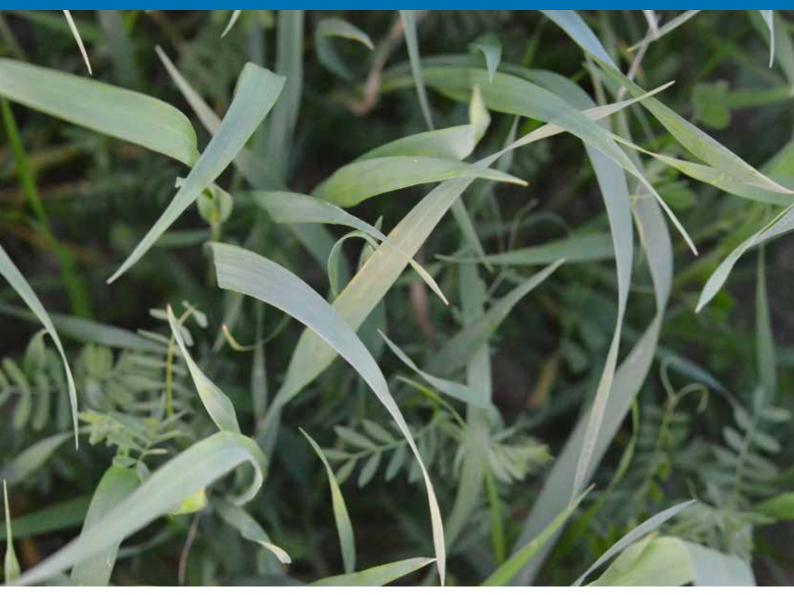


Integrated Weed Management: PRActical Implementation and Solutions for Europe Gestione Integrata delle Malerbe: Implementazione PRAtica e Soluzioni per l'Europa

PROVE SPERIMENTALI IN ITALIA EDIZIONE FINALE 2022



Pubblicazione realizzata nell'ambito del progetto IWMPRAISE - H2020-SFS-2016-2017/H2020-SFS-2016-2



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No. 727321

Autori:

Daniele Antichi (Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi", Università di Pisa)
Christian Frasconi (Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi", Università di Pisa)
Stefano Carlesi (Centro di Ricerca in Scienze delle Piante - Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa)
Mariateresa Lazzaro (Centro di Ricerca in Scienze delle Piante - Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa)
Federico Leoni (Centro di Ricerca in Scienze delle Piante - Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa)
Anna Camilla Moonen (Centro di Ricerca in Scienze delle Piante - Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa)
Dylan Raffa Warren (Centro di Ricerca in Scienze delle Piante - Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa)
Valentina Mastretta (Horta srl)
Matteo Ruggeri (Horta srl)

Hanno contribuito:

Lorenzo Furlan (Veneto Agricoltura)

Maurizio Sattin (Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante - Centro Nazionale delle Ricerche)

Donato Loddo (Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante - Centro Nazionale delle Ricerche)

Realizzazione grafica:

Danilo Calderaro (JDW)

Revisione editoriale e traduzione dall'inglese:

Antonio De Zanche (Veneto Agricoltura) Francesca Chiarini (Veneto Agricoltura)

Publicazione edita da:

Veneto Agricoltura - Agenzia veneta per l'innovazione nel settore primario Direzione Innovazione e Sperimentazione, Direttore Giustino Mezzalira U.O. Colture estensive e Allevamento, Dirigente Lorenzo Furlan Viale dell'Università, 14 - 35020 Legnaro (PD) tel. +39 049 8293711 - Fax +39 049 8293815 e-mail: info@venetoagricoltura.org www.venetoagricoltura.org

Questa pubblicazione è un estratto dal libro "Prove sperimentali in Europa - Edizione finale 2022" scaricabile dal sito: https://www.venetoagricoltura.org/iwmpraise-pubblicazioni/

È consentita la riproduzione di testi, tabelle, grafici, ecc. previa autorizzazione da parte di Veneto Agricoltura – Agenzia veneta per l'innovazione nel settore primario, citando gli estremi della pubblicazione.

Pubblicato nel mese di ottobre 2022.

PROVE SPERIMENTALI IN ITALIA EDIZIONE FINALE 2022



Il progetto IWMPRAISE

Integrated Weed Management: PRActical Implementation and Solutions for Europe Gestione Integrata delle Malerbe: Implementazione PRAtica e Soluzioni per l'Europa

Paesi partecipanti

Danimarca Regno Unito Francia Slovenia Italia Spagna Paesi Bassi Svizzera

Partners











La gestione integrata è il futuro della lotta alle infestanti

La gestione integrata delle malerbe è la via con la quale affrontare il problema delle infestanti per l'agricoltura sostenibile. IWMPRAISE è un progetto finanziato dal Programma Quadro dell'Unione Europea per la Ricerca e l'Innovazione (Horizon 2020) che è stato creato proprio per supportare e favorire l'applicazione delle tecniche di gestione integrata delle malerbe in Europa. Il progetto, iniziato a giugno 2017, è di durata quinquennale e si concluderà a novembre 2022, con il coordinamento del Prof. Per Kudsk del Dipartimento di Agroecologia dell'Università danese di Aarhus che fa da capofila del progetto. Il budget stanziato è di circa 6,6 milioni di euro. La lotta alle infestanti diventerà in Europa una pratica più rispettosa dell'ambiente se il concetto di gestione

stato infatti possibile stabilire i principi fondamentali e sviluppare le strategie di gestione integrata delle malerbe applicabili anche al di là dei casi di studio analizzati dal progetto.

I quattro scenari di riferimento erano i seguenti:

- colture annuali seminate a file strette (ad es. frumento, altri cereali a chicco piccolo, colza)
- colture annuali seminate a file larghe (ad es. mais, girasole, ortaggi in pieno campo)
- colture erbacee perenni (ad es. prati, erba medica, trifoglio)
- colture arboree perenni (ad es. pomacee, agrumi, olivo)

Superare le barriere e diffondere il "verbo" Il progetto ha analizzato le barriere agronomiche e socio-economiche che si frappongo alla diffusione



Il gruppo di lavoro di IWMPRAISE

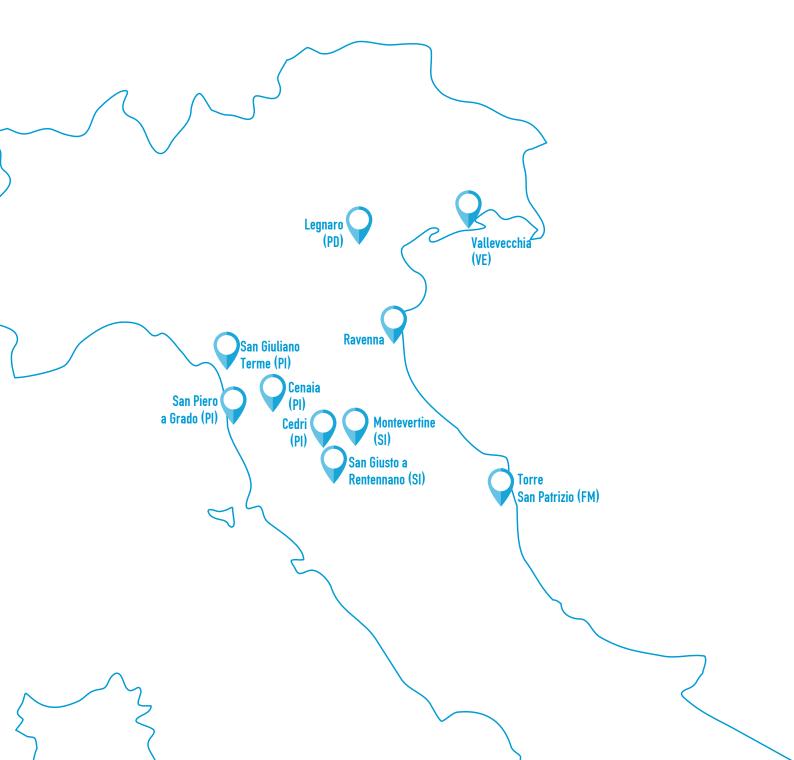
integrata riuscirà a fare breccia sugli agricoltori europei. Il progetto IWMPRAISE ha mirato appunto a dimostrare che la gestione integrata consente di realizzare dei sistemi colturali più sostenibili e più resilienti agli impatti esterni, senza mettere a rischio la redditività delle colture o l'approvvigionamento di alimenti e di biomasse. 37 i partner provenienti da otto Paesi europei che hanno partecipato al progetto, tra i quali 11 Università e Istituti di ricerca che operano nel settore, 14 industrie e piccole o medie imprese, 12 centri di assistenza agricola e organizzazioni professionali.

Riflettori puntati su quattro scenari

Il progetto ha riguardato lo sviluppo, la prova e la valutazione di strategie di gestione relative a diversi sistemi colturali riconducibili a quattro diversi scenari che rappresentano altrettante realtà tipiche dell'agricoltura europea. Adottando questo approccio per categorie, è

della gestione integrata delle malerbe in Europa e allo sviluppo e ottimizzazione dei metodi di controllo delle infestanti. Partendo da questa base il progetto si è posto l'obiettivo di creare un set di strumenti validato per l'utilizzo nella gestione integrata. Il progetto inoltre aveva il compito di progettare, dimostrare e valutare i risultati e la sostenibilità economica e ambientale delle strategie di gestione integrata specifiche per le diverse aree di coltivazione e per i diversi scenari in risposta ai bisogni e alle preoccupazioni dei coltivatori e, in una visione più allargata, della società civile.

Un obiettivo finale del progetto è stato quello di rendere disponibili tutti i risultati agli utilizzatori finali attraverso l'informazione online, le giornate dimostrative, i corsi di formazione e altri strumenti di divulgazione - tra i quali questa pubblicazione - anche al fine di consentire uno scambio di conoscenze con i gruppi operativi nell'ambito dello sviluppo rurale, che si occupano di queste tematiche.



PROVE SPERIMENTALI PRESSO L'AZIENDA VALLEVECCHIA





Consiglio Nazionale delle Ricerche



L'azienda pilota e dimostrativa Vallevecchia, di proprietà della Regione Veneto e gestita da Veneto Agricoltura - Agenzia veneta per l'innovazione nel settore primario, è localizzata tra i centri urbani di Caorle e Bibione, e si caratterizza per essere l'ultimo sito costiero non urbanizzato dell'alto Adriatico. Tra le ultime bonifiche del Veneto, il territorio si caratterizza per importanti valenze naturalisticoambientali: tra l'arenile e la pineta, infatti, si trova uno dei maggiori sistemi dunali litoranei del Veneto, mentre a nord si estendono le complementari aree agrarie, ricche di elementi ambientali come siepi, aree boscate, aree umide e superfici a prato. Proprio per questi particolari habitat, Vallevecchia è stata riconosciuta come Zona di Protezione Speciale e Sito di Importanza Comunitaria nella Rete Natura 2000

Indirizzo:

Azienda Vallevecchia Via Dossetto, 3 Loc. Brussa - 30021 Caorle (VE)

Coordinate GPS: 45°38'49.5"N 12°57'01.0" e-mail: vallevecchia@venetoagricoltura.org

tel. + 39 049 8293930

dell'Unione europea.

Oggi, su una superficie totale di circa 800 ettari quasi la metà sono occupati da aree di grandissimo valore naturalistico: 63 ha di pineta litoranea, 100 ha di boschi planiziali litoranei, 24 km di siepi e zone umide per oltre 68 ha.

Proprio per questa sua valenza, l'azienda ospita anche il Centro visite di Vallevecchia che con strumenti audiovisivi, pannelli, plastici e vetrine tematiche consente ai visitatori di conoscere la storia del comprensorio e comprendere il ruolo dei tanti ambienti della valle. La superficie coltivata è pari a circa 377 ettari destinati a colture erbacee in avvicendamento (mais, frumento, soia, colza, sorgo, medica, erbai e orticole).

Per informazioni e visite guidate contattare: Lorenzo Furlan

e-mail: lorenzo.furlan@venetoagricoltura.org tel. +39 345 3819635

WP7 - GESTIONE DELLE INFESTANTI NEL PERIODO DI TRANSIZIONE DA CONVENZIONALE A SODO

L'agricoltura conservativa si basa sulla riduzione delle lavorazioni, la copertura continua del suolo mediante i residui colturali, le cover crop (o colture di copertura) e la rotazione colturale. La sua adozione comporta importanti benefici, quali un minore consumo di carburante, la riduzione delle emissioni di gas serra e dell'erosione, il mantenimento della fertilità del suolo, ma richiede un adeguamento delle tecniche colturali. In particolare la gestione delle infestanti, soprattutto nel caso della semina su sodo, è più complicata in quanto viene meno il controllo meccanico operato dalle lavorazioni del suolo. Questo comporta un aumento della dipendenza dall'uso dei diserbanti, anche per gli interventi di devitalizzazione delle cover crop. Passando a una gestione conservativa viene interrotto il ciclo, legato alle lavorazioni del suolo, di interramento e successivo ritorno in superficie dei semi delle infestanti. Questi tendono ad accumularsi nello strato superficiale dove è maggiore la probabilità di germinare. Pertanto diventa cruciale minimizzare la disseminazione e ridurre progressivamente la banca dei semi nel terreno, giungendo a densità di infestazioni tali da permetterne il controllo anche con un ridotto uso di erbicidi. Di particolare importanza è la gestione delle infestanti durante la fase di transizione perché i risultati ottenuti in questo periodo determinano la sostenibilità futura del sistema. Uno scarso controllo delle infestanti porterebbe a un veloce aumento della banca semi superficiale e quindi alla presenza di infestazioni

sempre più difficili da gestire. L'adozione di una razionale strategia di diserbo chimico rappresenta un aspetto importante, ma anche la gestione accurata delle cover crop contribuisce a coniugare la necessità di controllare le infestanti con la riduzione dell'uso di erbicidi. Vanno pertanto individuate le cover crop e le tecniche di impianto più adatte alle condizioni ambientali locali per ottenere un loro rapido sviluppo e un controllo efficace delle infestanti, ma anche per mettere a punto tecniche finalizzate alla loro devitalizzazione senza l'utilizzo di erbicidi chimici.

Obiettivi

Questo studio era mirato a definire strategie di gestione delle infestanti in agricoltura conservativa, in particolare durante il periodo di transizione. Sono state valutate diverse strategie di diserbo chimico, mentre per le cover crop sono stati testati vari miscugli e provate tecniche di impianto (es. trasemina nei cereali, Figura 2) e di devitalizzazione (roller crimper, Figura 1). In particolare, gli obiettivi specifici di questo studio sono stati:

- definire strategie di controllo delle infestanti all'interno delle colture e nei periodi di intercoltura per minimizzarne la disseminazione;
- valutare specie o miscugli da utilizzare come cover crops e tecniche di impianto (semina classica, trasemina) per ottenere un rapido insediamento e un'elevata competizione con le infestanti;
- diminuire l'uso di erbicidi per la devitalizzazione delle cover crop, utilizzando mezzi meccanici come il roller crimper o impiegando specie gelive, che vengono devitalizzate dalle basse temperature invernali.



Figura 1 - Terminazione della cover crop termination con roller crimper.



Figura 2 - Trasemina della cover crop in parcelle di frumento.



Figura 3 - Schema sperimentale della prova WP7.



Figure 4 e 5 - Plantule della cover crop (trifoglio) a maggio (a sinistra) e due mesi dopo la raccolta del frumento (a destra).

	Tesi 1	Tesi 2	Tesi 3
Ottobre 2017	Semina frumento	Semina frumento	Semina frumento
Marzo 2018			Trasemina trifoglio
Aprile 2018	Erbicida post-emergenza	Erbicida post-emergenza	Erbicida post-emergenza (se necessario)
Giugno 2018	Raccolta frumento	Raccolta frumento	Raccolta frumento
Luglio 2018		Semina cover crop estiva	
Agosto 2018	Applicazione glifosate		
Ottobre 2018	Semina cover crop autunnale	Distruzione cover crop estiva / Semina cover crop autunnale	
Marzo 2019	Devitalizzazione cover crop con glifosate	Devitalizzazione cover crop con glifosate	Devitalizzazione cover crop con glifosate (se necessario)
Aprile-Maggio 2019	Semina sorgo	Semina sorgo	Semina sorgo
Maggio-Giugno 2019	Erbicida di pre e post-emergenza	Erbicida post-emergenza	Erbicida post-emergenza
Settembre 2019	Raccolta sorgo	Raccolta sorgo	Raccolta sorgo
Ottobre 2019	Semina cover crop autunnale	Semina cover crop autunnale	Semina cover crop autunnale
Aprile 2020	Devitalizzazione cover crop con glifosate	Devitalizzazione cover crop con glifosate	Devitalizzazione cover crop con roller crimper (se necessario)
Giugno 2020	Semina soia	Semina soia	Semina soia
Giugno 2020	Erbicida di pre e post-emergenza	Erbicida di pre e post-emergenza	Erbicida di pre e post-emergenza (nelle tesi T2 e T3 solo erbicida di post-emergenza)
Ottobre 2020	Raccolta soia	Raccolta soia	Raccolta soia
Dicembre 2020	Semina frumento	Semina frumento	Semina frumento
Aprile 2021	Erbicida post-emergenza	Erbicida post-emergenza	Erbicida post-emergenza (se necessario)
Luglio 2021	Raccolta frumento	Raccolta frumento	Raccolta frumento

Tabella 1 - Principali interventi colturali per le tre tesi a confronto dal 2017 al 2020

Materiali e metodi

La prova è stata progettata per simulare la fase iniziale (primi 3 anni) di transizione da una gestione arativa a una conservativa. La rotazione triennale prevista è stata frumento-mais-soia con l'inserimento di cover crop nei periodi di intercoltura. Per la prima coltura (frumento) è stato deciso di adottare la minima lavorazione, mentre a partire dal secondo anno è stata utilizzata la semina su sodo. Sono state messe a confronto tre tesi, ovvero tre strategie di gestione delle infestanti, caratterizzate da una diversa intensità di uso di erbicidi e da diverse tecniche di gestione delle cover crops. La prima tesi (T1) prevedeva un livello elevato di erbicidi, con il ricorso al doppio intervento in pre e postemergenza e l'uso di glifosate per la devitalizzazione delle cover crop. L'obiettivo era di ottenere il massimo controllo delle infestanti già inizialmente, minimizzarne la disseminazione e quindi ridurre progressivamente la banca semi superficiale in modo da rendere il controllo delle infestanti negli anni successivi più facile e meno impattante dal punto di vista ambientale. La seconda tesi (T2) rappresentava la gestione standard per l'agricoltura conservativa ordinaria ed era basata su strategie di diserbo esclusivamente di post-emergenza e sul glifosate per la devitalizzazione delle cover crop. Nei periodi di intercoltura erano presenti delle cover e non erano previsti diserbi chimici. La terza tesi (T3) mirava a ridurre l'uso di erbicidi, adottando tecniche di impianto delle cover crop, come la trasemina, che favoriscono la loro competizione nei confronti delle infestanti e mettendo a punto tecniche non-chimiche per la loro devitalizzazione, come l'impiego del roller crimper o la scelta di cover crop (dette gelive) che si devitalizzano con le basse temperature. I dettagli delle diverse gestioni delle tre tesi sono riportati in Figura 3 e Tabella 1. La prova ha coperto tre appezzamenti contigui, suddivisi per tutta la lunghezza in tre parcelloni larghi 10 m circa. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati con tre repliche per tesi (dimensioni dei parcelloni: 10 $m \times 500 \text{ m} = 5000 \text{ m}^2$, dimensione totale della prova circa 4,5 ha). Dopo la raccolta della soia a ottobre 2017, è stata effettuata una minima lavorazione nei tre appezzamenti con distribuzione di 150 kg/ha di fosfato biammonico (18-46 NP). Il frumento (cv. Altamira) è stato seminato il 28 ottobre. Un primo rilievo delle infestanti è stato effettuato a marzo 2018 per valutare la necessità di diserbi e la tipologia di miscele da distribuire. Avendo riscontrato una presenza minima di infestanti, è stato ritenuto di non effettuare il diserbo nelle parcelle della tesi T3 che aveva come filosofia la riduzione dell'uso di erbicidi (Tabella 1).

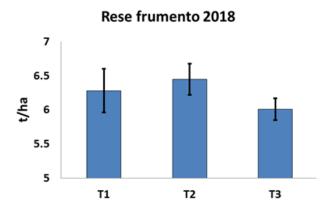


Figura 6 - Rese del frumento (t/ha) delle diverse tesi (T1, T2 e T3). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.



Figura 7 - Semina del sorgo nelle stoppie del frumento.



Figura 8 - Trifoglio con elevata presenza di infestanti poco prima della trinciatura a settembre 2018.



Figura 9 - Sorgo al momento della raccolta a settembre 2018.



Figura 10 - Tesi T3: la cover crop di trifoglio copriva completamente il terreno quando è stato applicato il glifosate prima della semina della coltura.



Figura 11 - 15 luglio 2019. La scarsa emergenza della coltura nelle parcelle T3 (a sinistra) e T1 (a destra) è dovuta alla siccità. Nelle parcelle T3 la cover crop è parzialmente ricresciuta dopo il trattamento con glifosate, con una limitata emergenza di infestanti.



Figura 12 - 10 ottobre 2019: raccolta del sorgo. Sono state ottenute buone rese (30 t/ha di biomassa fresca), bassa presenza di infestanti e non sono state riscontrate differenze significative tra le tesi.

Nelle parcelle delle altre due tesi è stato distribuito un classico erbicida utilizzato sul frumento (clodinafop 30 g/L, pinoxaden 30 g/L, florasulam 7,5 g/L) alla dose di 0,7 L/ha. Il 29 marzo si è provveduto alla trasemina all'interno del frumento di una miscela di trifoglio violetto (Trifolium pratense) e trifoglio bianco (Trifolioum repens) nelle parcelle della tesi T3 alla dose di rispettivamente 20 e 5 kg/ ha (Figura 4). Un ulteriore rilievo delle infestanti è stato fatto a maggio 2018, al momento della fioritura del grano, per valutare il livello di controllo ottenuto con le diverse strategie e lo sviluppo del trifoglio traseminato (Figura 5). La densità delle infestanti presenti era molto bassa e il trifoglio traseminato nelle parcelle della tesi T3 è rimasto allo stadio di 2 foglie vere fino alla trebbiatura del frumento. Le rese ottenute sono state soddisfacenti (6-6,5 t/ha) senza differenze significative tra le tesi (Figura 6). Dopo la raccolta del frumento nelle parcelle della tesi T2 è stato seminato sorgo da biomassa come cover crop estiva (Figura 7), mentre nelle parcelle della tesi T1 il periodo di intercoltura fino a settembre è stato gestito con applicazioni di glifosate. Il trifoglio traseminato si è sviluppato dopo la raccolta del frumento, arrivando a coprire completamente la superficie del terreno, ma non è riuscito a contenere lo sviluppo di specie infestanti perenni come Sorghum halepense e Cirsium arvense o annuali di rapido accrescimento (Figura 8). Per eliminare queste infestanti ed evitarne la disseminazione, è stata effettuata una trinciatura delle parcelle T3 a inizio settembre. Questa operazione non ha compromesso lo sviluppo del trifoglio nei mesi successivi. Il sorgo seminato nelle parcelle T2 ha prodotto molta biomassa grazie a una serie di piogge estive, raggiungendo una taglia

elevata (Figura 9). Per evitare che una tale quantità di materiale lasciato sulla superficie del terreno ostacolasse le successive operazioni di semina, è stato deciso di procedere a settembre 2018 alla trinciatura e raccolta del sorgo per produrre insilato (produzioni circa 10 t/ha di biomassa fresca). A ottobre 2018 nelle parcelle delle tesi T1 e T2 era prevista la semina della cover crop autunnale, mentre nessun intervento era previsto per le parcelle della tesi T3 fino alla devitalizzazione nella primavera 2019 della cover crop di trifoglio traseminato. Purtroppo a causa di un prolungato periodo piovoso, la semina della cover crop autunnale è stata posticipata fino agli inizi di dicembre 2018. Questo ritardo ha notevolmente compromesso la produzione di biomassa da parte della cover crop. La cover crop di trifoglio traseminato è invece riuscita a coprire completamente il terreno durante l'inverno, raggiungendo una buona produzione di biomassa prima della terminazione (Figura 10). Ad aprile 2019 tutte le parcelle sono state trattate con glifosate per terminare le cover crop e pulire dalle eventuali infestanti presenti il letto di semina della successiva coltura primaverile. Inizialmente era stato deciso di seminare mais da granella ma, essendo incerta la disponibilità di acqua durante la campagna 2019 a causa delle scarse precipitazioni invernali che hanno molto ridotto le riserve idriche del bacino di accumulo di Vallevecchia, si è deciso di optare per il sorgo da insilato, coltura più rustica e con minori esigenze idriche. Il sorgo da insilato è stato quindi seminato a giugno 2019. Diverse strategie di controllo chimico erano previste nelle tre tesi, con il doppio intervento di pre e post-emergenza per la T1, il solo post per la T2 e il post solo se necessario per la T3. Il periodo di siccità che ha seguito la semina del sorgo, con praticamente nessuna precipitazione per tutto il mese di giugno, ha impedito l'utilizzo del diserbo di pre-emergenza. Quindi solo il trattamento di post-emergenza (dicamba 150 g ha⁻¹, prosulfuron 15 g ha⁻¹) è stato applicato nelle tesi T1 e T2 il 9 Luglio. Nelle parcelle della tesi T3 è stata osservata una minore emergenza di infestanti a causa della pacciamatura del terreno da parte dei residui della precedente cover crop di trifoglio (Figura 11). Quindi nessun erbicida è stato utilizzato per la tesi T3. La prolungata siccità successiva alla semina ha rallentato e ostacolato l'emergenza anche della coltura e la densità finale non è stata ottimale. Nessuna differenza è stata osservata tra le tesi per questo aspetto.

La coltura è stata raccolta il 10 ottobre 2019 con buone produzioni (30 t ha⁻¹ di biomassa fresca con 70% di UR) nonostante le non ottimali disponibilità idriche in estate (Figura 12). La presenza di infestanti



Figura 13 - 24 ottobre 2019. Dopo la raccolta del sorgo il trifoglio ricopriva l'intera superficie delle parcelled T3 (a destra).



Figura 14 - 24 ottobre 2019. Semina diretta di segale (160 kg/ha) per le parcelle T1 e T2 e di avena strigosa (60 kg/ha) per le parcelle T3.



Figura 15 - 18 febbraio 2020. Condizioni della cover crop a fine inverno: segale per le parcelle T1 e T2 (a destra) e avena strigosa per le parcelle T3 (a sinistra).





Figure 16A e 16B - Fine giugno 2020. Emergenza della soia in parcelle con elevata presenza di residui in superficie (a sinistra) e all'interno delle macchie di trifoglio (a destra).





Figure 17A e 17B - Fine settembre 2020. Parcelle di soia con presenza minima di infestanti (a sinistra) e con macchie di trifoglio (a destra).

era limitata e localizzata nelle fallanze della coltura, causate dalla mancata emergenza per la siccità. Nessuna differenza significativa è stata osservata tra le tesi relativamente alle rese o alla presenza di infestanti. Dopo la raccolta del sorgo il trifoglio, che era rimasto allo stadio di 2-3 trifogliate sotto la canopia (insieme delle chiome fogliari che insistono sulla superficie) della coltura, ha ripreso la crescita e ha coperto il suolo delle parcelle T3 (Figura 13). Il 24 ottobre 2019 le cover crop autunnali sono state seminate in tutte le parcelle: segale (Secale cereale, 160 kg ha⁻¹) per le tesi T1 e T2, avena strigosa (Avena strigosa, 60 kg ha-1) per la T3. L'avena strigosa è stata seminata direttamente all'interno della biomassa del trifoglio senza devitalizzarlo, in modo da aumentare la copertura del terreno durante l'autunno (Figura 14). L'avena strigosa, considerata tra le specie gelive, viene normalmente devitalizzata dal freddo invernale e quindi non si prevedevano interventi per

terminarla nella primavera 2020. Le cover crop sono cresciute durante il periodo autunnale e invernale, purtroppo la semina relativamente tardiva ha limitato la loro produzione di biomassa prima della pausa invernale. Di conseguenza l'avena strigosa è stata in grado di sopravvivere all'inverno e ha ripreso la sua crescita a partire da febbraio 2020 (Figura 15). Allo stesso modo il trifoglio bianco, che era stato inizialmente traseminato a febbraio 2018, ha superato il secondo inverno. Data la rilevante biomassa prodotta, le cover crop sono state trinciate a maggio 2020. Al momento della successiva semina della soia è stata fatta un'applicazione di glifosate. Il trifoglio bianco è stato inizialmente controllato da questo diserbo, ma è ricresciuto nelle settimane successive. A causa di un prolungato periodo siccitoso in aprile e maggio 2020, la semina della soia è stata posticipata al 2 giugno, dopo che alcune precipitazioni avevano aumentato a sufficienza

l'umidità del suolo. L'emergenza e lo sviluppo iniziale della soia sono stati buoni (Figura 16A) anche se alcune macchie di trifoglio bianco presente nelle parcelle della tesi T3 hanno determinato una competizione precoce con la coltura (Figura 16B). L'emergenza delle infestanti è stata inferiore nelle parcelle in cui era presente sulla superficie un maggior quantitativo di residui colturali, che hanno avuto un effetto pacciamatura. Diverse strategie di gestione chimica delle infestanti sono state adottate per le tre tesi: applicazione di un erbicida di postemergenza precoce (bentazone + imazamox + thifensulfuron-methyl, il 24 giugno), seguita da una seconda applicazione di post-emergenza tradizionale (cycloxydim + imazamox + thifensulfuron-methyl, il 30 giugno) per la tesi T1, un'unica applicazione di post-emergenza (cycloxydim + imazamox + thifensulfuron-methyl, il 24 giugno) per le tesi T2 e T3. Un buon livello di controllo delle infestanti è stato ottenuto con tutte le strategie di gestione (Figura 17A), tranne alcune zone circoscritte dei campi in cui erano presenti fallanze nella coltura. Le macchie di trifoglio bianco si sono mantenute fino alla raccolta, riducendo la crescita della soia e la produzione in quelle zone (Figura 17B). La soia è stata raccolta il 10 ottobre con rese di circa 2,6-3,2 t ha-1 (Figura 18). Anche a causa dell'ampia variabilità presente nei campi, dovuta alla presenza di queste fallanze nella soia, non è stato possibile individuare delle differenze significative tra le tesi. Dopo la raccolta della soia è stato applicato glifosate

in tutte le parcelle. Era previsto da programma di procedere subito dopo la raccolta della soia con la semina diretta del frumento, ma l'andamento meteo dei mesi di ottobre e novembre 2020 è stato abbastanza piovoso. I residui colturali della soia, resi umidi dalle piogge, hanno causato ostruzioni e malfunzionamenti della seminatrice. Sono state quindi necessarie varie prove per individuare la corretta calibrazione e settaggio della seminatrice. Questo ha ovviamente comportato un ritardo nella semina del frumento che è avvenuta a dicembre 2020. A gennaio e febbraio 2021 si sono verificati forti temporali che hanno determinato ristagni prolungati in alcune zone dei campi, provocando nelle zone interessate la morte delle piante di frumento ed estese fallanze. La densità delle infestanti presenti a marzo era nella media (circa 20-30 piante m⁻²) senza differenze tra le tesi. Per evitare lo sviluppo eccessivo delle infestanti all'interno delle zone con maggiori fallanze della coltura, è stata effettuata ad aprile 2021 un'applicazione di erbicidi di post-emergenza (miscela di clodinafop 21 g ha-1, pinoxaden 21 g ha⁻¹ e florasulam 5,25 g ha⁻¹) su tutte le parcelle, comprese quelle della tesi T3. Il controllo

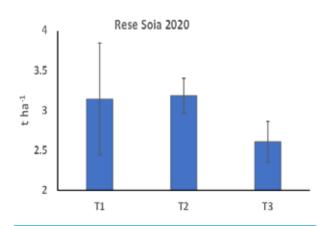


Figura 18 - Rese di soia (t/ha, 14% UR) ottenute con le diverse tesi. I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali indicano gli errori standard.



Figura 19 - Giugno 2021. Macchie di *Conyza canadensis* cresciute all'interno delle fallanze del frumento.

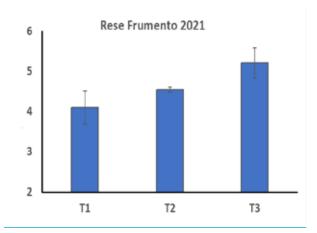


Figura 20 - Rese di frumento (t/ha, 14% UR) ottenute con le diverse tesi. I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali indicano gli errori standard.

delle infestanti è stato soddisfacente ma nella tarda primavera, nella fase di maturazione lattea del frumento, delle macchie dense di *Conyza canadensis* si sono sviluppate nelle zone prive di coltura (Figura 19). Queste piante sono state solo parzialmente danneggiate durante la trebbiatura del cereale e sono poi ricresciute nelle settimane successive. Il frumento è stato raccolto a luglio 2021 con rese medie che variavano tra 4,1 e 5,2 t ha⁻¹ per le tesi T1 e T3, rispettivamente (Figura 20).

Queste rese erano inferiori alle medie locali a causa delle fallanze nella coltura dovute al ristagno idrico. Dato che queste fallanze non erano distribuite in modo uniforme nei campi, ma alcune parcelle erano molto più interessate di altre, non è stato possibile attribuire con sicurezza alla loro diversa gestione le differenze osservate nelle rese medie delle diverse tesi.

Considerazioni conclusive

Questa prova sperimentale si è conclusa dopo la raccolta del frumento a luglio 2021. Considerando i risultati ottenuti e le osservazioni fatte nei 4 anni di sperimentazione, possono essere tratte le seguenti conclusioni:

- dopo 4 anni di gestione, la densità delle infestanti era sostanzialmente simile nelle varie parcelle delle diverse tesi. La gestione a basso uso di erbicidi (tesi T3) non ha causato quindi una crescita rilevante delle popolazioni delle infestanti in confronto a quelle della gestione ad alto uso di erbicidi (tesi T1);
- è stata osservata un'evoluzione parziale della composizione botanica della flora infestante, con la progressiva ma significativa diffusione delle specie anemocore, come la Conyza canadensis;
- le diverse colture testate (grano, soia, sorgo da insilato) hanno dato buoni risultati, con l'eccezione del secondo ciclo di frumento (2021) a causa della semina tardiva e dei successivi ristagni idrici. Questo sottolinea l'importanza della corretta tempistica nella semina delle colture in agricoltura conservativa, dato che non si può ricorrere alle lavorazioni del terreno per migliorare le condizioni del letto di semina;
- le cover crop hanno dato buoni risultati, in particolare la trasemina del trifoglio all'interno del frumento ha garantito una buona densità della cover e un suo accrescimento veloce una volta raccolto il cereale. Il trifoglio bianco ha mostrato una notevole capacità di copertura del suolo, anche quando impiantato con la trasemina nei cereali, ma si sono incontrate notevoli difficoltà per la sua terminazione nonostante l'utilizzo di glifosate. La gestione di questa specie come

- cover crop potrebbe quindi risultare abbastanza difficoltosa in agricoltura conservativa;
- il sorgo si è dimostrato molto rustico, competitivo e a crescita veloce, caratteristiche che lo rendono adatto come cover a semina estiva dopo la raccolta del frumento. Bisogna però considerare che il sorgo è in grado di produrre una notevole biomassa in condizioni favorevoli e in tali casi dopo la sua terminazione avremo una quantità molto elevata di residui sulla superficie del terreno. Questo potrebbe ostacolare le operazioni di semina della successiva coltura da reddito. L'utilizzo di ibridi di sorgo con una produttività media o la parziale rimozione della biomassa prodotta, che potrebbe essere utilizzata come foraggio o per biogas, potrebbe ridurre questo rischio;
- si ritiene che l'avena strigosa sia una specie geliva, cioè che muoia a seguito dell'esposizione alle basse temperature invernali e questo eviterebbe il ricorso a mezzi chimici o meccanici per la sua terminazione. In questa prova invece l'avena strigosa, a causa probabilmente della semina tardiva, ha superato indenne l'inverno riprendendo poi a crescere in febbraio e questo ha comportato la necessità di una sua terminazione meccanica. Per poter utilizzare in modo efficace questa specie nelle regioni a inverni miti, come l'Europa meridionale, è quindi necessario adottare una semina precoce, cioè entro metà settembre per favorire il suo sviluppo autunnale e aumentarne di conseguenza la sensibilità al freddo;
- l'utilizzo di cover crop in grado di tollerare gli sfalci, come i trifogli, consente di controllare le infestanti presenti all'interno della cover crop, impedendo la loro disseminazione;
- strategie di controllo delle infestanti a basso utilizzo di erbicidi possono quindi essere sostenibili ed efficaci anche durante la fase di transizione verso l'agricoltura conservativa, ma è cruciale gestire correttamente le diverse colture da reddito e cover crop ed effettuare con un timing ottimale le diverse operazioni colturali.

WP4 - GESTIONE DELLE INFESTANTI IN MAIS CON RIDOTTO USO DI ERBICIDI UTILIZZANDO L'AGRICOLTURA DI PRECISIONE

L'Unione Europea ha identificato come priorità la riduzione dell'uso di erbicidi e la loro sostituzione con metodi di controllo alternativi. Nelle colture seminate a file larghe, come il mais, il controllo meccanico delle infestanti viene già normalmente effettuato nell'interfila con operazioni come le sarchiature, che servono nel contempo all'interramento dei fertilizzanti. La gestione tradizionale prevede comunque la distribuzione di



Figura 21 - Seminatrice equipaggiata con ugelli per il diserbo localizzato utilizzata nella prova.



Figura 22 - Il prototipo di sarchiatrice Maschio-Gaspardo che combina la sarchiatura in interfila con il diserbo localizzato lungo la fila.

erbicidi in pre o post-emergenza su tutta la superficie del campo, comprese le zone in cui verrà applicato anche il controllo meccanico. Ridurre l'uso degli erbicidi appare quindi fattibile, passando da una distribuzione a tutto campo a una distribuzione localizzata lungo la fila della coltura, dove il controllo meccanico è più difficilmente applicabile. La riduzione della quantità di erbicidi applicati dipende dall'ampiezza della fascia trattata, proprio grazie alla disponibilità delle tecnologie dell'agricoltura di precisione (sistemi di guida semi-automatica dei trattori con correzione RTK). Il cantiere di lavoro attualmente disponibile si basa sull'uso di seminatrici equipaggiate per la distribuzione localizzata degli



Figura 23 - Visore ottico per il riconoscimento delle file della coltura.



Figura 24 - Ugelli per il diserbo localizzato montati sul telaio della sarchiatrice.

erbicidi lungo la fila (Figura 21). Questa operazione è relativamente semplice e veloce ma vincola il diserbo al momento della semina. Possono guindi essere utilizzati solamente erbicidi di pre-emergenza la cui efficacia è legata alla presenza di precipitazioni nei giorni successivi alla distribuzione. Inoltre è necessario un successivo intervento di sarchiatura per il controllo delle infestanti nell'interfila. Combinare la distribuzione localizzata dell'erbicida lungo la fila con il controllo meccanico dell'interfila permetterebbe di effettuare le due operazioni con un unico passaggio e amplierebbe la finestra operativa (dalle 2 alle 6 foglie del mais) consentendo l'utilizzo di un ampio range di erbicidi (post-emergenza precoce e classico). In questo modo però il diserbo verrebbe vincolato alla sarchiatura e quindi può essere effettuato solamente se le condizioni del terreno lo consentono. Inoltre è necessaria un'elevata accuratezza perché la macchina operatrice deve mantenere un preciso posizionamento rispetto alla fila del mais precedentemente seminato, quindi è necessario adottare sistemi di posizionamento e guida intelligente del trattore e/o di riconoscimento della fila della coltura.

Obiettivi

Considerando che le condizioni ambientali possono influire notevolmente sulla fattibilità e sull'efficacia dei mezzi di controllo meccanici e chimici, è opportuno mettere a punto una serie di strategie alternative per il controllo delle infestanti a ridotto uso di erbicidi in grado di adattarsi ad andamenti meteorologici diversi. Questo studio era mirato a valutare la fattibilità e l'efficacia di strategie di controllo delle infestanti su mais basate sulla distribuzione localizzata degli erbicidi lungo la fila e il complementare controllo meccanico nell'interfila. In particolare, gli obiettivi specifici di questo studio erano:

- valutare l'efficacia di un cantiere di lavoro tradizionale per il diserbo localizzato-diserbo lungo la fila con la seminatrice, seguito da sarchiatura;
- valutare l'efficacia di un cantiere di lavoro innovativo per il diserbo localizzato-diserbo lungo la fila e controllo meccanico dell'interfila operato da un prototipo di sarchiatrice con ugelli;
- valutare l'accuratezza e l'efficacia del prototipo di sarchiatrice con ugelli con interventi in fasi colturali successive o diverse ampiezze della fascia diserbata lungo la fila;
- confrontare l'efficacia delle strategie basate sul diserbo localizzato con quelle tradizionali di diserbo a pieno campo (sia pre che post-emergenza). Il prototipo di sarchiatrice per il diserbo localizzato (Figura 22) utilizzato in questa prova

- è stato realizzato da Maschio Gaspardo e si basa sull'integrazione di tre tecnologie:
- 1. la guida semi-automatica del trattore con correzione RTK che sgrava l'operatore dall'incombenza della guida tra le file minimizzando gli scostamenti laterali;
- 2. la guida intelligente della sarchiatrice mediante un visore ottico (Figura 23) in grado di individuare le file della coltura e mantenere un posizionamento accurato dell'attrezzo mediante un sistema idraulico, permettendo di ridurre al minimo la parte non lavorata dell'interfila;
- 3. la distribuzione localizzata dell'erbicida lungo la fila mediante ugelli posizionati sul telaio della sarchiatrice (Figura 24) e con una centralina per il controllo del volume distribuito in base alla velocità di avanzamento e all'ampiezza della fascia trattata.



Figura 25 - Semina del mais con diserbo localizzato lungo la fila.



Figura 26 - Dettaglio dell'ugello montato sulla seminatrice.

Risultati della prova 2019

La prova di campo è stata condotta presso l'Azienda agricola "La Fagiana" ad Eraclea (VE). La prova è stata svolta su un unico appezzamento e comprendeva quattro tesi:

T1 - distribuzione a pieno campo di erbicidi di preemergenza (controllo aziendale 1);

T2 - distribuzione localizzata di erbicidi di preemergenza con la seminatrice (cantiere tradizionale di distribuzione localizzata);

T3 - distribuzione a pieno campo di erbicidi di postemergenza (controllo aziendale 2);

T4 - distribuzione localizzata di erbicidi di postemergenza con la sarchiatrice (cantiere innovativo di distribuzione localizzata).

Per tutte le tesi era prevista la sarchiatura dell'interfila per il controllo delle infestanti e l'interramento dei concimi. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati con tre repliche per tesi, con dimensioni della parcella 150 m x 9 m = 1350 m², e dimensione totale della prova di circa 2 ha. La semina del mais è avvenuta il 19 aprile 2019 utilizzando un trattore con guida automatica RTK/ GPS che ha realizzato la mappa delle file della coltura per garantire l'accuratezza delle operazioni successive. Per la tesi T2, è stata contestualmente effettuata la distribuzione localizzata di erbicida di pre-emergenza (mesotrione 37,5 g ha⁻¹, S-metolachlor 312,5 g ha⁻¹, terbutilazina 187,5 g ha⁻¹, ampiezza banda trattata 25 cm, volume distribuito 100 L ha⁻¹) lungo la fila con la seminatrice (Figure 25 e 26). Il giorno successivo è stata effettuata nelle parcelle della tesi T1 la distribuzione a pieno campo di erbicida di pre-emergenza (mesotrione 112,5 g $ha^{\text{-}1}$, S-metolachlor 937,5 g $ha^{\text{-}1}$, terbutilazina 562,5 g ha⁻¹, volume distribuito 300 L ha⁻¹) con una barra irroratrice. Un primo rilievo delle infestanti è stato effettuato il 30 maggio 2019 prima degli interventi di sarchiatura e di diserbo di post-emergenza, in modo da valutare l'infestazione iniziale nelle parcelle non ancora trattate. L'infestazione presente era costituita dalle tipiche malerbe primaverili-estive (Abutilon theophrasti, Chenopodium album, Echinocloa crus-galli, Polygonum aviculare, Polygonum persicaria, Solanum nigrum e Sonchus asper) con una densità complessiva di 15-20 piante m⁻² (Figura 27). L'intervento con il prototipo di sarchiatrice di Maschio Gaspardo è stato effettuato il 7 giugno 2019 con la coltura alle 5-6 foglie nelle parcelle della tesi T4, effettuando una distribuzione localizzata di erbicidi di post-emergenza (tembotrione 30 g ha-1, dicamba 80 g ha⁻¹, volume distribuito 100 L ha⁻¹). Il diserbo di post-emergenza a pieno campo delle parcelle della tesi T3 è stato effettuato lo stesso giorno (tembotrione 90 g ha-1, dicamba 240 g ha-1,



Figura 27 - Presenza di infestanti prima della sarchiatura in interfila.

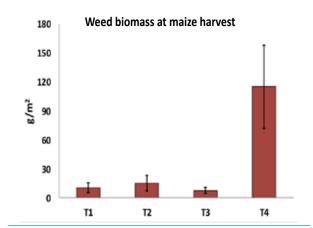


Figura 28 - Biomassa fresca delle infestanti (g/m²) 2019. I valori sono medie di tre replicazioni e le barre verticali rappresentano gli errori standard.

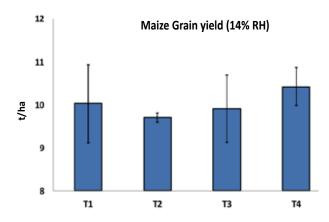


Figura 29 - Resa in granella di mais (t/ha, 14% UR) di ciascuna tesi nel 2019. I valori sono medie di tre replicazioni e le barre verticali rappresentano gli errori standard.

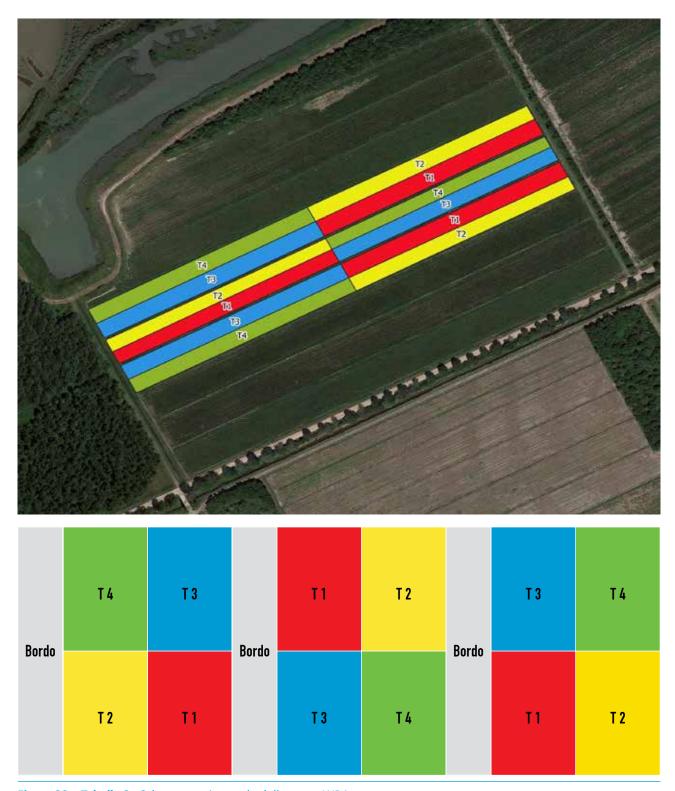


Figura 30 e Tabella 2 - Schema sperimentale della prova WP4.

Legenda

- T1 Diserbo pre-emergenza di pieno campo distribuito con barra
- T2 Diserbo pre-emergenza localizzato distribuito con seminatrice
- T3 Diserbo post-emergenza di pieno campo distribuito con barra
- T4 Diserbo pre-emergenza localizzato distribuito con prototipo di sarchiatrice Maschio-Gaspardo

volume distribuito 300 L ha⁻¹). Nei giorni successivi si è proceduto a sarchiare tutte le parcelle (con esclusione di quella della T4, già sarchiate). Un secondo rilievo delle infestanti è stato effettuato a un mese di distanza dal diserbo di post-emergenza (26 giugno 2019) in modo da valutare l'efficacia del controllo ottenuto con le diverse gestioni e poi in prossimità della raccolta (12 settembre 2019). Il mais è stato raccolto il 24 settembre 2019. Il diserbo di pre-emergenza, sia localizzato che di pieno campo, è risultato molto efficace. Sebbene il momento di distribuzione del diserbo di postemergenza e della sarchiatura non fosse ottimale, il controllo delle infestanti è stato soddisfacente. Tuttavia alcune infestanti avevano una taglia eccessiva al momento della sarchiatura e sono sopravvissute al controllo meccanico nelle parcelle della tesi T4. La densità delle infestanti alla raccolta era quindi maggiore nelle parcelle T4, con un valore di 4-5 piante m⁻², mentre le densità minori, sotto le 2 piante m⁻², sono state osservate nelle tesi con diserbo a pieno campo (T1 e T3). Queste differenze si allargavano quando veniva considerata la biomassa delle infestanti presenti: il valore misurato per la tesi T4 (115 g m⁻²) era 10 volte maggiore di quello delle altre tesi (Figura 28). Questo risultato era dovuto alla presenza di un numero limitato di infestanti di taglia elevata che erano sopravvissute alle operazioni di controllo in post-emergenza, a causa della loro taglia al momento dell'intervento. Ad ogni modo, non sono state individuate differenze significative tra le tesi relativamente alla resa del mais, con medie che variavano da 9,7 a 10,4 t ha-1 di granella al 14% UR (Figura 29). La resa più elevata, come valore assoluto, è stata misurata per la tesi T4. Si può quindi concludere che le due tesi con diserbo localizzato (T2 e T4) hanno ottenuto un controllo delle infestanti tale da mantenere la loro competizione sotto il livello di danno economico per la coltura, nonostante le condizioni molto piovose della primavera 2019 avessero ritardato il diserbo di post-emergenza e ostacolato la sarchiatura.

Risultati della prova 2020

Considerando i risultati positivi ottenuti con la prova del 2019, nonostante le condizioni meteo non ottimali, è stato mantenuto lo stesso disegno sperimentale per la prova 2020 per confermare quanto osservato nella prova precedente. La prova è stata realizzata presso l'Azienda pilota "Vallevecchia" a Caorle (VE).

WP4 prova Veneto 2020 Biomassa infestanti alla raccolta

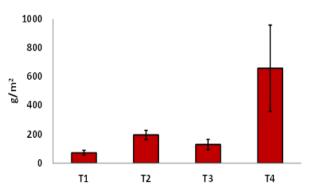


Figura 31 - Biomassa delle infestanti (peso fresco, g/m²) alla raccolta del mais (21 settembre 2020). I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali rappresentano gli errori standard.

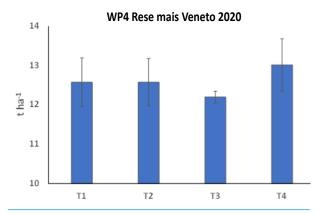


Figura 32 - Rese del mais (t/ha, 14% UR) per le diverse tesi. I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali indicano gli errori standard.

Materiali e metodi

La prova è stata svolta su tre appezzamenti adiacenti e comprendeva quattro tesi:

- T1 distribuzione a pieno campo di erbicidi di preemergenza (controllo aziendale 1);
- T2 distribuzione localizzata di erbicidi di preemergenza con la seminatrice (cantiere tradizionale di distribuzione localizzata);
- T3 distribuzione a pieno campo di erbicidi di postemergenza (controllo aziendale 2);
- T4 distribuzione localizzata di erbicidi di postemergenza con la sarchiatrice (cantiere innovativo di distribuzione localizzata).

Per tutte le tesi era prevista la sarchiatura dell'interfila per il controllo delle infestanti e l'interramento dei concimi. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati con tre repliche per tesi, con dimensioni della parcella 250 m x 14 m = 3500 m², e dimensione totale della prova circa

4,5 ha. La semina del mais è avvenuta il 16 aprile 2020 utilizzando un trattore con guida automatica RTK/ GPS che ha realizzato la mappa delle file della coltura per garantire l'accuratezza delle operazioni successive. Per la tesi T2, è stata contestualmente effettuata la distribuzione localizzata di erbicida di pre-emergenza (mesotrione 48,75 g ha-1, S-metolachlor 406,25 g ha⁻¹, terbutilazina 243,75 g ha⁻¹, ampiezza banda trattata 25 cm, volume distribuito 100 L ha⁻¹) lungo la fila con la seminatrice (Figura 25). Il giorno successivo è stata effettuata nelle parcelle della tesi T1 la distribuzione a pieno campo di erbicida di pre-emergenza (mesotrione 150 g ha⁻¹, S-metolachlor 1250 g ha⁻¹, terbutilazina 750 g ha⁻¹, volume distribuito 300 L ha⁻¹) con una barra irroratrice.

L'applicazione in banda dell'erbicida di postemergenza (nicosulfuron 20 g ha⁻¹, dicamba 64 g ha⁻¹, larghezza della banda trattata 25 cm, volume distribuito 100 L ha⁻¹) con la contemporanea sarchiatura dell'interfila è stata eseguita nelle parcelle T4 il 22 maggio con Il prototipo Maschio Gaspardo. Nel medesimo giorno l'applicazione a pieno campo del post emergenza (nicosulfuron 60 g ha⁻¹, dicamba 192 g ha⁻¹, volume distribuito 300 L ha-1) è stata effettuata nelle parcelle T3 con una barra irroratrice convenzionale. Il rilievo delle infestanti è stato realizzato il 21 maggio prima dell'applicazione del post-emergenza. La densità delle infestanti variava da meno di 10 piante m⁻² nelle parcelle in cui era già stato distribuito il diserbo di pre-emergenza (T1 e T2) a oltre 50 piante m⁻² nelle altre parcelle (T3 e T4). Le principali specie infestanti erano Chenopodium album e Echinochloa crus-galli, ma anche le perenni Calystegia sepium e Sonchus arvenis erano comuni. Il rilievo delle infestanti è stato ripetuto un mese dopo il post emergenza il 22 giugno 2020. La densità delle infestanti variava da meno di 10 piante m⁻² nelle parcelle trattate con il pre-emergenza a pieno campo (T1) a circa 20-30 piante m⁻² nelle altre parcelle (T2, T3 e T4). Molte di gueste infestanti erano in realtà plantule emerse dopo alcuni temporali avvenuti nei giorni successivi ai trattamenti di post-emergenza. Un terzo rilievo delle infestanti è stato condotto il 21 settembre 2020, poco prima della raccolta del mais, andando a misurare anche la biomassa delle infestanti. Alla fine del ciclo colturale, la densità media delle infestanti variava da 6,6 a 30,6 piante m⁻² (per T1 e T4, rispettivamente). La biomassa media delle infestanti, in peso fresco, ha raggiunto i valori minimi nella tesi T1 (circa 70 g m⁻²) e massimi per la tesi T4 (oltre 650 g m⁻²), mentre le tesi T2 e T3 mostravano valori intermedi (Figura 31). Le principali specie infestanti presenti a fine ciclo erano ancora Chenopodium

album e Echinochloa crus-galli, ma anche le perenni Calystegia sepium Sonchus arvenis.

Il mais è stato raccolto il 10 ottobre con rese medie tra 12,2 e 13,0 t ha-1 di granella (14% UR) senza differenze significative tra le tesi (Figura 32). La maggiore densità di infestanti osservata nelle parcelle gestite con il diserbo di post-emergenza in banda utilizzando il prototipo di Maschio Gaspardo non ha quindi determinato una maggiore competizione nei confronti della coltura.

Conclusioni generali

Considerando i dati raccolti e le osservazioni fatte negli anni di prova, è possibile trarre alcune prime conclusioni generali:

- buone rese e un controllo soddisfacente delle infestanti sono state mediamente ottenute in tutte le tesi nel 2019 e 2020, anche se una maggiore presenza di infestanti era evidente nelle parcelle gestite con il diserbo in banda di post-emergenza eseguito con il prototipo di Maschio Gaspardo (T4). Questo potrebbe portare a un aumento progressivo delle popolazioni delle infestanti e quindi minare la sostenibilità a medio termine di queste gestioni a basso uso di erbicidi;
- la gestione basata sul diserbo localizzato di preemergenza applicato con la seminatrice (T2) si è dimostrata più semplice e affidabile di quella con il diserbo in banda di post-emergenza, ma tale maggiore efficacia viene fortemente compromessa in presenza di specie infestanti perenni;
- le strategie di controllo delle infestanti basate sul diserbo in banda possono quindi essere sostenibili ed efficaci nelle condizioni della maiscoltura in Italia settentrionale, ma è necessario integrare queste strategie con strumenti e tattiche aggiuntive (rotazioni colturali, cover crops, lavorazioni del suolo) per limitare la presenza di infestanti.

PROVE SPERIMENTALI PRESSO L'AZIENDA "LUCIO TONIOLO" **DI LEGNARO**



Consiglio Nazionale delle Ricerche



Figura 1 - Ubicazione delle prove di campo presso l'Azienda "L. Toniolo".

L'azienda agraria sperimentale "Lucio Toniolo", di proprietà dell'Università degli Studi di Padova, è stata fondata nel 1960 e ha un corpo principale di 65 ettari a Legnaro (Padova) e un secondo corpo di 15 ettari a Pozzoveggiani (Padova) gestito in agricoltura biologica. Questa azienda è un centro sperimentale ma anche un'azienda commerciale che produce colture di pieno campo, latte e prodotti animali e vino biologico. Considerata la vicinanza con il campus di Agripolis a Legnaro, in cui ha sede la Scuola di Agraria e Medicina Veterinaria dell'Università degli Studi di Padova, in azienda hanno luogo regolari attività didattiche e dimostrative.

Indirizzo:

Azienda agraria sperimentale "Lucio Toniolo" dell'Università degli Studi di Padova Via dell'Università. 4 35030 Legnaro (PD)

Coordinate GPS: 45°20'48.9" N. 11°57'00.3" E

L'azienda è dotata di varie infrastrutture a supporto dell'attività di ricerca, quali serre e stalle sperimentali, e ospita alcune prove di campo di lungo periodo. Sono condotte in questa azienda ricerche in molti settori disciplinari e su molteplici tematiche, come ad esempio gli effetti nel lungo periodo di diversi sistemi agricoli, le misure di mitigazione (siepi, fasce tampone, zone umide e biobed) per ridurre l'inquinamento derivante da pesticidi o nutrienti, la gestione dei tappeti erbosi, la difesa delle colture e gestione delle infestanti, le colture di copertura, l'allevamento animale, la qualità degli alimenti.

Per informazioni e visite guidate contattare: Donato Loddo

e-mail: donato.loddo@ibaf.cnr.it

tel: +39 049 8272822

WP3 - PROVA DI GESTIONE INTEGRATA DELLE INFESTANTI (IWM) SU FRUMENTO TENERO

I sistemi colturali dell'Italia settentrionale sono normalmente basati su colture primaverili come mais e soia, mentre il frumento viene inserito nella rotazione ogni 3 o 4 anni. La produttività del frumento in quest'area (7-9 t ha-1) è superiore rispetto alle tipiche zone cerealicole italiane, quindi la presenza delle infestanti può causare cali di resa economicamente rilevanti. La gestione delle infestanti si basa normalmente sull'applicazione di erbicidi in post-emergenza alla fine dell'inverno o a inizio primavera. Dato che la rotazione colturale prevede principalmente colture primaverili, le flore infestanti presenti non sono quelle tipiche, spesso difficili da controllare, delle zone dove viene praticata la monocoltura del frumento. In questa situazione è quindi possibile provare a ridurre l'uso dei diserbanti adottando una combinazione di metodi di controllo meccanici e agronomici. I metodi di controllo meccanico, come la falsa semina o l'erpice strigliatore, possono essere molto efficaci per la gestione delle infestanti su frumento, ma sono notevolmente influenzati dalle condizioni ambientali, come l'umidità del suolo e l'entità dello sviluppo delle infestanti al momento dell'intervento. Scarse precipitazioni in autunno possono ridurre la germinazione delle malerbe e di conseguenza rendere poco efficace la falsa semina, mentre in presenza di prolungati periodi piovosi in febbraio e marzo potrebbe essere difficile effettuare un intervento con l'erpice strigliatore. Le cover crop (colture di copertura) possono contribuire alla gestione delle infestanti all'interno della rotazione, ad esempio limitandone la crescita nei periodi di inter-coltura tra la raccolta del frumento e la successiva semina di una coltura primaverile, e allo stesso tempo migliorare la fertilità del suolo. Le condizioni climatiche e del suolo dopo la raccolta del frumento non sono però normalmente ottimali per la semina e il successivo sviluppo delle cover crop, a causa della ridotta umidità del suolo, le scarse precipitazioni e le alte temperature. La tecnica tradizionale della bulatura, cioè l'anticipo della semina della cover crop mediante la trasemina all'interno del frumento, è stata proposta per migliorare l'impianto delle cover crop e la loro copertura del suolo durante i mesi estivi, tuttavia le informazioni relative alla fattibilità di questa tecnica nelle condizioni del Nord Italia sono limitate.

Obiettivi

La prova era mirata a valutare la fattibilità e l'efficacia di metodi di controllo meccanico su frumento, considerando gli interventi autunnali e primaverili nelle condizioni ambientali del Nord Italia e dalla campagna 2018/19 è stata sperimentata anche la fattibilità ed efficacia della tecnica della trasemina di cover crop (trifoglio) nel frumento. Sono state confrontate strategie di gestione delle malerbe basate:

- 1) sul solo diserbo chimico (campagna 2017/2018);
- 2) sulla combinazione di controllo chimico e meccanico;
- 3) sul solo controllo meccanico;
- 4) sul controllo meccanico più la trasemina di trifoglio (campagne 2018/19 e 2019/20). In particolare, gli obiettivi specifici di questo studio sono stati:
- definire strategie di controllo meccanico delle malerbe su frumento in base alle specifiche condizioni pedo-climatiche, considerando i fattori limitanti di tipo aziendale e operativo;
- ridurre l'impatto ambientale della gestione delle infestanti su frumento, riducendo o evitando l'utilizzo di erbicidi grazie all'adozione di efficaci strategie di controllo meccanico:
- valutare la fattibilità ed efficacia dell'utilizzo della bulatura del trifoglio nel frumento per facilitare l'impianto delle cover crop.

Risultati della prova 2017/18

La prova comprendeva tre strategie di gestione delle infestanti:

- 1) controllo solamente chimico basato sull'applicazione di erbicidi di post-emergenza in primavera (tesi C);
- 2) integrazione di controllo chimico e meccanico con falsa semina autunnale più applicazione di erbicidi di post-emergenza in primavera solo se necessario e cercando di ridurre l'uso di erbicidi (tesi CM);
- 3) controllo solo meccanico con falsa semina autunnale più erpice strigliatore a denti flessibili allo stadio di accestimento della coltura (tesi M). Un prolungato periodo secco a ottobre 2017 ha limitato l'emergenza delle infestanti e quindi anche l'efficacia della falsa semina, mentre i livelli eccessivi di umidità del terreno a febbraio-marzo 2018 hanno impedito l'utilizzo dell'erpice strigliatore nelle parcelle della tesi M. Il 28 marzo 2018 sono state applicate nelle parcelle delle tesi C e CM due diverse miscele di erbicidi. Durante il rilievo effettuato alla fioritura del frumento, la densità minore di infestanti sia come piante (11,7 piante m-²) che come biomassa (10,8 g m-²) è stata osservata nelle parcelle della tesi C, mentre il livello più alto è stato riscontrato

nelle parcelle CM (101,8 piante m² e 122,5 g m²), probabilmente a causa di una densità iniziale molto elevata di *Veronica persica* (oltre 200 piante m²) in una delle parcelle. Sono state ottenute rese medie elevate per tutte le tesi, da 8,9 t ha¹ (14% UR) per la tesi C a 8,4 t ha¹ per le tesi CM e M (Figura 2). Questi risultati positivi sono stati in parte dovuti all'effetto del sistema colturale (rotazione con colture primaverili), che ha limitato le popolazioni di infestanti autunnali. Ad ogni modo, questo sottolinea la fattibilità di gestioni delle infestanti con ridotto uso di erbicidi.

Risultati della prova 2018/19

Tenendo conto dei risultati ottenuti con la prova 2017/18, il disegno sperimentale della prova 2018/19 è stato modificato per testare un altro strumento IWM, ovvero la bulatura del trifoglio nel frumento, e per procedere nella direzione di una riduzione dell'uso di erbicidi. Le tesi CM (integrazione di controllo chimico e meccanico) e M (solo controllo meccanico) sono state quindi mantenute, mentre la tesi C (solo controllo chimico) è stata sostituita dalla tesi MR (controllo meccanico + bulatura) che prevedeva falsa semina autunnale più erpice strigliatore a denti flessibili allo stadio di accestimento della coltura e trasemina del trifoglio nel frumento. Durante il periodo della falsa semina (16 ottobre-14 novembre 2018) l'andamento meteorologico è stato abbastanza piovoso ed è stata osservata una notevole emergenza di infestanti, pertanto la falsa semina ha avuto una buona efficacia. Il prolungato periodo piovoso ha però causato anche il ritardo di alcune settimane della semina del cereale. Il 25 febbraio 2019 è stata effettuata la trasemina, prima distribuendo a spaglio il trifoglio (trifoglio violetto, 25 kg ha-1 di seme) nelle parcelle MR e poi passando l'erpice strigliatore nelle parcelle M e MR per interrare il seme ed eliminare eventuali infestanti presenti. La scarsità di precipitazioni nel mese di marzo 2019 ha rallentato l'emergenza del trifoglio; infatti, le prime plantule sono state osservate tre settimane dopo la trasemina. Il diserbo è stato effettuato il 22 marzo nelle parcelle CM. Ridotte densità (meno di 10 piante m⁻²) e biomassa di infestanti (meno di 20 g m⁻²) sono state osservate in tutte le tesi. Buone rese (6,8-7,3 t ha-1 con 14% UR) sono state ottenute in tutte le tesi senza differenze significative (Figura 3). La crescita del trifoglio è stata monitorata dopo la raccolta del cereale ma l'andamento meteo caldo e secco in giugno (in totale meno di 10 mm di pioggia) ha ostacolato la crescita della cover crop che aveva prodotto a metà luglio una biomassa fresca inferiore a 0,5 t ha⁻¹. A causa di questo sviluppo stentato,

Rese frumento 2018 10 9.5 9 8 7.5 C C CM M

Figura 2 - Rese medie del frumento (t/ha, 14% UR) ottenute nel 2018 dalle tesi a confronto (C: diserbo chimico; CM: diserbo chimico e meccanico; M: diserbo meccanico). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

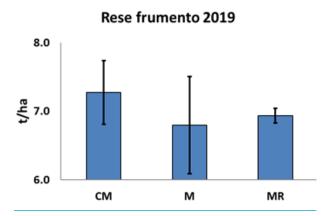


Figura 3 - Rese medie del frumento (t/ha, 14% UR) ottenute nel 2019 dalle tesi a confronto (C: diserbo chimico; CM: diserbo chimico e meccanico; M: diserbo meccanico). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

l'abilità competitiva del trifoglio contro le infestanti era limitata ed è stato quindi necessario procedere con una trinciatura in agosto per eliminare le infestanti presenti ed evitare la loro disseminazione.

Risultati della prova 2019/20

Nelle prove del 2017/18 e 2018/19 sono stati ottenuti risultati promettenti in relazione al controllo delle infestanti e alle rese del frumento per tutte le tesi confrontate, comprese quelle che prevedevano il solo controllo meccanico delle infestanti. La bulatura del trifoglio nel frumento (già testata nella prova 2018/19) non ha avuto molto successo a causa del prolungato periodo freddo e piovoso in aprilemaggio, seguito poi da un giugno molto secco e caldo, che ha notevolmente ridotto la densità e la



Figura 4 - Vista del campo sperimentale a metà giugno 2020 con il frumento completamente allettato.

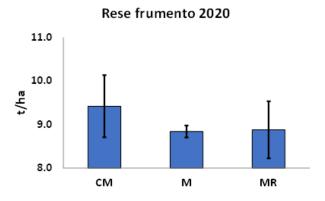


Figura 5 - Rese medie del frumento (t/ha, 14% UR) ottenute dalle diverse tesi a confronto (CM: integrazione di diserbo chimico e meccanico; M: solo diserbo meccanico; MR: diserbo meccanico + bulatura). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

crescita del trifoglio. La tecnica della bulatura è stata quindi nuovamente testata nella prova 2019/20. Lo schema sperimentale utilizzato per la prova del 2018/19 è stato adottato anche per quella del 2019-20. La prova è stata allestita in un appezzamento dell'Azienda agraria sperimentale "L. Toniolo" in cui barbabietola e mais sono stati coltivati nei due anni precedenti. La prova è consistita nel confronto di tre tesi, ovvero tre diverse strategie di gestione delle infestanti:

- 1) tesi CM: integrazione di controllo chimico e meccanico con falsa semina autunnale più applicazione di erbicidi di post-emergenza in primavera solo se necessario e cercando di ridurre l'uso di erbicidi;
- 2) tesi M: controllo solo meccanico con falsa semina autunnale più erpice strigliatore a denti flessibili allo

stadio di accestimento della coltura;

3) tesi MR: controllo meccanico più bulatura con falsa semina autunnale, utilizzo di erpice strigliatore e bulatura del trifoglio nel frumento.

La concimazione e la difesa da insetti e patogeni è stata gestita nello stesso modo in tutte le tesi. Il disegno sperimentale era a blocchi randomizzati con tre repliche per tesi (dimensioni della parcella: $30 \text{ m} \times 10 \text{ m} = 300 \text{ m}^2$, dimensione totale della prova: circa 5000 m^2).

Subito dopo la raccolta della barbabietola a metà settembre 2020, il terreno è stato estirpato per prepararlo alla falsa semina. Dopo circa un mese, il 21 ottobre, il terreno è stato nuovamente lavorato con un erpice rotante per eliminare le infestanti emerse e per preparare il letto di semina. Il frumento è stato seminato il 23 ottobre. Il periodo in cui si è svolta la falsa semina (15 settembre-21 ottobre) è stato abbastanza piovoso, favorendo l'emergenza delle infestanti. La falsa semina quindi è stata efficace. Il primo rilievo delle infestanti è stato fatto il 17 febbraio 2020, la densità era elevata con principalmente specie dicotiledoni, come Lamium purpureum, Stellaria media e Veronica persica, mentre Poa annua e Lolium multiflorum erano le principali graminacee presenti. Il 18 febbraio è stato distribuito a spaglio il trifoglio (trifoglio violetto, 25 kg ha⁻¹ di seme) nelle parcelle MR ed è stato successivamente effettuato un passaggio con l'erpice strigliatore nelle parcelle M e MR per interrare il seme ed eliminare eventuali infestanti presenti. Il diserbo (mesosulfuron-methyl 15 g ai ha-1 + iodosulfuron-methyl-sodium 3 g ai ha-1) è stato condotto il 18 marzo 2020 nelle parcelle CM. Un secondo campionamento delle infestanti è stato effettuato il 12 maggio alla fioritura del frumento. A causa della presenza di piante di L. multiflorum di notevole taglia al momento della strigliatura, il controllo non è stato ottimale in una parcella della tesi MR (densità delle infestanti 50 piante m⁻² e biomassa 566 g m⁻²). Il livello di controllo ottenuto nelle altre parcelle della tesi MR è invece stato accettabile (densità media 35 piante m⁻² e biomassa 70 g m⁻²), così come per le parcelle delle tesi M e CM, considerando l'alto livello iniziale di infestazione. Prolungati periodi siccitosi in aprile e maggio hanno ostacolato l'emergenza e la crescita del trifoglio, la cui densità di impianto non era ottimale. Pesanti temporali durante i primi giorni di giugno hanno causato l'allettamento completo del frumento, che è rimasto così fino alla trebbiatura (Figura 4). Questa situazione ha causato un effetto pacciamatura data l'elevata biomassa prodotta dalla coltura, soffocando le piante di trifoglio.

La raccolta del frumento e' avvenuta il 30 giugno,

ottenendo rese elevate (8,8-9,4 t/ha al 14% UR) per tutte le tesi, senza differenze significative (Figura 5). La maggiore presenza di infestanti nelle parcelle della tesi MR non ha quindi causato una maggiore competizione con la coltura, non provocando altresì cali di resa significativi. Dopo la raccolta del cereale non sono state osservate piante di trifoglio nelle parcelle a causa del prolungato periodo di allettamento del frumento.

Conclusioni generali

Dato che ogni possibile strategia basata sulla riduzione progressiva dell'uso di erbicidi e la loro sostituzione con il controllo meccanico deve essere calibrata in base alle locali condizioni ambientali e agronomiche, testare strumenti e tattiche innovative, come la bulatura del trifoglio nei cereali, in condizioni reali di campo e con andamenti meteo diversificati è particolarmente importante. Dati i risultati ottenuti e le osservazioni fatte nei tre anni di prova, si possono tratte alcune conclusioni:

- buone rese di frumento e controllo soddisfacente delle infestanti sono state ottenute mediamente con tutte le tesi, anche se maggiori densità di infestanti sono state osservate nelle tesi gestite con il solo controllo meccanico, soprattutto in parcelle caratterizzate da un'elevata infestazione iniziale. Questo potrebbe portare a un progressivo aumento delle popolazioni di infestanti e mettere quindi in discussione la sostenibilità a lungo termine di queste gestioni;
- strategie di gestione delle infestanti a basso quantitativo o senza erbicidi possono quindi essere sostenibili ed efficaci nei sistemi cerealicoli del Nord Italia, ma è cruciale integrare il controllo meccanico con altri strumenti o tattiche agronomiche (rotazione delle colture, cover crop, lavorazioni) per evitare l'eccessiva proliferazione e disseminazione delle infestanti;
- la bulatura del trifoglio all'interno del frumento non ha ottenuto risultati soddisfacenti in termini di densità della cover crop e sul suo sviluppo dopo la raccolta del cereale. La tecnica di impianto adottata in questa prova (distribuzione a spaglio della semente e successivo interramento mediante erpice strigliatore) non ha garantito un impianto uniforme e ottimale del trifoglio. Tecniche alternative, come la semina diretta con seminatrici da sodo, sono quindi probabilmente preferibili. Inoltre, la maggiore frequenza di tempeste estive, probabilmente dovuta al cambio climatico, determina un maggior rischio di allettamento dei cereali con conseguente compromissione dello sviluppo del trifoglio bulato. Complessivamente quindi sembra che la tecnica della bulatura del

trifoglio nei cereali necessiti ancora di ulteriori aggiustamenti per permettere una sua efficace implementazione nei sistemi agricoli dell'Italia settentrionale.

Contatto:

Donato Loddo (CNR) donato.loddo@cnr.it tel. +39 0498272822

PROVE SPERIMENTALI PRESSO IL CENTRO DI RICERCHE AGRO-AMBIENTALI "E. AVANZI" (CIRAA)









Il centro di ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" (CiRAA) dell'Università di Pisa è situato all'interno del parco regionale di "Migliarino, San Rossore, Massaciuccoli" e della riserva della biosfera "Selva Pisana". Con i suoi 500 ettari di superficie agricola coltivabile, è il più grande centro per lo studio di sistemi agricoli sostenibili d'Italia e uno tra i più grandi d'Europa.

Il CiRAA è stato fondato nel 1963 a seguito della donazione della tenuta "Tombolo" da parte della Repubblica Italiana all'Università di Pisa, con l'obiettivo di supportare le ricerche e la didattica delle aree di studio relative alle scienze veterinarie e agrarie. Il centro di ricerche è stato intitolato a Enrico Avanzi, illustre professore di agronomia e rettore dell'Università di Pisa dal 1947 al 1959. Il CiRAA è coinvolto in numerosi progetti di ricerca e organizza regolarmente giornate dimostrative

in cui partecipano ricercatori, tecnici e agricoltori locali, finalizzate al trasferimento di innovazioni e alla condivisione dei principali risultati ottenuti dalle prove sperimentali.

Le aree di ricerca in cui il CiRAA è coinvolto riguardano principalmente: pratiche agronomiche sostenibili, colture di copertura, difesa delle piante coltivate, controllo delle infestanti, agricoltura biologica, meccanizzazione agraria, allevamento zootecnico, qualità degli alimenti, bioenergie, economia agraria e impatto ambientale. Per queste caratteristiche, il CiRAA è stato incluso dalla regione Toscana nella rete dei centri per il trasferimento delle innovazioni in agricoltura. Data l'elevata superficie dell'azienda, parte di essa è impiegata per la produzione commerciale di cereali, foraggi e orticole.

Indirizzo:

Centro di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" (CiRAA) Via Vecchia Marina, 6 56122 San Pietro a Grado (PI) Coordinate GPS: 43°40'11.7"N 10°18'49.2"E Per informazioni e visite guidate contattare: Daniele Antichi e-mail: daniele.antichi@unipi.it tel. +39 050 2218962

Stefano Carlesi

e-mail: stefano.carlesi@santannapisa.it

tel. +39 050 883569

LTE - LONG TERM EXPERIMENT COVER CROPS

"LTE Cover crops" è una sperimentazione di lungo periodo iniziata nel 1993 con l'obiettivo di studiare sistemi agricoli più sostenibili e alternativi alla monosuccessione del mais, pratica molto diffusa tra gli agricoltori locali del tempo.

La sperimentazione è iniziata mettendo a confronto due tipologie di gestione, convenzionale vs basso input, con l'introduzione dei sovesci all'interno di una monosuccessione di mais, con l'ipotesi di poter così diminuire la competizione della flora infestante e limitare l'utilizzo di input esterni come fertilizzanti ed erbicidi.

Dal 1998, dato il crescente interesse da parte degli agricoltori locali nei confronti della coltivazione di cereali autunno-vernini, nella prova è stato aggiunto il frumento, trasformando la rotazione in biennale mais-frumento.

Per la stessa ragione, dal 2007 è stato inserito il girasole, modificando la rotazione in quadriennale frumento-mais-frumento-girasole con sovesci intercalari tra la coltura autunno-vernina e quella primaverile-estiva. Per quanto riguarda la gestione dell'irrigazione, nel corso degli anni sono state eseguite solo irrigazioni di soccorso.

Obiettivi

L'obiettivo di questa prova è valutare l'effetto sul lungo periodo di due tipologie di gestione (convenzionale vs basso input), 4 livelli di fertilizzazione azotata della coltura principale e 4 tipologie di sovesci (*Brassica juncea, Trifolium* squarrosum, Vicia villosa e il controllo con flora spontanea) su: 1) qualità del suolo, 2) produttività delle colture e 3) dinamiche di popolazione della flora spontanea.

Materiali e metodi

Il disegno sperimentale di questa prova ha 4 repliche (blocchi) e 3 fattori: tipologia di gestione, fertilizzazione azotata, e tipologia di sovescio (Tabella 1).

Le stategie a confronto sono: CS = strategia convenzionale; LIS = strategia a basso input. La Tabella 1 riporta i diversi livelli di fertilizzazione azotata utilizzati per frumento duro, mais e girasole. La tipologia di gestione è il fattore principale: convenzionale (CS), che prevede un'aratura annuale a 30 cm di profondità e basso input (LIS) che prevede l'utilizzo di un chisel a 30 cm di profondità prima della semina della coltura primaverile-estiva e la non lavorazione per la semina della coltura autunno-vernina. I quattro livelli di fertilizzazione azotata sono inseriti all'interno dello schema sperimentale cambiando il quantitativo a seconda delle esigenze di ogni coltura: 0,60, 120, 180 unità di azoto per ettaro per il frumento duro; 0, 100, 200, 300 per il mais; e 0, 50, 100, 150 per il girasole. Le 4 tipologie di sovescio sono: controllo senza cover crop (C); Brassica juncea L. (Bj); Trifolium squarrosum L. (Ts); Vicia villosa Roth (Hv). I sovesci vengono seminati in autunno e devitalizzati in aprile, prima della semina del mais o del girasole. La devitalizzazione dei sovesci è chimica per la parte della prova gestita in modo convenzionale



Figura 1 - Ubicazione della prova sperimentale LTE Cover Crop.

FI	ELD 1	FIE	LD 2	FIE	LD 3	FIE	LD 4	FIE	LD 5	FIE	LD 6	FIE	LD 7	FIE	LD 8
36	37	44	45	52	53	60	61	68	69	76	77	84	85	92	93
BJ	C	TS	Vv	C	BJ	TS	Vv	Vv	BJ	C	TS	BJ	Vv	Vv	C
35	38	43	46	51	54	59	62	67	70	75	78	83	86	91	94
C	BJ	BJ	TS	TS	c	Vv	BJ	C	TS	BJ	Vv	TS	BJ	C	TS
34	39	42	47	50	55	58	63	66	71	74	79	82	87	90	95
Vv	TS	Vv	C	BJ	Vv	C	TS	BJ	Vv	TS	C	Vv	C	TS	BJ
33	40	41	48	49	56	57	64	65	72	73	80	81	88	89	96
TS	Vv	C	BJ	Vv	TS	BJ	C	TS	C	Vv	BJ	C	TS	BJ	Vv
4	TS TS	12	13	20	21	28	29	97	104	105	112	113	120	121	128
Vv		C	Vv	BJ	C	TS	BJ	C	BJ	BJ	Vv	Vv	BJ	C	TS
3	6	11	14	19	22	27	30	98	103	106	111	114	119	122	127
BJ	C	Vv	BJ	TS	Vv	C	TS	Vv	TS	TS	C	BJ	Vv	Vv	BJ
TS	7	10	15	18	23	26	31	99	102	107	110	115	118	123	126
	BJ	TS	c	C	TS	BJ	Vv	BJ	C	Vv	BJ	C	TS	TS	C
1	8	9	16	17	24	25	32	100	101	108	109	116	117	124	125
C	Vv	BJ	TS	Vv	BJ	Vv	C	TS	Vv	C	TS	TS	C	BJ	Vv
N0	N1	N2 CS	N3	N2	N1 L	NO IS	N3	N0	N1	N2 CS	N3	N2	N1 L	NO .IS	N3

FRUMENTO DURO		MAIS		GIRASOLE		
N0=	0 Kg/ha	N0=	0 Kg/ha	N0=	0 Kg/ha	
N1=	60 Kg/ha	N1=	100 Kg/ha	N1=	50 Kg/ha	
N2=	120 Kg/ha	N2=	200 Kg/ha		100 Kg/ha	
N3=	180 Kg/ha	N3=	300 Kg/ha	N3=	150 Kg/ha	

C = Controllo (no cover crop)

Bj = Brassica juncea

Ts = Trifolium squarrosum

Vv = Vicia villosa

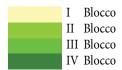


Tabella 1 - Schema sperimentale della prova di lungo periodo sulle Cover Crops

(CS) e meccanica per quella a basso input (LIS). Anche il controllo della flora infestante è gestito in modo differente sulla base del tipo di gestione: tramite diserbo chimico in pre-emergenza (per girasole) e post-emergenza (frumento e mais) per il sistema convenzionale, e tramite l'utilizzo dell'erpice strigliatore per il sistema a basso input. Ogni anno, dal 1993, vengono eseguiti campionamenti che prevedono la raccolta della biomassa della parte aerea della coltura principale al momento della raccolta, la biomassa aerea dei sovesci al momento della loro devitalizzazione e la biomassa delle infestanti. Dal 2008 inoltre viene campionato anche il livello di copertura e la densità delle infestanti al momento di massimo sviluppo dei sovesci.

Risultati

Fertilità del suolo

Per la valutazione della fertilità del suolo, sono stati presi in considerazione la sostanza organica e l'azoto totale nei primi 30 cm di terreno. I dati raccolti dal 1993 al 2008 mostrano un significativo aumento di questi due parametri nella parte della prova gestita con la minima lavorazione (+17,3% e

+10,4% rispettivamente in 15 anni).

Anche l'utilizzo dei sovesci ha mostrato un effetto positivo sulla fertilità del suolo, in particolare i sovesci di leguminose portano un significativo aumento della sostanza organica (+13,3%) e dell'azoto totale (+4,4%), mentre l'utilizzo di sovesci con specie non leguminose sembra non apportare benefici significativi rispetto al controllo (Mazzoncini *et al.*, 2011).

Per quanto riguarda la fertilità biologica del suolo, per il sistema a basso input è stato registrato in 15 anni un significativo aumento del tasso di respirazione del suolo (+44%) e della biomassa microbica (+71%) rispetto al controllo. Anche per quanto riguarda i micro-artropodi del terreno, importanti bio-indicatori del livello di salute del suolo, è emerso che il sistema a basso input, rispetto al sistema convenzionale, era significativamente più ricco sia in termini di abbondanza che di diversità (Sapkota *et al.*, 2012).

Controllo infestanti

Dallo studio della composizione della comunità delle infestanti effettuato dal 2012 al 2015 è emerso che durante il ciclo di crescita dei sovesci





Figure 2 e 3 - Sorgo nella primavera del 2018, notare come sia facile riconoscere le parcelle di sorgo con cover crops come coltura precedente (foto di Lorenzo Tramacere e Massimo Sbrana).

la composizione della comunità delle infestanti cambia significativamente rispetto al controllo. Questi cambiamenti sembrano però non protrarsi nel tempo una volta che i sovesci vengono devitalizzati e durante il periodo di crescita delle colture principali sia estive che invernali. La gestione a basso input, inoltre, sembra favorire la presenza di infestanti perenni rispetto a quelle a ciclo annuale per via del minor livello di disturbo che caratterizza questo tipo di gestione. In questo sistema, la biomassa totale delle infestanti è più alta. Questo implica la necessità di studiare possibili aggiustamenti alla gestione dei sovesci per evitare lo spostamento della composizione della comunità delle infestanti in direzioni che possano offuscare gli effetti positivi delle lavorazioni minime (Carlesi et al. 2015).

Lista delle pubblicazioni

- Bàrberi, P., & Mazzoncini, M. (2001). Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. Weed Science, 49(4), 491-499.
- Carlesi S., Antichi D., Bigongiali F., Mazzoncini M., Bàrberi P. Long term effects of cover crops on weeds in Mediterranean low input arable management systems. 17th European Weed Research Society Symposium "Weed management in changing environments", 23-26 June 2015, Montpellier, FRANCIA (Oral presentation)
- Iocola, I., Bassu, S., Farina, R., Antichi, D., Basso, B., Bindi, M., ... & Giglio, L. (2017). Can conservation tillage mitigate climate change impacts in Mediterranean cereal systems? A soil organic carbon assessment using long term

- experiments. European Journal of Agronomy, 90, 96-107.
- Lechenet, M., Deytieux, V., Antichi, D., Aubertot, J. N., Bàrberi, P., Bertrand, M., ... & Debaeke, P. (2017). Diversity of methodologies to experiment Integrated Pest Management in arable cropping systems: Analysis and reflections based on a European network. European journal of agronomy, 83, 86-99.
- Mazzoncini, M., Sapkota, T. B., Barberi, P., Antichi, D., & Risaliti, R. (2011). Long-term effect of tillage, nitrogen fertilization and cover crops on soil organic carbon and total nitrogen content. Soil and Tillage Research, 114(2), 165-174.
- Moonen, A. C., & Barberi, P. (2004). Size and composition of the weed seedbank after 7 years of different cover-crop-maize management systems. WeedResearch, 44(3), 163-177.
- Sapkota, T. B., Mazzoncini, M., Bàrberi, P., Antichi, D., & Silvestri, N. (2012). Fifteen years of no till increase soil organic matter, microbial biomass and arthropod diversity in cover cropbased arable cropping systems. Agronomy for Sustainable Development, 32(4), 853-863.

Coordinate GPS: 43°40′11.7″N 10°18′49.2″E Contatti:

Daniele Antichi

e-mail: daniele.antichi@unipi.it

tel. +39 050 2218962

Stefano Carlesi

e-mail: stefano.carlesi@santannapisa.it

tel. +39 050 883569



Figura 4 - Valutazione della capacità auto-riseminante a settembre 2018 (foto di Federico Leoni).

PACCIAMATURA PERMANENTE DI LEGUMINOSE PER IL CONTROLLO DELLE MALERBE IN SISTEMI ORTICOLI BIOLOGICI

La competizione della flora infestante è uno dei principali fattori che determina importanti perdite produttive nei sistemi orticoli biologici. In questi agro-ecosistemi, l'utilizzo di un'ampia rotazione colturale, di mezzi meccanici e il trapianto sono le strategie più efficaci per limitare la competizione delle infestanti nei confronti delle colture principali. Tuttavia, l'utilizzo di una o più di queste strategie, spesso, non è sufficiente per ottenere adeguati livelli di controllo. Le colture di copertura (cover crops) leguminose, possono aiutare nel controllo delle infestanti durante tutta la rotazione colturale. In particolare, risulta interessante e innovativo il loro utilizzo per creare una pacciamatura permanente su cui coltivare specie orticole tramite metodi di non o minima lavorazione (es. lavorazione a strisce). La pacciamatura permanente di leguminose può essere ottenuta tramite l'utilizzo di specie perenni oppure di annuali auto-riseminanti. Le leguminose perenni possono creare una fitta pacciamatura di biomassa vivente che persiste anno dopo anno. Le leguminose annuali auto-riseminati, invece, sono in grado di svilupparsi durante la stagione fredda formando una densa pacciamatura che rimarrà vitale fino al completamento del ciclo di crescita. Nei mesi estivi queste leguminose disseccano e la biomassa che rimane in campo costituisce una pacciamatura morta che può aiutare nel controllo della flora infestante. Queste leguminose, a fine estate, grazie alla loro capacità auto-riseminante

Genere specie	Cultivars			
Lotus corniculatus L.	Giada			
Lotus corniculatus L.	Leo			
Trifolium repens L.	Huia			
Trifolium repens L.	Haifaa			
Trifolium repens L.	RD84			
Medicago polymorpha L.	Scimitar			
Medicago polymorpha L.	Anglona			
Medicago polymorpha L.	Mauguio			
Trifolium subterraneum L.	Fontanabona			
Trifolium subterraneum L.	Antas			
Trifolium subterraneum L.	Dalkeith			
Trifolium subterraneum L.	Campeda			

Tabella 2 - Elenco delle leguminose utilizzate nell'esperimento 1.

Genere specie	Cultivars		
Ecotipi			
Medicago polymorpha L.	Pitigliano (SI)		
Medicago polymorpha L.	Manciano (GR)		
Medicago polymorpha L.	Talamone (GR)		
Medicago polymorpha L.	Principina (GR)		
Medicago polymorpha L.	VIIIa Salto (SS)		
Medicago polymorpha L.	San Felice Circeo (LT)		
Medicago polymorpha L.	Tarquinia (VT)		
Commerciali			
Medicago polymorpha L.	Scimitar		
Medicago polymorpha L.	Anglona		
Medicago polymorpha L.	Mauguio		

Tabella 3 - Ecotipi e cultivar commerciali di *M. polymorpha* utilizzati nell'esperimento 2.

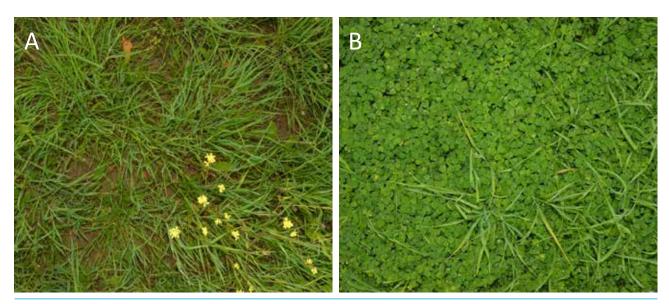


Figure 5A e 5B - A) flora infestante nella parcella di controllo nella primavera 2018; B) flora infestante presente nella parcella di *T. subterraneum* sub. brachycalycinum cv. Antas nella primavera 2018 (foto di Federico Leoni).

sono in grado di germinare dai semi che hanno lasciato nel terreno la primavera precedente, iniziando un nuovo ciclo di crescita. Uno dei principali fattori che determinano il successo di questo sistema riguarda la scelta della leguminosa da utilizzare per la formazione della pacciamatura permanente. Le leguminose caratterizzate da una crescita assurgente e vigorosa, potrebbero infatti entrare in competizione con la coltura principale provocandone una perdita produttiva. Questa problematica nasce dal fatto che la disponibilità sul mercato di leguminose con le specifiche caratteristiche per questo sistema è limitata. In molti casi, le leguminose in commercio sono state selezionate per altri utilizzi (es. la produzione di elevata di biomassa per foraggi), rendendole troppo competitive nei confronti delle colture orticole. In questo studio vengono valutate alcune leguminose poliennali e annuali auto-riseminanti, per selezionare quelle più adatte per essere utilizzate come pacciamatura permanente in sistemi orticoli.

Obiettivi

L'obiettivo di questo esperimento è la selezione, tramite una valutazione agronomica, delle leguminose (annuali auto-riseminanti e perenni) più adatte a creare una pacciamatura permanente per sistemi orticoli biologici gestiti con minime lavorazioni. L'elemento principale di valutazione è la loro capacità di contenere la flora infestante. Le leguminose sono inoltre valutate dal punto di vista morfologico e fenologico con l'obiettivo

di selezionare quelle con caratteristiche tali da massimizzare la competizione nei confronti delle infestanti e minimizzare eventuali fenomeni di competizione con la coltura principale. In particolare, le leguminose con crescita prostrata e caratterizzate da elevata biomassa potrebbero essere delle buone candidate per questo sistema colturale. Un esperimento aggiuntivo è stato condotto con l'obiettivo di estendere la selezione anche ad ecotipi. Gli ecotipi di leguminose, infatti, non avendo subito alcun processo di selezione per caratteri produttivi, potrebbero avere le caratteristiche adatte per essere utilizzati in sistemi orticoli come la pacciamatura permanente. Inoltre, gli ecotipi possono essere più adattabili alle condizioni pedo-climatiche locali, rispetto alle cultivar commerciali che spesso sono selezionate in ambienti molto diversi dai nostri.

Materiali e metodi

Questo esperimento è stato condotto a Pisa, all'interno dell'area biologica del centro di ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" (CIRAA). Diciannove cultivar ed ecotipi di leguminose sono stati testati in parcelle da 4,5 m², replicate per 4 volte. Le leguminose sono state seminate nel novembre 2017 in un campo precedentemente arato a 25 cm e affinato con l'utilizzo di un erpice rotativo. La crescita e la fenologia delle leguminose sono state costantemente monitorate tramite rilievi visivi. La biomassa di leguminose e infestanti è stata raccolta durante 3 campionamenti eseguiti rispettivamente in primavera e autunno 2018 e in primavera 2019,

ovvero in concomitanza dell'ipotetico momento del trapianto delle colture orticole estive e invernali. Per quanto riguarda le leguminose autoriseminanti, è stata valutata anche la loro capacità di rigerminazione nell'autunno successivo alla semina e la durezza dei semi (Figura 4). In accordo con gli obiettivi di questo esperimento, le leguminose sono state divise in due gruppi e analizzate separatamente come segue:

- Esperimento 1: sono state valutate 11 cultivar commerciali appartenenti a 5 tipologie di leguminose. Parcelle con vegetazione spontanea sono state utilizzate come controllo (Tabella 2).
- Esperimento 2: sono stati valutati 7 ecotipi e 3

cultivar commerciali di *M. polymorpha* (in comune con l'esperimento 1) (Tabella 3). Il suolo nudo è stato utilizzato come controllo (Figure 5A e 5B). Gli ecotipi provenienti dal Centro-Italia sono stati forniti dalla banca del germoplasma dell'Istituto di miglioramento genetico dell'Università di Perugia e dal Centro per lo Studio dei Pascoli Mediterranei (CNR-CSPM) di Sassari.

Risultati

I risultati di questo esperimento confermano che l'utilizzo delle leguminose come pacciamatura permanente rappresenta uno strumento interessante per il controllo delle infestanti in

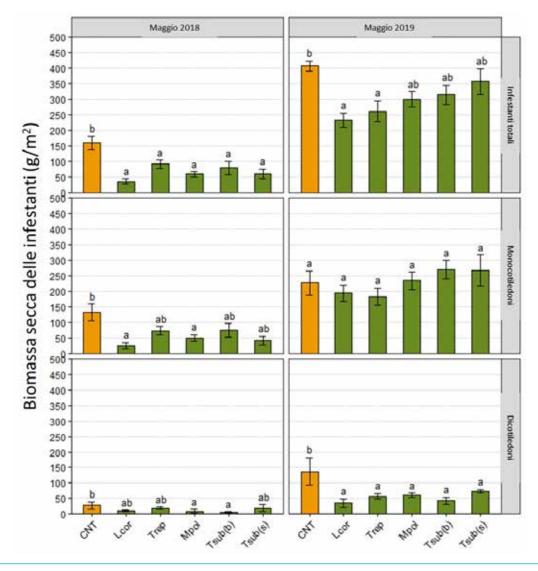


Figura 6 - Biomassa secca delle infestanti (g/m²) e biomassa specifica per le infestanti monocotiledoni e dicotiledoni a maggio 2018 e 2019. CNT, controllo; Lcor, *Lotus cornicutaus*; Trep, *Trifolium repens* tutte le specie insieme; Mpol, *Medicago polymorpha* tutte le specie insieme; Tsub(b), *Trifolium subterraneum* tutte le subsp. brachycalycinum insieme; Tsub(s), *Trifolium subterraneum* tutte le subspecie subterraneum insieme. Le diverse lettere ad ogni tempo di campionamento indicano differenze significative a livello di 0,05 (Tukey post-hoc test). Le barre di errore corrispondono all'errore standart (S.E.).

sistemi orticoli biologici (Figura 6). Durante i primi mesi di sviluppo, le leguminose annuali autoriseminati hanno mostrato, in generale, un miglior controllo delle infestanti rispetto alle leguminose perenni. Le leguminose auto-riseminanti si sono infatti distinte per il rapido sviluppo e una elevata produzione di biomassa durante le prime fasi di crescita attuando una maggiore competizione nei confronti delle infestanti.

L'anno successivo, nella primavera del 2019, le leguminose annuali auto-riseminanti e perenni pur avendo in media livelli di produzione di biomassa e copertura del suolo simili, hanno mostrato un diverso effetto nei confronti delle infestanti. Le leguminose perenni hanno ridotto in media del 40% la biomassa delle infestanti rispetto al controllo, mentre nessun effetto significativo è stato osservato per le leguminose annuali auto-riseminanti. Questa differenza potrebbe essere spiegata dal diverso effetto che le due tipologie di leguminose hanno avuto sulle infestanti durante il periodo estivo precedente. Durante il periodo estivo, le leguminose perenni hanno ridotto in media del 70% la biomassa delle infestanti in confronto al controllo grazie alla formazione di una densa pacciamatura di biomassa vivente. La pacciamatura morta delle leguminose annuali auto-riseminanti, invece,

non è risultata abbastanza densa da permettere un'efficace competizione nei confronti delle infestanti, incrementando la loro presenza l'anno successivo. Tra le leguminose auto-riseminanti, il *Trifolium subterraneum* subsp. brachycalycinum cv. Antas è stata l'unica cultivar che ha mostrato un controllo delle infestanti durante il periodo estivo paragonabile a quello delle leguminose perenni. Per quanto riguarda il secondo esperimento di questo studio, non sono stati riscontrati effetti significativi in termini di controllo delle infestanti da parte di ecotipi e cultivar commerciali *M. polymorpha* durante la primavera del primo anno dell'esperimento (maggio 2018).

Nella primavera successiva (maggio 2019), alcuni ecotipi (es. Manciano (GR), Talamone (GR), Principina (GR) e San Felice Circeo (LT)) hanno ridotto significativamente la biomassa delle infestanti rispetto al controllo, mentre nessun effetto significativo è stato osservato per le cultivar commerciali.

La capacità di controllo delle infestanti da parte delle leguminose durante il secondo anno dell'esperimento è risultata positivamente correlata con: i) la capacità delle leguminose di mantenere la loro biomassa anno dopo anno e ii) la capacità auto-riseminante.

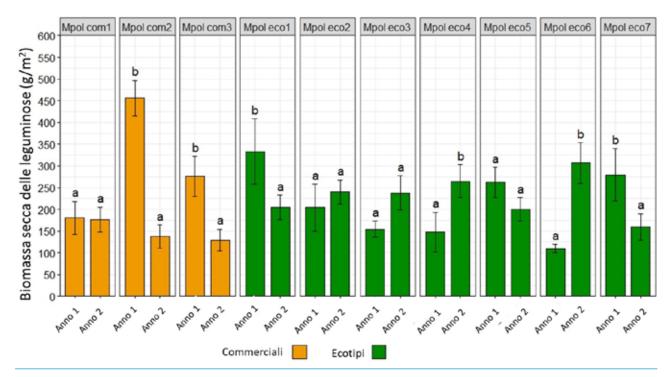


Figura 7 - Biomassa di *M. polymorpha* (ecotipi e cultivar commerciali) a maggio 2018 e 2019. Mpol com1: *M. polymorpha* cv. Mauguio, Mpol com2: *M. polymorpha* cv. Anglona, Mpol com3: *M. polymorpha* cv. Scimitar, Mpol eco1: *M. polymorpha* ecotipo Pitigliano (GR), Mpol eco2: *M. polymorpha* ecotipo San Manciano (GR), Mpol eco3: *M. polymorpha* ecotipo Talamone (GR), Mpol eco4: *M. polymorpha* ecotipo.

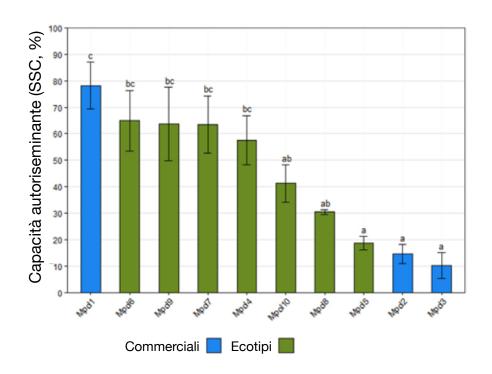


Figura 8 - Capacità auto-riseminante di cultivar commerciali ed ecotipi di *Medicago polymorpha* (SSC, %). Mpol1: *M. polymorpha* cv. Scimitar; Mpol2: *M. polymorpha* cv. Anglona; Mpol3: *M. polymorpha* cv. Mauguio; Mpol4: *M. polymorpha* eco. Pitigliano (SI); Mpol5: *M. polymorpha* eco. Manciano (GR); Mpol6: *M. polymorpha* eco. Talamone (GR); Mpol7: *M. polymorpha* eco. Principina (GR); Mpol8: *M. polymorpha* eco. Villa Salto (SU); Mpol9: *M. polymorpha* eco. San Felice Circeo (LT); Mpol10: *M. polymorpha* eco. Tarquinia (VT). Le diverse lettere (a-d) indicano differenze significative a livello di 0,05 (Tukey post-hoc test). Le barre di errore corrispondono all'errore standart (S.E.).

Infatti, gli ecotipi che hanno ottenuto il miglior controllo della flora infestante (Talamone (GR), Principina (GR) e San Felice Circeo (LT)) hanno mostrato anche un consistente incremento della biomassa nella primavera 2019, in confronto all'anno precedente, rispettivamente del 65, 125 e 200% (Figura 7) e una buona capacità autoriseminante, rispettivamente al 65, 63 e 63% (Figura 8). In generale, sulla base dei risultati ottenuti dagli esperimenti di questo studio, è stata osservata complementarità nel tempo tra leguminose a perenni e annuali auto-riseminanti per quanto riguarda alcune caratteristiche (es. produzione di biomassa, copertura del suolo) rilevanti per un efficace controllo delle infestanti. L'utilizzo di queste due tipologie di leguminose e di ecotipi locali per la realizzazione di miscugli potrebbe essere una soluzione interessante per l'ottenimento di una pacciamatura permanente che permetta un efficace controllo della flora infestante anno dopo anno. Tutti i risultati sono disponibili consultato l'articolo open-access "Legume Ecotypes and Commercial Cultivars Differ in Performance and Potential Suitability for Use as Permanent Living Mulch in Mediterranean Vegetable Systems" (www.mdpi.com/2073-4395/10/11/1836).

Sito sperimentale: Centro di ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" (CIRAA), San Piero a Grado (PI) Coordinate GPS: 43°40'42.9"N, 10°20'05.9"E Contatti:

federico.leoni@santannapisa.it stefano.carlesi@santannapisa.it camilla.moonen@santannapisa.it tel. 050 883569

SELEZIONE DELLE SPECIE DI LEGUMINOSE PIÙ ADATTE PER ESSERE UTILIZZATE IN BULATURA CON IL FRUMENTO DURO IN UN SISTEMA CEREALICOLO A BASSO INPUT

La bulatura del frumento con leguminose sussidiarie o foraggere è una pratica colturale sostenibile che permette di ottimizzare la disponibilità di nutrienti (in particolare l'azoto) e migliorare il controllo della flora infestante a livello di rotazione colturale. La bulatura consiste nella coltivazione di due o più specie in consociazione, durante una parte del loro ciclo di crescita. Nei sistemi cerealicoli mediterranei, la bulatura consiste nella trasemina, a spaglio o a righe, della leguminosa nel frumento in fase di accestimento. Per la buona riuscita della bulatura è importante effettuare la semina prima che il frumento entri in fase di levata al fine di evitare danni alla coltura principale durante l'operazione di semina. In tale sistema, dopo la mietitura del cereale in

consociazione, le leguminose solo lasciate in campo mantenendo il suolo coperto fino alla semina della coltura in successione. La scelta delle specie di leguminose più adatte per la bulatura va eseguita in relazione al tipo di coltura consociata e necessita di essere ben calibrata sulla base delle specifiche condizioni ambientali e del contesto produttivo.

Per quanto riguarda la bulatura con il frumento duro (una delle principali colture cerealicole coltivate in Italia), la scelta delle leguminose adatte è di fondamentale importanza, perché devono avere specifiche caratteristiche morfologiche, fenologiche e fisiologiche. In questo studio sono stati presi in considerazione anche gli effetti residui delle leguminose a livello di rotazione colturale. Lo sviluppo e la produzione delle colture, il controllo delle infestanti e la fertilità del suolo sono stati monitorati nel frumento in consociazione fino alla raccolta della coltura in successione, in questo caso il sorgo da foraggio. Inoltre, sono stati affrontati alcuni aspetti pratici come, ad esempio, i criteri di scelta tra la semina contemporanea e la bulatura

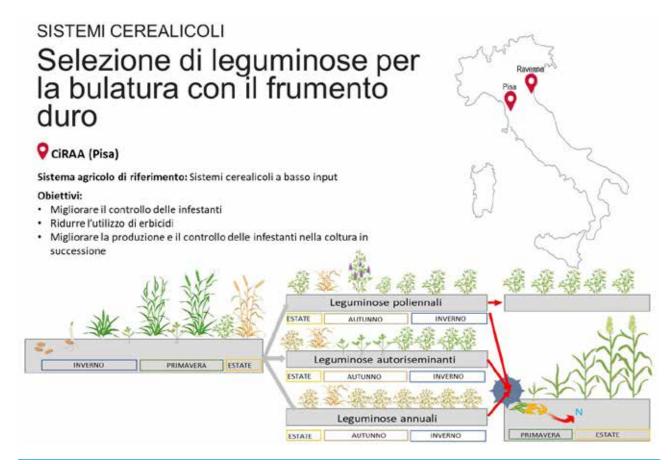


Figura 9 - Prova di selezione delle specie di leguminose più adatte per essere utilizzate in bulatura con il frumento duro. L'esperimento è stato condotto a Pisa (Centro interdipartimentale di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa) e Ravenna presso la stazione sperimentale di Horta.

delle leguminose con il frumento e aspetti tecnici riguardanti la scelta del metodo di semina più efficace per la bulatura. Lo stesso esperimento è stato condotto a Ravenna presso la stazione sperimentale di Horta (vedi pagina 54). Di seguito sono riportati i risultati principali dell'esperimento condotto a Pisa. I risultati ottenuti nei campi sperimentali di Pisa e Ravenna sono stati messi a confronto nell'articolo "Relay intercropping can efficiently support weed management in cereal-based cropping system when appropriate legume species are chosen" (https://link.springer. com/article/10.1007/s13593-022-00787-3?utm source=xmol&utm_medium=affiliate&utm_ content=meta&utm_campaign=DDCN_1_GL01_ metadata). Inoltre, è stato prodotto un video riguardante l'esperimento condotto a Pisa che mostra l'effetto residuo delle leguminose in bulatura sul sorgo in successione (https://www. youtube.com/watch?v=OoiSwaHMmrU&t=9s).

Materiali e metodi

Questo esperimento è stato condotto a Pisa e Ravenna e replicato per due stagioni consecutive (2017/18, 2018/19) (Figura 9). A Pisa la sperimentazione è stata realizzata presso i campi sperimentali del CiRAA (Centro interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa). L'esperimento di Pisa è stato gestito a basso input, senza l'utilizzo di erbicidi e fertilizzanti. Il frumento duro (cv. Minosse) è stato seminato alla dose di 250 kg/ ha a righe distanti 17,5 cm. L'epoca di semina del frumento variava tra ottobre e novembre, mentre la trasemina delle leguminose è stata eseguita a fine febbraio, prima della fase di levata del frumento. Il frumento è stato raccolto a luglio e le leguminose sono state lasciate in campo fino alla primavera successiva. Nel 2017/18 l'elenco delle leguminose utilizzate è riportato in Tabella 4. Durante la seconda replica dell'esperimento (2018/19) alcune leguminose sono state escluse dallo studio (Vicia villosa, Trifolium michelianum, Medicago truncatula e Medicago scutellata). Il frumento coltivato da solo è stato utilizzato come controllo per valutare l'effetto delle leguminose sulle infestanti e sui parametri di produzione del frumento. Nei due siti sperimentali di Pisa e Ravenna le leguminose sono state traseminate utilizzando due tecniche di semina differenti: a Pisa sono state seminate a righe tra le file del frumento, mentre a Ravenna sono state seminate a spaglio. Tre leguminose (M. sativa, T. repens e T. sotterraneo) sono state seminate sia a spaglio che a righe in entrambe le località, per valutare l'effetto

Specie delle leguminose	Cultivar	Dose di semina (kg/ha)	Ciclo biologico
Trifolium alexandrinum	Leila	30	Annuale
Trifolium incarnatum	Kardinal	30	Annuale
Trifolium resupinatum	Laser	10	Annuale
Vicia villosa	Capello	80	Annuale
Trifolium michelianum		15	Annuale
Medicago polymorpha	Scimitar	40	Autoriseminante
Medicago truncatula	Paraggio	40	Autoriseminante
Medicago scutellata	Sava	40	Autoriseminante
Trifolium subterraneum	Mintaro	35	Autoriseminante
Medicago lupolina	-	40	Poliennale
Medicago sativa	Gamma	40	Poliennale
Trifolium repens	Companion	15	Poliennale
Hedysarum coronarium	Carmen	30	Poliennale

Tabella 4 - Elenco delle specie di leguminose utilizzate nell'esperimento.

della tecnica di semina sulla germinazione delle leguminose. Inoltre, la *M. sativa* è stata seminata sia tramite semina contemporanea con il frumento che in bulatura, per valutare l'effetto delle due modalità di consociazione sulla produzione di biomassa dell'erba medica. Le leguminose sono state mantenute in campo fino alla primavera successiva alla raccolta del frumento. In primavera le leguminose sono state trinciate e incorporate nel terreno tramite aratura, mentre il sorgo da foraggio (cv. Sugar graze 2) è stato seminato per valutare l'effetto residuo delle leguminose. Nella parcella di controllo, dopo la raccolta del frumento, il suolo è stato lasciato senza colture fino alla semina del sorgo.

Risultati

Effetto della bulatura sul frumento

La produzione del frumento è stata in media di 3,2 t/ha, in linea con il livello produttivo della piana pisana. Nessuna delle leguminose utilizzate nell'esperimento ha avuto effetti negativi sulla produzione potenziale del frumento. Tuttavia, le leguminose annuali come T. resupinatum, T. incarnatum e V. villosa sono state caratterizzate da una crescita molto vigorosa durante la parte finale del loro ciclo, ovvero quando la competizione del frumento per spazio e luce viene meno per via del raggiungimento della maturità. La crescita eccessiva di queste leguminose e la loro altezza massima (> 80 cm) può interferire e ostacolare la mietitura del frumento, con gravi ripercussioni sulla conservabilità della granella in post-raccolta. Le altre leguminose in esame hanno mostrato caratteristiche di crescita complementarie con il frumento. L'altezza massima raggiunta da queste

leguminose è stata in media di 16,5 cm, ovvero sei volte inferiore rispetto all'altezza massima del frumento (98 cm). Con l'utilizzo di leguminose di taglia ridotta il frumento può essere raccolto senza ostacoli regolando l'altezza di taglio della barra falciante della mietitrebbia.

I risultati di questo studio mostrano che la bulatura di leguminose non ha effetti significativi sull'assorbimento di nutrienti da parte del frumento. La bulatura prevede la semina delle leguminose nel frumento già sviluppato, quindi il limitato periodo di consociazione non è risultato sufficiente affinché le leguminose potessero fornire un contributo significativo al frumento in termini di produzione e quantità di proteine nella granella. La percentuale di proteine nella granella è stata in media del 14%. Al contrario, la permanenza delle leguminose dopo la raccolta del frumento ha aumentato in modo significativo la produzione e l'assorbimento di azoto nel sorgo da foraggio in successione.

Controllo delle infestanti

In sistemi colturali a basso input, l'utilizzo della tecnica della bulatura ha permesso di ridurre in modo significativo la biomassa delle infestanti durante il periodo di consociazione con il frumento. L'efficienza di controllo delle infestanti (WCE) è risultata fortemente correlata con la biomassa delle leguminose in estate, al momento della raccolta del frumento (R2=0,35, P<0,05), in autunno (R2=0,50, P<0,001) e nella primavera successiva (R2=0,44, P<0,001). La produzione di

biomassa delle leguminose misurata al momento della raccolta del frumento è risultata sufficiente per ridurre la biomassa delle infestanti rispetto al frumento coltivato da solo. Alcune leguminose tra cui M. sativa, H. coronarium, M. lupulina, T. incarnatum e T. resupinatum hanno ridotto del 70% la biomassa delle infestanti durante il periodo di consociazione in confronto con il frumento coltivato da solo. Altre leguminose come *T. repens* e T. subterraneum hanno mostrato una diversa efficienza nel controllare le infestanti comparando le due repliche dell'esperimento. In particolare, la bassa capacità di controllare le infestanti del trifoglio bianco (T. repens) durante il periodo di consociazione, è probabilmente dovuta alla sua crescita lenta e alla scarsa produzione di biomassa. Dopo la raccolta del frumento le leguminose sono state mantenute in campo. Successivamente, in autunno, è stato eseguito un campionamento per valutate la capacità di controllo delle infestanti. In autunno la biomassa secca delle infestanti nelle parcelle di controllo è stata di 112,11 g/m² e 361,20 g/m² rispettivamente durante la prima e la seconda replica dell'esperimento. Durante la prima replica dell'esperimento le leguminose poliennali hanno ridotto la biomassa secca delle infestanti in media del 67% rispetto al controllo, mentre durante la seconda replica dell'esperimento queste leguminose hanno ridotto la biomassa delle infestanti del 72% rispetto al controllo. In particolare, l'erba medica (M. sativa) ha avuto un'efficienza del controllo delle infestanti molto alta, pari al 97%, un dato significativamente





Figura 10 - Bulatura del frumento con *M. lupolina* (a sinistra) e *T. incarnatum* (a destra). La *M. lupolina* è cresciuta in uno spazio complementare rispetto alla parte riproduttiva del frumento risultando adatta per la bulatura. Il *T. incarnato*, al contrario, ha mostrato una crescita vigorosa durante le ultime fasi di sviluppo ostacolando la raccolta meccanica del frumento.

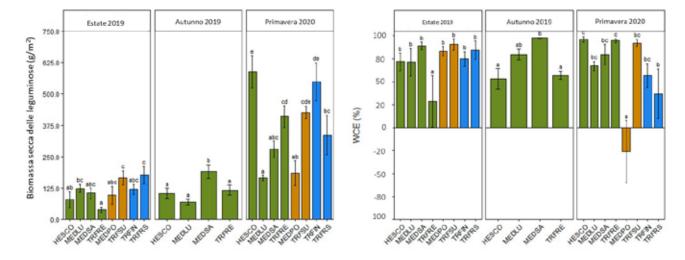


Figura 11 - Biomassa secca (a sinistra, g/m²) e Weed Control Efficiency - efficienza del controllo delle malerbe (a destra, WCE%) delle leguminose in estate (al momento della raccolta del frumento), in autunno e nella primavera successiva, rispettivamente durante la seconda replicazione dell'esperimento. CNTR: Plot di controllo (frumento coltivato da solo); MEDSA: *Medicago sativa*; TRFRE: *Trifolium repens*; HESCO: *Hedysarum coronarium*; MEDLU: *Medicago lupulina*; MEDPO: *Medicago polymorpha*; TRFSU: *Trifolium subterraneum*; TRFIN: *Trifolium incarnatum*; TRFRS: *Trifolium resupinatum*. I diversi colori delle barre corrispondono al diverso ciclo biologico delle leguminose (verde: poliennali, arancione: annuali auto-riseminanti, blu: annuali). Le diverse lettere (a-d) indicano una differenza significativa a livello di 0,05. Le barre di errore corrispondono all'errore standard (SE).

superiore rispetto alla sulla (*H. coronarium*, 53%) e al trifoglio bianco (*T. repens*, 57%). Nella primavera successiva alla raccolta del frumento, la biomassa delle infestanti nelle parcelle di controllo era di 205,38 g/m² e 22,38 g/m² rispettivamente durante la prima e seconda replica dell'esperimento. Durante la stagione 2017/18 *T. resupinatum* e *T. incarnatum* avevano una biomassa di infestanti superiore rispetto al controllo rispettivamente del 78% e 18%. Durante la seconda replica dell'esperimento, la sulla (*H. coronarium*) il trifoglio bianco (*T. repens*) e il trifoglio sotterraneo (*T. subterraneum*) hanno ridotto la biomassa delle infestanti rispettivamente del 96%, 94%, 92% rispetto al controllo (Figure 11).

Metodo di semina: confronto tra semina a righe e semina a spaglio

In un sistema a basso input come quello di Pisa, la semina a righe delle leguminose può essere il metodo di semina più appropriato. In questo sistema la produzione di biomassa delle leguminose è stata in media 10 volte superiore rispetto a sistemi più produttivi come quello di Ravenna, a causa della minore competizione del frumento per lo spazio e la luce (la biomassa del frumento è stata in media il 45% inferiore rispetto a Ravenna). In queste condizioni, la disposizione spaziale ottimizzata delle piante è fondamentale

per evitare problemi di competizione con la coltura principale. Utilizzando la semina a righe delle leguminose i semi vengono posizionati al centro dell'interfila del frumento e, in questo modo, la distanza tra il frumento e le file della leguminosa è massimizzata, limitando il rischio di competizione. La semina a spaglio delle leguminose può essere eseguita con seminatrici meccaniche.

Epoca di semina: confronto tra bulatura e semina contemporanea delle leguminose

In sistemi a basso-input sono stati spesso osservati fenomeni di competizione tra le leguminose e la coltura principale in caso di semina contemporanea delle due componenti della consociazione. In questo caso, fornire un vantaggio competitivo al frumento attraverso la tecnica della bulatura può limitare l'opportunità di competizione tra il frumento e la leguminosa. In questo studio abbiamo confrontato la semina contemporanea con la bulatura dell'erba medica (M. sativa) con il frumento. La bulatura ha fornito un vantaggio competitivo al frumento e ha ridotto la produzione di biomassa dell'erba medica del 50% rispetto alla semina contemporanea, senza intaccare la capacità di controllo delle infestanti (Figura 12). Tuttavia in un sistema di coltivazione a basso input come quello di Pisa, la semina ritardata delle leguminose può ancora causare la competizione

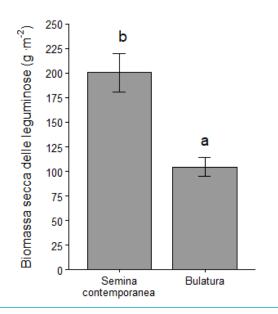


Figura 12 - Biomassa prodotta dall'erba medica (*M. sativa*) utilizzata in consociazione contemporanea e in bulatura con il frumento duro in un sistema a basso-input.

con il frumento nel caso di leguminose non adatte. In questo esperimento le leguminose annuali come *T. resupinatum* e *V. villosa* hanno sovrastato il frumento e hanno mostrato una crescita molto vigorosa durante la parte finale del loro ciclo vitale, quando la competizione per la luce e lo spazio del frumento diminuisce con il giungere della maturità. La competizione tardiva di queste leguminose non ha influenzato la produzione del frumento, perché la traslocazione dei nutrienti nelle cariossidi era già avvenuta, anche se è stato rilevato un Harvest Index (HI, indice di raccolta) significativamente più basso rispetto al controllo. La crescita vigorosa delle leguminose ha però causato problemi al momento del raccolto.

Utilizzo finale delle leguminose

Uno dei maggiori benefici nell'utilizzo della tecnica della bulatura per sistemi cerealicoli a basso-input, è l'aumento della fertilità del suolo tramite la fissazione di N atmosferico a vantaggio delle colture in avvicendamento. L'azoto rilasciato dalle leguminose durante la loro crescita e successivamente al loro interramento (green manure), supporta la produzione delle colture in successione e permette di limitare l'utilizzo di input esterni come i fertilizzanti di sintesi. In generale, i risultati di questo esperimento hanno dimostrato che la produzione del sorgo seminato in successione al frumento in bulatura è strettamente correlata con il livello di biomassa prodotta dalle

leguminose in primavera e che la bulatura delle leguminose permette di aumentare in modo significativo la biomassa e l'assorbimento di azoto del sorgo (Figura 13).

Durante la prima ripetizione dell'esperimento, il sorgo preceduto da H. coronarium, T. subterraneum, T. repens e M. sativa ha prodotto un quantitativo di biomassa significativamente più alto (rispettivamente +457%, +437%, +363% e +291%) rispetto al controllo (2,06 t/ha). Un effetto simile è stato osservato anche durante la seconda ripetizione dell'esperimento. Uno studio condotto sui parametri produttivi di varie cultivar di sorgo da foraggio ha mostrato che la stessa cultivar di sorgo utilizzata in questo studio (Sugar Graze 2) può produrre dalle 9 alle 13 t/ha di biomassa secca in sistemi convenzionali (fertilizzazione pari a 50 unità di N/ha). In questo studio, il sorgo preceduto da H. coronarium, T. subterraneum, T. repens e M. sativa ha avuto una produzione media pari a 11 t/ha senza l'apporto di fertilizzanti esterni, in linea con i livelli produttivi del sorgo coltivato in modo convenzionale. Inoltre, si è osservato un effetto residuo delle leguminose sulle infestanti del sorgo. In particolare, il sorgo preceduto da M. sativa ha mostrato una biomassa delle infestanti significativamente più bassa rispetto al controllo (-50%). L' effetto residuo delle leguminose appare più marcato nei confronti delle infestanti dicotiledoni, mentre i residui di T. resupinatum e T. incarnatum hanno aumentato significativamente lo sviluppo delle infestanti monocotiledoni.

Sito sperimentale: Centro di ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa (CIRAA), in San Piero a Grado (Pisa, Italy). Coordinate GPS: 43°40'06.96"N, 10°18'31.49"E Contatti:

federico.leoni@santannapisa.it stefano.carlesi@santannapisa.it camilla.moonen@santannapisa.it tel. 050 883569

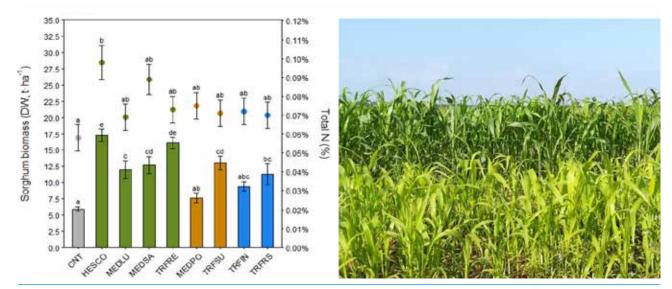


Figura 13 - A destra la biomassa secca del sorgo (barre, t/ha) e il contenuto totale di azoto (punti, %), a sinistra il sorgo come si presentava durante la seconda replicazione dell'esperimento. La foto evidenzia l'effetto residuo delle diverse leguminose sulla biomassa del sorgo e sul contenuto di azoto nella biomassa. CNTR: plot di controllo (parcelle lasciate senza colture dopo la raccolta del frumento); MEDSA: Medicago sativa; TRFRE: Trifolium repens; HESCO: Hedysarum coronarium; MEDLU: Medicago lupulina; MEDPO: Medicago polymorpha; TRFSU: Trifolium subterraneum; TRFIN: Trifolium incarnatum; TRFRS: Trifolium resupinatum. I diversi colori delle barre corrispondono al diverso ciclo biologico delle leguminose (verde: poliennali, arancione: annuali auto-riseminanti, blu: annuali). Le diverse lettere (a-e) indicano una differenza significativa a livello di 0,05. Le barre di errore corrispondono all'errore standard (SE).

UTILIZZO DEL RULLO-TRINCIA DONDI COME ROLLER-CRIMPER

Obiettivi

Valutare l'efficacia del Rullo-Trincia prodotto da DONDI S.p.A. e commercializzato come strumento per la gestione dei residui colturali, utilizzato come Rullo-Crimpatore (Roller-Crimper) nella terminazione meccanica di specifiche colture di copertura autunno-vernine in sistemi colturali destinati a seminativi. Oltre alla determinazione della velocità di lavoro e della tipologia di lame più efficaci, un'attenzione particolare è stata rivolta al contenimento della flora infestante e alla compattazione del suolo.

Materiali e metodi

Un esperimento di pieno campo è stato condotto per tre anni consecutivi (2018/19, 2019/20, 2020/21) presso il Centro di Ricerca Agro-Ambientale "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa (CiRAA), a San Piero a Grado (Pisa, Toscana). Tre diverse colture di copertura (segale - Secale cereale L., veccia villosa - Vicia villosa Roth., mix di segale-veccia) sono state seminate rispettivamente nell'autunno 2018, 2019 e 2020, ciascuna in un appezzamento di 30 m x 260 m.

Le dosi di semina sono state di 180, 120 e 90:60 kg ha⁻¹ rispettivamente per segale in purezza, veccia in purezza e mix di segale-veccia. In ciascun appezzamento è stato testato l'effetto di diverse combinazioni tra tipologia di lama (affilata vs non affilata) e velocità di lavoro (5, 10, 15 km h⁻¹) sul livello di devitalizzazione delle tre colture di copertura. In tutti e tre gli anni è stata mantenuta la stessa tempistica di intervento per la devitalizzazione delle colture di copertura, ossia quando lo stadio fenologico della segale era in fase latteo-cerosa (BBCH 77), mentre quello della veccia corrispondeva alla piena fioritura (BBCH 69) (Figura 14). Subito dopo la rullatura delle colture di copertura una coltura da reddito, nello specifico il sorgo da granella (Sorghum bicolor (L.) Moench cv. Baggio), è stata seminata direttamente nel pacciame morto derivante dalla biomassa devitalizzata. La semina diretta del sorgo da granella prevedeva uno spazio interfilare di 50 cm e una densità di 40 semi al m².

Sono state analizzate le seguenti tematiche:

- biomassa prodotta e copertura % del suolo determinate dalle colture di copertura in diverse loro fasi fenologiche, compresa la fase di terminazione;
- abbondanza e composizione delle specie infestanti presenti nelle colture di copertura in diverse loro



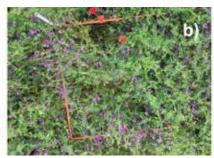




Figura 14 - Copertura del suolo di segale (a), veccia vellutata (b) e miscela (c) nella fase di terminazione della coltura di copertura nei tre anni.

fasi fenologiche, compresa la fase di terminazione;

- numero di crimpature per culmo prodotte dal Rullo-Trincia sulle piante di segale;
- tasso di terminazione delle colture di copertura ed evoluzione del processo di appassimento (attraverso l'analisi delle immagini);
- contenimento delle infestanti nella successiva coltura di sorgo da granella;
- effetto della tecnica di terminazione e della specie di coltura di copertura sull'emergenza, lo sviluppo, l'accumulo di N e la resa del sorgo da granella;
- compattazione del suolo;
- consumo energetico e indici economici.

Risultati finali

In termini di biomassa prodotta, mediando nei tre anni di prova, la segale in purezza e il mix di segale-veccia sono risultate le coperture più produttive, con una sostanza secca di 6,31 t ha-1. Tale valore può essere considerato soddisfacente e in linea con i risultati ottenuti in esperimenti precedenti effettuati nella medesima area di studio. La biomassa prodotta dalla veccia in purezza è risultata invece inferiore di circa il 30%. Le tre tipologie di copertura non hanno mostrato alcuna differenza significativa in termini di contenimento della biomassa delle specie infestanti, i cui valori si sono mantenuti molto al di sotto di 1 t s.s. ha-1. Tale risultato evidenzia come le colture di copertura possano ridurre la presenza delle infestanti non solo attraverso l'interazione competitiva (cioè proporzionalmente alla biomassa vegetale prodotta) ma anche attraverso meccanismi non competitivi, quali l'allelopatia, ampiamente documentata in letteratura per entrambe le specie di colture di copertura testate in questo studio. In termini di contenuto di azoto nella biomassa vegetale, come prevedibile, la veccia in purezza e il mix di segale-veccia presentavano valori significativamente più elevati rispetto a quelli della segale in purezza. Infatti, quest'ultima, al momento della devitalizzazione,

ha accumulato nella sua biomassa meno del 50% dell'azoto rispetto alle altre due tipologie di copertura. Il calcolo del LER (Land Equivalent Ratio) ha rivelato che il mix di segale-veccia era superiore alle due coperture in purezza sia in termini di biomassa prodotta (LER 1,28) che di assorbimento dell'azoto (LER 1,45). In altri termini questo significa che, per ottenere dei risultati simili a quelli prodotti da 1 ha di mix segale-veccia, la segale in purezza e la veccia in purezza avrebbero dovuto occupare, rispettivamente, 1,28 e 1,45 ha di terreno. Da un punto di vista strettamente agroecologico, questi risultati sostengono l'efficacia della biodiversità anche nell'ambito delle colture di copertura, ed evidenziano come essa possa contribuire positivamente al raggiungimento di buoni risultati agronomici.

In relazione alla devitalizzazione delle tre tipologie di copertura, in tutti e tre gli anni di prova il Rullo-Trincia ha ottenuto degli ottimi risultati. In media, l'emivita delle colture di copertura è stata raggiunta circa 2 giorni dopo il passaggio del rullo e il 90% del tasso di terminazione è stato raggiunto in soli 3-4 giorni dopo la data di devitalizzazione (Figura 15). Tali risultati sono ascrivibili in parte anche al fatto che, al momento del passaggio del Rullo-Trincia, le colture di copertura presentavano fasi fenologiche piuttosto avanzate (piena fioritura per la veccia e pasta lattiginosa per la segale). Tuttavia, nel corso dei tre anni di prova, sono state osservate alcune lievi differenze nel tasso di decadimento del tessuto verde in relazione alle diverse configurazioni tecniche testate per il Rullo-Trincia. Per la segale in purezza e il mix segale-veccia le lame affilate in combinazione con la velocità intermedia (cioè 10 km h-1) hanno evidenziato la più elevata velocità di devitalizzazione, mentre per la veccia in purezza la combinazione di lame affilate con una velocità di lavoro di 5 km h⁻¹ è risultata la più performante. In generale possiamo riassumere che tutte le combinazioni di set up (tipologia di lama e velocità

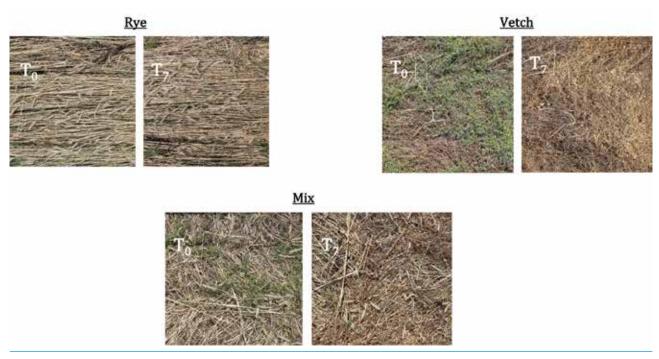


Figura 15 - Proporzione di pixel verdi della segale (Rye), della veccia (Vetch) e della miscela di colture di copertura (Mix) immediatamente dopo il passaggio del rullo tagliato (T0) e 7 giorni dopo (T7).

operativa) testate per il Rullo-Trincia sono risultate indistinguibilmente ben performanti. Ulteriori ricerche potrebbero contribuire a rivelare altre combinazioni di set-up altrettanto performanti anche in fasi fenologiche precedenti a quelle testate nell'esperimento.

Il buon livello di velocità di devitalizzazione raggiunto dal Rullo-Trincia è stato il risultato della combinazione di effetti di crimpatura e taglio. Effettuando una media di tutte le combinazioni di set-up attuate sulle tre tipologie di copertura, la biomassa vegetale tagliata rappresentava circa un terzo della biomassa totale, mentre i restanti due terzi risultavano crimpati. La segale in purezza è risultata essere la copertura che presentava la percentuale più alta di steli crimpati (circa 10% in più), mentre la veccia in purezza ha evidenziato il valore più basso. Il mix segale-veccia si è posizionato tra i due. Come prevedibile, dotare il Rullo-Trincia di lame affilate ha comportato un aumento significativo della proporzione della biomassa tagliata, ottenendo risultati variabili a seconda della combinazione tipologia di coperturavelocità di lavoro. Per quest'ultima abbiamo osservato una debole tendenza decrescente della percentuale di biomassa tagliata al crescere della velocità, con una differenza di appena il 4% tra il livello minimo e quello massimo. Il passaggio del Rullo-Trincia, sebbene abbia

determinato nel terreno delle rientranze profonde fino a 2,5 cm in corrispondenza delle zone di contatto delle lame, non ha causato una significativa compattazione del suolo. I valori del cone index misurati dal penetrometro a 15 cm di profondità hanno evidenziato, in media, un aumento della resistenza alla penetrazione del suolo dopo il passaggio del Rullo-Trincia (fenomeno particolarmente evidente nell'appezzamento adibito alla veccia in purezza), tuttavia tali valori non hanno mai raggiunto la soglia di compattazione del suolo (cioè 2000 kPa). L'effetto della tipologia della lama e della velocità di lavoro sulla compattazione del suolo è risultato meno evidente.

Il sorgo da granella è stato seminato su sodo direttamente sul pacciame devitalizzato, e la pratica colturale non ha previsto alcuna concimazione e operazione di controllo delle infestanti. Effettuando per ciascuna tipologia di copertura una media della resa del sorgo nei tre anni di prova, il mix segale-veccia e la veccia in purezza hanno evidenziato una produzione di 5 volte superiore a quella registrata per la segale in purezza. Per quest'ultima i risultati sono stati marcatamente insoddisfacenti (meno di 2 t s.s. ha⁻¹), probabilmente a causa dell'effetto di immobilizzazione dell'azoto dovuto all'elevato rapporto C:N del dead mulch e della sua scarsa degradazione.

Non è stato notato alcun effetto significativo diretto della tecnica di terminazione (diverse combinazioni tra tipologia di lama e velocità di lavoro) sulla resa in granella del sorgo. Sono state però osservate interazioni significative tra la tecnica di terminazione e il tipo di coltura di copertura. Ad esempio, la resa in granella del sorgo è risultata significativamente più elevata quando la veccia in purezza e il mix di segale-veccia sono state terminate con le lame non affilate. Un maggior livello di biomassa solo crimpata (non tagliata) ha infatti generato una pacciamatura più duratura, garantendo così la copertura del terreno per buona parte del ciclo colturale del sorgo. Questo ha permesso un migliore controllo delle infestanti e una maggior umidità del terreno, fattori entrambi utili al buono sviluppo della coltura. L'indice SPAD (cioè un indice correlato alla clorofilla fogliare e al contenuto di N), determinato in tre diversi stadi di sviluppo della coltura di sorgo, conferma tale ipotesi poiché sin dalle prime fasi (cioè 4-6 foglie) si sono registrati valori più elevati negli appezzamenti di veccia in purezza e mix segaleveccia che prevedevano l'utilizzo di lame non affilate.

In riferimento al contenimento della flora infestante, in generale mediando su tutti i trattamenti per i tre anni di prova, la biomassa della flora infestante alla trebbiatura del sorgo presentava valori molto bassi. Questo grazie all'effetto pacciamante dalle tre colture di copertura. Tuttavia, l'analisi dei risultati ha evidenziato la presenza di differenze significative tra i diversi trattamenti, con valori di biomassa infestante pressoché dimezzati negli appezzamenti in cui è stato seminato il mix segale-veccia rispetto a quelli riscontrati negli appezzamenti di segale e veccia in purezza. Tale risultato sottolinea ulteriormente il valore del mix in termini agroecologici, ed è dovuto probabilmente alla combinazione di servizi ecosistemici complementari forniti dai singoli componenti del mix. Si è infine osservato anche un effetto significativo della velocità di lavoro del Rullo-Trincia, con il passaggio più veloce (15 km h-1) che ha evidenziato la più bassa biomassa di erbe infestanti, probabilmente a causa di un effetto di taglio meno intenso sulla coltura di copertura e un conseguente aumento della durata del dead mulch e della sua capacità di contenere le infestanti. Oltre a una eccellente soppressione delle infestanti, la pacciamatura devitalizzata del mix segale-veccia e della veccia in purezza ha accelerato la germinazione dei semi di sorgo grazie alla maggiore umidità del terreno, all'assenza di

effetto allelopatico diretto nei confronti del seme di sorgo e alla maggiore disponibilità di azoto dovuta alla presenza di una leguminosa. Questi effetti si sono tradotti in elevati livelli di asportazioni di azoto da parte del sorgo nella granella (circa 237 kg N ha-1 in media, per i tre anni, per le due tipologie di copertura), mentre per la segale in purezza si è osservato una riduzione significativa delle asportazioni di azoto nella granella del 50% circa.

Sviluppi futuri

Gli ottimi risultati ottenuti nei tre anni di prova dal Rullo-Trincia, utilizzato come Roller-Crimper, sono stati chiaramente agevolati da una terminazione tardiva delle colture di copertura. Tale tardività d'intervento è stata determinata delle sistematiche condizioni umide verificatesi nelle primavere relative al periodo di studio. Detto ciò, i buoni livelli di resa in granella del sorgo, ottenuti nei primi due anni negli appezzamenti che prevedevano la veccia in purezza e il mix segale-veccia, hanno evidenziato che una data di semina tardiva potrebbe non influenzare negativamente la germinazione e lo sviluppo della coltura nonostante l'assenza di irrigazione. Allo scopo di incrementare la diffusione del Rullo-Trincia come Roller-Crimper, sarebbe interessante testarne l'efficacia di terminazione fin dalle fasi iniziali di sviluppo delle colture di copertura, al fine di offrire all'agricoltore una finestra di semina più ampia.

Coordinate GPS dei campi 2020/21: 43°39'31"N, 10°18'08"E

Contatti:

christian.frasconi@unipi.it tel.050 2218945 daniele.antichi@unipi.it tel. 050 2218962

GESTIONE BIOLOGICA E CONSERVATIVA DEGLI ORTAGGI DI PIENO CAMPO (SMOCA LTE)

Obiettivi

Lo scopo principale di questa prova sperimentale, condotta nel Centro di Ricerche "E. Avanzi" dell'Università di Pisa, è stato di testare le prestazioni agronomiche e produttive di itinerari tecnici, che hanno previsto la combinazione di tecniche di agricoltura conservativa (nonlavorazione, lavorazione in banda, copertura permanente del terreno con una pacciamatura viva) e tecniche di agricoltura biologica (controllo non chimico delle infestanti, difesa e fertilizzazione biologica delle colture), nell'ambito dell'orticoltura di pieno campo. Durante i tre anni di attività di ricerca sono stati progettati e confrontati tre diversi itinerari tecnici in una rotazione composta da: pomodoro da industria, radicchio, melone, fava e finocchio. I tre itinerari tecnici sono stati ideati con un livello di disturbo del suolo decrescente, quindi per ogni tipologia di gestione è stato

possibile confrontare le prestazioni agronomiche delle singole colture, la sostenibilità economica, gli effetti sulla fertilità del suolo, la quantità e la composizione floristica della flora infestante.

Materiali e metodi

I campi sperimentali sono situati presso il Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa (CiRAA), a San Piero a Grado (Pisa, Toscana) (Figura 16). Qui, nell'inverno 2017-18 sono stati impostati 3 differenti sistemi colturali (ORG, RED, PER) che sono stati comparati con un approccio di sistema per tre anni. Il sistema ORG è principalmente basato sulle pratiche standard dell'agricoltura biologica, come la lavorazione annuale del suolo, l'interramento dei sovesci e dei residui colturali, la fertilizzazione organica, il controllo meccanico e termico delle malerbe. RED è basato sulla copertura permanente del suolo con una coltura di copertura perenne (una varietà nana di trifoglio bianco), la lavorazione in banda effettuata lungo il solco di semina e l'utilizzo ridotto di fertilizzanti organici. PER, che è impostato su una



Figura 16 - Il campo sperimentale del CiRAA (43°40′18.47"N, 10°20′40.25" E) (foto ©2017 Google).

parcella gestita nei 3 anni precedenti con la non lavorazione, è basato sulla copertura permanente del suolo con il trifoglio bianco, abbinata in questo caso al trapianto su sodo degli ortaggi, mentre la fertilizzazione è ridotta a un livello minimo e include l'utilizzo di formulati micorrizici. Il disegno sperimentale è a blocchi completamente randomizzato (RCB) progettato su 3 repliche con un totale di 18 parcelle delle dimensioni di 3 m di larghezza per 21 m di lunghezza ciascuna. Al fine di dimezzare il tempo necessario a replicare due volte l'intera rotazione colturale, il campo sperimentale è stato originariamente diviso in due parti (campo 1 e campo 2), che ospitano ciascuno i due segmenti della rotazione colturale.

I parametri valutati ogni anno sono i seguenti:

- biomassa e copertura del suolo prodotta da colture di copertura e da reddito (es. resa e residui) a maturità;
- assorbimento di nutrienti di colture da reddito e di copertura;
- colonizzazione delle radici da parte di funghi micorrizici arbuscolari;
- azoto fissazione per le leguminose;
- abbondanza e composizione delle malerbe nelle colture di copertura e da reddito;
- parametri chimici, fisici e biologici della fertilità del suolo:
- qualità reologica delle produzioni colturali;
- consumo di energia e costi di ogni operazione colturale.

Risultati finali

Campo 1

La prova sperimentale è iniziata nel 2017/2018 con il pomodoro (Solanum lycopersicon cv. Brixsol), tuttavia la coltura in tutte le parcelle ha manifestato uno sviluppo stentato, probabilmente a causa del ritardo nel trapianto, del rigido clima primaverile che ha caratterizzato l'annata e della forte competizione con le infestanti macroterme. Nell'annata 2018/2019 il radicchio (Cichorium intybus Pan di Zucchero cv. Uranus) è susseguito al pomodoro. La coltura è stata trapiantata a inizio autunno e raccolta a dicembre 2018. Per questa coltura sono state ottenute rese soddisfacenti per tutti gli itinerari tecnici a confronto. In media la resa "numericamente" più elevata è stata riscontrata sulle parcelle sottoposte alla gestione PER; tuttavia l'analisi statistica dei dati non ha riscontrato differenze statisticamente significative con gli altri due itinerari tecnici oggetto del confronto (ORG e RED). Per quanto riguarda i valori della biomassa delle infestanti alla raccolta,

sono stati riscontrati valori mediamente piuttosto bassi (0,11 t/ha⁻¹), sebbene lo sviluppo della pacciamatura viva di trifoglio bianco, in media, non abbia raggiunto un livello soddisfacente nelle parcelle PER e RED (15% di copertura del suolo). Il melone (Cucumis melo cv. Bacir), succeduto al radicchio, è stato trapiantato a maggio 2019 e la raccolta è avvenuta ad agosto dello stesso anno. I risultati produttivi hanno confermato quanto osservato per la coltura di pomodoro effettuata nel primo anno. Le rese, in termini di biomassa secca dei frutti, sono state molto basse in tutti e tre i sistemi posti a confronto (in media circa 5,7 e 8 t/ha⁻¹, rispettivamente per ORG, PER e RED). Questo basso livello delle rese riscontrato nella coltura di melone potrebbe essere giustificato dall'elevata infestazione di piante spontanee, la cui composizione floristica è stata rappresentata da specie macroterme particolarmente competitive come Echinocloa crus-galli, Digitaria sanguinalis, Setaria viridis, Cynodon dactylon. Il trifoglio bianco, sebbene sia stato riseminato nella primavera del 2019, non è sopravvissuto alla raccolta della coltura.

La rotazione prevedeva che alla coltura del melone succedesse quella della fava (Vicia faba var. major cv. Aguadulce Supersimonia), che è stata seminata a gennaio 2020 (il ritardo nella semina è stato dovuto alle sfavorevoli condizioni metereologiche dell'inverno 2019/2020). A causa della scalarità della coltura, la raccolta della fava è avvenuta in due passaggi il 26 maggio e il 6 giugno 2020. La breve durata del periodo di sviluppo (dovuta al ritardo della semina) potrebbe avere influenzato negativamente i livelli cumulati delle rese commerciali (dati espressi come biomassa fresca dei baccelli), che in media sono risultate ben al di sotto degli standard medi nazionali. I due sistemi conservativi PER e RED hanno mostrato rese medie commerciali statisticamente inferiori a quelle ottenute nel sistema ORG. Tuttavia, nessuna differenza statisticamente significativa è stata rilevata per i valori delle rese degli itinerari tecnici PER e RED. Anche la biomassa secca delle infestanti alla raccolta ha evidenziato la stessa tendenza osservata per i valori delle rese. Infatti, nel sistema ORG sono stati osservati valori di biomassa secca delle avventizie statisticamente inferiori a quelli riscontrati nei sistemi PER e RED. Ancora una volta, per quanto riguarda i valori della biomassa secca delle infestanti, nessuna differenza statisticamente significativa è stata osservata tra i due sistemi conservativi (RED e PER), che in media hanno fatto registrare livelli dei valori circa doppi rispetto a quelli osservati nell'itinerario tecnico ORG.



Figura 17 - Scarso sviluppo radiale dei grumoli di finocchio delle parcelle gestite con l'itinerario tecnico PER nel 2020.

Questo risultato potrebbe essere giustificato dallo scarso effetto competitivo sulle infestanti della pacciamatura viva di trifoglio bianco, evidenziato dalla scarsa quantità di biomassa secca osservata nell'annata 2019/2020.

Dopo la raccolta della fava, i residui colturali sono stati trinciati su tutte le parcelle. Le parcelle sottoposte alla gestione ORG sono state lavorate con una zappatrice rotativa, in modo da creare le migliori condizioni per la semina del sovescio estivo, composto da fagiolo dall'occhio (Vigna unguiculata (L.) Walp.). L'interramento della leguminosa utilizzata come sovescio è stato effettuato il 3 settembre 2020 ed è stato realizzato mediante lavorazione con zappatrice rotativa. Quattro giorni dopo l'interramento del sovescio è stata trapiantata la coltura di finocchio (Foeniculum vulgare L. cv. Montebianco) su tutte le parcelle, adottando le distanze di 0,8 m tra le file e 0,3 m sulla fila. Questa coltura orticola si è

sviluppata abbastanza regolarmente, ma è stata influenzata negativamente dalle avverse condizioni meteorologiche caratterizzate da enormi livelli di precipitazioni nel periodo autunno-invernale 2020 (743 mm di pioggia sono stati registrati nel periodo da settembre 2020 a gennaio 2021), che hanno causato ristagni idrici, crescita e attività dell'apparato radicale ridotta, bassa disponibilità di elementi nutritivi (Figura 17). La raccolta del finocchio è stata effettuata il 22 dicembre 2020. L'analisi statistica condotta sui valori delle rese non ha evidenziato differenze statisticamente significative tra i tre itinerari tecnici posti a confronto, sebbene le produzioni riscontrate nelle parcelle sottoposte a gestione conservativa (PER e RED) siano state caratterizzate da valori numerici superiori di circa il 30% rispetto a quelle ottenute nelle parcelle ORG. Sebbene non siano state riscontrate differenze statisticamente significative tra le tre diverse strategie poste a confronto, da un punto di vista meramente numerico l'itinerario tecnico RED è risultato essere il migliore per quanto riguarda il contenimento della flora spontanea (valore medio di biomassa secca delle infestanti inferiore di circa il 43% rispetto a quelli delle gestioni PER e ORG). Anche se i risultati nel complesso sono stati caratterizzati da bassi livelli di biomassa prodotta, le scarse prestazioni produttive riscontrate nell'itinerario tecnico ORG rispetto alle due gestioni conservative PER e RED, potrebbero essere giustificate dagli aspetti negativi della lavorazione in un'annata caratterizzata da alta piovosità. Si ipotizza che probabilmente la compattazione del terreno, dovuta agli pneumatici della trattrice e alla suola di lavorazione causata dalla zappatrice rotativa, possa avere accentuato i rischi di ristagno idrico nelle parcelle, causando un rallentamento della crescita della coltura e uno scarso assorbimento dei nutrienti. Ancora una volta, le due tipologie di gestione conservativa prese in esame hanno evidenziato risultati migliori in colture orticole a ciclo autunnoinvernale. Questo aspetto potrebbe trovare una giustificazione nella scarsa competizione delle piante avventizie microterme che caratterizzano i nostri areali. Infatti generalmente la biomassa secca delle infestanti si attestata in media su valori inferiori ai 0,5 t/ha-1.

Campo 2

Nel campo 2, analogamente a quanto avvenuto nel campo 1, la coltura di melone, che ha iniziato la rotazione colturale nel 2018, ha evidenziato risultati produttivi assolutamente negativi per tutte le tipologie di gestione poste a confronto.

Ciò è stato probabilmente causato da uno scarso sviluppo delle piante coltivate a fronte di un'elevata competizione delle infestanti, per le quali sono state registrate alti valori di biomassa secca alla raccolta.

La fava è la coltura succeduta al melone ed è stata seminata a gennaio 2019, dopo un periodo autunno-invernale molto piovoso. Per questa coltura i migliori risultati produttivi sono stati osservati per gli itinerari tecnici ORG e RED. Le rese più basse sono state evidenziate nell'itinerario tecnico PER (in media -87,5% rispetto alla gestione ORG e -50% rispetto alla RED). Osservazioni empiriche hanno portato a ipotizzare che probabilmente questa tendenza è stata dovuta allo scarso sviluppo dell'apparato radicale e alla scarsa attività dei noduli radicali, tuttavia non sono stati raccolti dati in grado di supportare questa ipotesi. Il finocchio è stato coltivato nel campo 2 in autunno 2019 dopo la coltura della fava. I dati relativi alla resa dei grumoli ottenuti nella gestione PER, sono risultati significativamente inferiori (di circa il 60%) rispetto a quelli degli altri due itinerari tecnici posti a confronto (RED e ORG). Per questa coltura, tra i diversi sistemi presi in esame, non sono state riscontrate differenze statisticamente significative, per quanto riguarda i valori della biomassa secca delle infestanti alla raccolta (in media pari a circa 1 t/ha⁻¹). Questi livelli di infestazione delle avventizie possono considerarsi del tutto accettabili, per cui appare opportuno ritenere che la ridotta produzione registrata nell'itinerario tecnico PER non sia stata causata dalla competizione della flora spontanea. Il pomodoro nel campo 2 è stato trapiantato il 7 maggio 2020 e la raccolta scalare è stata effettuata in 3 passaggi (21 luglio, 4 e 18 agosto 2020). Le temperature miti e le precipitazioni di giugno, dopo un lungo periodo siccitoso, hanno consentito alla coltura sdi svilupparsi meglio di quanto avvenuto nel 2018. Inoltre, cosa assolutamente da non sottovalutare, l'andamento meteorologico potrebbe aver sfavorito l'emergenza e lo sviluppo delle infestanti microterme, che sono state gestite con interventi meccanici e scerbature manuali (Figure 18a e 18b). Le abbondanti precipitazioni occorse in agosto hanno favorito lo sviluppo delle infestanti nell'ultima parte del ciclo colturale del pomodoro, tuttavia la coltura è riuscita a raggiungere la piena maturazione in tutte le parcelle. I valori registrati della resa fresca commerciale potenziale (cioè la somma delle bacche rosse, danneggiate e in via di maturazione), possono essere ritenuti mediamente accettabili (38 t/ha⁻¹) se li paragoniamo agli standard nazionali produttivi del pomodoro biologico (circa 50 t/ha⁻¹). Le piante di pomodoro delle parcelle caratterizzate dalla gestione ORG hanno mostrato una scarsa allegagione (circa uguale a quella delle piante dell'itinerario tecnico PER e ridotta di un terzo rispetto a quelle del sistema RED). Questo risultato potrebbe essere dovuto a uno stress idrico e a una lenta crescita iniziale delle piantine, che hanno caratterizzato il periodo post-trapianto, fenomeno aggravato, in confronto alle altre due gestioni conservative, dalla lavorazione del terreno. Ad ogni modo, nel corso della stagione le piante di pomodoro delle parcelle ORG sembrano essere state in grado di recuperare. Ciò trova supporto nei dati inerenti alla biomassa secca della pianta coltivata alla raccolta. Infatti, i valori medi di questi sono del tutto comparabili per tutti e tre gli itinerari tecnici posti a confronto. Tra le diverse tipologie di gestione a confronto non sono state osservate differenze statisticamente significative per quanto riguarda i valori della biomassa prodotta, la resa in frutti, il diametro delle bacche e il contenuto zuccherino (°Brix). L'itinerario tecnico RED ha mostrato prestazioni superiori in termini di resa potenziale e contenimento delle piante avventizie (valori di biomassa secca delle infestanti inferiori di circa il 18% rispetto alle strategie ORG e PER). Tuttavia appare opportuno evidenziare, che, nonostante gli intensivi interventi di scerbatura manuale, in tutte le tipologie di gestione poste a confronto, la gestione delle infestanti macroterme è da ritenersi insoddisfacente con livelli di biomassa secca delle infestanti che in media si sono attestati su valori di circa 4 t/ha-1. Nel campo 2, dopo la raccolta del pomodoro, su tutte le parcelle sperimentali è stata effettuata la trinciatura dei residui colturali. Le parcelle ORG sono state lavorate con una zappatrice rotativa. Il trapianto del radicchio è stato effettuato il 29 settembre. A causa delle avverse condizioni meteorologiche e allo scarso sviluppo della coltura, sulle parcelle PER e RED sono stati effettuati 2 sfalci nell'interfila della coltura. La raccolta del radicchio è avvenuta il 19 gennaio 2021. In tutte e tre le tipologie di gestione poste a confronto, sono stati registrati valori di biomassa della coltura e della resa produttiva molto bassi rispetto agli standard nazionali. Questo potrebbe trovare una giustificazione negli abbondanti ristagni idrici verificatisi a dicembre 2020. Per tutti i parametri presi in esame, non sono state osservate differenze statisticamente significative tra i tre diversi itinerari tecnici posti a confronto. Complessivamente la biomassa secca delle infestanti alla raccolta è stata molto bassa (circa 0,1 t/ha⁻¹).





Figure 18A e 18B - Buono sviluppo delle piante di pomodoro allo stadio fenologico di fioritura, osservato nel 2020, nelle parcelle gestite con itinerari tecnici conservativi: RED (a sinistra) e PER (a destra).

Assorbimento del Fosforo

Curiosamente, per quanto concerne i valori della concentrazione di fosforo nella biomassa di tutte le tipologie di colture testate, non sono state riscontrate riduzioni significative tra la tipologia di gestione PER rispetto a quella RED. Le differenze osservate sull'asportazione di P2O5 tra i due itinerari tecnici conservativi sono sempre imputabili ai diversi livelli di biomassa, piuttosto che alla concentrazione di fosforo. I dati sul tasso di micorizzazione dell'apparato radicale della coltura hanno evidenziato valori molto simili tra le due tipologie di gestione conservativa poste a confronto. Questi risultati ci permettono di poter considerare l'ipotesi di rimpiazzare i fertilizzanti a base di fosforo con preparati a base di funghi micorizzici, che sono veramente efficaci nel mobilizzare il fosforo contenuto nel terreno e renderlo disponibile alla coltura. Tuttavia, gli apparati radicali delle piante coltivate nelle parcelle sottoposte a gestione PER e RED hanno mostrato livelli di micorizzazione molto simili. Considerando che l'itinerario tecnico RED non prevedeva la distribuzione localizzata di preparati micorizzici, non si può escludere che ceppi di funghi micorizzici nativi insieme ad altri microrganismi della rizosfera, come ad esempio batteri che solubilizzano il fosforo (già presenti nel terreno che ha ospitato le prove), abbiano supportato l'assorbimento del fosforo da parte delle colture.

Considerazioni conclusive

Complessivamente, gli itinerari tecnici conservativi basati su una progettazione agroecologia dei sistemi colturali hanno mostrato risultati molto variabili. Generalmente le migliori prestazioni agronomiche e produttive sono state riscontrate nelle colture orticole a ciclo autunno-invernale, come ad esempio radicchio e finocchio. Infatti, in questi casi la competizione delle infestanti nei confronti della coltura e della pacciamatura viva è stata piuttosto ridotta. Per quanto riguarda le colture orticole a ciclo primaverileestivo, solo nel caso del pomodoro coltivato nell'annata 2020 i risultati produttivi possono essere considerati positivi, sebbene le infestanti macroterme abbiano surclassato nello sviluppo sia la coltura che la pacciamatura viva. Il trifoglio bianco, utilizzato come coltura da copertura per l'ottenimento di una pacciamatura viva, non è riuscito a fornire una sufficiente copertura del suolo e nei tre anni di prova non ha raggiunto livelli di insediamento soddisfacenti. Ciò è stato probabilmente causato da intempestività delle date di semina e dall'inefficienza della sua gestione (ad esempio, a causa dell'elevato ingombro delle piante coltivate gli sfalci nell'interfila sono stati sospesi nei periodi a ridosso del termine del ciclo colturale della coltura orticola). Quindi, ulteriori sviluppi futuri in questo ambito dovrebbero tenere in considerazione sia diverse tipologie di gestione della pacciamatura viva, sia specie diverse di colture di copertura, dotate di una maggiore adattabilità agli ambienti mediterranei. Nell'ambito della gestione conservativa e biologica degli agro-ecosistemi, il creare le condizioni che contribuiscono alla realizzazione di un ambiente favorevole per la crescita delle colture orticole si è rivelato essere uno degli aspetti più impegnativi. Infatti, in questi casi, si assiste molto precocemente a un'elevata competizione delle piante infestanti, specialmente nel periodo primaverile-estivo.

Nella maggior parte dei casi, nelle parcelle gestite con i due itinerari tecnici conservativi è stato osservato un ridotto sviluppo vegetativo della coltura orticola. Questo fenomeno potrebbe essere imputato a una ridotta areazione del suolo e a un decremento del tasso di mineralizzazione della sostanza organica e dei fertilizzanti organici. Lavorazioni del terreno che non prevedano inversione degli strati (discissure leggere), uso di ammendanti in pre-trapianto e distribuzione localizzata di prodotti biostimolanti, potrebbero rappresentare opzioni promettenti per migliorare le condizioni del suolo e permettere un rapido sviluppo della coltura orticola subito dopo il suo impianto.

Contatti:

christian.frasconi@unipi.it tel. 050 2218945 daniele.antichi@unipi.it tel. 050 2218962

CONFRONTO TRA DIVERSE MODALITÀ DI GESTIONE DEL LIVING MULCH DI TRIFOGLIO BIANCO

Obiettivi

L'obiettivo principale di questa prova on-station è quello di testare diverse tecniche di gestione della varietà nana Pipolina di trifoglio bianco (*Trifolium repens* L. var. Pipolina) coltivata come living mulch per due colture orticole di pieno campo in rotazione, ossia cavolfiore (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) e melanzana (*Solanum melongena* L.).

Materiali e metodi

Il campo sperimentale è situato presso il Centro di Ricerche Agro-ambientali dell'Università di Pisa "Enrico Avanzi" (CIRAA) a San Piero a Grado (Pisa, Toscana) (Figura 19). Nella ricerca sono posti a confronto tre diversi trattamenti, ovvero controllo senza coltura di copertura basato su lavorazione convenzionale; sistema basato su living mulch con gestione del trifoglio a mezzo di pirodiserbo; sistema basato su living mulch regolarmente tenuto sfalciato. In ottobre 2018 il trifoglio bianco è stato seminato a una dose di semina di 100 kg ha-1. In primavera 2019 il trifoglio è stato regolarmente falciato o pirodiserbato prima del trapianto degli ortaggi. Il cavolfiore è stato posto a dimora con un'ampia interfila (0,8 x 1 m) per consentire lo sfalcio e il pirodiserbo. La pacciamatura viva e le infestanti sono state controllate nei due trattamenti con pacciamatura viva mediante



Figura 19 - Campo sperimentale nel 2019/20 presso il Ci-RAA (43°40'20.0" N, 10°20'39.0"E) (foto ©2020 Google).

sfalcio o pirodiserbo (una volta alla settimana per il trattamento basato sullo sfalcio, tre volte per l'intero periodo vegetativo, per quanto riguarda il pirodiserbo) (Figura 20). Nel trattamento di controllo, le infestanti sono state controllate mediante sarchiatura eseguita due volte per l'intero periodo vegetativo della coltura. Le stesse operazioni sono state eseguite per le melanzane trapiantate a maggio 2020. La raccolta del cavolfiore è avvenuta manualmente il 4 dicembre 2019 e il 10 dicembre 2020, rispettivamente nei due anni sperimentali 2018/19 e 2019/20 (Figura 21). Le melanzane sono state raccolte più volte il 22 luglio, 30 luglio, 13 agosto, 31 agosto e 20 ottobre 2020 e il 13 luglio, 29 luglio, 29 agosto, 15 settembre e 13 ottobre 2021.

Il disegno sperimentale consisteva in un blocco completo randomizzato (RCB) con tre repliche, per un totale di 9 parcelle ciascuna delle dimensioni di 5,6 m di larghezza e 20 m di lunghezza. Il campo è stato diviso in due parti per ottenere un offset temporale di un anno delle rotazioni delle colture. In una metà è stato coltivato il cavolfiore nel 2018/19 e la melanzana nel 2019/20, nell'altra è stata effettuata una replica temporale della sperimentazione a partire dal 2019/20.

Ogni anno sono stati valutati i seguenti parametri:

- biomassa e copertura visiva del suolo da parte della coltura di copertura, infestanti (per specie) e ortaggi (biomassa totale, residui e prodotto commerciale);
- costi energetici e monetari delle operazioni colturali.

Risultati

Nel corso dei due anni, la resa commerciabile del cavolfiore e i residui vegetali nel controllo lavorato sono risultati, rispettivamente, del 15% e del 27% superiori rispetto ai due sistemi a pacciamatura viva. Il sistema basato sullo sfalcio regolare del living mulch ha ottenuto risultati migliori rispetto al piodiserbo in termini di resa (+10%), biomassa da residui colturali (+16%) e riduzione della biomassa infestante (-116%). Per quanto riguarda la biomassa infestante, il sistema di pacciamatura viva regolarmente sfalciato ha persino superato il controllo lavorato (-27% di biomassa infestante). Inoltre, la regolare gestione dello sfalcio del living mulch ha comportato una maggiore biomassa del living mulch stesso (+182%) nel caso del cavolfiore. Nel corso dei due anni, le melanzane hanno ottenuto rese commerciabili più elevate sulle parcelle di controllo rispetto ai sistemi basati su pacciamatura viva. Più precisamente, gli appezzamenti lavorati hanno mostrato rese commerciabili in sostanza fresca superiori del 141% rispetto al sistema di pacciamatura viva gestita mediante pirodiserbo, mentre solo il 13% in più di rese rispetto al sistema di pacciamatura viva regolarmente sfalciata. La biomassa residua delle melanzane è risultata solo dello 0,3% superiore nel sistema convenzionale basato sull'incorporazione del trifoglio. Al contrario, il sistema di pacciamatura vivente gestito tramite pirodiserbo presentava una biomassa residua vegetale inferiore del 77%. I sistemi con pacciamatura vivente gestiti da sfalcio regolare hanno ottenuto il miglior effetto di controllo delle erbe infestanti. La biomassa infestante è risultata inferiore del 400% rispetto al controllo e del 531% rispetto al sistema con living mulch e pirodiserbo. Tuttavia, la biomassa viva del pacciame nel sistema gestito con pirodiserbo è risultata fino al 721% superiore rispetto al trattamento periodico basato sullo sfalcio. Tenuto conto del fabbisogno energetico, il sistema a pacciamatura viva gestito con sfalcio regolare ha consentito il maggior risparmio energetico rispetto al pacciame gestito tramite pirodiserbo (-835%) e a quello convenzionale (-268%).

Coordinate GPS: 43°40′20.0″ N, 10°20′39.0″E Contatti:

christian.frasconi@unipi.it tel. 050 2218945 daniele.antichi@unipi.it tel.050 2218962



Figura 20 - Living mulch di trifoglio bianco ben sviluppato in cavolfiore.



Figura 21 - Cavolfiore a raccolta nel sistema basato su living mulch sfalciato.

PROVE SPERIMENTALI PRESSO HORTA SRL





Figura 1 - Centro aziendale Horta di Cà Bosco

Horta fornisce servizi di consulenza in agricoltura. La sede principale si trova a Piacenza ed è stata fondata nel 2008 con l'obiettivo di trasferire e valorizzare i risultati della ricerca nel settore agroalimentare. Attraverso uno staff di esperti fornisce servizi altamente qualificati, sia a livello nazionale che internazionale, nel campo delle produzioni vegetali, al fine di aumentare la competitività delle aziende agricole e agro-alimentari in termini di qualità, stabilità e sostenibilità delle produzioni, redditività, sostenibilità ambientale e sicurezza alimentare. La sede Horta di Ravenna è situata all'interno dell'azienda Ca' Bosco. L'azienda Ca' Bosco si estende per circa 220 ha in un corpo unico, diviso in tre blocchi da circa 70 ha l'uno. L'azienda

Figura 2 - Vista generale delle parcelle sperimentali di Horta presso l'Az. Agr. Cà Bosco

è condotta in regime di agricoltura integrata, ma possiede anche una parte condotta in biologico. L'azienda applica rotazioni di 3-4 anni con frumento duro, frumento tenero, bietola, pisello e soia come colture principali. La tessitura del suolo è in prevalenza limosa, con una tendenza al francolimoso. L'azienda può essere irrigata per mezzo di due pivot ed è dotata di un impianto di drenaggio tubolare. Horta gestisce direttamente circa 20 ha dell'azienda, in cui realizza prove sperimentali in parcelle. Le principali linee di ricerca riguardano i cereali a paglia, mais e pomodoro. Riguardo ai cereali a paglia, le principali prove sperimentali riguardano lo studio dell'efficacia dei fungicidi, la fertilizzazione e la densità di semina.

Indirizzo:
Horta srl
Sede operativa di Ravenna c/o Az. Agr. Ca' Bosco
Via S. Alberto 327
48123 Ravenna
Coordinate GPS: 44°28'56.6"N 12°10'38.0"E

Per informazioni e visite guidate contattare: Pierluigi Meriggi e-mail: p.meriggi@horta-strl.com tel. +39 0544 48361

SELEZIONE DELLE LEGUMINOSE PIÙ ADATTE PER ESSERE UTILIZZATE IN BULATURA CON IL FRUMENTO DURO PER IL CONTROLLO INTEGRATO DELLA FLORA INFESTANTE

Il frumento duro è tra i cereali autunno-vernini maggiormente coltivati in Italia ed è la materia prima principale per la produzione della pasta. La competizione delle erbe infestanti e la carenza di nutrienti come l'azoto sono due dei principali fattori che determinano le perdite di resa e di contenuto proteico della granella di questa importante coltura. Queste problematiche in sistemi agricoli convenzionali vengono gestite tramite un massiccio uso di erbicidi e fertilizzanti di sintesi. La crescente domanda per sistemi agricoli più sostenibili impone lo studio di strategie alternative per la gestione degli agro-ecosistemi, basate sulla diversificazione colturale e sull'utilizzo limitato di input esterni. In questo contesto, la bulatura di leguminose sussidiarie o foraggere con il frumento rappresenta un'alternativa efficace al controllo chimico delle infestanti e supporta l'ottimizzazione del ciclo dei nutrienti e la conservazione delle risorse, senza effetti negativi sulla produttività delle colture.

La bulatura consiste nella coltivazione di due o più specie simultaneamente, durante una parte del loro ciclo di crescita. In questo studio, le leguminose sono state traseminate a fine inverno nel grano seminato nell'autunno precedente e in fase di accestimento. L'obiettivo di guesta ricerca è quello di testare la bulatura come strumento di diversificazione colturale e di controllo integrato delle infestanti per le aziende cerealicole della zona di Ravenna e di selezionare le leguminose adatte per la bulatura con il frumento duro in questo specifico contesto produttivo. Inoltre, in questo studio sono stati affrontati alcuni aspetti pratici come i criteri di scelta tra la semina contemporanea delle leguminose con il frumento e la bulatura oppure aspetti pratici riguardanti la scelta del metodo di semina più efficace per la bulatura. Lo stesso esperimento è stato condotto nella piana pisana caratterizzata da un potenziale produttivo inferiore rispetto all'area di Ravenna (vedi pagina 37). I risultati ottenuti nei campi sperimentali di Pisa e Ravenna sono stati messi a confronto nell'articolo "Relay intercropping can efficiently support weed management in

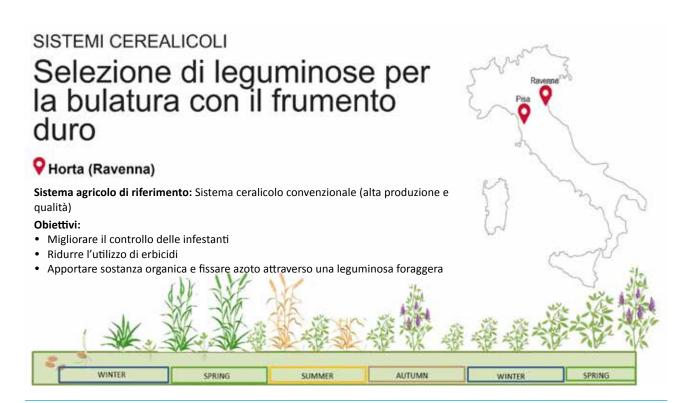


Figura 3 - Selezione delle leguminose più adatte per la bulatura con il frumento duro come strumento di diversificazione colturale e di controllo integrato delle infestanti. L'esperimento è stato condotto a Pisa (Centro interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa) e Ravenna (Horta).

cereal-based cropping system when appropriate legume species are chosen" (https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-022-00787-3?utm_source=xmol&utm_medium=affiliate&utm_content=meta&utm_campaign=DDCN_1_GL01_metadata).

Materiali e metodi

Questo esperimento è stato condotto a Pisa e Ravenna e replicato per due stagioni consecutive (2017/18, 2018/19) (Figura 1). A Ravenna la sperimentazione è stata condotta presso i campi sperimentali di Horta (Azienda agricola Cà Bosco, Ravenna, Italia). Nell'esperimento di Ravenna dosaggi e tempistiche di somministrazioni di fertilizzanti ed erbicidi sono stati ottimizzati sulla base delle reali necessità delle colture e sono stati calcolati tramite il sistema di supporto decisionale grano.net[®] sviluppato da Horta. Il frumento duro (cv Minosse) è stato seminato alla dose di 250 kg/ ha a righe distanti 17,5 cm. L'epoca di semina del frumento variava tra ottobre e novembre, mentre la trasemina delle leguminose è stata eseguita a fine febbraio, prima della fase di levata del frumento. Il frumento è stato raccolto a luglio e le leguminose sono state lasciate in campo fino alla primavera successiva. Nel 2017/18 le leguminose utilizzate nell'esperimento sono state:

 quattro leguminose poliennali, Medicago sativa (40 kg/ha), Trifolium repens (15 kg/ha), Hedysarum coronarium (30 kg/ha), Medicago lupulina (40 kg/ha);

- tre leguminose annuali, Trifolium incarnatum (30 kg/ha), Trifolium resupinatum (10 kg/ha), Vicia villosa (90 kg/ha);
- cinque leguminose autoriseminanti, Trifolium michelianum (15 kg/ha), Trifolium subterraneum (35 kg/ha), Medicago polymorpha (40 kg/ha), Medicago truncatula (40 kg/ha), Medicago scutellata (40 kg/ha).

Durante la seconda replica dell'esperimento (2018/19) alcune leguminose (Vicia villosa, Trifolium michelianum, Medicago truncatula e Medicago scutellata) sono state escluse dallo studio. Il frumento coltivato da solo è stato utilizzato come controllo per valutare l'effetto delle leguminose sulle infestanti e sui parametri produttivi del frumento. Nei due siti sperimentali di Pisa e Ravenna le leguminose sono state traseminate utilizzando due tecniche di semina differenti. A Pisa sono state seminate a righe tra le file del frumento, mentre a Ravenna sono state seminate a spaglio. Tre leguminose, M. sativa, T. repens e T. sotterraneum, sono state seminate sia a spaglio sia a righe in entrambe le località, per valutare l'effetto della tecnica di semina sulla germinazione delle leguminose. Inoltre, la M. sativa è stata seminata sia tramite semina contemporanea con il frumento sia in bulatura, per valutare l'effetto delle due modalità di consociazione sulla produzione di biomassa dell'erba medica.

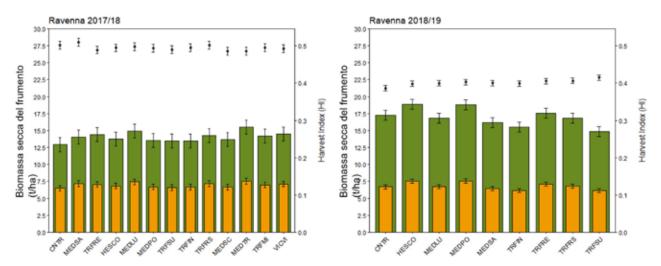


Figura 4 - Produzione del frumento (barre arancioni), paglia del frumento (barre verdi) e Harvest Index (pallini blu) a Ravenna. Le significatività sono riferite al contrasto tra il controllo (CNTR) e ogni altra leguminosa. Le barre di errore rappresentano l'errore standard (SE). CNTR: Parcella di controllo (frumento da solo); MEDSA: Medicago sativa; TRFRE: Trifolium repens; HESCO: Hedysarum coronarium; MEDLU: Medicago lupulina; MEDPO: Medicago polymorpha; TRFSU: Trifolium subterraneum; TRFIN: Trifolium incarnatum; TRFRS: Trifolium resupinatum; MEDSC: Medicago scutellata; MEDTR: Medicago truncatula, TRFMI: Trifolium michelianum; VICVI: Vicia villosa.

Risultati

Effetto della bulatura sul frumento

La produzione del frumento è stata in media di 6,8 t/ha, in linea con il livello produttivo di quest'area. Nessuna delle leguminose utilizzate in bulatura ha avuto effetti negativi sulla produzione del frumento. In guesta prova la crescita del frumento è stata supportata dall'utilizzo ottimale di fertilizzanti e la competizione del frumento per luce e spazio nei confronti delle leguminose è stata molto elevata. Come diretta conseguenza della competizione del frumento, la biomassa secca delle leguminose utilizzate per la bulatura è stata in media molto bassa (8 g/m²), circa 10 volte inferiore rispetto alla biomassa secca delle stesse leguminose utilizzate a Pisa, dove la competizione del frumento è stata inferiore. L'altezza media del frumento a maturazione è stata di 98 cm. L'altezza massima raggiunta dalle leguminose nell'esperimento condotto a Ravenna variava da 3,6 a 7,7 cm, quindi la presenza delle leguminose non ha interferito negativamente con le operazioni di raccolta meccanizzata del frumento. Inoltre, la presenza delle leguminose non ha avuto un effetto significativo sul contenuto di proteine nella granella di frumento. Il contenuto di proteine del frumento è stato in media del 13%.

Controllo delle infestanti

In questo esperimento, la presenza delle leguminose non ha avuto un effetto significativo sul controllo delle infestanti (Figura 3). La produzione di biomassa delle leguminose è stata fortemente ridotta a causa della competizione del frumento. Inoltre, il livello di infestazione a Ravenna è stato in generale molto basso a causa dell'applicazione di erbicidi in pre-emergenza. Nonostante il basso contributo delle leguminose nel controllo delle infestanti durante il periodo di consociazione, la sopravvivenza delle leguminose in consociazione con il frumento rimane fondamentale per la loro persistenza dopo la raccolta del frumento e per il controllo delle infestanti a livello di rotazione colturale. La vigorosa crescita del frumento crea un ambiente dove la radiazione luminosa è un fattore limitante per la crescita e la sopravvivenza delle leguminose. La tolleranza delle leguminose all'ombreggiamento è risultata dunque essere una caratteristica fondamentale per l'utilizzo della tecnica della bulatura in sistemi altamente produttivi come quelli di Ravenna. Infatti, specie

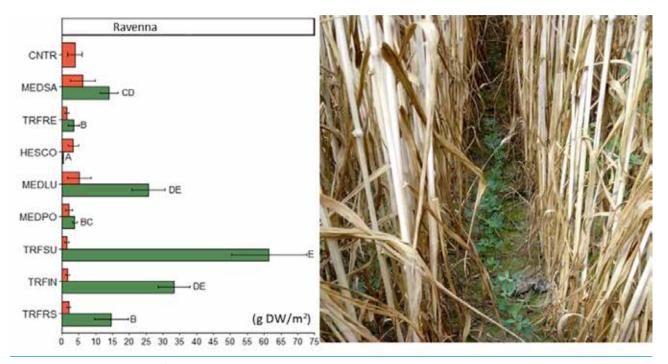


Figura 5 - Biomassa secca (g/m²) di leguminosa (barre verdi) e infestanti (barre rosse) alla raccolta del frumento a Ravenna durante la stagione di crescita 2018/19. CNTR: Parcella di controllo (frumento da solo); MEDSA: *Medicago sativa*; TRFRE: *Trifolium repens*; HESCO: *Hedysarum coronarium*; MEDLU: *Medicago lupulina*; MEDPO: *Medicago polymorpha*; TRFSU: *Trifolium subterraneum*; TRFIN: *Trifolium incarnatum*; TRFRS: *Trifolium resupinatum*. Le diverse lettere (A-E) indicano una differenza significativa al livello di 0,05. Le barre di errore rappresentano l'errore standard (SE). L'immagine sulla destra rappresenta la bulatura dell'erba medica (*M. sativa*) con il frumento duro.



Figura 6 - Parcella di controllo (sinistra) e il *Trifolium repens* (destra) nella primavera successiva alla raccolta del frumento. In evidenza la capacità di controllo delle infestanti del *Trifolium repens*.

notoriamente tolleranti all'ombreggiamento come *M. sativa* e *T. repens*, si sono dimostrate ben adattate alla consociazione con il frumento e hanno mostrato un ottimo ricaccio dopo la raccolta della coltura (Figura 4). Il campionamento di biomassa effettuato nella primavera successiva, ha rivelato che M. sativa e T. repens hanno ridotto significativamente la biomassa secca delle infestanti dell'83% rispetto al controllo (26 g/m² vs 154 g/m²). Al contrario, le altre leguminose utilizzate in questo esperimento non hanno avuto un effetto significativo sulla biomassa secca delle infestanti rispetto alle parcelle di controllo.

Metodo di semina: confronto tra semina a righe e semina a spaglio

In un sistema cerealicolo ad alta produttività, la bulatura delle leguminose tramite la semina a spaglio può essere l'opzione più adatta. I risultati di questo esperimento mostrano che per l'erba medica (M. sativa), il trifoglio bianco (T. repens) e il trifoglio sotterraneo (T. subterraneum), il metodo di semina non ha influenzato la resa del frumento e la biomassa secca delle leguminose. Dunque, tra le due tecniche di semina risulta più conveniente utilizzare quella a spaglio in quanto più rapida ed economica. La semina a spaglio delle leguminose comporta l'uso di una seminatrice centrifuga combinata a un erpice leggero. Quando si esegue la semina a spaglio, l'erpicatura leggera ha una doppia funzionalità: l'incorporazione dei semi nel terreno e il controllo meccanico delle infestanti più piccole. Tuttavia, con la semina a spaglio i semi vengono incorporati nel terreno

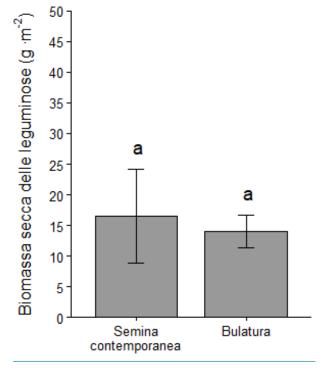


Figura 7 - Produzione di biomassa dell'erba medica (*M. sativa*) in semina contemporanea con il frumento e in bulatura in un sistema cerealicolo ad alto potenziale produttivo come quello di Ravenna.

solo superficialmente, diminuendo così il contatto dei semi con il terreno e aumentando la loro suscettibilità a condizioni ambientali sfavorevoli o alla predazione dei semi. Se si verificano eventi climatici sfavorevoli dopo la semina delle leguminose (per esempio un periodo di siccità), la germinabilità delle leguminose può diminuire significativamente in caso di semina a spaglio. Per questo motivo, il tasso di semina dovrebbe essere aumentato del 20-50% quando si effettua la semina a spaglio.

Epoca di semina: confronto tra bulatura e semina contemporanea delle leguminose

I risultati di questo esperimento hanno rivelato che la produzione di biomassa secca della leguminosa e la resa del frumento non sono state influenzate dall'epoca di semina (Figura 7). Pertanto, la semina contemporanea delle leguminose con il frumento, maggiormente gestibile rispetto alla bulatura, può essere una soluzione più adatta per i sistemi ad alta produttività come a Ravenna.

Utilizzo finale delle leguminose

La bulatura delle leguminose nel frumento offre la possibilità di anticipare la semina della coltura foraggera di nove mesi rispetto alla normale tempistica dell'avvicendamento, permettendo di ridurre i costi per la preparazione del letto di semina e riducendo l'impiego di input esterni come erbicidi e fertilizzanti. Inoltre, la presenza delle leguminose immediatamente dopo la raccolta del grano permette di mantenere il suolo costantemente coperto, con evidenti benefici in termini di controllo delle infestanti e di protezione del suolo dall'erosione. In questo esperimento abbiamo effettuato una valutazione del livello di produzione di biomassa dell'erba medica (M. sativa) seminata in bulatura, con l'erba medica seminata in modo convenzionale (semina primaverile). La valutazione è stata eseguita in primavera sull'erba medica di 1 anno. Abbiamo osservato che la semina dell'erba medica in bulatura riduce la produzione di biomassa secca di M. sativa del 30% rispetto alla coltura pura di M. sativa (198 g/m² vs 287 g/m²). Di conseguenza, se l'obiettivo principale è quello di produrre foraggio, il tasso di semina dell'erba medica in bulatura dovrebbe essere aumentato per compensare la minore produzione di biomassa.

Contatti:

Pierluigi Meriggi p.meriggi@horta-srl.com Valentina Manstretta v.manstretta@horta-srl.com Matteo Ruggeri m.ruggeri@horta-srl.com tel. 0544 483261

PROVE SPERIMENTALI PRESSO AZIENDE PRIVATE

AZIENDA AGRICOLA LA VIOLA

La Viola (www.aarilaviola.com) è un'azienda agricola biologica situata a Torre San Patrizio (FM), nelle Marche. L'azienda si estende per 10 ha ed è caratterizzata da terreni in forte pendenza e da un suolo franco- argilloso. La Viola è specializzata nella coltivazione di cereali e si caratterizza dal fatto di coltivarli in consociazione con colture leguminose. Nello specifico, la consociazione viene effettuata tra cerali come frumento duro, frumento tenero, segale, orzo, avena e leguminose da granella come cece, cicerchia, lenticchia e roveja. Tutte le colture vengono seminate a spaglio con una seminatrice modificata appositamente per la consociazione. La seminatrice è composta da due tramogge, rispettivamente per i cereali e per i legumi, e permette di seminare simultaneamente le due colture, ognuna con la dose di seme ottimale. Le

colture in consociazione venaono raccolte insieme e vengono divise nel laboratorio aziendale. Le due colture vengono separate sfruttando la loro diversa granulometria e peso specifico, grazie a una vagliatrice appositamente regolata per ogni tipo di consociazione. Dopo la separazione, il frumento viene utilizzato per la produzione di farina tramite il mulino aziendale, mentre gli altri cereali e legumi vengono usati per la produzione di zuppe tradizionali e di trasformati. Tutti i prodotti vengono venduti anche nel punto vendita aziendale. Il proprietario dell'azienda. Gilberto Croceri ha eseguito un video in cui presenta l'azienda "La Viola" e la prova sperimentale sulla consociazione della lenticchia con il frumento condotta in alcuni dei suoi campi (https://www.youtube.com/ watch?v=rszca3WBGUE&t=70s).

Indirizzo:

Azienda Agrobiologica La Viola Via Oliva 19 63814 Torre San Patrizio (FM) Coordinate GPS: 43°10'36.2"N 13°35'55.1"E

Per ulteriori informazioni contattare: Gilberto Croceri info@agrilaviola.com

CONSOCIAZIONE DEL FRUMENTO CON LA LENTICCHIA

La lenticchia è una coltura molto importante per La Viola e la sua coltivazione in consociazione con il frumento rappresenta l'unico modo di coltivare questo legume nell'azienda (Figura 1). La lenticchia, infatti, essendo una coltura molto suscettibile all'allettamento, spesso risulta impossibile da raccogliere meccanicamente, specialmente in terreni declivi come quelli che caratterizzano La Viola. La consociazione della lenticchia con il frumento permette di superare questo problema in quanto i culmi dei cereali svolgono un'azione di supporto meccanico alla lenticchia, riducendone significativamente l'allettamento. Nello specifico,



Figura 1 - Consociazione tra frumento tenero e lenticchia.

per la consociazione con la lenticchia viene utilizzato un miscuglio di *landraces* di frumento tenero con un miscuglio di ecotipi e varietà commerciali di lenticchia. Questo tipo di consociazione permette di ottenere, rispetto ai livelli produttivi locali, una produzione sufficiente di frumento (18 q/ha in media) e una buona produzione di lenticchie (3,5 g/ ha in media). La consociazione permette, inoltre, di migliorare il controllo della flora infestante. Sebbene la consociazione del frumento con la lenticchia permetta di ottenere un sufficiente livello produttivo, la consociazione può essere ulteriormente ottimizzata aumentando la densità di semina della lenticchia. L'obiettivo è dunque quello di aumentare

la produttività del sistema e massimizzare il controllo delle infestanti.

Obiettivi

Questo esperimento è stato condotto direttamente all'interno dell'azienda La Viola e ha l'obiettivo di ottimizzare la consociazione del frumento con la lenticchia. Gli obiettivi riguardano nello specifico:

- massimizzare la produzione della lenticchia;
- mantenere una sufficiente produzione di frumento;
- minimizzare la competizione interspecifica tra frumento e lenticchia;
- massimizzare il controllo della flora infestante;



Disegno sperimentale a blocchi randomizzati (3

Dose di semina del

5 dosi di semina di lenticchia:

- 0 kg/ha 75 kg/ha 100 kg/ha
- 125 kg/ha
- 150 kg/ha

Disegno sperimentale strip plot (3 repliche)

4 dosi di semina di

5 dosi di semina di lenticchia:

- 0 kg/ha 75 kg/ha 100 kg/ha
- 125 kg/ha 150 kg/ha

Disegno sperimentale strip plot (3 repliche)

4 dosi di semina di

5 dosi di semina di lenticchia:

- 0 kg/ha 100 kg/ha
- 150 kg/ha 200 kg/ha 250 kg/ha

Figura 2 - Campi aziendali utilizzati durante le tre repliche dell'esperimento.





Figura 3 - Messa a punto della seminatrice aziendale utilizzata per l'esperimento (foto di Simone Marini e Stefano Carlesi).

Materiali e metodi

Nel 2018/2019 sono state testate 4 diverse dosi di semina di lenticchia (75, 100, 125, 150 kg/ha) associate al frumento con una dose di semina fissa (185 kg/ha) (Figura 2). La lenticchia e il frumento sono state inoltre coltivate in monocoltura con la dose di seme usualmente utilizzata dall'agricoltore (185 kg/ha per il frumento e 100 kg/ha per la lenticchia) con l'obiettivo di valutare l'efficienza della consociazione tramite il calcolo del Land Equivalent Ratio (LER). Il LER è un valore che indica la quantità di superficie occupata da una monocoltura necessaria per avere la stessa produttività, a parità di gestione, della coltura in consociazione. Nel 2018/2019 il campo sperimentale è stato organizzato in blocchi completamente randomizzati con tre repliche per ogni dose di lenticchia coltivata in consociazione. Ogni parcella misurava 500 m² (6 m x 80 m). Nella stagione 2019/2020 l'esperimento è stato lievemente modificato per permettere uno studio più dettagliato dell'interazione fra frumento e lenticchia quando coltivate in consociazione; gli agricoltori e gli sperimentatori hanno organizzato l'esperimento per misurare l'effetto dell'incremento della densità di lenticchia (0, e da 75 a 150 kg/ha) in aree dove il frumento è stato seminato a quattro diverse densità (0, 100, 150, 200 kg/ha) (Figura 2). Nel 2020/2021 lo schema sperimentale seguito è stato uno "strip plot" randomizzato con tre repliche per ogni dose di semina del frumento, e un gradiente continuo



Figura 4 - Rilievo di densità delle piante di frumento e lenticchia dopo la semina (foto di Stefano Carlesi).

di densità della lenticchia (100, 150, 200 e 250 kg/ha), mentre all'inizio di ogni striscia è stata lasciata una parcella di controllo di 4 m x 20 m in cui non è stata seminata la lenticchia. L'orientamento del gradiente di ogni striscia è stato alternato (Figura 2). Ogni striscia con la medesima quantità di frumento seminato era lunga 100 m e larga 4 m, andando così a comporre un'area sperimentale di 4.800 m². La randomizzazione e l'orientamento spaziale delle parcelle è stato deciso tenendo in considerazione il massimo gradiente di variabilità nei due campi sperimentali, ovvero la pendenza.

Dopo la preparazione del letto di semina, il frumento e la lenticchia sono stati seminati a spaglio utilizzando la seminatrice aziendale appositamente modificata

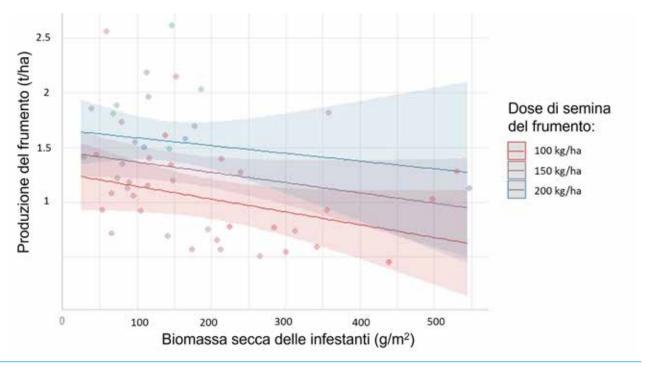


Figura 5 - Produzione del frumento (a tre diverse dosi di semina) in risposta alla biomassa delle infestanti (g/m²) presente durante la stagione 2019/20.

Dose di semina teorica del frumento(kg/ha)	Dose di semina teorica della lenticchia (kg/ha)	Produzione frumento (t/ha)	Produzione lenticchia (t/ha)	Biomassa decca della infestanti (g/m²)	Controllo delle infestanti
0	0	-	10	257 120	-54%
	100	-	0.18		
	150	-	0.29		
	200	-	0.34		
	250	-	0.35		
100	0	0.95	0	123	-30%
	100	0.43	0.14	87	
	150	0.48	0.33		
	200	0.61	0.14		
	250	035	0.33		
150	0	0.58	0	133	-21%
	100	0.66	0.27	105	
	150	0.67	0.47		
	200	0.63	0.15		
	250	0.55	0.65		
200	0	0.89	0	131	-16%
	100	0.73	0.15	110	
	150	1.13	0.14		
	200	0.65	0.33		
	250	069	0.28		

Tabella 1 - Produzione di frumento e lenticchia in consociazione e seminati con diverse dosi e i loro effetti sulla biomassa secca delle infestanti durante la replica 2020/21. Il controllo delle infestanti (%) è stato calcolato come rapporto tra la biomassa media delle infestanti nella consociazione tra frumento e lenticchia e il frumento coltivato da solo alla dose di 0, 100, 150 e 200 kg/ha.

per la consociazione (Figura 3). La seminatrice è composta da due indipendenti, una per il frumento e una per la lenticchia. Il flusso di fuoriuscita del seme dalle tramogge è stato regolato a seconda della dose di semina scelta.

Durante le stagioni di sviluppo della coltura sono stati effettuati una serie di rilievi e campionamenti sia sul frumento che sulla lenticchia, in modo da ottenere dati su:

- i) Emergenza e produzione della lenticchia e del frumento (Figura 4);
- ii) Efficienza della consociazione tramite la stima del LER:
- iii) Effetto della consociazione sulle infestanti.

Risultati

Il principale evento del 2019 ha riguardato il completo fallimento della coltura della lenticchia, a causa di un importante attacco di limacce che non ha permesso la raccolta di questa coltura nell'estate 2019. Come diretta conseguenza del fallimento della coltura di lenticchia non è stato possibile calcolare il LER, mentre la resa del frumento e la biomassa della flora spontanea sono state misurate.

Per quanto riguarda la densità della coltura, a febbraio 2019 per il frumento sono state rilevate 195

piante/m², ovvero una percentuale di germinazione oscillante tra il 43% e il 50% delle sementi poste in campo, mentre l'emergenza della lenticchia è stata molto bassa: 7 piante/m². Di conseguenza si è provveduto a riseminare la lenticchia in primavera. La semina primaverile della lenticchia ha determinato una migliore emergenza della coltura mostrando una risposta lineare alla quantità di semente utilizzata. Alla raccolta, considerando la biomassa secca delle piante delle colture, la biomassa minore è stata espressa dalla pianta di lenticchia (5,26 g/m²) indipendentemente dalla dose di semina. La resa in granella del frumento, seguendo lo stesso andamento della lenticchia, non è stata influenzata dalla densità di semina della lenticchia ed è stata in media di 2,16 t/ha. Anche la biomassa della flora spontanea non è stata influenzata dalla dose di semina della lenticchia, mostrando una biomassa media di 43,62 g/m². In questo caso è stato lo sviluppo del frumento a ridurre la presenza di flora infestante (Figura 5): utilizzando i risultati delle parcelle di controllo, dove il frumento non è stato seminato, è stato possibile calcolare una riduzione dell'85% della biomassa della flora spontanea nelle parcelle dove invece veniva seminato il frumento.

Per quanto riguarda la replica dell'esperimento

effettuata durante il 2019/20, la produzione della lenticchia media è stata di 0,17 t/ha, più bassa rispetto al livello produttivo medio di quest'area (0,35 t/ha). I risultati di questo esperimento hanno confermato che la lenticchia è una coltura poco competitiva nei confronti della flora infestante. Non sono state osservate differenze statisticamente rilevanti tra il livello di infestazione delle parcelle senza colture (561 g/m²) rispetto a quelle coltivate con la lenticchia (436 g/m²). Al contrario la coltivazione della lenticchia con il frumento è risultata una buona soluzione per limitare lo sviluppo delle infestanti. Nelle parcelle dove la lenticchia è stata coltivata in consociazione con il frumento la biomassa secca delle infestanti è stata in media di 158 g/m². La biomassa delle infestanti nel frumento coltivato da solo è stata invece mediamente pari a 278 g/m². La densità di semina del frumento ha avuto un effetto significativo nel controllo delle infestanti, infatti la biomassa secca delle infestanti nel frumento coltivato alla dose di 100, 150 e 200 kg/ha è stata rispettivamente di 432, 242 e 161 g/m². La densità delle piante di lenticchia in campo è stata significativamente minore rispetto alla densità teorica. Considerando la dose di semina di 75, 100, 125 e 150 kg/ha la densità teorica della lenticchia avrebbe dovuto essere pari a 144, 192, 240, 288 piante/m², mentre la densità in campo è stata di 95, 104, 132, 208 piante/m². Data la bassa germinabilità della lenticchia, durante la terza replica dell'esperimento (2020/21) la dose di semina della lenticchia è stata aumentata (0, 100, 150, 200, 250 kg/ha). Malgrado l'aumento di dose, la densità della lenticchia rilevata in campo è stata solo del 33% rispetto alla densità prevista, mentre la sua produzione è stata in media di 0,28 t/ha. Data l'emergenza scarsa e disuniforme, la produzione della lenticchia non è stata significativamente influenzata dalla diversa dose di semina (Tabella 1). Anche durante questa replicazione dell'esperimento è stato osservato che la consociazione della lenticchia con il frumento riduce la biomassa delle infestanti in modo significativo rispetto alla lenticchia coltivata da sola. Tuttavia, non è stato possibile osservare un effetto significativo della dose di semina a causa della scarsa emergenza delle colture (Tabella 1). Durante le replicazioni dell'esperimento avvenute nel 2019/20 e 2020/21, non è stato possibile individuare la dose di semina ottimale tale da ottimizzare la produzione delle colture e massimizzare il controllo delle infestanti. Il livello di saturazione per spazio e risorse limitanti non è stato raggiunto, neppure utilizzando le dosi massime di semina. Per guesto motivo i risultati di questa prova vanno letti con cautela e saranno necessarie ulteriori sperimentazioni per fornire indicazioni più attendibili.

AZIENDA AGRICOLA FLORIDDIA



Floriddia è un'azienda biologica sita in Toscana nel comune di Peccioli. L'azienda è specializzata nella coltivazione di cereali (frumento tenero, frumento duro, farro, avena, orzo), leguminose da granella (cece, lenticchia, cicerchia) e foraggi. Negli ultimi anni l'azienda Floriddia si è resa promotrice della coltivazione di landraces di frumento e di popolazioni di frumento per la produzione di pane e pasta di alta qualità. Questo processo ha reso necessaria la collaborazione tra ricercatori (genetisti agrari dell'Università di Firenze), altri agricoltori locali, consulenti e il network di Rete Semi Rurali. La realtà di Floriddia rappresenta per questo motivo, un virtuoso esempio di approccio collaborativo, finalizzato alla valorizzazione e all'ottimizzazione di pratiche agronomiche che prevedono l'utilizzo di landraces per ottimizzare e rendere più stabile la produttività dei sistemi biologici.

Ogni anno Floriddia, in stretta collaborazione con Rete Semi Rurali, organizza giornate dimostrative per presentare ad un ampio pubblico di agricoltori e tecnici locali, oltre 200 tipi di cereali. L'azienda gestisce inoltre un mulino, con annessi strumenti per la pulizia della granella, e un laboratorio per la produzione di pasta e pane. L'esperienza di Floriddia può essere considerata radicale. Grazie al suo approccio collaborativo e alla sua capacità di creare un network tra attori diversi (agricoltori, ricercatori, consumatori e associati) attorno agli stessi principi di sostenibilità, è riuscita a farsi promotrice di una innovazione sociale nell'ambito della filiera produttiva.Tutti i prodotti dell'azienda vengono venduti direttamente nel punto vendita aziendale, on-line e tramite una fitta rete di agricoltori, mercati locali e gruppi di acquisto solidale (GAS).

Indirizzo:

Azienda Agriola Floriddia Via della Bonifica 171 56030 Località Cedri – Peccioli (PI) – Italy GPS coordinates: 43°29'11.18"N 10°47'54.06"E

Per ulteriori informazioni contattare: Rosario Floriddia info@ilmulinoapietra.it

CONSOCIAZIONE DEL FARRO CON LA CICERCHIA

La cicerchia è una coltura tradizionale del Centro-sud Italia ed è uno dei legumi prodotti dall'azienda Floriddia. Questa coltura cresce molto bene in questa area, tuttavia l'alta suscettibilità all'allettamento rende difficile la sua raccolta meccanizzata. La consociazione della cicerchia con cereali può aiutare a limitare il problema dell'allettamento e a contenere quindi le perdite produttive durante la fase di raccolta. L'ipotesi alla base di questo tipo di consociazione riguarda la possibilità di evitare l'allettamento della cicerchia grazie alla presenza dei culmi dei cereali che fungono da sostegno meccanico. La consociazione può inoltre portare benefici in termini di controllo della flora infestante.

Obiettivi

Questo esperimento aveva l'obiettivo di studiare la consociazione tra cicerchia e farro, in particolare in funzione della riduzione di perdite produttive della cicerchia durante la fase di raccolta provocate dall'allettamento e del migliore controllo della flora infestante.

Materiali e metodi

La cicerchia e il farro sono stati seminati a febbraio, dopo la preparazione del letto di semina. Le dosi di semina utilizzate per la consociazione sono state rispettivamente di 100 kg/ha per la cicerchia e di 45 kg/ha per il farro (1/3 della dose ottimale). La dose di seme del farro nella consociazione è stata ridotta rispetto alla dose ottimale utilizzata per la coltivazione in monocoltura, per evitare fenomeni di competizione interspecifica. Oltre alla parcella principale con la consociazione di farro e cicerchia, due ulteriori parcelle rispettivamente con cicerchia e farro in monocoltura sono state aggiunte all'esperimento per la valutazione del LER (Land Equivalent Ratio). Il LER è un valore che indica la quantità di superficie occupata da una monocoltura necessaria per avere la stessa produttività, a parità di gestione, delle colture in consociazione. Per tutta la durata dell'esperimento, sono stati raccolti dati su cicerchia e farro in modo da valutare:

- i) l'emergenza e produzione della cicerchia e del farro;
- ii) l'efficienza della consociazione tramite la stima del LER:
- iii) l'effetto della consociazione sulle infestanti.



Figura 1 - Consociazione tra farro e cicerchia (foto di Federico Leoni).

Risultati

I risultati di questo esperimento confermano che la consociazione tra cicerchia e farro consente di migliorare il controllo della flora infestante e di ottimizzare l'uso delle risorse. A causa della sua scarsa competitività nei confronti delle infestanti, la cicerchia è la coltura che più si avvantaggia da questa consociazione. Il farro (coltivato a dose ridotta), infatti, occupa efficacemente gli spazi vuoti presenti tra una pianta di cicerchia e l'altra, che avrebbero altrimenti favorito la crescita e la disseminazione delle infestanti. La consociazione ha permesso di ridurre la biomassa delle infestanti del 40% rispetto alla cicerchia coltivata da sola (Figura 1). Farro e cicerchia in consociazione, inoltre, hanno mostrato una maggiore produttività se paragonata con i rispettivi sistemi in monocoltura. Per questa consociazione, infatti, è stato ottenuto un valore LER di 1,48. Questo valore indica che sono necessari 1,48 ha di cicerchia e farro coltivati da soli per produrre quanto 1 ha di queste due colture in consociazione.

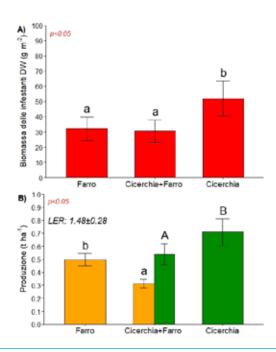


Figura 2 - A) Biomassa secca delle infestanti (g/m²) e B) Produzione del farro (t/ha).

AZIENDA AGRICOLA MARTELLO NADIA

Le seguenti prove sperimentali sono state realizzate presso l'azienda agricola Martello Nadia in

collaborazione con il Centro di Ricerche Agro-Ambientali "E. Avanzi" dell'Università di Pisa.

Indirizzo:

Via Zavagno, 60

56042 Cenaia — Crespina Lorenzana (PI)

tel. 050 643395

Coordinate GPS dei campi sperimentali:

43°34'51.46"N, 10°32'02.63"E

GESTIONE INTEGRATA DI UNA POPOLAZIONE DI *LOLIUM* SPP. RESISTENTE AGLI ERBICIDI IN SEMINATIVI GESTITI CON LAVORAZIONI CONVENZIONALI O CONSERVATIVE

Obiettivi

La pratica continuativa delle lavorazioni ridotte (lavorazione minima e no-till) combinata con l'applicazione sistematica di glifosate può portare alla selezione di popolazioni di infestanti resistenti agli erbicidi. Questo è il caso della pianura vicino a Pisa, dove la ridotta lavorazione è diventata una pratica standard fra gli agricoltori fin dagli anni '80. Le brevi rotazioni colturali, dominate dai cereali a paglia, e l'uso frequente nei periodi di inter-coltura del glifosate (applicato fino a 8 volte in soli tre anni, spesso a dosi sub-ottimali) hanno portato alla selezione di popolazioni di varie specie di Lolium con triplice resistenza ad erbicidi (ACC-asi, ALS, glifosate). Questo si è verificato anche nelle parcelle no-till di un esperimento on-farm di lungo periodo iniziato nel 2008 e terminato nel 2017, nel quale si sono confrontati gli effetti agro-ambientali dell'applicazione continua del no-till rispetto all'aratura annuale. L'insorgere di popolazioni resistenti di Lolium ha raggiunto livelli tali da indurre l'agricoltore a ritornare ad arare a 25-30 cm per poter devitalizzare i semi di Lolium e ridurne la banca semi. Nell'ambito del WP7 di IWMPRAISE, è stata quindi avviata una nuova prova di sistema gestita con approccio partecipativo su una rotazione quadriennale (frumento duro-sorgo-frumento duro-cece), per confrontare due diverse strategie di gestione della flora infestante sui due campi precedentemente gestiti in

- i) aratura annuale con applicazione di diversi tipi di erbicidi ma non di glifosate;
- ii) gestione integrata che combina lavorazioni ridotte (minima lavorazione e non-lavorazione), colture di copertura e applicazione limitata di erbicidi (glifosate escluso).

Insieme all'agricoltore, si è voluto verificare se il disturbo continuo del *Lolium* (per via meccanica, chimica o agronomica) nei periodi dei suoi picchi di germinazione possa portare a rendere ancora possibile implementare l'agricoltura conservativa per preservare la fertilità del suolo, senza significative perdite di raccolto dovute a popolazioni di piante infestanti resistenti.

Materiali e metodi

Questa ricerca di campo è stata realizzata dal Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa (CiRAA) presso l'azienda Agricola Martello Nadia. Due diversi sistemi di gestione (CONVENZIONALE vs INTEGRATO) sono stati posti a confronto su 2 parcelle di 2,5 ha ciascuna. Ciascun trattamento è stato replicato 5 volte in pseudo-repliche. La rotazione colturale è stata la seguente:

- Girasole (Helianthus annuus L.) 2019/20;
- Frumento duro (*Triticum turgidum* subsp. *durum* (Desf.)) 2020/21;
- Cece (Cicer arietinum L.) 2022/23.

Nel sistema conservativo si è coltivata una coltura di copertura di rafano (Raphanus sativus L.) tra frumento e cece. In origine era prevista una diversa rotazione colturale, con frumento duro al posto del girasole e veccia vellutata (Vicia villosa Roth.) come coltura di copertura tra frumento e girasole. Purtroppo le rigide condizioni climatiche dell'autunno 2019 hanno impedito una tempestiva semina del frumento e l'agricoltore ha deciso di passare direttamente al girasole nella primavera del 2020. All'agricoltore è stata proposta anche una coltura di copertura di trifoglio violetto (Trifolium pratense L.) da traseminare nel frumento nel 2020/21 e lasciare crescere fino al periodo di pre-semina del cece, quando avrebbe dovuto essere interrato come sovescio mediante erpicatura. Lo scarso insediamento del trifoglio violetto in un esperimento condotto in parallelo in consociazione con frumento ha suggerito all'agricoltore di cambiare strategia e provare con il rafano. La scelta di quest'ultimo è stata motivata dalla capacità di rapido insediamento e accrescimento della coltura di copertura, potenzialmente in grado di contrastare l'infestazione precoce da loietto e di lasciare presto il terreno per consentire la tempestiva preparazione del letto di semina per il cece.

L'applicazione degli erbicidi è stata gestita come principale strumento di controllo integrato nel sistema CONVENZIONALE, mentre in quello INTEGRATO è stata ridotta al minimo e adattata alle condizioni specifiche. Sono stati valutati i seguenti parametri:

- biomassa e copertura del suolo prodotta dalle cover crop e dalle colture da reddito al momento, rispettivamente, della loro devitalizzazione o raccolta;
- abbondanza e composizione della flora infestante in ciascuna coltura (alla raccolta, al momento della devitalizzazione e, possibilmente, anche ad emergenza colturale completata);
- evoluzione della banca semi del suolo dal t0 (fine inverno 2019) al t1 (fine del primo ciclo di rotazione);
- costi economici ed energetici.

Risultati

Il girasole (cv. Excellio) è stato raccolto il 5 settembre 2020 e la resa in granella è risultata molto simile nei due sistemi (4,2 vs 4,4 t ha⁻¹, rispettivamente nel sistema CONVENZIONALE e INTEGRATO). Dopo la raccolta del girasole, il terreno è stato lavorato per il frumento duro invernale (cv. Platone) che è stato seminato l'11 novembre 2020 su terreno lavorato in entrambi i sistemi. Nel sistema integrato, il terreno è stato lavorato mediante erpicatura superficiale, mentre nel sistema convenzionale la lavorazione principale veniva eseguita mediante discissura a 30 cm di profondità. Il controllo delle erbe infestanti, la protezione delle colture e la fertilizzazione sono stati gestiti allo stesso modo nei due sistemi secondo la tecnica suggerita dall'agricoltore. Il frumento duro è stato raccolto il 15 luglio 2021 e la resa in granella è stata nuovamente comparabile nei due sistemi (4,5 vs 4,2 t ha⁻¹ rispettivamente nel sistema convenzionale e nel sistema integrato). I risultati preliminari della prova indicano che una riduzione dell'intensità della lavorazione del terreno non significa necessariamente una riduzione della resa delle colture in un sistema in cui sono presenti popolazioni di erbe infestanti resistenti agli erbicidi. L'agricoltore, inizialmente scettico sulla reintroduzione della lavorazione ridotta in quei campi, ha manifestato un crescente interesse per la diversificazione dei sistemi colturali, con particolare enfasi sulla coltivazione di cover crop, pratica che sta sperimentando da molti anni.

Contatti:

andreadeangeli@gmail.com tel. 347 0738543 daniele.antichi@unipi.it tel. 050 2218962

TRASEMINA DEL TRIFOGLIO VIOLETTO IN FRUMENTO DURO GESTITO CON METODO BIOLOGICO

Obiettivi

Per il controllo diretto delle infestanti del frumento, gli agricoltori biologici si affidano prevalentemente all'erpice strigliatore. Nei suoli con prevalenza di argilla o limo, tuttavia, l'impiego dello strigliatore a fine inverno (in fase di accestimento del frumento) non sempre risulta efficace a causa delle condizioni del suolo spesso non ottimali. Negli ambienti mediterranei, la sempre maggiore frequenza di inverni con temperature miti e con limitati periodi di gelo risulta di ostacolo alla naturale strutturazione del suolo dovuta all'alternanza gelo-disgelo. Questo comporta il fatto che spesso, a fine inverno, il terreno seminato a frumento risulti eccessivamente compatto e con pochi micro-aggregati in superficie. In queste condizioni, l'erpice strigliatore si dimostra poco efficace nell'estirpare le plantule delle infestanti. Inoltre, mantenere coperto il terreno nel periodo compreso tra la raccolta dei cereali autunno-vernini e la semina della successiva coltura primaverile risulta di primaria importanza al fine di contenere lo sviluppo della flora infestante reale e di quella potenziale (banca semi del suolo). Le colture di copertura a semina autunnale rappresentano un validissimo strumento per mantenere coperto il suolo nel periodo di intercoltura. Questo, tuttavia, può risultare difficoltoso quando la coltura primaverile-estiva sia seminata piuttosto precocemente a fine inverno, come nel caso di cece e girasole, comportando la necessità di devitalizzare presto la cover crop, impedendole di produrre elevati quantitativi di biomassa.

Per massimizzare la copertura del suolo e ridurre la presenza di infestanti, la bulatura a fine inverno di una cover crop di trifoglio violetto (Trifolium pratense L.) all'interno del frumento può risultare una strategia vincente nell'ottica della gestione integrata della flora infestante. Il trifoglio violetto, traseminato nel cereale a fine accestimento, potrà infatti continuare a vegetare anche dopo la raccolta del frumento, mantenendo il terreno coperto fino alla primavera successiva e competendo con le piante infestanti a germinazione estiva e autunnale. La trasemina nel cereale precedente permette, inoltre, di risparmiare tempo per la crescita della cover crop e di incrementare la sua capacità di produzione di biomassa all'epoca in cui dovrà essere sovesciata a favore della coltura primaverile successiva. Le cover crop più idonee per questo tipo di gestione sono da individuare in specie biennali, come il trifoglio



Figura 1 - Campi sperimentali presso l'azienda Martello Nadia (43°35′55.15″N, 10°31′48.43″E) (foto ©2017 Google).

violetto, specie annuali auto-riseminanti (es. trifoglio sotterraneo, *Trifolium subterraneum* L.) o specie perenni (es. *Trifolium repens* L.).

In questa prova on-farm, sono stati valutati per due anni gli effetti della bulatura del trifoglio violetto nel frumento duro (*Triticum turgidum* subsp. *durum* (Desf.) gestito con metodo biologico. Il trifoglio è stato lasciato vegetare fino all'epoca di semina della successiva coltura di cece (*Cicer arietinum* L.), prima della quale è stato sovesciato mediante erpicatura.

Materiali e metodi

Questa prova on-farm è stata condotta presso l'azienda agricola Martello Nadia in collaborazione con il Centro di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa (CiRAA). Due diversi trattamenti (BULATURA vs FRUMENTO IN PUREZZA) sono stati posti a confronto per due anni su due parcelle delle dimensioni di circa 1 ha ciascuna. Ogni trattamento è replicato su 5 pseudo-repliche. Al frumento duro, coltivato nel 2018/19, è seguito il cece nella primavera successiva.

Sono stati valutati i seguenti parametri:

 biomassa e copertura del suolo prodotta dalle cover crop e dalle colture da reddito al momento,



Figura 2 - Trifoglio violetto traseminato nel frumento duro a marzo 2019 dopo l'emergenza.

- rispettivamente, della loro devitalizzazione o raccolta;
- abbondanza e composizione della flora infestante in ciascuna coltura (alla raccolta, al momento della devitalizzazione e, possibilmente, anche ad emergenza colturale completata);
- costi economici ed energetici.

Risultati

Le condizioni meteorologiche avverse nel tardo inverno in entrambi gli anni hanno impedito un buon insediamento della coltura di copertura. Il trifoglio non ha raggiunto una biomassa sufficiente in entrambi gli anni. Occorrono nuove prove, che comprendano anche specie diverse e diverse tecniche di trasemina.

Contatti:

andreadeangeli@gmail.com tel. 347 0738543 daniele.antichi@unipi.it tel. 050 2218962

IMPIEGO DEL RULLO-TRINCIA COME ROLLER CRIMPER: EFFETTO DELL'EPOCA DI DEVITALIZZAZIONE E DEL NUMERO DI PASSAGGI

Obiettivi

L'obiettivo principale di questa sperimentazione è quello di testare l'efficacia del rullo-trincia prodotto da DONDI S.p.A. impiegato come roller crimper per la devitalizzazione di alcune fra le più comuni colture di copertura a diversi stadi fenologici. È infatti noto che l'efficacia dei roller crimper per la devitalizzazione delle cover crop raggiunga i massimi livelli quando impiegati in fasi fenologiche molto avanzate (a partire dalla piena fioritura per le leguminose e dalla maturazione lattea per i cereali). Tuttavia, questo limita fortemente la loro diffusione fra gli agricoltori in ambito mediterraneo, poiché causa la posticipazione della semina della coltura primaverileestiva, esponendola al rischio di forti cali produttivi dovuti allo stress idrico. Lo sviluppo di roller crimper e tecniche di rullatura capaci di aumentare l'efficacia di devitalizzazione delle cover crop e di consentire, di conseguenza, una semina tempestiva delle colture da reddito rappresenta, quindi, una condizione essenziale per un maggiore impiego delle cover crop come strumenti di difesa integrata dalle piante infestanti.



Figura 3 - Prova in campo presso l'azienda agricola Martello Nadia (43°67'08.51"N, 10°31'19.57"E) (foto ©2017 Google).

Materiali e metodi

Per due anni (2018/19 e 2020/21) è stata condotta una sperimentazione in campo in azienda presso l'Azienda Agricola Martello Nadia in collaborazione con il Centro Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" del Università di Pisa (CiRAA). Sono stati poste a confronto due diverse specie di colture di copertura (una specie graminacea, ovvero la segale - Secale cereale L.- nel 2018/19 e l'orzo – Hordeum vulgare L.- nel 2020/21, e una leguminosa, ovvero la veccia vellutata – Vicia villosa Roth.) seminate rispettivamente a settembre 2018 e 2020 su due campi separati di circa 1 ha ciascuno (Figura 3). Le dosi di semina sono state rispettivamente di 180 e 40 kg ha⁻¹ per segale/orzo e veccia. In sottoparcelle è stato testato l'effetto sulla dinamica di terminazione di ciascuna specie di cover crop di tre diverse date di devitalizzazione (stadio vegetativo completo vs spigatura precoce nel cereale/inizio fioritura nella veccia vs maturazione lattiginosa del cereale/piena fioritura della veccia) e 1 o 2 passaggi (con il secondo eseguito una settimana dopo il primo per enfatizzare lo stress sulle piante in fase di ripresa vegetativa) di un roller crimper (Figura 4). Ciascun trattamento (ovvero la combinazione fattoriale di data di cessazione e numero di passaggi per ogni cover crop) è stato replicato su 5 pseudo-repliche. Il roller crimper era dotato di lame non affilate e funzionava a una velocità di lavoro di 10 km hr⁻¹. Per massimizzare il peso e l'azione del rullo, il rullo è stato riempito d'acqua fino a un peso di 2,7 tonnellate. Sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

 biomassa e copertura del suolo prodotta dalle colture di copertura in fase terminale;



Figura 4 - Devitalizzazione della segale con roller crimper nel 2018 in fase di piena vegetazione (primo passaggio il 28 marzo).

- abbondanza e composizione delle erbe infestanti nelle colture di copertura nella fase terminale;
- velocità e dinamica di essiccazione delle cover crop (attraverso analisi dell'immagine);
- compattazione del terreno prima e dopo il passaggio del rullo.

Risultati

Nel primo anno la biomassa delle colture di copertura è stata molto buona, soprattutto per la segale, che ha prodotto 11 t s.s. ha⁻¹, come media delle tre date di devitalizzazione, mentre la veccia ha prodotto 5 t s.s. ha⁻¹ in media. Il rullo è riuscito a devitalizzare la veccia in modo molto efficiente a partire dalla seconda data di terminazione e con un solo passaggio, un risultato molto interessante se confrontato con esperienze simili. In precedenti esperimenti condotti nella stessa azienda e con un classico design chevron-like (a forma di V) del roller crimper, non si era ottenuta una significativa devitalizzazione della veccia fino alla fase di piena fioritura. Tuttavia, vale la pena ricordare che in queste condizioni sperimentali vi sono state molte precipitazioni durante la primavera e l'umidità del suolo era molto elevata soprattutto negli appezzamenti di veccia. Ciò ha facilitato l'azione del rullo, incrementando il valore della percentuale di biomassa tagliata della veccia. Per la segale, a causa dell'elevata biomassa della coltura, il rullo è stato meno efficace e sono stati necessari due passaggi per ottenere un tasso di devitalizzazione accettabile anche alla data di cessazione successiva.

Nel 2020/2021 la biomassa dell'orzo è stata molto buona, raggiungendo un massimo di ~8 t s.s. ha-1 all'ultima data di devitalizzazione. La biomassa prodotta dalla veccia è stata leggermente inferiore rispetto al primo anno, raggiungendo un massimo di ~4.6 t s.s. ha-1. I risultati della dinamica di essiccazione hanno confermato i buoni risultati ottenuti per la veccia nel primo anno, mentre per l'orzo, che ha prodotto più culmi di accestimento della segale, la percentuale di piante che hanno ricacciato dopo la rullatura è stata piuttosto elevata. Questo risultato rende necessario un ulteriore sforzo di sperimentazione, da concentrare sull'ottimizzazione dei parametri operativi del roller crimper (es. velocità di lavoro maggiore o lame affilate) e della tecnica di semina della cover crop (es. dose di semina minore).

Contatti:

andreadeangeli@gmail.com tel. 347 0738543 daniele.antichi@unipi.it tel. 050 2218962

FATTORIA SAN GIUSTO A RENTENNANO



Loc. Montevertine 1 53017 Radda in Chianti (SI)

Coordinate GPS: 43°30'06.2"N 11°23'29.0"E

SOCIETÀ AGRICOLA

MONTEVERTINE

tel. +39 0577 73.80.09

e-mail: info@montevertine.it

Indirizzo:

Loc. San Giusto a Rentennano 53013 Gaiole in Chianti (SI) tel. +39 0577 747121

Coordinate GPS: 43°22'14.1"N 11º25'19.4"E

e-mail: info@fattoriasangiusto.it

COLTURE DI COPERTURA PER MIGLIORARE I SUOLI NEI VIGNETI DEL CHIANTI CLASSICO

La viticoltura è una componente fondamentale dell'agricoltura nell'Europa mediterranea. Qui, i vigneti sono stati storicamente piantati su suoli poco sviluppati (es. tessitura del terreno grossolana, elevata pietrosità, bassa sostanza organica del suolo). La combinazione di scarse caratteristiche intrinseche del suolo, la topografia scoscesa che caratterizza la maggior parte delle regioni vinicole europee e il tipico andamento climatico mediterraneo, rendono questi suoli altamente suscettibili al degrado. In questo scenario, le pratiche di gestione intensiva dei terreni, come la molto comune lavorazione interfilare, ne hanno intensificato il degrado e circa 9 tonnellate di suolo per ettaro vengono perse dai vigneti ogni anno. In altre parole, i vigneti sono, ad oggi, l'uso del suolo con il più alto tasso di perdita per erosione in Europa.

Le colture di copertura potrebbero svolgere un ruolo fondamentale nella riduzione di tale fenomeno e per il miglioramento della fertilità fisica, chimica e biologica del suolo, migliorando così la sostenibilità del settore vitivinicolo europeo. Tuttavia, gli agricoltori sono spesso riluttanti a adottare pratiche di copertura del suolo a causa della potenziale competizione tra le cover crop e la vite per l'acqua e le sostanze nutritive. Ciò richiede sperimentazioni in azienda per testare e discutere con gli agricoltori le

strategie che possono migliorare i suoli garantendo la produzione e la qualità dell'uva.

Obiettivi

Un gruppo di agricoltori innovatori del Chianti Classico ha utilizzato miscele di cover crop di cereali e di leguminose, oppure ha lasciato crescere la vegetazione spontanea, abbinandole a lavorazioni senza inversione per ripristinare e proteggere i propri terreni. Tuttavia, queste innovazioni non sono state supportate da studi locali e i viticoltori della zona sono preoccupati per l'eccezionale accumulo di zucchero nell'uva a causa degli aumenti di temperatura associati ai cambiamenti climatici. Questo studio era mirato a identificare le strategie di cover crop più promettenti per gestire il suolo in modo sostenibile e garantire resa e qualità dell'uva. A tal fine sono stati valutati gli effetti delle diverse pratiche di inerbimento sul suolo (parametri chimici, fisici e biologici), sulla comunità di vegetazione spontanea, sullo stress della vite, sulla produzione di uva e sulla qualità nel Chianti Classico. I risultati sono stati discussi con agricoltori e tecnici locali.

Materiali e metodi

La sperimentazione è in corso su due aziende agricole biologiche commerciali del Chianti Classico: (i) la Fattoria San Giusto a Rentennano (SG) situata a Gaiole in Chianti (SI); piovosità media annua 801 mm; temperatura media annua 14,4°C; quota 233 m s.l.m., pendenza 10%;

Indirizzo:

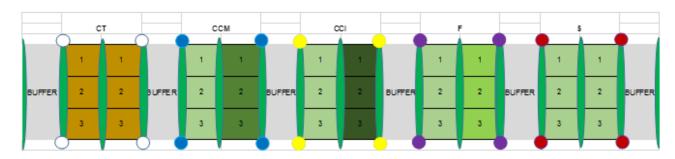


Figura 1 - Disegno sperimentale della prova in ogni azienda. CT = lavorazioni convenzionali; CCM = coltura di copertura con orzo e trifoglio gestita come dry cover crop; CCI = coltura di copertura con orzo e trifoglio incorporata nel suolo; F = coltura di copertura di favino incorporata nel suolo; S = inerbimento spontaneo.



Figure 2A, 2B, 2C e 2D - Aspetto dei quattro tipi di copertura del suolo testati in questa prova: a) lavorazione del terreno convenzionale; b) inerbimento con favino (*Vicia faba* minor L.) incorporato in tarda primavera; c) inerbimento con orzo (*Hordeum vulgare* L.) e trifoglio squarroso (*Trifolium squarrosum* L.); e d) inerbimento spontaneo.

(ii) La Società agricola Montevertine (MT) situata a Radda in Chianti (SI); piovosità media annua 824 mm; temperatura media annua 12,6°C; quota 425 m s.l.m., pendenza 8%.

Le viti (*Vitis vinifera*, L. var. Sangiovese R10, portinnesto 420A) erano state piantate a filari di 2,50 m x 0,8 m (5.000 ceppi/ha). Gli anni di impianto dei vigneti sono comparabili (1995 e 1991 rispettivamente in SG e MT). Il sistema di allevamento è in transizione dal cordone speronato al guyot in SG, e il cordone speronato nel MT. In entrambe le aziende sono state studiate cinque pratiche di gestione del suolo (Figura 1):

- Lavorazione convenzionale (CT), eseguita una volta in autunno, primavera ed estate con estirpatore a tre ancore a 15 cm di profondità (Figura 2A);
- Inerbimento con favino (Vicia faba minor L.) seminata a 90 kg/ha, incorporato in tarda primavera (F) (Figura 2B);
- Inerbimento con orzo (Hordeum vulgare L.)
 e trifoglio squarroso (Trifolium squarrosum
 L.) seminati rispettivamente a 85 e 25 kg/ha,
 sfalciati in tarda primavera e lasciati in campo
 come pacciamatura (CCM) (Figura 2C);
- Inerbimento con orzo e trifoglio squarroso seminati rispettivamente a 85 e 25 kg/ha, incorporati in tarda primavera (CCI) (Figura 2C);
- Inerbimento spontaneo sfalciato in tarda primavera e lasciato come pacciamatura (S) (Figura 2D).

Un aratrino interfilare è stato utilizzato per controllare le infestanti nel sottofila. Ciascuna parcella sperimentale è composta da tre file e due interfile (circa 5 m x 100 m). I trattamenti sono eseguiti a file alterne poiché questa è una pratica comune nella zona. Ogni parcella sperimentale è suddivisa in tre pseudo-repliche parallele alla pendenza del vigneto.

Parametri considerati

- Suolo: N, P, K, indice di qualità biologica (QBS-ar), stabilità degli aggregati (in post-vendemmia);
- Vite: SPAD, potenziale idrico del picciolo (da giugno a settembre);
- Produzione di uva: rese per pianta, numero di grappoli per pianta, peso medio dei grappoli per pianta, peso di 100 acini (alla vendemmia);
- Qualità dei mosti: acidità totale, pH, acido malico, °Brix, antociani totali, indice polifenoli totali (alla vendemmia);
- Vegetazione spontanea: biomassa e copertura del suolo per specie (pre-terminazione colture di copertura e post-vendemmia);

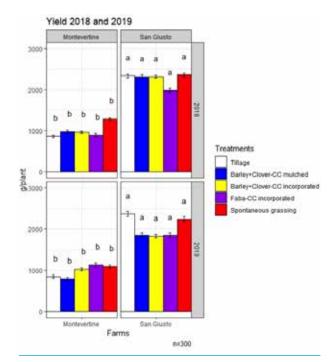


Figura 3 - Resa per pianta (g/pianta) a Montevertine (MT) e San Giusto a Rentennano (SG) nel 2018 e 2019 (n=300). Bianco = lavorazioni convenzionali; Blu = coltura di copertura con orzo e trifoglio gestita come dry cover crop; Giallo = coltura di copertura con orzo e trifoglio incorporata nel suolo; Viola = coltura di copertura di favino incorporata nel suolo; Rosso = inerbimento spontaneo.

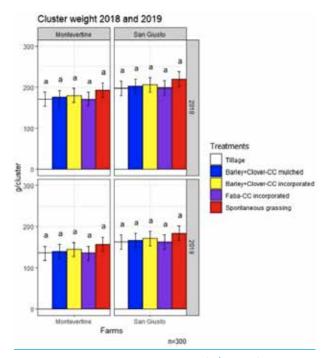


Figura 4 - Peso medio del grappolo (g/cluster) a Montevertine (MT) e San Giusto a Rentennano (SG) nel 2018 e 2019 (n=300).

- Colture di copertura: biomassa e copertura del suolo per specie (pre-terminazione colture di copertura e post-vendemmia).

Risultati

Il periodo compreso tra il germogliamento e l'invaiatura è caratterizzato da alte esigenze nutrizionali e idriche. Ad esempio, è stato stimato che tra l'allegagione e l'invaiatura la vite richieda circa il 50% del fabbisogno idrico annuale. In questo studio le colture di copertura sono state seminate in ottobre e terminate a giugno tra l'allegagione e l'invaiatura, il che significa che le colture di copertura stavano crescendo durante queste fasi delicate per la vite. Differenze nella composizione/biomassa delle infestanti e nella gestione del suolo possono quindi innescare situazioni diverse di stress, che a loro volta possono incidere sulle rese. Tuttavia, la vegetazione spontanea e l'inerbimento non hanno influito sulla resa dell'uva, poiché non è stato riscontrato alcun effetto significativo del trattamento né sulla resa, né sulla composizione della resa, in particolare sul peso e sul numero dei grappoli (Figure 3, 4 e 5). L'azienda ("Farm") è risultato l'unico parametro significativo sulla resa, principalmente a causa dei diversi sistemi di allevamento tra le due aziende. Le ragioni alla base dell'effetto non significativo della gestione del suolo sulla resa e sulla composizione della resa potrebbero essere le seguenti:

- (a) assorbimento complementare di acqua e nutrienti tra la vite e le coltura di copertura/ infestanti:
- (b) annate piovose che hanno "diluito" l'effetto dei trattamenti, soprattutto a Montevertine;
- (c) importanza della gestione delle file rispetto ai trattamenti interfilari.

Questi risultati sono stati discussi con gli agricoltori al fine di progettare pratiche di gestione del suolo più sostenibili nella zona del Chianti Classico.

Contatti:

Daniele Antichi, daniele.antichi@unipi.it tel. 050 2218962 Dylan Warren Raffa, dylan.warrenraffa@santannapisa.it tel. 050 883569 Paolo Bàrberi, p.barberi@santannapisa.it tel. 050 883525 Ruggero Mazzilli, rm@spevis.it tel. 055 852484 Luca Martini di Cigala, luca@fattoriasangiusto.it tel. 0577 738009 Martino Manetti, martino@montevertine.it tel. 0577 747121

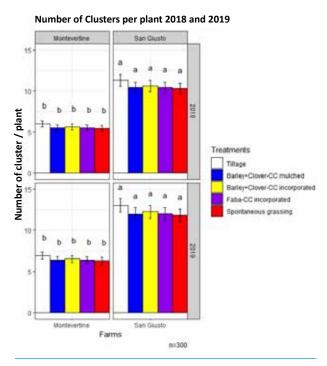


Figura 5 - Numero di grappoli per pianta Montevertine (MT) e San Giusto a Rentennano (SG) nel 2018 e 2019 (n=300).

AZIENDA AGRICOLA DEL SARTO GRAZIANO



Figura 1 - Ubicazione della prova sperimentale presso l'azienda Del Sarto Graziano

Si tratta di una tipica azienda della pianura Pisana che produce cereali e colture proteoleaginose, su una superficie totale circa di 160 ha, di cui 13 ha di proprietà. Le principali colture sono: frumento duro, frumento tenero, mais, soia, sorgo, girasole ed erba medica. Questa azienda partecipa anche ai progetti INNOVA SOIA (http://www.sonotoscano. it/) e Agrestic (https://www.agrestic.eu/). INNOVA SOIA, "Sistemi INNOVAtivi per la coltivazione e la trasformazione della SOIA OGM-free Toscana", è un progetto co-finanziato dalla Regione Toscana – PSR 2014-2020, che mira al trasferimento di tecniche innovative a ridotti input per la produzione di soia in Toscana e all'applicazione di tecnologie

innovative per la trasformazione della soia, per un utilizzo in ambito zootecnico. Il progetto "LIFE AGRESTIC – Reduction of Agricultural GReenhouse gases EmiSsions Through Innovative Cropping systems", si inserisce all'interno del più ampio obiettivo di mitigazione del cambiamento climatico del LIFE Programme for the Environment and Climate Change 2014-2020 (finanziato dall'UE) e promuoverà l'adozione di sistemi colturali innovativi ed efficienti, ad alto potenziale di mitigazione del cambiamento climatico, e contribuirà alla diffusione di visioni e strumenti innovativi per un'agricoltura più efficiente e attenta agli impatti sul clima.

Indirizzo:

Azienda Agricola Del Sarto Graziano Via Ferrucci 8 56017 San Giuliano Terme (PI) Coordinate del campo sperimentale: 43°74'55" N 10°35'95" E

Per informazioni, contattate: Graziano Del Sarto e-mail: graziano.delsarto@libero.it

LA BULATURA DEL FRUMENTO CON LEGUMINOSE IN UN'AZIENDA AGRICOLA DELLA PIANA PISANA

Per due anni consecutivi è stata condotta una sperimentazione in piccole parcelle presso il CIRAA a San Piero a Grado (PI) e nei campi sperimentali di Horta a Ravenna, con lo scopo di selezionare e valutare le leguminose più adatte a essere utilizzate in bulatura con il frumento nelle condizioni pedo-climatiche locali (i risultati di queste prove sperimentali possono essere consultati in questo opuscolo alle pagine 37 e 54). Nello studio condotto a Pisa, gli effetti della bulatura sono stati studiati a livello di rotazione colturale, verificando l'effetto anche sulla produzione e il controllo delle infestanti nella coltura in successione, il sorgo. L'idiotipo di leguminosa da utilizzare in bulatura, infatti, deve avere caratteristiche specifiche, come ad esempio una rapida crescita durante i primi stadi di sviluppo, un portamento prostrato e una produzione di biomassa non eccessiva che garantisca un buon controllo della flora infestante e al tempo stesso non competa con la coltura principale. Inoltre, è necessario disporre di leguminose adatte a questo sistema, in grado di coprire il suolo dopo la raccolta del frumento in modo da contrastare la germinazione e la crescita delle infestanti come pacciamatura viva o morta fino alla semina della coltura successiva.

Gli esperimenti sul campo catalogo a Pisa hanno identificato un numero di leguminose perenni e annuali autoriseminanti potenzialmente adatte. In questa prova aziendale sono state provate due delle leguminose più promettenti, l'erba medica (Medicago sativa) e il trifoglio sotterraneo (Trifolium subterraneum).

Obiettivi

Questo studio si pone come obiettivo il monitoraggio dello sviluppo delle leguminose, la loro capacità di controllo delle infestanti e gli effetti sulla coltura in successione. E' stata Inoltre valutata la fattibilità della bulatura con l'utilizzo di mezzi aziendali.

Materiali e metodi

La prova è stata pianificata in stretta collaborazione con l'agricoltore Graziano Del Sarto allo scopo di testare due leguminose da utilizzare in bulatura con il frumento duro: *Medicago sativa* cv Gamma e *Trifolium subterraneum* subsp. brachycalicinum cv Mintaro. La prova si estendeva su un'area di 1,8 ha circa, composta da due campi (25 m x 300 m), separati da un piccolo canale di drenaggio (Figura

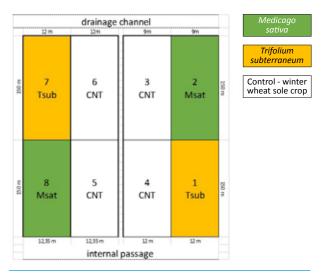


Figura 2 - Schema sperimentale. Msat = *Medicago* sativa; Tsub = *Trifolium subterraneum*; CNT = Controllo (frumento in monocoltura).



Figura 3 - Emergenza del frumento duro cv Minosse.

2). In guesta zona sono state posizionate guattro aree di saggio scelte in base al gradiente di piante infestanti presente lungo il campo. Per questo motivo ogni campo è stato diviso in due zone di 25 m x 150 m e ogni zona è a sua volta divisa in una zona dove il frumento cresceva in bulatura con la leguminosa, mentre nell'altra metà il frumento cresceva in monocoltura come avrebbe fatto l'agricoltore normalmente in questo campo, in modo da avere un confronto diretto dell'effetto della bulatura. Il campo è stato precedentemente coltivato a mais e lasciato incolto fino a gennaio 2020. A causa delle anomale condizioni meteorologiche autunnali, il frumento è stato seminato il 12 gennaio 2020, con due mesi di ritardo. Il frumento (cv Minosse), fornito dal partner di progetto ISEA, è stato seminato a righe

(13 cm) alla dose di 250 kg/ha. La distanza di 13 cm tra le file del frumento risultava non ottimale per la bulatura, che richiede invece distanze maggiori (17-18 cm), tuttavia la seminatrice a disposizione non poteva essere regolata per le distanze ottimali. Prima della semina il campo è stato fertilizzato con 130 kg/ha di un fertilizzante minerale N-P 12-52. A metà febbraio la coltura si era stabilita bene con una densità media di 277 piante/m² (Figura 3) e la coltura è stata concimata con 150 kg/ha di fertilizzante minerale composto da 32% di azoto ureico e 6% di azoto ammoniacale. Il 25 marzo, all'inizio della fase di levata, le leguminose sono state traseminate nel frumento alla dose di 40 kg/ha tramite seminatrice centrifuga (Figura 4). L'interramento dei semi è stato eseguito tramite un passaggio di erpice strigliatore (Figura 5). Per ulteriori informazioni è possibile visualizzare un video di presentazione della prova: https://www.youtube.com/ watch?v=gs-wltuzhss&t=30s

Risultati

Il frumento è stato raccolto a luglio 2020. Il campo sperimentale era fortemente infestano da loietto (Lolium multiflorum L.). Nonostante la forte infestazione, la produzione del frumento è stata accettabile, mentre la crescita delle leguminose è stata fortemente ostacolata. Inoltre, le abbondanti precipitazioni successive alla semina delle leguminose hanno provocato ristagni idrici e causato una germinazione non uniforme delle leguminose. Al momento della raccolta del frumento, la biomassa dell'erba medica (Medicago sativa, Msat) è stata molto più bassa rispetto alle aspettative, mentre la biomassa del trifoglio sotterraneo (Trifolium subterraneum, Tsub) è stata insufficiente (Tabella 1). Nonostante la ridotta biomassa delle leguminose, i risultati delle analisi preliminari rivelano che la bulatura ha ridotto in modo significativo la biomassa delle infestanti. Dopo la raccolta del frumento le leguminose non sono sopravvissute durante l'estate, a causa dell'abbondante presenza di loietto.

Contatti:

Graziano del Sarto, graziano.delsarto@libero.it Anna-Camilla Moonen, c.moonen@santannapisa.it Federico Leoni, federico.leoni@santannapisa.it tel. 050 883567

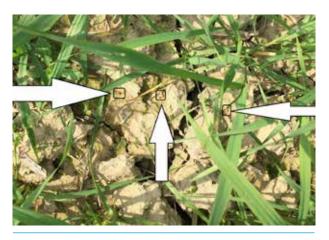


Figura 4 - Semi di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum*) nel frumento dopo la semina a spaglio.



Figura 5 - Passaggio di erpice strigliatore per rompere la crosta superficiale e interrare i semi di erba medica e trifoglio.

Tesi	Biomassa delle leguminose (g/m²)		Biomassa delle infestanti (g/m²)		Produzione del frumento (t/ha)	
	Media	St.dev	Media	St.dev	Media	St.dev
Frumento+Msat	63.97	12.69	53.14	23.44	3.96	0.25
Frumento+Tsub	11.65	7.79	142.49	14.65	4.75	0.61
Frumento (cnt)	-	-	348.99	62.29	3.34	0.48

Tabella 1 - Biomassa secca delle leguminose e delle infestanti (g/m²) e produzione del frumento (t/ha) a luglio 2020 nella prova condotta presso l'azienda agricola di Graziano Del Sarto. (St.dev. = deviazione standard; Msat = $Medicago\ sativa$; Tsub = $Trifolium\ subterraneum$; cnt = controllo).

