione dati inventario; elaborazioni LCA per individuazione indicatori di sostenibilità ambientale; interpretazione risultati e relazione | 9.666,00 € |

AZIONE 4 – DIVULGAZIONE

L'azione di diffusione dell'innovazione alle imprese agricole e ai diversi stakeholders è iniziata fin dai primi mesi di attivazione del progetto per condividere sin da subito i primi risultati e gli approcci innovativi verificati con il progetto.

Le diverse azioni divulgative organizzate sono state indirizzate per contribuire a rendere concreto il collegamento funzionale *multiactor* tra innovazione, trasferimento e applicazione, che rappresenta un obiettivo intrinseco del PSR e della Misura 16.1.

La fase di divulgazione ha pertanto perseguito l'obiettivo di diffondere le informazioni-innovazioni valutate nel corso del piano, non solo ai membri del GO ma ad una più ampia gamma di *stakeholders* del settore agricolo. RINOVA ha messo a disposizione del GO un indirizzario che conta oltre migliaia di utenti, una mailing list di oltre 1000 indirizzi, un portale che conta circa 10.000 visitatori all'anno, oltre a considerare che già la sua base sociale contribuisce nel suo complesso a produrre circa il 60% della PLV vegetale.

Come preventivato nel Piano, il Piano di Comunicazione è stato sviluppato dall'intenso operato del personale di RINOVA, al fine di sviluppare una "Comunicazione sostenibile", ossia organizzare iniziative utili a mostrare i risultati raggiunti dalle attività del progetto e sistemi di divulgazione logisticamente tali da limitare quanto più possibile gli spostamenti degli utenti fra cui anche incontri online, pur garantendo una visibilità massima delle innovazioni che meritavano evidenza sin dalle prime fasi di sviluppo del Piano.

Parte delle iniziative sono state realizzate presso le sedi delle Strutture socie di RINOVA e/o partecipanti al GO, in modo da garantire una diffusione capillare su tutto il territorio regionale, anche replicando gli stessi argomenti o selezionandoli in funzione della vocazionalità del territorio, con l'obiettivo appunto di portare le competenze ed i risultati dell'innovazione, il più possibile vicino agli utilizzatori finali ossia le imprese agricole.

In accordo con i partner del GO, il personale di RINOVA ha quindi organizzato e gestito diverse iniziative e azioni di diffusione che sono descritte in Tabella 1.

In totale dal 2 gennaio 2023 al 5 agosto 2024 sono state realizzate:

- **6 visite guidate in campo,**
- **2 incontri tecnici,**
- **1 articoli tecnici su riviste di settore *oltre la data di scadenza del progetto,***
- **1 campus clouds,**
- **1 video,**
- **1 podcast,**
- **1 pagina web**

Complessivamente le iniziative svolte hanno visto la partecipazione di oltre 247 stakeholders

Tabella 1 Descrizione delle diverse iniziative di divulgazione svolta e dei partecipanti di ciascuna

| DATA | TITOLO / NOTE | LUOGO / RIVISTA | PRESENZE / PAGINE | LINK |
|-----------------------|---|-----------------|-------------------|---|
| VISITE GUIDATE | | | | |
| 23/03/2023 | Controllo infestanti con sistemi a ridotto impiego di erbicidi su frumento e mais | Conselice (RA) | 20 | https://rinova.eu/media/cqkgsdgb/dune-visita-15032024fe.pdf |

| | | | | |
|-------------------------|---|----------------------------|----|---|
| 31/05/2023 | Gestione Cover Crop in presemina soia con agricoltura conservativa" | Roncodigà (FE) | 15 | https://rinova.eu/media/0l4f3bvs/dune-visita-31_5_23.pdf |
| 22/06/2023 | Controllo meccanico delle infestanti su pomodoro da industria: confronto fra sistema con mezzi meccanici e macchine a guida ottica | Filo di Argenta (RA) | 16 | https://rinova.eu/media/mr1luwx5/dune-visita-22_6_23.pdf |
| 13/03/2024 | Prova Cover Crops. Confronto di diverse specie di piante | Migliarino (FE) | 36 | https://rinova.eu/media/txunovnj/dune-visita-13032024fe.pdf |
| 15/03/2024 | Macchine a confronto per il diserbo meccanico del grano in fase di levata | Argenta (FE) | 9 | https://rinova.eu/media/cqkgsdgb/dune-visita-15032024fe.pdf |
| 06/06/2024 | Visita guidata e gruppo di lavoro. Macchine sarchiatrici a confronto per il diserbo meccanico post emergenza su pomodoro. Progetto DUNE | Argenta (FE) | 21 | https://rinova.eu/media/ahghyh01/dune-visita-060624fe.pdf |
| INCONTRI TECNICI | | | | |
| 08/05/2024 | L'uso di cover crop per la gestione delle erbe infestanti. Primi risultati del progetto dune | Macfrut 2024 - Rimini (RN) | 22 | https://rinova.eu/media/2kznk3jy/dune-incontro-080524rn.pdf |
| 03/07/2024 | L'uso di cover crop per la gestione delle erbe infestanti. Primi risultati del progetto dune | Faenza (RA) | 28 | https://rinova.eu/media/ukspk0r5/dune-incontro-030724ra.pdf |
| CAMPUS CLOUD | | | | |
| 16/02/2024 | Presentazione risultati dei | online | 45 | email |

| | | | | |
|--------------------------------------|---|--|--|---|
| | Progetti DUNE e SI.ORTO e Avversità Colture Estensive | | | |
| AUDIOVISIVI | | | | |
| | DUNE - Ridurre l'impiego di erbicidi su orticole industriali ed estensive | youtube Ri.nova | | https://youtu.be/F68m9zG-PDU |
| PUBBLICAZIONI | | | | |
| Consegnato a fine Luglio 2024 | Le cover crop come alternativa all'uso degli erbicidi sulle colture estensive oleoproteaginose | Terra e Vita | | In stampa |
| PODCAST | | | | |
| 13/11/2023 | DUNE: Controllo delle infestanti con sistemi a ridotto impiego di erbicidi su colture orticole industriali ed estensive | Spreaker e altre piattaforme per podcast | | https://www.spreaker.com/user/17366983/06-agricast-progetto-dune |
| PAGINA WEB | | | | |
| | DUNE - Ridurre l'impiego di erbicidi su orticole industriali ed estensive | Portale Ri.nova | | https://rinova.eu/it/progetti/dune-ridurre-limpiego-di-erbicidi-su-orticole-industriali-ed-estensive/ |

Tutta la documentazione relativa alle locandine di visite di camp, incontri tecnici e campus cloud organizzati da RINNOVA e diffuse, ed i relativi fogli firma registrati in occasione delle diverse iniziative riportate in tabella, così come copia degli articoli prodotti, sono disponibili presso RINNOVA.

Come indicato in Tabella 1, RINNOVA ha organizzato, coinvolgendo sin dalla fase organizzativa i referenti tecnici del Servizio Fitosanitario regionale ed i Partner del presente GO, 1 Campus Cloud, che ha rappresentato un momenti di confronto fra tutti i partner del GO con diversi tecnici afferenti alle diverse imprese della base sociale di RINNOVA, specificatamente invitati allo scopo, e ad esperti tecnici del mondo accademico, oltre a referenti del Servizio Fitosanitario regionale della Regione Emilia Romagna, permettendo un confronto diretto sui risultati, anche parziali, raggiunti nel piano. Questo strumento, molto apprezzato dall'utenza e dal GO, oltre a permettere il trasferimento dei risultati anche in corso d'opera (ossia con risultati parziali), ha consentito un *feed back* molto efficace per discutere fra interlocutori appropriati e provenienti anche da un'utenza allargata rispetto a quella del GO, di temi e innovazioni anche in corso di validazione, permettendo di cogliere

anche suggerimenti utili allo sviluppo degli steps successivi del piano stesso. Inoltre, i risultati presentati e le discussioni e analisi sviluppate durante i Campus Cloud si ritiene possano essere utili anche per la messa a punto di strategie di approccio regionale per l'aggiornamento dei Disciplinari di Produzione Integrata e di ausilio nel sistema di assistenza tecnica per la produzione integrata e biologica nella regione Emilia Romagna.

Gran parte delle iniziative svolte hanno rappresentato anche momenti di discussione e confronto sul tema oggetto dell'evento, permettendo così un utile scambio di esperienze e risposte a vantaggio di tutti i partecipanti e del GO stesso.

Inoltre, RINOVA ha messo a disposizione del GO il proprio Portale Internet, affinché le attività ed i risultati conseguiti nel presente Piano siano facilmente identificabili e fruibili dall'utenza. In particolare, all'interno del portale RINOVA è stata creata una pagina dedicata al Piano, organizzata per poter fungere da mini-sito del progetto ed ottimizzata in logica SEO, multilingua ed adattabile alle visualizzazioni da mobile, composta da una testata e da un dettaglio dove sono stati caricati tutti i dati essenziali del progetto (responsabili, partners, entità del finanziamento) e gli aggiornamenti relativi alle attività condotte. Riporta inoltre contenuti incorporati (video e gallerie immagini), nonché blog per notizie ed eventi collegati al progetto, sinergicamente connessi e ricercabili dalla homepage del portale RINOVA. Attraverso un contatto continuo con il Responsabile di Progetto, un referente RINOVA ha proceduto all'aggiornamento della pagina con notizie, informazioni e materiale divulgativo ottenuti durante lo sviluppo del Piano.

Questo lavoro ha permesso, unitamente alla pubblicazione dei risultati, la consultazione dell'elenco dei GOI e progetti coordinati da RINOVA all'interno di una sezione specificamente disegnata ad ospitare e classificare i contenuti ed i risultati di progetti regionali, nazionali ed europei; ogni progetto è infatti classificato e filtrabile per le colture sulle quali è stata applicata la sperimentazione, per tipologia di finanziamento e per macroargomento, riprendendo i tag indicati per il network PEI-AGRI. Questo strumento comunicativo e divulgativo permette anche di poter visionare collegamenti e sinergie che il presente piano può avere anche con altri progetti e/o iniziative.

Il personale di RINOVA si è fatto inoltre carico di predisporre in lingua italiana e inglese, le modulistiche richieste per la presentazione del Piano al fine del collegamento alla Rete PEI-Agri.

Nel seguente allegato sono elencati programmi, fogli firma (o lista partecipanti per quanto svolto online) delle iniziative di divulgazione svolte, gli articoli e stampa del sito RINOVA oltre che la schermata del video realizzato:

ALLEGATO-1_DUNE_Divulgazione.pdf

2.2 Personale

| Unità aziendale responsabile | Azione | Nome e cognome | Mansione/qualifica | Attività svolta nell'azione | Costo orario | Ore | Costo |
|------------------------------|--------|----------------|--------------------------|-----------------------------|--------------|------|-------------------|
| RI.NOVA | 4 | | Impiegato tecnico | Supporto divulgazione | 43,00 € | 16 | 688,00 € |
| RI.NOVA | 4 | | Impiegato tecnico | Divulgazione | 27,00 € | 20 | 540,00 € |
| RI.NOVA | 4 | | Impiegato tecnico | Divulgazione | 27,00 € | 136 | 3.672,00 € |
| RI.NOVA | 4 | | Impiegato amministrativo | Divulgazione | 27,00 € | 66,5 | 1.795,50 € |
| RI.NOVA | 4 | | Impiegato tecnico | Supporto divulgazione | 43,00 € | 28 | 1.204,00 € |
| RI.NOVA | 4 | | Impiegato tecnico | Divulgazione | 43,00 € | 31 | 1.333,00 € |
| TOTALE | | | | | | | 9.232,50 € |

Consulenze – Società RINOVA

| Ragione sociale della società di consulenza | Importo contratto | Attività realizzate / ruolo nel progetto | Costo |
|---|-------------------|--|-----------------|
| KAIROSTUDIO SRL | 950,00 € | Realizzazione video | 950,00 € |
| TOTALE | | | 950,00 € |

AZIONE 5 – FORMAZIONE

L'attività di formazione, è stata realizzata in un'unica edizione:

EDIZIONE N.1 “Tecniche innovative e sostenibili per la gestione delle infestanti delle principali colture orticole da industria ed estensive dell’areale emiliano-romagnolo.”

Domanda di proposta n. 5692062

Domanda di Avvio Formazione GOI n. 5697379

Domanda di rendiconto formazione GOI n. 5715163

Domanda di saldo n. 5814499

Periodo di Svolgimento: dal 21/11/2023 al 11/01/2024

Durata: 29 ore

Nell’ambito del corso sono state realizzate le 29 ore di formazione previste in fase di proposta progettuale approvata dalla Regione Emilia Romagna.

Si sono iscritti 17 partecipanti di cui 15 hanno concluso il percorso formativo superando la percentuale minima di presenza. Inoltre tutti e 15 hanno raggiunto gli obiettivi formativi previsti oggettivamente dimostrabili attraverso i risultati ottenuti nella verifica finale di apprendimento.

“Tecniche incremento sostanza organica nei suoli e gestione delle concimazioni e rotazioni colturali per la prevenzione dell’inquinamento da nitrati di origine agricola e controllo erbe infestanti.” – Domanda di Sostegno n. 5697379

Periodo di Svolgimento

- n. 5692062 edizione 1 dal 21/11/2023 - al 11/01/2024 partecipanti 17 di cui 15 hanno concluso il percorso formativo

Spesa: 10.770,60 €

Importo contributo richiesto: 10.770,60 €

Contributo Unitario: 718,04 €

Costo Pro Capite: 718,04 €

In allegato alla presente relazione è presente il frontespizio del materiale didattico impiegato e distribuito ai partecipanti nei corsi di formazione (**Allegato-2_Estratto-Materiale-didattico-Corso_formazione_DUNE.pdf**).

| | |
|-----------------------------|--------------------|
| Rendiconto corso n. 5715163 | 10.770,60 € |
| TOTALE | 10.770,60 € |

3. Criticità incontrate durante la realizzazione dell'attività

| | |
|---|---|
| Criticità tecnico- scientifiche | Tutte le attività previste sono state completate benchè siano state incontrate alcune criticità conseguenti gli eventi calamitosi occorsi nel 2023. In particolare, le attività svolte nel 2023 presso l'azienda CAB Massari di Conselice (sottoazione 3.2) sono state in parte compromesse dall'alluvione di Maggio dello stesso anno ed è stato necessario replicarle nell'annata successive. Grazie alla proroga di 90 giorni concessa con determina regionale n. 1502 del 29/01/2024 è stato possibile sfruttare la primavera e l'inizio dell'estate 2024, periodi cruciali per completare tutte le prove sperimentali di cui si è avvantaggiata anche l'attività prevista nella sotto-azione 3.1. Utili e condivisi tutti gli interessanti risultati ottenuti che hanno consentito un impatto positivo non solo verso i partecipanti al GO, ma anche per l'intero territorio regionale grazie anche alle attività di divulgazione svolte. |
| Criticità gestionali (ad es. difficoltà con i fornitori, nel reperimento delle risorse umane, ecc.) | Non si rilevano criticità nella gestione del piano. |
| Criticità finanziarie | Non si rilevano criticità finanziarie |

4. Altre informazioni

È stata richiesta una proroga di 90 giorni per la scadenza del progetto, posticipando la chiusura al 5 agosto 2024. L'estensione è stata necessaria per completare le prove sperimentali della sotto-azione 3.1, sul ruolo delle cover crops nel contenimento delle infestanti su colture estensive primaverili-estive, e per replicare l'indagine della sotto-azione 3.2, compromessa dall'alluvione di maggio 2023 in zona Conselice. La proroga, approvata dalla Regione Emilia-Romagna con determina n. 1502 del 29 gennaio 2024, ha garantito il tempo necessario per sviluppare e concludere queste attività in modo adeguato.

5. Considerazioni finali

Non si rileva nessun suggerimento particolare.

6 RELAZIONE TECNICA

- Nella **sotto-azione 3.1**, è stata valutata l'efficacia di diverse tipologie di cover crops seminate in autunno per il controllo delle infestanti nelle colture primaverili, confrontandole con tecniche convenzionali di gestione delle malerbe. Queste tecniche includevano l'uso di glifosate combinato con una lavorazione meccanica minima del terreno, oppure la sola lavorazione meccanica senza prodotti chimici. Sono state condotte due prove, entrambe ripetute in due località differenti, nell'Imolese e nel Ferrarese, utilizzando due tipologie specifiche di cover crops in ciascuna:
 - Prova 1: Utilizzo di un mix di cover crops autunnali, trinciate e sotterrate come sovescio prima della semina primaverile.
 - Prova 2: Impiego di un cereale autunno-vernino, allettato in primavera per permettere la semina diretta della coltura successiva.

Nelle prove effettuate nell'Imolese le cover crops si sono dimostrate inefficaci nel controllo delle infestanti, in particolare a causa di eventi meteorologici avversi ed a ritardi nella preparazione del letto di semina. L'eccessivo ritardo nella terminazione delle colture di copertura ha portato alla formazione di plantule infestanti e alla compromissione del letto di semina, con conseguenti effetti negativi sulla resa della coltura principale. Inoltre, l'uso di contoterzisti ha ulteriormente limitato la possibilità di interventi tempestivi, aggravando i problemi con le infestanti e la preparazione del terreno.

Nelle prove effettuate nel Ferrarese, al contrario, le cover crops si sono dimostrate efficaci. Su terreni irrigati e gestiti con tecniche di agricoltura conservativa, si è ottenuto un buon controllo delle infestanti e una corretta preparazione del letto di semina, senza compromettere la resa della coltura principale. Grazie a una gestione tempestiva e a un attento monitoraggio, l'azienda ha potuto coordinare meglio gli interventi, dimostrando come una gestione adeguata delle cover crops possa essere efficace per il controllo delle infestanti senza influire negativamente sulla produttività.

Questa sperimentazione è stata utile per definire alcune linee guida fondamentali per il corretto utilizzo delle cover crops in una efficace gestione delle infestanti.

- Nella **sotto-azione 3.2** sono state messe a confronto tecniche volte alla riduzione e ottimizzazione dell'impiego di erbicidi su colture estensive e orticole industriali. In particolare sono state svolte 2 prove con i seguenti obiettivi:
 1. valutare gli effetti sulle infestanti di tre diverse modalità di lavorazione meccanica in presemina su terreni destinati a seminativi o a orticole da industria.
 2. valutare diverse tipologie di macchine per il controllo meccanico delle infestanti in post-emergenza o trapianto di colture estensive e orticole industriali.

Nel contesto della prima prova le modalità di lavorazione poste a confronto sono state 3: i) Aratura tradizionale a 40 cm di profondità; ii) Preparatore combinato in grado di dissodare il terreno fino a

34-40 cm di profondità e di erpicare a 20-25 cm; iii) Biosovesciatore, macchina innovativa in grado di dissodare fino a 34-40 cm di profondità e di arare a 15-17 cm di profondità.

Le prove sono state condotte su terreni destinati alla semina autunnale del frumento e alla semina o trapianto primaverile di mais e pomodoro, in due diversi contesti pedoclimatici: terreno argilloso di Conselice e terreno organico di Bonifica del Mezzano.

Per la gestione delle infestanti annuali l'impiego del Biosvesciatore ha fornito risultati di efficacia pari a all'aratura tradizionale, lavorazioni che hanno dato entrambe effetti più performanti rispetto alla combinazione preparatore ed erpicatura (tesi 2), ma per il contenimento delle infestanti perenni l'aratura convenzionale sembra rimanere la strategia più efficace.

Con la seconda prova sono stati valutati 1) Erpice strigliatore e 2) Rompicrosta stellare per il frumento, mentre per pomodoro e mais sono state messe a confronto i) Sarchiatrice tradizionale, ii) Sarchiatrici a guida ottica e iii) Sarchiatrici con dispositivi per il controllo delle infestanti lungo la fila.

- Per il frumento, ad eccezione del confronto del 2024 in località di Filo, dove il terreno umido ha limitato l'efficacia di entrambi gli attrezzi, il rompicrosta ha dimostrato una maggiore efficacia rispetto all'erpice strigliatore. In condizioni ottimali, il rompicrosta riduce le infestanti più efficacemente grazie alla sua aggressività. Tuttavia, i due attrezzi sono complementari: l'erpice strigliatore è adatto ai primi stadi di sviluppo delle infestanti, mentre il rompicrosta è più efficace su infestanti più mature. La sperimentazione suggerisce quindi un approccio combinato piuttosto che un utilizzo alternativo delle due macchine.
 - Per il pomodoro, dai dati mersi nel 2023, le moderne sarchiatrici sono sembrate più efficaci nel ridurre le infestanti vicino alla fila rispetto alla strumentazione tradizionale, ma la bassa densità di piante ha limitato l'analisi statistica. Anche nel 2024, la densità bassa ha impedito una valutazione statistica inequivocabile, seppure anche in questo caso le sarchiatrici dotate di dispositivi di controllo ottico siano sembrate più efficaci di quelle tradizionali.
 - Per il mais, a causa dell'alluvione di maggio 2023 che ha impedito lo svolgimento delle prove, il monitoraggio dell'efficacia delle macchine sarchiatrici nel controllo delle infestanti è stato limitato all'anno 2024. Sebbene l'esigua densità iniziale delle infestanti abbia limitato l'analisi statistica, influenzando sulla solidità delle conclusioni. Nonostante le osservazioni raccolte evidenziano che le sarchiatrici dotate di sistemi di controllo ottico riescono a operare più vicino alla fila delle colture, migliorando così l'efficacia nel controllo delle infestanti in post-emergenza.
- Nella **sotto-azione 3.3**, sono state svolte 2 tipologie di analisi una economica ed una ambientale.
- **Analisi economica:** L'obiettivo dell'analisi è stato quello di ottenere una valutazione della sostenibilità economica legata all'introduzione di alcune delle innovazioni testate nelle sperimentazioni previste nel progetto, al fine di ottenere indicazioni di performance economiche connesse all'introduzione di tecniche innovative nella gestione ordinaria delle imprese. Nello specifico, sono state analizzate le seguenti casistiche:
 1. Frumento tecnica classica vs frumento tecnica innovativa, dove la tecnica innovativa riguarda una tecnica con l'utilizzo di un multitiller in pre-semina, al posto delle classiche lavorazioni del terreno;

2. Pomodoro tecnica classica vs pomodoro tecnica innovativa, dove la tecnica innovativa corrisponde all'utilizzo del multitiller al posto delle classiche lavorazioni del terreno e di una sarciatrice ottica;

3. Soia tecnica classica vs soia tecnica innovativa, dove la tecnica innovativa riguarda la pratica del sovescio e la semina su sodo, applicata su terreni sabbiosi.

L'innovazione sulla tecnica del frumento non registra variazioni significative dal punto di vista economico, quindi, risulta conveniente applicarla per i vantaggi tecnici e ambientali connessi.

L'innovazione su pomodoro, invece, non risulta economicamente sostenibile finché la riduzione della resa non viene assottigliata. L'innovazione del sovescio nella coltivazione della soia sulle sabbie, invece, da risultati incoraggianti, non avendo registrato scostamenti in termini significati sui costi di produzione ma, eventualmente, un incremento di resa.

o Analisi ambientale: Per il confronto tra i diversi percorsi tecnici di controllo delle infestanti di tipo convenzionale ed innovativo si è seguito l'approccio del Life Cycle Assessment (LCA) di processo (tecniche "convenzionali" vs. "innovative" di controllo delle infestanti. Per il calcolo degli indicatori nella fase di analisi degli impatti (LCIA - Life Cycle Impact Assessment), si sono utilizzati i fattori di caratterizzazione CML-baseline, versione 3.05. Le valutazioni sono state affrontate per le 2 tipologie di approccio indagate nel progetto per il contenimento delle erbe infestanti: Cover crop e Lavorazioni meccaniche.

- Nel caso del ruolo delle cover crops nel contenimento delle infestanti su colture estensive primaverili-estive, i risultati degli indicatori ambientali delle prove 2022/23, riferiti al kg di soia, sono risultati particolarmente favorevoli all'impiego della cover crops rappresentata dal miscuglio favino-orzo-rafano, che ha consentito un incremento delle rese produttive del 30% rispetto alla T1 e del 10% rispetto alla T2; questo nonostante i maggiori consumi di carburante per la gestione della cover e per la produzione della relativa semente. Per questi stessi motivi, se non si considera l'efficienza di impiego degli input, riferendosi all'unità di superficie (ettaro), come per le prove del secondo anno, risulta invece meno impattante, generalmente, la tesi 2, caratterizzata dalle lavorazioni per tenere "pulito" il terreno tra la raccolta del cereale autunno-vernino e la semina della coltura primaverile, in questo caso soia. Anche in questo seconda annata, comunque, si segnala che la tesi maggiormente impattante in termini di tossicità verso l'uomo è risultata la tesi 1 con l'impiego del glifosate.
- Per quanto riguarda la sostenibilità ambientale di diverse tipologie di controllo meccanico della flora infestante su colture estensive e orticole da industria sia in pre-semina che in post-emergenza (Grano, Pomodoro da industria), è emerso che il parametro GWP, che esprime le emissioni di gas a effetto serra, è certamente molto legato all'intensità delle lavorazioni e quindi al consumo di carburanti, così come del resto l'indicatore Consumo di risorse abiotiche (combustibili fossili) e quello relativo all'acidificazione delle piogge; a tal proposito, si ricorda che la combustione di gasolio contribuisce all'acidificazione delle piogge principalmente a causa delle emissioni di ossidi di zolfo (SO₂) (il gasolio contiene quantità variabili di zolfo) e ossidi di azoto (NO_x). L'impiego di erbicidi viene invece evidenziato bene dagli indicatori relativi alla tossicità verso l'uomo e alla ecotossicità, che risultano regolarmente più alti nei casi di apporto in campo, anche in modeste quantità.

- Una ulteriore attività (2) di questa sottoazione ha visto lo sviluppo di 2 schede informative semplificate, realizzate sulla base dell'esperienza acquisita e delle sperimentazioni condotte nel corso del progetto, con l'obiettivo di facilitare l'applicazione di tecniche alternative al diserbo chimico. Nello specifico, queste schede forniscono indicazioni pratiche sull'uso delle cover crops su colture estensive proteoleaginose e sull'impiego di mezzi meccanici su colture orticole industriali come il pomodoro in fase post-trapianto.

RICADUTE E INDICATORI

INDICATORI DI RISULTATO

- **Riduzione dell'impiego di glifosate (L/ha p.a.).**

L'inserimento di una cover crop che copre il terreno durante l'inverno fino al momento della semina/trapianto della coltura primaverile va a ridurre (se la cover è ben sviluppata e non viene terminata chimicamente) l'impiego di glifosate in presemina/trapianto. Si può stimare che ogni ettaro coperto da cover crops permetta di risparmiare tra 1100 e 1300 g di principio attivo.

- **Riduzione dell'impiego degli altri p.a. erbicidi (L/ha p.a.).**

L'impiego di Cover crop che dopo la semina/trapianto lasciano una fitta pacciamatura secca (è il caso ad es. della segale allettata) possono permettere una riduzione dell'uso di erbicidi (e.g., imazamox (40-50 g pa/ha), bentazone (600-700 g pa/ha), tifensulfuron metile (5-7 g pa/ha) e graminicidi selettivi (100-250 g pa/ha).

Anche metodi di controllo meccanico delle infestanti in post emergenza possono consentire una riduzione dell'uso di erbicidi di post-emergenza. Le situazioni più favorevoli sono nei cereali a paglia e nelle orticole trapiantate. Si può stimare che mediamente il 20-25 % delle superfici a frumento in produzione integrata possano essere gestite in questo modo. Partendo dal presupposto di campi infestati in prevalenza da infestanti dicotiledoni le molecole coinvolte sono solfoniluree, triazolo pirimidine e ormonici. Per solfoniluree, triazolo pirimidine e ormonici di nuova generazione si parla di dosaggio dell'ordine di 5-15 g pa/ha, nel caso di ormonici classici di 500-600 g pa/ha.

Per le orticole industriali come il pomodoro da industria si è rilevato che possono essere sarchiate già pochi giorni dopo il trapianto e la coltura è in grado di competere efficacemente con le infestanti poco dopo. Si può quindi ipotizzare che almeno nei trapianti più tardivi (meno esposti alla pressione delle infestanti), con sarchiatrici efficienti, si possa evitare il ricorso al diserbo di post-emergenza con rimsulfuron (12,5 g pa/ha x 2-3 interventi) e metribuzin (300-400 g pa/ha).

- **Grado di efficacia delle tecniche adottate (numero e specie erbe infestanti/unità superficie).**

Le prove condotte in contesti differenti hanno evidenziato come l'efficacia delle cover crops e delle lavorazioni meccaniche nella gestione delle infestanti e nella produttività della coltura principale possa variare significativamente in base alle condizioni pedoclimatiche e alle pratiche di gestione applicate.

- L'utilizzo delle cover crops per la gestione delle infestanti è una soluzione potenzialmente molto efficace, ma il suo successo dipende da una gestione accurata che tenga conto di variabili come il tipo di terreno, le condizioni meteorologiche e la capacità di monitorare e intervenire tempestivamente. Per massimizzare i benefici delle cover crops e ridurre i rischi, è fondamentale una pianificazione attenta e una gestione mirata della biomassa, in sinergia con una attività puntuale di monitoraggio, garantendo così una produzione agricola sostenibile e di alta qualità.
- La gestione delle infestanti con mezzi meccanici nelle coltivazioni di colture a file strette (e.g., frumento), può rappresentare una valida alternativa al diserbo chimico laddove applicato in condizioni di impiego ottimali di terreno asciutto, evidenziando che il rompicrosta stellare (un attrezzo semplice e relativamente economico) è più efficace dell'erpice strigliatore, soprattutto su infestanti non più ai primissimi stadi di sviluppo. Mentre da inizio accostamento l'attrezzo da utilizzare è l'erpice strigliatore.

Sulle colture sarciate, i sarciatori a guida ottica possono rappresentare una valida alternativa al diserbo chimico. Ad esempio la sarciatura nel pomodoro da industria potrebbe a breve assumere una maggiore importanza anche in aziende a conduzione integrata, dal momento che si prevede una prossima revoca dell'erbicida "Metribuzin", indispensabile nei programmi di diserbo di post-emergenza del pomodoro. Ad esempio il biosovesciatore ha permesso di ridurre la presenza di Dicotiledoni primaverili a 16,7 /mq vs 32/mq del riferimento chimico.

Per il mais, in agricoltura integrata, la sarciatura rappresenta una valida tecnica nella gestione dell'interfilare per arieggiare il terreno, interrare fertilizzanti e al limite controllare le infestanti nel caso di diserbo di pre-emergenza localizzato, mentre appare ancora rischioso pensare ad una sostituzione del diserbo chimico delle infestanti lungo la fila. Ad esempio il mais, una volta seminato, richiede almeno tre settimane prima che possa essere sarciato. Questo intervallo di tempo è sufficiente per permettere alle infestanti di sviluppare i loro apparati radicali, rendendo più difficile il loro controllo meccanico.

- **Tempistiche di intervento per le tecniche adottate (ore/unità superficie).**

Nella tabella sono riportate le tempistiche di intervento in base alla tipologia di macchina adottata.

| | Tipologia macchina | Larghezza di lavoro | Potenza trattorie | Velocità di lavoro | Capacità operativa | Ore per ha | Costo acquisto macchina nuova (anche indicativo) | Costo (€) conto terzista per ha (indicativo) | |
|--|--------------------|---------------------|-------------------|--------------------|--------------------|------------|--|--|-------|
| | | (m) | (CV) | (km/h) | (ha/h) | (h/ha) | (€) | (€/ha) | |
| | | | | | | | | | |
| | Preparatore | Semiportata | 5,00 | 250 | 4,00 | 2,00 | 0,50 | 40000,00 | 90,00 |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------------|--|-------------|-------------------------|-----|-------|------|------|----------|--------|
| Preparazione del terreno | Aratro a 40 cm con 4 vomeri | Portata | 1,50 | 340 | 0,88 | 1,33 | 0,75 | 30000,00 | 135,00 |
| | Minisovesciatore a 17-18 cm con 11 vomeri | Semiportata | 4,00 | 250 | 4,00 | 1,60 | 0,63 | 35000,00 | 70,00 |
| | | | | | | | | | |
| Controllo infestanti su Grano | Rompicrosta | Portata | 6,00 | 120 | 10,00 | 6,00 | 0,17 | 20000,00 | 35,00 |
| | Strigliatore | Portata | 6,00 | 120 | 10,00 | 6,00 | 0,17 | 20000,00 | 35,00 |
| | | | | | | | | | |
| Controllo infestanti su Pomodoro | Sarchiatore Gardford (Portattrezzi con guida ottica) | Portata | (3 bine a 1,5 m) = 4,50 | 120 | 7,00 | 3,00 | 0,33 | 60000,00 | 80,00 |
| | Sarchiatore Cavalleretti (Portattrezzi con guida ottica) | Portata | (3 bine a 1,5 m) = 4,50 | 120 | 7,00 | 3,00 | 0,33 | 45000,00 | 80,00 |

- **Impiego di mezzi tecnici per le diverse tecniche (tipologia e quantitativi/unità superficie).**

Due tipologie di tecniche e mezzi valutati: Cover crop e diserbo meccanico con diversi strumenti su 2 diverse tipologie di impiego (pre-semina e post-emergenza).

- Valutazione su uso di Cover crop svolta in 4 prove con 3 tesi a confronto in ciascuna. Tesi complessivamente valutate 4 (Glifosate; Lavorazione terreno; Cover/sovescio; Segale allettata)
- Lavorazioni pre-semina valutate complessivamente in 8 prove in altrettanti campi sperimentali (4 grano, 2 mais, 2 pomodoro), con 3 tesi a confronto in ciascuno (Aratura convenzionale; Uso di "preparatori"; Biosovesciatore).
- Lavorazioni meccaniche di post-emergenza: Nel frumento, coltura a file strette, 4 prove con 2 tesi a confronto (Erpice strigliatore; Rompicrosta stellare). Nelle colture sarchiate, 1 prova su mais e 2 su pomodoro, 3 tesi a confronto (Sarchiatrice tradizionale; Sarchiatrici a guida ottica; Sarchiatrici con dispositivi a guida GPS).

- **Indicatori ambientali (n. 8, tra cui: GWP, Eutrofizzazione acque, Acidificazione piogge, Tossicità umana, Ecotossicità, Assottigliamento ozono, Smog fotochimico ed Esaurimento risorse abiotiche).**

Nella prova cover crops del primo anno la tesi 3, caratterizzata dall'impiego del mix di cover ha fatto segnare i valori più bassi per tutti gli indicatori riferiti al kg di soia. Nel secondo anno, a risultare generalmente più basso è l'impatto della tesi 2, quella principalmente lavorata in pre-semina mentre la tesi 1, dove si impiega il glifosate, fa segnare i valori più alti per gli indicatori Abiotic depletion, Human Toxicity e Ozone layer depletion.

Per quanto riguarda le prove di controllo meccanico delle infestanti su frumento, in termini di emissioni di GHG, il percorso meno impattante, come del resto ci si poteva aspettare, è quello che prevede le lavorazioni preparatorie del terreno più leggere (T3), con valori che si aggirano sui 274-277 kg CO₂eq/ha. Per quanto riguarda invece i parametri relativi alla tossicità, si nota l'influenza degli apporti di erbicidi. Ad es., per la Human Toxicity, i valori più alti vengono fatti segnare dai percorsi colturali che prevedono l'apporto di erbicidi in alternativa al controllo meccanico. Anche il parametro Abiotic depletion risente, generalmente, dell'intensità di impiego di agrofarmaci ed infatti il valore più alto è fatto segnare dai percorsi colturali dove si impiegano più erbicidi, sia in pre-semina che in post-emergenza.

Per quanto riguarda le prove di controllo meccanico delle infestanti su pomodoro da industria, in merito all'emissione di gas climalteranti (GWP), come per il consumo di carburanti fossili, si evidenzia un valore più alto per la tesi che prevede l'aratura profonda. In termini di tossicità verso l'uomo e di ecotossicità, sono evidenti i valori più alti della tesi dove è previsto l'uso degli erbicidi.

In linea generale, il parametro GWP, che esprime le emissioni di gas a effetto serra, è certamente molto legato all'intensità delle lavorazioni e quindi al consumo di carburanti, così come del resto l'indicatore Consumo di risorse abiotiche (combustibili fossili) e quello relativo all'acidificazione delle piogge; l'impiego di erbicidi viene invece evidenziato bene dagli indicatori relativi alla tossicità verso l'uomo e alla ecotossicità, che risultano regolarmente più alti nei casi di apporto di erbicidi in campo, anche in modeste quantità.

- **Indicatori economici: l'indicatore di risultato sarà fornito dalla comparazione degli indicatori economici (es. redditività) della tecnica di coltivazione tradizionale vs la tecnica con le innovazioni proposte.**

Nella tabella sottostante, sono riportati gli indicatori economici delle prove oggetto delle analisi di tipo economico. In particolare, sono stati indicati i numeri relativi alla differenza dei costi di produzione tra il caso innovativo (tecniche di coltivazione oggetto della sperimentazione), e il caso classico (tecniche di coltivazione più comunemente applicate) nelle imprese agricole specializzate nella coltivazione delle colture di frumento, pomodoro e soia. Dalla lettura della differenza dei costi, si evince che non vi è una sostanziale differenza in termini di spesa produttiva tra le due casistiche considerate per le tre specie vegetali.

Per quanto riguarda la resa produttiva tra il caso innovativo e quello classico si osservano le seguenti variazioni: per il frumento e la soia non sono state rilevate differenze significative, mentre il pomodoro mostra una riduzione notevole della resa (-14 tonnellate per ettaro).

Infine, calcolando la differenza sui ricavi delle vendite, che tiene conto sia dei costi di produzione che della resa produttiva, si nota un impatto significativo per il pomodoro, con una contrazione dei ricavi di circa 2.100,00 euro per ettaro, a causa della significativa riduzione della resa e dell'elevato valore di mercato del pomodoro. Non vi sono differenze sostanziali nei ricavi per frumento e soia.

| INDICATORI | Frumento | Pomodoro | Soia |
|--|----------|-----------|---------|
| Differenza costo di produzione (caso classico – caso innovativo) (€/ha) | +375,55 | +292,66 | +25,38 |
| Differenza resa produttiva (caso classico – caso innovativo) (ton) | -0,9 | -14 | +0,35 |
| Differenza ricavi vendite su un valore indicativo medio (caso classico – caso innovativo) (€/ha) | -270,00 | -2.100,00 | +157,50 |

- **Nel breve e medio periodo un indicatore sarà l'incremento dell'impiego di attrezzature meccaniche, verificabile presso i contoterzisti o le imprese meccaniche venditrici, così come il maggiore ricorso all'impiego di cover crops.**

Sulla base dell'efficacia rilevata e della consultazione nell'ambito del GOI, vista anche la crescita di offerte da parte dell'industria meccanica di nuovi strumenti sempre più performanti per il diserbo meccanico nelle colture erbacee (come rilevato dal confronto con le stesse ditte produttrici, in occasione delle visite in campo organizzate), si prevede un incremento della disponibilità e quindi dell'impiego di attrezzature meccaniche in almeno il 5-10% delle imprese rappresentate nell'ambito del GOI.

- **Un ulteriore indicatore è la permanenza dell'efficacia degli itinerari meccanici di diserbo alternativi a più lungo termine, senza creare variazioni della composizione floristica o pressione selettiva.**

Le tecniche valutate, ed in particolare le cover crop ed il diserbo meccanico in particolare su soia per le cover e su grano e pomodoro da industria per le pratiche meccaniche, pur richiedendo un'accurata pianificazione (ad es. piogge prolungate potrebbero ritardare l'accesso ai campi), possono rappresentare soluzioni applicabili nel lungo periodo. Va però rilevato come possano insorgere criticità, specie per le gestioni con tecniche meccaniche, nel controllo delle infestanti perenni, come vilucchio ed equiseto, lavorazioni più superficiali del terreno (rispetto ad esempio l'aratura), potrebbero favorire lo sviluppo di queste piante a causa del loro apparato radicale resistente. Laddove queste perenni sono presenti, va quindi alternata la tecnica da applicare per evitare la selezione ad esempio di infestanti perenni.

Per la gestione delle infestanti annuali l'impiego del Biosvesciatore ha fornito risultati di efficacia pari a all'aratura tradizionale, lavorazioni che hanno dato entrambe effetti più performanti rispetto alla combinazione preparatore ed erpicatura (tesi 2), ma per il

contenimento delle infestanti perenni l'aratura convenzionale sembra rimanere la strategia più efficace.

- **Stabilità produttiva ed economica delle coltivazioni per le quali verrà perseguito un itinerario di tipo agronomico e meccanico.**

La stabilità produttiva delle coltivazioni condotte seguendo gli itinerari di tipo agronomico e meccanico oggetto della sperimentazione è stata confermata per frumento e soia, ma non per il pomodoro, per il quale si è osservata una riduzione della resa, dovuta principalmente alla diminuzione della produttività associata all'applicazione della tecnica innovativa rispetto a quella tradizionale. Ciononostante, serviranno ulteriori verifiche anche su contesti agricoli diversi per confermare questa tendenza calcolata nell'azione 3.3.

La stabilità economica delle coltivazioni, in termini di costi di produzione, è garantita poiché i costi rimangono comparabili nonostante le modifiche apportate alla tecnica produttiva. Tuttavia, per quanto riguarda il pomodoro, una coltura dall'elevato valore di mercato, l'instabilità nella resa produttiva ha, ad oggi, un impatto negativo sui ricavi delle vendite, evidenziando come le variazioni nella produttività possano influenzare significativamente la redditività complessiva.

RICADUTE IN AMBITO PRODUTTIVO, TERRITORIALE ED AMBIENTALE

• PRODUTTIVE ed ECONOMICHE

I risultati e le esperienze acquisite nel progetto offrono indubbi vantaggi e ricadute positive dal punto di vista produttivo ed economico per le imprese agricole che coltivano colture estensive e orticole industriali, circa la gestione delle erbe infestanti.

Fra le tecniche innovative la gestione meccanica delle infestanti (azione 3.2) risulta offrire diversi vantaggi che si differenziano in relazione alla coltura. Ad esempio, le **lavorazioni meccaniche di pre-semina** con tecnologie avanzate come il biosovesciatore e i preparatori combinati con elementi dissodatori ed erpicanti, finalizzate alla riduzione e ottimizzazione dell'impiego di erbicidi su colture estensive e orticole industriali, si sono dimostrate particolarmente efficaci e rappresentano una valida alternativa all'aratura tradizionale. Queste tecniche rispondono alle esigenze delle aziende agricole di contenere i costi associati all'aratura, una pratica energivora, offrendo soluzioni più economiche ma con prestazioni comparabili, se non migliori. La transizione verso queste nuove metodologie è iniziata, come dimostrano sia la crescente compra-vendita e diffusione di queste attrezzature sia da parte di aziende agricole che dei contoterzisti, che il progressivo abbandono dell'aratura tradizionale profonda per la preparazione del terreno destinato alle semine dei cereali a paglia, a favore di lavorazioni più leggere o della semina diretta. Analogamente le tecniche meccaniche validate nell'azione 3.2 (prova 2) per la **gestione delle infestanti nella fase di post-emergenza** dei cereali a paglia, rispondono alle attuali esigenze delle imprese agricole di trovare soluzioni alternative agli erbicidi, con importanti ricadute sul profilo produttivo e quindi economico delle imprese agricole specie nell'ottica che l'uso degli erbicidi sia sempre più contingentato. Le tecniche meccaniche di diserbo delle infestanti nei cereali a paglia, come il frumento, sono in generale impiegate nelle aziende biologiche, ma il loro impiego sta iniziando ad essere applicato anche nelle produzioni integrate, come testimonia la crescente vendita e disponibilità di queste attrezzature nei parchi macchina aziendali. Questa tendenza, che consente di ridurre l'uso di erbicidi, è stata favorita negli ultimi anni da inverni particolarmente siccitosi che hanno limitato la crescita delle infestanti, ma anche dai numerosi vantaggi agronomici offerti, come l'interramento dei concimi azotati e lo stimolo vegetativo della coltura. Si può stimare che mediamente il 20-25 % delle superfici a frumento in produzione integrata possano essere gestite in questo modo. Partendo dal presupposto di campi infestati in prevalenza da infestanti dicotiledoni le molecole chimiche impiegate sono in particolare solfoniluree, triazolo pirimidine e ormonici. Per solfoniluree, triazolo pirimidine e ormonici di nuova generazione si parla di dosaggio dell'ordine di 5-15 g pa/ha, nel caso di ormonici classici di 500-600 g pa/ha. Su una superficie regionale complessiva a frumento duro + tenero in produzione integrata pari a 230.000 ettari (dati ISTAT), ipotizzando l'adozione di tali macchine agricole su 57.500 ettari (25% della sup. complessiva), si stima una ricaduta in termini di risparmio per le imprese agricole pari a 575 kg ad es. di solfoniluree (es. tribenuron metile) + 34.500 kg ormonici classici (es. MCPA), che complessivamente può generare un risparmio economico annuo pari a 2.4 Mil €/anno.

Allo stesso modo, nel frumento bio, l'utilizzo di tali macchine (erpici strigliatori e rompi crosta a stella in sequenza) consentono un migliore controllo delle infestanti rispetto al solo strigliatore. Pertanto in aziende biologiche si può ipotizzare che il ricorso a tali tecniche consenta di aumentare la Produzione Lorda Vendibile. Su una superficie regionale complessiva di frumento bio pari a circa

74.000 ettari, se si ipotizza l'adozione di tale itinerario tecnico nel 30% della superficie, pari a circa 25.000 ettari, immaginando di conseguire un incremento produttivo del 30%, pari a circa 1.5 tonn/ettaro (con una resa media di partenza di 5 tonn/ettaro), si può prevedere un incremento produttivo di circa 37.500 tonnellate annue di frumento bio, per un valore economico di circa 9,4 Mil €/annui (ipotesi di un prezzo medio di mercato di 250 €/tonnellata).

Nonostante l'efficacia e i benefici di questa tecnica, che anche sotto il profilo dell'investimento economico non comportano (specie su soia e frumento), variazioni in termini di performance economiche sulle produzioni rispetto alle tecniche più convenzionali, esistono ancora riserve da parte di molte aziende agricole riguardo l'abbandono del diserbo chimico di post-emergenza a favore delle pratiche meccaniche. In molti casi, in particolare nei campi seminati tardivamente, è possibile, infatti, effettuare un efficiente controllo meccanico delle infestanti, eseguendo un attento monitoraggio per garantire la tempestività degli interventi. I risultati ottenuti dal progetto DUNE potranno favorire questa transizione verso l'uso di queste pratiche performanti.

Per quanto riguarda le colture sarchiate, come il pomodoro da industria e altre orticole industriali, il diserbo chimico sta diventando sempre più complesso a causa della revoca di prodotti considerati "chiave". Con la cessazione dell'uso di S-methalacor nel 2024 e la prevista revoca di flufenacet e metribuzin, lo sviluppo di tecniche di diserbo alternative al chimico è ormai una necessità inderogabile, oltre che una scelta ambientale virtuosa. Le aziende agricole e i contoterzisti stanno già rispondendo a questa esigenza, come dimostrano gli acquisti e la crescente presenza di sarchiatrici di nuova generazione nel loro parco macchine ed i risultati del progetto vanno a confermare le opportunità positive offerte anche da nuove macchine a guida ottica. In particolare orticole industriali come il pomodoro da industria possono essere sarchiate già pochi giorni dopo il trapianto e la coltura è in grado di competere efficacemente con le infestanti poco dopo. Si può quindi ipotizzare che almeno nei trapianti più tardivi (meno esposti alla pressione delle infestanti) con sarchiatrici efficienti si possa evitare il ricorso al diserbo di post-emergenza. Le molecole coinvolte sono rimsulfuron (12,5 g pa/ha x 2-3 interventi) e metribuzin (300-400 g pa/ha). Su questa ultima molecola, attualmente candidata alla sostituzione, è presumibile una imminente revoca. In questo caso la riduzione dell'impiego avverrebbe per decreto ma va fornita alle imprese agricole una valida strategia alternativa che può essere rappresentata, in diversi casi, dalla gestione meccanica delle infestanti. Il possibile risparmio ottenibile evitando interventi con metribuzin può essere così quantificato: su una superficie complessiva regionale di pomodoro da industria pari a circa 77.000 ettari (dati ISTAT), ipotizzando l'adozione dei sarchiatori ottici nel 30% delle superfici, pari a circa 23.000 ettari, si otterrebbe un risparmio di circa 200 grammi/ettaro di metribuzin pari a 4.600 kg di attivo in regione, equivalenti a 6.570 kg di formulati alla concentrazione del 70%, per un valore commerciale pari a circa 340.000 €/anno. Nel caso della sostanza attiva rimsulfuron, su una superficie regionale complessiva di pomodoro da industria pari a 77.000 ettari (dati ISTAT), di cui solo il 30% adotterebbe tali macchine (trapianti tardivi), cioè circa 23.000 ettari, si otterrebbe un risparmio pari a circa 718 kg di attivo, equivalenti a 2820 kg di formulati commerciali alla concentrazione del 25%, per un controvalore economico di 2.8 Mil €.

In colture come il mais, tuttavia, la sarchiatura, sebbene diffusa, non rappresenta una soluzione realistica al diserbo di post-emergenza, eccetto nei casi particolari delle semine tardive con diserbo di pre-emergenza localizzato. Il lasso di tempo che intercorre infatti fra la semina e uno stadio di sviluppo della coltura che consenta la sarchiatura (almeno 3-4 foglie prevedendo un secondo

intervento o 8-10 foglie) è tale da permettere alle infestanti di svilupparsi così da renderne più difficile l'eradicazione, esponendo la coltura a danni da competizione.

Per il mais, quindi, la sarchiatura viene utilizzata principalmente in aziende a conduzione biologica oppure in situazioni specifiche. Nelle aziende biologiche l'adozione delle sarchiatrici ottiche per il controllo delle infestanti favorisce tra l'altro un aumento della PLV. Su una superficie regionale di mais biologico pari a circa 18.000 ettari, se il 30% di tali superfici adotta le sarchiatrici ottiche, cioè 5.400 ettari, ipotizzando di ottenere un incremento produttivo del 30%, pari a circa 2 tonnellate/ettaro (resa media ipotizzata 7 tonnellate/ettaro), si ottiene una maggior produzione di mais bio pari a 10.800 tonnellate per un controvalore commerciale di 2.2 Mil € (ipotesi prezzo mercato 200 €/tonn).

Alla luce di queste considerazioni, è fondamentale, quindi, che si continui a studiare e implementare le metodologie di diserbo meccanico per garantire soluzioni sostenibili ed efficaci per tutte le colture.

Per quanto riguarda le ricadute economiche sull'applicazione delle **cover crop durante l'inverno** fino al momento della semina/trapianto della coltura primaverile, si può stimare che, se la cover è ben sviluppata e non viene terminata chimicamente, può essere ridotto l'impiego di glifosate in presemina/trapianto (i.e., 1100 e 1300 g di principio attivo/ettaro). Su una superficie complessiva regionale di girasole pari a circa 16.500 ettari e di soia pari a circa 37.800 ettari (media del triennio 2022-24, dati ISTAT), per un complessivo per le 2 colture di 54.300 ettari, immaginando di inserire l'uso delle cover crops sul 30% dei seminativi dedicati a queste 2 colture oleaginose, cioè su una superficie media di circa 16.300 ettari, si ridurrebbe l'uso di 19.560 kg di glifosate all'anno, pari a circa 54.300 litri di formulati commerciali alla concentrazione di 360 g/l, con un risparmio economico pari a 461.000 €/anno per le imprese agricole.

L'impiego di Cover crop che dopo la semina/trapianto lasciano una fitta pacciamatura secca (è il caso ad es. della segale allettata) permette una riduzione, ad esempio su soia, anche nell'impiego di altri erbicidi (e.g., imazamox (40-50 g pa/ha), bentazone (600-700 g pa/ha), tifensulfuron metile (5-7 g pa/ha) e graminicidi selettivi (100-250 g pa/ha). Su una superficie regionale complessiva di soia pari a 37.800 ettari (dati ISTAT), adottando l'uso di cover crops sul 30% della superficie (i.e., 11.300 ettari), si genera un risparmio pari a 508 kg imazamox, 7300 kg bentazone, 68 kg tifensulfuron metile e 1970 kg graminicidi specifici (es. ciclossidim), determinando un risparmio economico pari a 2.3 Mil €/anno.

In sintesi i risultati del progetto vanno a rispondere alle nuove esigenze delle imprese agricole di ridurre l'uso dei diserbanti chimici ed i costi per la gestione delle infestanti, pur preservando la produttività delle colture. L'applicazione delle cover crop, così come il diserbo meccanico possono infatti rappresentare alternative percorribili all'uso degli erbicidi, specie su alcune coltivazioni come grano, soia e pomodoro da industria, anche se la loro applicazione va ponderata in base alle condizioni pedoclimatiche dell'azienda e richiedono un attento monitoraggio e tempestività di intervento in base alle condizioni di sviluppo delle piante e alle condizioni di praticabilità del suolo con i mezzi tecnici.

- **AMBIENTALI**

Le attività della sotto-azione 3.2 hanno dimostrato che le tecniche di gestione meccanica delle infestanti per colture estensive e orticole industriali non solo sono efficaci nel ridurre l'uso di erbicidi, ma che le soluzioni più innovative possono risultare altrettanto, se non più efficienti rispetto a quelle più tradizionali. Ad esempio, il confronto tra l'aratura tradizionale e il biosovesciatore o i moderni preparatori combinati, evidenzia come queste nuove tecnologie abbiano un impatto ambientale notevolmente ridotto. Esse, infatti, operano con un'azione meno invasiva e più mirata nei confronti suolo, rispettandone al meglio le proprietà naturali.

Oltre all'evidente vantaggio economico derivante da operazioni che risultano meno energivore e quindi meno impattanti in termini di CO₂ emessa, il rivoltamento di uno spessore inferiore di terreno contribuisce a preservare la struttura del suolo, riducendone l'erosione e mantenendone la naturale porosità e capacità di ritenzione idrica. Una struttura del suolo sana e diversificata, che preserva i micro e macrorganismi benefici per il ciclo dei nutrienti e per la sua fertilità, diminuisce la necessità di fertilizzanti chimici e riduce l'impatto ambientale complessivo delle pratiche agricole.

Va comunque anche detto che le lavorazioni alternative all'aratura potrebbero paradossalmente richiedere un maggior consumo di glifosate in presemina/trapianto per contrastare un minor contenimento delle infestanti, perenni in particolare.

Ancora più evidente è la ricaduta positiva sul livello ambientale ed in particolare sulla qualità e salute del suolo laddove siano applicate le tecniche di cover crop rispetto all'uso del diserbo chimico, benchè non sia all'oggi pensabile un'estensione di queste tecniche a tutte le imprese agricole in quanto richiedono condizioni pedoclimatiche opportune. In particolare l'inserimento di una cover crop che copre il terreno durante l'inverno fino al momento della semina/trapianto della coltura primaverile va a ridurre (se la cover è ben sviluppata e non viene terminata chimicamente) l'impiego di glifosate in presemina/trapianto. Si può stimare che ogni ettaro coperto da cover crops permetta di risparmiare tra 1100 e 1300 g di principio attivo (Glifosate). Come sopra riportato, su una superficie complessiva regionale di girasole e soia pari a circa 54.300 ettari, l'uso delle cover crops sul 30% della superficie pari a circa 16.300 ettari, permetterebbe di ridurre l'uso di 19.560 kg di principio attivo annui, pari a circa 54.300 litri di formulati commerciali (alla concentrazione di 360 g/l). Come dettagliatamente descritto nel paragrafo precedente l'incidenza della riduzione di inquinamento al suolo e nelle acque può essere fortemente ridotto con l'adozione delle tecniche valutate in DUNE.

- **SOCIALI**

Dall'azione 3 emerge chiaramente che l'adozione di tecniche di gestione meccanica delle infestanti risponde efficacemente alla crescente domanda di pratiche agricole sostenibili, offrendo benefici sia ambientali che per la salubrità del cibo. Eliminando l'uso di erbicidi chimici, queste tecniche riducono i residui chimici nei prodotti agricoli, garantendo alimenti sani e sicuri per i consumatori.

Questo miglioramento nella salubrità degli alimenti stimola una crescente consapevolezza tra i consumatori, che diventano sempre più attenti alla qualità e alla sicurezza dei cibi che scelgono. La preferenza per alimenti ottenuti attraverso pratiche ecologiche promuove uno stile di vita più sano

e sostenibile e induce un cambiamento culturale, in cui i consumatori assumono un ruolo attivo nel sostenere un'agricoltura che rispetta l'ambiente e la propria salute.

Allo stesso tempo, la crescente necessità di sviluppare macchine sempre più performanti e competitive per la gestione delle infestanti, sta stimolando l'industria delle macchine agricole a sviluppare nuovi mezzi tecnici e tecnologie più avanzate per la gestione meccanica delle infestanti, questo processo favorisce quindi anche lo sviluppo di nuove opportunità di lavoro specie per i giovani, contribuendo allo sviluppo economico locale. Questo progresso sostiene una crescita economica sostenibile e migliora la reputazione delle imprese, aumentando la loro competitività sul mercato. Di conseguenza, la transizione verso un'agricoltura ecologicamente responsabile risulta vantaggiosa per l'intero comparto agricolo regionale e non.

.

Elenco Allegati:

ALLEGATO-1_DUNE_Divulgazione.pdf

Allegato-2_Estratto-Materiale-didattico-Corso_formazione_DUNE.pdf

Data IL LEGALE RAPPRESENTANTE (firmato digitalmente)