IWMPRAISE

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

PROVE SPERIMENTALI IN EUROPA

EDIZIONE FINALE 2022

This project has received funding from the European Union's Horizon 2022 research and innovation programme under agreement no. 727321

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:
Irache Garnica (INTIA - Instituto Navarro de Tecnologias e Infrastructuras Agroalimentarias)
Juan Antonio Lezaun (INTIA - Instituto Navarro de Tecnologias e Infrastructuras Agroalimentarias)
José Luis González-Andújar (CSIC - Instituto de Agricultura Sostenible)
Verónica Pedraza Jiménez (CSIC - Instituto de Agricultura Sostenible)
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 Warren Raffa (Centro di Ricerca in Scienze delle Piante - Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa)
Valentina Mastretta (Horta srl)
Matteo Ruggeri (Horta srl)
Donato Loddo (Istituto per la Protezione Sostenibile delle Piante, CNR – Centro Nazionale delle Ricerche)
Robert Lesvovšek (AIS - Agricultural Institute of Slovenia)
Anže Rovanšek (AIS - Agricultural Institute of Slovenia)
Andrej Vončina (AIS - Agricultural Institute of Slovenia)
Julie Klötzli (Agroscope)
Andreas Lüscher (Agroscope)
Urs Schaffner (Agroscope)
Matthias Suter (Agroscope)
Ludovic Bonin (ARVALIS - Institut du végétal)
Fanny Vuillemin (Terres Inovia)
Philippe Delval (ACTA)
William Smith (NIAB)
John Cussans (NIAB)
Flora O'Brien (NIAB)
Andrew Dawson (Wageningen University & Research)
Hilfred Huiting (Wageningen University & Research)
Marleen Riemens (Wageningen University & Research)
Timo Sprangers (Wageningen University & Research)
Bo Melander (Department of Agroecology - Aarhus University)
Mette Sonderskov (Department of Agroecology - Aarhus University)
Jens Erik Jensen (SEGES Landbrug & Fodevarer F.m.b.A.)

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

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 settembre 2022.

PROVE SPERIMENTALI IN EUROPA

EDIZIONE FINALE 2022

IWMPRAISE

INDICE

Il progetto IWMPRAISE 6

SPAGNA 8

ITALIA 24

SLOVENIA 98

SVIZZERA 136

FRANCIA 140

REGNO UNITO 190

PAESI BASSI 214

DANIMARCA 226

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
Francia
Italia
Slovenia
Spagna
Svizzera
Paesi Bassi
Regno Unito

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 di Aarhus (Danimarca) che è capofila del progetto. Il budget a disposizione 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 integrata riuscirà a fare breccia sugli agricoltori europei. Il progetto IWMPRAISE mira 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 e l'approvvigionamento di alimenti e biomateriali.

41 sono i partner provenienti da otto Paesi europei che partecipano 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 riguarda lo sviluppo, la prova e la valutazione di strategie di gestione relative a diversi sistemi colturali riconducibili a quattro scenari che rappresentano altrettante realtà caratteristiche dell'agricoltura europea. Adottando questo approccio per categorie, è 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 sono i seguenti:

- colture annuali seminate a righe strette (ad es. frumento, altri cereali a grani piccoli, colza)
- colture annuali seminate a righe 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 analizza le attuali barriere agronomiche e socio-economiche che si frappongo alla diffusione 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 ha 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.

Obiettivo finale del progetto è quello di rendere disponibili tutti i risultati agli utilizzatori finali attraverso l'informazione online, giornate dimostrative, 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 dello sviluppo rurale che si occupano di queste tematiche.

Il gruppo di lavoro di IWMPRAISE

SPAGNA

PROVE SPERIMENTALI NELLA SPAGNA MERIDIONALE

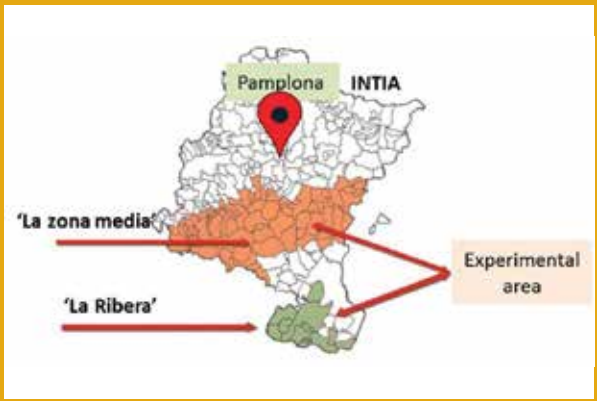
L'Istituto per l'Agricoltura Sostenibile di Cordova, uno dei centri del Consiglio Nazionale delle Ricerche spagnolo (IAS-CSIC), ha avviato una collaborazione con la cooperativa olivicola "Virgen del Campo" per i prossimi 3 anni. Questa cooperativa, situata a Cañete de las Torres, a 60 km da Cordova, conta più di 800 membri. Una delle sue attività economiche prevalenti è la coltivazione dell'olivo (cultivar Picual e dimensione aziendale media di 4-6 ha), basata principalmente su una gestione del suolo con lavorazione convenzionale o sull'utilizzo di graminacee spontanee come colture di copertura. Le aziende pilota appartengono agli olivicoltori della cooperativa situata a Cañete de las Torres.

Indirizzo:
Cooperativa "Virgen del Campo"
Calle del Molino, 2
Cañete del las Torres – 14660 Cordova
Coordinate GPS: 37°52'02.4"N 4°19'17"W

Per informazioni e visite guidate contattare:
José Luis González e Verónica Pedraza
e-mail: vpedraza@ias.csic.es
tel. +34 957 49 92 55

PROVE SPERIMENTALI NELLA SPAGNA SETTENTRIONALE

L'Istituto per il trasferimento e l'innovazione nel settore agro-alimentare (INTIA) della Navarra è un'azienda pubblica fondata dal Governo della Navarra per promuovere un'agricoltura vitale e sostenibile e l'animazione nel mondo rurale, nel rispetto dell'ambiente e garantendo risorse alimentari di qualità alla popolazione. Coopera con molte aziende e con numerosi partner (più di 48 cooperative, 11.400 agricoltori e 1.138 allevatori). Molti di questi sono olivicoltori i cui terreni sono distribuiti in due aree differenziate con dimensioni medie di 1-5 ha per azienda: 'La Ribera', dove si produce la cultivar di olivo Empeltre, e 'La zona media' dove la cultivar di olivo più importante è l'Arróniz. Entrambe le aree sono solitamente condotte con lavorazioni tradizionali o con colture di copertura spontanee principalmente composte da crucifere. Esse costituiscono le aziende sperimentali interessate dal progetto nel nord della Spagna.



Indirizzo:
Av. Serapio Huici, 22 (Edificio de Peritos)
Villava – 31620 Navarra
Coordinate GPS: 42°49'43.7"N 1°36'46.2"W

Per informazioni e visite guidate contattare:
Juan Antonio Lezaun e Irache Garnica
e-mail: igarnica@intiasa.es
tel. +34 948 01 30 40

L'olivo (*Olea europaea* L.) è una delle più importanti colture legnose perenni, che occupa oltre 10 milioni di ettari nel mondo, di cui il 95% nel bacino del Mediterraneo. La Spagna ha la più grande superficie olivicola del mondo, con 2,7 milioni di ettari, un autentico "mare di olivi". Data l'ampia area geografica che gli oliveti coprono all'interno del paese, le decisioni relative alla gestione del suolo e delle infestanti sono significativamente influenzate da posizione geografica, condizioni climatiche, tipo di suolo, topografia e scelte dei coltivatori. Le tecniche di gestione del suolo mirano a promuovere un'elevata redditività e una produzione di qualità, con un adeguato controllo delle infestanti al fine di impedire loro di competere con gli ulivi per acqua, luce, spazio di radicazione e risorse minerali. Tuttavia, oggi più che mai è necessario coniugare produzione vegetale con protezione dell'agro-ecosistema e conservazione del potenziale produttivo del suolo.

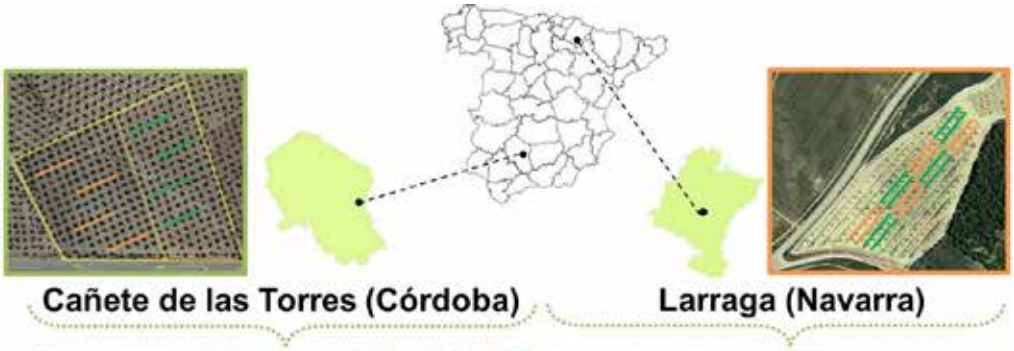
La combinazione del clima di tipo mediterraneo, le aree in pendenza e le pratiche gestionali con scarsa copertura vegetale erbacea ha portato negli anni a gravi problemi di disponibilità idrica e di erosione del suolo. Inoltre, stiamo affrontando un problema crescente di resistenza agli erbicidi, l'aspettativa che molti degli erbicidi attualmente utilizzati saranno ritirati dal mercato europeo e gli effetti negativi degli erbicidi sulla biodiversità dei terreni agricoli.

Questi problemi hanno suscitato interesse in merito alla gestione integrata delle erbe infestanti (IWM, Integrated Weed Management), che consente agli agricoltori di utilizzare approcci di controllo alternativi incentrati sulla riduzione dell'uso degli erbicidi, sostituendoli, totalmente o parzialmente, con metodi non chimici. Gli agricoltori in genere gestiscono le infestanti con metodi di lavorazione ripetuti e/o con la non lavorazione. Ma nelle aziende agricole è sempre più utilizzata una combinazione di pratiche agricole, meccaniche, biologiche e chimiche, considerando che la maggior parte degli oliveti ha due aree chiaramente distinte: il terreno nudo sotto gli olivi, che facilita la raccolta, e le aree di intra- e inter-fila con maggiore suscettibilità al degrado del suolo. Entrambi i sistemi possono divenire meno dipendenti dagli erbicidi degli grazie agli effetti di soppressione delle infestanti da parte di una copertura organica permanente del suolo, con un minimo del 30% di copertura del suolo raccomandato dai principi dell'agricoltura conservativa. Questa copertura del suolo si ottiene solitamente utilizzando le cover crop, incorporando residui vegetali, lasciando sul terreno residui del legno di potatura, o con tutti e tre i metodi insieme. Tali strategie possono aiutare a ridurre non solo la necessità di diserbo chimico, ma anche l'erosione del suolo, oltre a migliorare la sua struttura e fertilità a lungo termine e ad aumentare la sostenibilità generale del sistema agricolo. Infatti, l'inclusione di cover crop spontanee o seminate nel sistema colturale fornisce molteplici benefici all'agro-ecosistema (Hartwig e Ammon, 2002), dal controllo delle infestanti e dei parassiti alla protezione del suolo, a seconda delle specie di cover crop utilizzate e della loro adattabilità all'ambiente locale.

Pertanto, una corretta strategia IWM dovrebbe tenere conto non solo dell'efficacia del controllo delle infestanti, ma anche di come queste pratiche influiscono sulla loro composizione, sul sistema olivicolo e sull'agro-ecosistema. Secondo gli obiettivi del progetto IWMPRAISE, lo studio delle colture legnose perenni in Spagna mira a sviluppare, testare e valutare strategie di diserbo integrato sostenibili ed economiche per gli oliveti, al fine di ridurre la dipendenza dal controllo chimico delle infestanti senza compromettere la redditività e la produzione di cibo, mangimi e biomateriali. Gli obiettivi specifici sono quelli di valutare gli effetti delle diverse pratiche di gestione integrata su: 1) la presenza e lo sviluppo delle infestanti; 2) la resa e la qualità delle colture; 3) gli effetti sul suolo.

Materiali e metodi

È stato realizzato uno studio triennale su quattro strategie IWM secondo uno schema a blocchi randomizzati con quattro repliche per strategia, considerando gli spazi tra le file e nelle file come aree di campionamento (Figura 1). Nel sud della Spagna sono stati selezionati terreni franco-limosi e argillosi con una superficie parcellare di 528m^2 (11 m × 48 m), corrispondente alla distanza tra cinque alberi in condizioni di non irrigazione. Nel nord della Spagna, lo studio è stato condotto su suoli limoso-argillosi e argillosi con una superficie parcellare di 429 m^2 (13 m × 33 m), corrispondente alla distanza tra sei alberi in condizioni irrigue (applicazione minima di acqua di 198 m^3/ha e massima di 438 m^3/ha). Nel sud della Spagna la Strategia TL prevedeva la lavorazione del terreno combinata con impiego di residui di potatura, che venivano incorporati ogni anno nel terreno, alternativamente in una zona o nell'altra. La Strategia GCC includeva la non lavorazione del terreno associata al diserbo chimico nelle file e all'uso di cover crop di graminacee spontanee (*Bromus* spp.) in una spazio interfilare di 2 m di larghezza dove non erano necessari metodi di terminazione della cover crop, perché questa si seccava naturalmente a fine aprile-inizio maggio di ogni anno. Le infestanti nelle file sono state controllate da erbicidi di post-emergenza composti



	Strategia TL	Strategia GCC	Strategia NT	Strategia CCC
In interfila	LAVORAZIONE + Residui legno di potatura	Cover crop (*Bromus* spp)	Nessuna lavorazione + diserbo chimico	Cover crop senape bianca (*Sinapis alba*) e specie spontanee
Nella fila		Nessuna lavorazione + diserbo chimico + Residui legno di potatura		Nessuna lavorazione + diserbo chimico

Figura 1 - Dettagli delle prove di campo realizzate nel sud e nel nord della Spagna.

da glifosate 36% + ossifluorfene 24% alla dose di 2 L/ha. Inoltre, la gestione della cover crop in interfila prevedeva il controllo delle infestanti a foglia larga mediante trattamento con miscela di fluroxypyr e MCPA.
Nel nord della Spagna, la Strategia NT includeva la non lavorazione del terreno con diserbo chimico sia nelle file che in interfila, utilizzando glifosate al 36% alla dose di 3-4 L/ha. La Strategia CCC prevedeva invece la non lavorazione del terreno con diserbo chimico nelle file e in interfila la cover crop di senape bianca (*Sinapis alba*), che veniva falciata a maggio. Dato lo scarso attecchimento della senape bianca nei primi due anni, nel terzo anno della Strategia CCC si è deciso di utilizzare solo vegetazione spontanea come cover crop in interfila.
In entrambe le località sono stati valutati gli effetti delle infestanti sulla produzione olivicola e sul suolo. Le infestanti sono state valutate in due momenti differenti: a dicembre-febbraio, prima di applicare i metodi di controllo, e a febbraio-aprile, 3-4 settimane dopo l'applicazione dei metodi di controllo. Le principali valutazioni hanno incluso:

- **Densità delle piante infestanti, produzione di biomassa secca e fase di crescita fenologica.**

Questi parametri sono stati stimati considerando le specie infestanti in quattro aree di 0,5 m^2 selezionate casualmente all'interno di ciascuna area di campionamento per parcella. Inoltre, la ricchezza (numero di specie), la diversità (indice di Shannon) e l'equitabilità (indice di Pielou) sono state calcolate dai dati sulla densità delle infestanti nel sud della Spagna. Nella Spagna settentrionale, i rilievi sulle infestanti sono stati effettuati anche a fine primavera e tutte le valutazioni dopo l'applicazione dei metodi di controllo sono state stime visive come percentuali di copertura del suolo di ciascuna specie infestante. Inoltre, a causa dell'elevata presenza di Conyza spp. nelle prove sperimentali, è stata effettuata un'ulteriore valutazione della sua densità vegetale durante l'autunno degli anni 2 e 3, contando il numero di piante nella metà di ogni parcella;

• **Copertura del suolo della cover crop e stadio di accrescimento fenologico;**
• **Resa in olive** (kg/ha) e **qualità** (contenuto in olio, umidità del frutto, contenuto di grasso e acidità);
• **Fertilità del suolo:** il contenuto di N, SO, K e P è stato misurato da otto campioni di suolo per appezzamento nel sud della Spagna e da quattro campioni di suolo nel nord, prelevati in autunno a una profondità di 0-15 cm. Ogni campione era costituito da due sottocampioni provenienti da due posizioni situate in uno schema fisso su ciascuna area di campionamento e blocco.
Nella Spagna meridionale sono stati utilizzati modelli lineari a effetti misti per verificare le differenze tra le strategie di gestione integrata, adattati utilizzando la funzione lmer della libreria lme4 in ambiente R. In ogni caso, la variabile "parcella" è stata inclusa come effetto casuale e le variabili "strategia IWM" e "area di campionamento" sono state incluse come effetti fissi. La significatività statistica degli effetti è stata ottenuta mediante ANOVA e test di Tukey a un livello di significatività del 5%. Nel nord della Spagna i dati sono stati analizzati utilizzando il test t di Student a un livello significativo del 5%.

RISULTATI NEL SUD DELLA SPAGNA (IAS-CSIC)

Comunità di infestanti

Effetti significativi dell'uso delle diverse strategie IWM sono stati osservati sulla comunità di specie prima dell'applicazione dei metodi di controllo (Tabella 1). I risultati sono presentati singolarmente per ogni anno e area di campionamento, data l'esistenza di differenze significative tra loro (Tabella 1).
I valori di ricchezza sono stati maggiori in entrambe le aree della Strategia GCC rispetto alle aree TL in tutti i casi studiati, ad eccezione dell'interfila nell'anno 3, quando non sono state osservate differenze significative (Tabella 1).
L'abbondanza ha mostrato differenze significative in interfila durante i tre anni di studio, con valori più elevati nelle interfile senza lavorazione rispetto alla lavorazione del terreno (50 e 286 piante/m^2 contro 13 e 25 piante/m^2). La famiglia delle *Poaceae* ha avuto una predominanza in entrambe le aree di campionamento della Strategia TL durante lo studio triennale (≈67%), seguita dalla famiglia delle *Asteraceae*, specialmente nell'anno 3 (45%). Infatti il gnere *Bromus* è stato l'unico ad avere una densità vegetale significativamente più alta nelle interfile della Strategia TL rispetto al GCC negli anni 1 e 2 (Figura 2). Allo stesso modo, è stata osservata una maggiore presenza della famiglia delle Poaceae nelle file della Strategia GCC (≈80%) e il *Bromus* spp. era comunque più abbondante in GCC che in TL in tutti i casi (Figura 3). Questo risultato potrebbe essere spiegato dalla facilità di insediamento di tale pianta, poiché questa cover crop può crescere e seccarsi naturalmente nelle interfile di GCC per l'autosemina che avviene ogni anno e l'azione del vento che può disperdere i semi nelle aree vicine.
Le interfile della Strategia GCC presentavano una maggiore abbondanza di specie appartenenti alla famiglia delle *Asteraceae* nell'anno 1 (26%) e alla famiglia delle *Geraniaceae* negli anni 2 e 3 (≈40%). Tuttavia, una densità di infestanti significativamente più alta è stata osservata in GCC solo per *Sonchus oleraceus, Sonchus asper, Malva silvestris* e

		Ricchezza		Abbondanza		Diversità		Equitabilità	
		INTER	INTRA	INTER	INTRA	INTER	INTRA	INTER	INTRA
Anno 1	**TL**	5 b[1]	5 b	24 a	25 b	0.97 b	0.95 b	0.60 a	0.53 a
	GCC	12 a	12 a	23 a	50 a	1.91 a	1.59 a	0.78 a	0.68 a
Anno 2	**TL**	3 b	2 b	24 a	13 b	0.49 b	0.32 a	0.63 a	0.69 a
	GCC	6 a	7 a	24 a	286 a	1.05 a	0.69 a	0.65 a	0.30 a
Anno 3	**TL**	4 a	3 b	4 a	5 b	0.97 a	0.66 a	0.92 a	0.77 a
	GCC	4 a	5 a	19 a	103 a	0.64 a	0.59 a	0.61 b	0.39 b

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05)

Tabella 1 - Ricchezza (n. di specie), abbondanza (n. di piante/m^2), diversità (indice Shannon H') ed equitabilità (ovvero il grado di omogeneità con cui gli individui sono distribuiti nelle varie specie che compongono una comunità - indice Pielou J') per ciascuna strategia IWM e area di campionamento nel sud della Spagna.
TL = Lavorazione del terreno + residui di potatura; GCC INTER = cover crop; GCC INTRA = Non lavorazione + diserbo chimico.

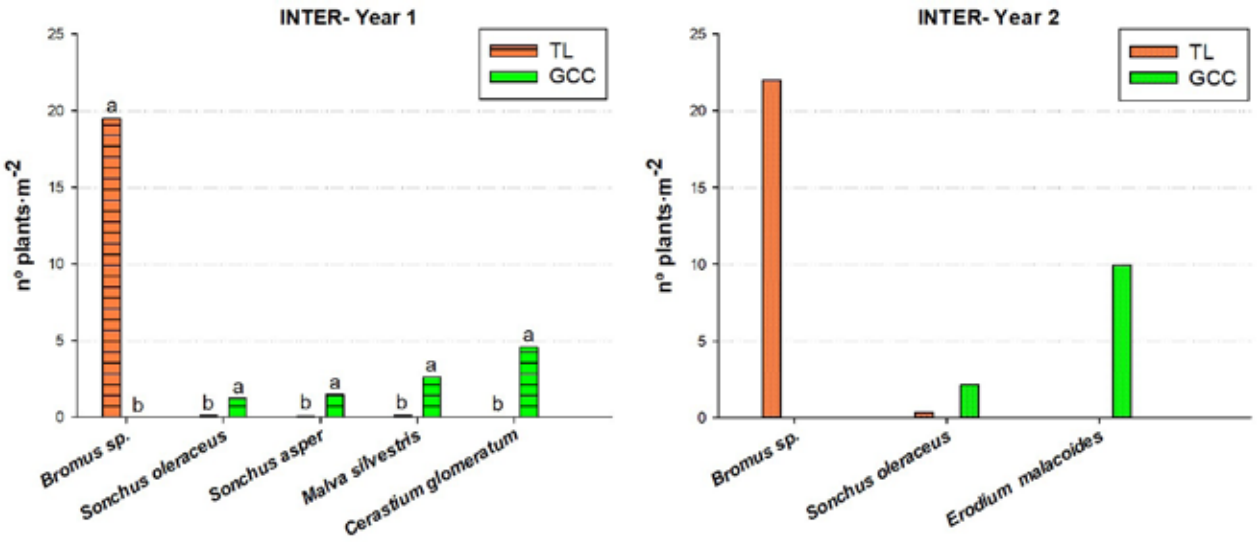


Figura 2 - Densità delle piante infestanti (n. di piante/m2) nelle interfile delle strategie a confronto negli anni 1 e 2. Lettere diverse all'interno di ciascuna specie indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05). TL = Lavorazione del terreno + residui di potatura; GCC INTER = cover crop; GCC INTRA = Non lavorazione + diserbo chimico.

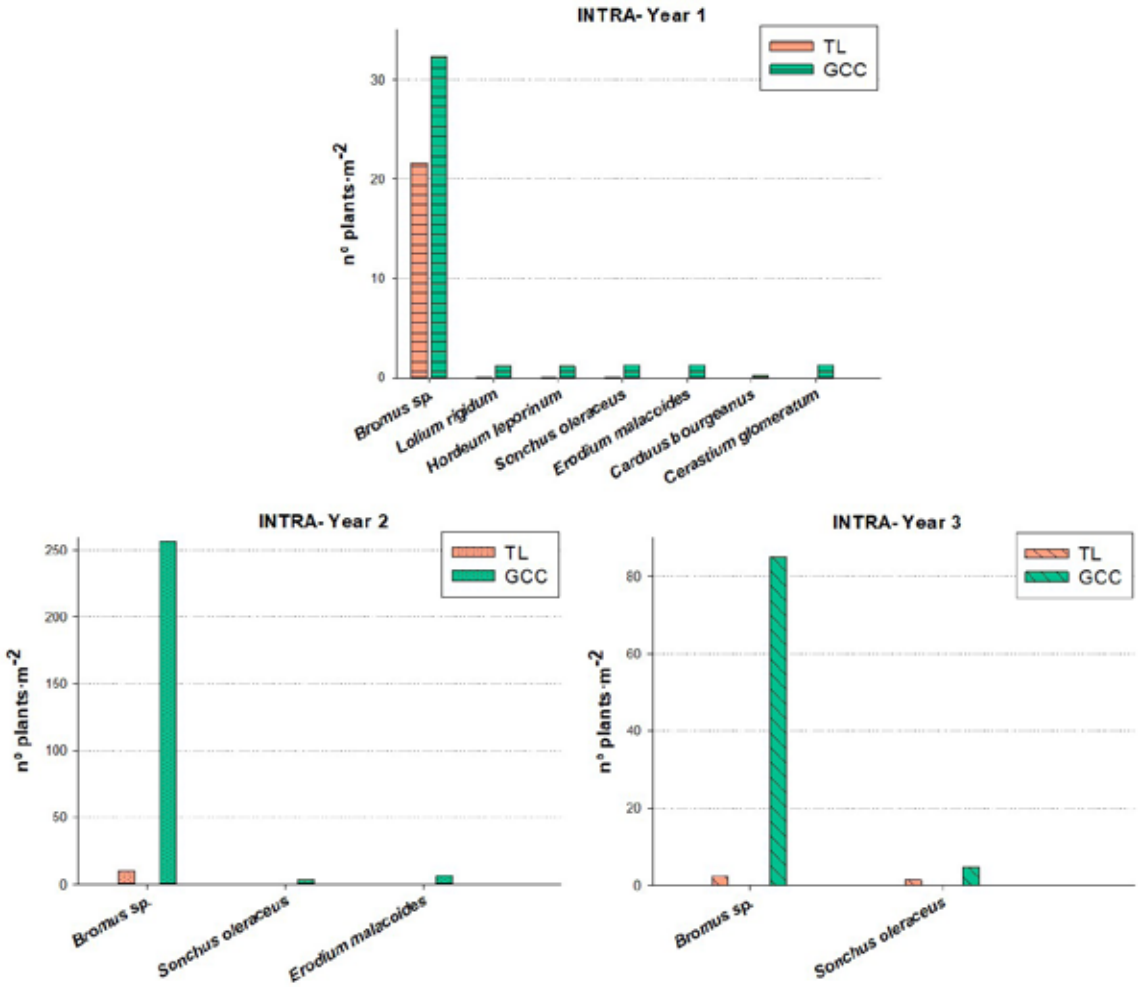


Figura 3 - Densità delle piante infestanti (n. di piante/m^2) nelle interfile delle strategie IWM negli anni 1 e 2. Lettere diverse all'interno di ciascuna specie indicano che le differenze tra le tesi sono state statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05).

Cerastium glomeratum durante l'anno 1 e per *Sonchus oleraceus* ed *Erodium malacoides* durante l'anno 2 (Figura 2). Gli indici di diversità sono stati maggiori nelle interfile con cover crop negli anni 1 e 2 (H'= 1,91 e 1,05) e nelle interfile senza lavorazione nell'anno 1 (H'= 1,59). Questo potrebbe essere dovuto al fatto che nell'anno 1 un gran numero di specie infestanti si sono adattate alla lavorazione del terreno, a causa dell'uso ripetitivo di questa tecnica, nonché al diserbo chimico, che tende a ridurre la diversità tra le infestanti nel corso degli anni. Infine, gli indici di equitabilità hanno mostrato differenze significative tra le strategie solo durante l'anno 3, quando è stata osservata una maggiore omogeneità tra le specie in entrambe le aree di campionamento della Strategia TL rispetto alla GCC (J'=0,92 e 0,77).

Controllo delle infestanti

La presenza delle infestanti è stata valutata anche dopo l'applicazione dei metodi di controllo negli anni 1 e 2. I risultati sono presentati individualmente per ogni anno e area di campionamento a causa delle differenze significative tra loro (Tabella 2).
I valori di ricchezza hanno continuato a essere maggiori in entrambe le aree di campionamento della Strategia GCC (3-4 specie) rispetto alle aree TL (0-2 specie) in tutti i casi studiati, tranne che nelle interfile nell'anno 2, quando non sono state osservate differenze significative (Tabella 2).
L'abbondanza ha registrato differenze significative in tutti i casi di studio, fornendo i valori più alti in entrambe le aree di campionamento della Strategia GCC nei due anni di studio (valori compresi tra 4 e 10 piante/m^2 per l'anno 1 e 14-20 piante/m^2 per l'anno 2). In effetti nella Strategia TL è stata osservata una presenza scarsa o nulla di infestanti (0,3-1 piante/m^2). Inoltre, il *Bromus madritensis* è stata l'unica specie rilevata durante l'anno 1, pertanto gli indici di diversità erano nulli per la Strategia TL. Tuttavia, la famiglia delle *Asteraceae* ha avuto un'elevata

		Ricchezza		Abbondanza		Diversità	
		INTER	INTRA	INTER	INTRA	INTER	INTRA
Anno 1	**TL**	0.3 b[1]	0.3 b	0.3 b	0.4 b	0 b	0 b
	GCC	3 a	4 a	4 a	10 a	0.81 a	0.95 a
Anno 2	**TL**	2 a	2 b	1 b	1 b	0.49 a	0.44 a
	GCC	4 a	4 a	20 a	14 a	0.88 a	0.94 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano che le differenze tra le tesi sono state statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05)

Tabella 2 - Ricchezza (n. di specie), abbondanza (n. di piante/m^2), diversità (indice Shannon H') ed equitabilità (indice Pielou J') per ciascuna strategia IWM e area di campionamento nel sud della Spagna.

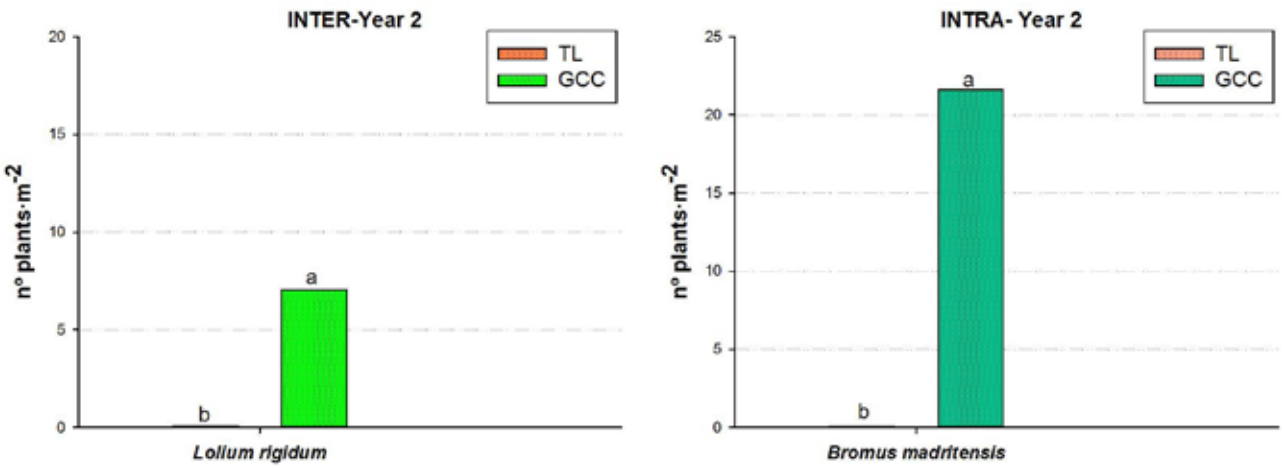


Figura 4 - Densità delle piante infestanti (n. di piante/m^2) nelle interfile e nelle file delle strategie a confronto dopo l'applicazione dei metodi di controllo nell'anno 2. Lettere diverse all'interno di ciascuna specie indicano che le differenze tra le tesi sono state statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05).

abbondanza in entrambe le aree di campionamento della Strategia TL durante l'anno 2 (≈68%) e, nonostante i bassi indici di diversità, non ci sono state differenze significative con la Strategia GCC.
La GCC ha mostrato valori di diversità simili nelle interfile (H'= 0,81-0,88) e nelle file (H'= 0,94-0,95) in entrambi gli anni. Allo stesso modo, la famiglia delle *Poaceae* era predominante nelle file della GCC (≈43% Anno 1 e 69% Anno 2), ma *Bromus madritensis* è stata l'unica specie che mostrava una densità di piante significativamente maggiore nella Strategia GCC durante l'anno 2 (Figura 4). Questa specie è stata probabilmente in grado di ripetere il suo più alto tasso di infestazione nonostante l'applicazione di glifosate + ossifluorfen, in quanto presente come cover crop nell'area circostante (ovvero nelle interfile).
Nelle interfile della Strategia GCC nell'anno 2 c'era una maggiore presenza di *Lolium rigidum* (≈87%) rispetto alla Strategia TL (Figura 4). Questo era ovviamente dovuto ai metodi di diserbo, tenendo conto che gli erbicidi di post-emergenza per infestanti a foglia larga sono stati gli unici applicati nelle interfile della GCC, e le graminacee potevano coesistere con la cover crop di *Bromus* spp. Questi risultati potrebbero essere stati influenzati anche dalle condizioni meteorologiche, poiché la piovosità media mensile accumulata da gennaio a marzo nell'anno 1 non ha superato i 30 mm e nell'anno 2 è stata di 60 mm. Ciononostante, si è osservata una scarsa biomassa di infestanti dannose (<82 kg/ha) (Figura 5).

Resa in olive

I risultati della resa in olive hanno mostrato che la strategia non ha avuto effetti significativi sulla produzione in qualsiasi anno di studio (Figura 6).
I risultati sono presentati individualmente per ogni anno, date le differenze significative tra loro (Figura 6). Durante l'anno 1, le rese medie sono state di 5695 kg/ha per la Strategia TL e 6293 kg/ha per la GCC. Durante l'anno 2, le rese hanno raggiunto 7648 kg/ha per la TL e 8368 kg/ha per la GCC; mentre nell'anno 3 le rese sono scese rispettivamente a 5016 e 5794 kg/ha. Queste differenze sono dovute a vari fattori (concimazione, potatura, condizioni pedo-climatiche di ogni anno), ma uno dei fattori più importanti è stata la piovosità registrata durante

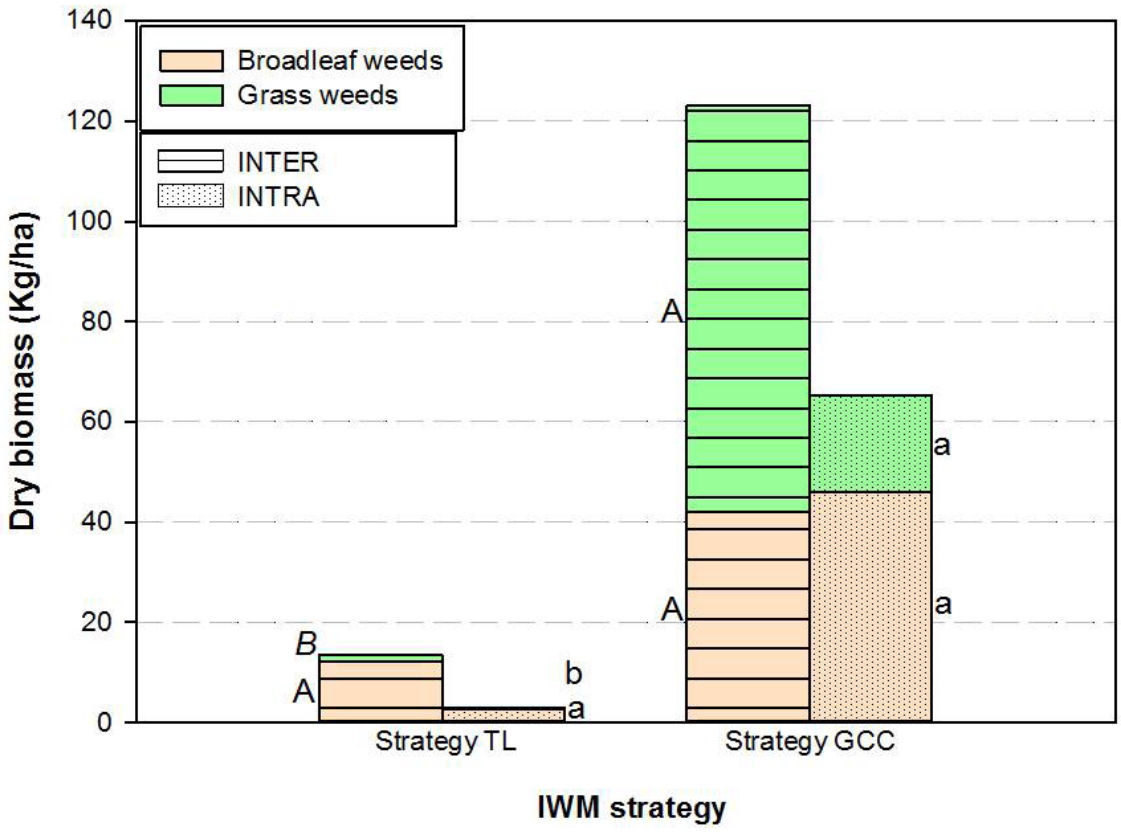


Figura 5 - Biomassa secca delle infestanti (kg/ha) per ogni area di campionamento delle strategie IWM dopo l'applicazione dei metodi di controllo nell'anno 2. In rosa la presenza di malerbe a foglia larga, in verde quelle a foglia stretta. Lettere diverse all'interno di ciascuna specie indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05).

le fasi fenologiche critiche della fioritura (maggio) e della maturazione delle olive (settembre-novembre). Infatti l'anno 1 ha registrato rispettivamente 18 e 168 mm di pioggia e l'anno 2 39 e 114 mm rispettivamente, mentre nell'anno 3 sono stati accumulati solo 12 e 60 mm di pioggia. Tuttavia, non sono state osservate differenze significative di resa tra le strategie TL e GCC.

Qualità delle olive

L'analisi della qualità delle olive non ha evidenziato differenze nei parametri misurati in nessun anno di studio (Tabella 3). Il contenuto di olio è stato preso in considerazione nel calcolo del pagamento al coltivatore e per ogni anno i valori erano abbastanza simili in entrambe le strategie IWM (≈21% anno 1, ≈17% anno 2 e ≈19% anno 3). L'umidità delle olive ha

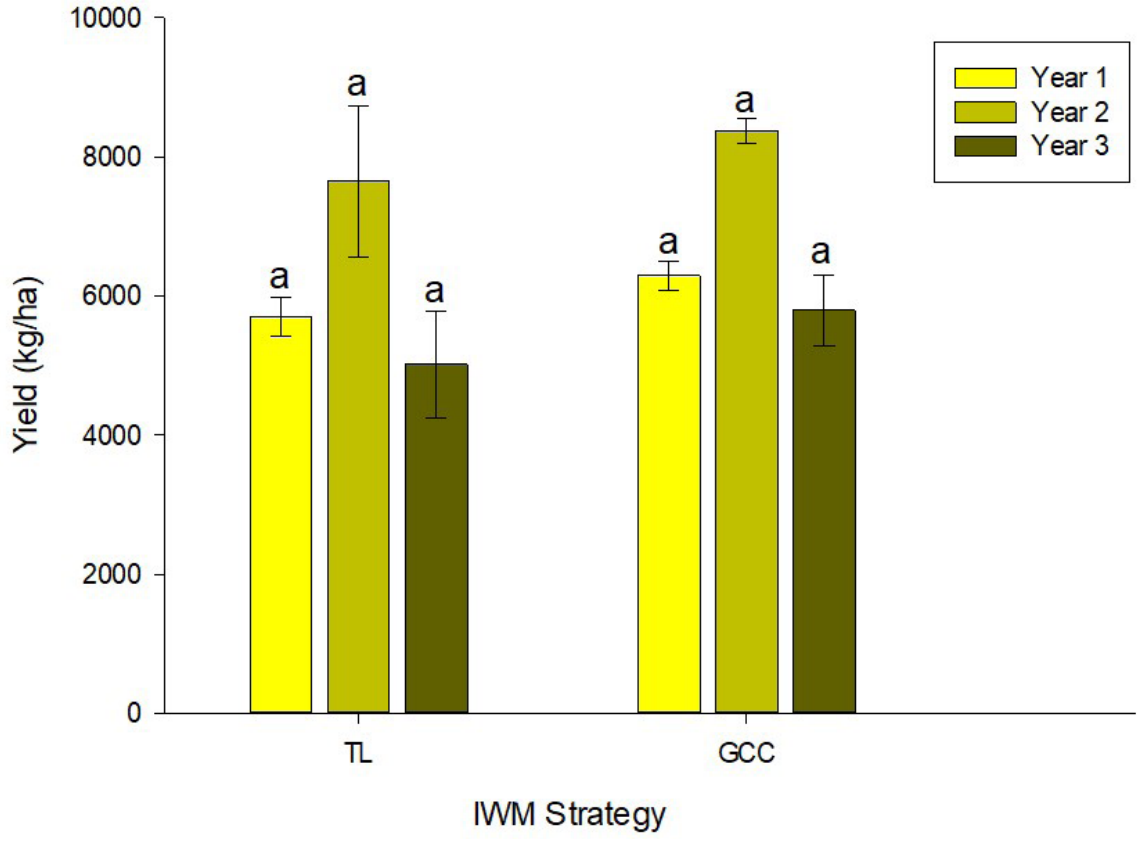


Figura 6 - Resa in olive (kg/ha) delle strategie a confronto nei 3 anni di studio. Lettere diverse all'interno di ciascuna specie indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05). Le barre verticali rappresentano errori standard.

		Contenuto di olio	Umidità	Contenuto di grassi	Acidità
Anno 1	**TL**	21.0 a[1]	47.0 a	39.2 a	0.39 a
	GCC	20.5 a	48.5 a	39.8 a	0.43 a
Anno 2	**TL**	18.0 a	51.3 a	37.1 a	0.47 a
	GCC	16.8 a	54.8 a	37.2 a	0.36 a
Anno 3	**TL**	19.3 a	44.1 a	34.6 a	0.22 a
	GCC	19.6 a	48.4 a	38.4 a	0.29 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05)

Tabella 3 - Parametri di qualità delle olive: contenuto di olio (%), umidità (%), contenuto di grassi (%) e acidità (%) per le diverse strategie e annate nel sud della Spagna.

registrato un contenuto di acqua compreso tra 47-48,5% (anno 1), 51-55% (anno 2) e 44-48% (anno 3). Il contenuto di grassi, fondamentale per determinare la maturazione dei frutti, che non è influenzato dal contenuto di acqua, è stato di circa il 39,5%, 37% e 36,5% rispettivamente negli anni 1, 2 e 3. Il valore di acidità, parametro chiave per fornire un riferimento della qualità dell'olio, variava tra 0,39-0,43% (anno 1), 0,36-0,47% (anno 2) e 0,22-0,29% (anno 3).

Fertilità del terreno

Le tecniche di gestione del suolo possono influenzare la sua fertilità e i risultati ottenuti hanno dimostrato che la strategia di lotta integrata alle infestanti ha avuto alcuni effetti significativi sui valori di fertilità (Tabella 4). I risultati sono stati presentati individualmente per ciascuna area di campionamento e anno di studio, date le differenze significative tra di loro.
La Strategia GCC ha registrato un contenuto di azoto organico più elevato rispetto alla Strategia TL nelle interfile per ogni anno e nelle file nell'anno 1 (Tabella 4). Le interfile della Strategia GCC hanno anche mostrato valori più elevati nel contenuto di sostanza organica e potassio rispetto alla Strategia TL negli anni 1 e 3. È importante notare che negli anni 1 e 3 è stato misurato un contenuto di azoto e sostanza organica significativamente maggiore nelle interfile, dove erano presenti cover crop, rispetto alle file. Inoltre, nell'anno 2 è stato osservato un contenuto di azoto e sostanza organica maggiore nelle file della Strategia TL rispetto alle interfile, dato che l'anno precedente i residui di potatura erano stati incorporati nelle file. Il contenuto di fosforo non è invece stato influenzato dalle diverse strategie adottate.

Conclusioni

Questo studio ha dimostrato che le diverse strategie hanno avuto un effetto sulla comunità delle infestanti. I risultati ottenuti prima dell'applicazione dei metodi di controllo delle infestanti hanno evidenziato una maggiore ricchezza, abbondanza e diversità nelle file della GCC rispetto a quelle della TL, nonché una maggiore ricchezza e diversità nelle interfile della GCC, con una flora più diversificata rispetto alla TL. Inoltre, un'associazione con specie infestanti specifiche come *S. oleraceus* e *Bromus* spp. sembra essere stata favorita da cover crop e lavorazioni del terreno. Dopo l'applicazione dei metodi di controllo delle infestanti, la ricchezza e l'abbondanza hanno continuato a essere maggiori in entrambe le aree di campionamento della Strategia GCC, ma durante gli anni di studio completati è stata osservata una scarsa biomassa di infestanti dannose. Questi risultati, insieme a indici di ricchezza e diversità simili osservati nelle interfile e nelle file della Strategia GCC, hanno mostrato che entrambe le cover crop (densità delle cover crop ≈577 piante/m^2 e livello di copertura del suolo ≈78 %) e l'incorporazione dei residui di potatura (livello di copertura del suolo ≈50%) hanno migliorato la biodiversità dell'ecosistema più della lavorazione del terreno, controllando le infestanti e mantenendole a un basso livello di abbondanza, con maggior diversificazione delle specie.
Inoltre, i risultati di resa e qualità non sono stati influenzati dalla strategia adottata, nonostante la maggiore abbondanza di infestanti nelle interfile non lavorate rispetto a quelle lavorate. La diversità delle infestanti è stata maggiore anche nelle interfile occupate da cover crop durante il periodo di raccolta nei tre anni studiati. Infine, è stato osservato un

		N		OM		K		P	
		INTER	INTRA	INTER	INTRA	INTER	INTRA	INTER	INTRA
Anno 1	**TL**	0.08 b[1]	0.08 b	1.13 b	1.28 b	361 b	366 a	5.13 a	5.56 a
	GCC	0.11 a	0.09 a	1.79 a	1.50 a	433 a	396 a	6.73 a	5.13 a
Anno 2	**TL**	0.08 b	0.10 a	1.03 a	1.18 a	429 a	431 a	6.70 a	6.58 a
	GCC	0.10 a	0.11 a	1.22 a	1.28 a	428 a	428 a	4.63 a	4.73 a
Anno 3	**TL**	0.08 b	0.08 a	0.99 b	1.04 a	377 b	382 a	6.95 a	6.99 a
	GCC	0.12 a	0.10 a	2.03 a	1.38 a	443 a	433 a	6.11 a	6.79 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test di Tukey, P <0,05)

Tabella 4 - Parametri di fertilità del suolo valutati in ogni area campione alla profondità di 0-15 cm: contenuto di azoto organico N (%), sostanza organica SO (%), potassio K (ppm) e fosforo P (ppm) per ogni anno e strategia a confronto nel sud della Spagna.

miglioramento della fertilità del suolo nelle interfile occupate da cover crop, con contenuti di azoto organico più elevati nella Strategia GCC rispetto alla Strategia TL nei tre anni studiati, e contenuti di sostanza organica e potassio significativamente maggiori durante gli anni 1 e 3.
Le file della GCC hanno mostrato un contenuto di azoto e sostanza organica più elevato solo nell'anno 2, quando anche i residui di potatura sono stati incorporati nelle parcelle della Strategia TL, con valori di fertilità che non hanno mostrato differenze significative tra le strategie. Questo fatto evidenzia il miglioramento che entrambi i metodi di copertura del suolo potrebbero rappresentare a lungo termine. La conservazione del suolo è fondamentale nelle regioni semiaride dove la copertura non è frequente, ma necessaria per il controllo dell'erosione e la conservazione della fertilità. Sebbene il nostro studio non abbia presentato dati specifici sull'erosione del suolo nelle condizioni adottate, si poteva presumere che la protezione del suolo fosse basata sui valori di copertura e che questi fossero efficaci, con una copertura del suolo ≥ 50%. Pertanto, la combinazione dell'uso di questi metodi di controllo delle infestanti non chimici per il miglioramento del suolo (cover crop e utilizzo dei residui di potatura) con trattamenti erbicidi potrebbe portare a conciliare la produzione delle colture e la presenza di una flora infestante utile a determinare una soglia gestibile, al fine di ottenere un risultato redditizio e sostenibile a lungo termine. Al giorno d'oggi si sa poco sulle pratiche di gestione integrata delle malerbe che potrebbero essere associate alle comunità di infestanti utili negli oliveti e tali informazioni sono cruciali per ulteriori ricerche sull'ottimizzazione di questo sistema. Inoltre, i risultati del controllo delle infestanti di questo studio hanno evidenziato anche la presenza di alcune specie infestanti tolleranti o resistenti. Questa conoscenza potrebbe essere molto utile per gli agricoltori, che potrebbero cambiare i loro attuali erbicidi e non utilizzare ripetutamente gli stessi principi attivi (soprattutto il glifosate) ogni anno, impedendo così uno spostamento della flora infestante. Pertanto, una migliore comprensione dei fattori che influenzano l'emergenza e la proliferazione delle specie potrebbe migliorare l'efficacia del controllo delle melerbe, riducendo l'uso di erbicidi e moderando l'intensità delle lavorazioni del suolo. Ciò potrebbe anche significare favorire nei futuri oliveti l'uso di cover crop e l'interramento dei residui di potatura.

RISULTATI NEL NORD DELLA SPAGNA (INTIA)

Presenza delle erbe infestanti

I dati sulla presenza di flora infestante prima dell'applicazione dei due metodi di controllo sono riportati in Tabella 5. Il numero di specie ha registrato differenze significative nell'anno 2, con valori più elevati nelle interfile senza lavorazione rispetto a quelle con cover crop (24 piante/m^2 contro 14 piante/m^2). Questo potrebbe essere dovuto alla semina della senape bianca (*Sinapis alba*) come cover crop per due anni consecutivi, che ha ridotto la presenza di altre specie. Tuttavia, si è osservato uno scarso attecchimento della senape bianca (219 piante/m^2 nell'anno 1 e 128 piante/m^2 nell'anno 2). La famiglia delle *Asteraceae* era predominante, seguita dalla famiglia delle *Poaceae* nei tre anni di studio.

		N. di specie	N. di famiglie	Abbondanza	Abbondanza senza considerare *Sinapis alba*
Anno 1	**NT**	19 a[1]	11 a	1684 a	1684 a
	CCC	16 a	9 a	2346 a	2127 a
Anno 2	**NT**	24 a	12 a	1407 a	1407 a
	CCC	14 b	7 a	1552 a	1424 a
Anno 3	**NT**	33 a	15 a	2422 a	2422 a
	CCC	25 a	12 a	2571 a	2571 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 5 - Presenza di infestanti nelle interfile delle strategie di gestione integrata delle malerbe: numero di specie, numero di famiglie, abbondanza (numero di piante/m^2) e abbondanza senza includere Sinapis alba (numero di piante/m^2) nel nord della Spagna.
NT = non lavorazione + diserbo chimico; CCC = non lavorazione + diserbo chimico + cover crop.

		Prima del trattamento erbicida	Dopo il trattamento erbicida
Anno 1	**NT**	1760 a[1]	-
	CCC	3260 a	6270
Anno 2	**NT**	958 a	948 a
	CCC	1300 a	1711 a
Anno 3	**NT**	735 a	-
	CCC	945 a	-

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 6 - Biomassa secca infestante (kg/ha) nelle interfile delle strategie a confronto prima e dopo l'applicazione dei metodi di controllo.

		Superficie coperta (%)	N. di specie
Anno 1	**NT**	73 a[1]	-
	CCC	88 a	-
Anno 2	**NT**	47.2 a	36 a
	CCC	74.7 a	35 a
Anno 3	**NT**	49.8 a	20 a
	CCC	100 a	36 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 7 - Presenza di infestanti nelle interfile delle strategie di gestione integrata delle malerbe a fine primavera: superficie coperta (%) e numero di specie.

Controllo delle infestanti

Le infestanti sono state valutate per la prima volta 3-4 settimane dopo l'applicazione dei metodi di controllo a fine inverno e a fine primavera. In autunno è stato effettuato un ulteriore controllo per la *Conyza* spp.

Controllo delle infestanti a fine inverno

La Tabella 6 presenta la biomassa secca prima e dopo l'applicazione di erbicida nelle interfile ogni anno ad eccezione dell'anno 3, quando la biomassa post-trattamento è stata valutata a fine primavera (Tabella 8). *Sinapis alba* è una specie a crescita molto rapida, con una biomassa secca più elevata osservata nella Strategia CCC durante i tre anni di studio, anche nell'anno 3 quando non è stata seminata. Ciononostante, non sono emerse differenze significative tra le strategie.

Controllo delle infestanti a fine primavera

I risultati del controllo delle infestanti sono riportati in Tabella 7. In considerazione del grande sviluppo di malerbe in questo periodo la presenza di infestanti è stata valutata in termini di numero di specie e percentuale di superficie coperta.
Non ci sono state differenze significative tra le due strategie a confronto. Tuttavia, la Strategia NT ha mostrato una percentuale di copertura del suolo inferiore rispetto alla Strategia CCC in termini assoluti durante i tre anni di studio, a causa del controllo effettuato con il diserbo chimico. Questa flora infestante corrispondeva a piante emerse dopo il trattamento erbicida poiché non era presente alcun erbicida residuo. Un nuovo trattamento erbicida è stato essenziale per prevenire la concorrenza delle infestanti con gli oliveti durante l'estate nella Strategia NT, mentre non è stata necessario alcun trattamento per la Strategia CCC.
Anche in questo caso, la famiglia delle *Asteraceae* ha avuto la predominanza in entrambe le strategie, seguita dalla famiglia delle *Poaceae*. Per quanto riguarda la densità delle piante infestanti, *Lolium rigidum, Bromus* spp. e *Anacyclus clavatus* sono state le specie più abbondanti nella Strategia CCC, mentre *Conyza* spp., *Convolvulus arvensis* e *Ditrichia viscosa* hanno mostrato valori di densità

		Biomassa secca
Anno 2	**NT**	838 a[1]
	CCC	2229 a
Anno 3	**NT**	-
	CCC	4560

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 8 - Biomassa secca infestante (kg/ha) nelle interfile delle strategie a confronto a fine primavera degli anni 2 e 3.

		Abbondanza	Biomassa secca
Anno 2	**NT**	6.73 a[1]	-
	CCC	0.13 b	-
Anno 3	**NT**	261.3 a	1482 a
	CCC	7.5 b	36 b

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 9 - Presenza di Conyza spp. Nelle interfile delle strategie a confronto nell'autunno degli anni 2 e 3: abbondanza (numero di piante/m2) e biomassa secca (kg/ha).

		Resa in olive
Anno 1	**NT**	1473 a[1]
	CCC	1404 a
Anno 2	**NT**	2928 a
	CCC	2865 a
Anno 3	**NT**	3636 a
	CCC	3415 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 10 - Resa in olive (kg/ha) delle strategie a confronto.

vegetale più alti nella Strategia NT. Inoltre, le specie *Anacyclus clavatus, Beta vulgaris ssp. maritima, Cirsium arvense, Convolvulus arvense, Conyza* spp., *Ditrichia viscosa, Hordeum murinum, Lolium rigidum, Picris echioides, Polygonum aviculare* e *Scorzonera laciniata* sono state rilevate in entrambe le strategie e in tutti i campionamenti. Tuttavia, *Cirsium arvense* è stata l'unica specie osservata nella Strategia CCC nel corso dei tre anni, mentre non era presente nella Strategia NT in nessuna fase.
La biomassa secca infestante è stata raccolta nelle interfile negli anni 2 e 3 (Tabella 8). Nell'anno 2 non ci sono state differenze significative tra le strategie. Tuttavia, non è stato possibile eseguire l'analisi statistica per l'anno 3, a causa di un guasto tecnico durante la valutazione della biomassa della Strategia NT.

Controllo delle erbe infestanti autunnali

La gestione delle malerbe con la Strategia CCC ha favorito la germinazione di specie autunnali che sono state successivamente distrutte con falciatrice meccanica e decespugliatore. Inoltre, i residui di cover crop e il mulching creati sulla superficie del suolo hanno agito da barriera naturale alla germinazione delle specie ad inizio estate. Pertanto,

		Contenuto in olio	Umidità	Acidità
Anno 1	**NT**	24.73	40.27	0.35
	CCC			
Anno 2	**NT**	23.41 a[1]	43.29 a	0.33 a
	CCC	23.10 a	42.93 a	0.32 a
Anno 3	**NT**	26.2 a	41.2 a	0.40 a
	CCC	26.5 a	41.0 a	0.41 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 11 - Parametri di qualità delle olive valutati: contenuto in olio (%), umidità (%) e acidità (%) per le strategie a confronto nel nord della Spagna.

		N		OM		K		P	
		INTER	**INTRA**	**INTER**	**INTRA**	**INTER**	**INTRA**	**INTER**	**INTRA**
Anno 1	**NT**	0.14 a[1]	0.13 a	1.79 a	1.64 a	208 a	185 a	20.51 a	25.69 a
	CCC	0.15 a	0.14 a	1.94 a	1.89 a	239 a	208 a	19.53 a	33.84 a
Anno 2	**NT**	0.14 a	0.14 a	1.67 a	1.46 a	158 a	155 a	14.23 a	23.80 a
	CCC	0.15 a	0.13 a	1.62 a	1.34 a	160 a	204 a	13.24 a	24.09 a
Anno 3	**NT**	0.11 a	0.10 a	1.81 a	1.76 a	231 a	228 a	16.98 a	24.31 a
	CCC	0.12 a	0.11 a	2.00 a	1.87 a	251 a	236 a	14.71 a	27.66 a

[1] Lettere minuscole diverse all'interno di ogni anno per colonna indicano differenze tra le tesi statisticamente significative (test t di Student, P < 0.05)

Tabella 12 - Parametri di fertilità del suolo valutati a una profondità di 0-15 cm: contenuto di azoto organico N (%), sostanza organica SO (%), potassio K (ppm) e fosforo P (ppm) per ogni strategia e anno nella Spagna settentrionale.

la flora infestante era scarsa in estate e in autunno, e non è riuscita a competere con gli oliveti per l'acqua e le sostanze nutritive in questi periodi critici. Al contrario, la gestione delle malerbe con la Strategia NT non è stata in grado di controllare la *Conyza* spp. Sono state identificate due diverse specie di infestanti: *Conyza bonariensis* e *Conyza canadensis*. La presenza di queste specie è stata scarsa nell'anno 1, ma la densità delle piante nelle interfile era significativamente più alta nella Strategia NT rispetto alla CCC negli anni 2 e 3 (Tabella 9). Anche la biomassa secca valutata nell'anno 3 ha messo in luce differenze significative tra le strategie. L'applicazione di erbicidi in inverno e in estate non è stata in grado di controllare queste specie, che diventano resistenti agli erbicidi dopo l'inizio dell'allungamento dello stelo, sopportando trattamenti anche a dosi elevate e riemergendo successivamente.

Resa in olive

I risultati della resa delle olive hanno evidenziato che la strategia non ha avuto effetti significativi sulla produzione in nessuno dei tre anni di studio (Tabella 10). Nonostante l'elevata presenza di infestanti nelle interfile della Strategia CCC, non si è verificata una riduzione significativa della resa in olive rispetto alla Strategia NT. Inoltre, la resa delle olive è aumentata con la crescita degli olivi. Pertanto, le rese medie sono state di 1473 kg/ha per la Strategia NT e 1404 kg/ha per la Strategia CCC nell'anno 1, nell'anno 2 le rese hanno raggiunto 2928 kg/ha per la NT e 2865 kg/ha per la CCC e nell'anno 3 sono aumentate rispettivamente a 3636 kg/ha e 3415 kg/ha.

Qualità delle olive

L'analisi della qualità delle olive non ha mostrato differenze in nessuno dei parametri misurati durante gli anni 2 e 3 (Tabella 11). A causa di un guasto tecnico, non è stato possibile effettuare l'analisi statistica della Strategia CCC nell'anno

1. Il contenuto di olio è stato pari al 23,3% e al 26,4% rispettivamente nell'anno 2 e 3. L'umidità ha mostrato un contenuto di acqua di circa il 43,1% (anno 2) e il 41,1% (anno 3). Infine, i valori di acidità erano compresi tra 0,32-0,33% (anno 2) e 0,40-0,41% (anno 3).

Fertilità del suolo

L'analisi del suolo ha mostrato che la strategia (NT, CCC) non ha avuto effetti significativi sui valori di fertilità (Tabella 12).

Conclusioni

L'adozione e la gestione delle cover crop negli oliveti della Spagna settentrionale suscitano un notevole interesse tra gli agricoltori della zona. Tuttavia, non ci sono precedenti esperienze nell'area e si ritiene che l'adozione di cover crop autunnali possa portare ad alcune difficoltà nella gestione del suolo e delle infestanti nel nord della Spagna. Ad esempio, la raccolta meccanica negli autunni piovosi può ostacolare l'attecchimento e lo sviluppo delle cover crop, come è avvenuto durante il primo anno di studio.

Per questi motivi, restano ancora molti interrogativi e dubbi sulla gestione più appropriata delle cover crop necessaria per stabilire un equilibrio tra la possibilità di risemina delle specie esistenti (sia senape bianca che spontanee) e la competizione che si potrebbe instaurare con l'olivo. Tuttavia, in questo studio triennale non si è riscontrato alcun effetto sui risultati di resa e qualità, né sui parametri di fertilità del suolo. Date le condizioni irrigue esistenti, saranno necessarie ulteriori verifiche per conoscere gli effetti di queste strategie sulla resa e sulla qualità a lungo termine.

È stato inoltre interessante osservare che dopo l'applicazione del diserbo c'è stata una maggiore presenza di *Conyza* spp. nelle interfile della Strategia NT rispetto alla Strategia CCC. Questo potrebbe essere dovuto al fatto che tali specie hanno finito per adattarsi al controllo chimico (glifosate), e ciò può avere creato una competizione con gli olivi per l'acqua in estate e in autunno, fasi fenologiche critiche per la maturazione delle olive e l'accumulo di olio. I presenti risultati hanno dimostrato l'utilità delle strategie di gestione integrata delle malerbe per controllare *Conyza* spp.,che insieme all'uso di erbicidi alternativi combinati con pratiche agricole come le cover crop, sono riuscite a mantenere la resistenza di queste infestanti a un livello accettabile.

ITALIA

Legnaro
(PD)
Vallevecchia
(VE)
Ravenna
San Giuliano
Terme (PI)
Cenaia
(PI)
San Piero
a Grado (PI)
Cedri
(PI)
Montevertine
(SI)
San Giusto a
Rentennano (SI)
Torre
San Patrizio (FM)

PROVE SPERIMENTALI PRESSO L'AZIENDA VALLEVECCHIA

VENETO AGRICOLTURA

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 naturalistico-ambientali: 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 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).

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

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 post-emergenza 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 x 500 m = 5000 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).

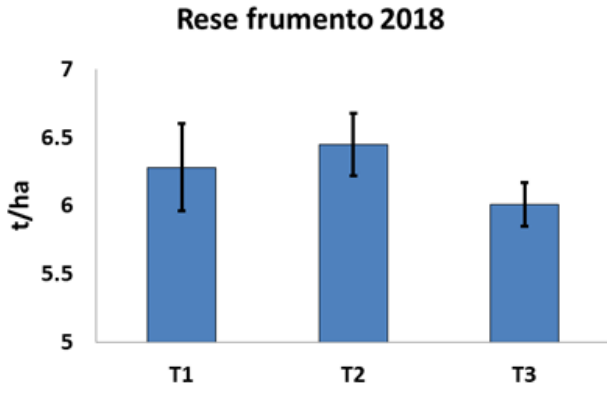


Figura 6 - Rese del frumento (t/ha) delle diverse tesi (T1, T2 e T3). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

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 post-emergenza 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

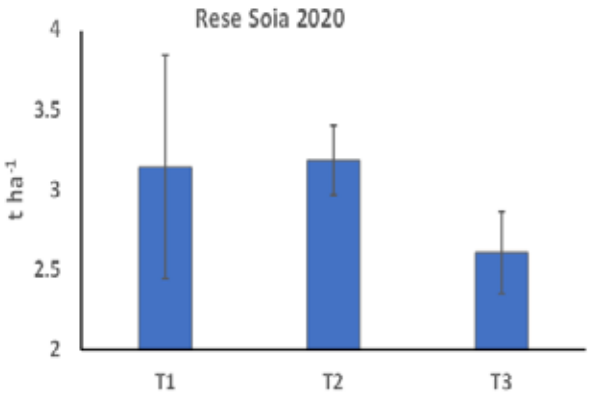


Figura 18 - Rese di soia (t/ha, 14% UR) ottenute con le diverse tesi. I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali indicano gli errori standard.

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

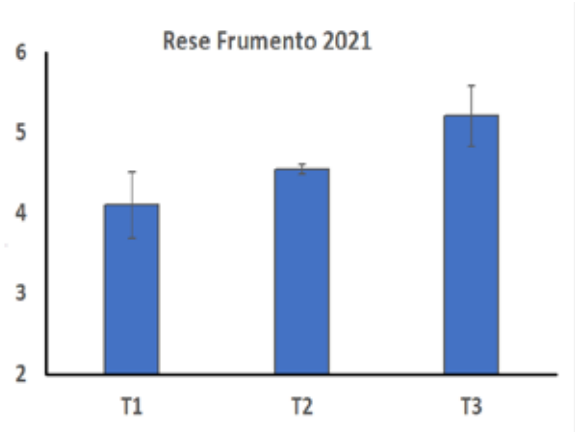


Figura 20 - Rese di frumento (t/ha, 14% UR) ottenute con le diverse tesi. I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali indicano gli errori standard.

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

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

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

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 quindi 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 pre-emergenza (controllo aziendale 1);
T2 - distribuzione localizzata di erbicidi di pre-emergenza con la seminatrice (cantiere tradizionale di distribuzione localizzata);
T3 - distribuzione a pieno campo di erbicidi di post-emergenza (controllo aziendale 2);
T4 - distribuzione localizzata di erbicidi di post-emergenza 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 m^2, 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^{-1}, S-metolachlor 937,5 g ha^{-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.

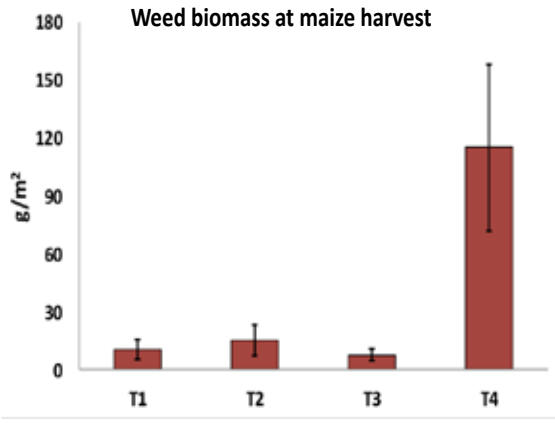


Figura 28 - Biomassa fresca delle infestanti (g/m^2) 2019. I valori sono medie di tre replicazioni e le barre verticali rappresentano gli errori standard.

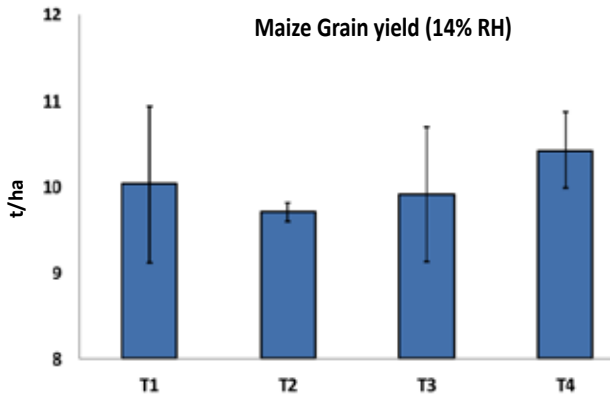


Figura 29 - Resa in granella di mais (t/ha, 14% UR) di ciascuna tesi nel 2019. I valori sono medie di tre replicazioni e le barre verticali rappresentano gli errori standard.

Bordo	T 4	T 3	Bordo	T 1	T 2	Bordo	T 3	T 4
	T 2	T 1		T 3	T 4		T 1	T 2

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 post-emergenza 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).

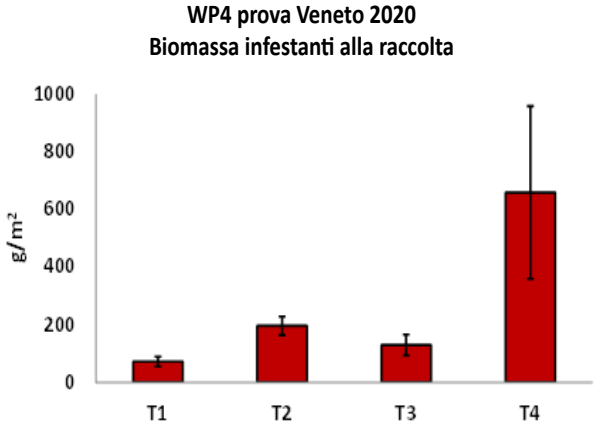


Figura 31 - Biomassa delle infestanti (peso fresco, g/m^2) alla raccolta del mais (21 settembre 2020). I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali rappresentano gli errori standard.

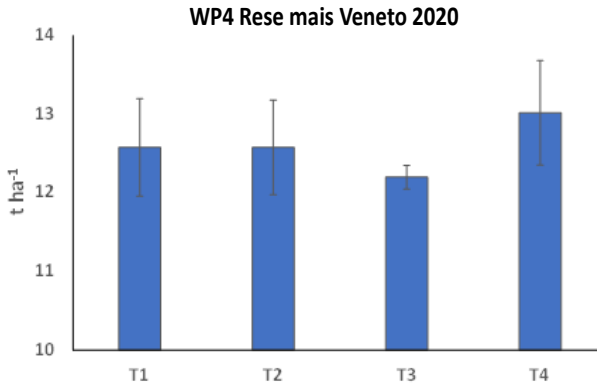


Figura 32 - Rese del mais (t/ha, 14% UR) per le diverse tesi. I valori sono la media di tre repliche, le barre verticali indicano gli errori standard.

Materiali e metodi

La prova è stata svolta su tre appezzamenti adiacenti e comprendeva quattro tesi:
T1 - distribuzione a pieno campo di erbicidi di pre-emergenza (controllo aziendale 1);
T2 - distribuzione localizzata di erbicidi di pre-emergenza con la seminatrice (cantiere tradizionale di distribuzione localizzata);
T3 - distribuzione a pieno campo di erbicidi di post-emergenza (controllo aziendale 2);
T4 - distribuzione localizzata di erbicidi di post-emergenza 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 m^2, 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 post-emergenza (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 queste 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 pre-emergenza 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

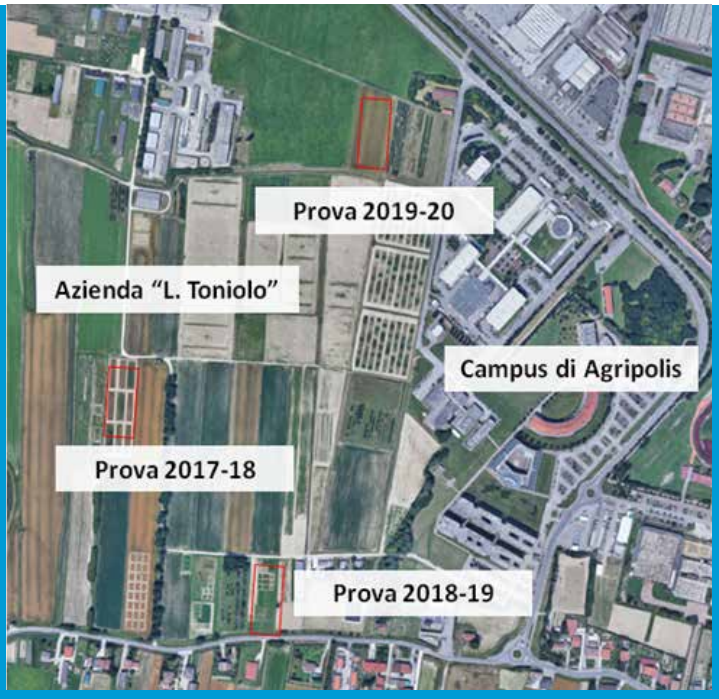


Figura 1 - Ubicazione delle prove di campo presso l'Azienda "L. Toniolo".

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.

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.

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

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 m^{-2} e 122,5 g m^{-2}), probabilmente a causa di una densità iniziale molto elevata di *Veronica persica* (oltre 200 piante m^{-2}) in una delle parcelle. Sono state ottenute rese medie elevate per tutte le tesi, da 8,9 t ha^{-1} (14% UR) per la tesi C a 8,4 t ha^{-1} 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.

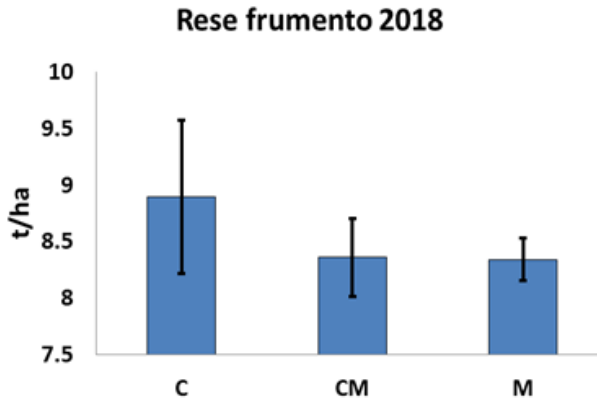


Figura 2 - Rese medie del frumento (t/ha, 14% UR) ottenute nel 2018 dalle tesi a confronto (C: diserbo chimico; CM: diserbo chimico e meccanico; M: diserbo meccanico). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

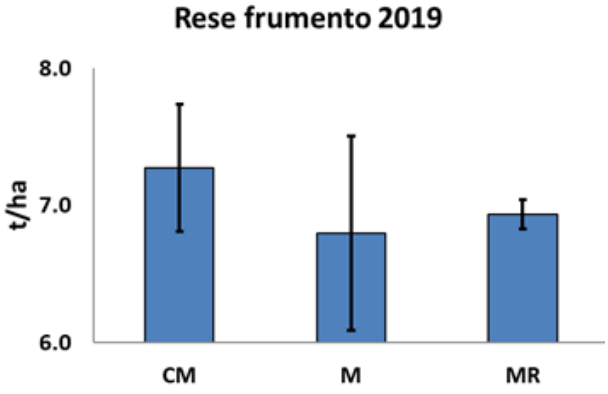


Figura 3 - Rese medie del frumento (t/ha, 14% UR) ottenute nel 2019 dalle tesi a confronto (C: diserbo chimico; CM: diserbo chimico e meccanico; M: diserbo meccanico). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

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, 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 aprile-maggio, 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.

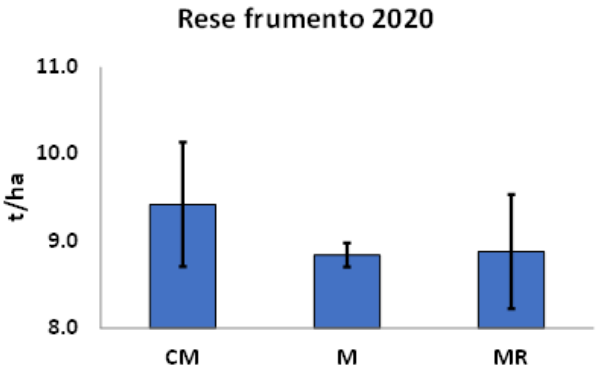


Figura 5 - Rese medie del frumento (t/ha, 14% UR) ottenute dalle diverse tesi a confronto (CM: integrazione di diserbo chimico e meccanico; M: solo diserbo meccanico; MR: diserbo meccanico + bulatura). Le barre verticali rappresentano gli errori standard.

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 m x 10 m = 300 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.

FIELD 1		FIELD 2		FIELD 3		FIELD 4		FIELD 5		FIELD 6		FIELD 7		FIELD 8	
36 BJ	37 C	44 TS	45 Vv	52 C	53 BJ	60 TS	61 Vv	68 Vv	69 BJ	76 C	77 TS	84 BJ	85 Vv	92 Vv	93 C
35 C	38 BJ	43 BJ	46 TS	51 TS	54 C	59 Vv	62 BJ	67 C	70 TS	75 BJ	78 Vv	83 TS	86 BJ	91 C	94 TS
34 Vv	39 TS	42 Vv	47 C	50 BJ	55 Vv	58 C	63 TS	66 BJ	71 Vv	74 TS	79 C	82 Vv	87 C	90 TS	95 BJ
33 TS	40 Vv	41 C	48 BJ	49 Vv	56 TS	57 BJ	64 C	65 TS	72 C	73 Vv	80 BJ	81 C	88 TS	89 BJ	96 Vv
4 Vv	5 TS	12 C	13 Vv	20 BJ	21 C	28 TS	29 BJ	97 C	104 BJ	105 BJ	112 Vv	113 Vv	120 BJ	121 C	128 TS
3 BJ	6 C	11 Vv	14 BJ	19 TS	22 Vv	27 C	30 TS	98 Vv	103 TS	106 TS	111 C	114 BJ	119 Vv	122 Vv	127 BJ
2 TS	7 BJ	10 TS	15 C	18 C	23 TS	26 BJ	31 Vv	99 BJ	102 C	107 Vv	110 BJ	115 C	118 TS	123 TS	126 C
1 C	8 Vv	9 BJ	16 TS	17 Vv	24 BJ	25 Vv	32 C	100 TS	101 Vv	108 C	109 TS	116 TS	117 C	124 BJ	125 Vv
N0	N1	N2	N3	N2	N1	N0	N3	N0	N1	N2	N3	N2	N1	N0	N3
CS				LIS				CS				LIS			

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	N2=	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

I Blocco
II Blocco
III Blocco
IV Blocco

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 crop-based 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.	VIlla 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.

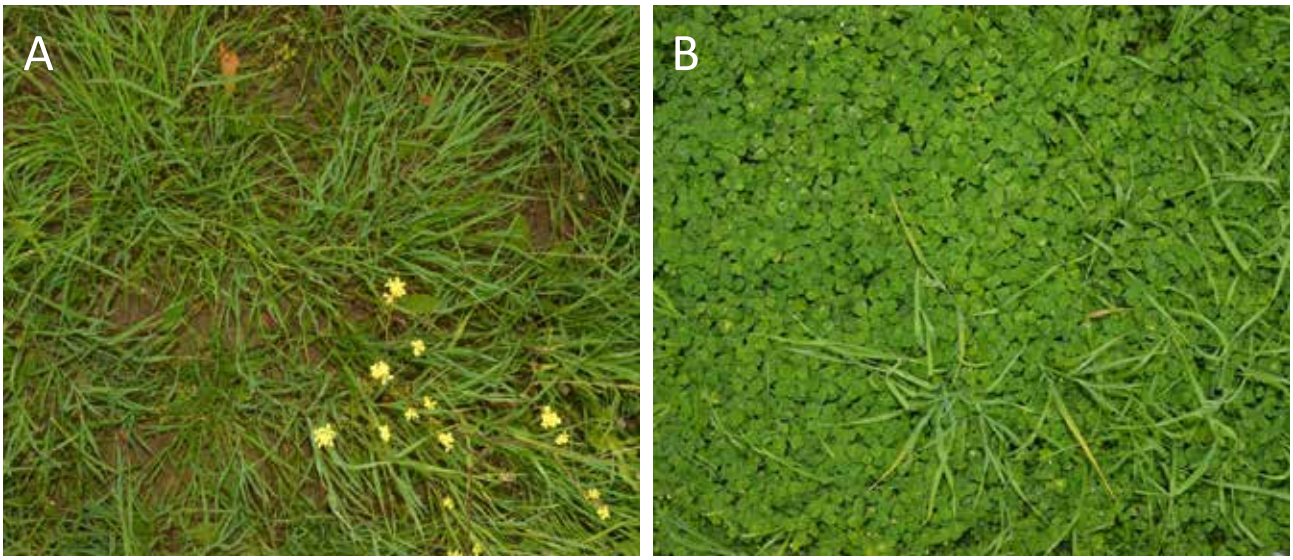


Figure 5A e 5B - A) flora infestante nella parcella di controllo nella primavera 2018; B) flora infestante presente nella parcella di *T. subterraneum* sub. brachycalycinum cv. Antas nella primavera 2018 (foto di Federico Leoni).

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 m^2, 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 auto-riseminanti, 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

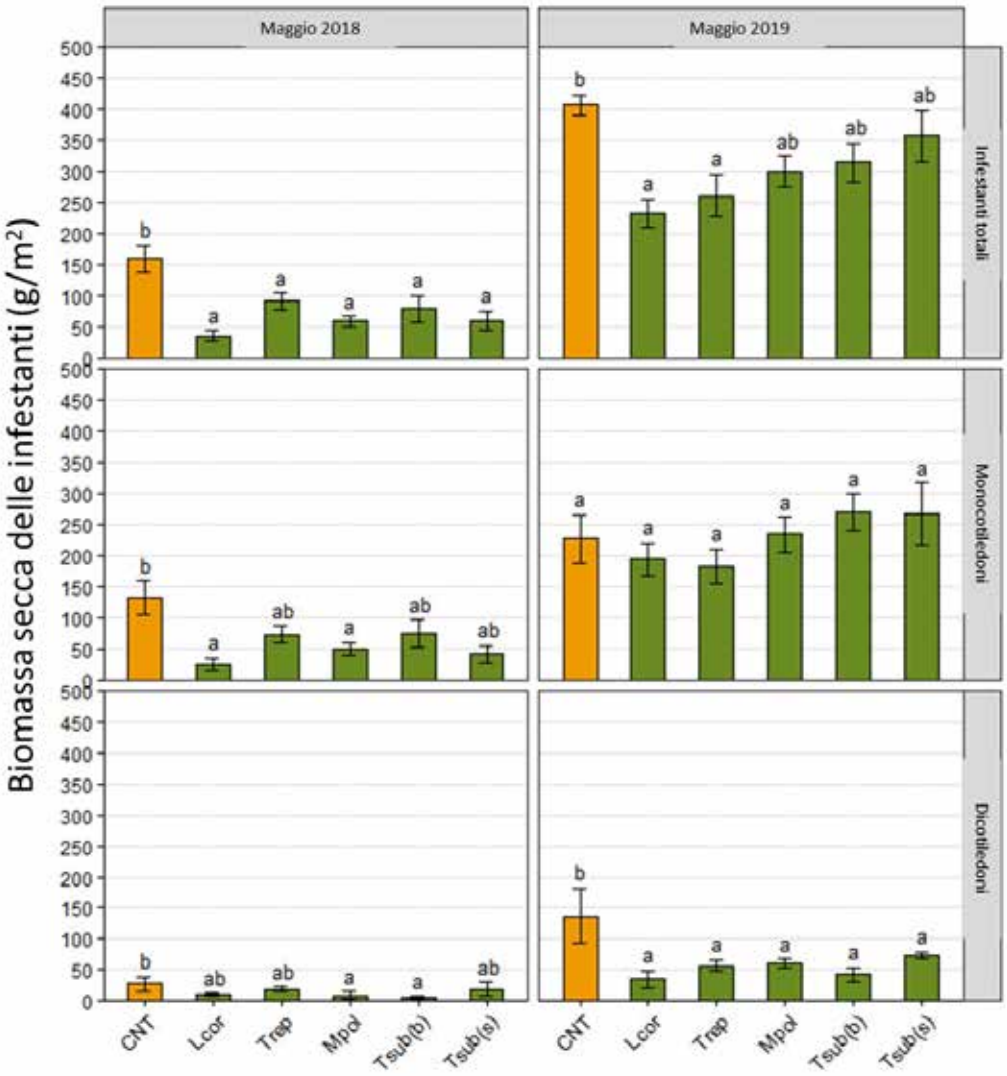


Figura 6 - Biomassa secca delle infestanti (g/m²) e biomassa specifica per le infestanti monocotiledoni e dicotiledoni a maggio 2018 e 2019. CNT, controllo; Lcor, *Lotus cornicutaus*; Trep, *Trifolium repens* tutte le specie insieme; Mpol, *Medicago polymorpha* tutte le specie insieme; Tsub(b), *Trifolium 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 auto-riseminati 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.

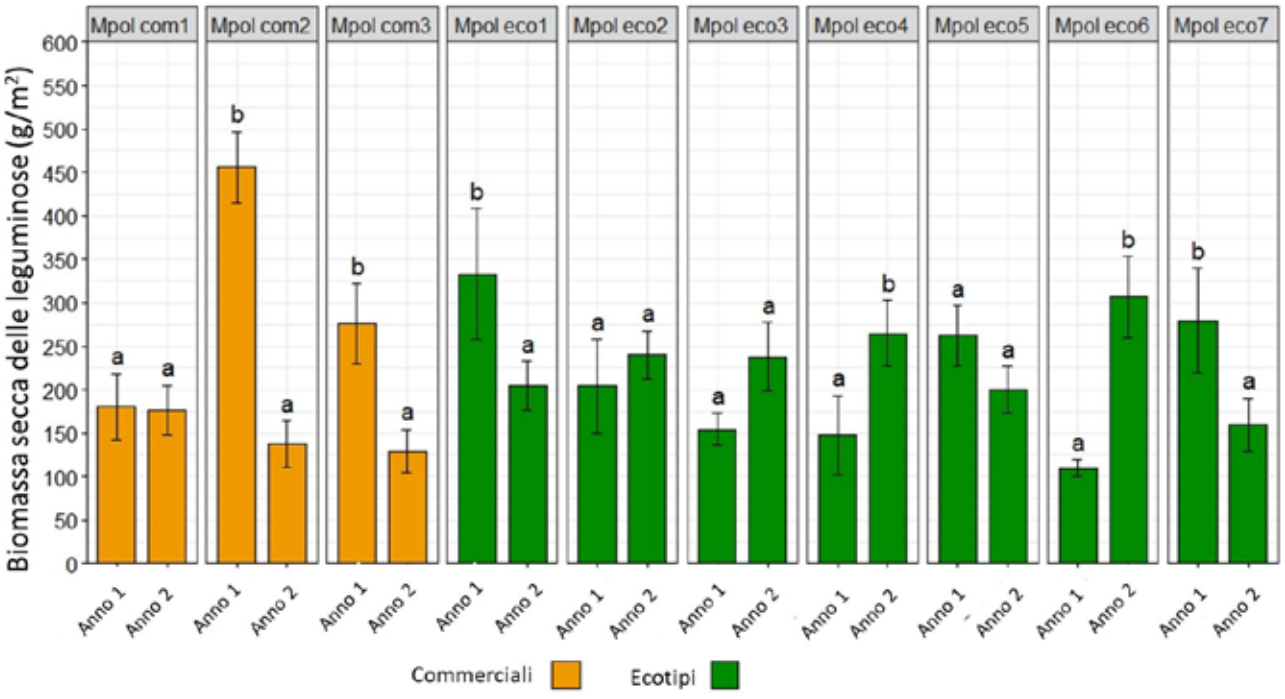


Figura 7 - Biomassa di *M. polymorpha* (ecotipi e cultivar commerciali) a maggio 2018 e 2019. Mpol com1: *M. polymorpha* cv. Mauguio, Mpol com2: *M. polymorpha* cv. Anglona, Mpol com3: *M. polymorpha* cv. Scimitar, Mpol eco1: *M. polymorpha* ecotipo Pitigliano (GR), Mpol eco2: *M. polymorpha* ecotipo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

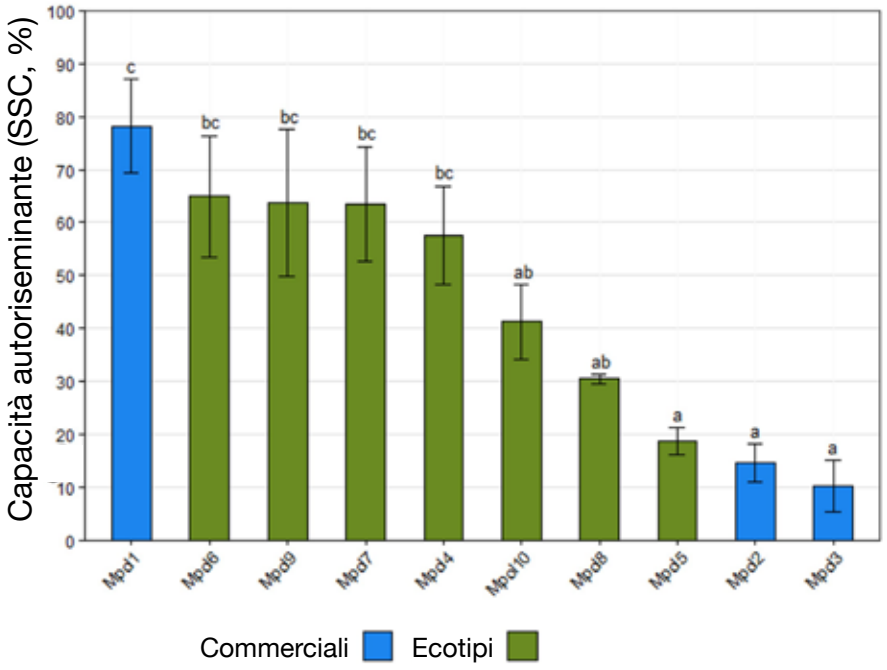


Figura 8 - Capacità auto-riseminante di cultivar commerciali ed ecotipi di *Medicago polymorpha* (SSC, %). Mpol1: *M. polymorpha* cv. Scimitar; Mpol2: *M. polymorpha* cv. Anglona; Mpol3: *M. polymorpha* cv. Mauguio; Mpol4: *M. polymorpha* eco. Pitigliano (SI); Mpol5: *M. polymorpha* eco. Manciano (GR); 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 auto-riseminante, 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

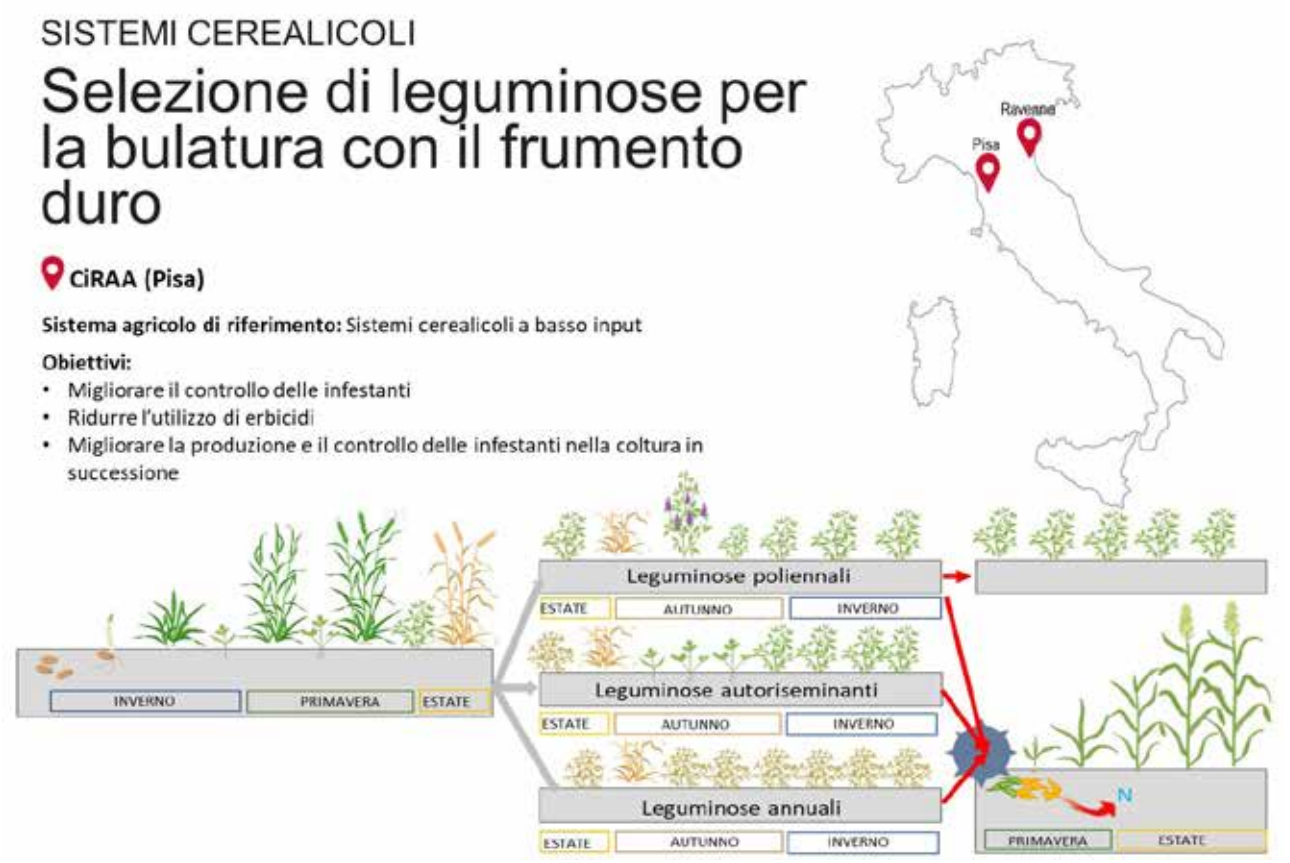


Figura 9 - Prova di selezione delle specie di leguminose più adatte per essere utilizzate in bulatura con il frumento duro. L'esperimento è stato condotto a Pisa (Centro interdipartimentale di Ricerche Agro-ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di Pisa) e Ravenna presso la stazione sperimentale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

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.

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/m^2 e 361,20 g/m^2 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.

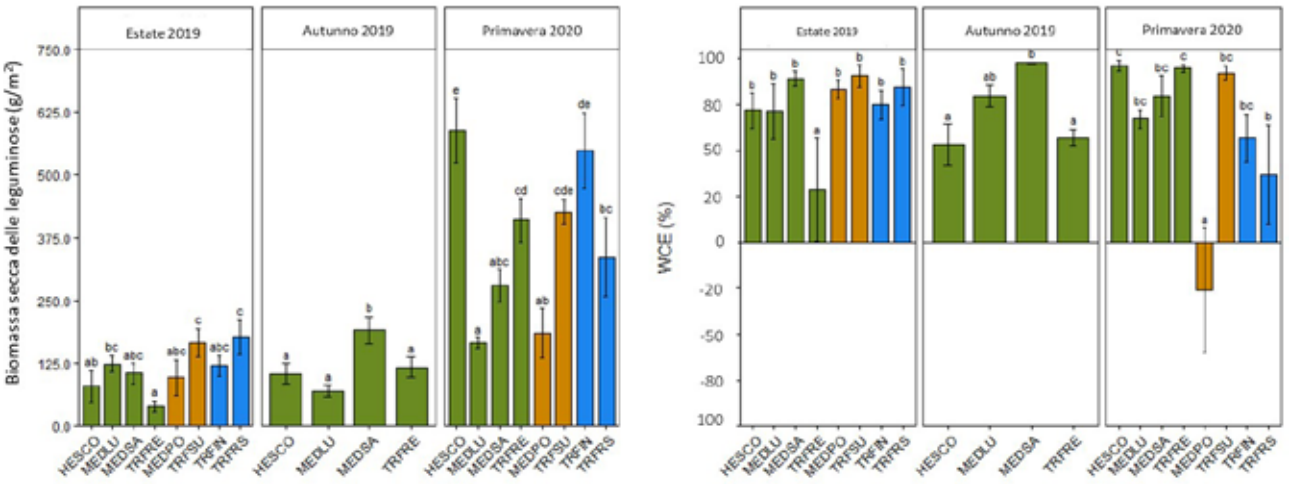


Figura 11 - Biomassa secca (a sinistra, g/m²) e Weed Control Efficiency - efficienza del controllo delle malerbe (a destra, WCE%) delle leguminose in estate (al momento della raccolta del frumento), in autunno e nella primavera successiva, rispettivamente durante la seconda replicazione dell'esperimento. 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

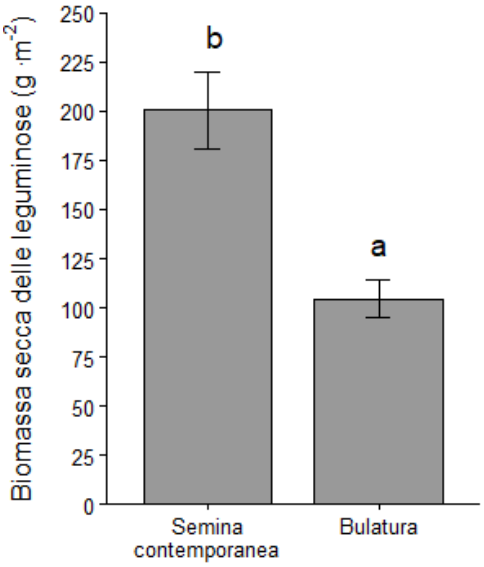


Figura 12 - Biomassa prodotta dall'erba medica (*M. sativa*) utilizzata in consociazione contemporanea e in bulatura con il frumento duro in un sistema a basso-input.

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

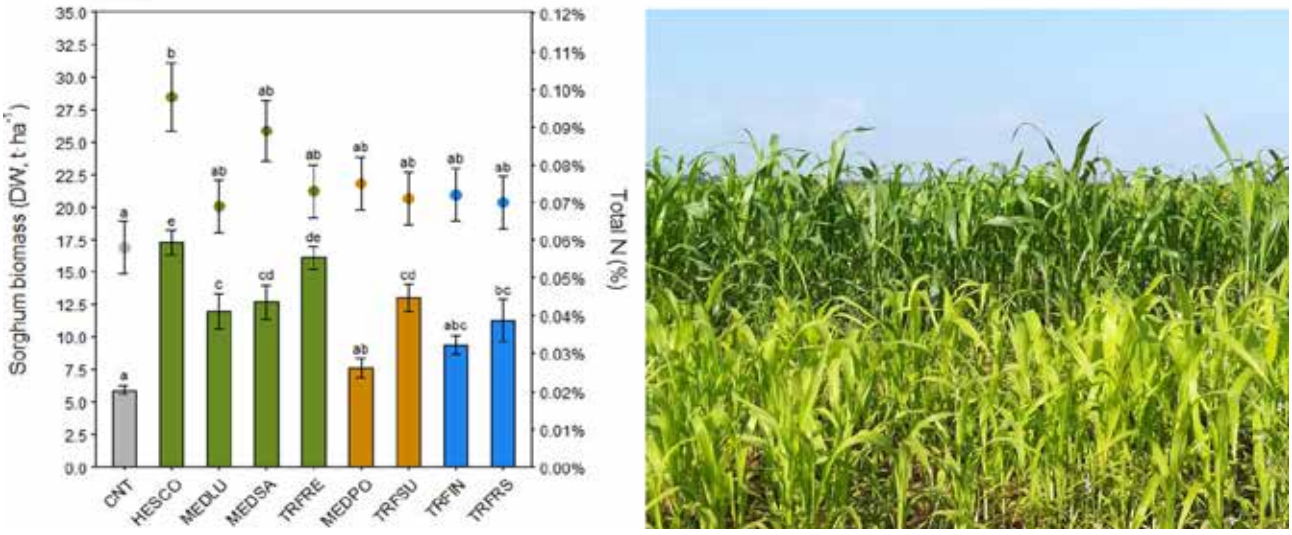


Figura 13 - A destra la biomassa secca del sorgo (barre, t/ha) e il contenuto totale di azoto (punti, %), a sinistra il sorgo come si presentava durante la seconda replicazione dell'esperimento. La foto evidenzia l'effetto residuo delle diverse leguminose sulla biomassa del sorgo e sul contenuto di azoto 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 m^2.

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

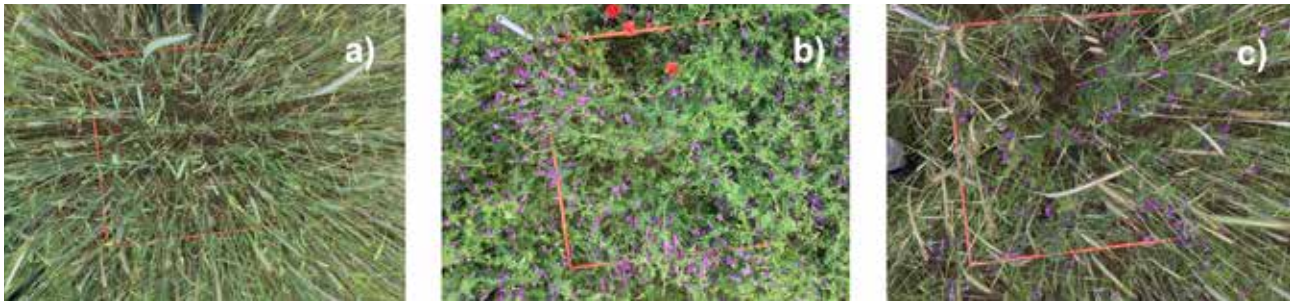


Figura 14 - Copertura del suolo di segale (a), veccia vellutata (b) e miscela (c) nella fase di terminazione della coltura di copertura nei tre anni.

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 copertura-velocità 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 segale-veccia 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 (non-lavorazione, 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

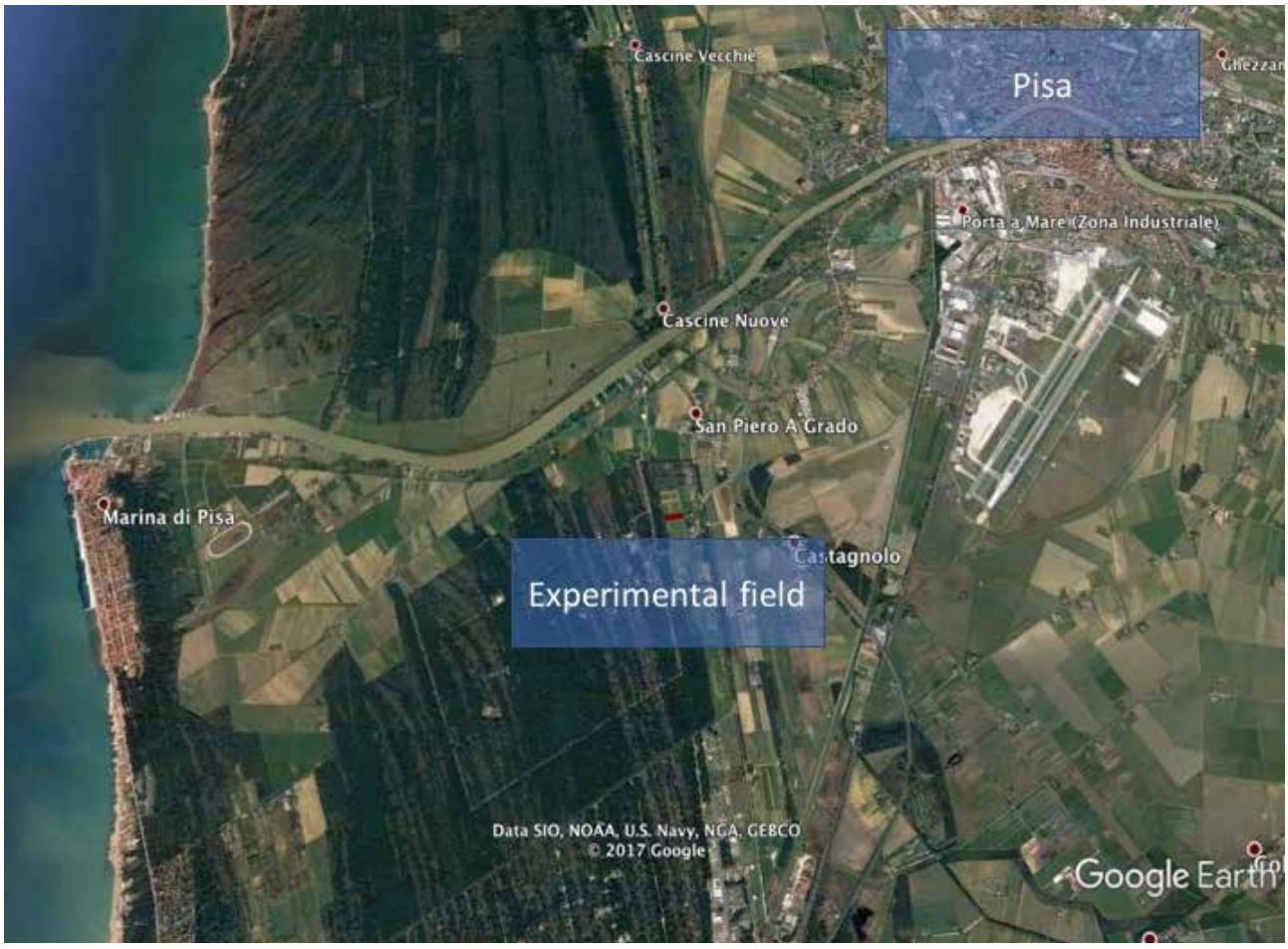


Figura 16 - Il campo sperimentale del CiRAA (43°40'18.47''N, 10°20'40.25'' E) (foto ©2017 Google).

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 autunno-invernale. 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 primaverile-estivo, 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 CiRAA (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%).

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

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

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

PROVE SPERIMENTALI PRESSO HORTA SRL

HORT@
From research to field

Figura 1 - Centro aziendale Horta di Cà Bosco

Figura 2 - Vista generale delle parcelle sperimentali di Horta presso l'Az. Agr. 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 agro-alimentare. 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 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 franco-limoso. 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-srl.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 questa 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

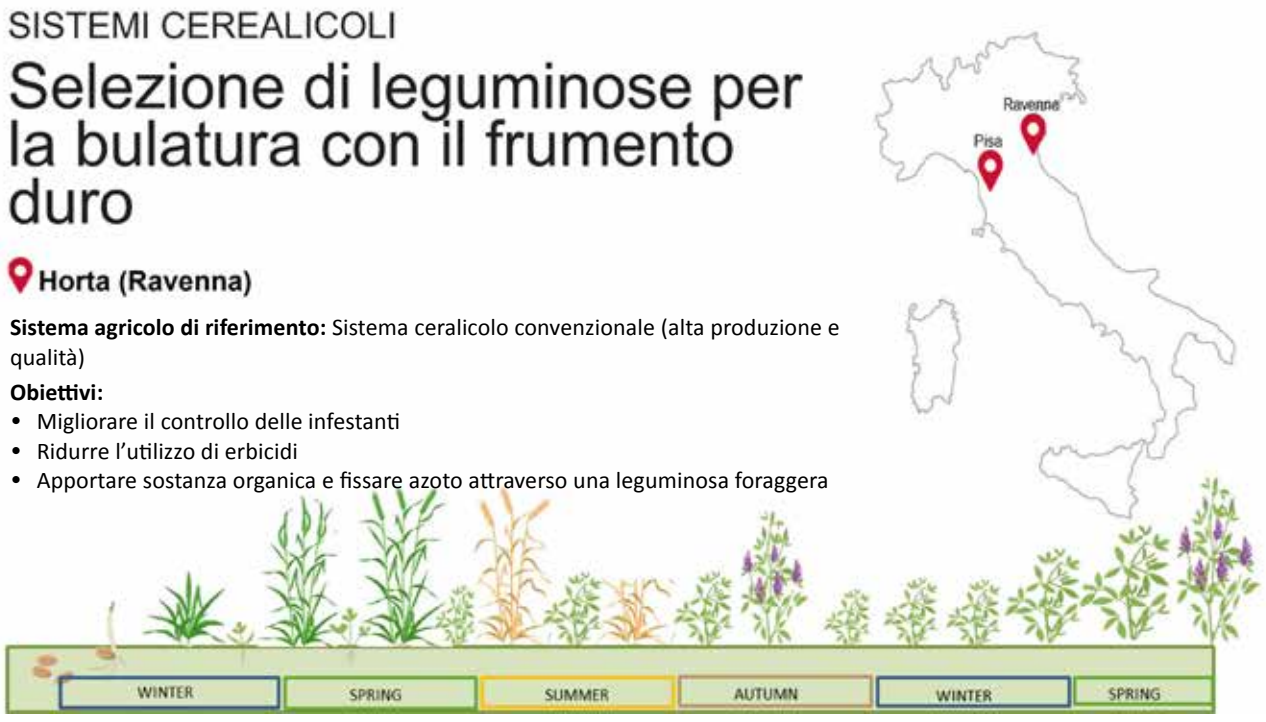


Figura 3 - Selezione delle leguminose più adatte per la bulatura con il frumento duro come strumento di diversificazione colturale e di controllo integrato delle infestanti. L'esperimento è stato condotto a Pisa (Centro interdipartimentale di Ricerche Agro-Ambientali "Enrico Avanzi" dell'Università di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

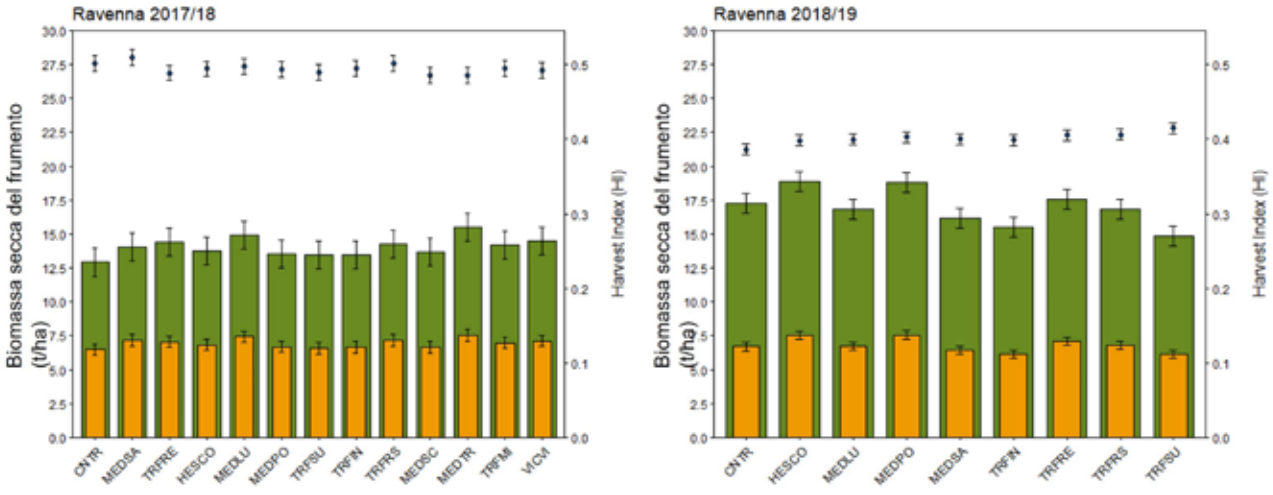


Figura 4 - Produzione del frumento (barre arancioni), paglia del frumento (barre verdi) e Harvest Index (pallini blu) a Ravenna. Le significatività sono riferite al contrasto tra il controllo (CNTR) e ogni altra leguminosa. Le barre di errore rappresentano l'errore standard (SE). CNTR: Parcella di controllo (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 questa 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/m^2), 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

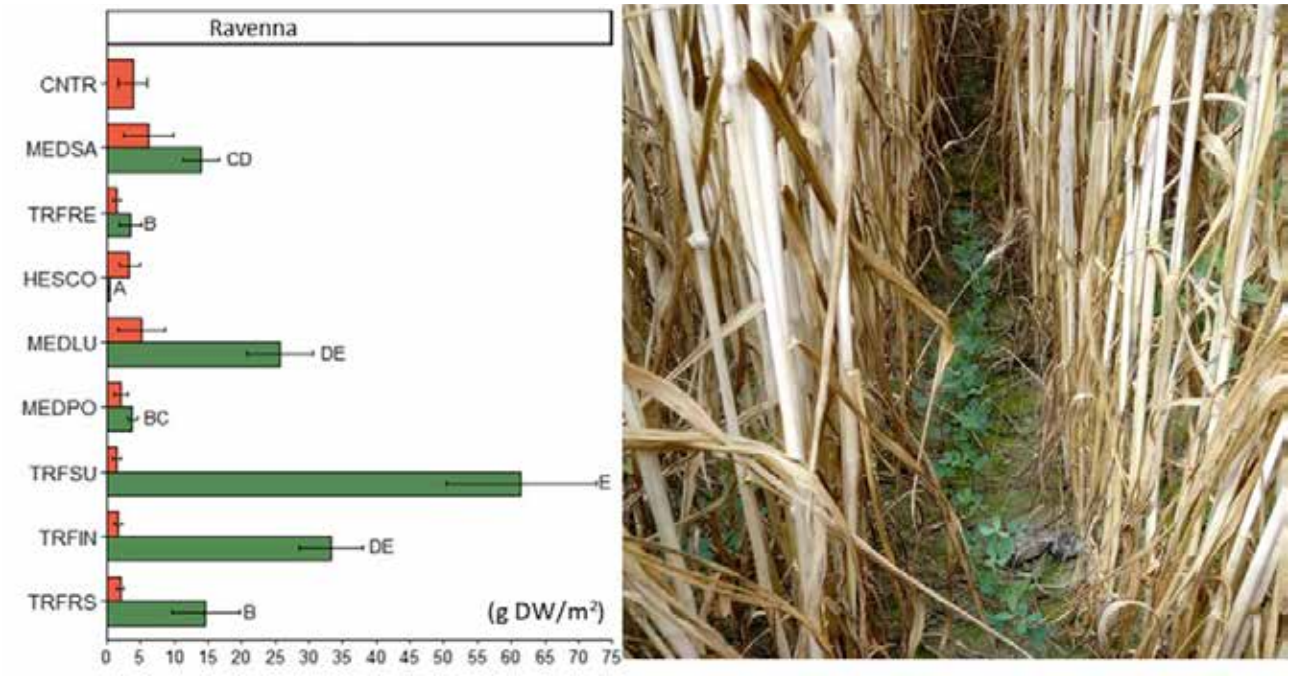


Figura 5 - Biomassa secca (g/m^2) di leguminosa (barre verdi) e infestanti (barre rosse) alla raccolta del frumento a Ravenna durante la stagione di crescita 2018/19. CNTR: Parcella di controllo (frumento da solo); MEDSA: *Medicago sativa*; TRFRE: *Trifolium repens*; HESCO: *Hedysarum coronarium*; MEDLU: *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/m^2 vs 154 g/m^2). 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

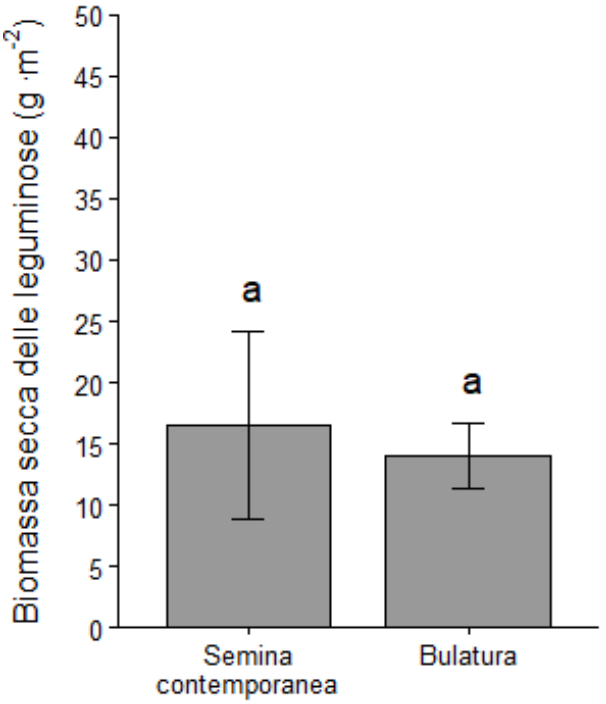


Figura 7 - Produzione di biomassa dell'erba medica (*M. sativa*) in semina contemporanea con il frumento e in bulatura in un sistema cerealicolo ad alto potenziale produttivo come quello di Ravenna.

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/m^2 vs 287 g/m^2). 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.agrilaviola.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 vengono 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 q/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;

2018/19
Disegno sperimentale a blocchi randomizzati (3 repliche)

Dose di semina del frumento fissa:
- 185 kg/ha

5 dosi di semina di lenticchia:
- 0 kg/ha
- 75 kg/ha
- 100 kg/ha
- 125 kg/ha
- 150 kg/ha

2019/20
Disegno sperimentale strip plot (3 repliche)

4 dosi di semina di frumento:
- 0 kg/ha
- 100 kg/ha
- 150 kg/ha
- 200 kg/ha

5 dosi di semina di lenticchia:
- 0 kg/ha
- 75 kg/ha
- 100 kg/ha
- 125 kg/ha
- 150 kg/ha

2020/21
Disegno sperimentale strip plot (3 repliche)

4 dosi di semina di frumento:
- 0 kg/ha
- 100 kg/ha
- 150 kg/ha
- 200 kg/ha

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 m^2 (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 m^2. 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

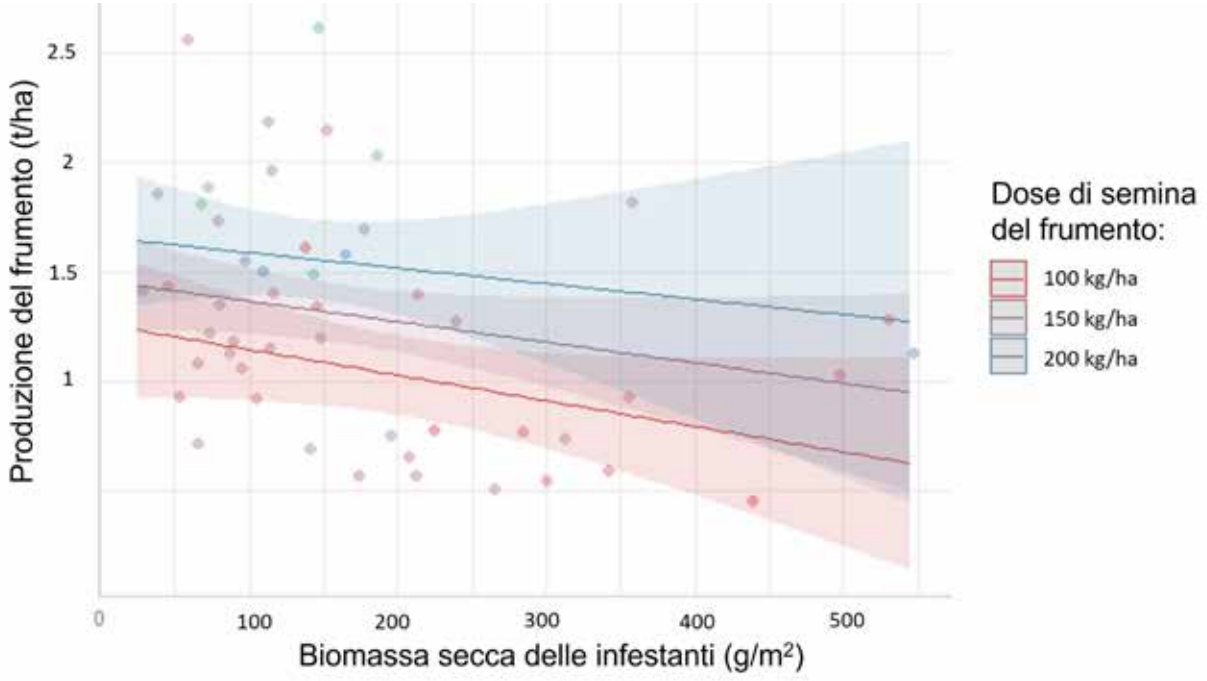


Figura 5 - Produzione del frumento (a tre diverse dosi di semina) in risposta alla biomassa delle infestanti (g/m^2) presente durante la stagione 2019/20.

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	-54%
	100	-	0.18	120	
	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/m^2) rispetto a quelle coltivate con la lenticchia (436 g/m^2). 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/m^2. La biomassa delle infestanti nel frumento coltivato da solo è stata invece mediamente pari a 278 g/m^2. 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/m^2. 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/m^2, mentre la densità in campo è stata di 95, 104, 132, 208 piante/m^2. 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 questo 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.

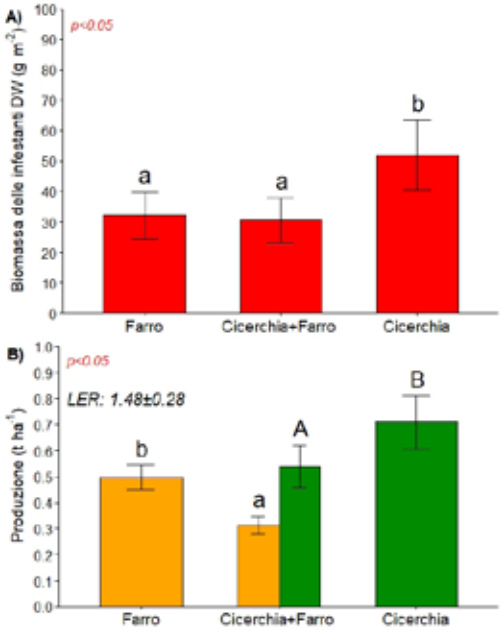


Figura 2 - A) Biomassa secca delle infestanti (g/m²) e B) Produzione del farro (t/ha).

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 no-till:

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 primaverile-estiva, 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;
- 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.

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

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

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

SOCIETÀ AGRICOLA MONTEVERTINE

Indirizzo:
Loc. Montevertine 1
53017 Radda in Chianti (SI)
Coordinate GPS: 43°30'06.2"N 11°23'29.0"E
tel. +39 0577 73.80.09
e-mail: info@montevertine.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%;

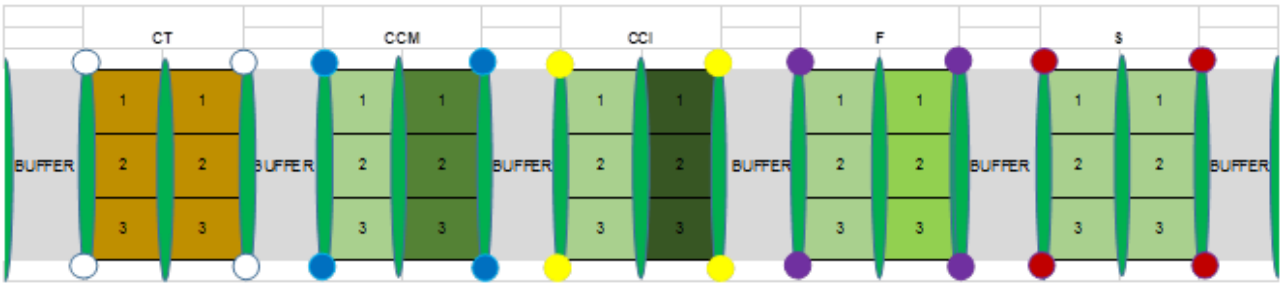


Figura 1 - Disegno sperimentale della prova in ogni azienda. CT = lavorazioni convenzionali; CCM = coltura di copertura con orzo e trifoglio gestita come dry cover crop; CCI = coltura di copertura con orzo e trifoglio incorporata nel suolo ; F = coltura di copertura di favino incorporata nel suolo; S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

1. Lavorazione convenzionale (CT), eseguita una volta in autunno, primavera ed estate con estirpatore a tre ancore a 15 cm di profondità (Figura 2A);
2. Inerbimento con favino (*Vicia faba minor* L.) seminata a 90 kg/ha, incorporato in tarda primavera (F) (Figura 2B);
3. 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);
1. Inerbimento con orzo e trifoglio squarroso seminati rispettivamente a 85 e 25 kg/ha, incorporati in tarda primavera (CCI) (Figura 2C);
2. 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);

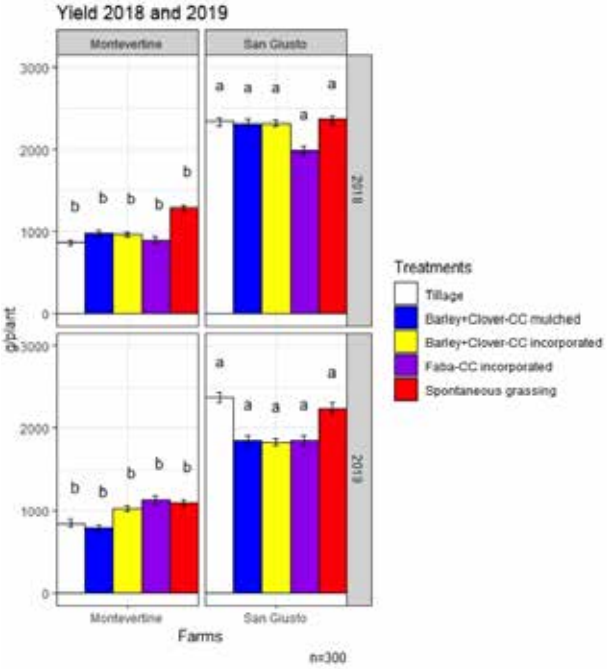


Figura 3 - Resa per pianta (g/pianta) a Montevertine (MT) e San Giusto a Rentennano (SG) nel 2018 e 2019 (n=300). Bianco = lavorazioni convenzionali; Blu = coltura di copertura con orzo e trifoglio gestita come dry cover crop; Giallo = coltura di copertura con orzo e trifoglio incorporata nel suolo;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

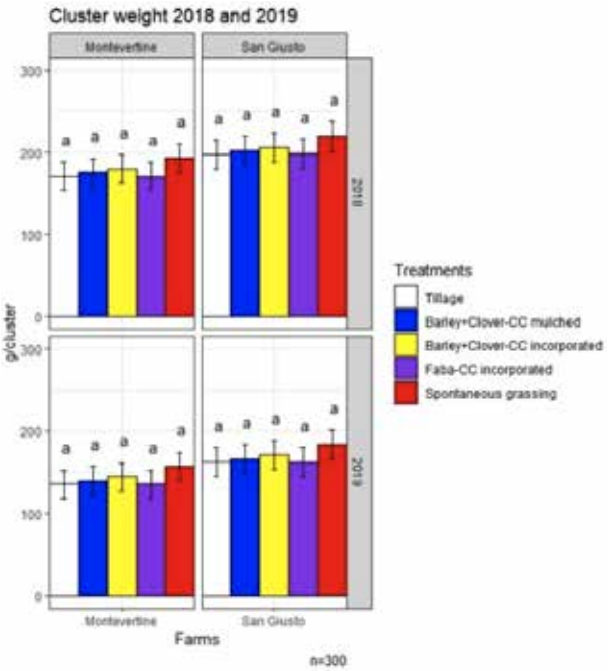


Figura 4 - Peso medio del grappolo (g/cluster) a Montevertine (MT) e San Giusto a Rentennano (SG) nel 2018 e 2019 (n=300).

- 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.

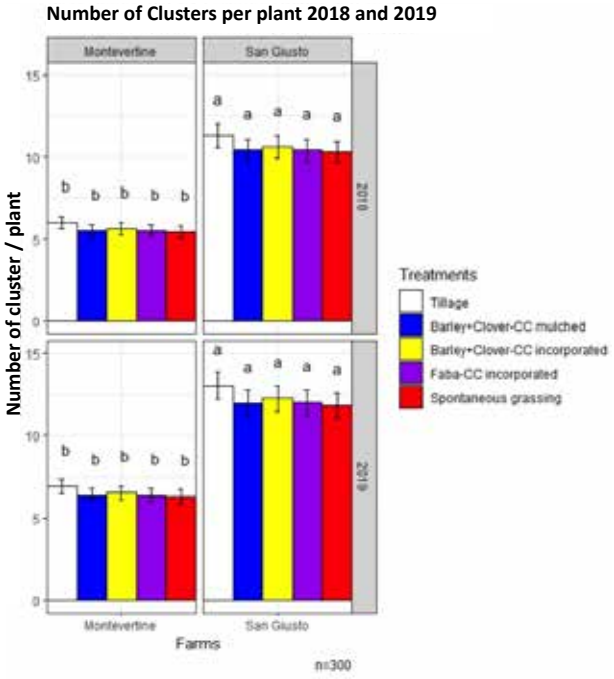


Figura 5 - Numero di grappoli per pianta Montevertine (MT) e San Giusto a Rentennano (SG) nel 2018 e 2019 (n=300).

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

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 2). In questa zona sono state posizionate quattro 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

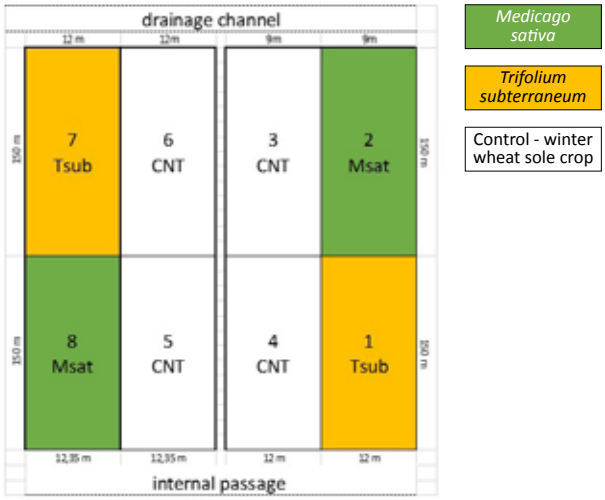


Figura 2 - Schema sperimentale. Msat = *Medicago sativa*; Tsub = *Trifolium subterraneum*; CNT = Controllo (frumento in monocoltura).

Figura 3 - Emergenza del frumento duro cv Minosse.

(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/m^2 (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

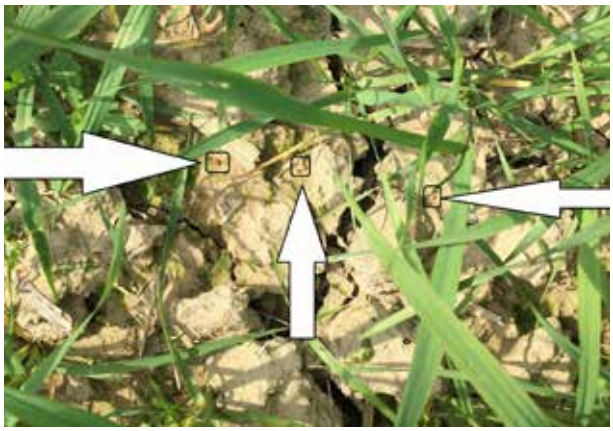


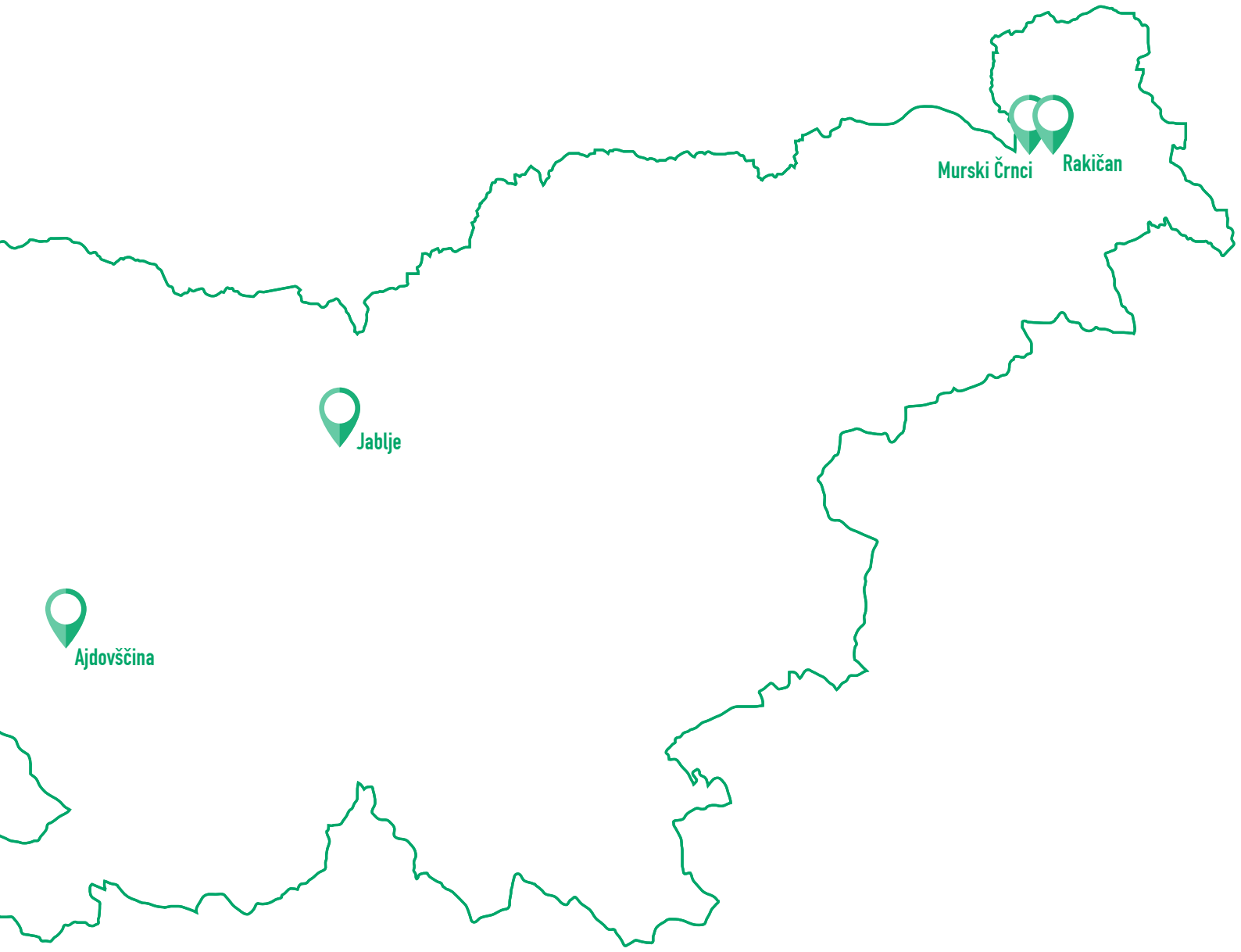
Figura 4 - Semi di trifoglio sotterraneo (*Trifolium subterraneum*) nel frumento dopo la semina a spaglio.

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/m^2)		Biomassa delle infestanti (g/m^2)		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/m^2) 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).

SLOVENIA



PROVE SPERIMENTALI GESTITE DALL'ISTITUTO PER L'AGRICOLTURA DELLA SLOVENIA – CENTRO PER LE INFRASTRUTTURE DI JABLJE (IC JABLJE)

Figure 1 e 2 - Ubicazione delle prove WP3-orzo e WP4-mais a IC Jablje nel 2019

Il Centro per le Infrastrutture di Jablje (IC Jablje) fa parte dell'Istituto per l'Agricoltura della Slovenia ed è impegnato nell'implementazione e nel trasferimento dell'innovazione delle pratiche agricole. IC Jablje è situato nella Slovenia centrale, una zona con clima umido continentale. L'azienda agricola opera su una superficie di 410 ha di terreno a seminativo con suoli che vanno dal franco-sabbioso al limoso-argilloso. La produzione agricola è basata sulle pratiche agronomiche tradizionali, con forti limitazioni nelle aree umide protette e con una parte di superficie in fase di conversione alla produzione biologica. L'azienda dispone di uno staff di esperti qualificati nel campo della ricerca e collabora strettamente con i servizi di assistenza tecnica. Sperimentazione in campo, organizzazione di workshop, corsi di formazione e altri eventi divulgativi fanno di IC Jablje un importante centro per la ricerca agricola e il trasferimento delle conoscenze al servizio degli utenti finali, ovvero esperti nazionali, imprenditori agricoli e studenti.

Indirizzo:
Kmetijski Inštitut Slovenije
IC Jablje, Grajska cesta 1
1234 Mengeš – Slovenia
Coordinate GPS: 46°08'31.02"N 14°33'17.6"E
http://www.kis.si/en/Presentation_ICJ/

Prove sperimentali di IWMPRIASE a Jablje:
WP3 – Cereali
WP4 – Mais

Per informazioni e visite guidate alle prove WP3 e WP4 contattare:
Robert Leskovšek
e-mail: robert.leskovsek@kis.si
tel. +386 1 280 52 61

or Anže Rovanšek
e-mail: anze.rovansek@kis.si
tel. +386 1 280 51 15

Altre prove di IWMPRAISE in Slovenia:
WP5 – Prova su Rumex in due siti
Sito 1: Ajdovščina (45°52'37.294"N 13°54'2.4"E)
Sito 2: Murski Črnci (46°37'15.2"N 16°6'15.3"E)

Per informazioni e visite guidate alla ptova WP5 contattare:
Andrej Vončina
e-mail: andrej.voncina@kis.si
tel. +386 1 560 72 51
Robert Leskovšek
e-mail: robert.leskovsek@kis.si
tel. +386 1 280 52 61

WP3 – PROVE SU CEREALI INVERNALI A IC JABLJE

I cereali autunno-vernini sono la seconda coltura più importante in Slovenia dopo il mais. I sistemi di allevamento misto sono predominanti nella parte centrale del paese, dove i cereali invernali non vengono prodotti solo per la granella, ma anche per la paglia, in quanto considerata un'importante risorsa come lettiera per il bestiame. I cereali vernini sono spesso inclusi nella rotazione delle colture per interrompere i cicli dei parassiti del mais e per aumentare la diversificazione delle colture, soprattutto quando si seminano cover crop su stoppie di cereali. Le condizioni ambientali nella Slovenia centrale non sono ottimali per ottenere rese molto elevate e l'infestazione di malerbe non è di solito considerata un fattore limitante nella produzione di cereali invernali. Tuttavia, gli agricoltori sloveni sono molto determinati nel cercare di limitare la presenza di specie infestanti, facendo molto affidamento sull'utilizzo di erbicidi. La pratica standard di solito consiste in trattamenti erbicidi di post-emergenza in primavera o trattamenti di pre-emergenza in autunno, quando le condizioni meteorologiche sono favorevoli.

Obiettivi

L'obiettivo delle sperimentazioni condotte sui cereali vernini nelle stagioni 2017/2018, 2018/2019 e 2029/2020 è stato quello di ridurre il consumo di erbicidi, sviluppando soluzioni alternative basate su dosi ridotte e sul diserbo meccanico. Le strategie erano mirate a limitare l'insediamento e la germinazione precoce delle infestanti in autunno, nonché a ridurre la concorrenza delle infestanti in primavera. Le prove in campo sono state eseguite presso l'Infrastructure Center (IC) di Jablje, azienda sperimentale dell'Istituto agrario della Slovenia. Jablje si trova nella Slovenia centrale ed è una località caratterizzata da un tipo di terreno medio-pesante e da un clima umido. Poiché le condizioni meteorologiche influenzano fortemente le prestazioni dei mezzi meccanici, le prove in campo miravano a valutare sia la loro fattibilità sia la loro efficacia di controllo, in un sito che rappresenta le condizioni pedoclimatiche tipiche della Slovenia centrale.

Annata 2017/2018

In autunno 2017 è stata avviata una prova con cinque strategie di gestione delle infestanti presso la stazione di ricerca AIS IC Jablje, utilizzando la varietà di frumento Vulkan. I dettagli sulla gestione della coltura e delle infestanti sono presentati in Tabella 1. Nel campo sperimentale la precedente coltura era grano saraceno. Dopo la raccolta in agosto, il sito è stato arato e il letto di semina è stato preparato con l'erpice a denti a fine settembre 2017. Le tesi erano disposte in strisce lunghe 300 m e larghe 24 m. Il frumento invernale è stato piantato il 16 ottobre 2017 e il 30 ottobre 2017, ovvero la data di semina ottimale e la data di semina posticipata.
Le condizioni meteorologiche in autunno e primavera sono state estremamente sfavorevoli per il controllo meccanico delle infestanti e l'erpicatura è risultata completamente inefficace. E' stato pertanto deciso di eliminare il previsto trattamento erbicida a dose ridotta ed eseguire invece dei trattamenti primaverili in due tempi utilizzando le dosi raccomandate. In Strategia 2 è stato eseguito il diserbo chimico di

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4	Strategia 4
Tesi	HER_spring	HER_autumn	HAR_autumn + HER_early spring	DEL_sow + HER_late spring	DEL_sow + HER_late spring
Falsa semina	NO	NO	NO	SI	SI
Lavorazione del terreno	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Epoca di semina	Ottimale	Ottimale	Ritardata 14 giorni	Ritardata 14 giorni	Ottimale
Dose erbicida	Dose raccomandata*	Dose raccomandata**	Dose raccomandata***	Dose raccomandata***	Dose raccomandata***
Trattamento erbicida	Inizio primavera	Autunno	Inizio primavera	Fine primavera	Fine primavera
Stadio di crescita	BBCH 32	BBCH 12	BBCH 32	BBCH 39	BBCH 39
Diserbo meccanico	NO	NO	Erpicatura autunnale	Erpicatura primaverile	Erpicatura primaverile

* iodosulfuron-methyl 10 g/ha + metsulphuron-methyl 1,5 g/ha
** pendimethanil 600 g/ha +chloroluron 500 g/ha + diflufenican 80/g/ha

*** a causa dell'inefficacia dell'erpicatura è stato fatto un trattamento con dose raccomandata anziché con dose ridotta come inizialmente previsto

Tabella 1 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti su frumento invernale nell'annata 2017/2018.

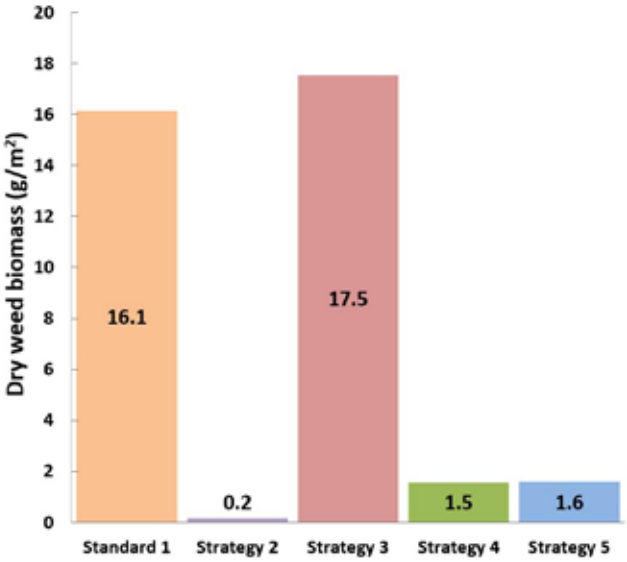


Figura 1 - Biomassa secca delle erbe infestanti (g/m²) rilevata su frumento a giugno 2019.

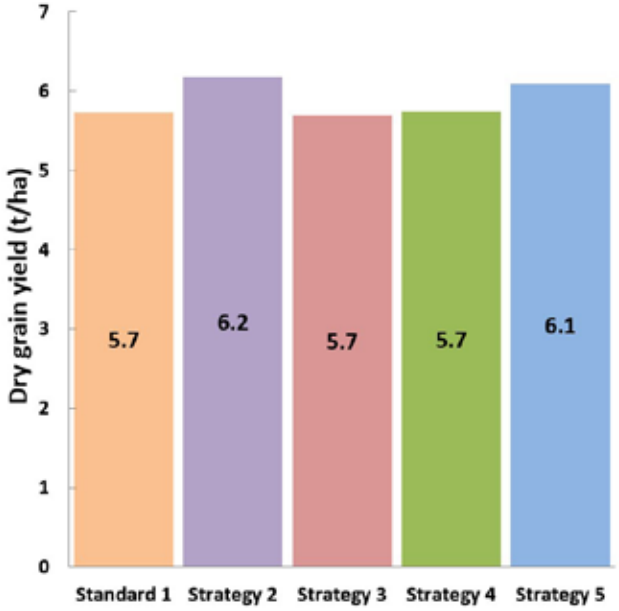


Figura 2 - Rese di frumento ottenute con le cinque strategie a confronto nel 2018.

pre-emergenza autunnale (23 novembre 2017; BBCH 12). Il rilevamento delle infestanti è stato effettuato a inizio giugno (07/06/2018) quando il frumento era al termine della fase di fioritura. A causa della prolungata germinazione delle malerbe, i trattamenti a tarda primavera (Strategie 4 e 5) hanno ottenuto risultati migliori rispetto ai trattamenti a inizio primavera (Strategie 1 e 3). Il controllo delle infestanti è stato di gran lunga il migliore in Strategia 2 (0,2 g/m²), con una buona efficacia residua che è rimasta fino al raccolto.
La resa più alta in granella secca (14% di umidità) è stata ottenuta dalla Strategia 2 con trattamento erbicida in autunno (6,2 t/ha), seguito dalla Strategia 5 (6,1 t/ha), mentre le Strategie 1, 3 e 4 hanno prodotto circa le stesse rese (5,7 t/ha).

Annata 2018/2019

In ottobre 2018 è stata avviata una prova dimostrativa con orzo invernale, varietà Sandra, presso la stazione di ricerca di Jablje, in cui due strategie integrate di gestione delle malerbe sono state messe a confronto con due approcci standard basati solamente sul diserbo chimico. L'applicazione

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	HER_spring	HER_autumn	HAR_spring + HER_reduced	DEL_sow + HER_late spring
Falsa semina	NO	NO	NO	SI
Lavorazione del terreno	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Epoca di semina	Ottimale	Ottimale	Ottimale	Ritardata 14 giorni
Dose erbicida	Dose raccomandata*	Dose raccomandata**	Dose ridotta 60%*	Dose ridotta 60%*
Trattamento erbicida	Inizio primavera	Autunno	Inizio primavera	Fine primavera
Stadio di crescita	BBCH 32	BBCH 12	BBCH 32	BBCH 39
Diserbo meccanico	NO	NO	Erpicatura autunnale	Erpicatura primaverile

* iodosulfuron-methyl 10 g/ha
** prosulfocarb 4000 g/ha

Tabella 2 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti su orzo nell'annata 2018/2019.

di erbicidi a pieno campo in autunno o in primavera rappresentava la pratica standard di gestione delle infestanti, mentre le strategie integrate prevedevano una riduzione di erbicidi combinata con il diserbo meccanico. La coltura precedente sul campo sperimentale era il mais da granella. Dopo la raccolta, il terreno è stato arato e il letto di semina preparato con l'erpice a denti elastici a fine settembre 2018. Nelle Strategie da 1 a 3 l'orzo è stato seminato alla data di semina ottimale il 03/10/2018, in Strategia 4 è stato preparato un falso letto di semina con semina ritardata. A causa del clima caldo e del terreno umido, le condizioni erano adatte a favorire la germinazione delle infestanti e la struttura del terreno non era adatta a eseguire l'erpicatura nella preparazione del falso letto di semina. Pertanto in Strategia 4 è stata eseguita una passata con un erpice strigliatore. L'effetto sullo strato superficiale è stato eccellente, e una parte considerevole delle infestanti emerse in autunno è stata controllata con questo intervento. In Strategia 4 la semina dell'orzo è avvenuta 14 giorni dopo, il 18/10/2018, seguita dall'erpicatura. In Strategia standard 1, l'erbicida è stato applicato a inizio primavera, mentre nella Strategia 2 l'erbicida è stato applicato in autunno in data 24/10/2018 (stadio BBCH 12) e in entrambe le strategie sono state utilizzate le dosi raccomandate di erbicidi.
La biomassa secca di infestanti (Figura 3) è stata rilevata il 05/06/2019, durante la fase di maturazione lattea dell'orzo. Il trattamento erbicida autunnale previsto in Strategia 2 ha funzionato molto bene, con una buona efficacia residua visibile fino alla raccolta. In questa tesi sono stati osservati solo 4 g/m^2 di biomassa infestante. Anche la Strategia standard 1, con trattamento erbicida primaverile, e la Strategia 4 con falso letto di semina e semina ritardata, erpicatura primaverile e trattamento erbicida a dose ridotta, sono state efficaci, presentando una biomassa infestante di 11 g/m^2 e 14 g/m^2 rispettivamente. La Strategia 3 seminata al momento ottimale, con erpicatura primaverile e trattamento a dose ridotta di erbicidi ha invece presentato una maggiore presenza di infestanti, pari a 64 g/m^2.
Le rese in granella secca dell'orzo sono risultate strettamente correlate ai livelli di infestazione delle strategie (Figure 3 e 4). Pertanto le rese sono state maggiori, pari a 6,1 t/ha, in Strategia standard 2 e in Strategia 4. Il trattamento erbicida primaverile (Strategia standard 1) ha prodotto 5,6 t/ha, mentre la resa più bassa (5,0 t/ha) è stata rilevata in Strategia 3 con il trattamento erbicida a dose ridotta.

Annata 2019/2020

Nell'ottobre 2019 presso l'IC Jablje è stata avviata una prova dimostrativa su orzo invernale varietà Sandra, con la quale sono state confrontate tre strategie di gestione integrata delle malerbe che prevedevano il diserbo meccanico e la riduzione degli erbicidi, con una strategia standard basata esclusivamente sul diserbo chimico, consistente nel trattamento erbicida primaverile in pieno campo a dose raccomandata.
Nella sperimentazione sono state definite le seguenti strategie: trattamento erbicida standard primaverile (Standard 1), erpicatura primaverile + trattamento erbicida a dose ridotta (Strategia 2), semina ritardata con falso letto di semina + erpicatura primaverile + trattamento erbicida a dose ridotta (Strategia 3) e solo controllo meccanico delle infestanti (Strategia 4).

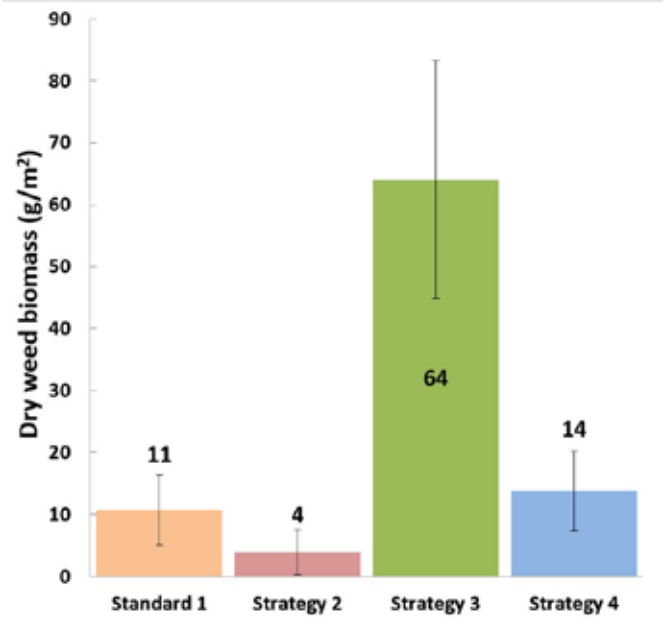


Figura 3 - Biomassa secca di erbe infestanti (g/m2) rilevata a giugno 2019 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

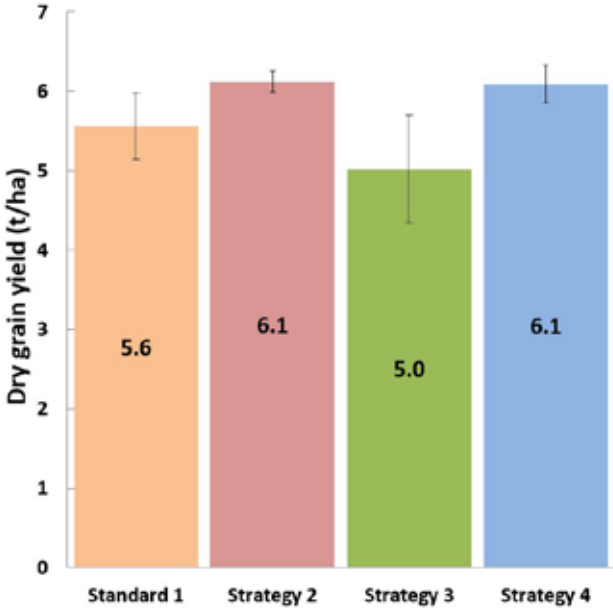


Figura 4 - Rese dell'orzo (t/ha) ottenute con le quattro strategie a confronto nel 2019 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

La coltura precedente era il mais. Dopo la raccolta il sito è stato arato e il letto di semina è stato preparato con un erpice a denti fini. Lo schema della prova era a blocchi con strisce lunghe 300 m e nel periodo di semina ritardata è stato preparato un falso letto di semina. Le condizioni ambientali erano adatte a favorire la germinazione delle infestanti, a causa del clima estremamente caldo per il periodo autunnale e la presenza di umidità nel terreno. La struttura del suolo era abbastanza fine per l'esecuzione dell'erpicatura, che è stata eseguita con un unico passaggio a 3-5 cm di profondità. L'efficacia della lavorazione superficiale è stata ottima e ha consentito di controllare un numero considerevole d'infestanti emerse in autunno (Figure 5 e 6). Alla data di semina ottimale l'orzo è stato seminato l'8 ottobre 2019, mentre la semina posticipata è stata eseguita il 21 ottobre 2019. Il periodo piovoso successivo alla semina, caratterizzato da un autunno insolitamente umido, non ha consentito

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	HER_spring	HAR_spring + HER_reduced	FALSE + DEL_sow + HER_reduced	FALSE + DEL_sow
Lavorazione del terreno	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Falsa semina	NO	NO	SI	SI
Epoca di semina	Ottimale	Ottimale	Ritardata 14 giorni	Ritardata 14 giorni
Dose erbicida	Dose raccomandata*	Dose ridotta 60%*	Dose ridotta 60%*	NO
Trattamento erbicida	Primaverile	Primaverile	Primaverile	Primaverile
Stadio di crescita	BBCH 24	BBCH 24	BBCH 24	/
Diserbo meccanico	NO	Erpicatura primaverile (2x)	Erpicatura primaverile (2x)	Erpicatura primaverile (2x)

Tabella 3 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova su orzo nell'annata 2019/2020.

il trattamento erbicida autunnale, pertanto è stato effettuato solo quello primaverile.
Il primo rilevamento delle infestanti è stato eseguito il 26 novembre 2019, riscontrando la prevalenza delle specie *Stellaria media, Lamium purpureum, Viola arvensis* e *Veronica persica*. La densità delle infestanti era molto più elevata (470 piante/m^2) nelle strategie in cui l'orzo era stato seminato al momento ottimale, mentre negli appezzamenti a semina tardiva il numero di infestanti emerse era pari a 245 piante/m^2.
L'erpicatura primaverile è stata eseguita molto presto, il 24 febbraio 2020, in condizioni favorevoli, ma ha avuto scarsi effetti a causa degli eventi piovosi verificatisi nei giorni successivi. Si è così deciso di eseguire un'altra erpicatura due settimane dopo, il 12 marzo 2020, in condizioni di tempo umido, ventoso e soleggiato. I giorni seguenti sono stati caldi e asciutti e l'effetto generale dell'erpicatura è stato migliore. Il trattamento erbicida primaverile è stato effettuato il 6 aprile 2020 con condizioni di suolo buone e, nonostante le basse temperature dei giorni successivi, la soppressione delle infestanti è risultata adeguata.
Sono state osservate differenze significative nello sviluppo dell'orzo tra le strategie di semina ottimale (Strategia standard 1 e Strategia 2) e quelle ritardate (Strategie 3 e 4), poiché il clima era caldo dopo la data di semina anticipata. La semina tardiva prevedeva un ritardo di 7-10 giorni, sia in autunno che a inizio primavera, ma questa differenza è scesa a 5 giorni quando l'orzo ha raggiunto la fase di maturità (Figura 7).
Il clima ad aprile è stato insolitamente secco, seguito da pioggia e da un fronte freddo a maggio. Di conseguenza è stata eseguita una seconda lavorazione, che ha avuto un effetto più pronunciato nelle Strategie 1 e 2. Le rese su queste aree irregolari sono state notevolmente ridotte e sono state escluse dal campionamento della resa.
La biomassa secca di infestanti è stata rilevata il 02/06/2020 alla fase di maturazione lattea dell'orzo (Figura 8) ed è stata più elevata (44 g/m^2) in Strategia 4 con solo diserbo meccanico. La Strategia 1 standard con approccio esclusivamente chimico non ha prodotto i migliori risultati di riduzione delle malerbe, poiché la sua biomassa infestante (23,4 g/m^2) è risultata superiore alla Strategia 2 con erpicatura primaverile e trattamento a dose ridotta. (19,4 g /m^2). Il medesimo risultato è stato riscontrato in Strategia 3 con falso letto di semina, semina tardiva, erpicatura primaverile e dose ridotta di erbicidi.
Le rese in granella di orzo (Figura 9) non erano correlate all'intensità dell'infestazione. La resa maggiore è risultata quella della Strategia 4 (7,7 t/ha), seguita dalla Strategia 3 (7,1 t/ha). La Strategia 2 ha prodotto 6,5 t/ha, mentre la resa più bassa è stata osservata nella Strategia standard 1 (5,8 t/ha).
I risultati della prova sono stati presentati a circa 50 partecipanti (per lo più agricoltori, consulenti ed esperti) alla Giornata aperta sui cereali 2020 tenutasi a Jablje. A causa delle restrizioni COVID-19, l'evento si è svolto all'aperto in un fienile, un luogo che è stato apprezzato dai partecipanti e che probabilmente diventerà abituale per eventi simili nei prossimi anni.
A seguito della presentazione dei risultati del progetto IWMPRAISE in occasione di eventi dimostrativi, alcuni agricoltori hanno espresso interesse nel partecipare a prove sperimentali per testare strategie IWM specifiche nelle loro aziende.

Figure 5 e 6 - Differenza tra la strategia di semina ottimale (a sinistra) e la strategia di semina tardiva (a destra) in autunno.

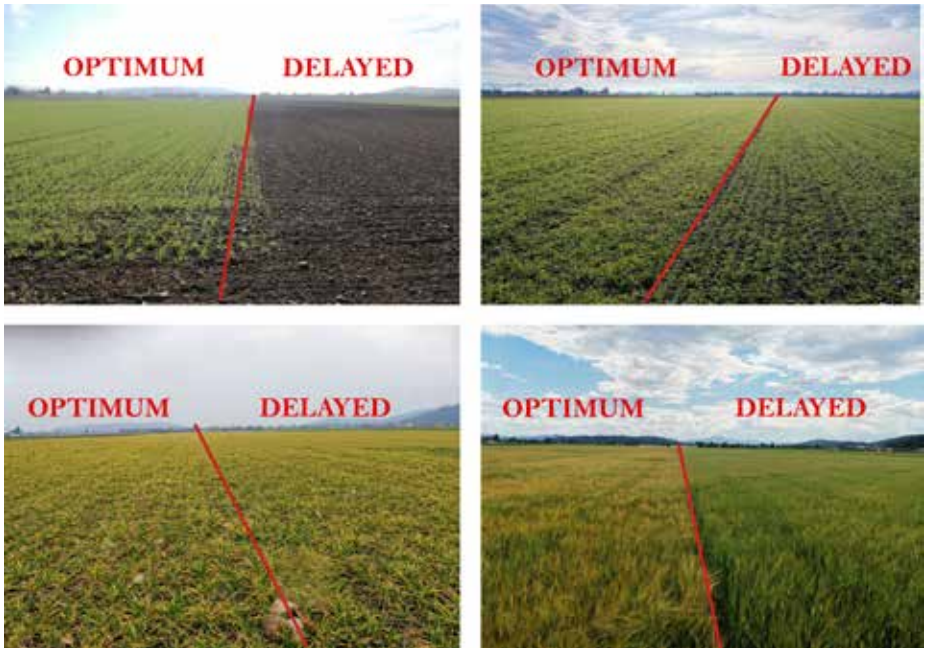


Figura 7 - Differenza nello sviluppo dell'orzo tra le strategie a semina ottimale e a semina tardiva in autunno (in alto) e in primavera (in basso).

Di conseguenza, nel 2021 è stata condotta una prova congiunta su orzo presso aziende agricole a Žalna, vicino a Grosuplje. In collaborazione con il partner del cluster nazionale KGZS-KGZ Ljubljana, a inizio estate è stata organizzata anche una Giornata aperta, in cui alcuni agricoltori locali hanno presentato la loro esperienza nella gestione di malerbe con input di erbicidi minori. Questa partnership è stata ben accolta sia dalla comunità agricola che dal servizio di consulenza, per cui si sta considerando un ulteriore passo nella creazione di una rete di agricoltori che praticano strategie di gestione più avanzate.

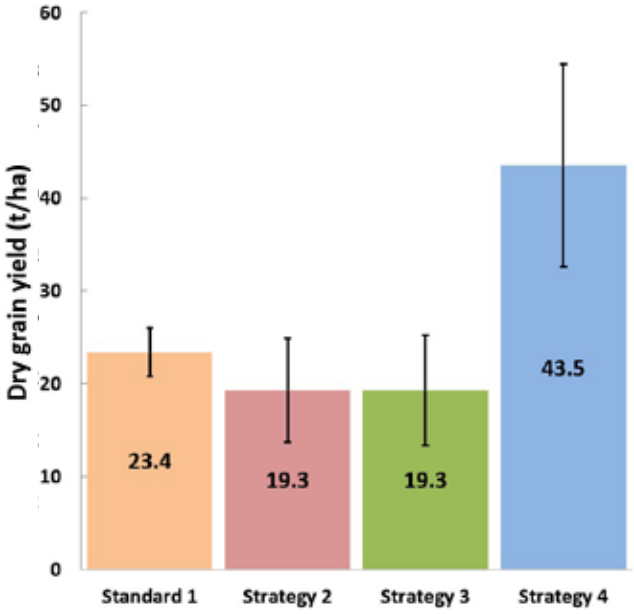


Figura 8 - Biomassa secca di erbe infestanti (g/m2) rilevata a giugno 2020 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

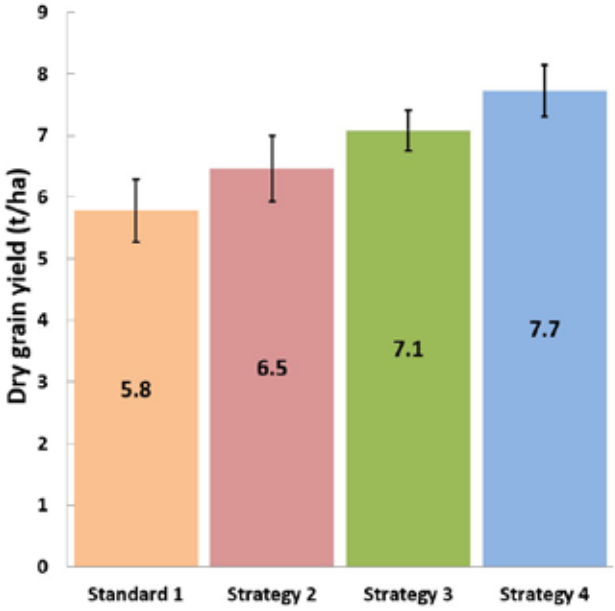


Figura 9 - Rese in granella secca dell'orzo (t/ha) ottenute con le quattro strategie a confronto nel 2020 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

Figura 10 - Giornata aperta sui cereali 2020 a Jablje.

Figura 11 - Nel 2021 la Giornata aperta sui cereali è stata organizzata presso l'azienda di un agricoltore.

Conclusioni generali

Sono state progettate e selezionate strategie di gestione infestanti adatte alle condizioni della Slovenia centrale tenendo conto delle condizioni ambientali locali, nonché dell'attuale situazione socio-economica delle tipiche aziende zootecniche e cerealicole della regione. In base ai risultati di resa cerealicola e di biomassa infestante ottenuti nello studio triennale, l'approccio più promettente è stato dato dalla strategia con falso letto di semina e semina ritardata in autunno, e con erpicatura e dose ridotta di erbicida in primavera. Isolando le singole tecniche di controllo all'interno di questa strategia, il falso letto di semina e la semina tardiva sono stati gli strumenti più efficaci nel ridurre la concorrenza delle infestanti in autunno e a inizio primavera. Va sottolineato che questa strategia è più complessa e costosa da attuare, tuttavia si è dimostrata molto efficace in termini di controllo delle infestanti e ha consentito una riduzione del 40% dell'uso di erbicidi. Ci si aspettavano prestazioni migliori sia dai trattamenti erbicidi a dosi raccomandate che dai trattamenti a dosi ridotte in primavera, ma le condizioni meteorologiche ad aprile erano spesso imprevedibili, con temperature basse inaspettate al mattino che influivano sulle prestazioni degli erbicidi. Inoltre, il controllo delle infestanti con dosi ridotte è stato meno efficace e più variabile, soprattutto quando le specie più difficili da controllare (*Lolium spp., Apera spica-venti*) erano presenti in notevole densità. I risultati dello studio hanno mostrato notevoli variazioni sia nell'efficacia che nella resa dei cereali vernini. Ciò è stato particolarmente evidente nell'ultima annata di prova, in cui la resa migliore è stata ottenuta con il trattamento meno efficace in termini di controllo delle malerbe. A lungo termine, un tale livello di controllo delle infestanti si tradurrà sicuramente in un graduale aumento dell'infestazione, ma questi risultati suggeriscono anche che il livello medio di competizione delle infestanti non si tradurrà necessariamente in una perdita di resa.

Si è inoltre osservato che il trattamento erbicida autunnale è stato più efficace dell'uso di erbicidi di post-emergenza in primavera. Pertanto, per i cereali invernali seminati in anticipo, il trattamento erbicida a dose ridotta in autunno combinato con il controllo meccanico in primavera potrebbe anche essere un'opzione praticabile nelle condizioni della Slovenia centrale. I recenti progressi nello sviluppo delle macchine agricole e gli studi che dimostrano solo un effetto ridotto di una più ampia spaziatura tra le file sulla resa dei cereali suggeriscono che la sarchiatura potrebbe essere uno strumento efficace per cerealicoltori più professionali e in futuro questa pratica si dovrebbe essere testata in campo in condizioni reali.

WP 4 – PROVE SU MAIS A IC JABLJE

Il mais è la coltura più importante coltivata in Slovenia. Condizioni ambientali adeguate favoriscono lo sviluppo della coltura e con una corretta gestione si possono ottenere rese elevate. In passato era disponibile un'ampia gamma di erbicidi per il controllo delle infestanti nel mais e questa coltura si è guadagnata la reputazione di "coltura pulente", in cui anche le infestanti perenni possono essere sufficientemente controllate. I maiscoltori sloveni hanno quindi aspettative molto elevate per quanto riguarda il controllo delle infestanti, e la produzione

intensiva di mais si basa fortemente sull'uso della chimica.
La pratica standard di gestione delle infestanti include l'utilizzo di erbicidi di pre-emergenza o post-emergenza e talvolta si eseguono trattamenti erbicidi aggiuntivi per controllare le infestanti perenni, come *Convolvulus arvensis, Cirsium arverse, Rumex obtisufolius, Elymus repens* e altre specie dannose.
Il suolo pesante e il clima umido della Slovenia centrale spesso ostacolano l'efficacia del diserbo meccanico e vi è una percezione generale da parte degli agricoltori che il diserbo meccanico non sia sufficientemente efficace da essere considerato uno strumento rilevante per il controllo delle infestanti. Pertanto tale tecnica è raramente implementata nella produzione slovena di mais e gli agricoltori sono riluttanti a impegnarsi in ripetute operazioni di campo e spesso non possiedono macchinari adeguati.

Obiettivo

L'obiettivo delle prove in campo condotte su mais è stato quello di ridurre il consumo di erbicidi sviluppando soluzioni alternative basate su dosi ridotte abbinate al controllo meccanico delle infestanti. Dosi ridotte di erbicida e diserbo localizzato erano mirate a limitare l'insediamento precoce delle infestanti e la loro competizione con il mais, mentre il controllo è stato eseguito successivamente per ridurre al minimo l'interferenza delle infestanti durante le fasi di sviluppo della coltura.
Le rilevazioni in campo e la convalida delle strategie IWM sono state eseguite presso l'Infrastructure Center (IC) Jablje nel 2018, 2019 e 2020 per confrontare le seguenti strategie:

- Strategia 1 (standard): trattamento erbicida di post-emergenza precoce alle dosi raccomandate;
- Strategia 2: trattamento erbicida a dose ridotta (60%) + una sarchiatura;
- Strategia 3: trattamento localizzato sulla fila e trattamento con dose 40% su tutta l'area + una sarchiatura;
- Strategia 4: diserbo meccanico (due sarchiature).

Prova 2018

A fine aprile 2018 è stata avviata una prova su mais presso la stazione di ricerca AIS IC Jablje. La prova è stata organizzata in strisce lunghe 200 m per 12 m di larghezza e consisteva nel confronto di tre strategie alternative di gestione delle infestanti con una strategia standard basata sul trattamento erbicida di post-emergenza precoce (Tabella 4). Nelle strategie alternative 2 e 3 le dosi ridotte di erbicida e il diserbo localizzato sono state combinate con l'uso di un Finger-weeder di precisione guidato da una telecamera. La quarta strategia era basata sul solo controllo meccanico utilizzando la medesima macchina.
Lo stesso protocollo è stato utilizzato in tutte e tre gli anni di prova in campo, ad eccezione dell'uso di erbicidi, dato che nel 2018 è stata utilizzata una miscela diversa. Si noti inoltre che la Strategia 4 nella prima annata è stata meno intensiva, con un solo passaggio di diserbo meccanico.
Per la prova è stata utilizzata la varietà Phyton. Seminato il 30 aprile 2018, il mais ha germinato rapidamente in 7 giorni e i primi trattamenti di post-emergenza sono stati eseguiti il 18 maggio 2018 (stadio BBCH 13). Il clima molto caldo e umido ha favorito l'efficacia degli erbicidi applicati. In Strategia 4 il diserbo meccanico è stato pianificato in due fasi di crescita del mais, ma gli eventi piovosi estremi e le condizioni del suolo di maggio e giugno non hanno consentito la sarchiatura nella fase a 6 foglie del mais, pertanto è stato eseguito un solo passaggio nella fase a 8 foglie.
A fine agosto è stata rilevata una biomassa infestante significativa (227 g/m^2) solamente in Strategia 4.
La sarchiatura è stata efficace in interfila, tuttavia la maggior parte dell'infestazione è stata osservata sulle file e ha avuto un impatto significativo sulla competizione con la coltura. Nella strategia con trattamento localizzato (Strategia 3), le file sono state adeguatamente controllate, tuttavia la sarchiatura tardiva è stata meno efficace in interfila. La dose ridotta di erbicida (60%) applicata in Strategia 2 non ha evidenziato differenze significative rispetto alla dose raccomandata (Figura 12).

Strategia	Strategia 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	CON	HER_red	HER_row	ORG
Lavorazione del suolo	Aratura primaverile	Aratura primaverile	Aratura primaverile	Aratura primaverile
Trattamento erbicida	SI	SI	SI	NO
Epoca del trattameto erbicida	Post-emergenza precoce	Post-emergenza precoce	Post-emergenza precoce	/
Stadio di crescita	BBCH 13	BBCH 13	BBCH 13	/
Dose	Raccomandata*	Ridotta 60%	Raccomandata*	/
Diserbo meccanico	/	Finger weeder BBCH 18	Finger weeder BBCH 18	Finger weeder BBCH 18
* isoxaflutole 99 g/ha + thiencarbazone-methyl 40 g/ha + cyprosulfamide safener 66 g/ha ** la dose raccomandata è stata applicata sulla fila larga 30 cm in combinazione con la sarchiatura (dose 40% per l'intera area coltivata)				

Tabella 4 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova sperimentale su mais presso l'IC Jablje nel 2018.

Le condizioni ambientali nel 2018 sono state complessivamente favorevoli, con temperature elevate e precipitazioni sufficienti. Il mais non ha subito alcuna carenza d'acqua, pertanto sono state ottenute rese relativamente elevate. Nelle Strategie 2 e 3 l'infestazione non ha causato alcun effetto significativo sulla perdita di resa. Le rese inferiori sono state, a nostro avviso, una conseguenza della perdita di piante di mais dovuta alla sarchiatura molto aggressiva con il Finger weeder.
La resa più alta è stata rilevata per la Strategia standard 1 (14,6 t/ha), seguita da 13,0 t/ha e 12,4 t/ha rispettivamente per le strategie 2 e 3. La resa più bassa è stata ottenuta dalla Strategia 4 (10,6 t/ha), dove è stata osservata un'infestazione considerevolmente maggiore (Figura 13).

Prova 2019

A fine aprile 2019 è stata avviata una prova in campo a scopo dimostrativo per testare varie combinazioni di trattamento erbicida e diserbo meccanico nel mais. A causa delle condizioni meteorologiche sfavorevoli, le strategie di gestione delle infestanti non erano state completamente attuate nella precedente stagione 2018: si è pertanto deciso di seguire lo stesso protocollo. La descrizione delle strategie è presentata in Tabella 5.
La prova è iniziata il 26 aprile 2019 con la varietà Fisixx in condizioni climatiche calde e secche. Un paio di giorni dopo la semina è iniziato un periodo freddo e umido, durato praticamente tutto il mese di maggio, con due eventi meteorologici estremi caratterizzati da forti rovesci e grandine. I trattamenti erbicidi sono stati eseguiti secondo il protocollo illustrato in Tabella 5. In Strategia 1 standard la dose raccomandata di erbicida è stata applicata in condizioni ottimali allo stadio di 2-3 foglie del mais mentre la maggior parte delle infestanti era allo stadio di 2-3 foglie. In Strategia 2 (dose ridotta) e in Strategia 3 (diserbo localizzato), lo stesso erbicida è stato applicato contemporaneamente alla Strategia 1. Il diserbo meccanico con il weeder è stato pianificato in due fasi di crescita del mais sia in Strategia 3 che in Strategia 4 (solo diserbo meccanico).
In generale, le condizioni per il trattamento erbicida erano idonee, il terreno adeguatamente umido e la maggior parte delle infestanti ha germinato in primavera e a inizio estate. Le condizioni estremamente piovose di maggio e giugno hanno causato un forte compattamento dello strato superficiale del terreno, pertanto in Strategia 4 è stato necessario eseguire una sarchiatura interfilare nella fase a 4 foglie del mais anziché usare il Finger weeder, mentre un secondo passaggio meccanico è stato successivamente eseguito con il Finger weeder nelle Strategie 2, 3 e 4. Quando le condizioni ambientali e la fase di crescita del mais sono state adatte per l'implementazione del weeder (stadio a 6 foglie), la maggior parte delle infestanti avevano superato la fase di crescita ottimale per il loro controllo efficace lungo la fila.
I risultati dell'infestazione alla fine di agosto 2019 (Figura 14) hanno mostrato che la strategia più efficace è stata la Strategia 2 con una presenza di infestanti di 13 g/m^2. La Strategia standard 1 (31 g/m^2) e la Strategia 3 (52 g/m^2) sono risultate meno

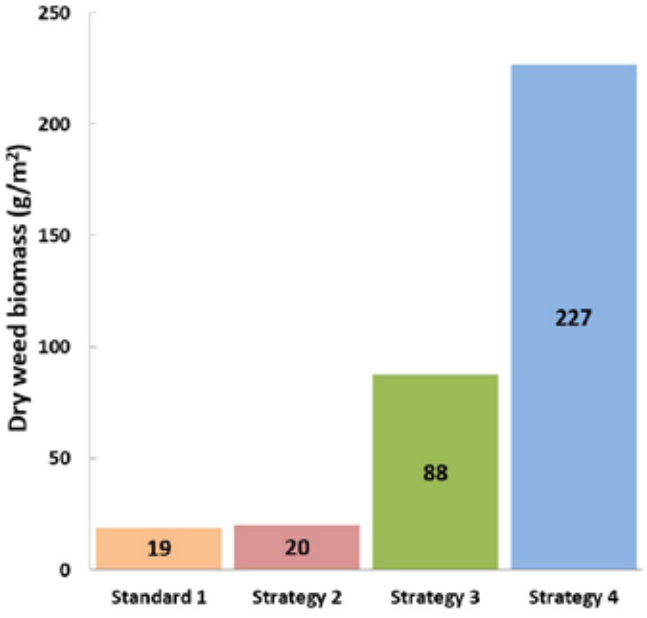


Figura 12 - Biomassa secca delle infestanti (g/m^2) rilevata a fine agosto 2018.

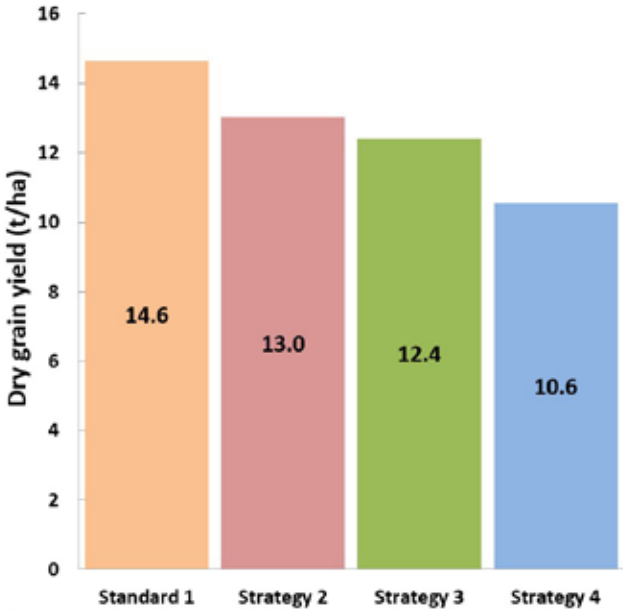


Figura 13 - Rese di granella secca di mais (t/ha) ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2018.

Strategia	Strategia 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	CON	HER_red	HER_row	MECH
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Trattamento erbicida	SI	SI	SI	NO
Epoca del trattameto erbicida	Post-memergenza precoce	Post-emergenza precoce	Post-emergenza precoce	/
Stadio di crescita	BBCH 12	BBCH 12	BBCH 12	/
Dose	Raccomandata pieno campo*	Ridotta 60% pieno campo*	Raccomandata localizzata sulla fila (30 cm)**	/
Diserbo meccanico	NO	Finger weeder BBCH 16	Finger weeder BBCH 16	Sarchiatura in interfila BBCH 14
				Finger weeder BBCH 16
* S-matalachlor 1406 g/ha + therbuthylazine 469 g/ha + mesotrione 141 g/ha ** la dose raccomandata è stata applicata sulla fila larga 30 cm in combinazione con la sarchiatura (dose 40% per l'intera area coltivata)				

Tabella 5 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova sperimentale su mais presso l'IC Jablje nel 2019.

efficaci. Questo era in gran parte da attribuire a un'infestazione irregolare da equiseto campestre (*Equisetum arvense*). La maggiore biomassa secca di infestanti è stata rilevata in Strategia 4 (171 g/m^2). Nel complesso, il 2019 è stata un'annata molto difficile a causa delle condizioni di elevata piovosità. Inoltre, una grandinata a fine giugno ha causato alcuni danni e probabilmente ha avuto un effetto peggiorativo sulla resa del mais a fine stagione. La resa media più elevata (11,0 t/ha) è stata raggiunta dalla Strategia standard 1 (Figura 15), ma rese simili sono state ottenute anche dalla Strategia 2 (10,4 t/ha) e dalla Strategia 3 (10,5 t/ha). La abbondanti piogge hanno avuto una forte influenza sulle prestazioni del controllo meccanico e, anche a causa di un'infestazione considerevolmente maggiore, la Strategia 4 ha registrato la resa più bassa (8,4 t/ha).

Prova 2020

A fine aprile 2020 è stata avviata una prova in campo a scopo dimostrativo per testare varie combinazioni di input ridotti di erbicidi e di controllo meccanico per il controllo delle malerbe su mais. I risultati delle prove condotte negli anni precedenti erano stati incoraggianti, nonostante le condizioni meteorologiche avessero impedito la piena esecuzione delle strategie proposte. Si è quindi deciso di seguire il protocollo definito all'inizio della sperimentazione (Tabella 6).
La prova è iniziata il 22 aprile 2020 utilizzando la varietà DKC 4569. Il terreno era molto asciutto e la mancanza di irrigazione ha fatto sì che il mais germinasse più a lungo del solito. Il trattamento erbicida di post-emergenza precoce è stato eseguito secondo il protocollo in Tabella 6. In Strategia 1 standard la dose raccomandata di erbicida è stata applicata in condizioni ottimali allo stadio di 2 foglie del mais, mentre la maggior parte

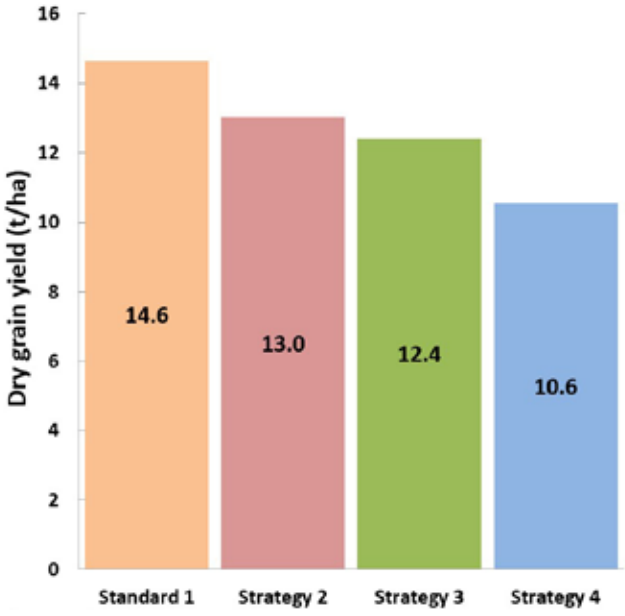


Figura 14 - Biomassa secca d'infestanti (g/m^2) rilevata a fine agosto 2019 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

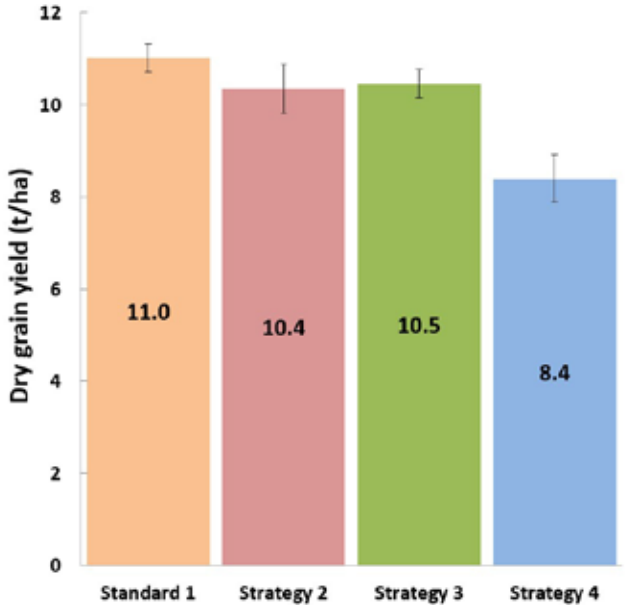


Figura 15 - Rese di granella secca di mais (t/ha) ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2019 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

Strategia	Strategia 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	CON	HER_red	HER_row	MECH
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Trattamento erbicida	SI	SI	SI	NO
Epoca del trattameto erbicida	Post-memergenza precoce	Post-emergenza precoce	Post-emergenza precoce	/
Stadio di crescita	BBCH 12	BBCH 12	BBCH 12	/
Dose	Raccomandata pieno campo*	Ridotta 60% pieno campo*	Raccomandata localizzata sulla fila (30 cm)**	/
Diserbo meccanico	NO	Finger weeder BBCH 16	Finger weeder BBCH 16	Sarchiatura in interfila BBCH 14 Finger weeder BBCH 16
* S-matalachlor 1406 g/ha + therbuthylazine 469 g/ha + mesotrione 141 g/ha ** la dose raccomandata è stata applicata sulla fila larga 30 cm in combinazione con la sarchiatura (dose 40% per l'intera area coltivata)				

Tabella 6 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova sperimentale su mais presso l'IC Jablje nel 2020.

Figura 16 - Primo diserbo meccanico eseguito su mais a fine maggio 2020.

delle infestanti era nella fase di 2-3 foglie. In Strategia 2 (dose ridotta) e in Strategia 3 (trattamento localizzato) lo stesso erbicida è stato applicato in concomitanza con la Strategia 1. Il primo diserbo meccanico nella Strategia 4 è stato eseguito il 27 maggio 2020 (Figura 16), mentre il secondo diserbo meccanico della Strategia 4 e la prima sarchiatura delle Strategie 2 e 3 sono stati effettuati con un Finger weeder il 16 giugno 2020 (Figure 17 e 18).
I risultati relativi alla biomassa secca delle infestanti rilevata a fine di agosto 2020 hanno mostrato che la biomassa più bassa (56 g/m^2) è stata osservata in Strategia 2 (Figura 19). Anche la Strategia 1 standard è risultata efficace (72 g/m^2) mentre meno efficace

Figure 17 e 18 - Secondo diserbo meccanico con finger weeder eseguito a metà giugno 2020.

è stata la Strategia 3 (234 g/m^2) e ancora meno la Strategia 4 (383 g/m^2).
Le rese in granella secca di mais ottenute nel 2020 (Figura 20) sono state nettamente superiori alla media di questa regione, a causa delle condizioni meteorologiche favorevoli, con precipitazioni sufficienti durante l'intera annata. Le rese sono state strettamente correlate alla biomassa infestante, con un effetto moderatamente negativo. La resa più elevata (16,0 t/ha) è stata raggiunta dalla Strategia 2, seguita dalla Strategia 1 (15,8 t/ha). La resa della Strategia 3 (15,1 t/ha) è risultata simile alla Strategia 4 (14,9 t/ha).
A causa delle misure di restrizione relative alla pandemia da COVID-19, i risultati della prova sperimentale sono stati presentati on-line in occasione di un seminario IWM e della Giornata aperta sul mais 2020 tenutasi a Jablje, dove circa 40 visitatori, per la maggior parte agricoltori e consulenti, hanno potuto osservare i risultati delle strategie sperimentate (Figura 21).

Conclusioni generali

Le strategie di diserbo integrato per la regione centrale della Slovenia sono state selezionate considerando la loro efficienza nelle condizioni locali, la struttura delle aziende agricole e la disponibilità di macchinari per il controllo meccanico delle infestanti.
I risultati ottenuti nello studio triennale hanno dimostrato che la strategia con dose ridotta di erbicidi post-emergenza combinata con la sarchiatura si è rivelata efficiente sia in termini di resa del mais, sia a livello di controllo delle infestanti. Questa strategia è semplice da usare e consente un risparmio di erbicidi del 40%, ma mostra anche una minore flessibilità in condizioni meteorologiche meno favorevoli, quando si riduce il periodo utile per l'esecuzione del diserbo meccanico. Tuttavia, il rischio di mancata resa è minimo e deriva principalmente dalla perdita di piante della coltura causata dagli interventi meccanici. Ciò potrebbe essere in gran parte evitato con un allestimento più preciso dei macchinari e con un piccolo aumento della dose di semina del mais.
Ulteriori risparmi di erbicidi sono stati ottenuti nella strategia con il trattamento localizzato sulla fila integrato alla sarchiatura, ma sarebbero necessari ulteriori investimenti in macchinari per implementare questo approccio nell'agricoltura su larga scala. Inoltre, con il trattamento localizzato sulla fila il controllo delle infestanti è stato significativamente minore rispetto alle due strategie con trattamenti erbicidi di pieno campo. Tutto ciò probabilmente perché il diserbo meccanico in interfila non trattata è stato eseguito troppo tardi, cioè quando le malerbe erano già oltre lo stadio ottimale per la sarchiatura.
Il livello di controllo delle infestanti ottenuto con il solo controllo meccanico è stato inadeguato, e questa strategia nella forma attuale non può fornire una soluzione efficace di gestione a lungo termine. Tuttavia contiene un messaggio importante per gli agricoltori che non sono disposti a rinunciare alla gestione chimica delle infestanti. Sono effettivamente necessari ulteriori strumenti IWM per migliorare le prestazioni di questa strategia meccanica, ma si può comunque affermare che la maggior parte della resa del mais può essere preservata con i due approcci di sarchiatura utilizzati nel presente studio.

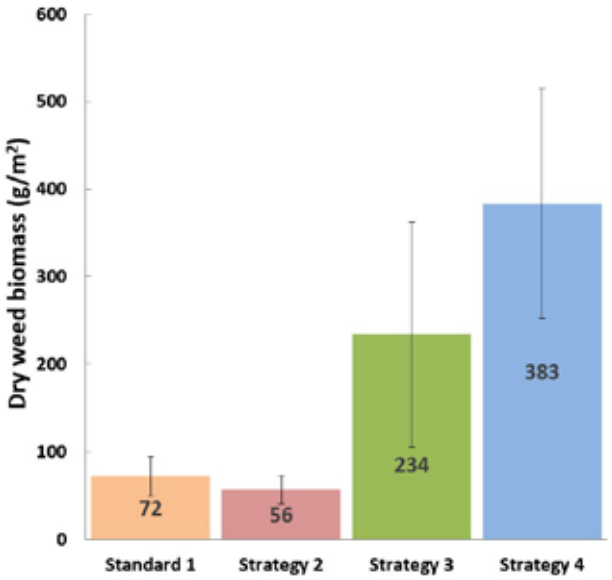


Figura 19 - Biomassa secca delle infestanti (g/m^2) determinata rilevata a fine agosto 2020 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

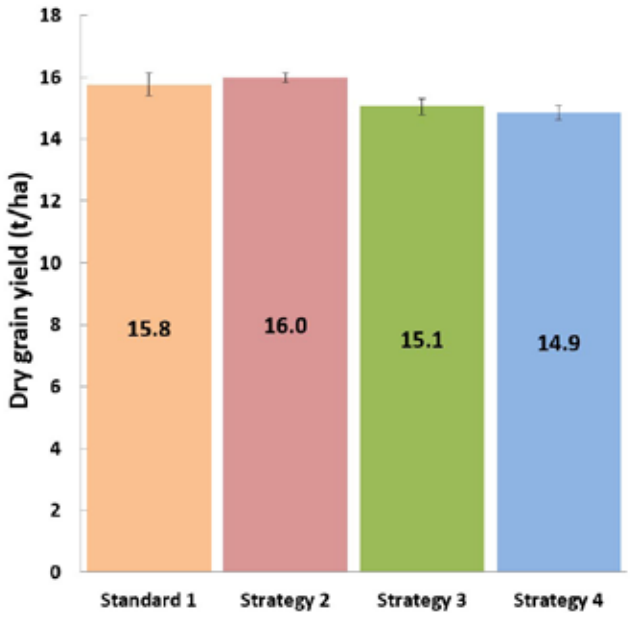


Figura 20 - Rese di granella secca di mais (t/ha) ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2020 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

Figura 21 - Foto dal seminario IWM e dalla Giornata aperta sul mais 2020.

WP5 – LOTTA BIOLOGICA AL RUMEX IN SLOVENIA

Il *Rumex obtusifolius L.* è una specie infestante perenne diffusa nei prati e nei pascoli ma frequente anche in altri sistemi colturali. Grazie al suo ampio apparato radicale, è in grado di ricrescere anche dopo frequenti defogliazioni e lavorazioni del suolo. La grande produzione di semi altamente dispersivi e persistenti le consente di essere molto presente negli ambienti agricoli. Una pratica di gestione comune per il controllo di *R. obtusifolius* è l'uso di erbicidi, la lavorazione del terreno e il diserbo meccanico (compresa la rimozione manuale), ma sono necessari ripetuti interventi per ottenere un controllo efficace a lungo termine. Per mettere a punto una gestione più sostenibile di questa specie infestante, sono in atto studi su specie di insetti fitofagi adatte al suo controllo biologico. Gli ultimi risultati di studi condotti in Svizzera dal CABI hanno dimostrato la potenzialità dei trattamenti biologici contro *R. obtusifolius* con una specie di insetto della famiglia dei Sesiidi, il *Pyropteron chrysidiforme*. Le larve dell'insetto si nutrono delle radici di *R. obtusifolius*, indebolendo così la sua capacità di crescita, e con una infestazione di larve sufficiente è possibile ottenere un'elevata mortalità delle piante.

Obiettivi

Figura 22 - Allevamento in laboratorio, accoppiamento e raccolta delle uova di *P. chrysidiforme*.

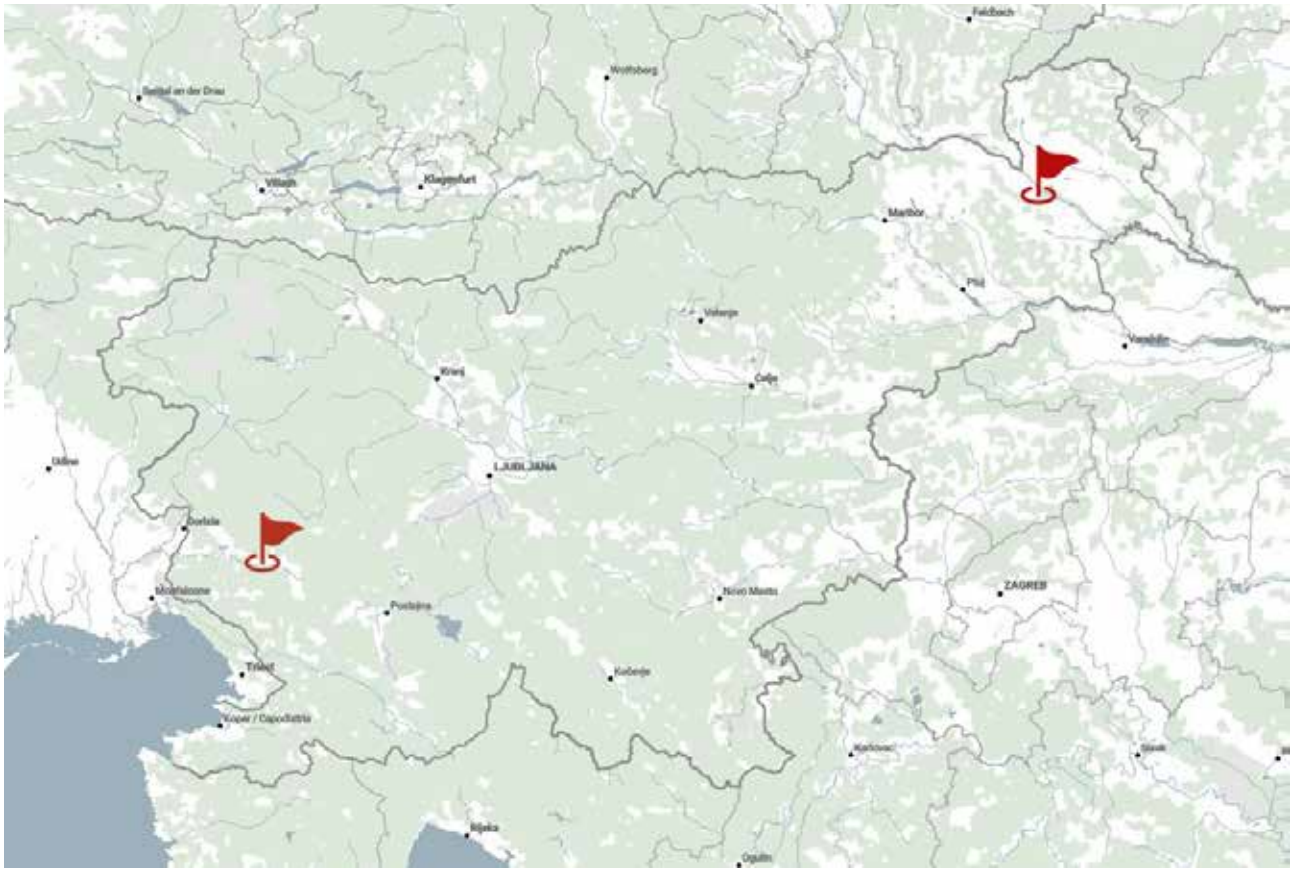


Figura 23 - Ubicazione dei due siti di studio in Slovenia.

È stato condotto uno studio di triennale utilizzando il rilascio di massa di *P. chrysidiforme* per il controllo biologico di *R. obtusifolius*. Lo scopo dello studio era di determinare le condizioni ambientali più favorevoli per l'accumulo di insetti. Nel corso dei tre anni sono stati valutati l'insediamento di *P. chrysidiforme* in seguito al suo rilascio mirato e l'impatto dell'insetto sulla mortalità di *R. obtusifolius*.

Materiali e metodi

Procedure di laboratorio

Gli innesti radicali con pupe di *P. chrysidiforme* sono stati inviati dal Centro svizzero del CABI al laboratorio di entomologia dell'Istituto per l'Agricoltura della Slovenia (AIS). E' stata monitorata la comparsa di insetti adulti ed effettuati accoppiamenti seguendo il relativo protocollo. Le uova deposte dalle femmine sono state raccolte e incollate a stuzzicadenti (30 uova ciascuno) e questi conservati per il successivo inoculo in campo.

Applicazione in campo

Per la prova in campo sono state selezionate due località con differenti caratteristiche climatiche: una nella Slovenia sudoccidentale – Regione di Vipavska dolina (Località 1), con un clima mite mediterraneo; l'altro sito nella Slovenia nordorientale – Regione di Prekmurje (Località 2), con un clima continentale (estati calde e secche e inverni freddi). In ciascuna località è stato selezionato un prato con una popolazione di *R. obtusifolius* relativamente elevata. L'inoculazione delle piante selezionate è stata eseguita per tre anni consecutivi dal 2018 al 2020. Nel primo anno di prova sono state selezionate 200 piante di *R. obtusifolius* per ciascuna località. Le piante sono state contrassegnate e le loro coordinate geografiche memorizzate utilizzando un dispositivo GNSS ad alta precisione (Stonex S9i GNSS). Le piante sono poi state inoculate secondo il protocollo una, due o tre volte durante l'esperimento in primavera/inizio estate.

Sono stati applicati quattro diversi trattamenti:
1 - inoculazione con *P. chrysidiforme* nell'anno 1;
2 - inoculazione con *P. chrysidiforme* negli anni 1 e 2;
3 - inoculazione con *P. chrysidiforme* negli anni 1, 2 e 3;
4 - non trattato (presenza naturale dell'insetto).

Ogni anno sono state inoculate 25 piante aggiuntive per determinare la variazione annuale del tasso di attecchimento. In autunno di ogni anno queste piante sono state prelevate e ispezionate per la presenza di larve ed è stato valutato il danneggiamento dell'apparato radicale.

La prova in campo è terminata nella primavera del 2021 per entrambi i siti. Le piante sono state inoculate con *P. chrysidiformae* una, due, tre volte e le piante non trattate sono state localizzate utilizzando il medesimo dispositivo GNSS ad alta precisione. Sono stati misurati il diametro e l'altezza della pianta e contato il numero di rosette. Le piante vive sono state prelevate, messe in sacchetti di plastica e trasferite al laboratorio dell'AIS. Le radici delle piante sono state sezionate e ispezionate per le larve di *P. chrysidiformae*, valutando anche il danno all'apparato radicale.

Risultati finali

Tasso annuo di attecchimento

Ogni anno di inoculazione altre 25 piante di *R. obtusifolius* sono state inoculate con uova di *P. chrysidiforme*. Nell'autunno dello stesso anno le piante sono state prelevate e controllate per la presenza di larve e danni radicali.

Nel primo anno (2018), 24 piante su 25 in Località 1 hanno mostrato segni di danni alle radici (danno

Figure 24 e 25 - Mappatura dei due siti sperimentali con piante di *R. obtusifolius* marcate con GNSS.

Figure 26 e 27 - Localizzazione delle piante di R. obtusifolius mediante dispositivo GNSS ad alta precisione (a sinistra) e loro inoculazione in campo (a destra).

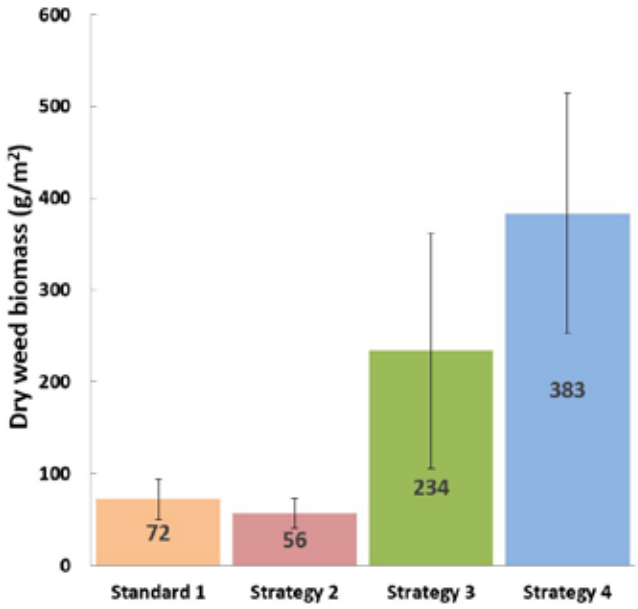


Figura 28 - Risultati dei danni alle radici (N di piante con % danni radicali: blu 0-25%, rosso 25-50%, verde 50-75%, viola 75-100%), in piante vive (Alive) e morte (Dead).

medio del 55%) e 16 portainnesti contenevano 1 o 2 larve all'interno, mentre 8 piante inoculate sono morte. Le piante avevano da 1 a 3 rosette. Allo stesso modo, in Località 2 sono state osservate 20 piante con segni di danni alle radici (danno medio del 30%) e 13 piante avevano 1-3 larve all'interno. Tutte le piante erano ancora vive e avevano da 1 a 7 rosette. Nel secondo anno (2019), 5 delle 25 piante inoculate in primavera in Località 1 sono risultate morte, con danni alle radici quasi del 100%. Altre piante erano vive, ma tutte mostravano segni di erosione degli insetti (danno medio del 56%). Le larve di *P. chrysidiforme* sono state trovate in tutti gli apparati radicali tranne due. In Località 2, tra le piante inoculate 2 sono morte, mentre le altre 23 stavano ancora crescendo. Il danno radicale variava tra le piante vive dall'1% al 75%. Larve di *P. chrysidiforme* sono state trovate in 10 piante vive e nessuna larva è stata trovata in 13 piante, sebbene su tutte fossero presenti segni di danno radicale da insetti (danno medio del 30%).

Nel terzo anno di studio (2020), 6 delle 25 piante di *R. obtusifolius* inoculate in Località 1 sono morte e 19 stavano ancora crescendo. Il danno radicale alle piante vive variava da nullo (0) a quasi il 98%, con solo una piccola quantità di apparato radicale

sopravvissuto. Nelle piante morte le radici erano quasi sempre completamente degradate. Nelle radici sono state trovate solo poche larve (8 in totale). In Località 2 nel 2020 sono state osservate 5 piante morte e 20 ancora vive. Il danno radicale sulle piante vive variava da 0 a 95%, mentre quello sulle piante morte era del 100%. In totale 7 larve sono state trovate all'interno degli apparati radicali durante la dissezione delle piante.

Mortalità delle piante

Il danno radicale provocato dalle larve e la mortalità delle piante è stata generalmente più elevata in Località 1 - Ajdovščina. Il clima mediterraneo caratterizzato da inverno mite ed estate calda e secca potrebbe aver aumentato la possibilità di sopravvivenza di *P. chrysidiforme.*
In Località 1 le piante erano generalmente più giovani, con un apparato radicale più piccolo, che ha subito più danni a causa della perforazione di larve di *P. chrysidiforme* in misura proporzionalmente maggiore rispetto agli apparati radicali più grandi.

Quasi il 90% delle piante con 1 o 2 rosette erano morte alla fine dell'esperimento (Figura 31). Questo è il motivo per cui è stato riscontrato un gran numero di piante morte anche dopo una sola inoculazione al primo anno (78%). Quando inoculate tre volte, la percentuale di piante morte è salita al 96%. Inoltre, il gran numero di piante di controllo trovate morte (12 piante) o infestate da larve di *P. chrysidiforme* (7 piante) suggerisce che un clima più caldo e secco possa avere facilitato l'insediamento di *P. chrysidiforme.*
Si è scoperto che un fattore importante per la sopravvivenza delle piante era la dimensione della pianta inoculata. Le piante di *R. obtusifolius* in Località 2 si erano meglio insediate e avevano un apparato radicale più grande, che è sopravvissuto ai danni provocati dal *P. chrysidiformae*. Circa il 68% delle piante con una o due rosette è stato riscontrato morto (Figura 32), mentre solo il 29% delle piante inoculate con più di 4 rosette era morto e il 40% delle piante inoculate erano morte al primo anno.
Durante la prova in campo ci si è trovati di fronte

Figuras 29 and 30 - Larve di *P. chrysidiforme* all'interno delle radici (a sinistra) e ricrescita di pianta di *R. obtusifolius* danneggiata (a destra).

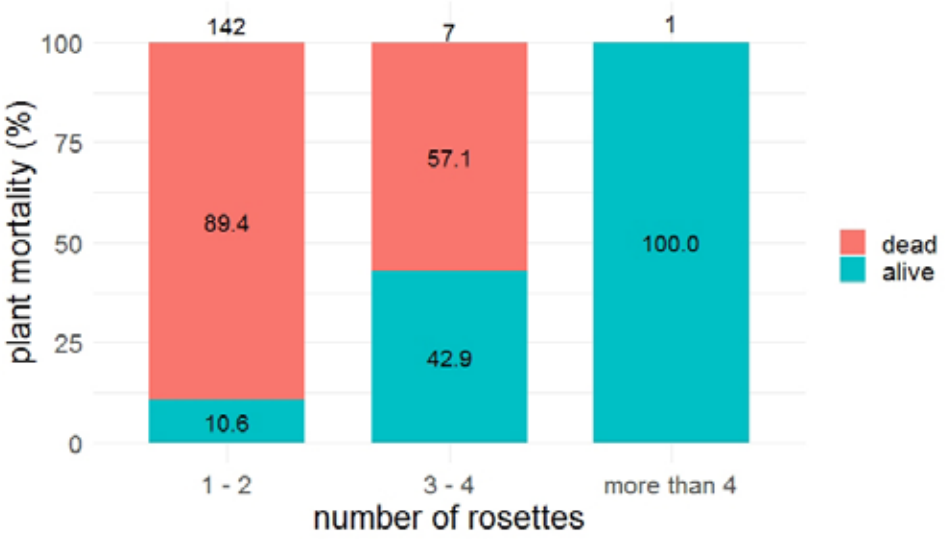


Figura 31 - Mortalità delle piante inoculate (%) di *R. obtusifolius* in funzione dello stadio di crescita delle piante (Località 1- Ajdovščina): dead (rosso) = morte; alive (azzurro) = vive.

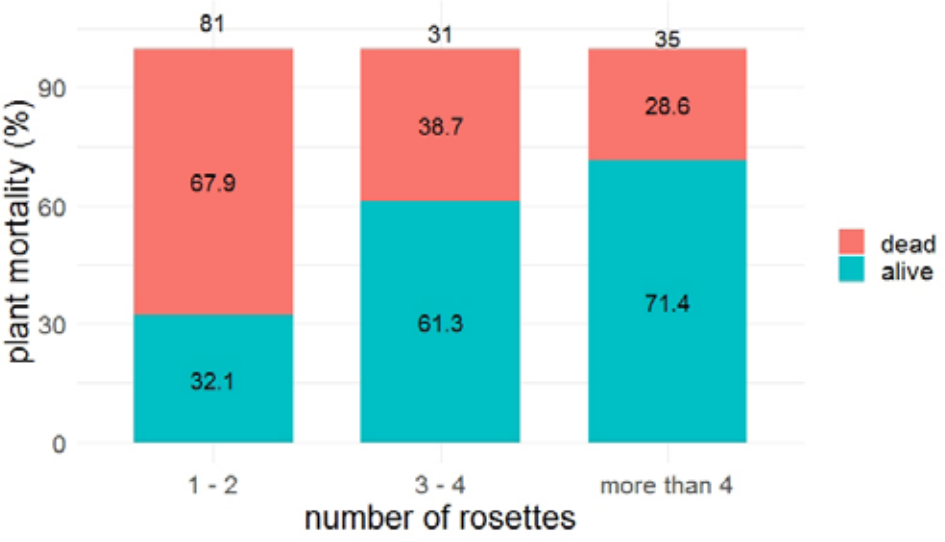


Figura 32 - Mortalità delle piante inoculate (%) di *R. obtusifolius* in funzione dello stadio di crescita delle piante (Località 2- Murski Črnci): dead (rosso) = morte; alive (azzurro) = vive.

a una situazione inaspettata, che ha dimostrato il successo del metodo di lotta, soprattutto in Località 1. Ad esempio, durante la ricerca delle piante di *R. obtusifolius* contrassegnate e selezionate per la seconda inoculazione nel 2019, si è riscontrato un gran numero di piante precedentemente inoculate morte (73/100 piante morte in Località 1 e 18/100 piante morte in Località 2).
Il metodo di lotta biologica qui testato ha dimostrato un notevole potenziale per la gestione non chimica di *R. obtusifolius*, specialmente nei climi più caldi, dove una singola stagione di rilascio di P. *chrysidiforme* ha comportato una significativa riduzione del numero di piante di *R. obtusifolius*. I risultati suggeriscono inoltre che temperature annuali più alte facilitano lo sviluppo di *P. chrysidiformis*, poiché è stato riscontrato che in queste condizioni un numero maggiore di larve aveva causato danni alle piante considerevolmente superiori. Poiché la fase di crescita delle piante è stato il fattore più importante per la loro sopravvivenza, gli studi futuri si concentreranno sulla possibilità di controllare piante di *R. obtusifolius* con un apparato radicale più grande.

PROVE SPERIMENTALI PRESSO LA SCUOLA BIOTECNICA RAKICAN (BSR)

BIOTEHNIŠKA ŠOLA RAKIČAN

BSR Rakičan è una scuola media superiore di agraria situata nella pianura Pannonica. Oltre ai programmi educativi di base, prevalentemente agrari, la scuola conduce varie attività di ricerca centrate su prove varietali sui seminativi, applicazione di nuove tecnologie e gestione aziendale. BSR Rakičan possiede circa 18 ha di terreno a seminativo caratterizzato da suoli limoso-argillosi. Il clima caldo continentale consente di realizzare la sperimentazione in campo nelle migliori condizioni. Il personale di BSR Rakičan è addestrato a realizzare prove dimostrative e corsi di formazione in collaborazione con il locale servizio di assistenza tecnica. Organizza, inoltre, eventi come le tradizionali giornate in campo su frumento e mais e si propone come autorevole centro regionale per la formazione e il trasferimento dell'innovazione.

Figura 1 – Ubicazione delle prove WP3-orzo e WP4-mais a Rakičan nel 2019

Indirizzo:
Biotehniška šola Rakičan
Lendavska ulica 3
9000 Murska Sobota – Slovenia
Coordinate GPS: 46°39'3.57"N 16°11'32.83"E
http://www.solarakican.si/index.php/en/
tel. +386 2 530 37 50

Per informazioni e visite guidate alle prove WP3 e WP4, contattare:
Primož Titan
e-mail: titan.primoz@gmail.com
tel. +386 312502

WP3 – PROVE SU FRUMENTO A BSR RAKIČAN

Il sito sperimentale di Rakičan si trova nella parte nord-orientale della Slovenia. La dimensioni aziendali in questa regione, che rappresenta la principale area di produzione di cereali del Paese, sono considerevolmente più grandi che nel resto della Slovenia. Le condizioni ambientali sono favorevoli e i produttori specializzati nella produzione di cereali autunno-vernini applicano una coltivazione intensiva e tecniche di gestione delle infestanti che implicano aspettative di rese elevate. Le tecniche standard di solito includono trattamenti erbicidi di post-emergenza in primavera. Tuttavia, a causa delle favorevoli condizioni climatiche autunnali riscontrate negli ultimi dieci anni, il controllo chimico delle infestanti si sta spostando sempre più verso i trattamenti erbicidi di pre-emergenza in autunno. La regione è caratterizzata da un tipo di suolo medio-leggero e da un clima secco, che consente una migliore efficienza e un periodo più ampio di utilizzo del diserbo meccanico. Tuttavia, questo non è di uso comune e la maggior parte dei cerealicoltori fa affidamento soprattutto sugli erbicidi.

Obiettivi

L'obiettivo della prova condotta sui cereali invernali nelle annate 2017/2018, 2018/2019 e 2029/2020 era principalmente quello di ridurre l'uso di erbicidi nella produzione di frumento invernale, sviluppando soluzioni alternative basate sulla riduzione delle dosi e sul diserbo meccanico. Approcci alternativi di gestione delle infestanti, compreso il controllo meccanico, miravano a ridurre il loro insediamento in autunno e primavera, nonché la loro presenza nelle successive fasi di sviluppo del frumento.
Le prove in campo e i rilevamenti sono stati effettuati presso l'azienda sperimentale della Scuola di Biotecnica di Rakičan (BSR) per determinare le prestazioni di strategie selezionate e strumenti in condizioni ambientali rappresentative del nord-est della Slovenia. Nelle tre annate di sperimentazione sono state testate in condizioni reali le seguenti strategie:
- Strategia 1 (standard 1): trattamento erbicida primaverile alle dosi raccomandate;
- Strategia 2 (standard 2): trattamento erbicida autunnale alle dosi consigliate;
- Strategia 3: erpicatura a denti elastici (1x) + trattamento erbicida a dose ridotta (50%);
- Strategia 4: semina ritardata con falso letto di semina + erpicatura a denti elastici (2x). Trattamento erbicida a dose ridotta in autunno (70%) + erpicatura primaverile a denti elastici (2x) solo nella stagione 2019/2020.

Annata 2017/2018

La prova sperimentale su frumento è stata avviata in autunno 2017 presso la Scuola di Biotecnica di Rakičan mettendo a confronto due strategie alternative e due strategie standard di gestione delle infestanti. La prova è stato organizzata in appezzamenti larghi 15 m. Nelle due strategie standard gli erbicidi sono stati applicati a pieno campo in primavera o in autunno. In una delle strategie alternative, l'erpicatura autunnale e primaverile è stata combinata con un trattamento erbicida a dose ridotta in primavera. Nel secondo

Strategia	Standard 1	Standard 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	HER_spring	HER_autumn	HAR_aut + HAR_spring + HER_spring_reduced	DEL_sow + HAR_spring
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Falsa semina	NO	NO	NO	SI
Epoca di semina	Ottimale	Ottimale	Ottimale	Ritardata 14 giorni
Periodo del diserbo chimico	Trattamento primaverile	Trattamento autunnale	Trattamento primaverile	/
Dose	Raccomandata*	Raccomandata**	Ridotta 50%	NO
Stadio fenologico	BBCH 31	BBCH 12	BBCH 31	/
Diserbo meccanico	NO	NO	Strigliatura autunnale e primaverile	Strigliatura primaverile (x2)

* idrosolfuron -methyl 10 g/ha + metsulphuron-methyl 1,5 g/ha
** idrosolfuron-methyl-sodium 7,5 g/ha * mesosolfuron-methyl 9 g/ha + diflufenican 120 g/ha + mefenpyr-diethyl 27 g/ha

Tabella 1 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova sperimentale su frumento invernale a BSR Rakičan nell'annata 2017/2018.

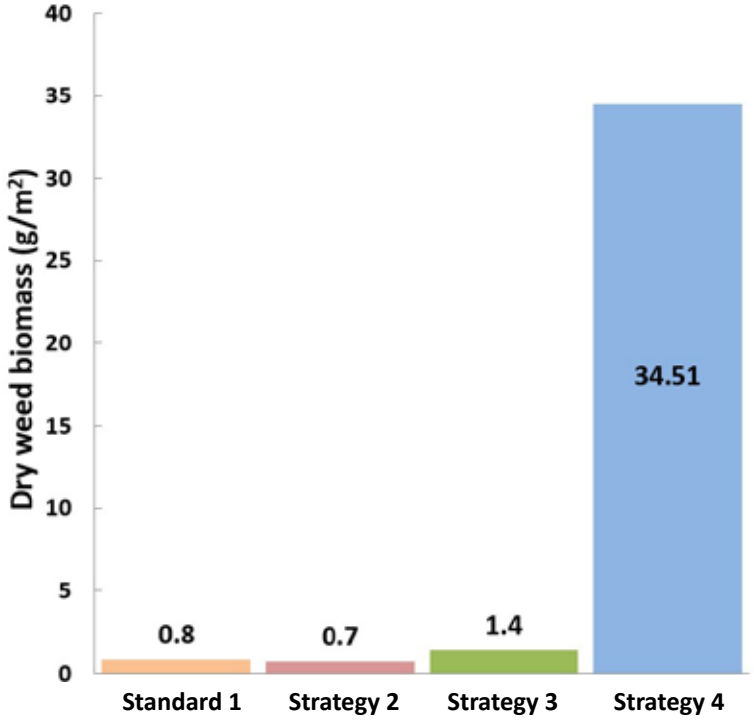


Figura 1 - Biomassa secca dell infestanti (g/m²) rilevata a inizio giugno 2018

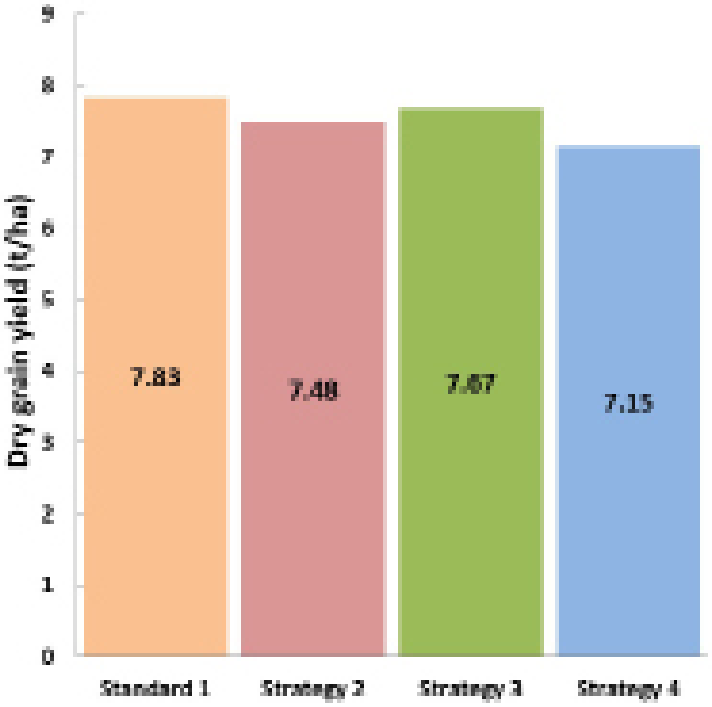


Figura 2 - Rese in granella secca (t/ha) ottenute con le quattro strategie a confronto nel 2018.

approccio alternativo sono state utilizzate la semina ritardata e l'erpicatura primaverile e sono stati eseguiti trattamenti erbicidi primaverili in base alla necessità.
Le condizioni del terreno nel periodo della data ottimale di semina sono state favorevoli, con clima caldo e adeguato apporto idrico. Il frumento è stato seminato alla data di semina ottimale il 16 ottobre 2017 per le Strategie 1,2 e 3. L'appezzamento nella Strategia 4 è stato seminato 14 giorni dopo, il 30 ottobre 2017. Il frumento a semina ritardata ha avuto bisogno di 12 giorni per emergere, rispetto ai 6 giorni della data di semina ottimale. Insolitamente, il clima caldo è continuato fino al tardo autunno, il che ha consentito la gestione infestanti in condizioni ottimali.
Il trattamento erbicida autunnale in Strategia 2 è stato eseguito il 22 novembre 2017, mentre la strigliatura autunnale in Strategia 3 è stata effettuata due giorni dopo, il 24 novembre 2017.
Lo svernamento della coltura è stato adeguato, nonostante le rigide temperature invernali e il persistente manto nevoso, che ha causato un notevole ritardo nello sviluppo della vegetazione e negli interventi colturali.
La coltura sugli appezzamenti a semina ritardata è apparsa più rada in primavera, tuttavia al momento della raccolta sono stati contati in media circa 600 cespi in tutti i trattamenti e si è registrato solo un lieve ritardo nello sviluppo. Dopo la concimazione a fine marzo, nelle Strategie 2 e 3 è stato utilizzato uno strigliatore. Sia la strigliatura autunnale che primaverile hanno dato buoni risultati, principalmente grazie alle condizioni del suolo adeguate e allo sviluppo ottimale della coltura.
L'infestazione di malerbe è stata generalmente bassa in tutte le parcelle di queste strategie, con solo il *Cirsium arvense* che appariva in alcuni punti.
La biomassa delle infestanti più elevata è stata registrata nella Strategia 4, dove in autunno è stata eseguita la semina ritardata con falso letto di semina, mentre in primavera è stata effettuata una sola strigliatura primaverile in post-emergenza (Figura 1). Sebbene la biomassa infestante fosse considerevolmente maggiore nella Strategia 4, il livello di infestazione non ha avuto un effetto significativo sulla resa rispetto alle altre strategie (Figura 2).
Le condizioni ambientali nel 2018 sono state generalmente sfavorevoli, con temperature elevate e carenza idrica in primavera che hanno ridotto notevolmente le rese del frumento. In tutte le strategie sono state registrate rese piuttosto simili, comprese tra 6,3 t/ha e 6,4 t/ha. Tutte le strategie testate sono state poi ripetute nella successiva annata 2018/19.

Annata 2018/2019

In ottobre 2018 è stata avviato il secondo anno della prova su frumento invernale (varietà Falado) per confrontare due strategie IWM con due approcci standard esclusivamente chimici. Il trattamento erbicida a pieno campo in autunno e primavera rappresentava la pratica standard di gestione delle infestanti, mentre le strategie IWM includevano input di erbicidi ridotti combinati con il diserbo meccanico. Le strategie adottate seguivano il protocollo illustrato in Tabella 2.
La coltura precedente era il mais e il sito sperimentale è stato arato una settimana prima della semina. Il letto di semina è stato poi preparato con l'erpice a denti elastici il 12/10/2018. Le

Strategia	Standard 1	Standard 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	HER_spring	HER_autumn	HAR_aut + HAR_spring + HER_spring_reduced	DEL_sow + HAR_spring
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Falsa semina	NO	NO	NO	SI
Epoca di semina	Ottimale	Ottimale	Ottimale	Ritardata 11 giorni
Periodo del diserbo chimico	Trattamento primaverile	Trattamento autunnale	Trattamento primaverile	/
Dose	Raccomandata*	Raccomandata**	Ridotta 50%	NO
Stadio fenologico	BBCH 32	BBCH 12	BBCH 32	/
Diserbo meccanico	NO	NO	Strigliatura autunnale e primaverile	Strigliatura primaverile (x2)

* pyroxsulam 18,75 g/ha
** pendimethanil 600 g/ha + chlortoluron 500 g/ha + diflufenican 80 g/ha

Tabella 2 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova sperimentale su frumento invernale a BSR Rakičan nell'annata 2018/2019.

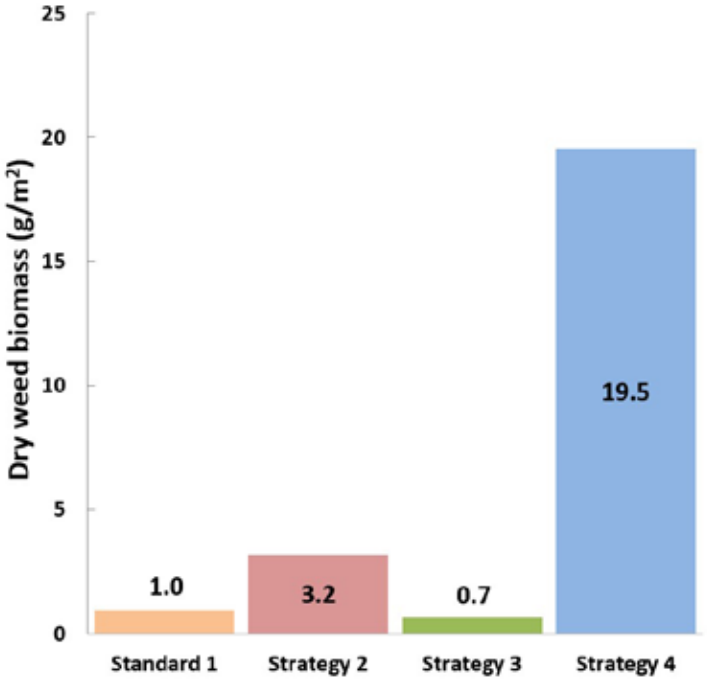


Figura 3 - Biomassa secca delle infestanti (g/m2) rilevata a fine giugno 2019.

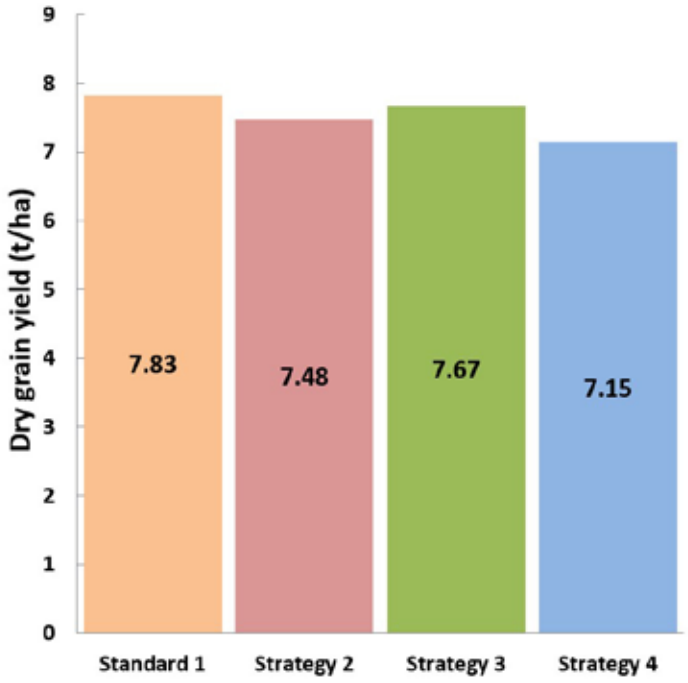


Figura 4 - Rese in granella secca (t/ha) ottenute con le quattro strategie a confronto nel 2019.

condizioni del suolo nelle date di semina ottimale e ritardata erano favorevoli, con clima caldo e approvvigionamento idrico adeguato. Il 18/10/2018 è stato seminato il frumento per le strategie di semina ottimale, mentre l'appezzamento della Strategia 4 è stato seminato 11 giorni dopo, il 29/10/2018, con ottime condizioni per la germinazione e l'insediamento della coltura. Il clima insolitamente caldo è proseguito fino al tardo autunno, il che ha consentito interventi di gestione

delle infestanti in condizioni ottimali. Il 14/11/2018 è stato eseguito un primo passaggio di strigliatore in Strategia 3, appena un mese dopo la semina, mentre il trattamento erbicida autunnale in Strategia 2 è stato eseguito il 5/11/2018.
Una notevole differenza nella crescita del frumento è stata osservata prima dell'inverno nella Strategia 4 a semina tardiva. Qui Il frumento aveva raggiunto lo stadio BBCH 12-13 rispetto allo stadio BBCH 15 osservato nelle altre strategie. Nonostante questa differenza, lo svernamento della coltura è stato ottimale e non è stata osservata alcuna fallanza causata d condizioni climatiche invernali. La prima strigliatura è stata eseguita il 04/03/2019 per le Strategie 3 e 4, mentre il secondo passaggio previsto per la Strategia 4 è stato eseguito tre settimane dopo. Sia le strigliature autunnali che primaverili hanno dato buoni risultati, principalmente grazie alle condizioni del suolo e allo sviluppo adeguato della coltura.
La coltura seminata tardivamente ha registrato un lieve ritardo nello sviluppo e ha prodotto 50 ceppi/m^2 in meno rispetto alle altre strategie. L'infestazione da malerbe è stata generalmente bassa in tutti gli appezzamenti, con la comparsa di *Apera spica-venti* solo in alcuni punti.
La biomassa secca delle infestanti è stata rilevata il 21/06/2019 allo stadio di maturazione lattea del frumento (Figura 3). La più alta biomassa infestante (19,5 g/m^2) è stata registrata in Strategia 4 in cui la maggior parte dell'infestazione si è verificata a inizio estate, ma l'effetto maggiore sulla riduzione di resa potrebbe essere dovuto alla minore efficacia del diserbo meccanico. La Strategia 3 ha invece ottenuto risultati eccellenti, con solo 0,7 g/m^2 di biomassa infestante, paragonabile alla strategia standard con trattamento erbicida primaverile (1,0 g/m^2). Anche la Strategia 2 si è dimostrata relativamente efficace, avendo registrato 3,2 g/m^2 di biomassa infestante.
Le condizioni ambientali nell'annata 2018/2019 non sono state favorevoli, pertanto nella regione nord-orientale della Slovenia sono state ottenute rese solamente nella media. I risultati di resa in granella secca sono risultati in correlazione con la densità delle infestanti (Figure 3 e 4). Ad eccezione della Strategia 4, che utilizzava il solo controllo meccanico, tutte le strategie si sono rivelate molto efficaci in termini di controllo delle infestanti.
Rispetto alla Strategia standard 1, che ha ottenuto la resa migliore (7,83 t/ha), nelle Strategie 2 e 3 vi è stata solo una lieve diminuzione: 7,48 t/ha e 7,67 t/ha, rispettivamente. La resa più bassa è stata quella della Strategia 4 con il solo controllo meccanico (7,15 t/ha).

Annata 2019/2020

Nell'annata 2019/2020 la prova sperimentale si è tenuta nel medesimo sito degli anni precedenti con strategie molto simili. La prova su frumento (varietà Falado) è stata avviata nell'ottobre 2019, per confrontare due strategie di diserbo integrato (IWM) con due strategie standard basate esclusivamente sul diserbo chimico. Sulla base dell'esperienza e dei risultati ottenuti nelle precedenti due annate, si è deciso di adattare le Strategie 3 e 4. In Strategia 3 la strigliatura autunnale

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	HER_spring	HER_autumn	HAR_spring + HER_spring_reduced	HER_autumn_reduced + HAR_spring
Lavorazione del terreno	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Falsa semina	NO	NO	NO	SI
Epoca di semina	Ottimale	Ottimale	Ottimale	Ottimale
Dose erbicida	Dose raccomandata*	Dose raccomandata**	Dose ridotta 50%*	Dose ridotta 70%**
Trattamento erbicida	Primaverile	Autunnale	Primaverile	Autunnale
Stadio di crescita	BBCH 32	BBCH 12	BBCH 32	BBCH 12
Diserbo meccanico	NO	NO	Strigliatura primaverile (2x)	Strigliatura primaverile (2x)

* pyroxulam 18,75 g/ha
** pendimethanil 600 g/ha +chloroluron 500 g/ha + diflufenican 80/g/ha

Tabella 3 - Descrizione delle strategie di gestione delle infestanti nella prova sperimentale su frumento invernale a BSR Rakičan nell'annata 2019/2020.

non aveva ridotto significativamente la densità delle infestanti ed è stata esclusa dal piano. Allo stesso modo, la semina ritardata in Strategia 4 aveva inciso in modo significativo sulla resa del frumento, pertanto in questa strategia è stata introdotta una dose ridotta di erbicida. Le strategie hanno seguito il protocollo riportato in Tabella 3.
La coltura precedente era il mais. Dopo la raccolta, è stata eseguita l'aratura e preparato il letto di semina con erpice rotante. La prova è stata organizzata a blocchi con strisce lunghe 200 m. Il frumento è stato seminato il 18 ottobre 2019 corrispondente alla data di semina ottimale e il trattamento erbicida autunnale è stato eseguito il 26 novembre 2019. Lo sviluppo della coltura dopo la semina è stato favorito da un clima caldo e da un approvvigionamento idrico adeguato.
La prima rilevazione sulle infestanti è stata eseguita il 12 dicembre 2019 nella fase di crescita BBCH 13 del frumento. Il primo intervento diserbo meccanico nelle Strategie 3 e 4 è stata la strigliatura primaverile eseguita in condizioni ottimali il 21 febbraio 2020.
L'annata 2019/20 è stata caratterizzata da una pronunciata carenza di precipitazioni in inverno e in primavera all'inizio del ciclo vegetativo del frumento. E' stata osservata una differenza significativa nella densità delle infestanti a febbraio e marzo tra le strategie con trattamento autunnale (Strategie 2 e 4; 25 piante/m^2) e le strategie in cui il trattamento erbicida primaverile non era stato ancora eseguito

Figura 5 - Rilevazioni delle infestanti prima del trattamento erbicida in primavera del 2020.

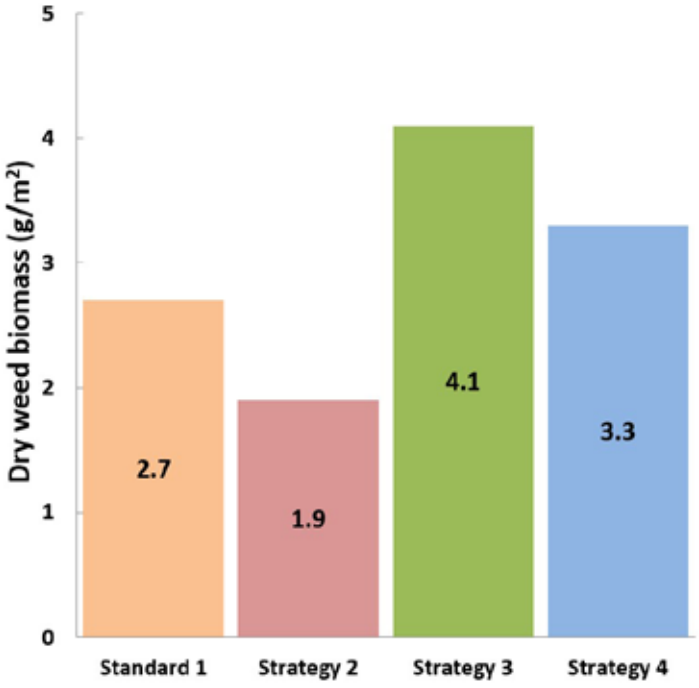


Figura 6 - Biomassa secca delle infestanti (g/m2) rilevata a fine giugno 2020.

Figura 8 - Raccolta del frumento presso il sito sperimentale di BSR a metà luglio 2020.

(Strategia standard 1 e Strategia 3; 8 piante/m^2).
La biomassa infestante secca (Figura 6) è stata rilevata prima della raccolta il 21/06/2020 e il valore più alto è stato osservato nella Strategia 3 (4,1 g/m^2), dove la dose ridotta di erbicida era combinata con la strigliatura primaverile. La Strategia 4 ha prodotto 3,3 g/m^2 di biomassa infestante, mentre le Strategie 1 e 2, basate su un approccio esclusivamente chimico, hanno prodotto i migliori risultati nel controllo delle infestanti (rispettivamente 2,7 e 1,9 g/m^2).
La raccolta è stata effettuata il 15 luglio 2020 (Figura 7). La resa in granella più alta è stata raggiunta dalla Strategia 2 con trattamento erbicida in autunno. L'inverno mite del 2019/20 in combinazione con la carenza di precipitazioni all'inizio del ciclo vegetativo ha avuto un impatto negativo sulla crescita iniziale e sullo sviluppo del frumento. Ciò ha influenzato anche lo sviluppo delle infestanti, considerando che la maggior parte di queste sono emerse all'inizio dell'autunno e dell'estate.
In generale, nell'annata 2019/2020 si sono registrate rese superiori alla media per questa regione. Analogamente alle due precedenti annate, i risultati hanno anche dimostrato che una dose ridotta di erbicidi ha avuto un effetto negativo sul raccolto, confrontando strategie con la stessa tempistica di trattamento erbicida (Standard 1 vs Strategia 3 e Strategia 2 vs Strategia 4; Figura 8).
In Strategia 2 si è ottenuta una resa superiore (9,7 t/ha) alla Strategia 1 standard (9,3 t/ha), in controtendenza con le due annate di prova precedenti. La Strategia 4, adattata per il terzo anno di prova, si è rivelata efficiente sia in termini di controllo delle infestanti che di resa (9,5 t/ha). La resa più bassa (9,1 t/ha) è stata registrata per la Strategia 3.
I risultati della sperimentazione IWMPRAISE sono stati presentati in una conferenza e in un tour guidato alle prove sperimentali durante la tradizionale Giornata aperta sul frumento a Rakičan (Figura 9).

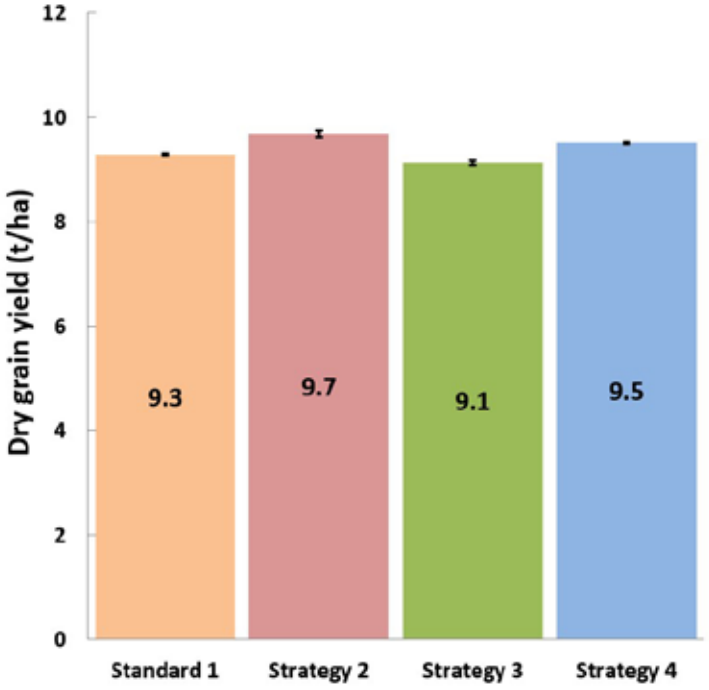


Figura 7 - Rese di granella secca (t/ha) di frumento ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2020 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

Figura 9 - Foto tratte dalla Giornata aperta 2020 sul frumento a Rakičan.

Conclusioni generali

La produzione di cereali invernali nella Slovenia nord-orientale è altamente specializzata e le condizioni meteorologiche sono in grado d'influenzare sia la fattibilità che l'efficacia degli interventi di diserbo meccanico.

I risultati dello studio triennale a Rakičan hanno mostrato che il controllo delle infestanti ottenuto con la strategia che utilizza una dose ridotta di erbicida combinata con il controllo meccanico era paragonabile al trattamento erbicida primaverile e autunnale. Considerando sia l'efficacia del controllo delle infestanti che la resa del frumento, questa strategia IWM offre una riduzione del 50% dell'uso di erbicidi senza alcun rischio di perdita di resa o di aumento a lungo termine della popolazioni di specie infestanti. Allo stesso modo, si è rivelata efficace anche la strategia con trattamento erbicida autunnale a dose ridotta del 70% e l strigliatura primaverile, sebbene queste modalità siano state testate solo nell'ultima annata. C'è stata una notevole variazione nelle rese di frumento tra gli anni, specialmente confrontando le tesi con trattamenti erbicidi primaverili e autunnali a dosaggi raccomandati. Pertanto i dati sulla biomassa infestante sono stati considerati più rilevanti negli anni, considerando che le differenze di resa erano molto basse tra le tesi.

Nella strategia in cui non sono stati applicati erbicidi ed è stato utilizzato solamente il diserbo meccanico, il livello di controllo delle infestanti era significativamente inferiore ed è stata osservata una perdita di resa inaccettabile per la maggior parte dei produttori di cereali della regione. Tuttavia, con un ulteriore miglioramento, questo approccio potrebbe essere utilizzato nella produzione di frumento biologico, dove vengono impiegate altre strategie (ad esempio la diversificazione delle colture) per prevenire un aumento a lungo termine delle infestazioni.

Sebbene i risultati della sperimentazione siano incoraggianti, è necessaria un'ulteriore loro convalida. A differenza del sito sperimentale di Jablje, nel sito di Rakičan è stata osservata una pressione estremamente bassa delle infestanti. In tutte e tre le annate della sperimentazione è stato osservato un numero particolarmente ridotto di specie infestanti annuali e l'effetto competitivo delle infestanti è stato molto inferiore rispetto a quanto osservato nella Slovenia centrale.

WP4 – PROVE SU MAIS A BSR RAKIČAN

Il mais è una coltura molto importante per i sistemi di coltivazione nella Slovenia nord-orientale e negli anni con precipitazioni sufficienti le rese in granella sono elevate. Negli ultimi decenni, una vasta gamma di principi attivi è stata bandita ed è stato imposto un numero crescente di restrizioni su aree specifiche, come le zone di protezione delle acque. Tuttavia, esiste ancora un numero sufficiente di soluzioni di diserbo chimico per controllare in modo efficace le infestanti nel mais, comprese le specie perenni. Pertanto, i maiscoltori in questa regione hanno aspettative molto elevate sul controllo delle malerbe per una produzione intensiva di mais che dipende fortemente dall'uso di erbicidi. Sono state selezionate strategie adatte a questa regione tenendo conto delle condizioni locali, della struttura delle aziende agricole e della disponibilità di macchinari per il controllo meccanico delle infestanti. Il sito sperimentale di Rakičan presenta condizioni pedo-climatiche diverse rispetto al sito di Jablje, nella Slovenia centrale, e la strigliatura è considerata adatta a un terreno più leggero e argilloso. A differenza della regione centrale, gli agricoltori di questa zona sono preferibilmente attrezzati per la sarchiatura, poiché spesso utilizzano questa lavorazione per incorporare fertilizzanti a base di urea a causa della siccità di inizio estate. Sebbene gli agricoltori non considerino questo intervento come specifico per il diserbo meccanico, non c'è dubbio che contribuisca al controllo delle specie infestanti perenni e tardive.

Obiettivi

L'obiettivo delle prove in campo condotte su mais era di ridurre il consumo di erbicidi sviluppando soluzioni alternative basate su dosi ridotte di erbicidi combinate con il controllo meccanico delle infestanti. La sperimentazione è stata condotta in campo presso la Scuola Biotecnica Rakičan (BSR) nel 2018, 2019 e 2020 per testare e mettere a confronto le seguenti strategie:

- Strategia 1 (standard): trattamento erbicida di post-emergenza precoce alle dosi raccomandate;
- Strategia 2: trattamento erbicida a dose ridotta (50%) + 1 sarchiatura;
- Strategia 3: trattamento localizzato sulla fila (dose del 40% a pieno campo) + 2 sarchiature;
- Strategia 4: diserbo meccanico (2-3 erpicature + 1 sarchiatura).

Prova 2018

L'obiettivo della prova era di includere il diserbo meccanico nelle strategie di gestione delle infestanti nella produzione di mais, utilizzando erbicidi solamente nelle strategie standard. Le strategie sono state applicate in condizioni reali di campo e progettate per ridurre la dipendenza dagli erbicidi.

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	CON	HER_red	HER_row	MECH
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Diserbo chimico	SI	SI	SI	NO
Periodo del diserbo chimico	Trattamento post-emergenza precoce	Trattamento post-emergenza precoce	Trattamento localizzato post-emergenza precoce combinato con sarchiatura	/
Dose erbicidi	Dose raccomandata*	Dose ridotta 60%*	Dose raccomandata**	/
Stadio di crescita	BBCH 12	BBCH 12	BBCH 13	
Diserbo meccanico	/	sarchiatura interfilare BBCH 16	sarchiatura interfilare BBCH 13*** BBCH 16	erpicatura BBCH 12 BBCH 14 sarchiatura interfilare BBCH 17

* isoxaflutole 99 g/ha + thiencarbazone-methyl 40 g/ha + cyprosufalmide safener 66 g/ha
** la dose raccomandata è stata applicata sulla fila di 30 cm combinata alla sarchiatura interfilare (40% della dose a pieno campo)
*** diserbo meccanico combinato con trattamento erbicida

Tabella 4 - Descrizione delle strategie nella prova su mais a BSR Rakičan nel 2018.

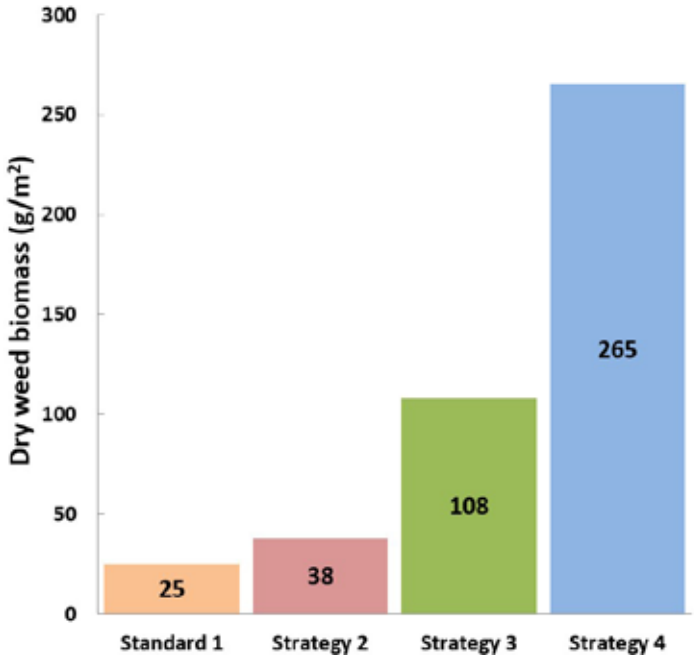


Figura 10 - Biomassa secca delle infestanti (g/m²) rilevata a inizio agosto 2018.

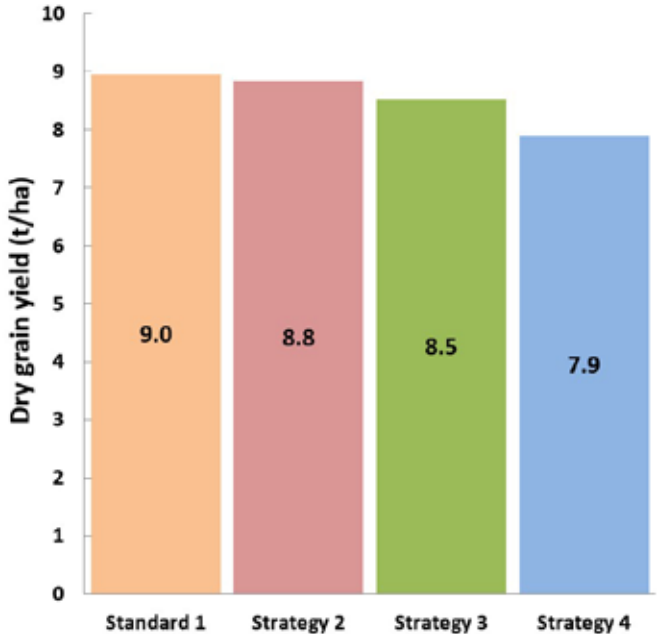


Figura 11 - Rese di granella secca di mais (t/ha) ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2018.

La prova è stata avviata in aprile 2018, con parcelloni costituiti da appezzamenti larghi 12 m e tre strategie alternative di gestione delle infestanti confrontate con il trattamento erbicida a pieno campo di post-emergenza precoce. In Strategia 2 una sarchiatrice interfilare è stata adattata per il trattamento localizzato sulla fila e combinata con la sarchiatura. In Strategia 3 è stata applicata una dose ridotta di erbicida, mentre in Strategia 4 è stato utilizzato il solo diserbo meccanico.

Le condizioni dopo la semina sono state favorevoli. Il mais ha germinato in sette giorni e, beneficiando di un apporto idrico ottimale, si è sviluppato rapidamente. In seguito, forti piogge hanno causato la compattazione del terreno e un ritardo nell'esecuzione delle operazioni di diserbo.

Le malerbe hanno superato il loro stadio di sviluppo ottimale, pertanto l'erpicatura è stata meno efficace del previsto, consentendo la sopravvivenza della maggior parte delle infestanti sul terreno compattato. Anche dopo due passate con l'erpice e una con la sarchiatrice, le infestanti non sono state sufficientemente controllate. In Strategia 2 la dose ridotta di erbicida (50%) non ha portato a una significativa riduzione del controllo delle infestanti rispetto alla dose raccomandata. In Strategia 3 le condizioni del suolo sono state favorevoli al trattamento erbicida e hanno consentito un efficace controllo delle infestanti a inizio stagione. Le infestanti tardive sono state controllate con la sarchiatura nella fase di crescita del mais a 6 foglie e non hanno creato alcuna competizione significativa con la coltura nel periodo di crescita iniziale. Il prototipo utilizzato per il diserbo localizzato e la sarchiatura interfilare era ancora in fase di sviluppo e ha presentato alcuni problemi. Gli ugelli posti davanti alle zappette hanno causato il deposito di polvere sulle piante infestanti, riducendo l'efficacia dei diserbanti appena applicati. Una serie di infestanti, in particolare quelle perenni come il convolvolo, non sono state sufficientemente controllate. La Strategia 4 è risultata la meno efficace e all'inizio di agosto 2018 è stata rilevata una presenza importante di infestanti (265 g/m^2) (Figura 10).
Nel complesso, le condizioni ambientali nel 2018 non sono state favorevoli per la produzione di mais in questa regione. Le eccessive precipitazioni dopo la semina e le alte temperature a fine estate hanno notevolmente ridotto il potenziale di resa del mais. Piccole perdite di resa nelle Strategie 3 e 4 sono state causate da condizioni di suolo difficili e a tempi ridotti per eseguire il diserbo meccanico. Di conseguenza, l'efficacia dell'erpicatura e della sarchiatura non è stata all'altezza delle aspettative. Le rese di granella secca di mais (Figura 11) erano correlate ai livelli di infestazione. La resa più alta è stata ottenuta dalla Strategia standard 1 (9,0 t/ha), seguita rispettivamente da 8,8 t/ha e 8,5 t/ha nelle Strategie 2 e 3. La resa più bassa è stata della Strategia 4 (7,9 t/ha), in cui si è osservata un'infestazione significativamente più elevata.

Prova 2019

Nel 2019 presso il sito di Rakičan è stato applicato un protocollo simile all'anno precedente, in cui le condizioni meteorologiche avevano impedito la piena attuazione delle misure di diserbo meccanico originariamente programmate. Pertanto sono state apportate solo lievi modifiche alle strategie di controllo delle infestanti messe a confronto (Tabella 5).
La prova è stata avviata il 19 aprile 2019 utilizzando la varietà di mais P 9234. Dopo la semina, l'emergenza del mais è stata rapida e uniforme: tuttavia le successive condizioni fredde e piovose hanno ostacolato l'ulteriore sviluppo del mais e la pioggia eccessiva ha causato difficoltà nell'esecuzione delle operazioni di diserbo. A causa delle condizioni umide il falso letto di semina pianificato nelle Strategie 2, 3 e 4 non è stato eseguito, mentre la preparazione del letto di semina con erpice a denti è stato eseguito per la Strategia 2 in condizioni sfavorevoli quattro giorni dopo la semina.
I trattamenti erbicidi sono stati eseguiti in condizioni di terreno ottimali nella fase di crescita a 2 foglie del mais. In Strategia 1 è stata utilizzata la dose

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	CON	HER_red	HER_row	MECH
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Diserbo chimico	SI	SI	SI	NO
Periodo del diserbo chimico	Trattamento post-emergenza precoce	Trattamento post-emergenza precoce	Trattamento localizzato post-emergenza precoce	/
Dose erbicidi	Dose raccomandata*	Dose ridotta 50%*	Dose raccomandata sulla fila (30 cm)**	/
Stadio di crescita	BBCH 13	BBCH 13	BBCH 13	
Diserbo meccanico	/	sarchiatura interfilare BBCH 15	sarchiatura interfilare BBCH 12 BBCH 13*** BBCH 15	erpicatura BBCH 03 BBCH 12 BBCH 13
				sarchiatura interfilare BBCH 15

* isoxaflutole 99 g/ha + thiencarbazone-methyl 40 g/ha + cyprosufalmide safener 66 g/ha
** la dose raccomandata è stata applicata sulla fila di 30 cm combinata alla sarchiatura interfilare (40% della dose a pieno campo)
*** diserbo meccanico combinato con trattamento erbicida

Tabella 5 - Descrizione delle strategie nella prova su mais a BSR Rakičan nel 2019.

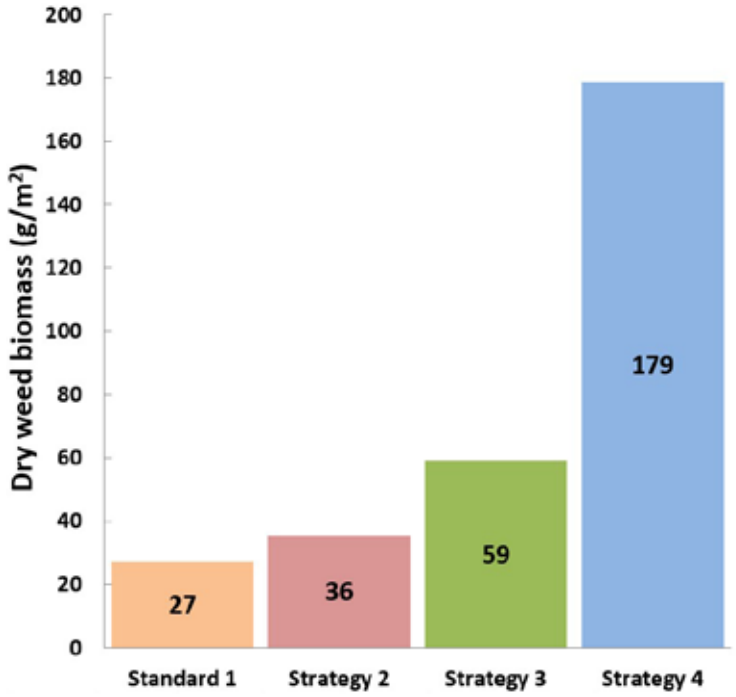


Figura 12 - Biomassa secca delle infestanti (g/m2) rilevata a inizio settembre 2019.

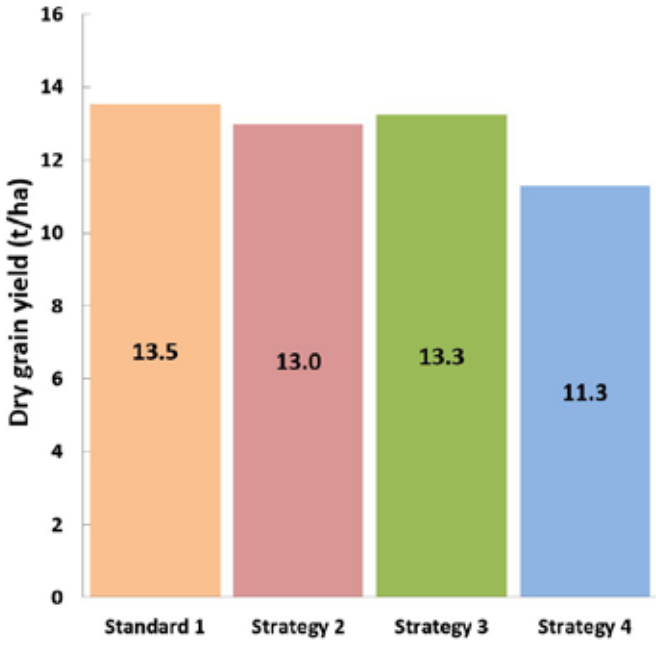


Figura 13 - Rese di granella secca di mais (t/ha) ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2019.

raccomandata, mentre in Strategia 2 è stata applicata una dose ridotta di erbicida. In Strategia 3 è stato sviluppato un prototipo per il diserbo localizzato sulla fila e la sarchiatura interfilare. Il trattamento erbicida nelle Strategie 2 e 3 è stato seguito dalla sarchiatura nella fase di crescita del mais a 5 foglie. In Strategia 4 è stato implementato il solo controllo meccanico, con il quale sono state eseguite tre passate con un erpice a denti e una sarchiatura nella fase di 5 foglie del mais.

I risultati relativi alla biomassa infestante prima della raccolta del mais nelle Strategie 1 e 2 hanno mostrato che entrambe le strategie si sono comportate in modo molto efficiente, registrando

rispettivamente 27 e 36 g/m^2 di biomassa secca infestante. In Strategia 3 sono stati rilevati 59 g/m^2 di biomassa infestante, mentre in Strategia 4 ne sono stati registrati 179 g/m^2 (Figura 12).
La resa più elevata (Figura 13) è stata ottenuta dalla Strategia 1 standard (13,5 t/ha), seguita delle Strategie 2 e 3 con 13,0 t/ha e 13,3 t/ha rispettivamente. La resa più bassa è stata della Strategia 4 (11,3 t/ha), in cui è stata osservata un'infestazione più elevata rispetto alle altre.

Prova 2020

Nel 2020 presso il sito di Rakičan è stato applicato un protocollo simile a quello dell'anno precedente, apportando alcune modifiche minori alle strategie di diserbo, principalmente adattandole alle condizioni meteorologiche e di campo (Tabella 6).
La prova è stata seminata molto presto, il 15 aprile 2020, con la varietà P 9234. I trattamenti erbicidi sono stati eseguiti in condizioni di terreno ottimali nella fase a 2 foglie del mais. In Strategia 1 è stata utilizzata la dose raccomandata, mentre in Strategia 2 è stata applicata una dose ridotta di erbicida.
In Strategia 3 è stato usato un prototipo per il trattamento localizzato sulla fila e la sarchiatura interfilare. La sarchiatura è stata eseguita nelle Strategie 1, 2 e 3 alla fase di 6 foglie del mais. La Strategia 4 prevedeva il solo diserbo meccanico con tre passaggi di erpice a denti e una sarchiatura interfilare.
I dati relativi alla biomassa delle infestanti rilevati alla fine di settembre prima della raccolta del mais hanno dimostrato che le Strategie 1 e 2 hanno funzionato in modo molto efficiente, risultando 7 g/m^2 e 9 g/m^2 rispettivamente la biomassa secca delle infestanti. Per la Strategia 3 sono stati osservati 89 g/m^2 di biomassa infestante, mentre in Strategia 4 la biomassa era pari a 144 g/m^2 (Figura 16).
I risultati del 2020 sono in linea con quelli della stagione precedente, quando si è osservato che dosi ridotte di erbicidi combinate con la sarchiatura avevano causato un impatto negativo, ma molto limitato, sulla resa del mais. La resa più alta è stata misurata nella Strategia 1 standard (15,5 t/ha), seguita dalle Strategie 2 e 3 con 14,8 t/ha e 14,9 t/ha, rispettivamente. Poiché la stagione 2020 è stata estremamente umida, con un forte effetto competitivo delle infestanti e condizioni sfavorevoli per il diserbo meccanico, la Strategia 4 ha registrato una notevole perdita di resa (-6,1 t/ha) rispetto al trattamento standard (Figura 17).
A causa delle restrizioni durante la pandemia di COVID-19, i risultati delle prove IWMPRAISE sono stati presentati in una conferenza all'aperto e una visita guidata in occasione della Giornata aperta sul mais 2020 a Rakičan. Il numero di visitatori è stato simile a quello degli anni precedenti, pari a circa 50 partecipanti, per lo più agricoltori e consulenti che hanno osservato con interesse i risultati delle strategie di controllo delle infestanti (Figure 18. 19, 20 e 21).

Conclusioni generali

Le condizioni climatiche e il tipo di suolo della Slovenia nord-orientale consentono un controllo meccanico più intensivo delle erbe infestanti. I risultati triennali delle prove in campo suggeriscono che la strategia con un'applicazione ridotta di erbicidi combinata con la sarchiatura è paragonabile alla strategia standard in termini di efficacia e

Strategia	Standard 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4
Tesi	CON	HER_red	HER_row	MECH
Lavorazione del suolo	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale	Aratura autunnale
Diserbo chimico	SI	SI	SI	NO
Periodo del diserbo chimico	Trattamento post-emergenza precoce	Trattamento post-emergenza precoce	Trattamento localizzato post-emergenza precoce	/
Dose erbicidi	Dose raccomandata*	Dose ridotta 50%*	Dose raccomandata sulla fila (30 cm)**	/
Stadio di crescita	BBCH 12	BBCH 12	BBCH 12	
Diserbo meccanico	sarchiatura interfilare BBCH 16	sarchiatura interfilare BBCH 16	sarchiatura interfilare BBCH 12*** BBCH 16	erpicatura BBCH 03 BBCH 12 BBCH 14
				sarchiatura interfilare BBCH 16

* isoxaflutole 99 g/ha + thiencarbazone-methyl 40 g/ha + cyprosufalmide safener 66 g/ha
** la dose raccomandata è stata applicata sulla fila di 30 cm combinata alla sarchiatura interfilare (40% della dose a pieno campo)
*** diserbo meccanico combinato con trattamento erbicida

Tabella 6 - Descrizione delle strategie nella prova su mais a BSR Rakičan nel 2020.

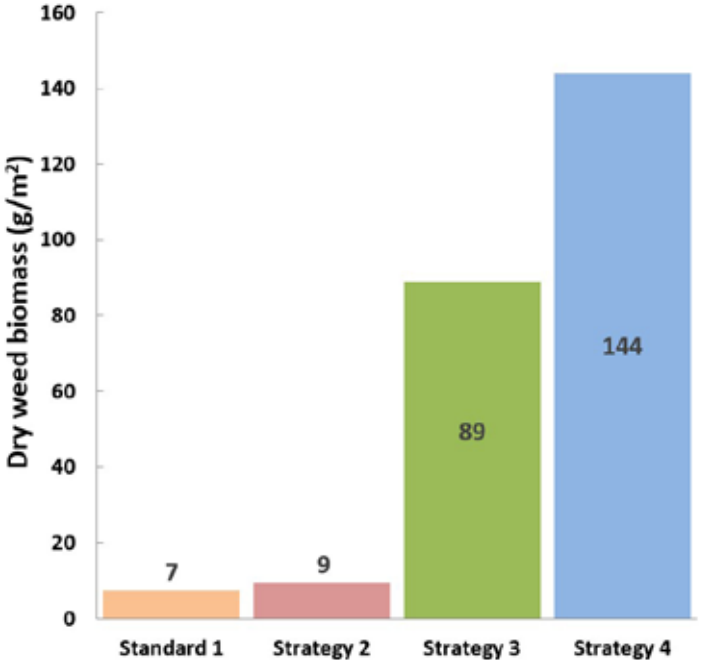


Figura 14 - Biomassa secca delle infestanti (g/m2) rilevata a fine settembre 2020.

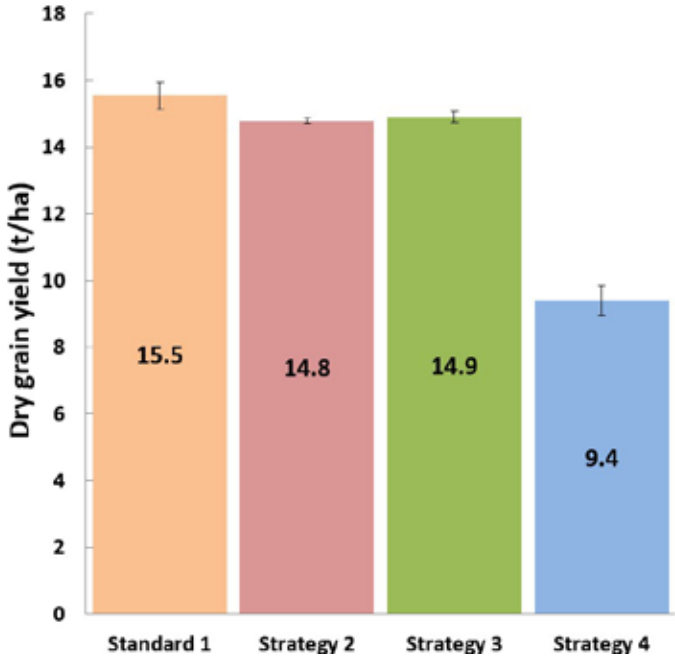


Figura 15 - Rese di granella secca di mais (t/ha) ottenute con le quattro strategie di gestione delle infestanti nel 2020 (le barre verticali rappresentano gli errori standard).

produzione di mais. Sebbene in alcuni anni sia stata osservata una lieve perdita di resa, questa è stata probabilmente dovuta alla perdita iniziale di piante e può essere prevenuta in futuro. Rispetto alla pratica standard, questa strategia offre una riduzione del 50% del consumo di erbicidi, con una sola operazione di sarchiatura.

La biomassa delle infestanti e i risultati di resa della strategia con trattamento localizzato sulla fila e controllo meccanico suggeriscono che il mais ha una buona resistenza alla competizione delle infestanti. Nonostante in questa strategia sia stata osservata una quantità significativa di biomassa infestante, la resa del mais non è stata infatti compromessa.

Figure 16 e 17 - L'erpice a denti (a sinistra) e la sarchiatrice interfilare (a destra) sono stati utilizzati per il diserbo meccanico.

Questa strategia potrebbe essere ulteriormente migliorata, poiché il prototipo per il diserbo localizzato costruito dal Centro BSR era ancora in fase di collaudo durante la sperimentazione in campo. Nella strategia con il solo diserbo meccanico, il livello di controllo raggiunto non è stato soddisfacente e, in particolari stagioni, sono state osservate perdite di resa superiori a 6 t/ha di mais. Questo risultato suggerisce che è necessario un approccio più mirato per prevenire la proliferazione delle infestanti, ma anche che tale strategia, se ulteriormente perfezionata, può essere utilizzata nella produzione di mais biologico.
Gli agricoltori hanno dimostrato grande interesse per i risultati delle prove e il passo successivo sarà quello di incoraggiarli a mettere in atto strategie specifiche per le loro aziende, poiché lo scambio di esperienze da agricoltore ad agricoltore rappresenta il modo più efficace per trasferire i risultati dalla sperimentazione alla pratica.

Figura 18 - Foto scattate alla Giornata in campo sul mais 2020 a Rakičan

SVIZZERA

PROVE SPERIMENTALI GESTITE DA AGROSCOPE E GFF

Agroscope è l'ente svizzero di eccellenza per la ricerca in Agricoltura, affiliato all'Ufficio Federale per l'Agricoltura (FOAG). Agroscope fornisce un importante contributo all'agricoltura sostenibile e al settore agroalimentare, nonché alla tutela ambientale, contribuendo pertanto al miglioramento della qualità della vita. Agroscope è impegnato nella ricerca lungo l'intera filiera agroalimentare con l'obiettivo di sostenere la competitività e la multifunzionalità del settore agricolo, la qualità e la salubrità degli alimenti e il raggiungimento di elevati standard ambientali. Dato che rappresentano circa il 75% della superficie agricola utilizzata in Svizzera, i prati e pascoli rivestono un ruolo di particolare importanza per il settore agricolo e per l'ambiente. Il gruppo di ricerca di Agroscope sui sistemi prativi e la produzione di foraggio è impegnato nello studio dell'ecologia agraria e nella gestione dei prati sia nell'agricoltura tradizionale che biologica. La finalità è quella di contribuire allo sviluppo di sistemi di produzione locali, sostenibili e multifunzionali con un'ampia variabilità di livelli di intensivizzazione gestionale e di specificità locali, dalle zone di pianura ad alta produttività alle aree marginali alpine.

La Società Svizzera dei Prati e pascoli (Arbeitsgemeinschaft zur Förderung des Futterbaues AGFF) è governata da un organismo di gestione formato da agricoltori, consulenti e rappresentanti di industrie, associazioni e istituti di ricerca agricola. La sua attività principale consiste nello stabilire dei forti legami tra tutti i partner interessati allo scopo di ottenere foraggio sostenibile di alta qualità e un'idonea gestione delle aree prative. Questa struttura facilita il tempestivo ed efficace scambio di idee e di risultati sperimentali tra gli operatori e i ricercatori. AGFF è un'organizzazione riconosciuta a livello nazionale per tutti gli aspetti tecnici riguardanti le aree prative e i relativi sistemi di produzione. Gli strumenti di gestione di queste aree e il materiale informativo prodotto da AGFF vengono ampiamente divulgati e utilizzati dai servizi di consulenza e dalle scuole agrarie della Svizzera per la formazione dei giovani agricoltori.

Indirizzo:
Agroscope
Reckenholzstrasse 191
8046 Zurigo
Svizzera
tel. +41 58 468 71 11

AGFF
Reckenholzstrasse 191
8046 Zurigo
Svizzera
tel. +41 377 72 53

Coordinate GPS del sito sperimentale: 47°25'40.1"N 8°30'59.4"E

Per ulteriori informazioni e visite guidate contattare:
Andreas Lüscher
e-mail andreas.luescher@agroscope.admin.ch
tel- +41 58 468 72 73

LA GESTIONE DEL *RUMEX OBTUSIFOLIUS* NEI PRATI STABILI

Il *Rumex obtusifolius* L. (romice comune o lingua di vacca) è una delle infestanti più problematiche per i prati stabili gestiti in modo intensivo in Europa (Grossrieder e Keary 2004) ed è considerato uno dei principali ostacoli per la conversione a biologico in Svizzera. Vi è pertanto la necessità di sviluppare misure di lotta non chimiche contro questa malerba. La lotta biologica per il controllo di infestanti locali con l'utilizzo di insetti fitofagi offre un'opportunità potenzialmente efficace ma ancora poco esplorata. Due lepidotteri europei appartenenti alla famiglia dei Sesiidae, ovvero la specie *Pyropteron chrysidiforme*, presente in Europa centrale e meridionale, e la specie mediterranea *Pyropteron doryliforme*, sono state proposte per la lotta biologica al *R. obtusifolius* (Grossrieder e Keary 2004) poiché le loro larve si annidano nelle radici e possono provocarne il deterioramento (Scott e Sagliocco 1991a, Scott e Sagliocco 1991b).
Il *Rumex obtusifolius* si caratterizza per l'elevata produzione di semi, fino a 60.000 per pianta all'anno, che rimangono vitali nel terreno fino a 40 anni (Cavers e Harper 1964). Un'altra caratteristica è che i profondi fittoni della pianta consentono a questa specie botanica di competere efficacemente nei confronti di altre erbe comunemente presenti nei prati stabili. E' quindi necessario intervenire per prevenire la diffusione del *R. obtusifolius* e impedire che si creino delle popolazioni ad alta densità di questa specie nei prati stabili. A questo scopo, è stato realizzato uno studio in tre Paesi europei con diverse condizioni pedo-climatiche al fine di identificare le pratiche di coltivazione e i fattori ambientali in grado di prevenire l'infestazione da *R. obtusifolius* nei prati stabili. Lo studio ha seguito lo schema già utilizzato per la lotta al *Senecio jacobaea* (Suter et al. 2007) e al *Senecio aquaticus* (Suter e Lüscher, 2008).

VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA POTENZIALE DELLA LOTTA BIOLOGICA CON AGENTI MULTIPLI PER IL CONTROLLO DEL *RUMEX OBTUSIFOLIUS*

Obiettivi

In una precedente prova di campagna era stato osservato un impatto solamente moderato del *P. chrysidiforme* sulla presenza del *R. obtusifolius*. In questa prova era stato recuperato solo un basso numero di larve per pianta, nonostante l'elevato numero di uova (Hahn et al. 2016), dando adito all' ipotesi che si fosse verificata una competizione intraspecifica tra le larve di *P. chrysidiforme*.
Se la competizione interspecifica tra le due specie di *Pyropteron* fosse meno rilevante rispetto alla competizione intraspecifica, si è ipotizzato che l'applicazione congiunta delle due specie di insetti potresse causare un maggiore impatto sulle piante di *Rumex*.

Materiali e metodi

Al fine di verificare questa ipotesi, nel 2018 è stato realizzato un "esperimento comportamentale" in cui le larve di due specie dello stesso genere *Pyropteron* (*P. chrysidiforme* e *P. doryliforme*) sono state sottoposte a competizione intraspecifica, e a non-competizione in piastre Petri contenenti pezzi di radice di *R. obtusifolius* o di *Rumex pulcher*, rilevando in tempi diversi il livello di sopravvivenza larvale. Inoltre, allo scopo di confrontare l'infestazione e l'impatto potenziale di *P. chrysidiforme* e di *P. doryliforme* su *R. obtusifolius* e *R. pulcher*, sono state applicate uova di *Pyropteron* su piante in vaso in un giardino comune ("esperimento di infestazione e impatto"), confrontando le tesi "applicazione di una specie singola" (solo una specie di insetto) e "applicazione mista" (uso di entrambe le specie). Il numero di uova utilizzato è stato standardizzato a 30 uova nella tesi a specie singola e a 15 uova per specie di *Pyropteron* nella tesi mista. L'esperimento è iniziato nel 2018 e si è completato a fine 2019, valutando due annate di raccolta. Per maggiori informazioni riguardanti materiali e metodi dei due esperimenti, è possibile fare riferimento alle edizioni 2018 e 2019 del report "Prove sperimentali in Europa" del progetto IWMPRAISE pubblicato sul sito di Veneto Agricoltura.

Risultati

L'esperimento ha evidenziato che la probabilità di sopravvivenza larvale è stata significativamente ridotta quando le larve erano in competizione e che tale riduzione si è verificata sia per la competizione intraspecifica che per quella interspecifica. Le rilevazioni hanno infatti registrato una sopravvivenza larvale media di 0,76, 0,44 e 0,46 rispettivamente per la tesi in assenza di competizione, per la tesi con competizione intraspecifica e per la tesi con competizione interspecifica. La probabilità di sopravvivenza è diminuita con il passare del tempo per tutte le tesi considerate. Allo stesso modo, i risultati dell'infestazione e del suo impatto hanno rivelato che i trattamenti con singola specie o con un mix di specie differiscono solo marginalmente rispetto al numero di larve recuperate (Tabella 1) e questo non dipende dalla stagione di raccolta.
Tali risultati indicano che il trattamento congiunto

Piante di *Rumex*	Trattamento con *Pyropteron (tesi)*	Numero totale di larve per pianta		Proporzione del danneggiamento radicale	
		Media	Errore Standard	Media	Errore Standard
Rumex obtusifolius	Controllo	0	0	0,07	0,01
	Pch	3,87	0,44	0,2	0,02
	Pdo	2,95	0,4	0,19	0,02
	Pch-Pdo mix	4,45	0,46	0,27	0,04
Rumex pulcher	Controllo	0	0	0,06	0,01
	Pch	1,82	0,38	0,37	0,06
	Pdo	1,67	0,33	0,24	0,05
	Pch-Pdo mix	1,87	0,3	0,27	0.05

Tabella 1 - Numero totale di larve recuperate dalle piante infestate e proporzione del danneggiamento radicale su due specie di *Rumex* (*R. obtusifolius* e *R. pulcher*) in corrispondenza dei diversi trattamenti di *Pyropteron* (Controllo, applicazione di *P. chrysidiforme* [Pch], applicazione di *P. doryliforme* [Pdo], applicazione mista [Pch-Pdo mix]) nella prova d'infestazione e impatto.

delle due specie di *Pyropteron* non si traduce in un aumento dell'attività fitofagica sulle piante di Rumex. Inoltre, la percentuale di danneggiamento radicale in entrambe le specie di *Rumex* è aumentata in presenza di *Pyropteron* (*R. obtusifolius*: 22% in media con trattamenti di *Pyropteron* contro il 7% nel controllo; *R. pulcher*: 29% con *Pyropteron* contro il 6% nel controllo, Tabella 1) confermando che in effetti la maggiore presenza di fitofagi causa un maggiore impatto sulla pianta ospite.

Sommario

Piuttosto che applicare molte uova delle due specie di *Pyropteron* simultaneamente, si dovrebbero considerare altre modalità per favorire il tasso di attecchimento larvale e il relativo impatto. Un'alternativa possibile potrebbe essere quella di ripetere l'applicazione di un basso numero di uova di *Pyropteron* sulle piante di *Rumex*, cosa che potrebbe ridurre l'interferenza larvale, in particolare durante i primi giorni dopo la schiusa. Un'altra alternativa può essere l'uso di agenti multipli con differenti nicchie alimentari per aumentare l'effetto top-down dei fitofagi sulla pianta bersaglio con la possibilità di ridurre la competizione tra gli agenti.

PROVA DI CAMPO SULL'IMPATTO DI DUE SPECIE DI SESIIDI PER LA LOTTA BIOLOGICA AL *RUMEX OBTUSIFOLIUS* IN CONDIZIONI DI STRESS COMPETITIVO

Obiettivi

Una precedente prova sull'impatto del lepidottero *P. chrysidiforme* non era stata sufficiente a ridurre significativamente la presenza di piante di *R. obtusifolius* nei prati stabili (Hahn et al. 2016). L'effetto fitofagico può essere aumentato dalla competizione e un potenziale competitor del *R. obtusifolius* è il *Lolium perenne* L. (Keary and Hatcher 2004, Niggli et al. 1993). In questa prova sperimentale sono stati valutati gli effetti interattivi del *P. chrysidiforme* e la competizione del *L. perenne* su piante di *R. obtusifolius* a diversa dimensione di sviluppo iniziale.

Materiali e metodi

Nel giugno 2019 su un prato vicino a Zurigo (Svizzera) sono state piantate 432 radici di *R. obtusifolius* in parcelle con zolle di L. perenne o in parcelle di terreno nudo (in totale 16 parcelle 1,8 m × 5 m). Le radici di *Rumex* sono state pesate dopo averle tagliate alla lunghezza di 15 cm e classificate per categoria di grandezza. I risultati qui presentati si riferiscono a due gruppi di piante inizialmente piccole e grandi (106 piante in totale). Il peso medio delle radici trapiantate piccole e grandi era di 2,9 g (e.s ±0,20 g., SE = errore standard) e di 57,5 g (e.s ±5,19 g) rispettivamente. Su ogni parcella un terzo delle radici di ogni classe di dimensione è stato inoculato con uova di *P. chrysidiforme*, un terzo

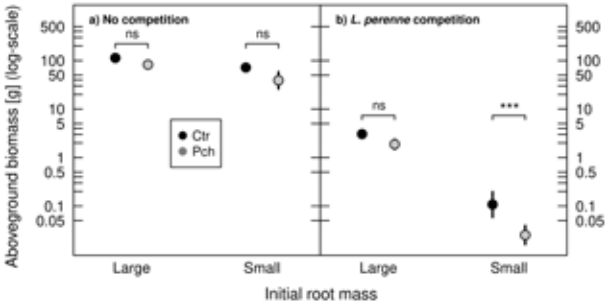


Figura 1 - Biomassa epigea delle piante di *R. obtusifolius* cresciute senza competizione (a) e in competizione con *L. perenne* (b), in funzione della massa radicale iniziale e dei trattamenti con *Pyropteron* (nessun trattamento [Ctr], trattamento con *P. chrysidiforme* [Pch]). Nel grafico sono mostrate le medie ± errore standard. *** = P < 0.001, ns = non significativo.

con uova di *P. doryliforme* e il terzo rimanente, non inoculato, fungeva da controllo (schema split-plot). La biomassa epigea delle piante di Rumex è stata raccolta per tre volte nell'autunno 2019 e per due volte nella primavera 2020, seccata fino a un peso costante e sommata al fine di ottenere la biomassa epigea cumulativa. Le radici sono state estirpate a maggio 2020, lavate dai residui di terra e pesate. I dati sono stati elaborati utilizzando modelli lineari generalizzati ad effetti misti (GLMMs), mediante una funzione log-link. I fattori esplicativi erano la competizione con *L. perenne* (2 livelli), l'introduzione di *P. chrysidiforme* (2 livelli), e la massa radicale iniziale di R. obtusifolius (2 livelli), comprese le interazioni tra fattori. Lo schema a split-plot è stato preso in considerazione tramite una intercetta random per ogni blocco (analisi eseguita dal software R, version 4.1.1 (R Core Team 2021)). Per ulteriori dettagli su materiali e metodi di questa prova sperimentale, fare riferimento all'edizione 2020 del report "Prove sperimentali in Europa" di IWMPRAISE pubblicato sul sito di Veneto Agricoltura.

Figura 2 - Radice danneggiata di pianta di *R. obtusifolius* inizialmente piccola, contenente larve di *P. chrysidiforme*.

Risultati

I risultati qui presentati riguardano solamente il trattamento con *P. chrysidiforme*, poichè quelli ottenuti con *P. doryliforme* non erano confrontabili. I dati dimostrano comunque che il *P. chrysidiforme* ha avuto un impatto su *R. obtusifolius* maggiore del *P. doryliforme*. La biomassa epigea di tutte le piante di *R. obtusifolius* è stata significativamente ridotta dalla competizione del *L. perenne*. Inoltre, le piante con radici inizialmente piccole sono state più penalizzate dalla competizione rispetto alle piante da introdotte con radici già grandi. Sebbene il trattamento con P. *chrysidiforme* non abbia avuto effetti sulle piante di *R. obtusifolius* cresciute senza competizione, il *P. chrysidiforme* ha significativamente ridotto la biomassa epigea di piante con radici inizialmente piccole in competizione con *L. perenne* (Figura 1). Allo stesso modo della biomassa epigea, la massa radicale finale di tutte le piante di *R. obtusifolius* ha subìto gli effetti della competizione con L. perenne e l'effetto competitivo è stato più evidente per le radici inizialmente piccole. Inoltre, la massa radicale finale delle radici inizialmente piccole ha subìto un impatto significativo dal trattamento con *P. chrysidiforme* (Figura 2), ma solo se in competizione con *L. perenne* (Figura 3).

Sommario

La prova ha evidenziato che la competizione tra le piante e gli insetti fitofagi causa impatti interattivi sulla crescita di *R. obtusifolius*. In particolare, la competizione con erbe di prato riduce fortemente la biomassa epigea e la massa radicale di *R. obtusifolius*. L'effetto dei fitofagi, sebbene generalmente più debole rispetto all'effetto competitivo, ha ulteriormente danneggiato le radici inizialmente piccole, ma non quelle più grandi, in presenza di competizione con *L. perenne*. I risultati ottenuti indicano che gli effetti combinati della lotta biologica e della competizione tra piante può ridurre la crescita di una delle principali infestanti nei prati stabili. La lotta biologica associata alla competizione

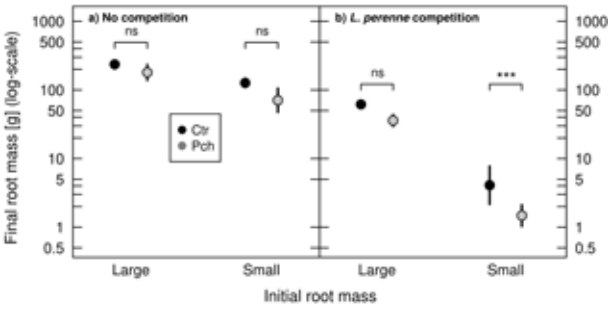


Figura 3 - Massa radicale finale di piante di *R. obtusifolius* cresciute senza competizione (a) e in competizione con *L. perenne* (b), in funzione della massa radicale iniziale e dei trattamenti con *Pyropteron* (nessun trattamento [Ctr], trattamento con *P. chrysidiforme* [Pch]). Nel grafico sono mostrate le medie ± errore standard. *** = P < 0.001, ns = non significativo.

può quindi aumentare l'impatto su *R. obtusifolius*, oltre a quello derivante dai trattamenti tradizionali. Questi effetti combinati dovrebbero pertanto essere studiati più spesso nell'ambito della gestione integrata delle malerbe.

LA PREVENZIONE DELLE INFESTAZIONI DA *RUMEX OBTUSIFOLIUS*: UNO STUDIO CASO-CONTROLLO

Obiettivi

Questo studio, realizzato presso un'azienda agricola privata, aveva lo scopo di identificare le pratiche di gestione atte a ridurre il rischio di infestazione da *R. obtusifolius* sui prati stabili in tre Paesi: Gran Bretagna, Slovenia e Svizzera. Lo studio ha adottato una "metodologia caso-controllo" già utilizzata da Suter *et al.* (2007) e da Suter e Lüscher (2008), che consiste nel confrontare parcelle ad alta densità di *R. obtusifolius* con parcelle che ne sono prive o con densità molto basse. Le condizioni pedo-climatiche di queste coppie di parcelle erano molto simili, ma la loro gestione poteva differire in modo sostanziale.

Materiali e metodi

Il campionamento è stato realizzato presso 40 aziende agricole in Svizzera, 20 in Slovenia e 18 in Gran Bretagna, registrando i dati di una coppia di parcelle caso-controllo per ogni azienda. I contatti con gli agricoltori proprietari delle parcelle con un'elevata infestazione di *Rumex* sono stati curati mediante il supporto dei servizi di consulenza agricola. In ogni parcella, il campionamento è stato eseguito su due sub-parcelle di 3 m x 3 m e consisteva nel censimento della vegetazione presente (lista delle specie, percentuale di gruppi funzionali e le tre specie più abbondanti), della copertura vegetale (0,1-5 cm) e della superficie del terreno coperta dalla pianta (metodo punto-intercetta), oltre alla raccolta di campioni per l'analisi fisico-chimica dei suoli e la banca dei semi di *R. obtusifolius*. Per ulteriori dettagli su materiali e metodi dello studio caso-controllo, fare riferimento all'edizione 2020 del report "Prove sperimentali in Europa" di IWMPRAISE pubblicato sul sito di Veneto Agricoltura.

Per rilevare la banca dei semi di *R. obtusifolius*, è stata eseguita da Agrocope, a Zurigo, una prova di germinazione con campioni provenienti da Svizzera e Slovenia utilizzando la metodologia precedentemente descritta nella citata edizione 2020. Una prova simile di germinazione con campioni britannici è stata realizzata presso l'Istituto di ricerca di Rothamsted nell'inverno 2020, in base a un protocollo comune.

Inoltre nel 2020/2021 sono stati intervistati gli agricoltori proprietari delle parcelle in Slovenia, Svizzera e Gran Bretagna, chiedendo informazioni sulle tecniche colturali precedentemente utilizzate sulle parcelle. Le variabili prese in considerazione per l'analisi finale sono state, tra le altre, il numero e il tipo degli eventi di defogliazione (falciatura, pascolo), l'intensità del pascolo, la quantità e il tipo di fertilizzanti utilizzati, il disturbo del suolo, la trasemina, il rinnovo del cotico erboso, la normativa sui trattamenti e il tipo di erbicidi utilizzati.

E' stata usata la regressione logistica multipla per stimare il rischio relativo di infestazione da *R. obtusifolius* nei prati stabili dei tre Paesi coinvolti, considerando come variabile di risposta la presenza (caso) o l'assenza (controllo) di *R. obtusifolius*. Variabili di predizione erano invece le proprietà chimico-fisiche dei suoli e le variabili di gestione dei prati desunte dalle interviste agli agricoltori. Un'ulteriore analisi è stata condotta per determinare le specie indicatrici presenti sulle parcelle con e senza *R. obtusifolius* per Paese, calcolando l'Ind-Val (Valore indicatore di specie) secondo Dufrêne e Legendre (1997).

Risultati

Il numero di semi germinati di *R. obtusifolius* nelle parcelle "caso" è stato in media di 866 (±152 e.s.), 628 (±183 e.s.) e 752 (±183 e.s.) semi/m^2 rispettivamente in Svizzera, Slovenia e Gran Bretagna, con una variabilità notevole tra le diverse parcelle. Il numero di semi germinati di *R. obtusifolius* nelle parcelle "controllo" è stato di 51 (±18 e.s), 75 (±52 e.s) e 98 (±52 e.s) semi/

m^2 rispettivamente in Svizzera, Slovenia e Gran Bretagna. Complessivamente, i numeri dei semi di *R. obtusifolius* osservati nelle parcelle molto infestate (casi) di Svizzera, Slovenia e Gran Bretagna sono confrontabili tra loro e le differenze tra le banche dei semi delle parcelle "caso" e delle parcelle "controllo" sono simili, nonostante le condizioni pedo-climatiche fossero sostanzialmente diverse.
In tutti i Paesi l'aumento della copertura vegetale ha ridotto il rischio di infestazione consistente da *R. obtusifolius* (Figura 4), mentre un'elevata intensità di uso del suolo (in termini di numero di defogliazioni e di concimazioni azotate) e l'elevato contenuto in fosforo nel suolo ha causato un aumento del rischio d'infestazione. Inoltre, le parcelle pascolate in Svizzera hanno dimostrato un maggiore rischio d'infestazione da piante di *Rumex* rispetto alle parcelle falciate. Questo risultato può essere spiegato dal danneggiamento del cotico erboso provocato dal pascolamento che ha consentito il recupero di piante di *Rumex* dalla abbondante banca dei semi delle parcelle "caso".
Nei 3 Paesi, le specie-indicatore per il gruppo di parcelle con *R. obtusifolius* sono state le specie tipiche delle aree sfruttate, come *Plantago major*. Per il gruppo di parcelle senza *R. obtusifolius*, sono state identificate specie caratteristiche di prati a media produttività, quali *Anthoxantum odoratum, Festuca rubra* e *Festuca arundinacea*.

Sommario

Nel complesso, i risultati dello studio caso-controllo indicano che una particolarmente elevata intensità di gestione del prato, che si manifesta con un'alta disponibilità di azoto e fosforo e un elevato numero di defogliazioni aumentano il rischio di infestazione da *R. obtusifolius*.

Considerazioni conclusive

La gestione efficace dell'infestante *R. obtusifolius* nei parti stabili può essere migliorata prendendo in considerazione due aspetti del diserbo integrato qui studiati: il controllo e la prevenzione. La lotta biologica con larve autoctone di *Pyropteron* che si annidano nelle radici offre un'interessante possibilità per il controllo delle piante di *Rumex* nei prati stabili, dato che questo approccio è compatibile con le pratiche di gestione dei prati ed è meno oneroso in termini di lavoro rispetto all'estirpazione manuale. Il nostro studio ha dimostrato che il trattamento con *Pyropteron* consente una riduzione della biomassa epigea e ipogea dell'infestante, oltre a una più accentuata degradazione radicale. La riduzione della biomassa e la maggiore degradazione radicale sono

Figura 4 - Esempio di sub-parcella campione in una parcella "caso" con elevata densità di *R. obtusifolius* e bassa copertura vegetale.

stati incentivati dalla competizione delle piante e dalle piccole dimensioni iniziali delle piante di *Rumex*. Anche quando le variabili che hanno influito sulle piante di *Rumex* non hanno portato a mortalità, il loro vigore è significativamente diminuito.
Lo studio caso-controllo ha evidenziato fattori importanti per l'incremento del rischio di elevata infestazione da *R. obtusifolius*: l'alta intensità di gestione ha causato un aumento del rischio di infestazione, mentre la copertura vegetale ne ha provocato la diminuzione. La prova sulla germinazione dei semi ha evidenziato un'elevata banca dei semi nelle parcelle con alta infestazione di *Rumex*. La prevenzione di nuove disseminazioni di *Rumex* e il mantenimento di una densa copertura vegetale rappresentano pertanto importanti misure di prevenzione per la lotta al *R. obtusifolius* nei prati stabili.

Bibliografia

Cavers PB, Harper JL (1964) Biological flora of the British Isles: *Rumex obtusifolius* L. and *R. crispus* L. Journal of Ecology 52:737-766.
Dufrêne M, Legendre P (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological monographs, 67:345-366.
Grossrieder M, Keary IP (2004) The potential for the biological control of *Rumex obtusifolius* and *Rumex crispus* using insects in organic farming, with particular reference to Switzerland. Biocontrol News and Information 25:65N-79N.
Hahn MA, Schaffner U, Häfliger P, Lüscher A (2016) Establishment and early impact of the native biological control candidate *Pyropteron chrysidiforme* on the native weed *Rumex obtusifolius* in Europe. Biocontrol 61:221-232. https://doi.org/10.1007/s10526-016-9715-6
Keary IP, Hatcher PE (2004) Combining competition from *Lolium perenne* and an insect-fungus combination to control *Rumex obtusifolius* seedlings. Weed Research 44:33-41. https://doi.org/DOI 10.1046/j.1365-3180.2003.00370.x
Niggli U, Nösberger J, Lehmann J (1993) Effects of Nitrogen-Fertilization and Cutting Frequency on the Competitive Ability and the Regrowth Capacity of *Rumex obtusifolius* L. in Several Grass Swards. Weed Research 33:131-137. https://doi.org/10.1111/j.1365-3180.1993.tb01926.x
R Core Team (2021) R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria https://www.r-project.org.
Scott JK, Sagliocco JL (1991a) *Chamaesphecia doryliformis* [*Lep, Sesiidae*], a 2nd Root Borer for the Control of *Rumex Spp* [*Polygonaceae*] in Australia. Entomophaga 36:245-251. https://doi.org/10.1007/Bf02374560
Scott JK, Sagliocco JL (1991b) Host-Specificity of a Root Borer, *Bembecia chrysidiformis* [Lep, Sesiidae], a Potential Control Agent for *Rumex Spp* [*Polygonaceae*] in Australia. Entomophaga 36:235-244. https://doi.org/10.1007/Bf02374559
Suter M, Lüscher A (2008) Occurrence of *Senecio aquaticus* in relation to grassland management. Applied Vegetation Science 11:317-324. https://doi.org/10.1111/j.1654-109X.2008.tb00448.x
Suter M, Siegrist-Maag S, Connolly J, Lüscher A (2007) Can the occurrence of *Senecio jacobaea* be influenced by management practice? Weed Research 47:262-269. https://doi.org/DOI 10.1111/j.1365-3180.2007.00566.x

FRANCIA WP3

Mons
Boutigny
Nancy
Boigneville
Bourges
Lunery
Subdray
Dijon
Surgères

WP3 – PROVE SPERIMENTALI IN COLTURE SEMINATE A FILE STRETTE

L'annata 2019/2020 è stata caratterizzata dalla crisi del COVID-19 e sono state completate solo sei prove: tre sulla colza e tre sui cereali, focalizzate sulla valorizzazione di dati già acquisiti. Sono state realizzate alcune prove dimostrative, principalmente a beneficio dei visitatori, ma nessuna prova è stata finalizzata all'acquisizione di dati per il progetto.

PROVE SPERIMENTALI SU COLZA

Tutte le prove sono state condotte dal partner Terres Inovia per due annate produttive.

ANNATA 2019/2020

Sono state avviate tre prove su colza sul controllo delle infestanti a foglia larga con un nuovo erbicida applicato in post-emergenza (MOZZAR – picloram 48 g/l + halauxifene 10 g/l a 0,25 l/ha) e sul diserbo meccanico con erpice strigliatore.
Le strategie di gestione delle infestanti nella colza sono tradizionalmente basate sui trattamenti erbicidi di pre-emergenza. Per diminuire l'uso di erbicidi sono tuttavia preferibili strategie basate esclusivamente su trattamenti di post-emergenza, in quanto possono essere eseguiti dopo avere eseguito le osservazioni necessarie per scegliere il programma migliore. È anche possibile combinare il trattamento erbicida con il diserbo meccanico (es. erpice strigliatore) per migliorarne l'efficacia. Le prove sono state progettate per includere l'erpicatura su metà dell'area di studio. La tabella seguente descrive i siti di prova e le date degli interventi colturali.

PROVA 1 – NANCY (LORRAINE)

E' stata osservata un'infestazione omogenea di *Veronica hederifolia*. Le condizioni di siccità durante l'estate hanno ritardato la comparsa di questa malerba, che è comparsa a metà settembre. Di conseguenza, la prima operazione di erpicatura non ha avuto alcun impatto sulle infestanti, ma ha

Sito della prova	Tipo di suolo	Demina della colza	Distanza tra le fila	Erpicatura in pre-emergenza	Erpicatura 4-6 foglie	Erpicatura tardiva	Malerbe
Nancy (Lorraine)	Argilloso-limoso	22/08	45 cm	27/08	25/09	Terreno troppo umido	*Veronica hederifolia*
Mons (Picardy)	Argilloso-limoso	27/08	45 cm	30/08	03/10	Terreno troppo umido	*Galium aparine, Matricaria inodora*
Surgères (Charente)	Sabbioso-argilloso	22/08	17.5 cm	26/08	28/10	06/12	*Geranium sp. & Galium aparine*

Tabella 1 - Siti della prova e interventi colturali.

	Strategia	Modalità			Costo (€/ha)	TFI*
		pre-emergenza	4 to 6 leaves di colza (circa 1 ottobre)	circa 1 novembre		
1	Diserbo chimico standard 1	-	Mozzar @ 0,25 l/ha	-	45	0.5
2	Diserbo chimico standard 2	-	-	Mozzar @ 0,25 l/ha	45	0.5
3	Strategia mista 1	-	Erpicatura	Mozzar @ 0,25 l/ha	45	0.5
4	Strategia mista 2	Erpicatura	Erpicatura	Mozzar @ 0,25 l/ha	45	0.5
5	Diserbo meccanico 1	-	Erpicatura	-	≈15	0
6	Diserbo meccanico 2	Erpicatura	Erpicatura	-	≈30	0
7	Diserbo meccanico 3	Erpicatura	Erpicatura	Erpicatura	≈45	0

Mozzar : picloram 48 g/l + halauxifen-méthyl 10 g/l
* TFI = rapporto tra dose usata/dose legale

Tabella 2 - Protocollo comune delle tre prove sulla colza. Lo schema sperimentale della prova in campo è stato adattato dalle strategie di diserbo meccanico, in relazione all'ampiezza dell'erpice strigliatore.

	Veronica hederifolia Media di 3 blocchi		
	12/12/2019 (stadio B10 della colza)	20/02/20 (stadio C2 della colza)	
Strategia	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**	**Efficacia (%)**
Diserbo chimico standard 1	43.3	90	90
Diserbo chimico standard 2	44.0	90	90
Strategia mista 1	53.7	90	90
Strategia mista 2	36.7	91.67	91.67
Diserbo meccanico 1	38.3	43.33	43.33
Diserbo meccanico 2	60.7	43.33	43.33
Diserbo meccanico 3*	47.3	43.33	43.33

*Il terzo passaggio dell'erpice strigliatore non è stato eseguito a causa della pioggia (quindi le strategie Diserbo meccanico 2 e Diserbo meccanico 3 sono simili).

Tabella 3 - Risultati della prova di Nancy.

Figura 1 - Strategia mista 1 (20/02/2020) nella prova di Nancy (Lorraine).

danneggiato la coltura durante l'emergenza (perdita del 26% di piante rispetto al testimone di controllo). Inoltre, è stata osservata una piccola differenza di vigore nelle strategie di diserbo meccanico, nel senso che la crescita della coltura è stata "disturbata" e quindi è apparsa un po' meno vigorosa rispetto alla parcella di controllo, probabilmente per l'effetto dell'erpicatura sulle piante rimanenti.
Le strategie interamente meccaniche, con 1 o 2 passaggi (il terzo non poteva essere eseguito a causa delle condizioni piovose in autunno), erano allo stesso livello di efficacia, ovvero il 43%. Non essendoci infestanti al momento del primo passaggio (in pre-emergenza), si può dedurre che sia stato il secondo passaggio (in post-emergenza a 4-6 foglie) ad essere efficace.
Per le strategie di diserbo chimico e miste i livelli

	Galium aparine Media di 3 blocchi			
	21/11/19 (stadio B10 della colza)		13/03/20 (stadio D1 della colza)	
Strategia	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**
Diserbo chimico standard 1	1.33	100	2.33	98.33
Diserbo chimico standard 2	1	50	1.66	98.33
Strategia mista 1	2.33	66.66	5.66	100
Strategia mista 2	1.33	83.33	3.66	100
Diserbo meccanico 1	1.33	10	4.66	30
Diserbo meccanico 2	1.33	0	3.33	40
Diserbo meccanico 3*	1	50	4.66	50

*Il terzo passaggio dell'erpice strigliatore non è stato eseguito a causa della pioggia (quindi le strategie Diserbo meccanico 2 e Diserbo meccanico 3 sono identiche).

Tabella 4 - Risultati sul *Galium aparine*.

	Matricaria inodora Media di 3 blocchi			
	21/11/19 (stadio B10 della colza)		13/03/20 (stadio D1 della colza)	
Strategia	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**
Diserbo chimico standard 1	2	100	2.5	95
Diserbo chimico standard 2	1.5	75	3.66	95
Strategia mista 1	2	100	1.66	100
Strategia mista 2	2	50	4	100
Diserbo meccanico 1	2	100	2	40
Diserbo meccanico 2	1.5	100	1.5	60
Diserbo meccanico 3*	2	100	2	70

* Il terzo passaggio dell'erpice strigliatore non è stato eseguito a causa della pioggia (quindi le strategie Diserbo meccanico 2 e Diserbo meccanico 3 sono identiche).

Tabella 5 - Risultati sulla *Matricaria inodora*.

di efficacia sono stati molto buoni, oltre il 90%, mentre le strategie miste sono state equivalenti alle strategie chimiche standard. Pertanto, da questo studio su *Veronica hederifolia*, si può concludere che l'erpicatura, in post-emergenza o in pre-emergenza seguita da post-emergenza, non fornisce alcun beneficio o solo uno scarso beneficio alla strategia basata sul diserbo chimico.

PROVA 2 – MONS (PICARDY)

La mancanza di pioggia ha causato un'emergenza eterogenea di colza e d'infestanti. Sebbene l'infestazione fosse bassa, sono state osservate differenze di efficacia tra le strategie. *Galium aparine* e *Matricaria* inodora erano presenti con meno di 5 piante/m², ma i risultati devono essere interpretati con attenzione.
Le strategie miste e standard hanno mostrato un'efficacia molto buona, soprattutto a fine inverno. Si è osservato un minimo vantaggio nell'uso dell'erpice rispetto allo standard con solo diserbo chimico. È possibile ritardare il trattamento erbicida fino al 1 novembre perché è efficace quanto l'applicazione a 4-6 foglie della colza in ottobre. L'erpicatura non sembra facilitare il ritardo perché ha portato solo a pochi punti di efficacia in più. Nelle strategie miste l'applicazione di erbicidi è stata molto importante, perché il controllo meccanico delle infestanti ha fornito solo una bassa efficacia. Pertanto, le strategie di diserbo completamente meccanico non si sono rivelate molto utili in queste condizioni.

PROVA 3 – SURGÈRES (CHARENTE)

Questa prova è stata pesantemente infestata da Geranium sp. e Galium aparine, entrambe difficilmente controllabili su colza. L'erpicatura è stata eseguita in tutti i periodi secondo il protocollo ed è stata selettiva per la coltura. Tuttavia la sua efficacia è risultata bassa, probabilmente a causa dell'elevata densità di infestanti (circa 150 piante/m²), soprattutto nell'ultimo passaggio (infestanti a 4-6 foglie). Il settaggio dell'erpice strigliatore non è stato molto aggressivo allo scopo di limitare la perdita di piante di colza.

Le strategie miste sono state equivalenti alla strategia standard 2 (trattamento erbicida eseguito il 1 novembre) e migliore della sola strategia chimica 1 a 4-6 foglie. Tuttavia, l'erpicatura non ha aggiunto alcun vantaggio alla strategia erbicida. I risultati del differimento del trattamento chimico fino al 1° novembre sono stati ancora più interessanti di quelli del trattamento di ottobre con 4-6 foglie di colza. Le

Figura 2 - Strategia mista 1 (21/11/2019) nella prova di Mons (Picardy).

	Geranium sp. Media di 3 blocchi			
	06/12/19	08/11/19	04/03/20 (stadio D1 della colza)	
Strategia	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**
Diserbo chimico standard 1	123	50	177	90
Diserbo chimico standard 2	123		177	95
Strategia mista 1	123	5	177	95
Strategia mista 2	123	5	177	95
Diserbo meccanico 1	123	5	177	5
Diserbo meccanico 2	123	5	177	5
Diserbo meccanico 3	123	5	177	5

Tabella 6 - Risultati sul *Geranium* spp.

	Galium aparine Media di 3 blocchi			
	06/12/19	08/11/19	04/03/20 (stadio D1 della colza)	
Strategia	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**	**Densità delle infestanti (piante/m²)**	**Efficacia (%)**
Diserbo chimico standard 1	18	50	18	80
Diserbo chimico standard 2	18		18	90
Strategia mista 1	18	5	18	90
Strategia mista 2	18	5	18	90
Diserbo meccanico 1	18	5	18	5
Diserbo meccanico 2	18	5	18	5
Diserbo meccanico 3	18	5	18	5

Tabella 7 - Risultati sul *Galium aparine*.

strategie miste si sono rivelate utili e soddisfacenti, con risultati che hanno dimostrato come il diserbo meccanico da solo non sia consigliabile in queste situazioni di elevata densità d'infestanti.

Conclusioni

L'efficacia del trattamento erbicida precoce è risultata leggermente inferiore a Surgères se confrontata con il trattamento tardivo, mentre non vi era alcuna differenza a Mons e Nancy. L'aggiunta dell'erpicatura al trattamento erbicida ha aumentato solo marginalmente il livello di efficacia a Mons e l'aggiunta di una seconda erpicatura non ha influito sul livello di efficacia (Figura 3). La mancanza di trattamento erbicida ha fornito livelli di efficacia compresi solamente tra il 30% e il 50% a Mons e Nancy, con un certo aumento di efficacia del secondo passaggio a Mons. L'efficacia dell'erpicatura a Surgères è stata molto bassa, anche con tre passaggi (5%).

ANNATA 2020/2021

Sono state condotte prove dimostrative in Francia su colza nel 2020/2021, come descritto in Tabella 8. Come nell'annata precedente, le prove su colza miravano a valutare strategie che sostituissero parzialmente o totalmente il diserbo chimico con alternative meccaniche o con strategie combinate a strumenti meccanici. Le prove avevano un protocollo simile, i cui dettagli sono presentati in Tabella 9.

PROVA 1 – NANCY (LORRAINE)

Le condizioni di siccità alla fine dell'estate hanno ritardato la comparsa delle infestanti, verificatasi a metà settembre. Di conseguenza, il primo passaggio dell'erpice strigliatore in pre-emergenza non ha avuto alcun impatto sulle infestanti e non ha danneggiato la colza. Grazie alle condizioni favorevoli in ottobre, sono state effettuate due passate con l'erpice strigliatore. L'efficacia del diserbo finale a fine inverno ha dimostrato che la strategia solamente meccanica ha avuto un'efficienza media del 43% sulle tre specie

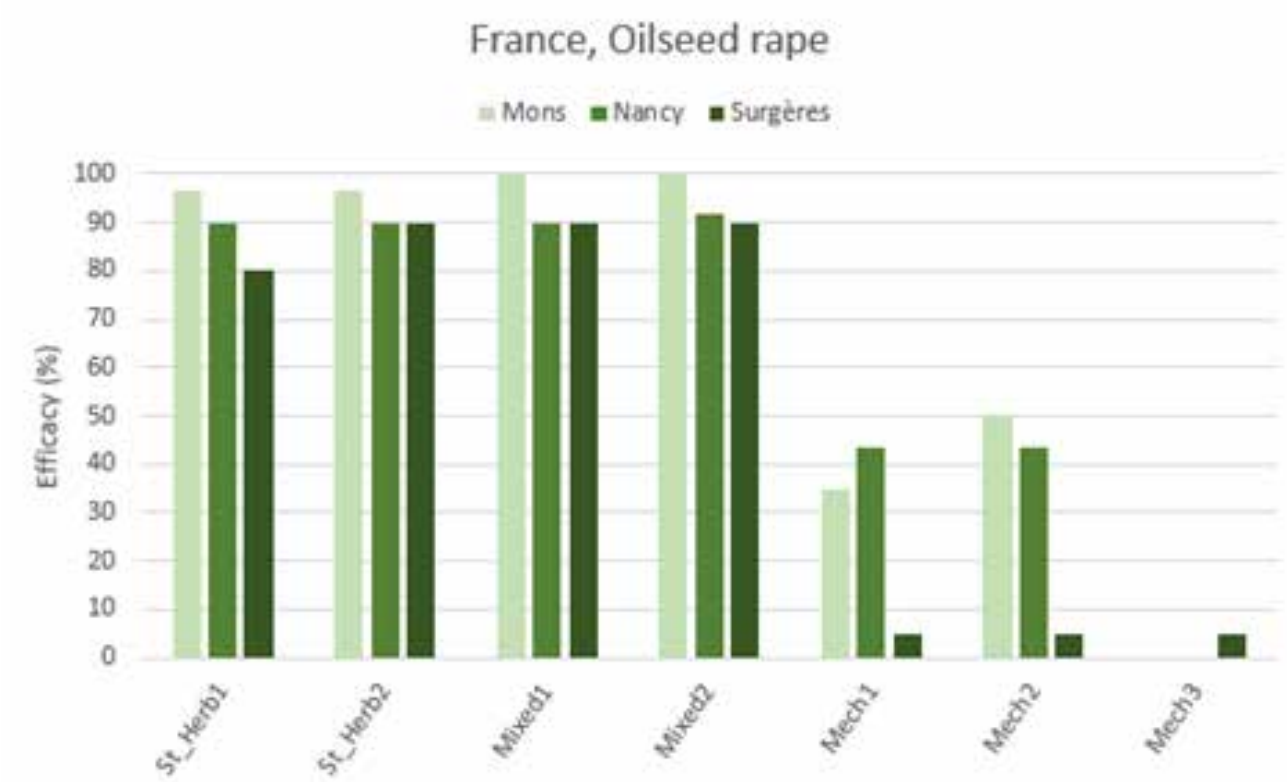


Figura 3 - Efficacia del controllo delle infestanti nella colza in tre località della Francia con solo diserbo meccanico (St_Herb 1 e 2), una combinazione di diserbo chimico e meccanico (Mixed 1 e 2) e diserbo esclusivamente meccanico (Mech 1, 2 e 3).

Sito della prova	Obiettivo principale	Metodo studiato
Nancy (Lorraine)	Ottimizzare il diserbo meccanico e le strategie di controllo della colza	Controllo meccanico delle malerbe
Surgères (Charente)	Ottimizzare il diserbo meccanico e le strategie di controllo della colza	Controllo meccanico delle malerbe
Dijon (Burgundy)	Ottimizzare il diserbo meccanico e le strategie di controllo della colza	Controllo meccanico delle malerbe
Mons (Picardy)	Ottimizzare il diserbo meccanico e le strategie di controllo della colza	Controllo meccanico delle malerbe e confronto tra strumenti (erpicatura di precisione vs erpicatura tradizionale)

Tabella 8 - Prove sperimentali condotte in Francia su colza nel 2020/2021.

Prova	Tipo di suolo	Data di semina della colza	Erpicatura in pre-emergenza	Erpicatura in ottobre	Sarchiatura in ottobre	Malerbe
Nancy	Argilloso-calcareo	19/08/20	21/08/20	14/10/20 + 22/10/20	14/10/20	*Geranium dissectum*, *Sonchus* sp., *Matricaria* sp.
Surgères	Medio argilloso-calcareo	14/08/20	Terreno troppo umido	21/10/20	16/10/20	*Orzo spontaneo*, *Mercurialis annua*, *Senecio vulgare*, *Veronica persica*
Dijon	Argilloso-calcareo	28/08/20	Terreno troppo umido	21/10/20	Terreno troppo umido	Nessuna malerba

Tabella 9 - Dettaglio delle prove su colza.

STRATEGIA	Modalities				COSTO (€/ha)	TFI*
	PRE-EMERGENZA	4 FOGLIE DI COLZA	CIRCA 1 OTTOBRE	CIRCA 1 NOVEMBRE		
STANDARD 1	-		Mozzar @ 0.25 L/ha	-	45	1
STANDARD 2	-	-		Mozzar @ 0.25 L/ha	45	0.5
MISTA 1	-	Erpicatura		Mozzar @ 0.25 L/ha	45	0.5
MISTA 2	-	Sarchiatura		Mozzar @ 0.25 L/ha	45	0.5
MISTA 3	Metazachlor 1.2 L/ha	Erpicatura o sarchiatura		-	26	0.6
MECC 4	Erpicatura	Sarchiatura		-	0	0

* TFI = rapporto tra dose usata/dose legale

Tabella 10 - Dettaglio delle strategie di controllo delle infestanti nelle prove di Nancy e Surgères.

infestanti presenti.
Per le strategie solamente chimica e mista, i livelli di efficacia sono stati molto buoni (oltre il 90%) su *Sonchus* e *Matricaria*. Su *Geranium dissectum* la strategia Standard 2 con Mozzar tardivo ha fornito risultati al di sotto del valore medio del campo prova (70%) a causa dello sviluppo di questa malerba al momento del trattamento, il che dimostra l'importanza dell'erpicatura in ottobre quando il Mozzar è stato applicato tardivamente.
La strategia Mista 3, che combinava il trattamento erbicida di pre-emergenza e due trattamenti di post-emergenza, è risultata all'incirca sul valore medio del campo prova (80%) perché le condizioni ambientali erano molto secche al momento del trattamento di pre-emergenza. Tuttavia, si può vedere che le strategie con due passaggi (Mista 1 e Mista 3) hanno funzionato bene. La strategia Mista 1 con due passaggi di erpice prima del trattamento tardivo con Mozzar è stata equivalente alla strategia Mista 2 (una sarchiatura prima del trattamento tardivo con Mozzar), con risultati simili per tutte e tre le specie infestanti.
E' pertanto possibile posticipare l'applicazione di Mozzar a novembre e somministrare solo metà dose, soprattutto su *Geranium*, e completare in anticipo a ottobre i passaggi dell'erpice strigliatore o della sarchiatrice. Meno soddisfacente appare la strategia mista con erbicida di pre-emergenza abbinata all'erpicatura (pur avendo un'efficacia uguale e superiore all'80%). Infine, la strategia tutta meccanica con erpice strigliatore in pre-emergenza e sarchiatura non è stata soddisfacente (efficacia solo del 43%).

	Malerbe				*Geranium dissectum*		*Sonchus* sp.		*Matricaria* sp.	
	Data del rilevamento				24/02/2021		24/02/2021		24/02/2021	
	Stadio della coltura				C2 -		C2 -		C2 -	
Strategia	**Pre-em**	**4 f di colza**	**Circa 1 Ottobre**	**Circa 1 Novembre**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**
STANDARD1	-	-	Mozzar 0.25 L/ha 13/10	-	21.5	95.0	7.5	92.5	8.5	95.0
STANDARD 2	-	-	-	Mozzar 0.25 L/ha 04/11	22.0	65.0	8.5	92.5	6.5	90.0
MISTA 1	-	**Erpicatura** 14/10 a 5-6 f di colza + **Erpicatura** 22/10 a 6 f di colza		Mozzar 0.25 L/ha 04/11	19.0	93.3	10.7	95.0	6.0	93.3
MISTA 2		**Sarchiatura** 14/10 a 5-6 f di colza		Mozzar 0.25 L/ha 04/11	21.7	93.3	9.0	93.3	5.7	95.0
MISTA 3	Butisan S 1.2 L/ha	**Erpicatura** 14/10 a 5-6 f di colza + **Erpicatura** 22/10 a 6 f di colza		-	20.5	80.0	7.5	95.0	5.5	92.5
MECC 4	Erpicatura	**Sarchiatura** 14/10 a 5-6 f di colza		-	19.7	43.3	7.7	43.3	6.7	43.3

Tabella 11 - Risultati delle strategie messe a confronto a Nancy.

PROVA 2 – SURGÈRES (CHARENTE)

La rapida emergenza della coltura non ha consentito la prima erpicatura in pre-emergenza. Successivamente, le condizioni umide durante il diserbo meccanico non hanno consentito la sua piena efficacia e il Mozzar da solo non è stato efficace nel contenere l'orzo spontaneo. L'uso dell'erpice strigliatore (strategia Mista 1) è stato efficace solo per il 10% su questa malerba, mentre la sarchiatura (strategia Mista 2) è risultata efficace per il 77%. Tuttavia, questa efficacia è sembrata essere puramente casuale poiché la strategia meccanica (Mecc 4), con la sarchiatura eseguita in contemporanea, è stata efficiente solo al 53%. Su questa infestante la strategia con il metazachlor in pre-emergenza e successiva erpicatura (Strat 3) ha ottenuto un'efficacia del 75%.

Su *Mercurialis annua* il trattamento tardivo di novembre con Mozzar (Standard 2) ha funzionato bene, rendendo quasi inutili le lavorazioni meccaniche (erpicatura o sarchiatura) anticipate in ottobre. La sola sarchiatura (Mecc 4) è risultata efficace al 73%. La strategia con trattamento erbicida di pre-emergenza seguita dalla sarchiatura (Mista 3) non è stata soddisfacente, con solo il 30% di efficacia. Su *Senecio vulgare*, il Mozzar (Standard 1 e 2) non è stato sufficiente a contenere l'infestazione (70% di efficacia). L'aggiunta dell'erpicatura (Mista 1) ha aumentato la percentuale di efficacia, ma non l'aggiunta della sarchiatura (Mista 2) e questo è un

Figura 4 - Dettagli dell'erpice di precisione Agronomic.

	Malerbe				*Geranium dissectum*		*Sonchus* sp.		*Matricaria* sp.	
	Data del rilevamento				04/03/2021		04/03/2021		04/03/2021	
	Stadio della coltura				C2 -		C2 -		C2 -	
Strategia	**Pre-em**	**4 f di colza**	**Circa 1 Ottobre**	**Circa 1 Novembre**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**
STANDARD1	-	-	Mozzar 0.25 L/ha 16/10/20	-	31	0	11	95	4	67
STANDARD 2	-	-	-	Mozzar 0.25 L/ha 16/11/20	27	0	12	95	3	70
MISTA 1	-	**Erpicatura** 21/10 a 12 f di colza		Mozzar 0.25 L/ha 16/11/20	28.66	10	9	95	4	90
MISTA 2	-	**Sarchiatura** 16/10 a 12 f di colza		Mozzar 0.25 L/ha 16/11/20	27	77	8	92	7	70
MISTA 3	Metazachlor 1,2 l/ha)	**Erpicatura** 21/10 a 12 f di colza		-	21.66	75	8	30	5	77
MECC 4	0	**Sarchiatura** 16/10 a 12 f di colza		-	23	53	10	73	6	77

Tabella 12 - Risultati della prova di Surgères.

risultato sorprendente che necessita di ulteriori verifiche con altre prove. La sola sarchiatura (Mecc 4) ha dato un'efficacia del 77% e la medesima efficaci è stata ottenuta dalla strategia con trattamento erbicida di pre-emergenza seguito da erpicatura (Mista 3).

PROVA 3 – MONS (PICARDY)

Questa prova si differenziava dalle altre perché si trattava di un confronto di strategie alternative con strumenti meccanici diversi: l'erpice di precisione a confronto con l'erpice tradizionale.
La colza è stata seminata il 3 settembre 2020 e il diserbo meccanico è stato eseguito il 4 novembre 2020. Le principali infestanti erano *Galium aparine* e *Matricaria* spp. In entrambe è stato osservato chiaramente l'effetto dell'erbicida (confronto tra pre-emergenza vs post-emergenza con Mozzar) (Standard 1 e 2). L'applicazione post-emergenza è stata molto efficace, anche perché queste infestanti sono nello spettro dell'erbicida. A causa delle ottime prestazioni dell'applicazione di post-emergenza, l'effetto del diserbo meccanico non ha mostrato evidenti benefici (Mista 1 vs Mista 1 bis). Oltre all'applicazione di pre-emergenza, è stato difficile distinguere anche l'effetto degli attrezzi utilizzati: l'effetto dell'erpicatura di precisione è sembrato simile a quello dell'erpicatura tradizionale.

STRATEGIA	Modalità				COSTO (€/ha)	TFI*
	PRE-EMERGENZA	4 foglie di colza	circa 1 Ottobre	circa 1 Novembre		
STANDARD 1	-		Mozzar @ 0.25 L/ha	-	45	1
STANDARD 2	-			Mozzar @ 0.25 L/ha	45	0.5
MISTA 1	-	Erpicatura		Mozzar @ 0.25 L/ha	45	0.5
MISTA 1 bis	-	Erpicatura di precisione		Mozzar @ 0.25 L/ha	45	0.5
MISTA 4	Metazachlor 1.2 L/ha	Erpicatura		-	26	0.6
MISTA 4 bis	Metazachlor 1.2 L/ha	Erpicatura di precisione		-	26	0.6

* TFI = rapporto tra dose usata/dose legale

Tabella 13 - Dettaglio delle strategie di gestione delle infestanti e delle fasi colturali nella prova di Mons su colza.

	Malerbe				*Galium aparine*		*Matricaria* sp.	
	Data del rilevamento				19/02/2021		19/02/2021	
	Stadio della coltura				C2		C2	
Strategia	**Pre-em**	**4 f di colza**	**Circa 1 Ottobre**	**Circa 1 Novembre**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**	**Piante/ m²**	**Efficacia (%)**
STANDARD1	-	-	Mozzar 0.25 L/ha 16/10/20	-	11.3	100	14.7	98.3
STANDARD 2	-	-	-	Mozzar 0.25 L/ha on 09/11	12	100	11.7	97.7
MISTA 1	-	**Erpicatura tradizionale** il 04/11, 5-6 f di colza, aggressività medio-bassa		Mozzar 0.25 L/ha on 04/11	11.7	96.7	16.3	95
MISTA 2	-	**Erpicatura di precisione** il 04/11, 5-6 f di colza, aggressività media		Mozzar 0.25 L/ha on 04/11	11.7	100	14.3	91.7
MISTA 3	Alabama 2.5 L/ha	**Erpicatura tradizionale** il 04/11, 5-6 f di colza, aggressività medio-bassa		-	15.3	76.7	11.7	86.7
MECC 4	Alabama 2.5 L/ha	**Erpicatura tradizionale** il 04/11, 5-6 f di colza, aggressività medio-bassa		-	13.7	80	16.3	75

Tabella 14 - Risultati su *Galium* e *Matricaria* sp. nella prova di Mons.

PROVE SPERIMENTALI SU CEREALI

Le prove sono state condotte principalmente dal partner Arvalis e una prova è stata organizzata dal partner Chambre d'Agriculture d'Île-de-France.

ANNATA 2019/2020

Le prove sui cereali si sono concentrate generalmente sulla combinazione del diserbo meccanico (con passaggio singolo o multiplo) con vari programmi di trattamenti erbicidi. In questa annata le sperimentazioni gestite da Arvalis hanno riguardato l'integrazione dei metodi agronomici, i loro effetti sulle infestanti e l'utilizzo ridotto di erbicidi nelle colture.

PROVA 1 – BOURGES: ERPICATURA SU FRUMENTO (PARTNER ARVALIS)

I risultati dell'anno precedente avevano dimostrato che il diserbo meccanico può essere integrato nella strategia di controllo delle infestanti del frumento. La prova del 2019/2020 è stata integrata con l'uso di un erpice a denti, uno strumento veloce ed economico che soddisfa le esigenze delle grandi aziende agricole. L'obiettivo era quello di combinare diversi programmi

Trattamento/Controllo meccanico	Data	Strategia chimica	Malerbe
Semina	26/10/2019	CONTROLLO	Loietto (da 600 a 700 piante/m²)
Trattamento di pre-emergenza	30/10/2019		
Trattamento di post-emergenza	19/11/2019	**1/ PRE-EMERGENZA e POST-EMERGENZA** (DEFI 3l + CODIX 1,5 l Pre-em / FOSBURI 0,6 l Post-em)	
Trattamento a fine inverno/ primavera	14/02/2020		
Controllo meccanico 1 passaggio	24/02/2020 Erpicatura. Settaggio "aggressivo"	**2/ solo PRE-EMERGENZA** (DEFI 3l + CODIX 1,5 l Pre-em)	
Controllo meccanico 2 passaggi	24/02/2020 Erpicatura (il passaggio in più è stato eseguito come "passaggio multiplo" della prova, ma a velocità maggiore)	**3/ solo POST-EMERGENZA** (DEFI 2,5 l + FOSBURI 0,5 l Post-em)	
Controllo meccanico 3 passaggi	19/03/2020 Erpicatura. Settaggio "aggressivo", eseguita come "passaggio multiplo" della prova	**3/ PRE-EMERGENZA in PRIMAVERA** (DEFI 2,5 l + FOSBURI 0,5 l Post-em / AXIAL PRATIC 1,2 l + Actirob B 1 l Spring)	
Controllo meccanico 4 passaggi	21/03/2020 Erpicatura. Settaggio "aggressivo", eseguita come "passaggio multiplo" della prova. Il passaggio in più è stato deciso a causa dell'inefficacia del passaggio precedente	**4/ solo in PRIMAVERA** (AXIAL PRATIC 1.2 L + Actirob B 1 L Spring)	

Defi: prosulfocarb 800 g/l
Fosburi: flufenacet 200 g/l + diflufenican 400 g/l
Axial Pratic: pinoxaden 50 g/l + cloquintocet 12,5 g/l
Actirob B: olio di colza esterificato 842 g/l

Tabella 15 - Strategie a confronto e caratteristiche della prova di Bourges. Il progetto sperimentale della prova in campo è stato studiato affinché fosse adattato alle comuni strategie di diserbo meccanico, dipendenti dalla larghezza dell'erpice strigliatore.

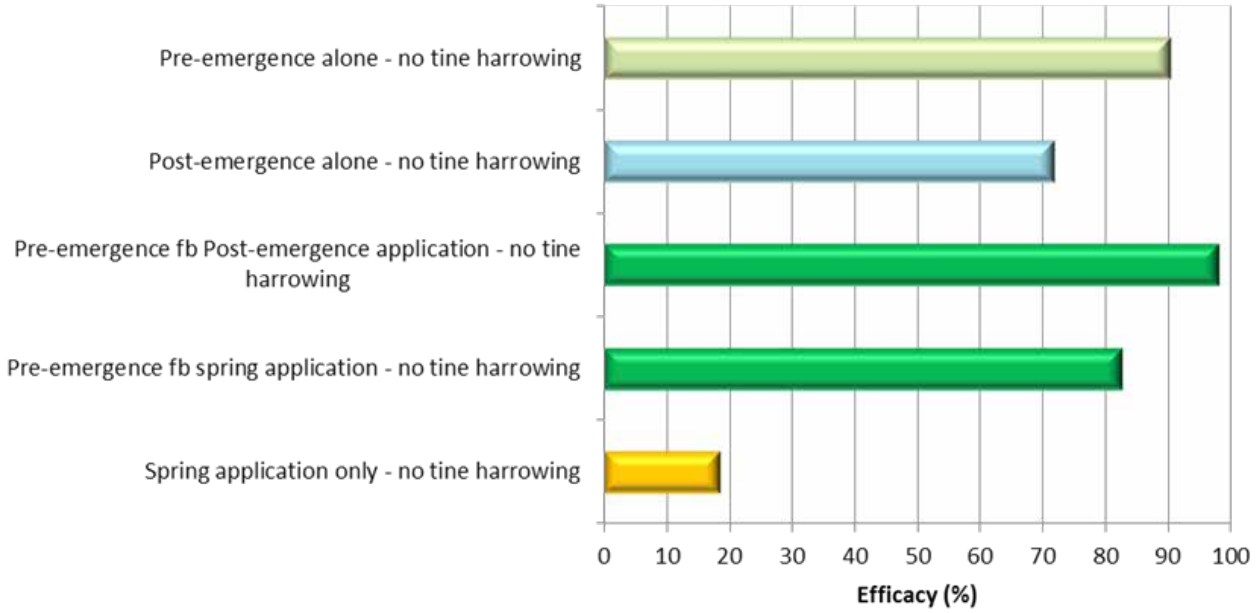


Figura 5 - Efficacia delle strategie di lotta alle malerbe senza controllo meccanico.
Legenda dall'alto in basso: solo pre-emergenza, solo post-emergenza, pre-emergenza + post-emergenza, pre-emergenza + trattamento primaverile, solo trattamento primaverile.

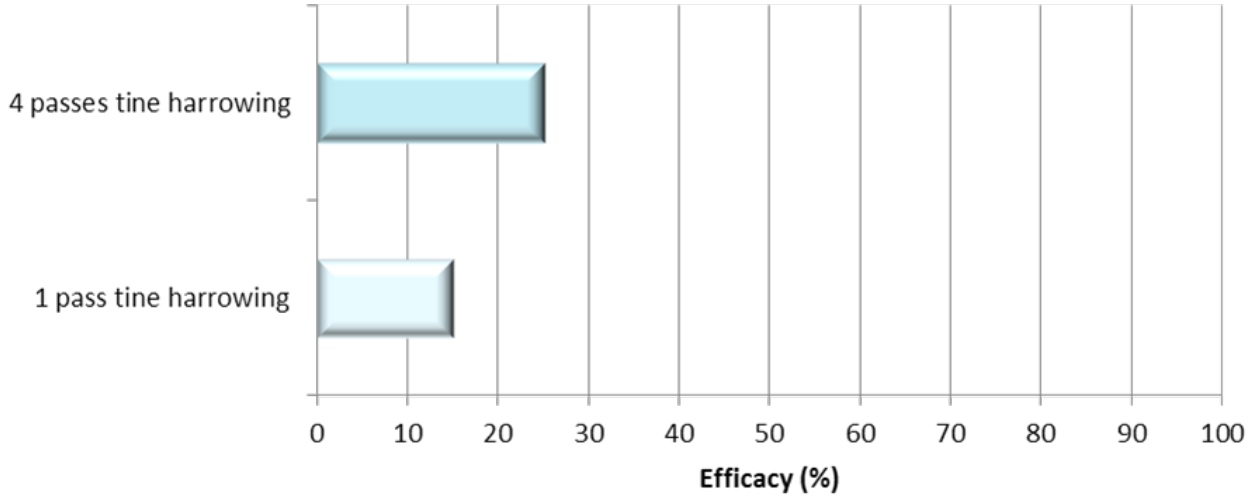


Figura 6 - Confronto tra l'efficacia dell'erpicatura, in una (istogramma sotto) o quattro passate (istogramma sopra), su loietto.

di diserbo chimico (dall'uso "leggero" di erbicidi nelle Strategie chimiche 2 e 4, all'uso "forte" nelle Strategie chimiche 1 e 3) in combinazione con il diserbo meccanico (da 0 a più passaggi), con un primo passaggio in autunno. La situazione in campo del controllo aveva evidenziato una presenza importante di loietto (circa 700 piante/m^2). La tabella seguente descrive le strategie a confronto nella prova e le date di applicazione dei trattamenti/lavorazioni. Sfortunatamente, è stato impossibile eseguire l'erpicatura in autunno a causa del terreno eccessivamente bagnato. Tuttavia, i trattamenti erbicidi autunnali su una elevata popolazione di loietto sono stati chiaramente superiori in efficacia (Figura 5).Il solo trattamento di pre-emergenza è risultato efficace al 90%, mentre il solo post-emergenza ha avuto un'efficacia del 72%. La strategia autunnale ha invece ottenuto un'ottima performance, con un'efficacia del 98%, seguita dal trattamento primaverile, che ha consentito un vantaggio dell'11% rispetto al solo post-emergenza. La resistenza di questa popolazione di loietto non è stata confermato dai test, ma dai risultati della prova sembrerebbe che queste piante siano resistenti al gruppo di erbicidi

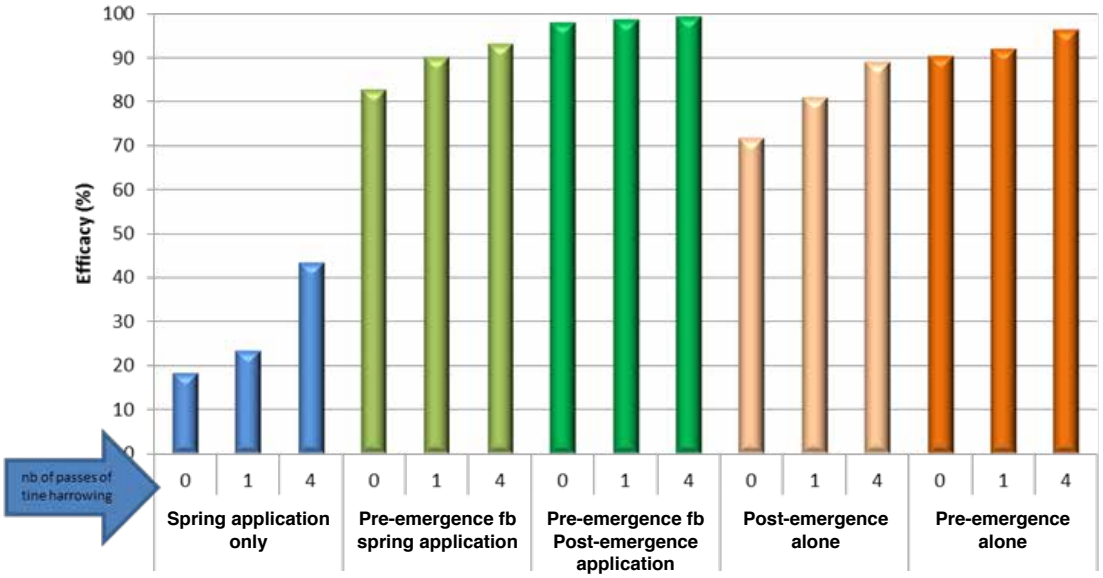


Figura 7 - Efficacia delle strategie miste (erbicidi + erpicatura) con zero, uno o quattro passaggi di erpice strigliatore. Legenda, da sinistra a destra: solo trattamento primaverile, pre-emergenza + trattamento primaverile solo pre-emergenza, pre-emergenza + post-emergenza, solo post-emergenza.

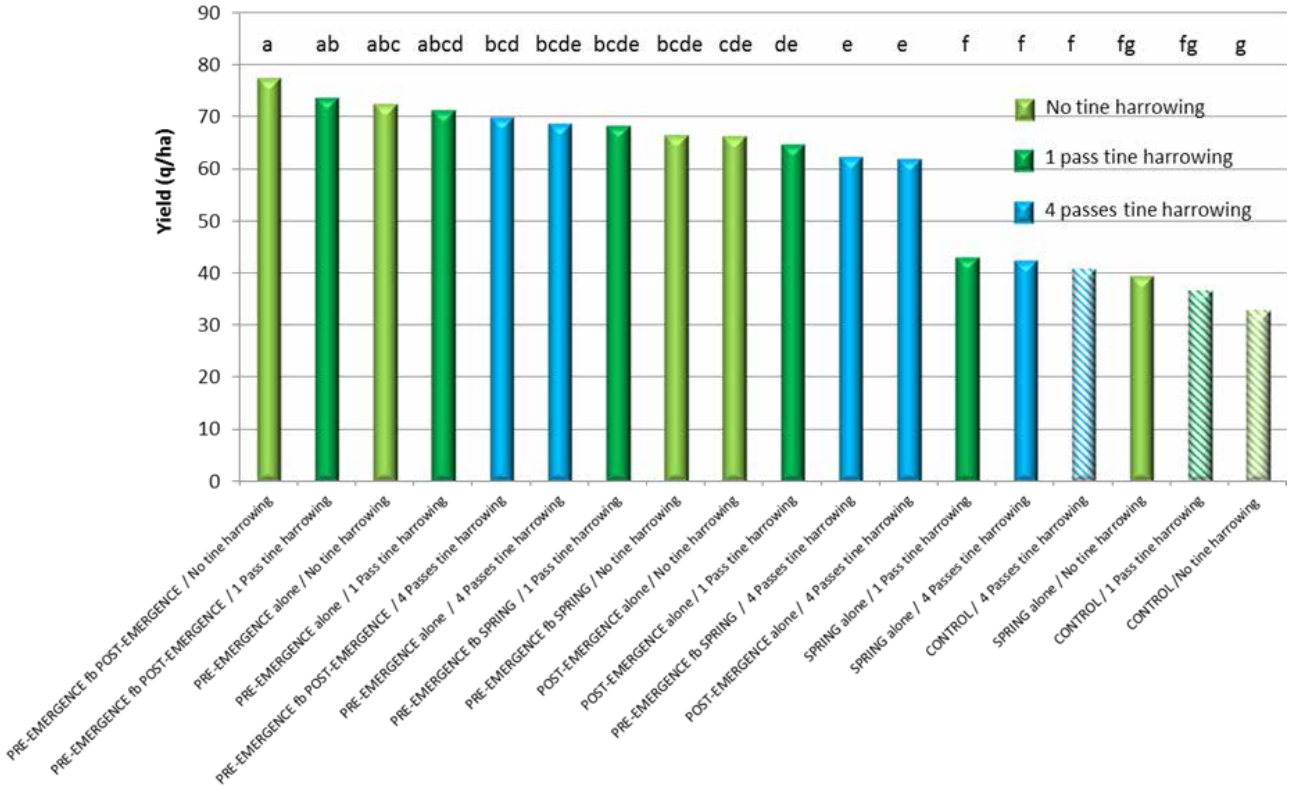


Figura 8 - Rese delle strategie a confronto (in verde chiaro senza erpicatura, in verde scuro con un passaggio unico di erpice strigliatore e in blu con quattro passaggi di erpice strigliatore).

HRAC A. Ovviamente, il solo trattamento primaverile ha avuto una bassa efficienza su questo tipo di popolazione, con solo il 18% di efficacia finale.
Le strategie con il solo diserbo meccanico sono state inefficaci (Figura 6). Con solo il 15% e il 25% di efficacia, queste strategie sono a livello del solo trattamento primaverile, la cui bassa efficacia è probabilmente dovuta alla resistenza del loietto.

E' possibile dare un paio di spiegazioni al fallimento delle strategie di diserbo meccanico:
- l'elevata popolazione di infestanti: prove storiche di diserbo meccanico hanno dimostrato che queste infestanti sono più difficili da controllare rispetto alle infestanti a foglia larga, soprattutto a elevata densità;
- il periodo di intervento: troppo tardivo a causa delle condizioni autunnali, che non sono mai state favorevoli all'erpicatura.

Le strategie miste hanno fornito l'efficacia migliore, come mostrato di seguito (Figura 7). Tuttavia, sembra difficile migliorare l'efficacia dei programmi di trattamento erbicida, che sono già a un livello elevato. Il beneficio del diserbo meccanico è visibile quando l'efficacia degli erbicidi è bassa.
L'efficienza della gestione delle malerbe si è riflessa sulle rese finali (Figura 8). Le strategie con più passaggi hanno prodotto rese inferiori rispetto a zero passaggi o a un passaggio dell'erpice strigliatore, anche quando veniva utilizzato lo stesso programma di trattamento erbicida. I passaggi multipli probabilmente hanno avuto un impatto sulla coltura, poiché le rese sono state inferiori ma non significativamente differenti. Questi risultati sono in linea con quanto già osservato nel controllo delle graminacee infestanti: le principali modalità alternative sono la rotazione, la data di semina e la lavorazione del terreno. Il diserbo meccanico può aiutare, ma da solo non è sufficiente a controllare le graminacee.

PROVA 2 - BOIGNEVILLE: ERPICATURA SU FRUMENTO (PARTNER ARVALIS)

È stata avviata una sperimentazione su frumento invernale per supportare l'integrazione dell'erpicatura (uno strumento rapido ed economico in grado di rispondere alle esigenze delle grandi aziende agricole) nelle strategie di controllo delle infestanti. L'obiettivo principale era di confrontare le strategie basate sui trattamenti erbicidi (da strategie "leggere" a programmi autunnali completi) con o senza erpicatura (da 0 a 4 passaggi). La prova è stata progettata per consentire l'uso di un erpice a denti in quanto parte integrante dell'attrezzatura dell'azienda agricola. Il trattamento di pre-emergenza senza erpicatura rappresentava la strategia standard (Trt 1). La popolazione di loietto è stata molto cospicua e ammontava a 600-700 piante/m^2. Tutte le strategie sono state avviate il 26 ottobre 2019.
Tre strategie hanno avuto rese simili alla strategia standard Trt 1 (Figura 9): trattamento erbicida di pre-emergenza seguito da un passaggio con l'erpice

Diserbo chimico	Diserbo meccanico (erpicatura)
Controllo (Trt 2, 3, 4) (NoHerb) PreEm: trattamento erbicida di pre-emergenza (prosulfocarb 2400 g + diflufenican 60 g + pendimethalin 600 g) (Trt 1, 5, 6) Data: 30 ottobre 2019 PostEm: trattamento erbicida di post-emergenza (prosulfocarb 2000 g + flufenacet 200 g + diflufenican 100 g) (Trt 7, 8, 9) Data: 19 novembre 2019 PreEm + PostEm: trattamento erbicida di pre-emergenza + post-emergenza (prosulfocarb 2400 g + diflufenican 60 g + pendimethalin 600 g) + (flufenacet 240 g + diflufenican 120 g) (Trt 10, 11, 12) Data: 30 ottobre + 19 novembre 2019 PostEmSp: trattamento erbicida di post-mergenza + trattamento primaverile (prosulfocarb 2000 g + flufenacet 200 g + diflufenican 100 g) + (pinoxaden 60 g) (Trt 13, 14, 15) Data: 30 ottobre 2019 + 14 febbraio 2020 Sp: trattamento erbicida primaverile (pinoxaden 60 g) (Trt 16, 17, 18) Data: 14 febbraio 2020	Primo passaggio di diserbo meccanico. Settaggio "aggressivo". (Trt 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 17, 18) Data: 24 febbraio 2020 Dal secondo al quarto passaggio di diserbo meccanico. Il secondo passaggio è stato eseguito a una velocità maggiore rispetto al primo passaggio. Il terzo passaggio è stato eseguito con settaggio "aggressivo". Il quarto passaggio è stato aggiunto a causa dell'inefficacia del terzo passaggio (Trt 4, 6, 9, 12, 15, 18) Date degli interventi meccanici: 24 febbraio 2020, 19 marzo 2020, 21 marzo 2020

Tabella 16 - Descrizione delle strategie a confronto (Trt) nella prova di Boigneville.

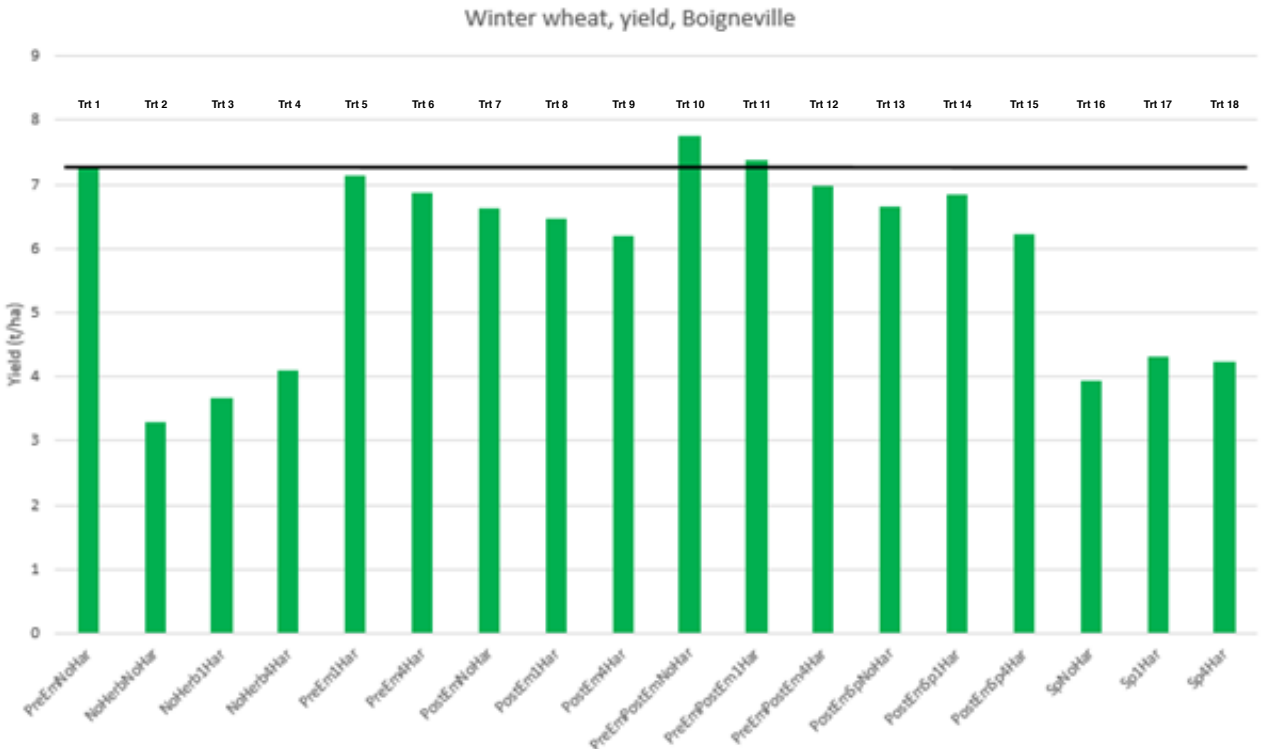


Figura 9 - Rese delle diverse strategie di controllo del loietto su frumento nella prova di Boigneville nell'annata 2019/2020. La linea nera orizzontale indica il livello di resa della strategia standard (solo trattamento erbicida di pre-emergenza).

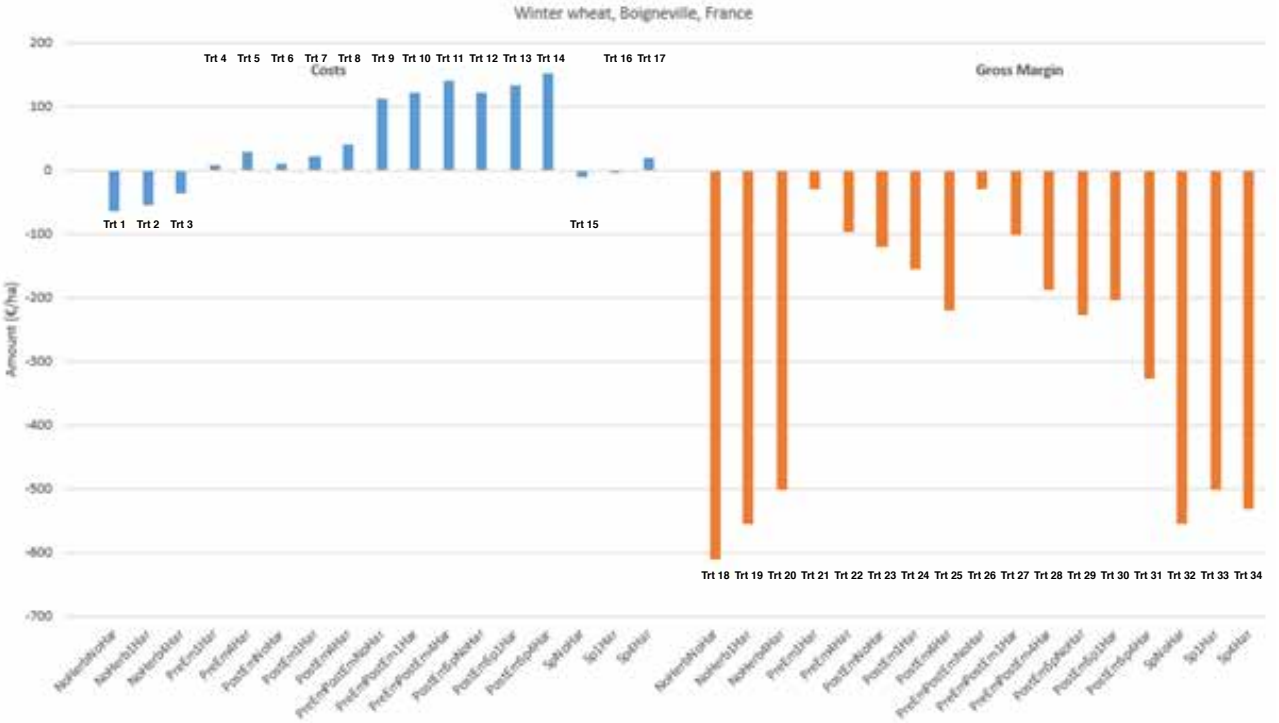


Figura 10 - Costo e margine lordo delle strategie alternative di controllo del loietto su frumento rispetto alla strategia standard nella prova di Boigneville nell'annata 2019/2020. La strategia standard prevedeva solo il trattamento erbicida di pre-emergenza.

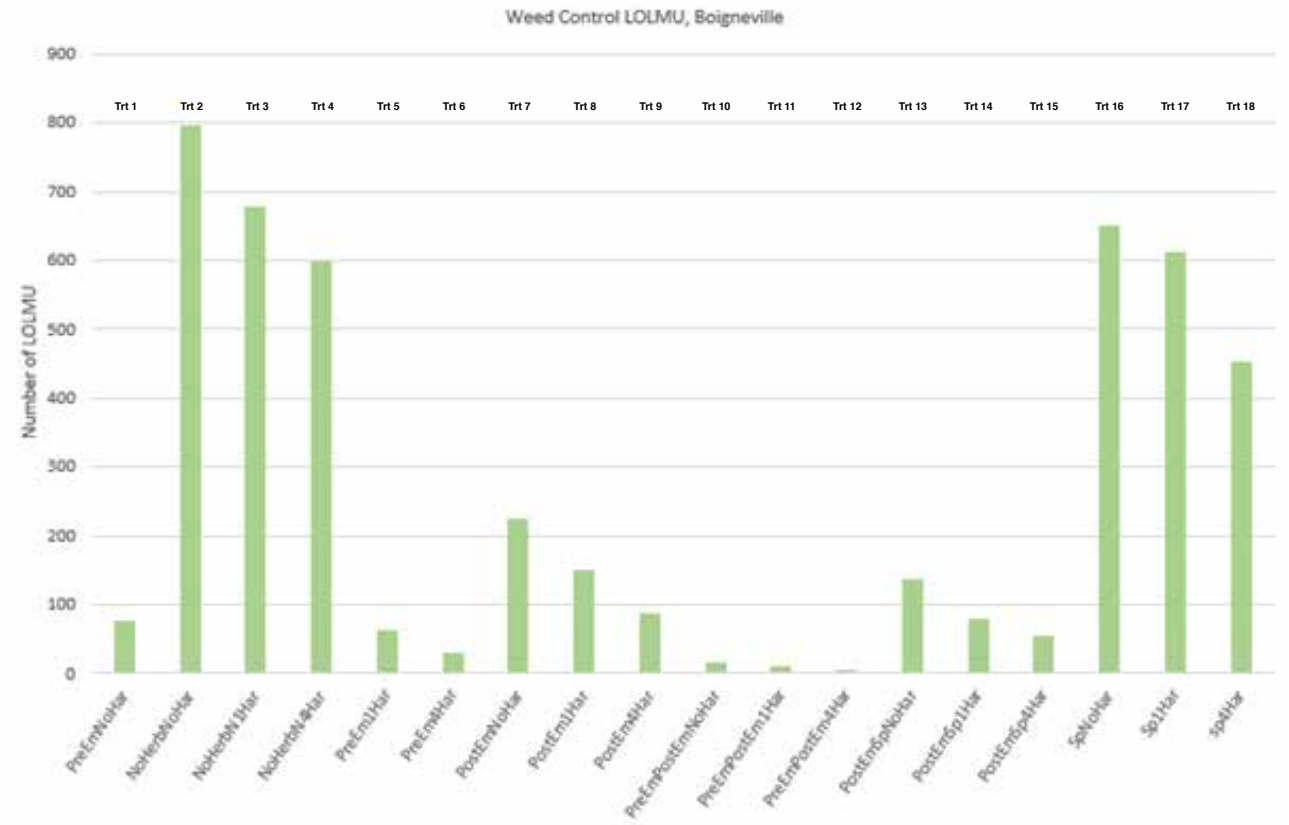


Figura 11 - Numero di piante di loietto su frumento rilevate nella prova di Boigneville nell'annata 2019/2020.

strigliatore in febbraio (Trt 5) e trattamento erbicida di pre-emergenza seguito da trattamento di post-emergenza con o senza una passaggio di erpice strigliatore (Trt 10 e 11). Un'ulteriore erpicatura ha ridotto leggermente la resa (Trt 6 e 12). La mancanza del trattamento di pre-emergenza ha generalmente ridotto la resa e le strategie senza trattamenti erbicidi hanno fornito le rese più basse.
Le basse rese delle strategie senza trattamenti erbicidi hanno ridotto il margine lordo portandolo al di sotto della strategia standard (Figura 10), anche se i costi erano inferiori. Nessuna delle strategie alternative ha avuto un margine lordo a livello della strategia standard, ma la strategia con trattamento di pre-emergenza seguito da un passaggio con l'erpice strigliatore a febbraio (Trt 5) e la strategia con il trattamento di pre-emergenza seguito da un trattamento di post-emergenza senza erpicatura (Trt 10) sono risultate solo leggermente inferiori.
La minore resa delle strategie senza trattamenti erbicidi e le strategie con il solo trattamento primaverile ed erpicatura può essere spiegata dalla maggiore presenza di piante di loietto in queste tesi (Figura 11). Le strategie con solo trattamento di post-emergenza avevano generalmente una maggiore densità di loietto. L'aggiunta dell'erpicatura alle strategie ha ridotto il numero di piante di loietto e ancora di più con quattro passaggi, ma ciò non ha aumentato la resa. Una possibile spiegazione è che l'erpicatura tardiva potrebbe aver danneggiato le piante coltivate.

PROVA 3 – BOUTIGNY: CONTROLLO CHIMICO + MECCANICO SU FRUMENTO (PARTNER CHAMBRE D'AGRICULTURE D'ÎLE-DE-FRANCE)

In questa prova si è cercato di eliminare il trattamento erbicida di pre-emergenza sostituendolo con la lavorazione meccanica in autunno. La Tabella 17 riassume il protocollo seguito, che ha comunque subìto delle variazioni in corso d'opera a causa delle continue piogge autunnali che hanno ritardato la semina e reso impossibili gli interventi meccanici e chimici. Di fronte all'impossibilità di realizzare il protocollo iniziale, in primavera è stato messo in atto un protocollo più semplice e adatto alla situazione. Il protocollo è stato suddiviso in due fasce di programmi erbicidi differenziati: fascia 1 con trattamento erbicida di pre-emergenza e fascia 2 senza trattamento di pre-emergenza e con post-emergenza precoce.
Diversi passaggi meccanici sono stati eseguiti perpendicolarmente secondo la tabella seguente: nessun passaggio (pas d'application), un passaggio

(un passagge) e due passaggi (deux passages), con tre diversi strumenti: erpice a denti (herse étrille), rotoweeder (roto-étrille) ed erpice rotante (houe rotative) in due date differenti.
Il frumento è stato seminato il 22/11/2019 dopo barbabietola da zucchero, in terreno limoso-argilloso. La densità del loietto era tra 40 e 450 piante/m^2 (alta densità), mentre le condizioni climatiche apparivano difficili: accumulo di 65 mm di pioggia 10 giorni prima della semina e il ritorno della pioggia dopo la semina. Il terreno è diventato estremamente duro molto rapidamente dopo un episodio piovoso a causa del vento, ma il passaggio dell'erpice rotante il 17/03/2020 ha permesso di eliminare la crosta

	Fascia 1	Fascia 2
Trattamento	Post-semina/pre-emergenza (PS-PE) Chlortoluron 1800 g/ha + flufenacet 120 g/ha + pendimethalin 600 g/ha	Post-emergenza precoce Prosulfocarb 1800 g/ha + clodinafop-propargyl 25 g/ ha + cloquintocet-mexyl 6 g/ha
Data	25/11/2019	24/01/2020
Frumento	Non sviluppato	3 foglie
Loietto	Non sviluppato	2-3 foglie

Tabella 17 - Protocollo sperimentale della prova di Boutigny.

Protocole

		17/03/2020			26/03/2020
		Herse étrille	Rotoétrille	Houe rotative	Herse étrille
Modalités	1	2	-	-	1
	2	-	2	-	1
	3	1	-	1	1
	4	-	1	1	1
	5	2	-	1	1
	6	-	2	1	1
	7	-	-	-	1
	8	1	-	2	1
	9	-	1	2	1
	10	2	-	2	1
	11	-	2	2	1
	12	-	-	-	1

- Pas d'application
1 Un passage
2 Deux passages

Figura 12 - Schema dei passaggi meccanici nella prova di Boutigny.

superficiale. Gli altri passaggi sono stati effettuati il 17/03/2020 e il 26/03/2020 in buone condizioni di tempo asciutto e soleggiato con vento da levante.

Risultati
Eterogeneità dell'infestazione di loietto; loietto troppo sviluppato (> 3 foglie).
Efficacia degli erbicidi PS-PE.
Efficacia dei passaggi meccanici, visibile a T+3, ma non accettabile alla fine.

ANNATA 2020/2021
Sono state realizzate due prove dimostrative nel 2020-2021, descritte in Tabella 18. L'obiettivo di queste prove era quello di implementare e ottimizzare l'utilizzo di strumenti meccanici per la gestione delle malerbe su frumento invernale. Come descritto in precedenza, il posticipo della data di semina è una potente leva per il controllo delle infestanti, pertanto in queste prove è stata introdotta anche una strategia che includeva la data di semina. La prova inizialmente prevista in Normandia è stata abbandonata sia per mancanza d'infestanti, sia a causa di condizioni autunnali sfavorevoli all'utilizzo di strumenti meccanici.

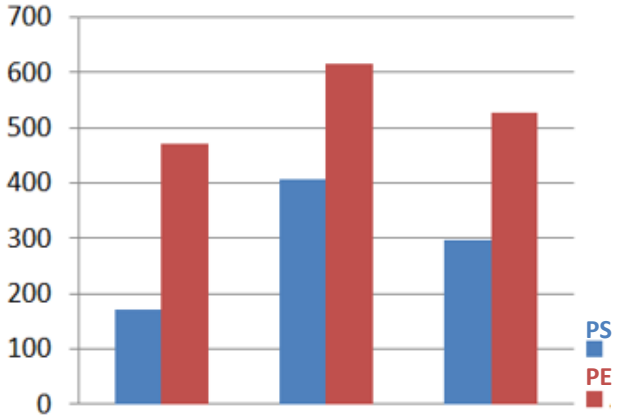


Figura 13 - Piante di loietto/m² nelle strategie a confronto (da sinistra a destra: controllo, 2 rotoweeder + 2 erpice rotante, 2 erpice strigliatore + 2 erpice rotante). PS = Post-semina; PE = Post-emergenza.

Coltura	Sito della prova	Obiettivo primario	Metodo studiato
Frumento invernale	Lunery	Ottimizzare il diserbo meccanico (erpicatura)	Controllo meccanico + chimico + semina tardiva
Frumento invernale	Normandia	Ottimizzare il diserbo meccanico (sarchiatura)	Controllo meccanico + chimico

Tabella 18 - Prove sperimentali sui cereali in Francia nel 2020/2021.

Strategia	Data di semina	Pre-emergenza	Post-emergenza	Erpicatura primo passaggio	Erpicatura secondo passaggio	Trattamento primaverile	Erpicatura terzo passaggio	Malerba (piante/m²)
Standard	17/10/20	22/10/20	04/11/20	-	-	19/02/21	-	Erba codina 359 p/m²
Meccanica 1	17/10/20	22/10/20	04/11/20	20/11/20	-	19/02/21	-	
Varie meccaniche	17/10/20	22/10/20	04/11/20	20/11/20	27/11/20	19/02/21	25/02/21	
Semina tardiva	10/11/20	12/11/20	14/12/20	-	-	19/02/21		Erba codina 106 p/m² (-70%)

Tabella 19 - Dettaglio delle strategie di gestione delle infestanti nella prova del frumento invernale a Lunery (2020/2021).

PROVA - LUNERY: OTTIMIZZAZIONE DEL DISERBO MECCANICO SU FRUMENTO CON ERPICE STRIGLIATORE (PARTNER ARVALIS)
Le strategie implementate nella prova di Lunery (Berry) sono presentate in Tabella 19.
Per ciascuna strategia è stata utilizzata una gamma di programmi erbicidi, da "intensivo" a "basso", descritte in Tabella 20.
Il primo passaggio dell'erpice è stato eseguito in buone condizioni ambientali con superficie del

Programma erbicida	Prodotti - Stadio di applicazione	Dosi
CONTROLLO	CONTROLLO	-
BASSO autunnale	DEFI + CODIX pre-emergenza	3 l + 1,5 l
STANDARD autunnale	DEFI + FOSBURI 1-2 foglie	2,5 l + 0,5 l
INTENSIVO autunnale	DEFI + CODIX pre-emergenza / FOSBURI 1-2 foglie	3 l + 1,5 / 0,6 l
PROGRAMMA	DEFI + FOSBURI 1-2 foglie / ARCHIPEL DUO + H + ACTIMUM lavorazione del terreno	2,5 l + 0,5 l / 1 l + 1 l + 1 l
BASSO primaverile	ARCHIPEL DUO + H + ACTIMUM lavorazione del terreno	1 l + 1 l + 1 l

Tabella 20 - Dettagli delle strategie di trattamenti erbicidi nella prova su frumento invernale a Lunery (2020/2021).

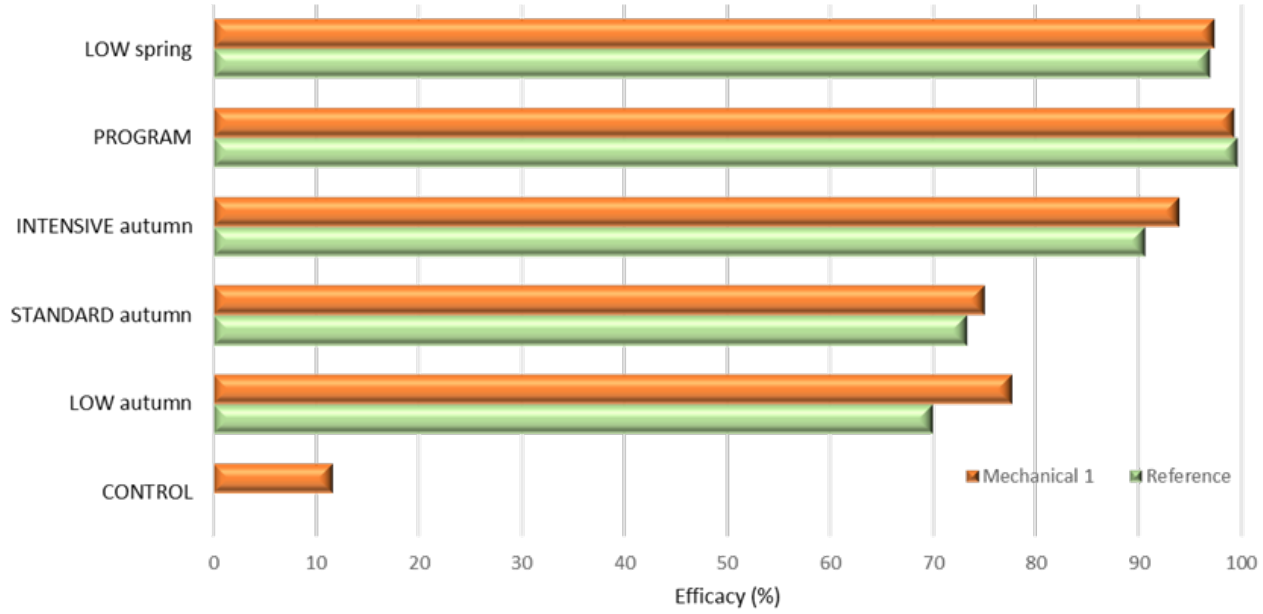


Figura 14 - Efficacia della strategia Standard (Reference) rispetto alla strategia Meccanica 1 (Mechanical 1) per i diversi programmi erbicidi.

terreno asciutta nella fase a 3 foglie della coltura. Anche il secondo passaggio, effettuato sette giorni dopo per rinettare dalle infestanti, è stato effettuato in buone condizioni, anche se il terreno era fresco in superficie (ma non bagnato). L'ultimo passaggio, a fine inverno, ha beneficiato di condizioni corrette, con superficie fresca ma non bagnata.
Il primo rilevamento delle infestanti, eseguito il 18/11/2020, ha mostrato elevate densità di erba codina (359 piante/m^2). I risultati principali sono presentati di seguito nelle Figure 14 e 15. L'effetto del diserbo meccanico è stato molto contenuto (Figura 14), con solo il 12% di efficacia, l'erpice strigliatore non ha contribuito al controllo delle infestanti. Il suo effetto è stato invece più evidente sui programmi erbicidi a minore intensità, come il "Basso autunnale", dove il guadagno di efficacia è stato dell'ordine di 7 punti percentuali.
L'efficacia della strategia di semina tardiva, con diverse intensità di trattamento erbicida, è risultata essere equivalente o addirittura superiore alla strategia con più passaggi di erpice, mentre quest'ultima strategia è stata superiore alla strategia con un solo passaggio. Ciò dimostra ancora una volta, nel contesto locale adattato, che una strategia per il controllo dell'erba codina (Alopecurus myosuroides) a semina posticipata con un programma di erbicidi leggero equivale a una semina anticipata con un programma intensivo.
La prova è stata presentata in una giornata dimostrativa tenutasi il 06/11/2021. Gli agricoltori hanno dimostrato grande interesse per le strategie di

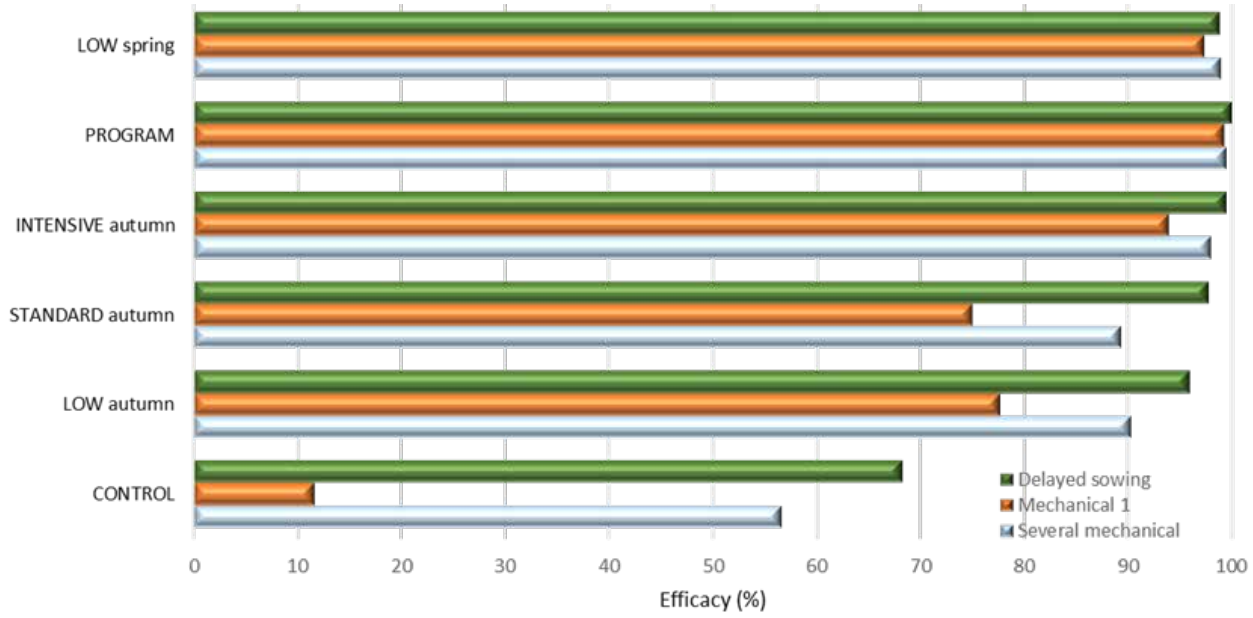


Figura 15 - Efficacia delle strategie Semina tardiva (Delayed sowing), Meccanica 1 (Mechanical 1) e Diverse meccaniche (Several mechanical) per i diversi programmi erbicidi.

Figura 16 - Campi sperimentali della prova di Lunery: a sinistra il campo senza intervento con erpice strigliatore, a destra l'emergenza della semina tardiva.

semina tardiva, soprattutto per il controllo dell'erba codina e del loietto. Tuttavia, l'obiezione principale era la fattibilità della semina tardiva in relazione alle condizioni climatiche. Varrebbe pertanto la pena sviluppare strumenti per rassicurare gli agricoltori sull'opportunità di posticipare la data di semina.

PROVE SPERIMENTALI SUL PERIODO DI INTERCOLTURA

Due prove dimostrative sono state avviate in Francia nel 2020/2021 dal partner Terres Inovia, come descritto in Tabella 21 di seguito.

ANNATA 2020/2021

Come nella stagione precedente, a luglio-agosto 2020 sono state avviate due prove prima della semina della colza, con l'obiettivo di confrontare le strategie per controllare le infestanti senza glifosate durante il periodo di intercoltura. Le descrizioni delle prove e delle strategie sono presentate nelle Tabelle 22, 23 e 24.

PROVA 1 - SUBDRAY (BERRY)

Oltre agli strumenti per la gestione delle infestanti, l'unica differenza delle strategie "bis" era il secondo passaggio con un erpice a dischi. Le strategie "bis" sono state molto più infestate rispetto alle strategie senza il secondo passaggio con erpice a dischi (Figura 17). Questo secondo passaggio ha avuto un effetto ritardante sui semi e ha posticipato l'emergenza dell'orzo spontaneo, che è emerso dopo la semina della colza. La strategia più infestata era la 4 bis (glifosate + secondo passaggio con erpice a dischi). Il trattamento con glifosate ha controllato l'orzo spontaneo, ma non ha agito come una falsa semina (come le strategie 1/2/3/1 bis/2 bis/3 bis).
Le biomasse più elevate sono state ottenute nelle modalità "non bis", ad eccezione della modalità

Coltura	Sito della prova	Obiettivo	Metodo studiato
Periodo di intercoltura	Subdray	Controllo delle malerbe durante il periodo di intercoltura senza glifosate	Controllo meccanico
Periodo di intercoltura	Dijon	Controllo delle malerbe durante il periodo di intercoltura senza glifosate	Controllo meccanico

Tabella 21 - Prove sperimentali in Francia sul periodo di intercoltura nel 2020/2021.

	Malerba	Tipo di suolo	Coltura precedente	Data di semina della colza
Subdray (Berry)	Orzo spontaneo	Sabbioso-argilloso-limoso	Orzo invernale	12/08/20
Dijon (Burgundy)	Orzo spontaneo	Argilloso	Orzo primaverile	12/08/20

Tabella 22 - Descrizione delle prove sul periodo di intercoltura.

Strategia	1	2	3	4	1bis	2bis	3bis	4bis
Data di raccolta della coltura precedente	Tradizionale				Tradizionale			
Tra la raccolta e il 25-30 luglio	Lavorazione superficiale del terreno				Lavorazione superficiale del terreno			
15 giorni dopo il primo passaggio	-				Distruzione delle malerbe con erpice a dischi			
Il giorno prima della semina	Frangizolle a dischi (profondità 5 cm)	Erpice rotante (profondità 5 cm)	Vibrocoltivatore (profondità 5 cm)	Glifosate (=standard)	Frangizolle a dischi (profondità 5 cm)	Erpice rotante (profondità 5 cm)	Vibrocoltivatore (profondità 5 cm)	Glifosate (=standard)

Tabella 23 - Dettaglio delle strategie di gestione delle infestanti durante il periodo di intercoltura nella prova di Subdray.

frangizolle (strategia 1). Ad ottobre si è osservato il contrario: le modalità "bis" erano più vigorose e sviluppate delle altre (forse c'è stato uno stop anticipato nella crescita). I risultati degli investimenti sono stati coerenti con quelli della biomassa secca, con le modalità "non bis" che avevano una maggiore quantità di piante, fatta eccezione per le modalità frangizolle. La lavorazione di metà luglio potrebbe aver asciugato parzialmente il terreno.
L'umidità residua post-raccolta ha consentito di svolgere le operazioni di lavorazione del terreno in condizioni soddisfacenti (possibilità di lavorazioni profonde). Inoltre, queste operazioni hanno offerto un letto di semina ottimale per l'emergenza delle infestanti consentendo la ricrescita dell'orzo. Durante il periodo di intercoltura, il passaggio con il frangizolle sulla parte "bis" ha permesso di distruggere la prima comparsa di infestanti. Tuttavia, la mancanza di precipitazioni dopo il passaggio degli attrezzi non ha consentito una seconda "falsa semina".
Le condizioni di semina sono state relativamente buone, ma in alcune modalità la gestione dei residui colturali è stata un problema per la semina. È il caso del vibrocoltivatore e della modalità con glifosate, in cui si sono verificati bloccaggi e affastellamento della paglia davanti alle unità di semina.
L'accumulo di pioggia tra l'8 e il 15 agosto ha consentito una rapida e omogenea emergenza della coltura, nonché la ricrescita dell'orzo spontaneo. Infine, le modalità "bis" del passaggio con frangizolle il 16 luglio sono state in gran parte invase dalla ricrescita, a causa dell'effetto di falsa semina "ritardata" nel seme di colza.

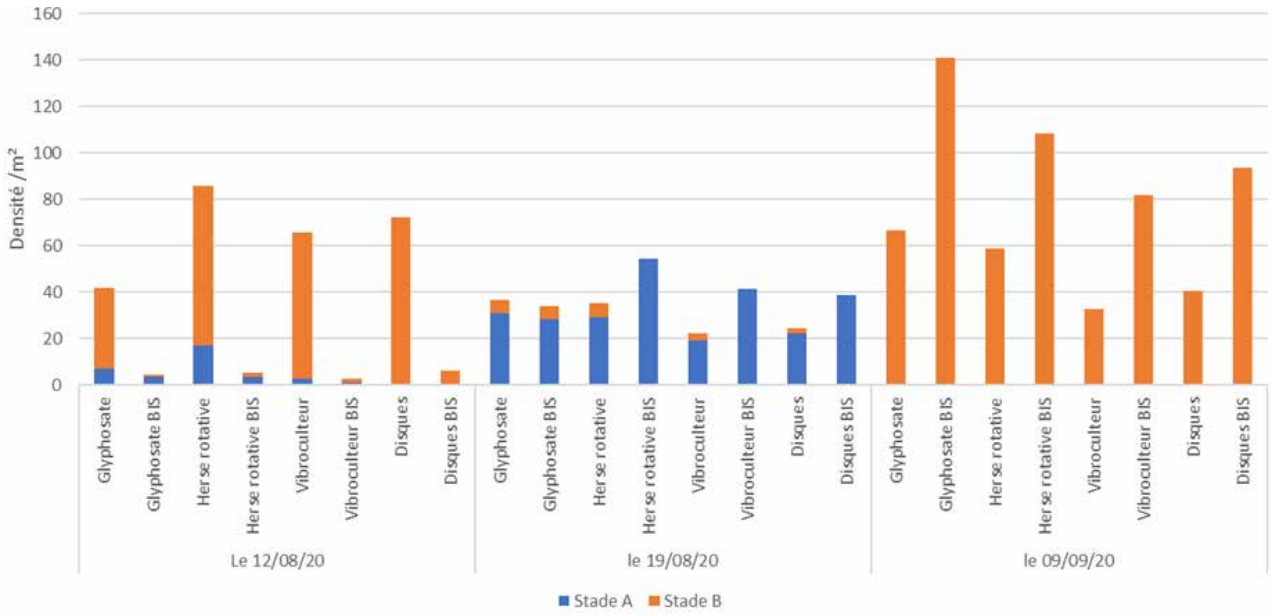


Figura 17 - Densità delle piante di orzo spontaneo, in tre date, tra le diverse strategie. Lo stadio dell'orzo è indicato come A (plantule) e B (stadio da 2 foglie in su).

PROVA 2 – DIJON (BURGUNDY)

Non sono apparse infestanti prima della semina della colza, pertanto l'applicazione del glifosate è stata posticipata (è considerata nei risultati come "controllo"). Le condizioni molto siccitose dell'estate 2020 hanno comportato un ritardo nell'emergenza di orzo spontaneo nella coltura, quindi la sua assenza alla semina non ha consentito di valutare l'efficacia dei passaggi meccanici e del glifosate. Anche l'emergenza della colza è stata piuttosto tardiva. La rapida ricrescita dell'orzo, poco dopo la semina, sembra aver "soffocato" la ricrescita della colza. Inoltre, lo scarso contatto suolo-seme della colza potrebbe averla resa meno competitiva in termini di sviluppo. Il vibrocoltivatore Lemken sembra aver favorito l'emergere e lo sviluppo della colza, così come la ricrescita dell'orzo (Figura 18).

Strategia	**1**	**2**	**3**
Data di raccolta della precedente coltura	Tradizionale		
Tra la raccolta e il 25-30 luglio	Lavorazione superficiale del terreno		
Il giorno prima della semina	Frangizolle a dischi (cover crop)	Vibro-coltivatore Lemken Kristall 9	Glifosate

Tabella 24 - Dettaglio delle strategie di gestione delle infestanti durante il periodo di intercoltura nella prova di Dijon.

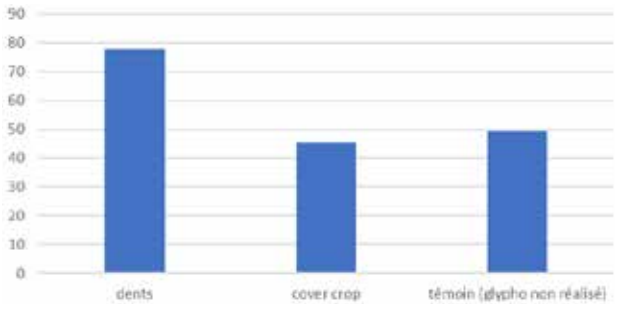


Figura 18 - Densità di piante di orzo spontaneo nelle strategie a confronto nella prova di Dijon (a sinistra la strategia con vibrocoltivatore, al centro con cover crop e a destra il testimone (senza trattamento con glifosate).

FRANCIA WP4

Mons
Belloy sur Somme
Vallangoiard
St Germain Laxis
St Michel
St Valentin
Dijon
Pusignan
Buros
Montesquieu-
Lauragais

WP4 – PROVE SPERIMENTALI SU SEMINATIVI ANNUALI A FILE LARGHE

Nel 2020 sono state avviate due sperimentazioni su girasole, una su soia, tre su mais, una su barbabietola da zucchero e una su pisello proteico realizzate dai tre partner: Terres Inovia, Arvalis e Chambre d'Agriculture d'Île-de-France. Nel 2021 è stata avviata una sola sperimentazione su mais.

PROVE SPERIMENTALI SU GIRASOLE E SOIA
(Partner: Terres Inovia)

ANNATA 2020

Il glifosate è un grosso problema per gli agricoltori, specialmente nei sistemi di non lavorazione. Lo scopo di queste prove su girasole e soia è stato quello di studiare l'impatto della lavorazione del terreno sulla gestione delle infestanti durante il periodo di intercoltura, prima della semina, per evitare l'uso di glifosate.

Sono state allestite quattro prove (due su girasole, una su soia e una inizialmente su girasole poi sostituito dal mais). A causa della difficoltà di gestire la lavorazione del terreno in una prova completamente randomizzata, queste prove sono state progettate su strisce, con tre replicazioni. Strategie e siti delle prove sono descritti nelle Tabelle 1 e 2.

PROVA 1 - SAINT MICHEL (BERRY)

In questa prova è stato applicato glifosate alla dose di 3 l/ha il 21/04/2020. La semina è stata effettuata il 26/04/2020 con una seminatrice singola con interasse di 60 cm, in buone condizioni ambientali. La densità di semina è stata di 76.000 semi/ha. In data 29/04/2020 è stata effettuato il trattamento di pre-emergenza sull'intera area sperimentale con S-metolachlor 1248 g/ha (Mercantor gold 1,3 l/ha). Gli erbicidi post-emergenza sono stati applicati due volte: tribunuron-metile 15 g/ha + adiuvante (Trend 90 0,1 l/ha) il 20/05/2020 e il 02/06/2020. Le

Codice	Strategia	Descrizione
1	**Gestione delle malerbe con un attrezzo per la lavorazione del terreno**	Attrezzo disponibile in azienda
2	**Gestione delle malerbe con un altro attrezzo per la lavorazione del terreno**	Altro attrezzo disponibile in azienda
3	**Gestione delle malerbe con glifosate**	Uso di glifosate, nessuna lavorazione

Tabella 1 - Strategie nelle prove su girasole e soia. Tutte le strategie sono state eseguite durante il mese prima della semina. Per le strategie 1 e 2 sono stati scelti due attrezzi tra erpice rotante, aratro stoppiatore, ecc.

Sito	Malerbe	Tipo di suolo	Attrezzo strategia 1 (data e profondità)	Attrezzo strategia 2 (data e profondità)	Data di semina (Coltura)
St Michel (Berry)	*Mercurialis annua L.* *Polygonum convolvulus L.*	Argilloso-limoso	Erpice strigliatore (24/04, 10 cm)	Erpice rotante (24/04, 12 cm)	26/04/20 (girasole)
St Valentin (Berry)	*Alopecurus myosuroides H.*	Argilloso-limoso	Erpice strigliatore (09/04, 10 cm)	Erpice rotante (09/04, 8-10 cm)	17/04/20 (girasole)
Dijon (Burgundy)	*Alopecurus myosuroides H.* *Polygonum convolvulus L.* *Anagallis arvensis L.*	Argilloso-limoso (50% di argilla)	Erpice rotante (20/05, 5 cm)	Erpice strigliatore (20/05, 6 cm)	22/05/20 (soia)
Montesquieu-Lauragais (West Occitany)	*Lolium sp.* *Bromus sp.* *Vulpia myuros L.*	Erpice rotante (01/04, 4-5 cm)	"Vibroflex" (01/04, 10-15 cm)	Erpice a dischi (02/04, 8 cm)	06/04/20 (girasole, sostituito con mais)

Tabella 2 - Siti di prova, attrezzi per la lavorazione del terreno e infestanti.

Figura 1 - Lavorazione con erpice rotante eseguita alla profondità di 12 cm nella prova di Saint Michel (24/04/2020). La tessitura del terreno era molto fine.

rilevazioni sulle infestanti sono riportate in Figura 2. Le condizioni meteorologiche nella prima decade di aprile sono state simili a quelle osservate nel 2019: precipitazioni molto scarse, temperature massime che potevano raggiungere e superare i 20°C e presenza di vento regolare. Queste condizioni non sono state favorevoli alla cospicua presenza di infestanti. Prima del diserbo meccanico o chimico che ha preceduto la semina sono state osservate infestanti allo stadio di cotiledone, non identificabili. In data 18/05/2020, prima dell'applicazione dell'erbicida di post-emergenza tribenuron, la strategia con erpice rotante era leggermente più infestata da *Polygonum* e *Mercurialis*, mentre la strategia con glifosate era meno infestata da *Mercurialis* rispetto alle altre due strategie. All'ultimo rilevamento non è stata riscontrata una differenza tra le tre strategie, poiché la presenza delle infestanti era relativamente simile. È stato difficile trarre conclusioni su questa prova a causa dell'infestazione relativamente bassa di malerbe. E' stata osservata anche la forma delle radici di girasole e questa è risultata simile tra le diverse strategie.

PROVA 2 - SAINT VALENTIN (BERRY)

L'aratura è stata effettuata a dicembre 2019 a una profondità di 15 cm dopo frumento. Dopo l'inverno, la prima lavorazione del terreno è stata eseguita in condizioni ottimali a marzo 2020 con un erpice strigliatore alla profondità di 10-12 cm. Nella strategia con erpice strigliatore il terreno era meno affinato rispetto alla strategia con erpice rotante; tuttavia entrambi i tipi di lavorazione del terreno hanno consentito di seminare il girasole in buone condizioni e di controllare tutte le infestanti presenti.
Il 04/08/2020 è stato applicato glifosate a 2,5 l/ha in buone condizioni ambientali. La semina è stata effettuata il 17/04/2020 in condizioni ottimali con seminatrice monoseme con 60 cm di interfila. La densità di semina è stata di 75.000 semi/ha. In data 19/04/2020 è stato effettuato il diserbo di pre-emergenza per l'intera prova con aclonifene 1200 g + pendimetalin 800 g (Challenge 600 2 l/ha + Prowl 400 2 l/ha). Non è stato eseguito alcun trattamento di post-emergenza. Non sono state osservate malerbe nel

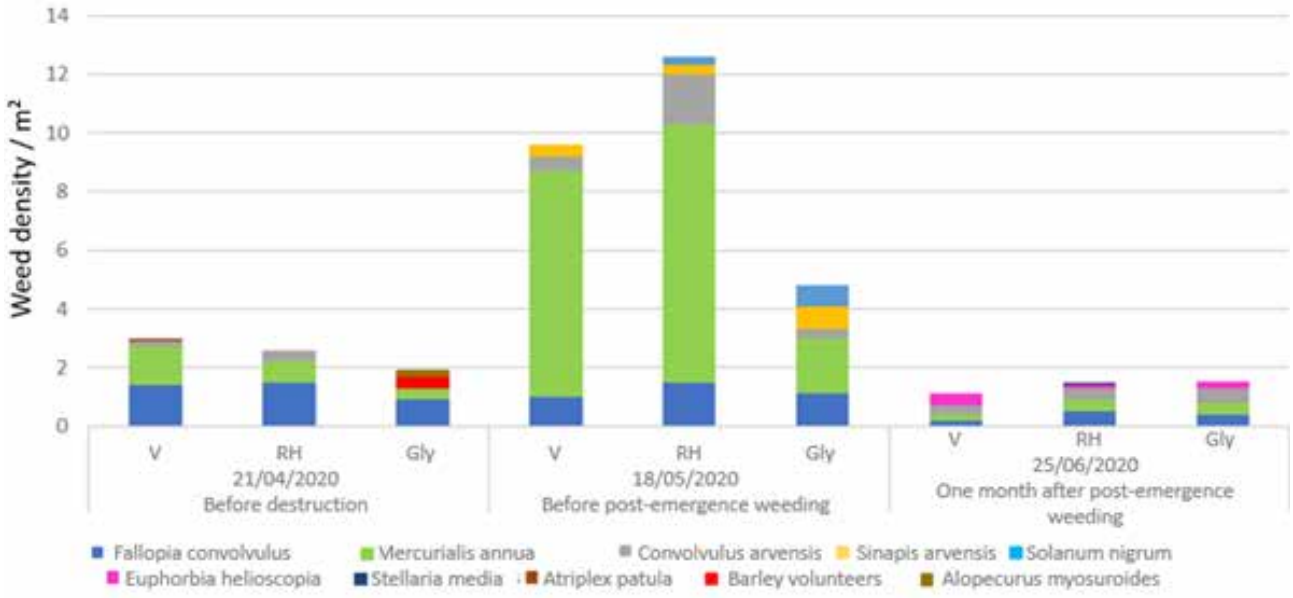


Figura 2 - Densità delle infestanti (piante/m²)nella prova di Saint Michel. V = vibrocoltivatore, RH = erpice rotante, Gly = glifosate. Solo *Mercurialis annua* e *Polygonum convolvulus* avevano un distribuzione omogenea nell'area della prova.

conteggio pre-diserbo e su girasole allo stadio B4. Le rilevazioni sulle infestanti sono riportate in Figura 3. All'ultimo rilevamento l'infestazione è stata abbastanza scarsa, con esemplari principalmente giovani di Linaria, Centaurea e Senecio. L'erba codina era presente negli stadi da C a E del girasole, suggerendo un'emergenza precoce o una scarsa distruzione di alcune piante (osservazioni casuali sulla parcella).
Quando è stata avviata la prova non vi erano malerbe in nessuna delle tre strategie. Le condizioni meteorologiche a fine marzo e nella prima decade di aprile non sono state favorevoli all'insorgere di infestanti. La lavorazione primaria del terreno quindi non ha consentito un vero e proprio falso letto di semina. Le temperature erano piuttosto basse e le precipitazioni relativamente basse.
All'ultimo rilevamento effettuato il 22/06/2020, vi era una leggera differenza tra la strategia con glifosate e le due strategie con lavorazione del terreno. Nella strategia con glifosate non è stata osservata erba codina, mentre nelle altre due era presente, sebbene a bassa densità. La strategia con glifosate, combinata con il trattamento erbicida di pre-emergenza, potrebbe aver controllato le infestanti, in particolare l'erba codina. La qualità delle piantine è stata scarsa per tutte le strategie (non più del 40% dei fusti dritti) e la strategia con glifosate sembrava avere fusti più curvi.

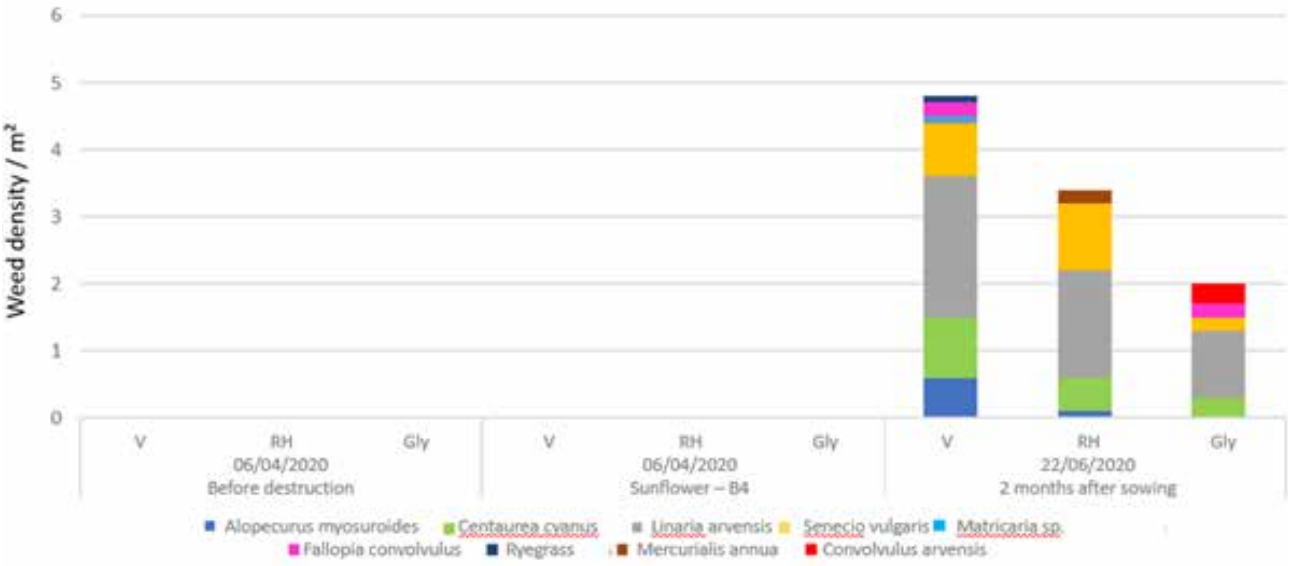


Figura 3 - Densità delle infestanti (piante/m²) nella prova di Saint Valentin. V = vibrocoltivatore, RH = erpice rotante, Gly = glifosate.

Figure 4 e 5 - Foto scattate in occasione dell'ultimo rilevamento su girasole (22/06/2020).

PROVA 3 – DIJON (BURGUNDY)

Dopo il frumento coltivato nella stagione precedente, il 20/10/2019 è stata effettuata l'aratura a una profondità di 25 cm, seguita dall'erpice rotante a 10 cm. La lavorazione primaria a fine inverno è stata effettuata il 03/10/2020, in buone condizioni, con erpice a 10 cm di profondità. Le lavorazioni del terreno delle diverse strategie sono state eseguite il 20/05/2020, mentre il 25/05/2020 è stato applicato il glifosate alla dose di 1080 g/ha (2,4 l/ha) dopo la semina e in pre-emergenza della soia. La semina è stata effettuata con seminatrice singola il 22/05/2020 a una profondità di 4 cm.

In data 25/05/2020 è stato applicato su tutti i lotti di prova un erbicida di pre-emergenza contenente pendimetalin 500 g + S-metolachlor 960 g (Prowl 400 1,25 l/ha + Mercantor gold 1 l/ha) e glifosate. Il trattamento di post-emergenza è stato eseguito il 09/07/2020 allo stadio R1-R2 sulle parcelle di soia con bentazon 411 g + adiuvante + imazamox 19 g (Basagran SG 0,4733 kg/ha + Belize 0,4733 L/ha + Pulsar 40 0,4733 l/ha).
Le condizioni molto siccitose di marzo non hanno favorito l'emergenza d'infestanti. Queste condizioni meteorologiche hanno tuttavia provocato l'emergenza tardiva d'infestanti a foglia larga (stadio

Figure 6 e 7 - Erpice rotante (a sinistra - Strategia 1) ed erpice strigliatore (a destra - Strategia 2). Foto scattate il 26/05/2020. In Strategia 1 il terreno era friabile con poche zolle di 8 cm di diametro e umidità a 2 cm di profondità. In Strategia 2 il terreno era friabile ma più zolloso, con umidità a 2 cm. La dimensione media delle zolle era di 6 cm di diametro e le più grandi erano lunghe 16 cm.

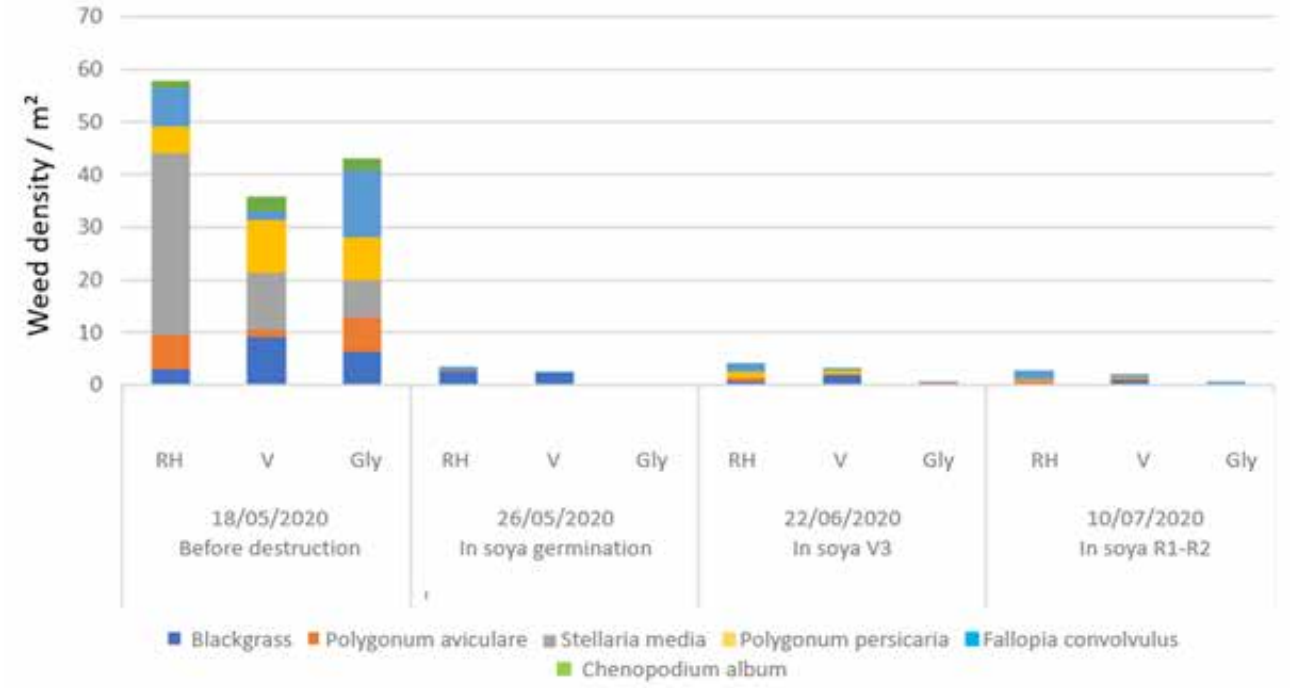


Figura 8 - Densità delle infestanti (piante/m²) nello studio di Dijon. V = vibrocoltivatore, RH = erpice rotante, Gly = glifosate.

Figure 9, 10 e 11 - Da sinistra a destra: Strategia 1 (erpice rotante), Strategia 2 (erpice strigliatore) e Strategia 3 (glifosate). Foto scattate il 22/06/2020.

di cotiledone osservato a maggio) e poche infestanti sarebbero state poi osservate in inverno.
Il periodo di siccità tra marzo e maggio ha reso impossibile trovare una prova con una forte infestazione di erba codina. L'emergenza delle infestanti a foglia larga è stata in gran parte indotta dalle piogge di aprile.
Le osservazioni del 26/05/2020 hanno mostrato che l'erpice rotante è stato leggermente efficace sull'erba codina ed è stato efficace su *Polygonum convolvulus* in tutte le fasi. D'altra parte, l'erpice strigliatore è stato più efficace sull'erba codina dalla fase di 1 foglia alla fase di accestimento, ma non è stato molto efficace nelle fasi successive. La strategia con glifosate non è stata rilevata subito dopo la semina perché l'erbicida non aveva ancora finito di funzionare. Nelle Strategie 1 e 2, il 07/10/2020 l'erba codina poteva essere osservata nelle fasi di plantula e in spigatura, ma a basse densità; queste erano evidentemente piante di erba codina non completamente eliminate dall'intervento meccanico prima della semina della soia.
A differenza delle Strategie 1 e 2, il trattamento con glifosate (Strategia 3) è stato efficace sull'erba codina anche nelle fasi successive. I trattamenti erbicidi del 25/05/2020 hanno avuto un impatto sull'infestante (conteggio al 22/06/2020), ma non sono stati sufficienti ad eliminarla nelle strategie con diserbo meccanico, dove è ricomparsa nelle fasi più avanzate di accestimento e levata. Tuttavia, l'erba codina è stata alla fine controllata in tutte le strategie.

PROVE SPERIMENTALI SU MAIS
(Partner: Terres Inovia, Arvalis)

ANNATA 2020

PROVA 1 – MONTESQUIEU-LAURAGAIS (OCCITANIA OCCIDENTALE)
Inizialmente questa prova doveva essere seminata con girasole, ma è stata poi sostituita da una prova su mais. Il 20/15/2020 è stata seminata la fava come cover crop con una seminatrice pneumatica per cereali (Kuhn Megant 600) tra 3 e 5 cm. Il 24/03/2020 la cover crop era in fase di fioritura. La biomassa è stata prodotta su tre appezzamenti di 1 m² ciascuno; in media la biomassa secca era di 5,23 t/ha. La fava è stata terminata il 24/03/2020 con un rullo FACA in direzione del pendio per l'area di prova e attraverso il pendio per il resto dell'appezzamento (Figura 12). Questa differenza è molto importante, perché si noterà in seguito che il passaggio dell'erpice a dischi attraverso il rullo FACA aveva tagliato i legumi a una lunghezza massima di circa 20 cm.

Figura 12 - Distruzione della cover crop (fava) in data 24/03/2020 con rullo FACA.

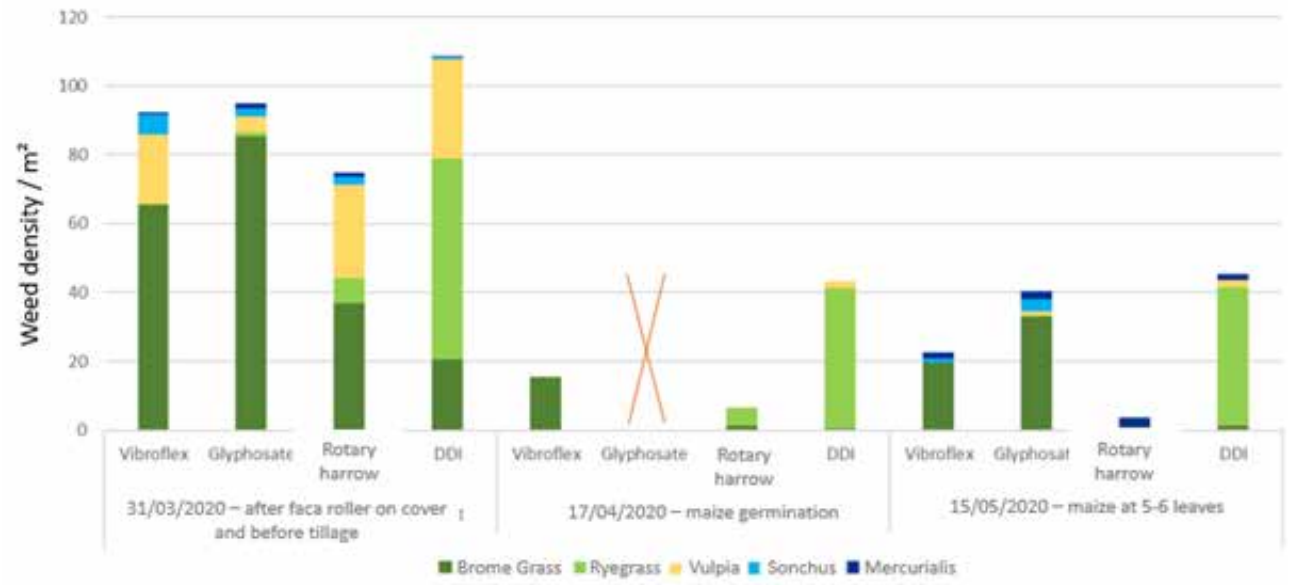


Figura 13 - Densità delle infestanti (piante/m²) in tre date nelle strategie a confronto. Da sinistra a destra: vibroflex, glifosate, erpice rotante e DDI (erpice a dischi).

Figure 14 e 15 - Rilevamento delle infestanti nel mais eseguito il 15/05/2020. A sinistra la strategia con erpice rotante (DDI): il mais, più vigoroso e omogeneo, si trova allo stadio di 7-12 foglie e la parcella è abbastanza pulita. A destra la strategia con glifosate: il mais non è così sviluppato come nell'altra parcella e sono presenti più infestanti.

Figure 16 e 17 - Rilevamento delle infestanti nel mais eseguito il 15/05/2020. A sinistra la strategia con vibroflex: il mais è eterogeneo, con carenza di piante a causa di residui di fava e sono presenti molte infestanti. A destra la strategia con erpice a dischi: l'insediamento del mais è eterogeneo e il loietto ha soppresso il mais.

Una terza strategia di lavorazione del terreno è stata inclusa in questa prova, ovvero l'uso dell'erpice a dischi; tutte le lavorazioni sono state eseguite il 01/04/2020 e il 02/04/2020. Il glifosate è stato applicato a 720 g/ha (Agave a 2 l/ha) il 10/04/2020. Il mais è stato seminato il 04/06/2020 con una seminatrice di precisione tradizionale (seminatrice Kuhn-Nodet 2 a 7 file distanziate di 60 cm). La velocità di semina era identica per tutte le strategie, ovvero 3,5 km/h, e la densità di semina era di 77.000 semi per ettaro della varietà PR9234.
Il trattamento di pre-emergenza è stato effettuato il 14/04/2020, simile per tutti i programmi: mesotrione 100 g/ha + S-metolachlor 1000 g/ha + DMTA-P 648 g/ha (Camix 2,5l + Isard 0,9 l). Prima del passaggio degli attrezzi di lavorazione del terreno o del glifosate, l'infestazione era piuttosto elevata sotto la canopia della cover crop e le infestanti non potevano essere distrutte adeguatamente dal rullo FACA. Erano presenti soprattutto forasacco, loietto e erba vulpia.
Il 17/04/2020, all'emergenza del mais, la strategia con glifosate era ancora in atto e non è stata valutata. Si è potuto vedere che il forasacco era stato eliminato piuttosto bene dalle lavorazione del terreno, ma forse un po' meno nella strategia con "Vibroflex". Il loietto è stato invece scarsamente eliminato dalle lavorazioni, persistendo in particolare nella strategia con erpice a dischi. Questo loietto è rimasto presente in tale strategia anche nel proseguo della prova (Figura 13).
Le rilevazioni eseguite il 15/05/2020 sono avvenute circa un mese dopo il trattamento di pre-emergenza. E' stata osservata una scarsa efficacia del programma erbicida, in quanto pur avendo i due erbicidi applicati uno spettro graminicida, c'erano molte graminacee nelle strategie Vibroflex, Glifosate e DDI. Lo stadio fenologico delle infestanti era probabilmente troppo maturo perché gli erbicidi potessero avere un'efficacia soddisfacente. Il forasacco presente nelle strategie Vibroflex e Glifosate era in stadio avanzato (C o anche D) e quindi scarsamente controllabile, o in nuova emergenza (Stadio B), come avvenuto nel mais.
Il loietto nella strategia con erpice a dischi era essenzialmente in una fase avanzata (fasi C e D), quindi le piante sono state distrutte in modo insufficiente. Solo la strategia con erpice rotante (DDI) ha dimostrato un controllo soddisfacente delle infestanti, sebbene alcune (1 o 2 piante/m²) siano rimaste nelle parcelle.
Questi risultati possono essere estesi al girasole. Nel caso di una cover crop molto produttiva come la fava (circa 5 t/ha), l'intervento di terminazione prima dell'insediamento della coltura da reddito può avere un impatto molto significativo. In questo senso l'uso di un rullo FACA è stato essenziale. La preparazione del letto di semina è stata eseguita al meglio con la discatura, mentre l'uso di attrezzi dentati ha causato l'intasamento dell'attrezzo per la lavorazione del terreno. Per gli attrezzi a disco è stato fondamentale che il passaggio fosse perpendicolare a quello del rullo FACA, in modo da ridurre la lunghezza degli steli. L'erpice rotante ha dato buoni risultati, sia in termini di sviluppo del mais che di diserbo, anche se si sono verificati troppi blocchi durante la semina ed è stato necessario andare a una profondità di lavoro abbastanza significativa (4-5 cm) per distruggere le infestanti. Questa prova ha confermato la dannosità del loietto e del forasacco nel mais.

PROVA 2 – BELLOY SUR SOMME (PICARDY) MAIS DA FORAGGIO

Protocollo e strategie della prova sono descritte nelle Tabelle 3 e 4.
La selettività della coltura è stata valutata il 16/07/2020 e tutte le modalità erano simili, poiché non è stato osservato alcun effetto dovuto a erbicidi o a sarchiatura. I risultati dell'efficacia (rilevamento del 16/07/2020) sono presentati nelle Figure 18, 19 e 20. Le strategie chimiche standard CHEM 1 e CHEM 2 hanno fornito buoni risultati nel complesso, sia sulla fila che in interfila. Come osservato nella stagione precedente, le strategie alternative possono ottenere gli stessi risultati, ed è ciò che è avvenuto in questa prova con le strategie ALT 1 e ALT 3. La strategia alternativa ALT 2 è sembrata meno efficace, essenzialmente a causa dell'erbicida usato nel trattamento di pre-emergenza, che è meno efficace su questa flora (soprattutto su *Polygonum convolvulus*, come descritto in Figura 20). Le strategie ALT 1 e ALT 3 hanno fornito gli stessi risultati degli standard, con solo il 31% dell'area trattata (25 cm di larghezza su 80 cm tra le file). Da queste osservazioni è inoltre emerso che, nelle condizioni in cui si è svolta questa prova, l'interfila risultava perfettamente controllata, talvolta anche meglio della fila, grazie in particolare alla buona efficienza della sarchiatura effettuata in condizioni favorevoli di asciutto.
I risultati della resa (sostanza secca in t/ha e in %) del mais da foraggio sono presentati in Figura 21. Nel controllo è stata osservata una diminuzione del vigore, una riduzione delle dimensioni della pianta e un ingiallimento delle foglie, a causa della forte competizione delle infestanti che tendevano a sopprimere la coltura. La sostanza secca nelle diverse strategie è variata solo leggermente, dal 32,6% al 35,5%.
Sulla resa in foraggio (t di s.s./ha) è stata effettuata un'analisi della varianza, accompagnata da vari test statistici, che hanno dimostrato che questa prova non presentava residui anomali (metodo Grubbs) e che

Strategia	T1 (pre-emergenza)	T2 (pre-emergenza)	T3	T4
CONTROLLO	-	-	-	-
CHEM reference 1	Adengo Xtra 0,44 l/ha			
ALT 1	Adengo Xtra 0,44 l/ha (sulla fila)	Sarchiatura		Sarchiatura
ALT 2	Camix 2,5 l/ha (sulla fila)	Sarchiatura		Sarchiatura
ALT 3	Adengo Xtra 0,44 l/ha (sulla fila) + Isard 1,2 l/ha (sulla fila)	Sarchiatura		Sarchiatura
CHEM reference 2	Adengo Xtra 0,44 l/ha (sulla fila)		Capreno 0.2 l/ha + actirob B 1.5 l/ha	

Adengo Xtra = thiencarbazon 90 g/l + cyprosulfamid 150 g/l + isoxaflutole 225 g/l
Camix = mesotrione 40 g/l + S-metolachlor 400 g/l + Benoxacor 20 g/l
Capreno = Thiencarbazon 68 g/l + tembotrione 345 g/l + isoxadifen-ethyl 134 g/l
Actirob B = olio di colza esterificato 842 g/l

Tabella 3 - Protocollo della prova su mais da foraggio di Belloy sur Somme su quattro blocchi adattati al passaggio di macchine agricole.

Varietà e data di semina	T1 (pre-emergenza) 24/04/2020	T2 (post-emergenza) 20/05/2020	T3 20/05/2020	T4 15/06/2020	Malerbe (densità piante/m²)
LG31259 (16/04/2020) 110 piante/m², file larghe 80 cm		allo stadio di 4 f. Sarchiatura con macchina Monosem (3 km/h, profondità 4 cm)	allo stadio di 4 f	allo stadio di 8 f. Sarchiatura con macchina Monosem (4 km/h, profondità 12 cm)	*Chenopodium album* (27 piante/m²), *Polygonum convolvulus* (65 piante/m²). Rilevamento il 20/05/2020

Tabella 4 - Dettagli dello svolgimento della prova di Belloy sur Somme.

le deviazioni standard possedevano una variabilità comparabile (test di Bartlett). Inoltre, il test di additività non ha evidenziato alcuna interazione tra i blocchi e i trattamenti erbicidi.
Le strategie chimiche CHEM 1 e CHEM 2 si sono dimostrate più efficaci, con una differenza significativa rispetto alle strategie ALT 1 e ALT 3 che sono state le più efficaci tra le strategie alternative. La sarchiatura ha probabilmente ridotto i danni da infestanti, ma ha anche disturbato la coltura. Sulla sostanza secca, non sono state osservate differenze significative tra strategie e controllo.
In questa prova le strategie alternative, che utilizzavano la sarchiatura, hanno raggiunto livelli significativi di efficacia, talvolta equivalenti alle strategie chimiche, con il 69% in meno di erbicidi.
Tuttavia, le rese ottenute dal mais suggeriscono che i passaggi meccanici hanno avuto un impatto sulla coltura, quantificabili in una perdita di circa 3 t/ha di sostanza secca.

PROVA 3 – MONS (PICARDIA) - MAIS DA FORAGGIO

Le strategie attuate su mais da foraggio nella prova di Mons erano più semplici, essendo basate sulle pratiche abituali degli agricoltori. In questo caso il trattamento standard è stato solo di pre-emergenza, con Adengo Xtra a 0,44 l/ha. Tutte le strategie sono dettagliate in Tabella 5.
Le strategie alternative erano basate sul trattamento localizzato e/o sulla sarchiatura complementare. La parte applicata localmente era larga 25 cm (su 80 cm interfila), il che significa una riduzione del 69% delle

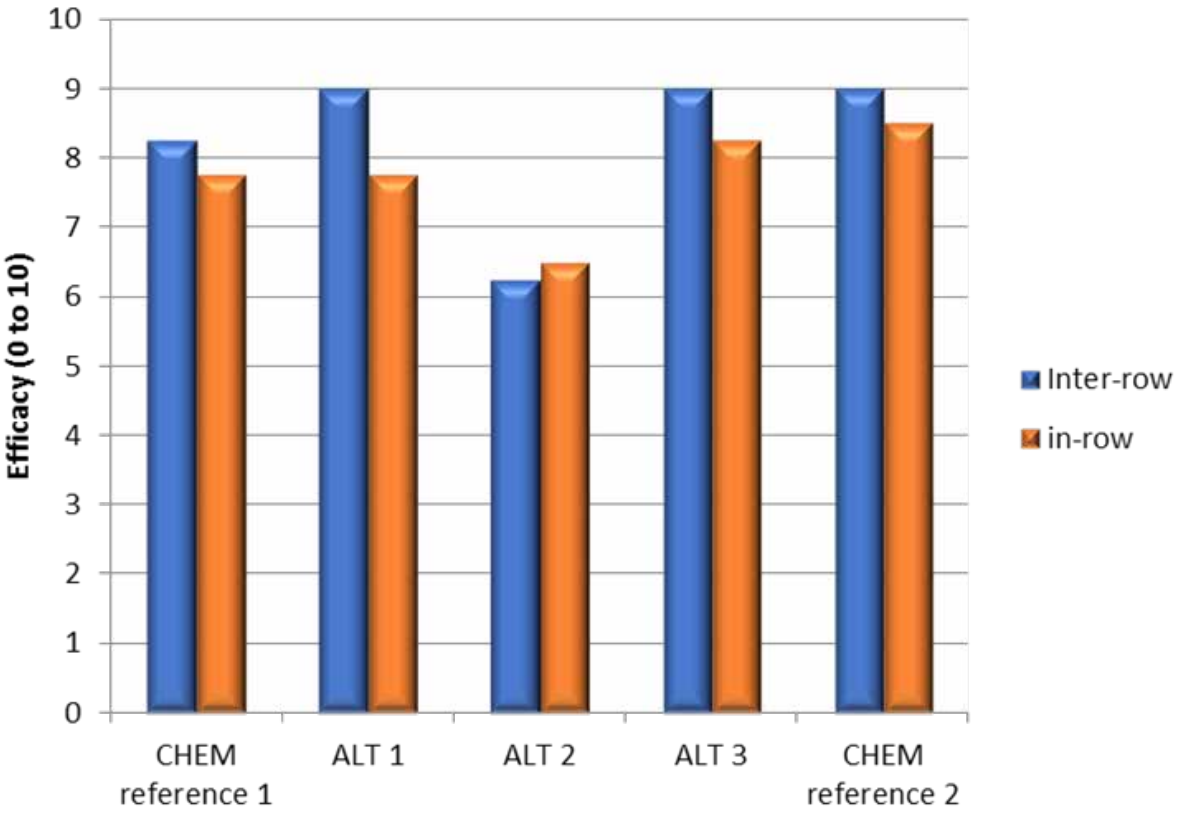


Figura 18 - Efficacia in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Belloy sur Somme. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

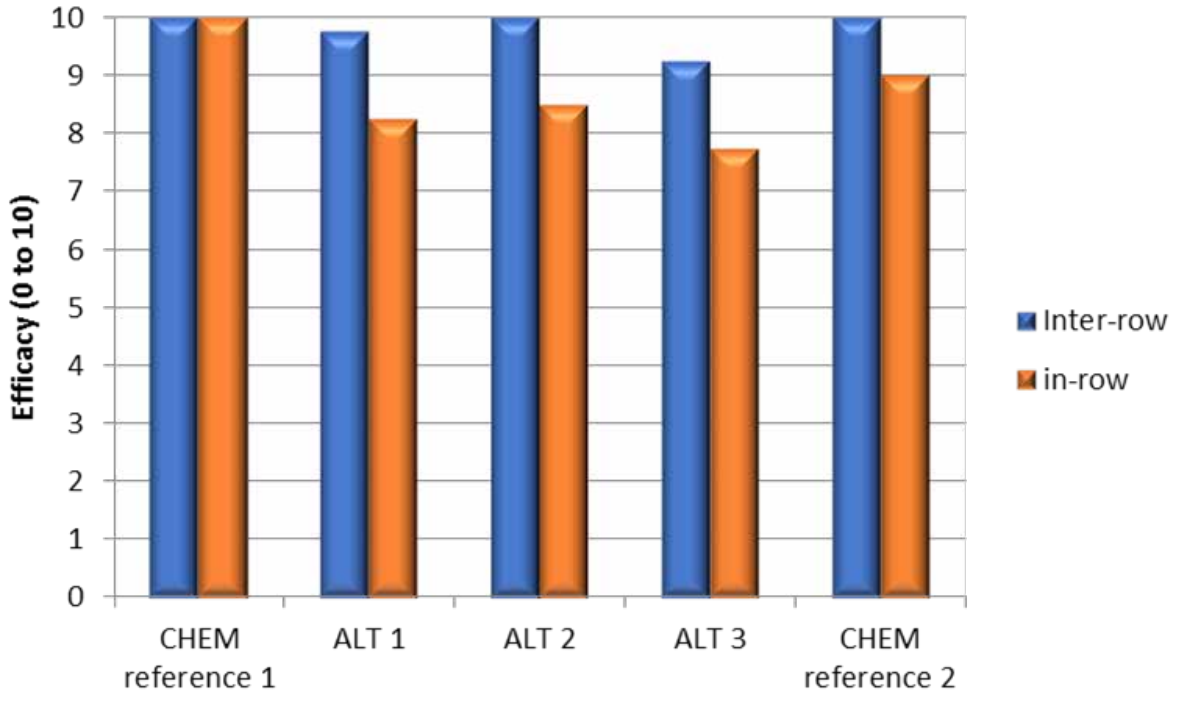


Figura 19 - Efficacia su *Chenopodium album* in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Belloy sur Somme. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

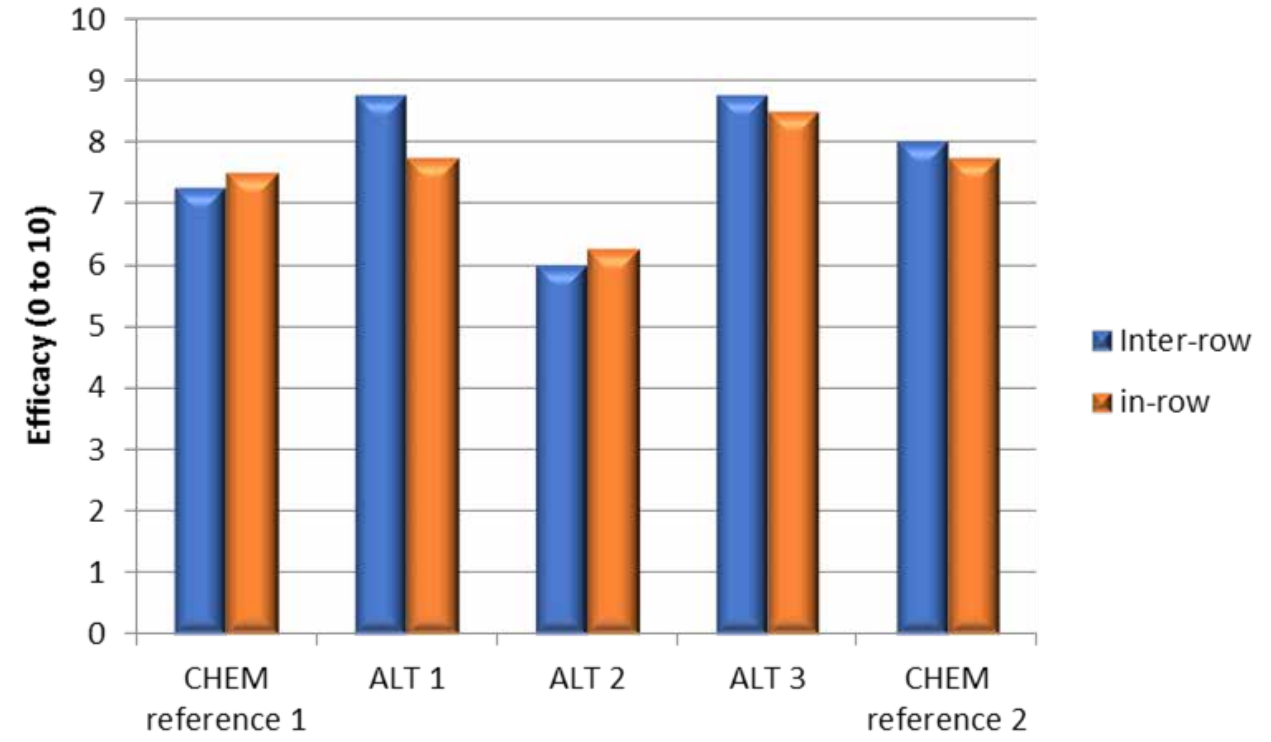


Figura 20 - Efficacia su *Polygonum convolvulus* in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Belloy sur Somme. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

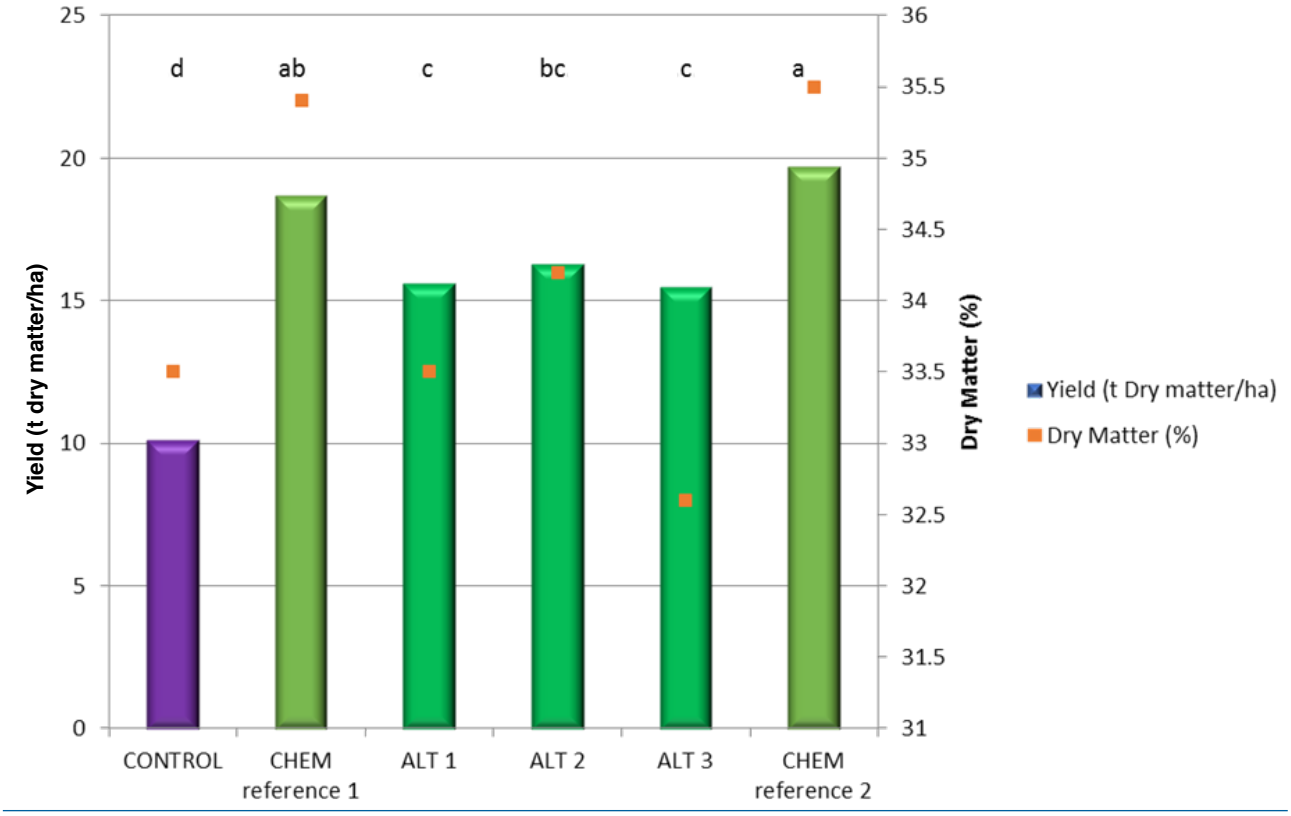


Figura 21 - Resa (in t di sostanza secca/ha) e percentuale di sostanza secca nelle strategie a confronto nella prova di Belloy sur Somme.

quantità di erbicidi rispetto all'applicazione completa. Le infestanti presenti erano il *Chenopodium album* e il *Polygonum convolvulus*.
I risultati dell'efficacia sono presentati nelle Figure 22 e 23. L'efficacia delle strategie alternative per il controllo di *Chenopodium album* sulla fila è risultata inferiore rispetto alle strategie chimiche standard, ma a un livello accettabile (>7), mentre in interfila queste strategie sono risultate molto vicine alle strategie standard. I risultati su *Polygonum convolvulus* sono stati più contrastanti, con le strategie alternative ALT 1 e ALT 3 che sono risultate equivalenti o superiori alle strategie standard. Ciò è dovuto agli erbicidi utilizzati (Adengo Xtra + Isard) su *Polygonum convolvulus*, e soprattutto alla sarchiatura interfilare, che ha controllato l'emergenza scalare delle infestanti.
La resa del mais da foraggio è riportata in Figura 22. Le rilevazioni sulla resa hanno mostrato che le strategie standard sono state statisticamente

Erbicidi	Strategia
CONTROLLO	CONTROLLO
(T) AdengoXtra 0,44	CHEM reference 1
(Tloc/B2/B4) AdengoXtra 0,44 / Hoeing (x2)	ALT 1
(Tloc/B2/B4) Camix 2,5 / Hoeing (x2)	ALT 2
(Tloc/B2/B4) AdengoXtra 0,44 + Isard 1,2 / Hoeing (x2)	ALT 3
(Tloc/T3) AdengoXtra 0,44 / Capreno 0,2 + Actirob B 1,5	CHEM reference 2

Adengo Xtra = thiencarbazone 90 g/l + isoxaflutole 225 g/l + cyprosulfamid 150 g/l
Camix = S-metolachlor 400 g/l + mesotrione 40 g/l + benoxacor 20 g/l
Capreno = thiencarbazone 68 g/l + tembotrione 345 g/l + isoxadifen 134 g/l
Isard = dimethenamid-P 720 g/l
Actirob B = olio di colza esterificato 842 g/l

Tabella 5 - Strategie attuate nel prova di Mons su mais da foraggio.

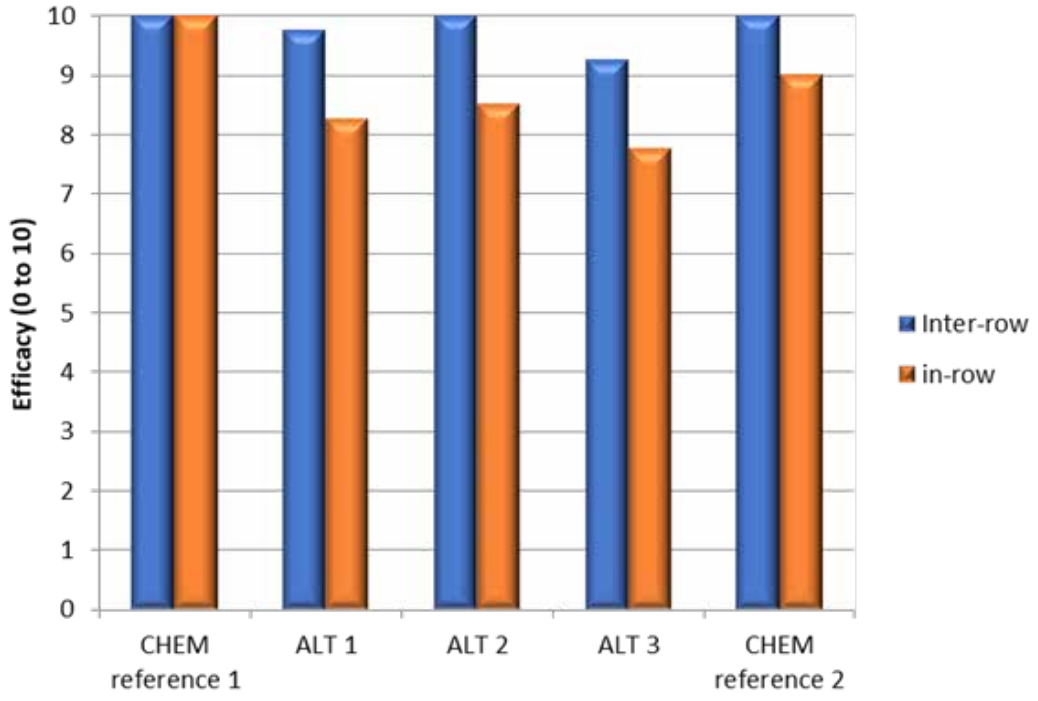


Figura 22 - Efficacia su *Chenopodium album.*

superiori alle strategie alternative ALT 1 e ALT 3. Queste differenze possono essere spiegate dalla competizione del *Chenopodium album*, che non è stato ben controllato da tali strategie. La strategia ALT 2 è stata simile alla CHEM Reference 1, ma statisticamente inferiore alla CHEM Reference 2.

Le strategie alternative hanno mostrato effetti interessanti in termini di efficacia interfilare (su *Polygonum convolvulus* in particolare), ma sono state limitate dalla mancanza di controllo delle infestanti vicino alla fila, che hanno penalizzato la resa del mais.

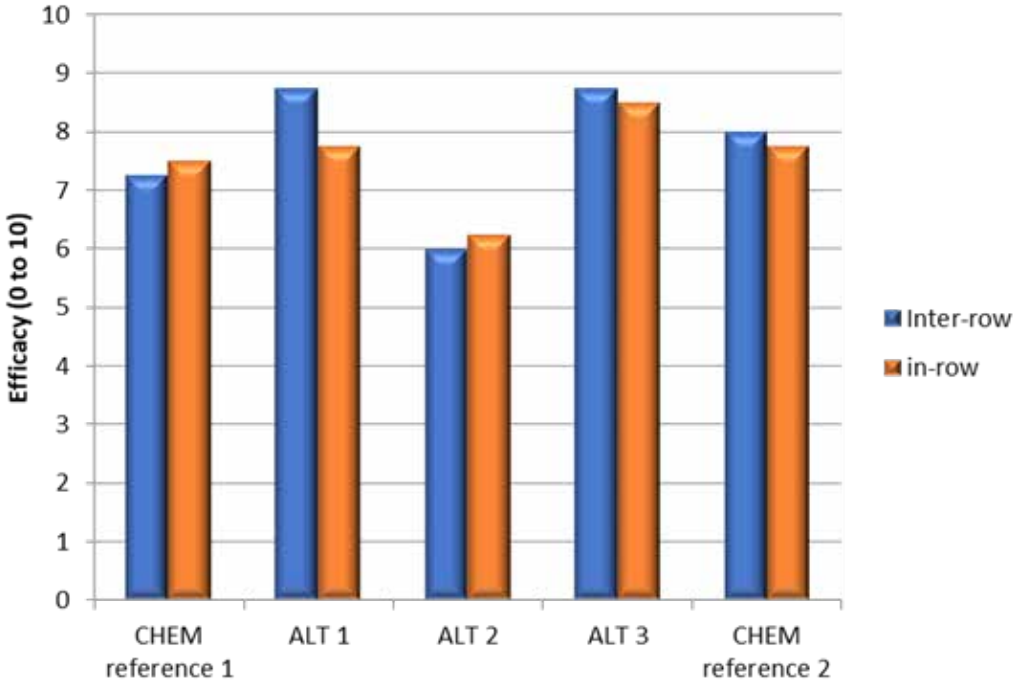


Figura 23 - Efficacia su *Polygonum convolvulus.*

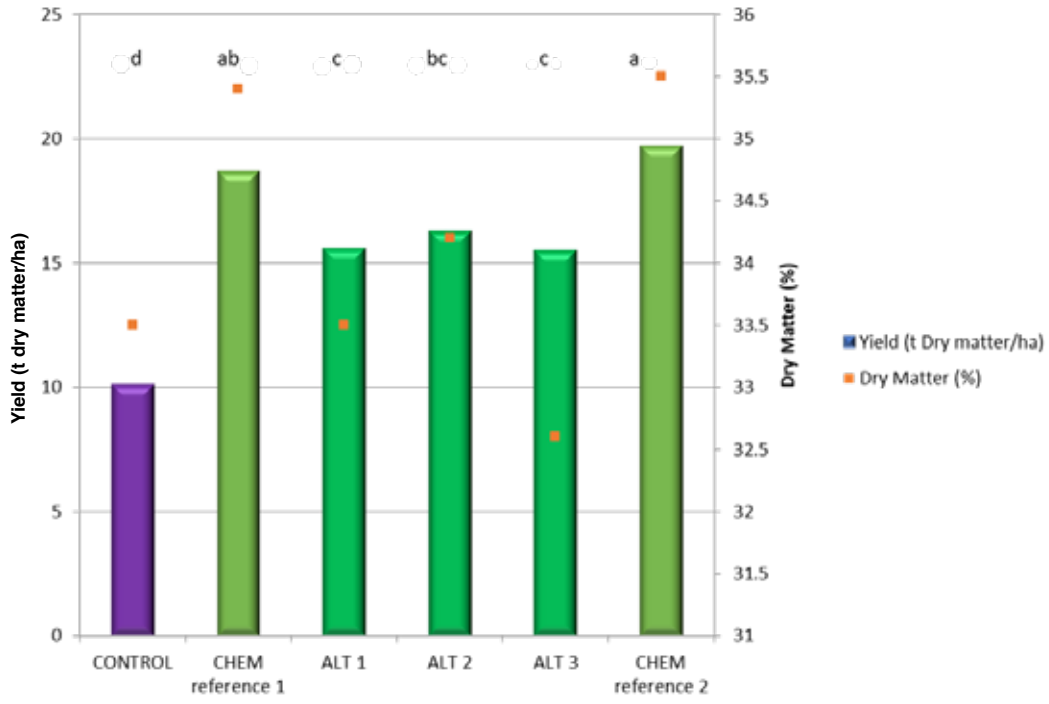


Figura 24 - Resa in t di sostanza secca e % di sostanza secca nel mais da foraggio per ciascuna strategia.

PROVA 4 – BUROS (BEARN) - MAIS DA SEME

La seconda prova è stata realizzata su mais da seme. Questa coltura viene coltivata in modo simile al mais da granella, ma i produttori richiedono un migliore controllo delle infestanti perché danneggiano le linee di riproduzione. Inoltre, i livelli di resa sono difficili da confrontare con quelli del mais da granella perché parte dell'area è dedicata alla linea riproduttiva maschile, che non viene raccolta, e le linee riproduttive femminili raccolte non sono ibride e la loro densità è limitata.
Questa prova consisteva nel confronto tra strategie basate sui programmi erbicidi tradizionalmente utilizzati nel mais da semi con le omologhe strategie

Strategia	T1 (pre-emergenza)	T2 (post-emergenza)	T3 (post-emergenza)
CONTROLLO	-	-	-
CHEM Reference 1	Dual Gold S 2,1 l/ha + Merlin Flexx 1,7 l/ha (sulla fila)	Capreno 0,17 l/ha + ActB 1 l/ha	Laudis WG 0,2 kg/ha + ActB 1 l/ha
ALT 1	Dual Gold S 2,1 l/ha + Merlin Flexx 1,7 l/ha (sulla fila)	Sarchiatura	Laudis WG 0,2 kg/ha + ActB 1 l/ha L
CHEM Reference 2	Isard 1,2 l/ha + Merlin Flexx 1,7 l/ha (sulla fila)	Capreno 0.17 l/ha + ActB 1 l/ha	audis WG 0,2 kg/ha + ActB 1 l/ha
ALT 2	Isard 1,2 l/ha + Merlin Flexx 1,7 l/ha (sulla fila)	Sarchiatura	Laudis WG 0,2 kg/ha + ActB 1 l/ha
CHEM Reference 3	Dual Gold S 2,1 l/ha + Merlin Flexx 1,7 l/ha	Capreno 0.17 l/ha + ActB 1 l/ha	Laudis WG 0,2 kg/ha + ActB 1 l/ha
ALT 3	Dual Gold S 2,1 l/ha + Merlin Flexx 1,7 l/ha (sulla fila)	Sarchiatura	Laudis WG 0.2 kg/ha + ActB 1 L/ha

Dual Gold S = S-metolachlor 915 g/l + benoxacor 45 g/l
Merlin Flexx = isoxaflutole 44 g/l + cyprosulfamid 44 g/l
Isard = DMTA-P 720 g/l
Capreno = thiencarbazon 68 g/l + tembotrione 345 g/l + isoxadifen-ethyl 134 g/l
Laudis WG = tembotrione 44 g/l + isoxadifen-ethyl 22 g/l
Actirob B = olio di colza esterificato 842 g/l

Tabella 6 - Protocollo utilizzato nella prova di Buros su mais da seme, su quattro blocchi. Ogni strategia standard era confrontata con un'omologa strategia alternativa che prevedeva la sarchiatura. Inoltre la strategia Chem 1/Alt 1 è stata confrontata con la strategia Chem 3/Alt 3 per valutare l'effetto dell'Isard 0,6 l/ha.

Varietà e data di semina	T1 (pre-emergenza) 12/05/2020	T2 (post-emergenza) 27/05/2020	T3 (post-emergenza) 28/05/2020	T4 (post-emergenza) 03/06/2020	Malerbe (densità piante/m²)
DF 12 (08/05/2020) 9,9 piante/m², file larghe 80 cm		allo stadio di 3 foglie. Sarchiatura con macchina Ribouleau (3,5 km/h, profondità 3 cm)	allo stadio di 3 foglie	allo stadio di 6 foglie	*Echinochloa crus-galli* (25 piante/m²), *Digitaria sanguinalis* (74 piante/m²), *Solanum nigrum* (65 piante/m²), *Chenopodium album* (44 piante/m²). *Rilevamento il 03/06/2020*

Tabella 7 - Dettaglio degli interventi nella prova di Buros.

alternative in cui un trattamento sostituito con una sarchiatura. I dettagli della prova sono riportati nelle Tabelle 6 e 7.
Questa prova sperimentale è stata realizzata per studiare l'effetto del trattamento erbicida di pre-emergenza sulla fila nella produzione di mais da seme e l'introduzione della sarchiatura di post-emergenza. Sono state confrontate due strategie da adottare dopo il trattamento di pre-emergenza localizzato sulla fila, ovvero un doppio trattamento chimico di post-emergenza e una sarchiatura seguita da un trattamento chimico. I trattamenti,

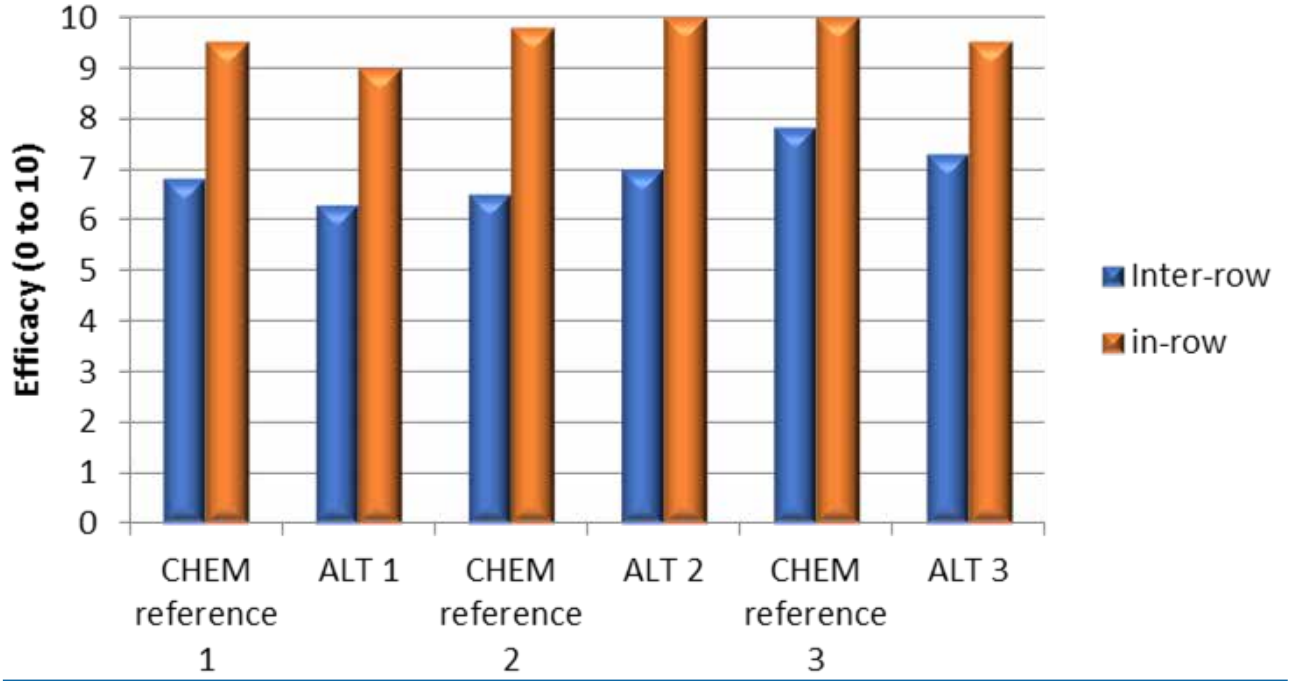


Figura 25 - Efficacia in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Buros. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

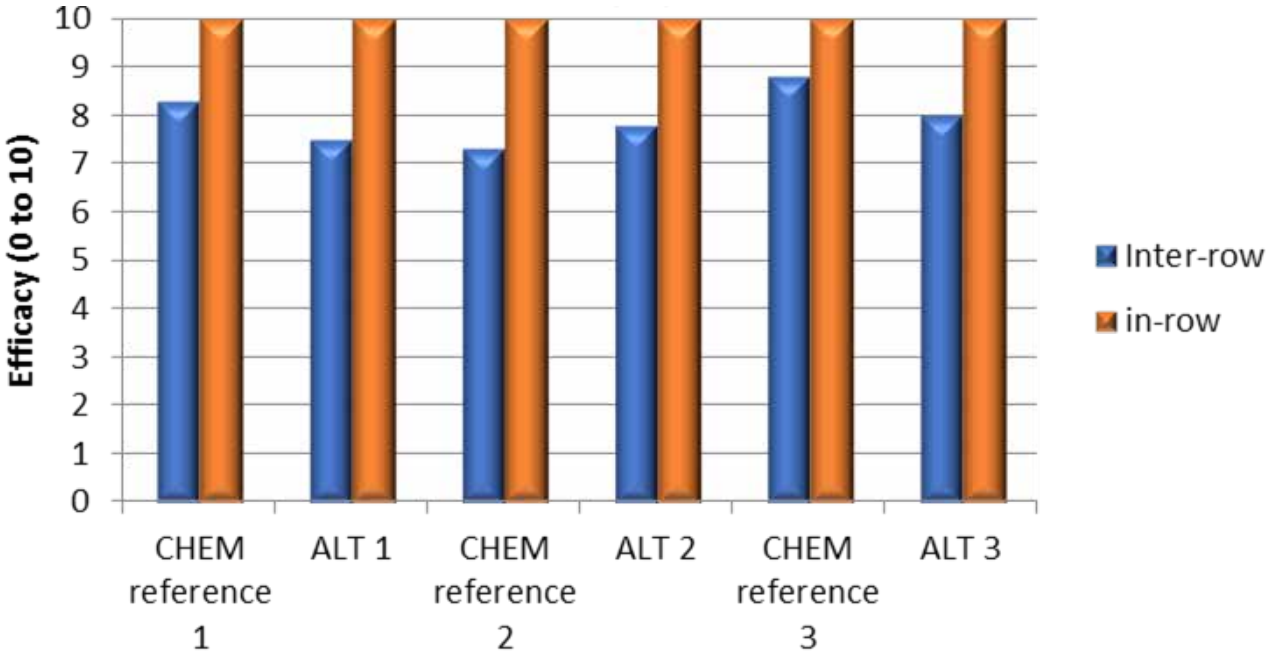


Figura 26 - Efficacia su *Echinochloa crus-galli* in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Buros. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

Date	Weed	Stage	Density (pl/m²)
6/9/2020	*Echinochloa crus-galli*	2 leaves	25.0
6/9/2020	*Digitaria sanguinalis*	1 leaf to 1 tiller	74.0
6/9/2020	*Solanum nigrum*	6 leaves	65.0
6/9/2020	*Chenopodium album*	6 leaves	44.0

Tabella 8 - Weeds in the Buros trial.

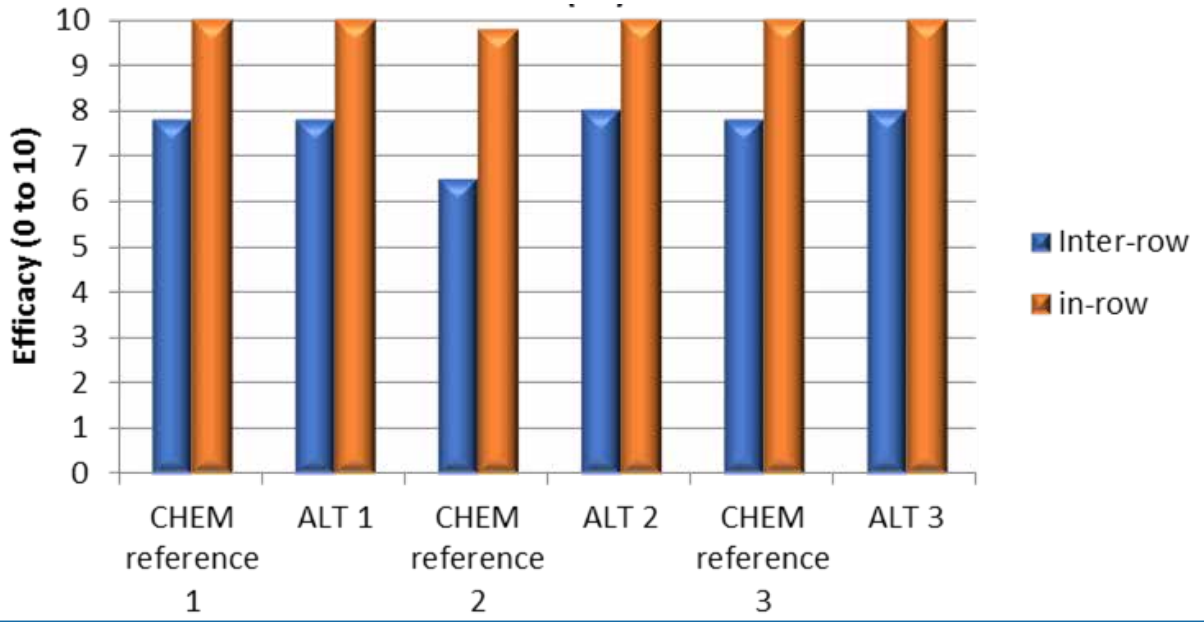


Figura 27 - Efficacia su *Digitaria sanguinalis* in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Buros. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

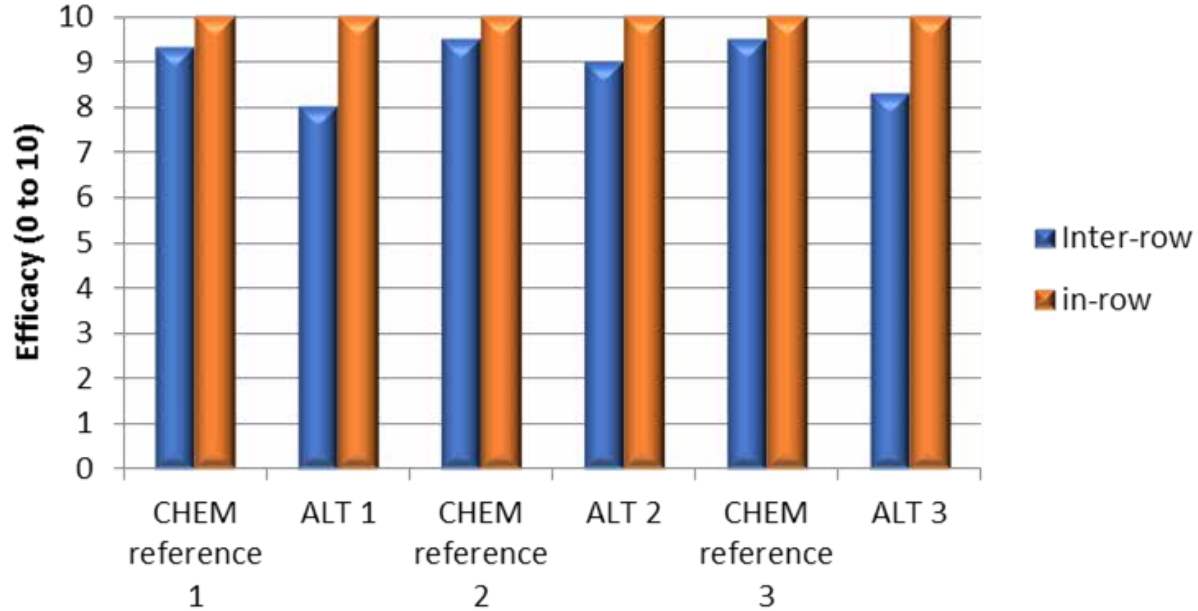


Figura 28 - Efficacia su *Solanum nigrum* in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Buros. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

sia chimici che meccanici, sono stati effettuati in condizioni favorevoli all'efficacia. La flora infestante era relativamente densa, con circa 100 graminacee per m² e un centinaio di malerbe diversificate a foglia larga. Allo stadio di 13 foglie della coltura i risultati hanno mostrato un'efficacia equivalente per tutte le strategie (Figure 25, 26, 27, 28 e 29). In tutti i casi la fila è risultata generalmente più pulita dell'interfila, a vantaggio del trattamento localizzato di pre-emergenza. Nel 2020 le condizioni favorevoli alla sarchiatura l'hanno resa un intervento equivalente, in termini di efficacia, a una strategia chimica attuata nella stessa fase.
Le rese della coltura variavano tra 3,5 e 4,1 t/ha (Figura 30) senza differenze significative tra le strategie (escluso il controllo). Le strategie alternative

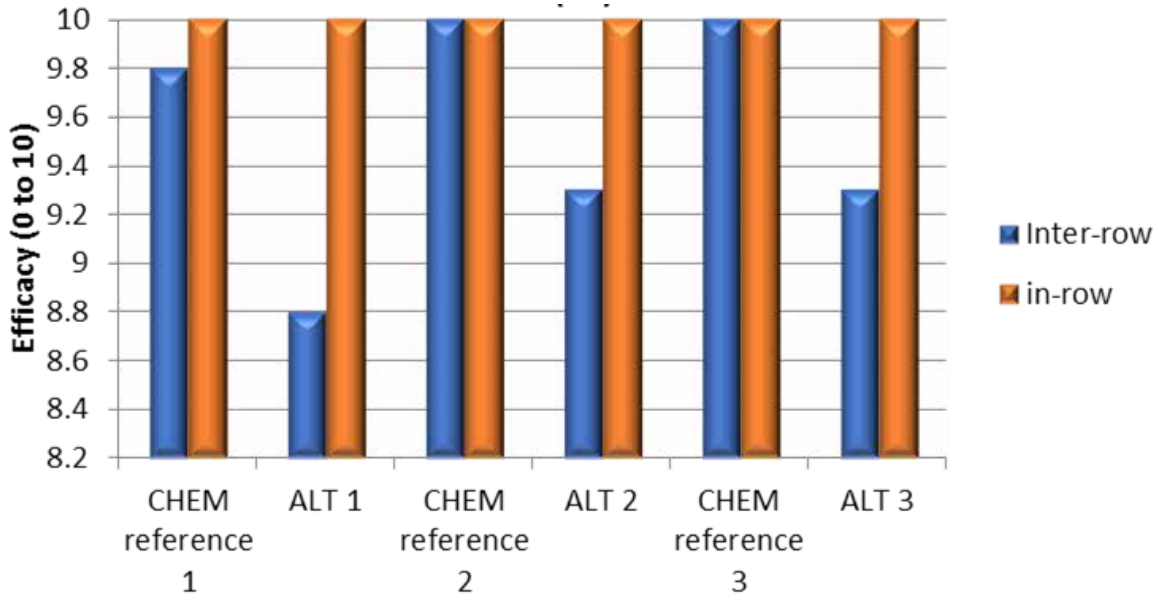


Figura 29 - Efficacia su *Chenopodium album* in interfila (colonne blu) e sulla fila (colonne arancioni) delle strategie a confronto nella prova di Buros. L'efficacia è valutata da 0 (controllo) a 10 (nessuna infestante).

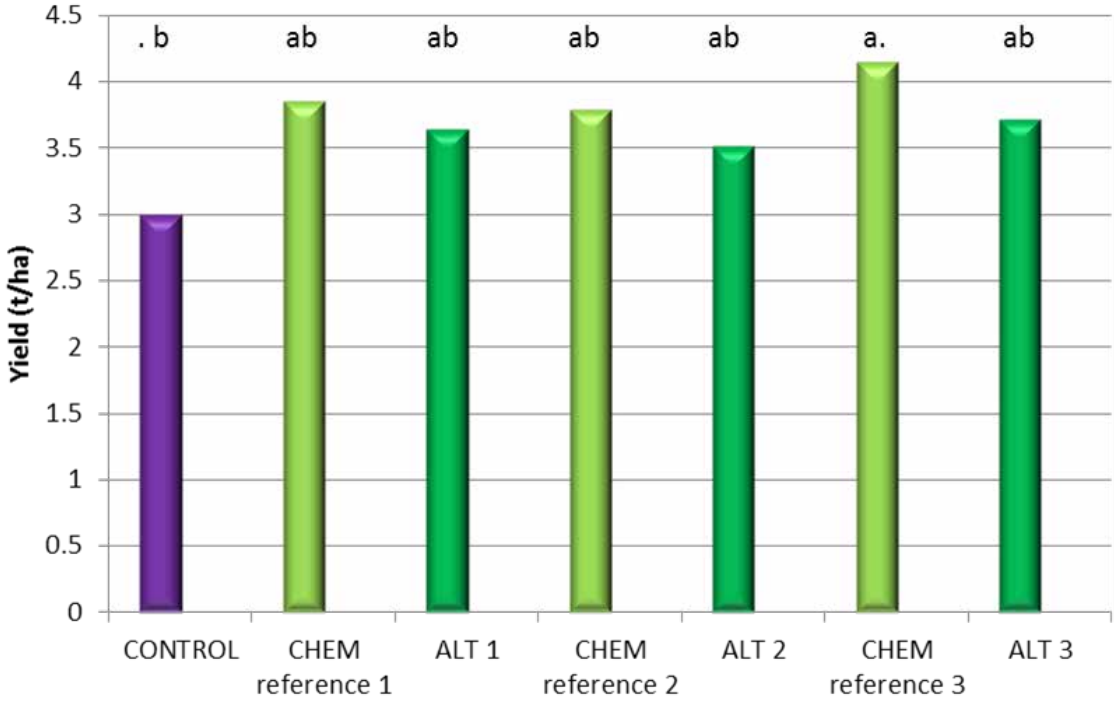


Figura 30 - Resa (in t/ha) delle strategie a confronto nella prova di Buros.

hanno ottenuto livelli di efficacia e selettività (nozione importante per i produttori di semi) equivalenti alle strategie standard. Questi elementi possono fornire ai produttori di sementi un incentivo per integrare la sarchiatura in modo sicuro. Tuttavia, ulteriori prove devono essere condotte per garantire la ripetibilità di tali risultati.
I risultati di efficacia hanno mostrato che le strategie alternative ALT2 e ALT 3 sono meno efficaci, ma si pongono a livelli simili alle strategie chimiche standard. Per quanto riguarda la resa, la strategia CHEM 3 è risultata significativamente superiore di 1,15 t/ha al controllo. Questa è stata l'unica differenza osservata nello studio, poiché tutte le strategie alternative sono state statisticamente identiche alle loro controparti chimiche.

ANNATA 2021

PROVA – PUSIGNAN (RHÔNE-ALPES) - MAIS DA GRANELLA

Dopo le prove realizzate del 2020, a Pusignan (Rhône-Alpes) è stata avviata una prova su mais da granella. Le strategie erano simili a quelle degli anni precedenti, ovvero diserbo localizzato di pre-emergenza seguito da sarchiatura, ma in questa annata è stato introdotto il trattamento localizzato di post-emergenza. I dettagli delle strategie sono presentati in Tabella 9.
La semina è avvenuta il 07/04/2021 con la varietà RGT URBANIXX. Gli interventi sono stati disturbati dalla pioggia, che ha costretto a modificare la strategia alternativa ALT 4 perché non è stato possibile effettuare la sarchiatura prevista per il 20/05/2021. Anteriormente era stata effettuato il trattamento di post-emergenza sulla fila.
Le infestanti presenti erano *Chenopodium album* (da 5 a 10 piante/m²), *Viola arvensis* (da 5 a 10 piante/m²) e *Geranium dissectum* (da 5 a 10 piante/m²). I risultati di efficacia sono presentati nelle Figure 31, 32, 33.
Su Chenopodium album le strategie alternative sono state meno efficaci in interfila e paragonabili alle strategie standard sulla fila. Anche su Viola arvensis l'efficacia delle strategie alternative sulla fila è stata inferiore, ad eccezione della strategia ALT 4. Tali differenze possono essere spiegate dal fatto che le strategie standard adottavano soluzioni erbicide più complete. In interfila, invece, le soluzioni alternative sono risultate più efficaci. La sarchiatura ha reso scalare l'emergenza delle infestanti, soprattutto nel contesto climatico della primavera 2021. La strategia ALT 4 è stata molto efficace sia sulla fila che in interfila. Il trattamento localizzato di post-emergenza è stato particolarmente efficace su *Viola arvensis*.
Su *Geranium dissectum* le differenze erano dovute essenzialmente agli erbicidi, più o meno efficaci su questa malerba. Pertanto la strategia ALT 3 è stata penalizzata, perché il Camix non ha controllato il *Geranium dissectum*. L'efficacia in interfila è stata abbastanza simile tra le strategie. Da segnalare il buon andamento della strategia ALT 4, in cui il trattamento localizzato di post-emergenza ha contribuito a controllare la malerba (in questo caso il tritosulfuron è risultato efficace).

PROVE SPERIMENTALI SU BARBABIETOLA DA ZUCCHERO

(Partner: Chambre d'Agriculture d'Île-de-France)

ANNATA 2020

PROVA – ST GERMAIN-LAXIS (BRIE)

L'obiettivo di questa prova era di definire la migliore strategia di diserbo combinando il trattamento chimico con la lavorazione meccanica (sarchiatura), limitando il più possibile l'impatto sull'ambiente.
Un mix di tre o quattro diversi prodotti chimici è stata testata in otto programmi. L'impatto teorico di questi trattamenti è stato misurato calcolando l'indice TFI (Treatment Frequency Index) degli erbicidi (Tabella 10): il TFI massimo considerato variava, a seconda della strategia, da 1,4 a 5,5. Inoltre, per ogni strategia, metà delle parcelle ha subìto solo un trattamento chimico e l'altra metà è stata trattata con metà trattamento chimico + lavorazione mediante sarchiatura.
Contesto: barbabietole seminate il 22/03/2020 su terreno limoso. Emergenza rapida ed omogenea, flora infestante comune a bassa densità.
Risultati (piante/m²): *Solanum nigrum* = 12, colza spontanea = 3, *Polygonum aviculare* = 1, *Chenopodium album* = 0,5.
I trattamenti erbicidi sono stati effettuati in data 10/04/2020, 17/04/2020 e 04/05/2020. La sarchiatura è stata eseguita sulla media lunghezza delle parcelle il 14/05/2020 allo stadio di 10 foglie delle barbabietole. Le condizioni climatiche non hanno richiesto un quarto trattamento erbicida o un ulteriore passaggio meccanico.

Conclusioni

Alcune tecniche aggiuntive potrebbero essere un complemento essenziale all'uso di strumenti meccanici, ad es. il falso letto di semina, lo spostamento delle date di semina dei cereali e la diversificazione delle rotazioni, nonché qualsiasi altro metodo che contribuisca a ridurre la pressione delle infestanti negli appezzamenti.

STRATEGIA	Pre-emergenza	5-6 foglie di mais	5-6 foglie di mais	11-12 foglie di mais
Data trattamento	14/04/2021	20/05/2021	26/05/2021	11/06/2021
CONTROLLO				
CHEM REF 1	ADENGO_XTRA 0,44	-	-	-
CHEM REF 2	ADENGO_XTRA 0,33 + ISARD 1 sulla fila	PAMPA 0,5 + PREDOMIN 0,2 + ACTIROB_B 1		
CHEM REF 3	ADENGO_XTRA 0,44 sulla fila	CAPRENO 0,2 + ACTIROB_B 1,5	-	-
ALT 1	ADENGO_XTRA 0,44 sulla fila	-	Sarchiatura	Sarchiatura
ALT 2	ADENGO_XTRA 0,44 + ISARD 1 sulla fila	-	Sarchiatura	Sarchiatura
ALT 3	CAMIX 2,5 sulla fila	-	Sarchiatura	Sarchiatura
ALT 4	ADENGO_XTRA 0,33 sulla fila	ISARD 0,8 + PAMPA 0,5 + PREDOMIN 0,2 + ACTIROB_B 1 sulla fila	Sarchiatura	Sarchiatura

Adengo Xtra = thiencarbazone 90 g/l + isaxaflutole 225 g/l + cyprosulfamide 150 g/l
Camix = S-metolachlor 400 g/l + mesotrione 40 g/l + benoxacor 20 g/l
Isard = Dimethenamid-P 720 g/l
Pampa = Nicosulfuron 40 g/l
Capreno = thiencarbazone 68 g/l + tembotrione 345 g/l + isoxadifen 134 g/l
Predomin = tritosulfuron 250 g/kg + dicamba 500 g/kg
Actirob B = olio di colza esterificato 842 g/l

Tabella 9 - Strategie implementate nella prova di Pusignan su mais.

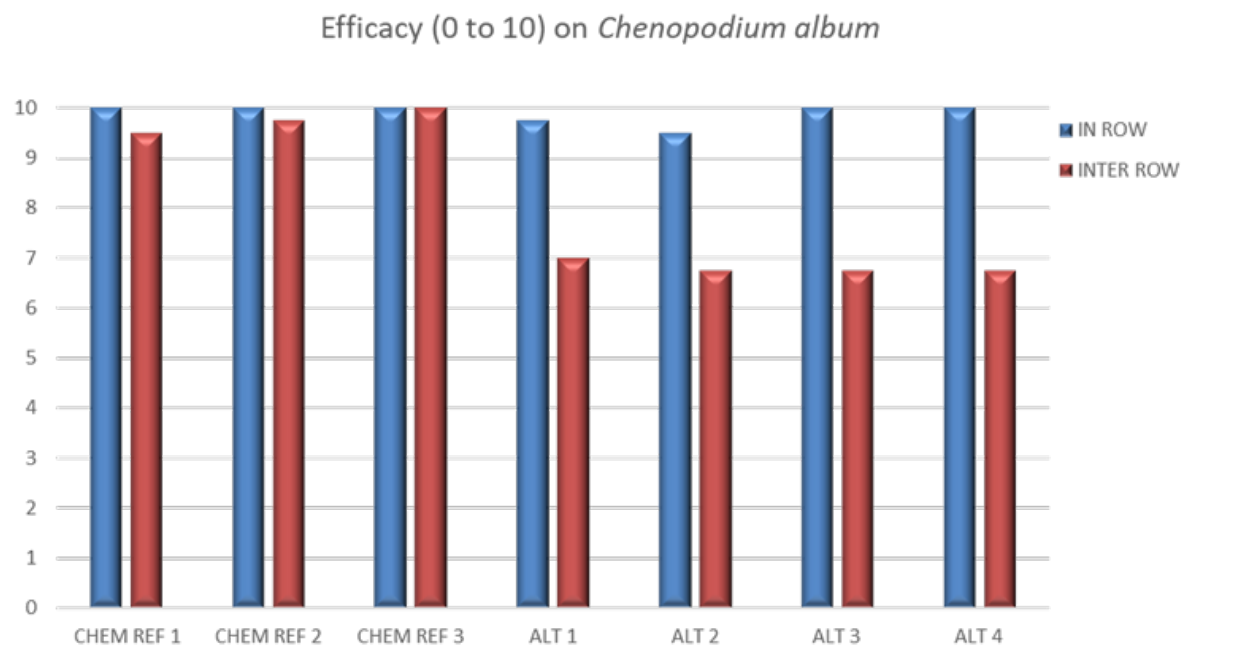


Figura 31 - Efficacia (da 0 a 10) su *Chenopodium album*.

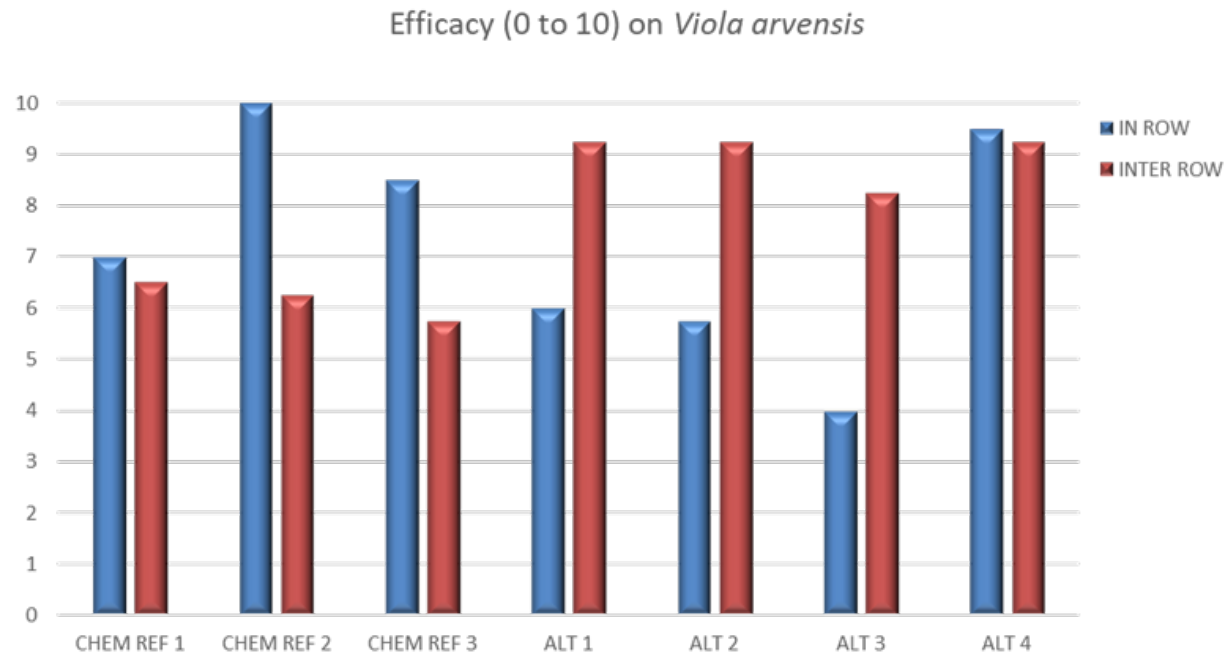


Figura 32 - Efficacia (da 0 a 10) su *Viola arvensis.*

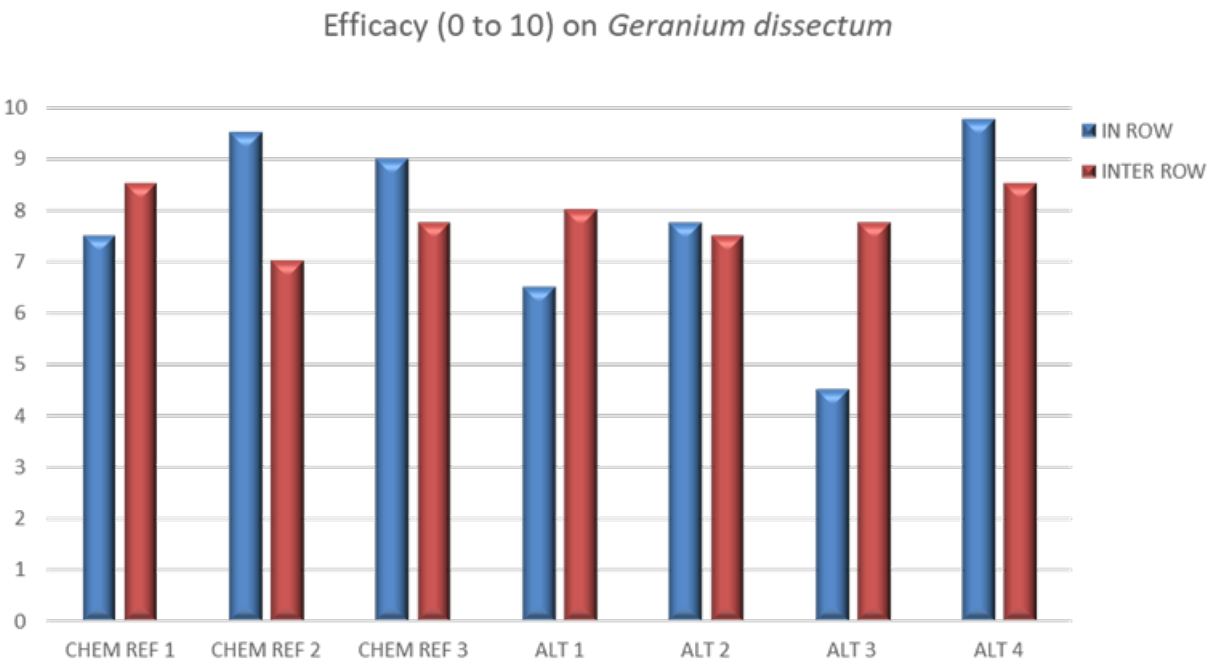


Figura 33 - Efficacia (da 0 a 10) su *Geranium dissectum.*

SPERIMENTAZIONE SU PISELLO PROTEICO

(Partner: Chambre d'Agriculture d'Île-de-France)

ANNATA 2020

PROVA – VALLANGOUJARD (VEXIN)

La prova sperimentale di Vallangoujard è stata condotta da un agricoltore che pratica la non lavorazione del terreno per preservare la sostanza organica, la struttura e l'attività microbiologica del suolo e non ha arato i suoi appezzamenti per 20 anni. Oggi deve fare i conti con un'infestazione da loietto importante (più di 500 piante/m²) che ne penalizza le rese.

In questa prova, sono state messe a confronto diverse

	Codice	Diserbo chimico (da 2 a 4 trattamenti)				TFI minimo	TFI massimo
1	**BTGV**	Bettapham	Boxer SC 500	Grizzli VXT	Venzar SC	2.77	5.54
2	**TGV**		Boxer SC 500	Grizzli VXT	Venzar SC	2.50	5
3	**TG0.5V**		Boxer SC 500	Grizzli VXT	Venzar SC	2.65	5.30
4	**T0.3GV**		Boxer SC 500	Grizzli VXT	Venzar SC	2.70	5.40
5	**TGS**		Boxer SC 500	Grizzli VXT	Safari	1.05	2.10
6	**TGSd**		Boxer SC 500	Grizzli VXT	Safari duo active	1.65	2.30
7	**TGSC**	Centium 36 CS	Boxer SC 500	Grizzli VXT	Safari	1.05	2.10
8	**T0.3G0.5V**		Boxer SC 500	Grizzli VXT	Venzar SC	0.70	1.4

Bettapham = phenmedipham
Boxer SC 500 = ethofumesat
Grizzli VXT = metamitron
Venzar SC = lenacil
Safari = triflusulfuron-me
Safari duo active = triflusulfuron-me + lenacil
Centium 36 SC = clomazon

Tabella 10 - Strategie e trattamenti erbicidi nella prova di St Germain-Laxis.

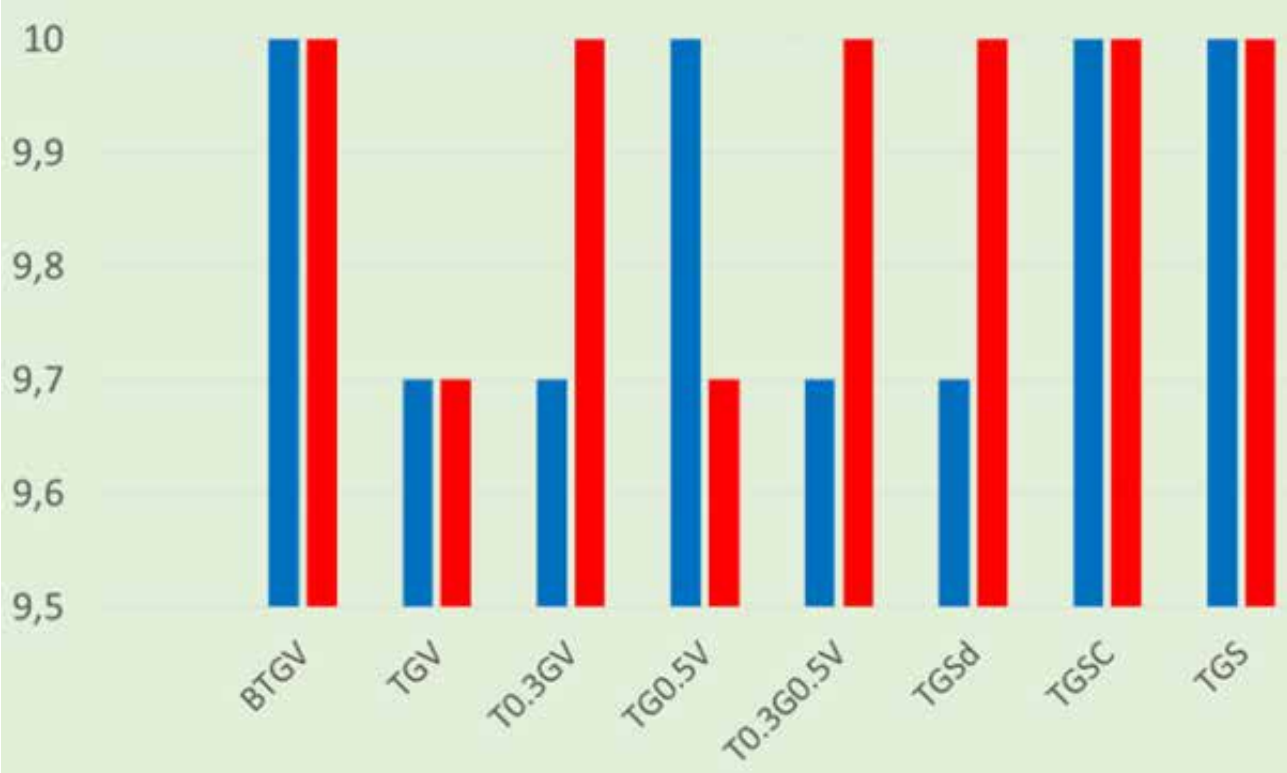


Figura 34 - Efficacia (da 0 a 10) delle strategie di controllo delle infestanti al 27/05/2020 (colonne blu con diserbo meccanico, colonne rosse senza diserbo meccanico).

Figura 35 - Sarchiatura su barbabietola da zucchero nella prova di St Germain Laxis.l

soluzioni che combinano trattamenti meccanici e chimici:

- Lavorazione profonda [DT] ogni quattro anni (aratura a 30 cm di profondità), lavorazione superficiale con falso letto di semina e semina abbinata alla lavorazione (erpice rotante);
- Pseudo-aratura [PP] a 15 cm di profondità seguita da falso letto di semina [FSB] e semina diretta, o combinata con la lavorazione del terreno (erpice rotante);
- Lavorazione molto superficiale ma regolare (falso semenzaio) [FSB] e semina diretta, o combinata con la lavorazione (erpice rotante);
- "No aratura" [NT], solo diserbo chimico con semina diretta, con e senza inerbimento.

Nel 2018/2019 la sperimentazione è stata condotta su frumento invernale. Nell'autunno del 2019 la prova doveva inizialmente riguardare il pisello invernale. L'obiettivo era quello di effettuare il diserbo con una diversa famiglia di erbicidi (Kerb Flo) e di liberare precocemente il terreno per realizzare più falsi letti di semina durante il periodo di intercoltura, o per insediare una cover crop nell'ambito dell'agricoltura conservativa. Tuttavia, non è stato possibile effettuare la semina autunnale a causa delle condizioni meteorologiche avverse (pioggia continua), che hanno reso il terreno inaccessibile ai macchinari. Questa coltura è stata quindi sostituita dal pisello primaverile seminato il 23/03/2020. La Tabella 11 riassume le diverse strategie testate nella prova di Vallangoujard dal 2018 e il protocollo inizialmente previsto per il 2020. Nel primo anno sono state usate due date di semina per valutare l'impatto dello spostamento della data sulla presenza di infestanti nelle parcelle.

Contesto: pisello proteico primaverile seminato il 23/03/2020 su terreno argilloso-limoso, densità del loietto tra 2 e 30 piante/m² (densità da bassa a media), inizialmente (2018) > 800 piante/m².

La semina è stata effettuata con seminatrice a dischi per le prime quattro strategie e con erpice rotante combinato a seminatrice per le altre tre strategie.

I risultati dei rilevamenti 2020 hanno mostrato un chiaro svantaggio della semina diretta (Strategie 3 e 4). Tuttavia, questi risultati sono probabilmente dovuti alle condizioni colturali dell'azienda, che non pratica di norma la semina diretta e quindi non adatta le modalità di applicazione del trattamento erbicida alla particolare tecnica della non lavorazione. Nella semina diretta, i residui delle colture precedenti e delle intercolture ricoprivano la superficie del terreno e richiedevano l'applicazione di prodotti erbicidi radicali in condizioni diverse rispetto a una situazione di aratura o lavorazione del terreno. Ciò ha rappresentato una pregiudiziale per le condizioni di semina diretta in questo studio per cui le prime quattro strategie sono state influenzate negativamente.

I risultati dei rilevamenti eseguiti nel triennio di sperimentazione hanno messo in luce situazioni diversificate. Nel primo anno le popolazioni di loietto erano molto elevate, soprattutto per la strategia con semina diretta senza cover crop (800 piante/m²), e molto basse per la strategia con aratura (2 piante/m²). Dopo tre anni le differenze erano ancora evidenti e la semina con erpice rotante combinata alla seminatrice si è rivelata la

soluzione più favorevole. Tuttavia si può notare che la situazione è notevolmente migliorata nel tempo, anche se le densità di loietto, superiori a 10/m², erano ancora troppo elevate per non incidere sulla produttività delle parcelle. Andrebbe ulteriormente indagata l'efficacia di alcune pratiche, come l'aratura o la pseudo-aratura o il falso letto di semina. Si è evidenziato come la semina diretta renda decisamente più complicata la gestione delle infestanti.

Figura 36 - Vista aerea della prova di Vallangoujard.

		1	2	3	4	5	6	7
2018 frumento	Lavorazione del terreno	PP + FSB	FSB	NT senza cover crop	NT con cover crop	FSB	PP + FSB	DT + FSB
	Semina	Seminatrice a dischi				Sarchiatrice rotante		
2019 frumento	Lavorazione del terreno	PP + FSB	FSB	NT senza cover crop	NT con cover crop	FSB	PP + FSB	FSB
	Semina	Seminatrice a dischi				Sarchiatrice rotante		
2020 pisello	Lavorazione del terreno	PP + FSB	FSB	NT senza cover crop	NT con cover crop	FSB	PP + FSB	FSB
	Semina	Seminatrice a dischi				Sarchiatrice rotante		

PP = pseudo aratura, FSB = falso letto di semina, NT = non lavorazione, DT = lavorazione profonda

Tabella 11 - Protocollo sperimentale della prova di Vallangoujard.

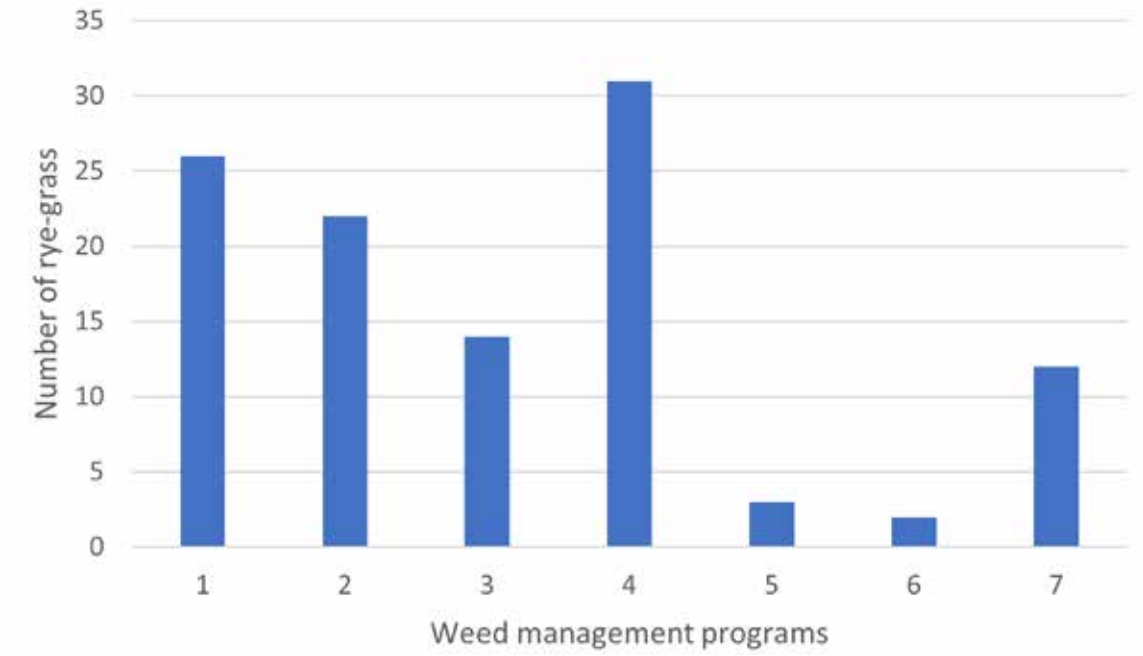


Figura 37 - Presenza di loietto in giugno 2020 (N piante/m²) nella prova di Vallangoujard.

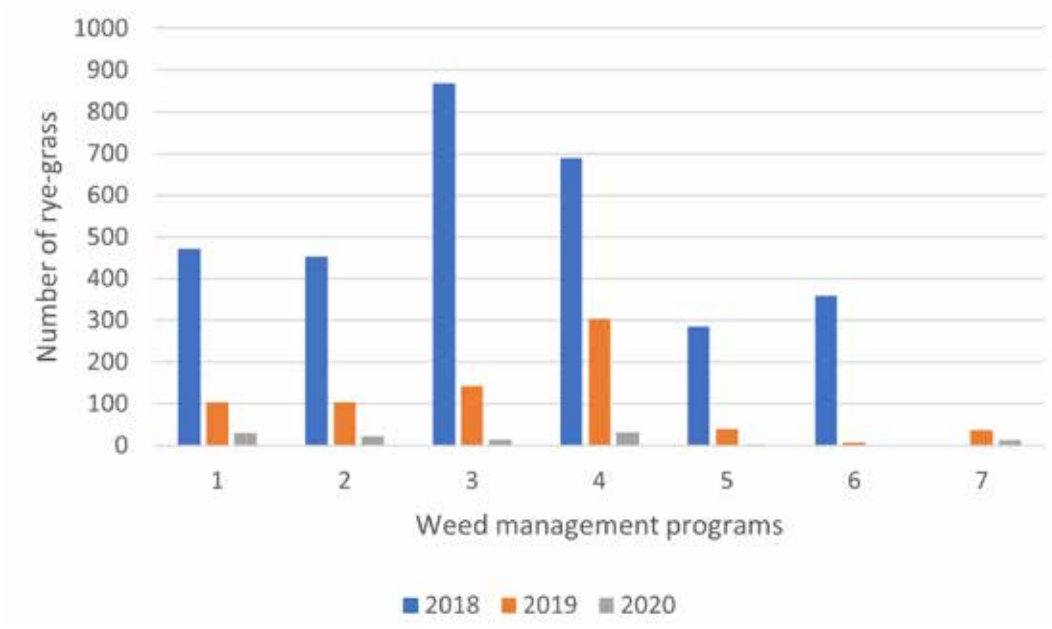


Figura 38 - Presenza di loietto nei 3 anni (2018-2019-2020) della prova di Vallangoujard.

REGNO UNITO

PROVE SPERIMENTALI PRESSO IL NIAB

Il Gruppo NIAB è l'organizzazione più dinamica del Regno Unito per le scienze agrarie, avendo triplicato le proprie dimensioni nell'ultimo decennio attraverso un programma strategico di investimenti, fusioni e acquisizioni. La sede centrale del NIAB è a Cambridge, i centri regionali (Figura 1) sono ubicati nell'Inghilterra centrale, orientale e meridionale e i suoi soci sono presenti in tutto il territorio nazionale. Il NIAB è inserito in una rete di partenariato scientifico e collabora con importanti enti di ricerca e commerciali britannici, europei e a livello globale. Nell'ambito del progetto IWMPRAISE la ricerca è stata realizzata presso le sedi NIAB di Cambridge e East Malling.

Figura 1 - Sede centrale e Centri Regionali del NIAB

NIAB
93 Lawrence Weaver Road
Cambridge
CB3 0LE, UK
Coordinate GPS: 52°13'28.1"N 0°5'47.439"

Per ulteriori informazioni e visite guidate contattare:
John Cussans
e-mail: john.cussans@niab.com
tel: +44 1223342329

UN APPROCCIO INNOVATIVO PER LA LOTTA ALL'ERBA CODINA O CODA DI VOLPE (*ALOPECURUS MYOSUROIDES*) NELL'ORZO

Obiettivi

- Valutare le modalità per ridurre la quantità di erbicidi da usare sulle colture localizzando il trattamento sulla fila;
- Indagare su come la sarchiatura può essere usata per il controllo dell'erba codina (o coda di volpe) nelle colture a file strette.

Sommario

- La larghezza delle file è stata correlata alla bassa densità delle spighe di erba codina;
- Gli erbicidi sono stati inefficaci e in generale hanno causato un aumento della densità di erba codina;
- La sarchiatura si è rivelata efficace quando combinata con una spaziatura più larga delle file.

Materiali e metodi

La prova è iniziata nella primavera del 2020 con la semina dell'orzo (cv. RGT Planet), seminato in file con due larghezze diverse: 16,7 cm e 33,4 cm. Su queste sono state messe a confronto diverse combinazioni di erbicidi, tecniche di distribuzione e lavorazioni, avendo come target principale l'*Alopecurus myosuroides* (erba codina). Sono state valutate la densità delle piantine e delle spighe della malerba e la densità delle spighe della coltura.

Tesi a confronto

Tesi	Larghezza della fila	Diserbo chimico	Sarchiatura
1	Stretta	Non trattato	Nessuna
2		Trattato (intera area)	
3		Non trattato	1-3 foglie di erba codina
4		Trattato (intera area)	
5	Larga	Non trattato	Nessuna
6		Trattato (intera area)	
7		Trattato (sulla fila)	
8		Non trattato	1-3 foglie di erba codina
9		Trattato (intera area)	
10		Trattato (solo sulla fila)	

Tabella 1 - Elenco delle tesi a confronto.

Figura 1 - Ugello per il trattamento localizzato sulla fila.

Operazione	Data	Giorni dopo la semina
Semina	26/03/2020	0
Pre-emergenza sull'intera area	30/03/2020	4
Pre-emergenza sulla fila	03/04/2020	8
Sarchiatura	14/04/2020	19

Tabella 2 - Date delle principali operazioni colturali.

Larghezza della fila	Densità dell'erba codina		Stima delle spighe di erba codina per pianta
	Piantine	Spighe	
Stretta	71.6	3.5	0.07
Larga	55.2	11.5	0.20

Tabella 3 - Popolazione di malerba nelle parcelle non trattate (al m^2).

Tesi	Larghezza della fila	Trattamento erbicida	Media della tesi	Media tra le larghezze	Media tra gli erbicidi
1 e 3	Stretta	Non trattato	70.9	71.6	59.5
2 e 4		Trattato (intera area)	72.3		68.0
5 e 8	Larga	Non trattato	48.1	55.1	
6 e 9		Trattato (intera area)	63.7		
7 e 10		Trattato (solo sulla fila)	53.6		53.6

Tabella 4 - Densità delle piantine di erba codina (al m^2) prima della sarchiatura.
Il test ANOVA a due vie ha indicato che la larghezza della fila era l'unico fattore significativo (p= 0.049).

Tesi	Larghezza della fila	Trattamento erbicida	Sarchiatura	Media della tesi	Media tra le larghezze	Media tra gli erbicidi	Media tra le sarchiature
1	Stretta	Non trattato	Nessuna	3.5	5.1	4.9	11.1
2		Trattato (intera area)		6.4		10.3	
3		Non trattato	1-3 foglie di erba codina	2.9			6.8
4		Trattato (intera area)		7.7			
5	Larga	Non trattato	Nessuna	12.5	11.5		
6		Trattato (intera area)		18.4			
7		Trattato (solo sulla fila)		14.7		14.3	
8		Non trattato	1-3 foglie di erba codina	0.8			
9		Trattato (intera area)		8.5			
10		Trattato (solo sulla fila)		14.0			

Tabella 5 - Densità delle spighe di erba codina (al m^2)
Il test ANOVA a due vie ha indicato che la larghezza della fila era l'unico fattore significativo (p= 0,005).

Tesi	Larghezza della fila	Trattamento erbicida	Sarchiatura	Media della tesi	Media tra le larghezze	Media tra le sarchiature
1	Stretta	Non trattato	Nessuna	364.7	361.7	356.9
2		Trattato (intera area)		364.7		
3		Non trattato	1-3 foglie di erba codina	348.0		382.9
4		Trattato (intera area)		369.3		
5	Larga	Non trattato	Nessuna	374.0	370.4	
6		Trattato (intera area)		346.7		
7		Trattato (solo sulla fila)		334.7		
8		Non trattato	1-3 foglie di erba codina	414.0		
9		Trattato (intera area)		430.0		
10		Trattato (solo sulla fila)		323.0		

Tabella 6 - Numero di spighe di orzo (al m^2).
Un test ANOVA a due vie ha indicato che l'erbicida e la coltivazione in interfile erano i fattori significativi. Anche l'interazione tra la larghezza della fila e la sarchiatura sono risultate significative (p = 0,006).

Larghezza delle file

L'adozione di file larghe nel controllo convenzionale delle malerbe non è pratica comune, dato che riducono la capacità della coltura di competere con l'infestante e determinano una maggiore risemina rispetto alla coltivazione a file strette. Tuttavia, prendendo in considerazione metodi di lotta più spinti, essi diventano più interessanti perché consentono di coltivare una superficie maggiore e offrono più flessibilità nella tempistica delle lavorazioni. In file larghe sono state osservate densità minori di piantine di erba codina (Figura 2), quale risultato di un minore disturbo del suolo durante la fase di attecchimento della coltura. Inoltre, in presenza di una coltura meno competitiva la malerba ha una maggiore opportunità di svilupparsi e di produrre spighe contenenti semi, come evidenziato in Figura 3 e Figura 4.

Trattamento erbicida

L'interessante opportunità offerta da questa prova è stata quella di ridurre la quantità di erbicidi trattando solamente sulla fila. In questo caso una banda di trattamento larga 12 cm è stata usata su ogni fila nella configurazione a file larghe, con una riduzione effettiva del 64% di erbicida impiegato. Il risultato

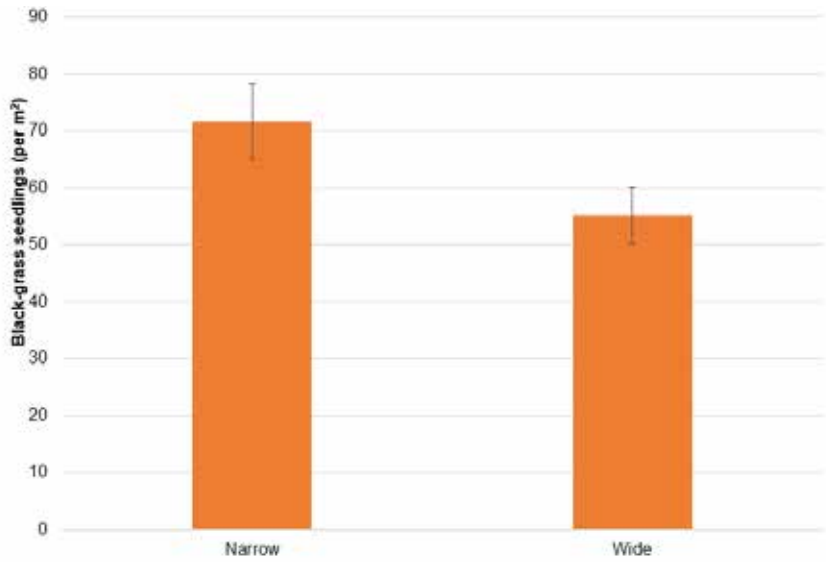


Figura 2 - Effetto della larghezza della fila (Narrow = stretta; Wide = larga) sulla densità delle piantine di erba codina.

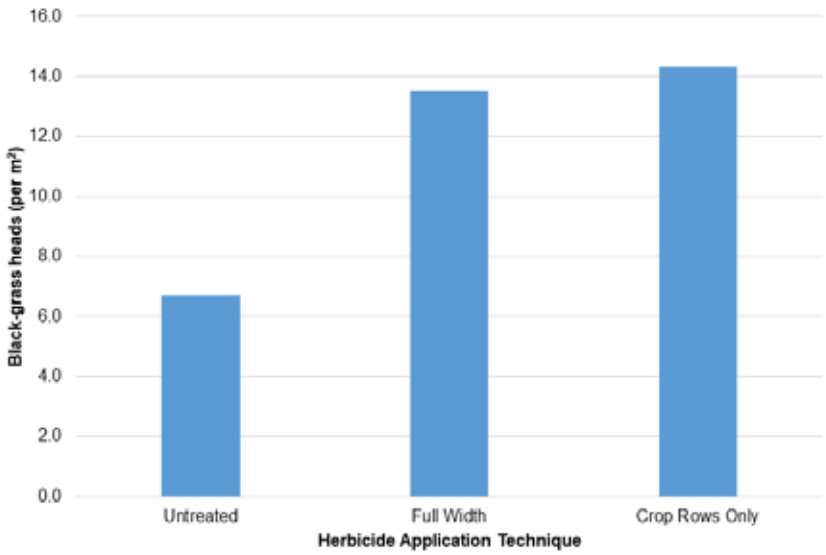


Figura 3 - Presenza di spighe di erba codina controllata con diverse tecniche di trattamento erbicida nell'orzo coltivato a file larghe (Untreated = non trattato; Full Width = trattamento su tutta l'area; Crop Rows Only = trattamento solo sulla fila)

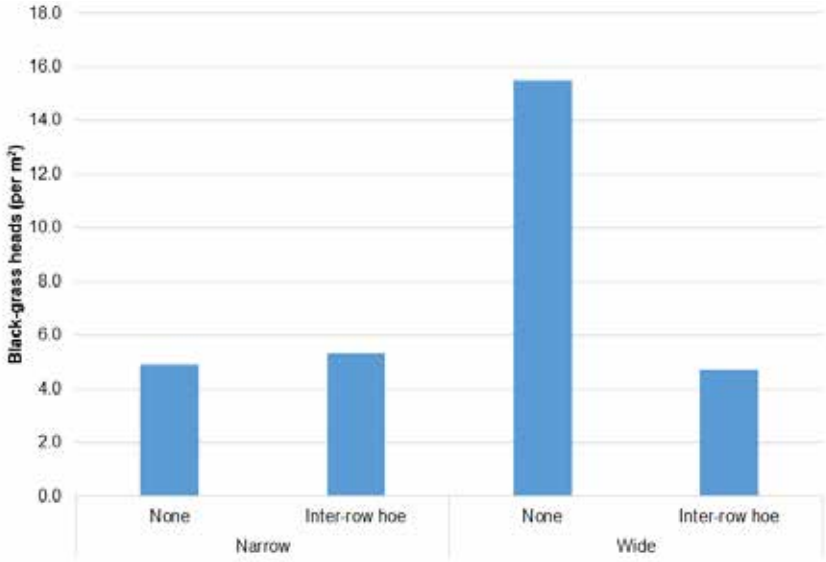


Figura 4 - Effetto della larghezza della fila (Narrow = stretta; Wide= larga) e della sarchiatura (None = nessuna sarchiatura; IRC = sarchiatura) sulla densità delle spighe di erba codina.

è che non c'è stato alcun incremento significativo della presenza di malerba (Figura 3) e questo porta ulteriore credito all'ipotesi di minimizzare l'uso dei graminicidi nella coltivazione dell'orzo primaverile.

Sarchiatura

E' stato eseguito un solo passaggio di sarchiatrice quando la malerba era allo stadio tra una e tre foglie, a prescindere dalla larghezza della fila. La macchina operatrice è stata tarata per un una via di mezzo ottimale tra il danneggiamento della coltura e il controllo della malerba, con le lame regolate alla profondità di 2-3 cm per le file strette e di 3-5 cm per le file larghe, a una velocità di 8 km/h. In file strette non si è osservato alcun beneficio nell'uso della sarchiatura per il controllo della malerba, anche perché l'infestazione era a un livello molto basso. In file larghe l'infestazione da erba codina è stata significativamente ridotta del 48%, quando i metodi di lotta sono stati raggruppati insieme. La combinazione tra file larghe, nessun trattamento erbicida e sarchiatura singola ha dato i risultati migliori, con una riduzione a meno di 1 spiga di erba codina al m2. Tra le tesi con trattamenti erbicidi, la sarchiatura nelle file larghe ha avuto la stessa efficacia della non sarchiatura nelle file strette (Figura 4).

La sarchiatura combinata alla fila larga ha avuto

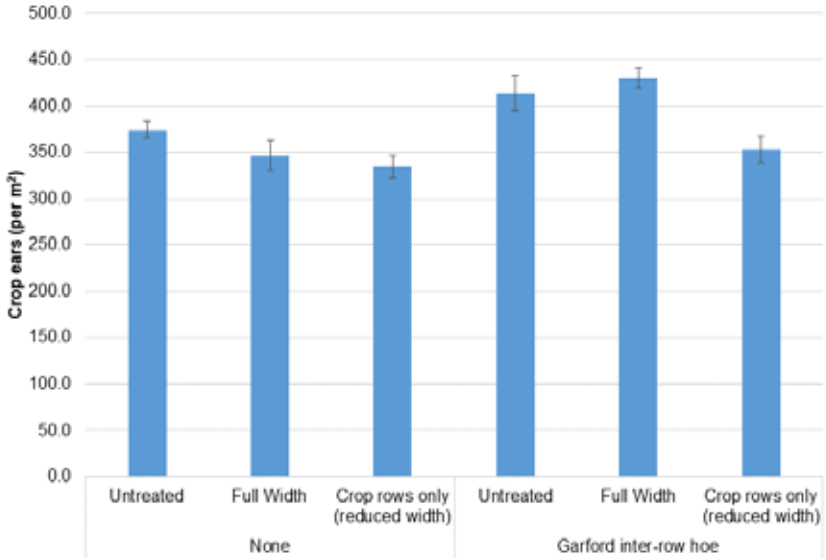


Figura 5 - Effetto della sarchiatura singola sul numero di spighe a m^2 di orzo coltivato in file larghe (Untreated = nessun trattamento; Full width = trattamento su tutta l'area; Crop rows only (reduced width) = trattamento sulla fila a larghezza ridotta; None = nessuna sarchiatura; Garford inter-row hoe = sarchiatura con macchina Garford).

un effetto positivo significativo sulla produzione della coltura, in termini di densità delle spighe di orzo (+15%, corrispondente a +0,5 t/ha di resa). Si presume che nelle primavere secche, quando il fertilizzante è lento a raggiungere le radici in profondità, la sarchiatura in file larghe abbia aiutato il suo interramento e il simultaneo rilascio di una piccola quantità di azoto disponibile per l'assorbimento della coltura.

Sommario

Lo studio iniziale ha fornito risultati incoraggianti, poiché ha dimostrato che la tecnologia adottata è sufficientemente efficace nel controllare l'infestazione da erba codina, sebbene siano sorti alcuni dubbi che meritano un approfondimento. L'uso di file larghe ha dimostrato che il controllo della malerba può essere migliorato e potenzialmente anche la resa. E' importante valutare questa osservazione con maggiore attenzione e rigore, perché suggerisce che la sarchiatura può giocare un ruolo importante nel ridurre l'uso dei diserbanti e dei fertilizzanti di sintesi.

EFFETTO DELLA DATA DI SEMINA PER LA LOTTA ALL'ERBA CODINA NELL'ORZO PRIMAVERILE

Obiettivi

- Valutare l'importanza della data di semina per il controllo dell'erba codina nell'orzo primaverile;
- Dimostrare e quantificare il miglior compromesso tra produttività della coltura, risemina dell'erba codina ed efficienza del diserbo chimico;
- Valutare i requisiti degli erbicidi di pre-emergenza per l'orzo primaverile.

Sommario

- La presenza dell'erba codina in una coltura primaverile è fortemente condizionata dalla data di semina, avendo riscontrato la maggiore densità nelle colture seminate precocemente. Quando la malerba emerge più tardi, presenta una fecondità più bassa;
- Nell'annata si sono verificate rese più elevate in corrispondenza di date di semina più tardive. Questo è il risultato della combinazione tra livelli minori di infestazione di erba codina e migliori condizioni ambientali;
- Le dosi ottimali di erbicidi per i cereali seminati in primavera sono risultate relativamente basse per tutte le date di semina. Sull'orzo primaverile un solo trattamento con Liberator (0,3 l/ha) è stato sufficiente per le date di semina precoci, mentre quelle tardive non hanno richiesto trattamenti graminicidi.

Tesi a confronto

Tesi	Epoca di semina	Diserbo chimico
1	Febbraio	Non trattato
2		Hurricane (0,25 l/ha)
3		Liberator (0,3 l/ha)
4		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)
5		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)
6	Marzo	Non trattato
7		Hurricane (0,25 l/ha)
8		Liberator (0,3 l/ha)
9		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)
10		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)
11	Aprile	Non trattato
12		Hurricane (0,25 l/ha)
13		Liberator (0,3 l/ha)
14		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)
15		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)

Tabella 7 - Lista delle tesi confronto.

Risultati

Epoca di semina	Operazione	Data	Numero di giorni dopo la semina
Inizio marzo	Semina	05/03/2020	0
	Pre-emergenza	07/03/2020	2
	Post-emergenza	30/03/2020	25
Marzo	Semina	23/03/2020	0
	Pre-emergenza	30/03/2020	7
	Post-emergenza	10/04/2020	11
Aprile	Semina	08/04/2020	0
	Pre-emergenza	10/04/2020	2
	Post-emergenza	22/04/2020	14
Tutte	Raccolta	22/08/2020	170/152/136

Tabella 8 - Date significative.

Tesi	Epoca di semina	Erbicida	Media del trattamento	Media dell'epoca di semina	Media dell'erbicida
1	Inizio marzo	Non trattato	78	104.32 a	83.9
2		Hurricane (0,25 l/ha)	107.6		94.0
3		Liberator (0,3 l/ha)	122.8		87.6
4		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	81.2		82.1
5		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	132		106.4
6	Fine marzo	Non trattato	109.6	100.08 a	
7		Hurricane (0,25 l/ha)	106		
8		Liberator (0,3 l/ha)	94		
9		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	89.6		
10		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	101.2		
11	Aprile	Non trattato	64	68 b	
12		Hurricane (0,25 l/ha)	68.4		
13		Liberator (0,3 l/ha)	46		
14		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	75.6		
15		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	86		
		LSD	**65.3**	**28.5**	**40.2**
		CV	**43.6**	**42.6**	**46.4**

Tabella 9 - Densità delle piantine di infestante (al m^2). L'analisi statistica con ANOVA a due vie ha indicato la data di semina come unico fattore significativo (p = 0,04), mentre il trattamento erbicida (p = 0,74) e le interazioni (p = 0,84) non sono risultati significativi. Per i fattori significativi lettere diverse indicano trattamenti significativamente diversi tra loro.

Tesi	Epoca di semina	Erbicida	Media del trattamento	Media dell'epoca di semina	Media dell'erbicida
1	Inizio marzo	Non trattato	40	31.04 a	16.5
2		Hurricane (0,25 l/ha)	48		21.5
3		Liberator (0,3 l/ha)	18		9.6
4		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	29.2		13.6
5		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	20		12.0
6	Fine marzo	Non trattato	7.6	11.6 b	
7		Hurricane (0,25 l/ha)	14.8		
8		Liberator (0,3 l/ha)	10.8		
9		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	10.4		
10		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	14.4		
11	Aprile	Non trattato	2	1.28 c	
12		Hurricane (0,25 l/ha)	1.6		
13		Liberator (0,3 l/ha)	0		
14		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	1.2		
15		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	1.6		
		LSD	**22.6**	**10.2**	**17.9**
		CV	**93.4**	**94.1**	**127.8**

Tabella 10 - Numerosità delle spighe di erba codina (al m^2). L'analisi statistica mediante ANOVA a due vie ha indicato la data di semina come unico fattore significativo (p< 0,001), mentre l'erbicida (p = 0,4334) e le interazioni (p = 0,5602) non sono risultati significativi. Per i fattori significativi lettere diverse indicano trattamenti significativamente diversi tra loro. LSD = Minima differenza significativa; CV = Coefficiente di variabilità.

Tesi	Epoca di semina	Erbicida	Media del trattamento	Media dell'epoca di semina	Media dell'erbicida
1	Inizio marzo	Non trattato	5.99	5.93 a	6.69
2		Hurricane (0,25 l/ha)	5.67		6.60
3		Liberator (0,3 l/ha)	5.98		6.68
4		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	6.15		6.64
5		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	5.87		6.53
6	Fine marzo	Non trattato	6.94	6.86 b	
7		Hurricane (0,25 l/ha)	7.07		
8		Liberator (0,3 l/ha)	6.97		
9		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	6.67		
10		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	6.66		
11	Aprile	Non trattato	7.13	7.08 b	
12		Hurricane (0,25 l/ha)	7.05		
13		Liberator (0,3 l/ha)	7.09		
14		Liberator (0,3 l/ha) + Crystal (2,0 l/ha)	7.09		
15		Liberator (0,3 l/ha) f/b Crystal (2,0 l/ha)	7.05		
		LSD	**0.67**	**0.24**	**0.59**
		CV	**6.12**	**4.81**	**9.33**

Tabella 11 - Rese della coltura (t/ha al 15% di umidità). L'analisi statistica con ANOVA a due vie ha indicato che la data di semina era l'unico fattore significativo (p< 0,001), mentre l'erbicida (p = 0,864) e le interazioni (p = 0,698) non sono risultati significativi. Per i fattori significativi lettere diverse indicano trattamenti significativamente diversi tra loro. LSD = Minima differenza significativa; CV = Coefficiente di variabilità.

Materiali e metodi

La prova è stata avviata in primavera 2020 con orzo primaverile (cv. RGT Planet) seminato in tre date diverse. Per ogni data è stata testata una serie di trattamenti con Hurricane (diflufenican), Liberator (flufenacet e diflufenican) o Crystal (flufenacet e pendimethalin), sia da soli che in combinazione tra loro. La specie bersaglio di infestante era l'*Alopecurus myosuroides* (erba codina), la cui presenza è stata valutata allo stadio di plantula e alla maturità. Le parcelle sperimentali sono state raccolte per valutare la resa della coltura.

Risultati

In questa prova la data di semina è stato il fattore principale nell'influenzare la densità della malerba, con una densità di plantule significativamente minore con le semine più tardive. La correlazione tra la data di semina e la densità delle spighe di erba codina alla maturità è risultata ancora più evidente, con riduzioni significative all'aumentare della data di semina. La combinazione tra densità iniziali più basse e minore fecondità per pianta ha dimostrato che la semina tardiva dovrebbe essere incoraggiata allo scopo di massimizzare il controllo dell'infestante.

Data di semina

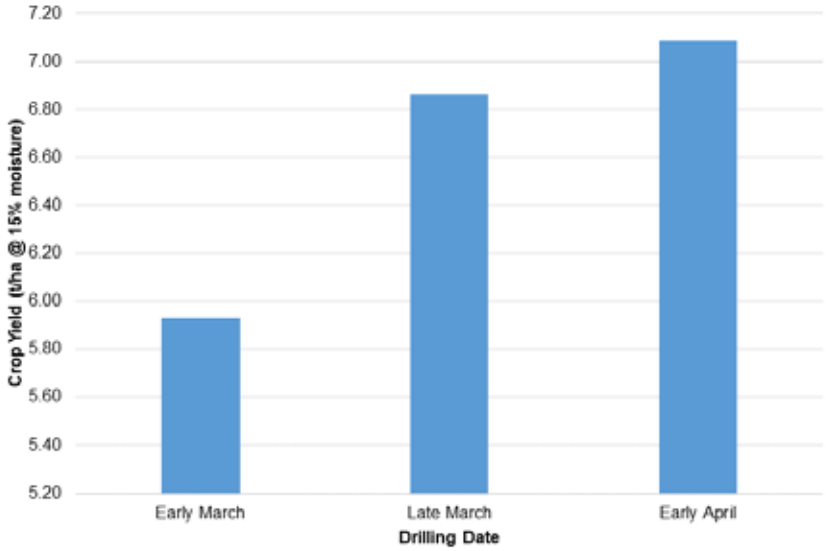


Figura 6 - Rese della coltura (t/ha al 15% di umidità) per tre epoche di semina: inizio marzo (a sinistra), fine marzo (al centro) e inizio aprile (a destra). I valori sono medie relative all'intero periodo della prova sperimentale.

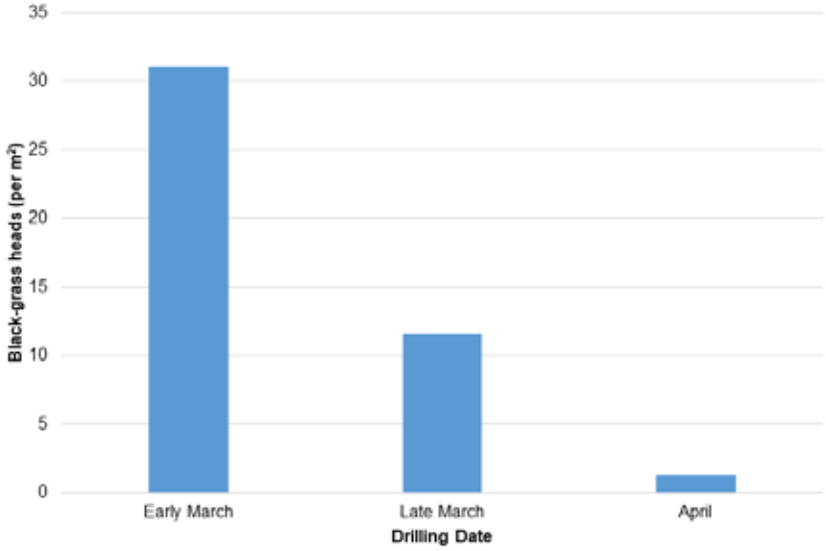


Figura 7 - Presenza media di spighe di erba codina al m^2 per tre epoche di semina: inizio marzo (a sinistra), fine marzo (al centro) e inizio aprile (a destra). I valori sono medie relative all'intero periodo della prova sperimentale.

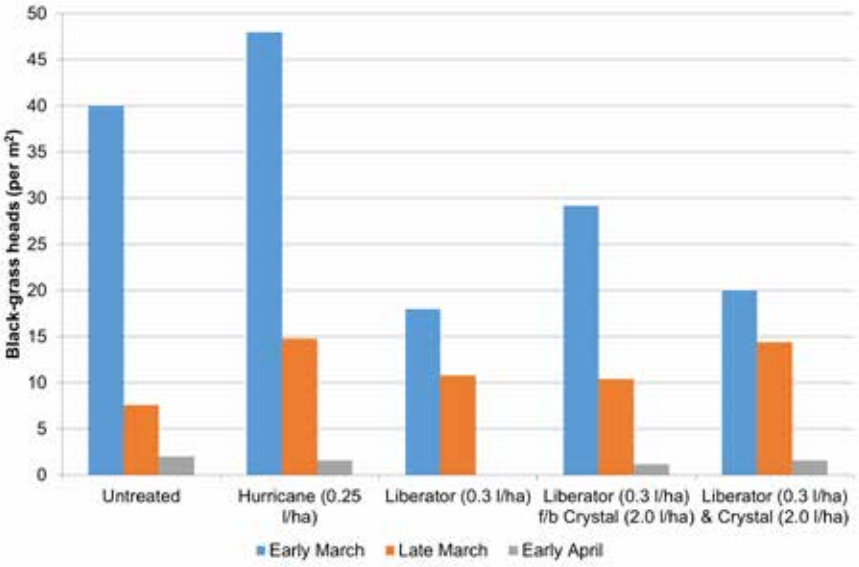


Figura 8 - Presenza media di spighe di erba codina al m² per ogni trattamento erbicida (colonna blu: inizio marzo; colonna rossa: fine marzo; colonna verde: inizio aprile). I valori sono medie relative all'intero periodo della prova sperimentale.

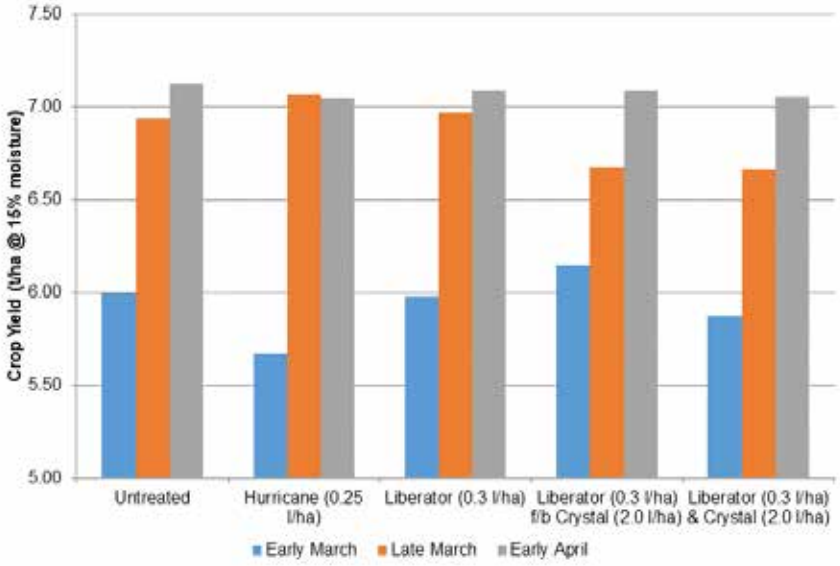


Figura 9 - Rese della coltura (t/ha) per ogni trattamento erbicida (colonna blu: inizio marzo; colonna rossa: fine marzo; colonna verde: inizio aprile). I valori sono medie relative all'intero periodo della prova sperimentale.

Nonostante la semina tardiva possa compromettere la produzione della coltura, in questa prova appare correlata alle rese più elevate. Nel Regno Unito le condizioni primaverili possono essere imprevedibili e in questa stagione i suoli possono rimanere umidi per un lungo periodo, consentendo un migliore attecchimento delle colture. L'uso di erbicidi risulta associato a riduzioni significative dell'infestante solo nella semina precoce. I prodotti chimici utilizzati per la prova erano erbicidi residuali che hanno bisogno di suoli umidi per avere un'efficacia ottimale, ed è chiaro che le condizioni non erano appropriate per questi prodotti con le semine tardive. Questo è un messaggio chiaro che dà l'opportunità di ridurre l'uso degli erbicidi limitando l'impatto della lotta alle malerbe.

EFFETTO DELLE LAVORAZIONI E DELL'EPOCA DI SEMINA SULLA PRESENZA DI SPECIE INFESTANTI A FOGLIA LARGA

Obiettivi

- Dimostrare la velocità con la quale le lavorazioni o l'epoca di semina possono selezionare le specie infestanti;
- Tracciare questi cambiamenti nel tempo.

Sommario
Le lavorazioni e l'epoca di semina possono influenzare la diversità delle specie infestanti e la densità delle malerbe a foglia larga dei cereali coltivati nel Regno Unito. La bassa intensità delle lavorazioni è stata in grado di contribuire a ridurre l'emergenza delle popolazioni infestanti. Il diserbo chimico rimane una strategia di lotta efficace, ma in futuro sarà necessaria l'adozione di misure di controllo più olistiche.

Materiali e metodi

La prova è stata avviata in autunno 2019 su un sito vicino a Cambridge (UK) utilizzando le cv. KWS Siskin e KWS Chilham. Lo schema sperimentale consentiva il confronto tra le lavorazioni in pre-semina e l'epoca di semina sulla densità delle infestanti. Le specie bersaglio erano le infestanti a foglia larga, la cui presenza è stata rilevata quattro settimane dopo l'emergenza della coltura e alla maturazione della coltura. La performance della coltura è stata valutata tramite la stima della resa.
Sulle parcelle trattate con erbicidi è stato utilizzato Stomp Aqua (pendimethalin, 3,3 l/ha) in pre-emergenza della coltura e delle infestanti e Zypar (haluaxifen-methyl and florasulam, 1,0 l/ha) in post-emergenza. Le dosi erano costanti, anche per le colture primaverili, dove i prodotti e le dosi non erano come da raccomandazioni in etichetta.

Risultati

Nel Regno Unito le prove di controllo delle infestanti si sono concentrate principalmente sull'erba codina, essendo la specie che causa la maggiore perdita di resa. Lo studio sulle opzioni di controllo chimico più efficaci è stato combinato con la ricerca per determinare l'effetto dei diversi sistemi di coltivazione, che hanno svolto un ruolo importante nel miglioramento della strategia per il controllo dell'erba codina. Un limite di queste ricerche è che l'interazione con le altre specie, in particolare quelle a foglia larga, non è ancora stata studiata. Attualmente, il controllo di queste specie con mezzi chimici è abbastanza semplice, con casi osservati di resistenza agli erbicidi molto limitati. Tuttavia, i semi di queste specie sono in grado di mantenersi in vita nel terreno per periodi di tempo molto lunghi, oltre cento anni nel caso del papavero, il che significa che una volta propagata, una estesa banca dei semi può essere molto difficile da controllare.

Tesi a confronto

Tesi	Epoca di semina	Lavorazione	Diserbo chimico
1	Autunno	Aratura	Non trattato
2			Trattato
3		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato
4			Trattato
5		Semina diretta	Non trattato
6			Trattato
7	Inizio primavera	Aratura	Non trattato
8			Trattato
9		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato
10			Trattato
11		Semina diretta	Non trattato
12			Trattato
13	Fine primavera	Aratura	Non trattato
14			Trattato
15		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato
16			Trattato
17		Semina diretta	Non trattato
18			Trattato

Tabella 12 - Elenco delle tesi a confronto.

Epoca di semina	Operazione	Data	Numero di giorni dopo la semina
Autunno	Drilling	31/10/2019	
	Pre-em	07/11/2019	7
	Post-em	18/01/2020	79
Inizio primavera	Drilling	12/03/2020	
	Pre-em	13/03/2020	1
	Post-em	24/04/2020	43
Fine primavera	Drilling	04/04/2020	
	Pre-em	14/04/2020	10
	Post-em	05/05/2020	31
Tutte le epoche	Harvest	10/08/2020	284/151/128

Tabella 13 - Date delle operazioni colturali.

Tesi	Epoca di semina	Lavorazioni	Diserbo chimico	Numero medio di malerbe (per m²)
1	Autunno	Aratura	Non trattato	60
2			Trattato	0
3		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato	12.8
4			Trattato	0
5		Semina diretta	Non trattato	8.6
6			Trattato	0
7	Inizio primavera	Aratura	Non trattato	32.6
8			Trattato	1.2
9		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato	10.4
10			Trattato	2.2
11		Semina diretta	Non trattato	13.2
12			Trattato	2.2
13	Fine primavera	Aratura	Non trattato	8.4
14			Trattato	2.2
15		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato	22.6
16			Trattato	1.2
17		Semina diretta	Non trattato	17
18			Trattato	4.4

Tabella 14 - Densità delle malerbe.

Il NIAB ha un sito che storicamente è stato poco gestito per le infestanti a foglia larga, lasciando nel terreno una banca dei semi ampia e diversificata. Questo sito è utilizzato per studiare come le modifiche generali al sistema di coltivazione, che potrebbero derivare da altri problemi di infestanti, possono alterare la diversità delle specie a foglia larga, insieme al lavoro centrato su misure di controllo specifiche. La parte iniziale di questo studio è stata la definizione di una matrice di misure di controllo (lavorazioni x epoca di semina) per osservare la flora infestante iniziale di queste specie. Questa prova verrà ripetuta per diverse stagioni per tenere traccia dei cambiamenti in un sistema di coltivazione mantenuto costante, come l'uso continuo della semina diretta.

Densità delle infestanti

In una sola annata sono state osservate differenze immediate nel numero di specie e nella densità delle erbe infestanti tra i blocchi dello schema di coltivazione, con gli effetti più evidenti osservati nelle parcelle seminate in autunno.

Tesi	Epoca di semina	Lavorazioni	Diserbo chimico	Resa (t/ha)
1	Autunno	Aratura	Non trattato	6.0
2			Trattato	6.5
3		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato	6.4
4			Trattato	6.6
5		Semina diretta	Non trattato	5.9
6			Trattato	6.5
7	Inizio primavera	Aratura	Non trattato	2.6
8			Trattato	2.7
9		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato	2.8
10			Trattato	3.1
11		Semina diretta	Non trattato	2.5
12			Trattato	2.6
13	Fine primavera	Aratura	Non trattato	2.6
14			Trattato	2.7
15		Lavorazione profonda senza inversione	Non trattato	2.7
16			Trattato	2.7
17		Semina diretta	Non trattato	2.6
18			Trattato	2.8

Tabella 15 - Resa colturale.

Queste parcelle, seminate dopo l'aratura, hanno mostrato la maggiore ricchezza di specie, con nove specie osservate. Il papavero (*Papaver rhoeas*), il senecio (*Senecio vulgaris*) e la viola dei campi (*Viola arvensis*) erano le specie dominanti. Laddove è stata praticata la lavorazione profonda senza inversione, è stato osservato un numero simile di specie, ma tutte a una densità molto inferiore. Le parcelle con semina diretta avevano pochissime infestanti a foglia larga presenti, dovuto al ritorno di zero seme dalla stagione precedente. A differenza delle altre tesi, le graminacee, in particolare l'erba codina, erano presenti a una densità moderata (10 piante/m²). Queste sono state eliminate, in modo da mantenere il focus della prova sulle infestanti a foglia larga e prevenire il dominio delle graminacee. La combinazione di erbicidi utilizzata è stata efficace al 100% contro le infestanti a foglia larga in autunno. Le due date di semina primaverili hanno favorito una flora infestante molto più omogenea, dominata dal convolvolo (*Convolvulus arvensis*), con altre tipiche infestanti primaverili in germinazione, come la correggiola (*Polygonum aviculare*) e il farinello (*Chenopodium album*), ma presenti a basse densità. La stessa combinazione di erbicidi è stata meno

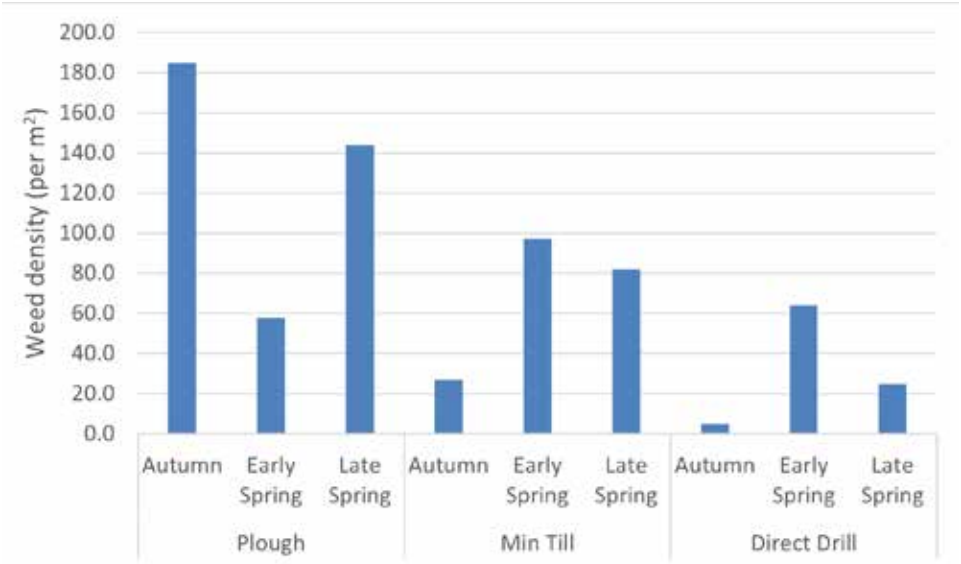


Figura 10 - Densità media delle infestanti nelle parcelle non trattate con diserbo chimico per ogni combinazione tra lavorazione (aratura, tre istogrammi a sinistra, lavorazione minima, tre istogrammi al centro e semina diretta, tre istogrammi a destra) ed epoca di semina (per ogni blocco di tre istogrammi: autunno a sinistra, inizio primavera al centro, fine primavera a destra).

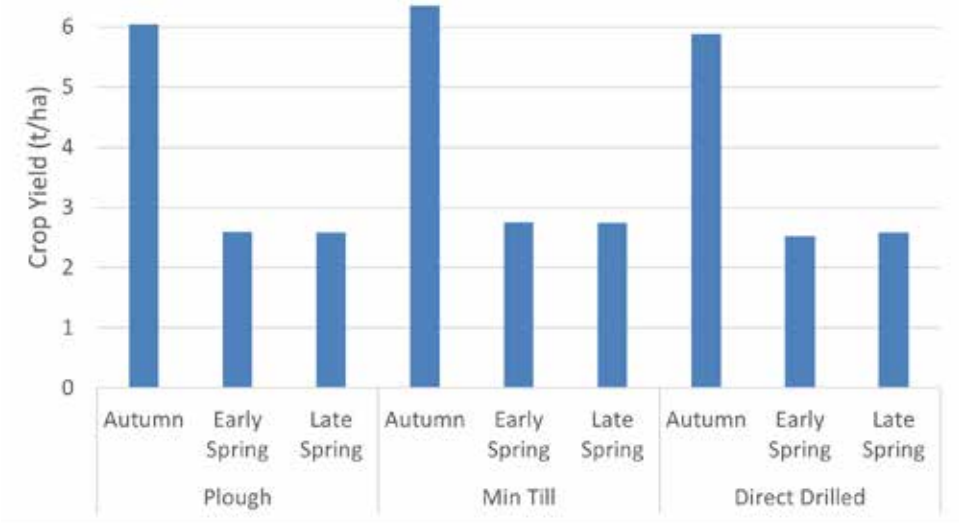


Figura 11 - Resa colturale media nelle parcelle non trattate con diserbo chimico per ogni combinazione tra lavorazione (aratura: tre istogrammi a sinistra; lavorazione minima: tre istogrammi al centro; semina diretta: tre istogrammi a destra) ed epoca di semina (per ogni blocco di tre istogrammi: autunno a sinistra, inizio primavera al centro e fine primavera a destra).

efficace per la semina a fine primavera, quando vi erano condizioni di terreno asciutto che riducevano l'efficacia in pre-emergenza e lo Zypar non era adatto per il convolvolo.
Nelle parcelle a semina diretta e senza inversione il numero di infestanti è aumentato con l'allungarsi dell'epoca di semina, e sono state osservate più infestanti nelle parcelle seminate a fine primavera rispetto alle parcelle arate.

Rese

L'effetto della presenza di infestanti a foglia larga sulla resa delle colture non è stato facile da determinare. Con le molteplici specie presenti nella sperimentazione, è infatti difficile attribuire qualsiasi riduzione della resa a livello di specie, quindi è opportuno soppesare equamente il contributo di ciascuna specie e utilizzare il numero totale di malerbe come misura dell'infestazione.

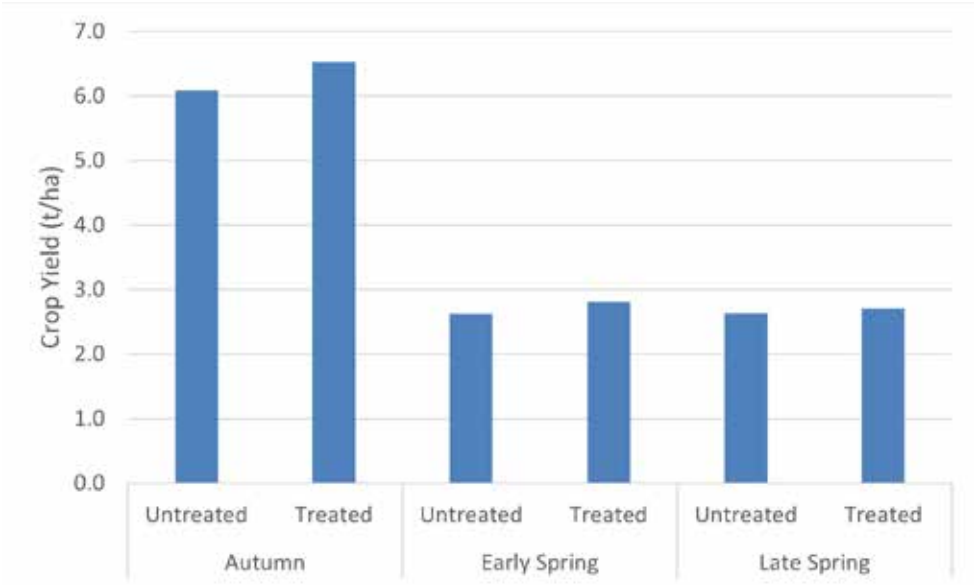


Figura 12 - Resa colturale media nelle parcelle non trattate (a sinistra per ogni epoca) e trattate (a destra per ogni epoca) per epoca di semina (autunno: primi due a sinistra; inizio primavera: due al centro; fine primavera: ultimi due a destra).

La Tabella 15 riporta le rese per tutte le tesi a confronto. L'uso di erbicidi appare associato a rese colturali leggermente più elevate (Figura 12), come risultato della riduzione della competizione con le infestanti. Ciò è stato più evidente nelle semine autunnali, dove le malerbe erano più numerose. Per le colture primaverili non c'è stata differenza significativa tra le parcelle trattate e non trattate, anche se si sono osservate differenze significative tra i livelli di infestazione. Ciò suggerisce che, sebbene le densità delle infestanti che emergono nelle colture primaverili possano essere importanti, non sono specie in grado di causare danni significativi alla resa.

WP6 – PROVA SPERIMENTALE SULLA GESTIONE INTEGRATA DELLE MALERBE IN VIGNETO

Il controllo delle malerbe nelle interfile dei vigneti è solitamente realizzato mediante trattamenti erbicidi. Tuttavia, data la continua perdita di principi attivi erbicidi e la crescente popolarità dei prodotti biologici tra i consumatori, è necessario adottare metodi di controllo alternativi alla chimica. Una di queste alternative è l'uso di sarchiatrici meccaniche montate sul retro di un trattore e utilizzate per distruggere e rimuovere fisicamente le infestanti. La loro modalità di azione è varia, alcuni usano una lama e altri un disco seghettato o un finger weeder (sarchiatrice a dita) con un'azione simile all'aratura. L'obiettivo di questo esperimento è di confrontare due metodi di diserbo meccanico con un trattamento erbicida convenzionale e un controllo senza trattamento (solo falciatura) al fine di determinare se è possibile ottenere un controllo sufficiente delle infestanti senza compromettere la crescita vegetativa della vite, la resa e la qualità dell'uva.

Schema sperimentale

La prova è stata avviata presso il vigneto sperimentale del NIAB EMR nell'estate del 2018 ed è proseguita fino a dicembre 2021. Consisteva in due filari per ciascun trattamento, con 10 ceppi di cinque viti (tutti Chardonnay clone CH.96 su portainnesto 3309C) per ogni filare (Figura 13). I filari di controllo senza trattamento sono stati solamente falciati, mentre gli altri filari hanno ricevuto regolari trattamenti erbicidi. Le due sarchiatrici meccaniche utilizzate nella prova erano a lama e sarchio a disco con elementi "a dita", entrambi prodotti da Clemens Technologies (Figura 14). La sarchiatrice a lama era il modello Radius SL+, che consiste in una lama che scorre orizzontalmente attraverso gli strati superiori del terreno per sollevare le malerbe e rompere gli aggregati di terreno e le radici delle infestanti in un modo simile alla lavorazione del terreno. Questa sarchiatrice può essere utilizzata nel Regno Unito da aprile a settembre. L'altra sarchiatrice utilizzata in questa prova è stata il disco rotante (*finger disk*) in combinazione con il sarchio 'a dita' (*finger hoe*), che utilizza un disco seghettato (verticale) in combinazione con un rullo (orizzontale), che rotola attraverso il terreno per distruggere fisicamente le infestanti e interromperne la crescita. I produttori consigliano di utilizzare questo strumento di diserbo

Figura 13 - Il sito della prova (a sinistra) e lo schema sperimentale in vigneto (a destra) con 2 repliche di 10 blocchi di 5 filari per ciascuna strategia di diserbo: diserbo chimico, controllo non trattato, sarchiatrice a lama, sarchiatrice a disco. I filari sono stati piantati a distanza di 1,1 m tra loro e 2,4 m tra le file. L'interfila è stata falciata durante la prova.

Figura 14 - Sarchiatrice a lama (a sinistra) e sarchiatrice a disco con zappa e sarchio 'a dita' (a destra) utilizzate per il diserbo meccanico.

nel Regno Unito da aprile ad agosto. Entrambe le sarchiatrici richiedono circa sei passaggi durante la stagione di crescita per mantenere un buon livello di controllo delle infestanti.

Rilievamenti sperimentali

I trattamenti di diserbo sono avvenuti tra aprile e settembre di ogni anno della sperimentazione e sono stati realizzati i seguenti rilevamenti nelle fasi fenologiche chiave per valutare l'impatto sulla performance della vite:

- **Vigoria della vite**: la crescita vegetativa è stata valutata mediante scansioni LiDAR (rilevamento e portata della luce) della chioma per misurare più volte durante la stagione vegetativa il volume dei filari;
- **Stato nutrizionale della vite**: lo stato nutrizionale è stato valutato utilizzando lo strumento Dualex che misura le concentrazioni di composti fogliari in base alla fluorescenza della clorofilla. Sono stati misurati i fenoli epidermici delle foglie (flavonoli e antociani) e il contenuto di clorofilla delle foglie, oltre all'indice di bilancio dell'azoto (NBI);

Figura 15 - Filare controllo nel 2021 (a sinistra) e tre filari (sarchiatura a lama: filare a sinistra; controllo: filare al centro; diserbo chimico: filare a destra) nell'anno finale della prova presso il vigneto sperimentale del NIAB EMR. Da notare che i filari controllo sono più piccoli e più clorotici rispetto a quelli adiacenti trattati (con sarchiatura o erbicidi).

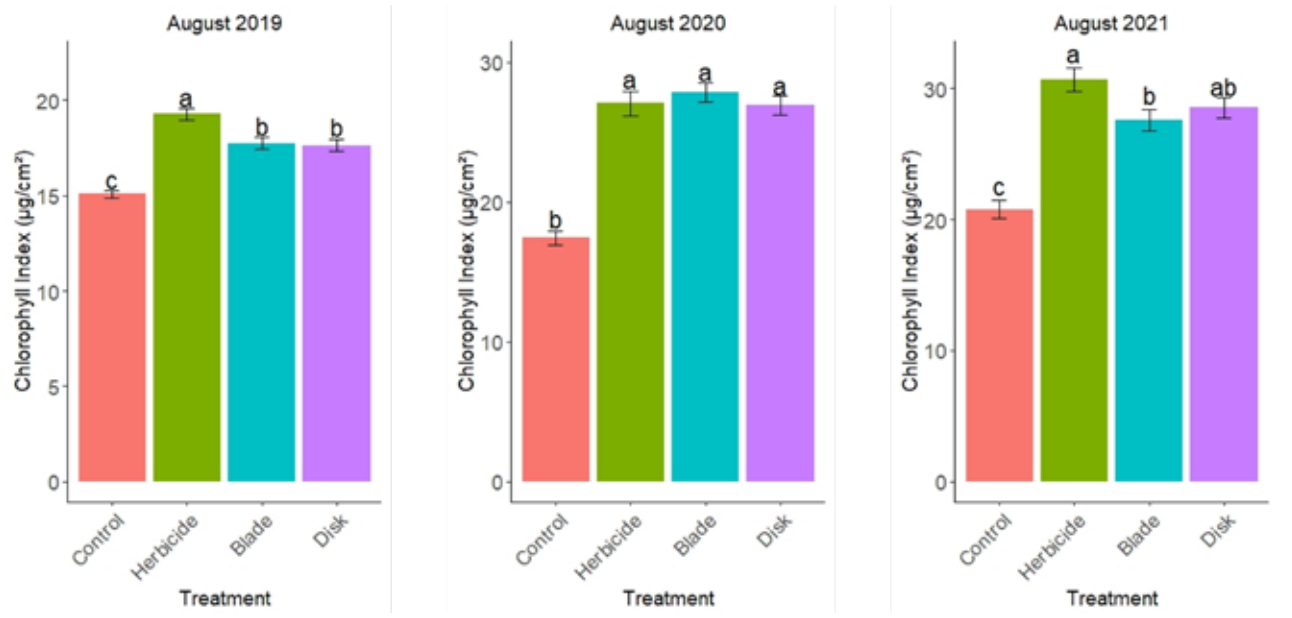


Figura 16 - Concentrazioni dell'indice di clorofilla nelle foglie di vite delle tesi a confronto (in sequenza da sinistra a destra: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco) nel corso della prova. Le viti del controllo presentavano livelli di clorofilla costantemente inferiori rispetto alle viti trattate meccanicamente e chimicamente.

- **Conteggio delle infiorescenze**: il conteggio delle infiorescenze è stato eseguito alla fioritura su un sottogruppo di viti all'interno di ciascun trattamento per fornire un'indicazione precoce di resa;
- **Resa della vite**: la prima vendemmia è avvenuta nel 2020, pertanto i dati sulla resa (t/ha) si riferiscono solo al 2020 e al 2021;
- **Qualità del mosto d'uva**: è stato determinato il contenuto in zuccheri, acidi e azoto disponibile di lievito (YAN) nei campioni di mosto d'uva (succo) utilizzando lo strumento OenoFossTM;
- **Valutazioni delle infestanti**: tre volte l'anno sono state effettuate indagini botaniche per identificare le specie infestanti e quantificarne l'abbondanza (numero di individui in un quadrato) e la copertura (% dell'area del quadrato coperta da ciascuna specie/famiglia d'infestanti).

Risultati finali

Vigoria e nutrizione della vite

I filari "controllo", che non sono stati trattati meccanicamente o chimicamente contro le malerbe erano visibilmente clorotici dai primi stadi della prova (Figura 15), presentando nel 2019, 2020 e 2021 livelli di clorofilla significativamente inferiori ai filari trattati (Figura 16).
L'indice di bilancio dell'azoto (NBI), calcolato come rapporto tra clorofilla e contenuto epidermico di

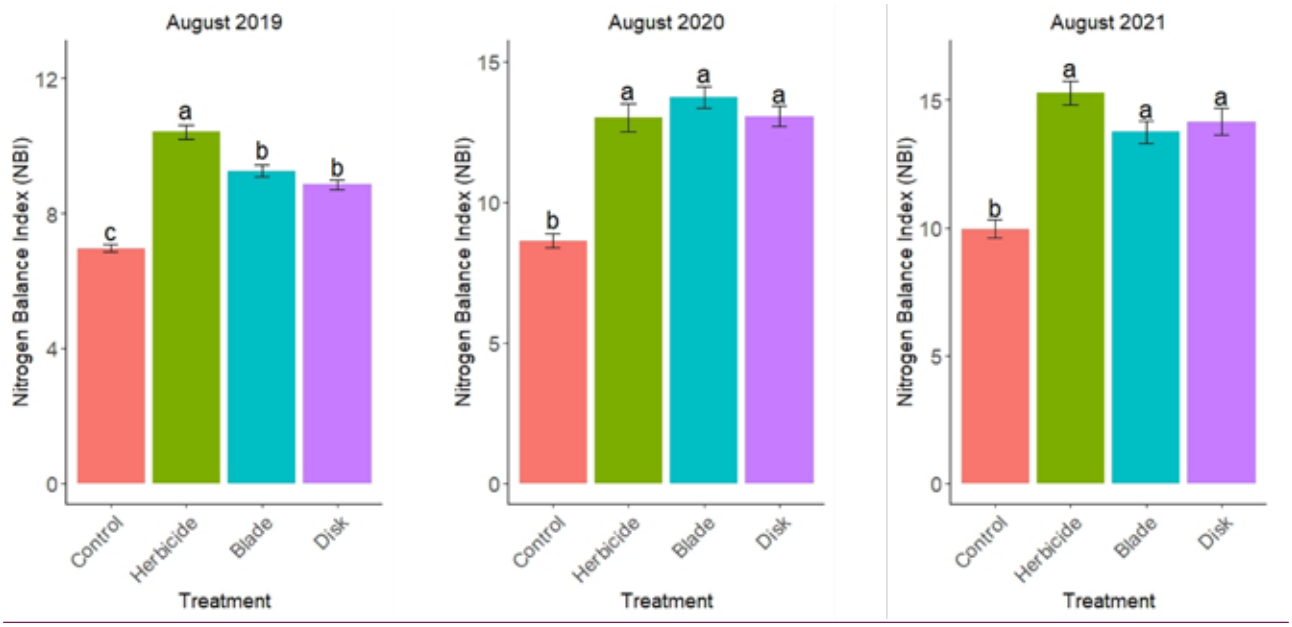


Figura 17 - Indice di bilancio dell'azoto (NBI) delle viti durante l'invaiatura per ogni anno della prova. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico/anno: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

flavonolo, ha presentato un andamento simile a quello dell'indice di clorofilla, con viti controllo che hanno dimostrato valori all'invaiatura significativamente inferiori rispetto alle viti diserbate meccanicamente e chimicamente (Figura 17). Nel corso della prova le viti delle tesi trattate con diserbo meccanico ed erbicida avevano costantemente una vigoria maggiore rispetto alle viti di controllo all'invaiatura (luglio/agosto), come indicato dal volume dei filari (Figura 18). C'erano anche differenze significative di vigore all'inizio della stagione; durante la fioritura di giugno, tuttavia, queste differenze erano meno pronunciate.

Qualità e resa dell'uva

In entrambe le annate (2020 e 2021), le uve del controllo presentavano un'acidità totale significativamente inferiore (Figura 19). Tuttavia, non sono stati riscontrati andamenti coerenti in termini di pH, solidi solubili totali (TSS) o azoto disponibile da lievito (YAN) tra i due anni di vendemmia (Figura 20). I trattamenti di lotta integrata alle infestanti del presente studio hanno mostrato andamenti coerenti nella resa degli ultimi due anni, dato che tutte le strategie di gestione delle infestanti hanno prodotto rese significativamente più elevate (>260%) rispetto al controllo (Figura 21). Ciò si è riflesso anche all'inizio della stagione, nel numero medio di infiorescenze per ceppo (Figura 22). Non è stata osservata una differenza di resa tra le diverse strategie di controllo delle infestanti, sia meccaniche che chimiche.

Abbondanza e copertura delle malerbe

L'abbondanza delle malerbe (numero di individui in un quadrato standard) e la loro copertura (% dell'area quadrata coperta da ciascuna specie infestante) sono stati rilevati tre volte nel 2020 e 2021. Le dinamiche di copertura delle infestanti sono state molto variabili tra gli anni, senza una chiara tendenza nella relazione tra metodo di diserbo e copertura infestante durante la prova (Figura 23). Tuttavia, confrontando la copertura totale media di tutte le erbe infestanti nell'ambito di ciascuna tesi, è stato riscontrato che i filari di controllo avevano una copertura totale delle infestanti significativamente più elevata nel novembre 2020 rispetto a tutte le altre tesi (Figura 24). Tra le tesi trattate, il diserbo meccanico a lama e i trattamenti erbicidi sono stati gli unici metodi che hanno determinato un calo complessivo della copertura totale delle infestanti in entrambi gli anni (Tabella 16).
Complessivamente, *Poaceae* e *Asteraceae* sono state le famiglie d'infestanti più abbondanti. Tuttavia, non sono state osservate differenze significative tra le tesi nel numero totale di qualsiasi famiglia di infestanti. In termini di copertura totale solo due famiglie, *Brassicaceae* e *Onagraceae*, differivano significativamente tra le tesi trattate, con il trattamento chimico che mostrava una copertura totale significativamente maggiore (Figura 25). Le *Brassicaceae* erano significativamente più presenti nei filari trattati con erbicidi rispetto a quelli sarchiati a lama (Tukey HSD p = 0,04) e al controllo (p = 0,03), mentre le *Onagraceae* presentavano una

copertura significativamente maggiore nei filari trattati chimicamente rispetto al controllo (p = 0,02), alla sarchiatura a lama (p = 0,05) e alla sarchiatura a disco (p = 0,02).

Conclusioni

I risultati finali della prova indicano che i metodi di diserbo meccanico impiegati sono stati in grado di controllare sufficientemente le infestanti senza causare alcun impatto negativo sul vigore della vite, sul suo stato nutrizionale e sulla resa rispetto alle viti nei filari trattati con erbicidi. Le viti nei filari di controllo (per le quali si è intervenuti solo con lo sfalcio in interfila) hanno dimostrato rese, vigore e nutrizione fogliare significativamente inferiori rispetto alle viti trattate con diserbo meccanico e chimico. I risultati di questo studio dimostrano quindi che i metodi di diserbo meccanico sono una valida alternativa agli approcci chimici, senza compromettere la resa e la qualità del prodotto.

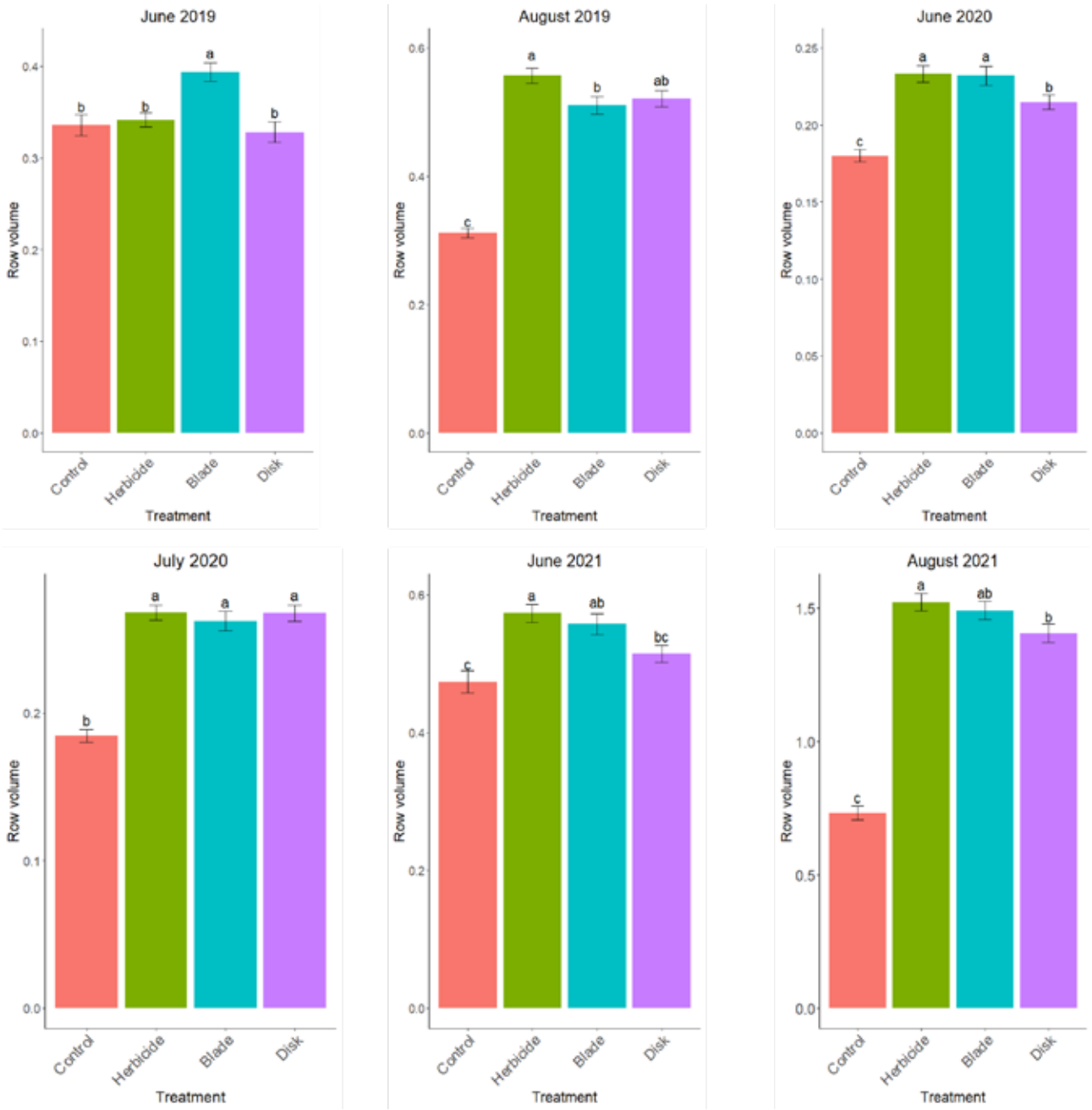


Figura 18 - Vigoria della vite indicata come volume dei filari (scansione LiDAR) al momento della fioritura (giugno) e all'invaiatura (luglio/agosto) nel corso della prova. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico/stagione: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

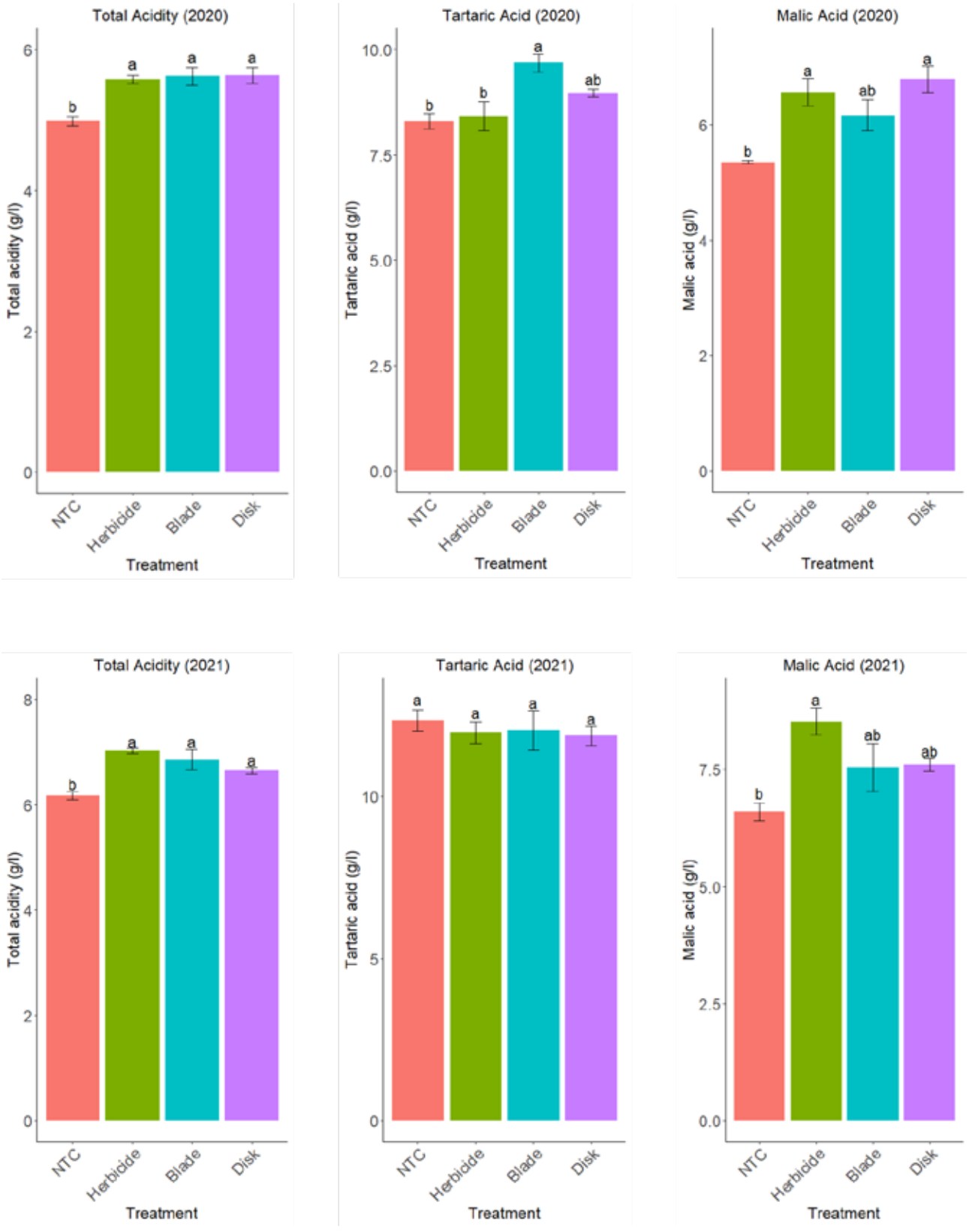


Figura 19 - Contenuto in acidità (totale: grafici a sinistra, tartarico: grafici al centro e malico: grafici a destra) del mosto d'uva per ciascuna tesi nelle due vendemmie. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

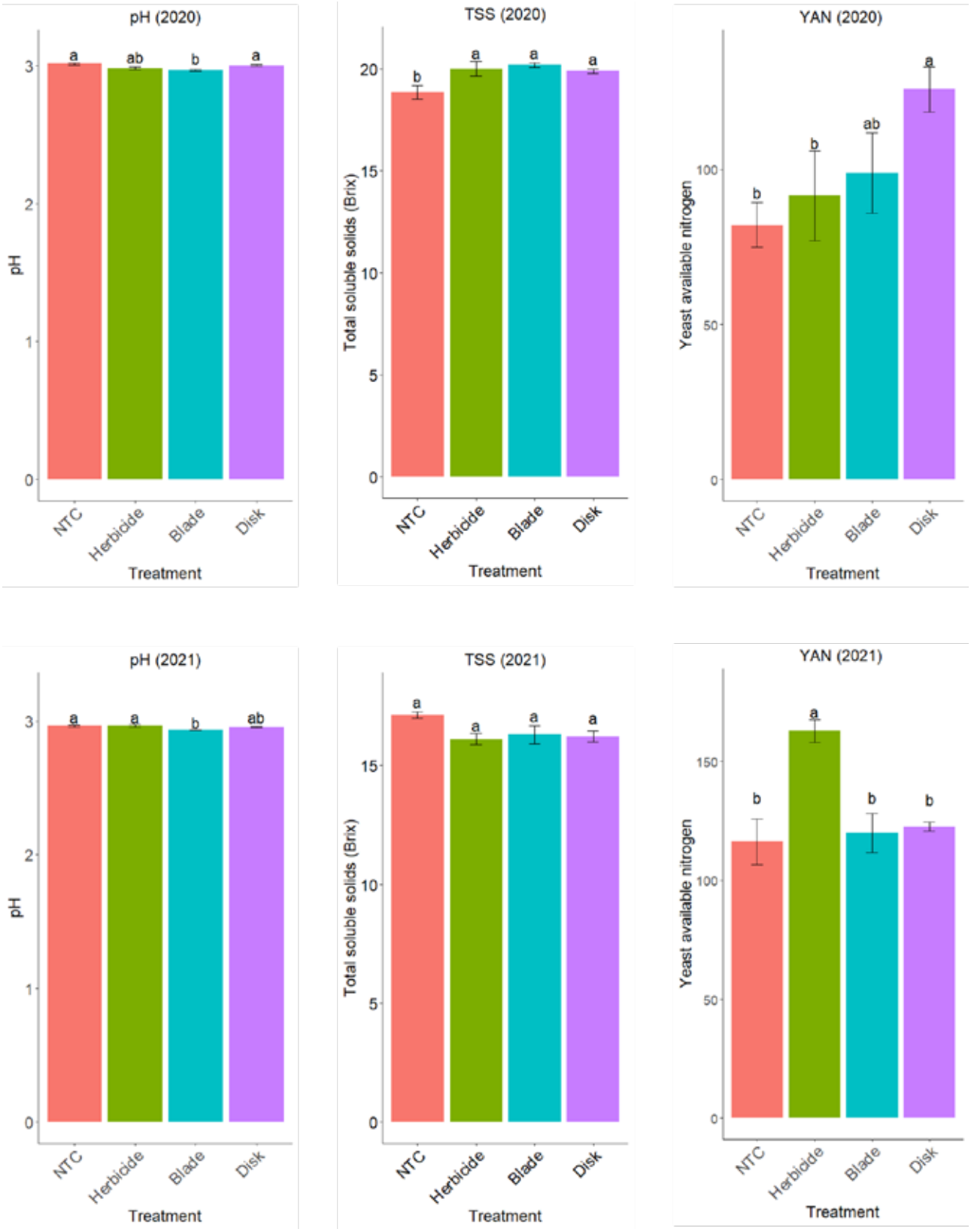


Figura 20 - Analisi del pH (grafici a sinistra), Solidi Solubili Totali (Brix°; grafici al centro) e Azoto Disponibile per il Lievito (grafici a destra) del mosto d'uva per ciascuna tesi nelle due vendemmie. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

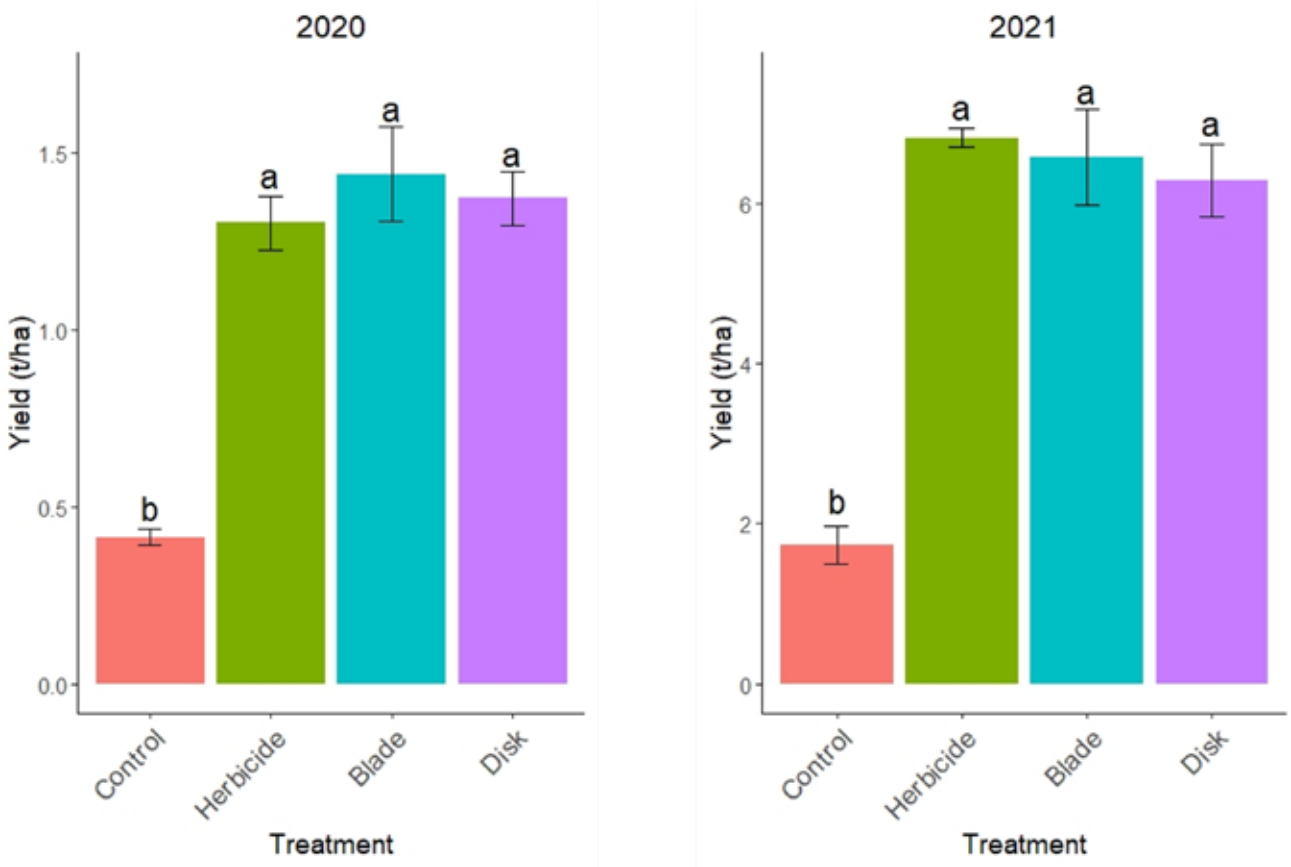


Figura 21 - Resa della vite negli ultimi due anni produttivi della prova (le viti erano troppo giovani per dare un raccolto nei primi due anni). In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

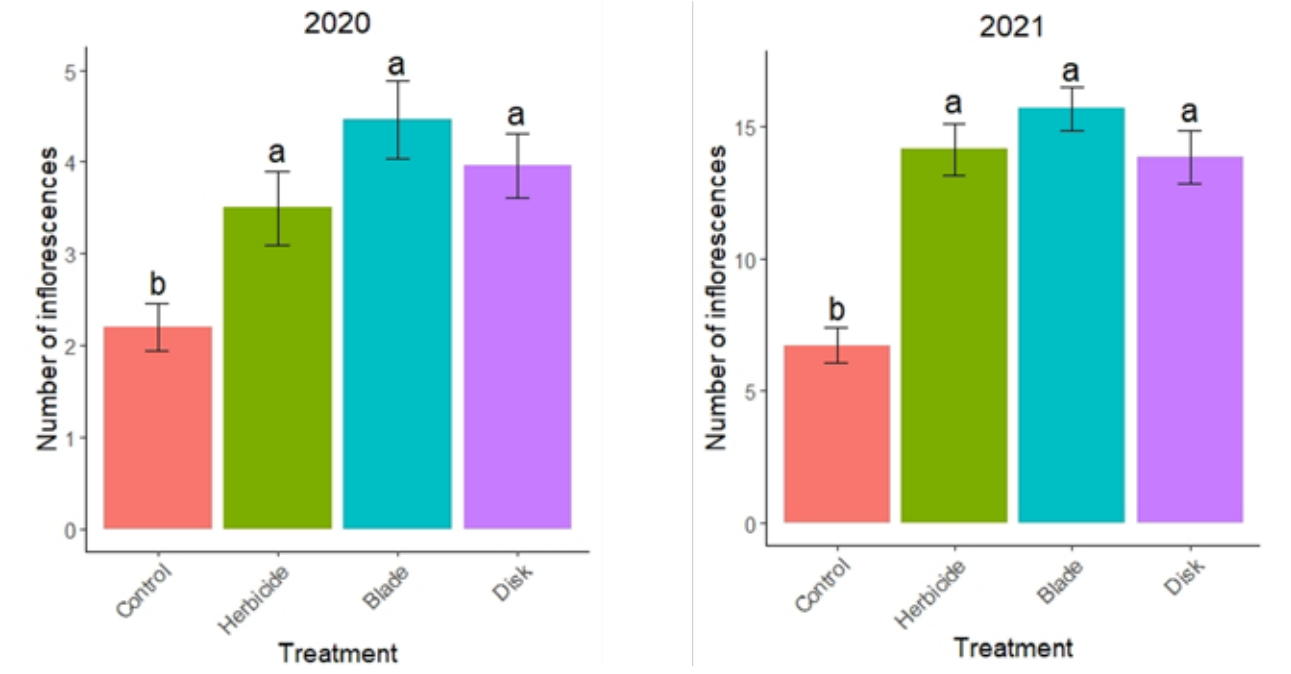


Figura 22 - Conteggio del numero di infiorescenze per vite alla fioritura nel 2020 e 2021. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

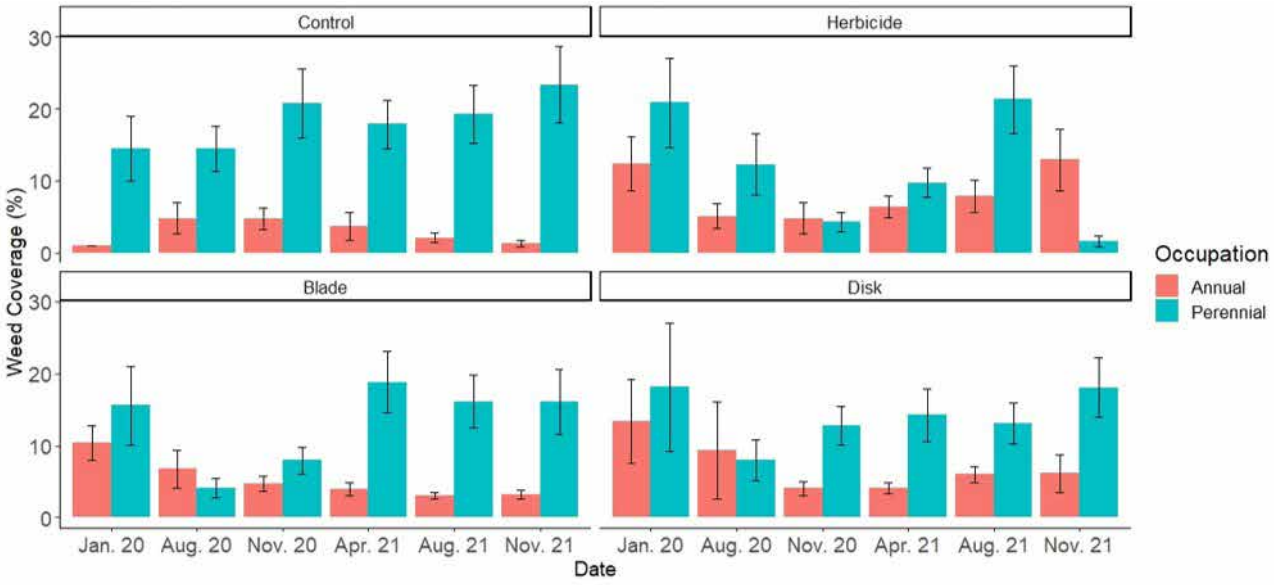


Figura 23 - Copertura media delle infestanti annuali e perenni nei filari delle diverse tesi durante la prova. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

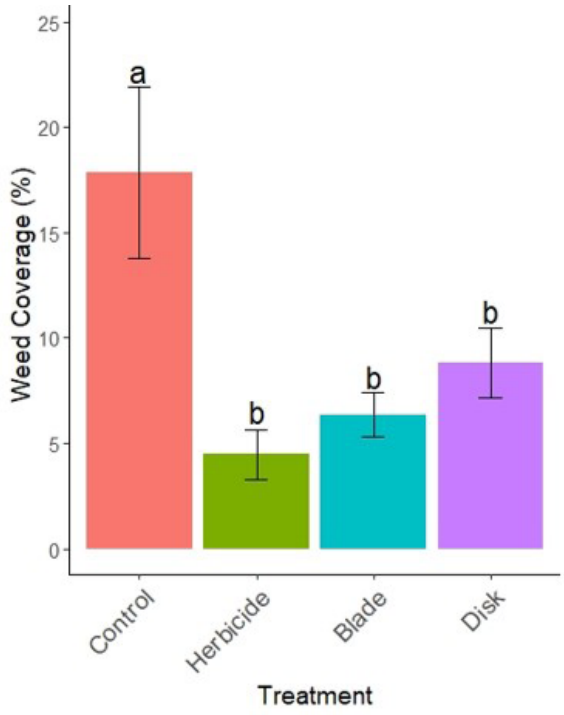


Figura 24 - Copertura totale media delle infestanti annuali e perenni in ciascuna tesi durante la prova. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

Epoca del rilevamento		Controllo	Trattamento erbicida	Sarchiatura a lama	Sarchiatura a disco
2020	Gennaio	297	307	357	328
	Agosto	420.5	321	68	200
	Novembre	589.8	134.5	280	371
2021	Aprile	570	466.5	523	416.5
	Agosto	300	528	417.5	415
	Novembre	589.5	264	498	532.5

Tabella 16 - Copertura totale delle infestanti per ciascuna tesi nel periodo di indagine 2020-2021 a gennaio, agosto e novembre. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

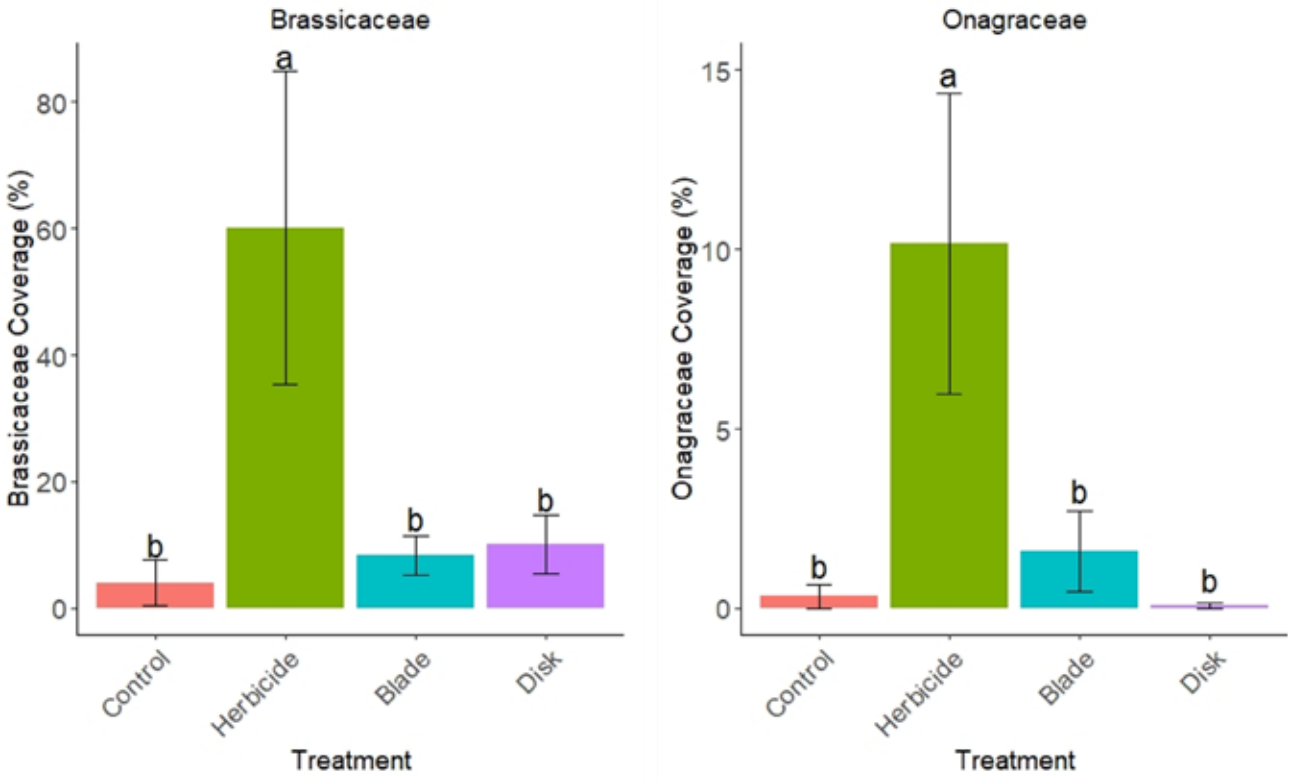


Figura 25 - Presenza media totale di *Brassicaceae* (a sinistra) e *Onagraceae* (a destra) per ciascuna tesi. In sequenza da sinistra a destra per ciascun grafico: controllo, trattamento erbicida, sarchiatura a lama, sarchiatura a disco.

Figura 26 - Giornata dimostrativa del progetto IWMPRAISE presso il vigneto sperimentale del NIAB EMR tenutasi nel novembre 2021 in collaborazione con Clemens Technologies.

PAESI BASSI

PROVE SPERIMENTALI PRESSO L'UNIVERSITÀ DI WAGENINGEN

Con oltre 700 ettari di terreno agricolo l'azienda sperimentale dell'Università di Wageningen situata a Lelystad è il più grande centro sperimentale olandese per la ricerca sulle colture agrarie. Il Dipartimento di Ricerca sulle Colture Agrarie dell'Università di Wageningen gestisce l'azienda e realizza la ricerca in campo. Qui vengono organizzate giornate dimostrative dove nuove varietà, macchinari e pratiche agricole sono poste all'attenzione degli interessati a livello nazionale e internazionale. Le ricerca riguarda tutti gli aspetti relativi alle colture. La finalità è quella di mettere a punto dei sistemi colturali per l'agricoltura tradizionale e biologica in grado di soddisfare gli obiettivi produttivi, ambientali e sociali. I principali argomenti di ricerca sono le nuove colture e varietà, l'impatto economico e ambientale dell'agricoltura, la protezione delle colture e la gestione delle malerbe, la corretta gestione del suolo e l'agricoltura di precisione. Una buona parte dell'azienda sperimentale è gestita per la produzione vendibile. Le principali colture sono quelle tipiche dell'agricoltura olandese di pieno campo: patate, barbabietola da zucchero, cipolle, carote e cereali.

Indirizzo:
Azienda sperimentale dell'Università di Wageningen
Edelhertweg 1
8219 PH Lelystad – The Netherlands
Telefono: +31 320 291111

Per visite guidate contattare:
Hilfred Huiting
e-mail: hilfred.huiting@wur.nl
tel. +31 320 291339

Nell'ambito del progetto IWMPRAISE sono state realizzate due prove sperimentali dal cluster nazionale olandese:
1. WP4 - Colture a seminativo e orticole
2. WP4 - Mais
Entrambe le prove si sono svolte a Lelystad, presso l'Azienda sperimentale dell'Università di Wageningen.

PROVA SPERIMENTALE SU COLTURE A SEMINATIVO E ORTICOLE

L'esperimento è iniziato in primavera 2018. Lo schema sperimentale sviluppato nell'ambito del progetto IWMPRAISE (https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126443) è stato utilizzato per definire una strategia di gestione Integrata delle infestanti e per valutare annualmente e ricalibrare questa strategia. Lo scopo principale della prova era di confrontare le seguenti strategie:
- una rotazione di otto anni basata sui principi della gestione integrata delle infestanti (ICM8)
- una rotazione convenzionale di quattro anni basata sul controllo diretto delle infestanti mediante trattamenti erbicidi (Ref 4).

Due sottosistemi intermedi sono stati utilizzati per il confronto:
- una rotazione di otto anni, in cui la strategia era basata sul controllo diretto mediante erbicidi (Ref 8);
- una rotazione di quattro anni, in cui la gestione delle infestanti è stata gestita con il minimo apporto possibile di erbicida (ICM4).

Le colture nella rotazione di quattro anni erano: patata, cipolla da seme, barbabietola da zucchero e frumento primaverile, tutte colture comunemente usate nelle rotazioni degli arativi su suoli argillosi nei Paesi Bassi (Tab. 1). Il controllo delle malerbe è stato prevalentemente chimico. Queste colture sono state incluse anche nella rotazione di otto anni a gestione integrata, ma al fine di aumentare la diversificazione colturale, la rotazione è stata ampliata con cover crop invernali, carota, cavoli e una coltura aggiuntiva di patata, avendo questa coltura una valenza economica elevata nei Paesi Bassi.
Con la diversificazione della rotazione colturale usando queste colture aggiuntive la gestione delle colture è stata più variabile durante la stagione di crescita, così come più variabili sono state le condizioni di crescita delle specie infestanti. In entrambe le rotazioni il terreno è stato arato. Le tecniche di controllo mirato incluse nella rotazione a gestione integrata erano il diserbo meccanico, il diserbo termico, la falciatura e gli erbicidi; questi ultimi sono stati applicati in modo sito-specifico a zone o usando il trattamento localizzato ove possibile, a seconda della densità delle infestanti e della coltura. Nella rotazione a gestione integrata le malerbe sono state monitorate visivamente (conteggi) per determinare la loro densità e la necessità di controllo; in base allo stadio di crescita delle erbe infestanti

Figura 1 - Foto aerea dei campi sperimentali.

e alle condizioni del suolo sono stati scelti i metodi di diserbo più idonei. Nel sistema convenzionale il monitoraggio non è stato eseguito per determinare la necessità e la tipologia di controllo diretto.

Risultati

Infestanti

Le modifiche nelle dimensioni e nella composizione della banca dei semi delle infestanti sono state utilizzate come parametro per valutare gli effetti della gestione integrata. All'inizio della prova è stata determinata la banca del seme infestante, mentre la banca del seme finale è stata determinata in primavera 2022. La densità delle infestanti è stata rilevata in tutte le colture prima del raccolto e utilizzata per confrontare l'effetto delle due strategie di gestione sulla densità delle infestanti.

Rese delle colture

Le rese della patata nella strategia a gestione integrata di otto anni (ICM8) e nella rotazione standard convenzionale di quattro anni (Ref4) sono riportate in Figura 3, insieme alle rese delle strategie intermedie (Ref8 e ICM4). Le rese tra la gestione integrata e standard non sono in generale risultate significativamente diverse negli anni (eccettuato il 2018). Tuttavia, le rese annuali della patata a gestione integrata erano inferiori rispetto alle rese delle colture a gestione standard.
Le rese dei cereali (Figura 4) non sono state diverse significativamente diverse tra le strategie, così come le rese delle carote (Figura 5). Le rese della cipolla sono risultate significativamente inferiori nella strategia a gestione integrata (ICM8 e ICM4) rispetto alla strategia standard di riferimento (Ref4 e Ref8) nel 2018 e nel 2019. Tuttavia, dal 2020 la varietà è stata cambiata con una a potenziale di resa più elevato e le differenze non sono più risultate significative nel 2020 e la resa solo leggermente inferiore nel 2021 (Figura 6). Le rese della barbabietola da zucchero nella strategia a gestione integrata di otto anni (ICM8) e nella rotazione standard di quattro anni (Ref4) sono

Pilastro della gestione integrata delle malerbe	Tecnica	Rotazione della gestione integrata (ICM8)	Rotazione della gestione convenzionale standard (Ref4)
Diversificazione del sistema colturale	Durata della rotazione (anni)	8 (patata, cavolo, carota, cereale [orzo primaverile nel 2018, frumento nel 2019-2021], trifoglio, barbabietola da zucchero, cipolla)	4 (patata, barbabietola da zucchero, cipolla, orzo primaverile nel 2018, frumento nel 2019-2021)
	Cover crop	Sì	No
Scelta e insediamento della coltura	Scelta della cultivar	Sì, copertura precoce del suolo	No
	Data di semina	Sì, tardiva	No
	Pattern di semina	Sì	No
	Dose di seme	Sì	No
Gestione del terreno	Preparazione del letto di semina	Sì	No
Controllo diretto	Erbicidi di pre-emergenza	Sì	Sì
	Erbicidi di post-emergenza	Sì	Sì
	Sfalcio	Sì	No
	Diserbo manuale	Sì	Sì
	Trattamento localizzato	Sì	Sì
	Diserbo meccanico	Sì, erpicatura, sarchiatura e finger-weeding	Sì, sarchiatura
	Diserbo termico	Sì	No
Monitoraggio & valutazione	Rilevamento in campo	Sì	No
	DSS	Sì	No
	Tecnologia a sensori	Sì	No

Tabella 1 - Strumenti e tecniche relative ai cinque pilastri della gestione integrata delle malerbe utilizzate nella strategia integrata e nel sistema convenzionale standard di gestione usato per gli arativi su terreni argillosi nei Paesi Bassi.

Figura 2 - Schema sperimentale della prova su seminativi e orticole.

LEGENDA

Parcella	Coltura	Parcella	Coltura
Aa1 8-	Patata 8 anni convenzionale	Aa1 8+	Patata 8 anni gestione integrata
Aa 4-	Patata 4 anni convenzionale	Aa 4+	Patata 4-anni gestione integrata
Aa5 8-	Patata 8 anni convenzionale	Aa5 8+	Patata 8 anni gestione integrata
Gk 8-	Trifoglio 8 anni convenzionale	Gk 8+	Trifoglio 8 anni gestione integrata
Gr4-	Frumento 4 anni convenzionale	Gr4+	Frumento 4 anni gestione integrata
Gr8-	Frumento 8 anni convenzionale	Gr8+	Frumento 8 anni gestione integrata
Pn8-	Carota 8 anni convenzionale	Pn8+	Carota 8 anni convenzionale
Sb4-	Barbabietola 4 anni convenzionale	Sb4+	Barbabietola 4 anni gestione integrata
Sb8-	Barbabietola 8 anni convenzionale	Sb8+	Barbabietola 8 anni gestione integrata
Sk8-	Cavolo 8 anni convenzionale	Sk8+	Cavolo 8 anni gestione integrata
Ui4-	Cipolla 4 anni convenzionale	Ui4+	Cipolla 4 anni gestione integrata
Ui8-	Cipolla 4 anni convenzionale	Ui 8+	Cipolla 4 anni gestione integrata

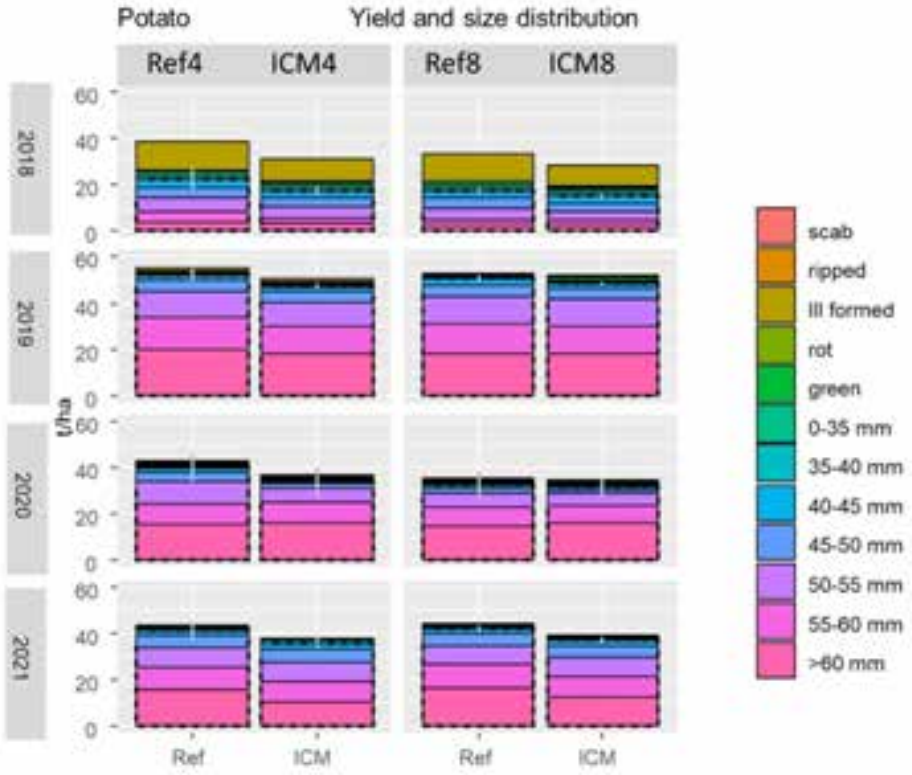


Figura 3 - Rese delle patate nella rotazione standard convenzionale di quattro anni (Ref4) e nella rotazione a gestione integrata di otto anni (ICM8) e relative strategie intermedie (Rif8 e ICM4).

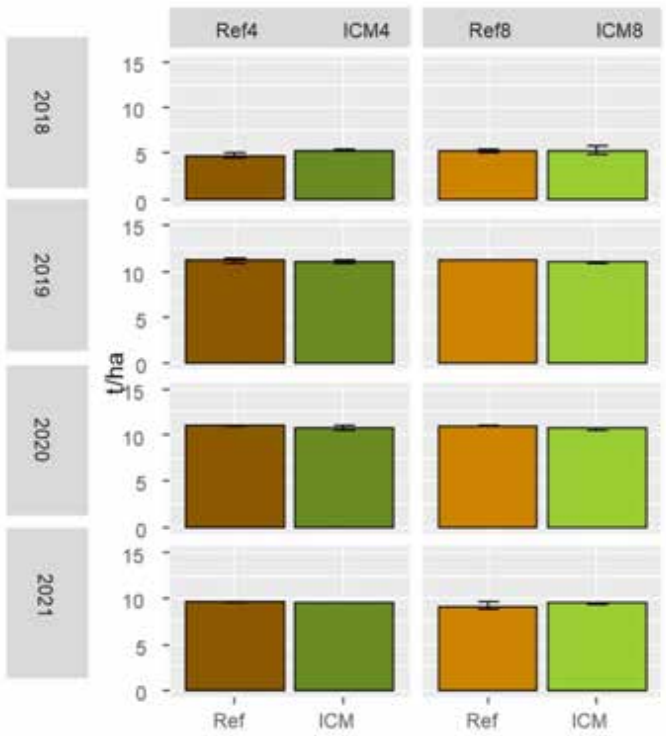


Figura 4 - Rese dei cereali (orzo primaverile nel 2018, frumento invernale nel 2019-2021) nella rotazione standard convenzionale di quattro anni (Ref4) e nella rotazione a gestione integrata di otto anni (ICM8).

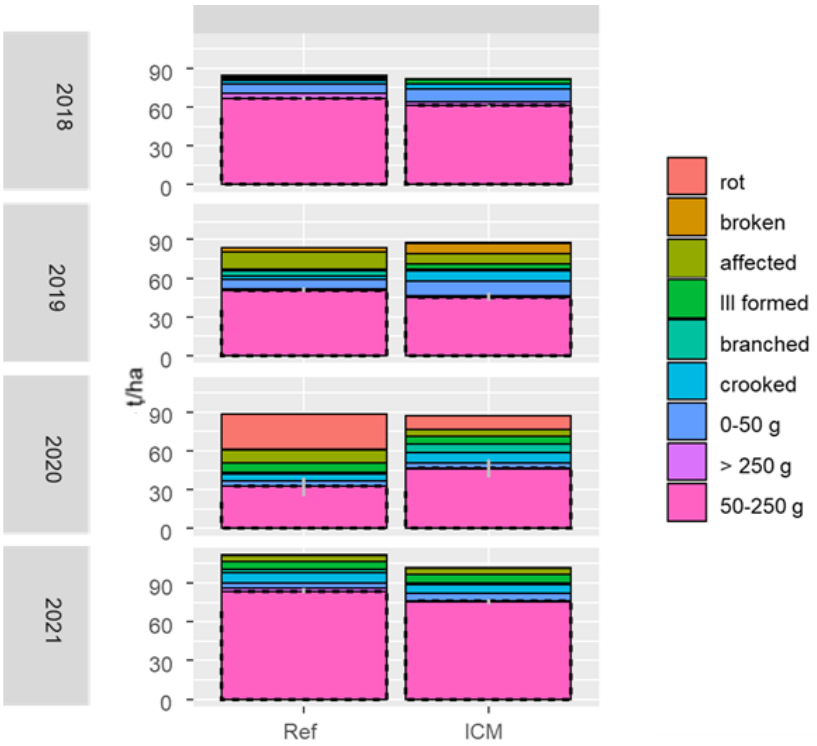


Figura 5 - Rese delle carote nella strategia a gestione integrata (ICM) e nella strategia standard di riferimento (Ref). Suddivisione categorie tuberi: rosso = marce; arancio = rotte; verde marcio = colpite; verde brillante = formate III; verde acqua = ramificate; azzurro = deformi; blu = 0-50 g; rosa chiaro >250 g; rosa scuro = 50-250 g.

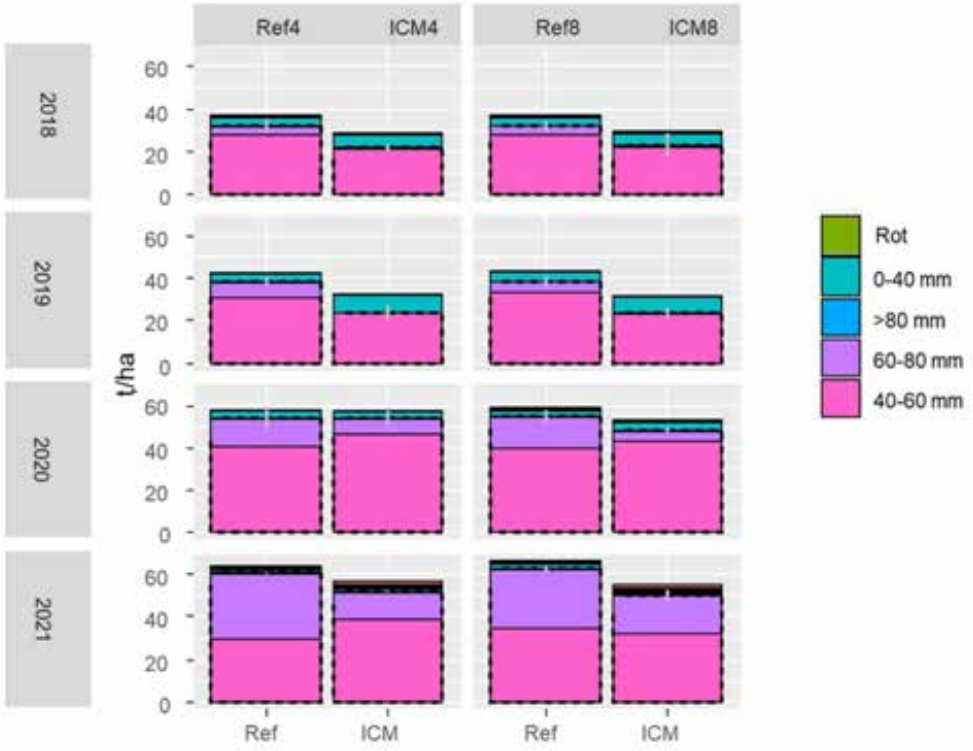


Figura 6 - Rese delle cipolle nella rotazione standard convenzionale di quattro anni (Ref4) e nella rotazione a gestione integrata di otto anni (ICM8) e relative strategie intermedie (Rif8 e ICM4). Suddivisione categorie tuberi: verde = marci; dimensioni tuberi: azzurro = 0-40 mm; blu = >80 mm; violetto 60-80 mm; rosa fucsia = 40-60 mm.

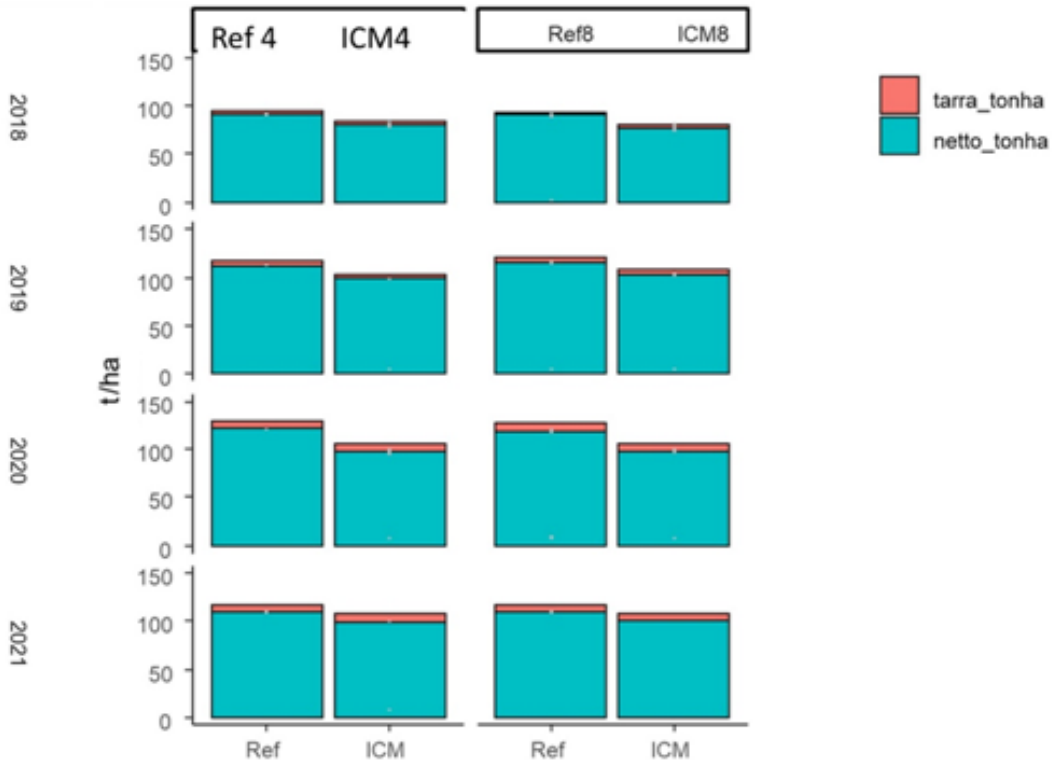


Figura 7 - Rese di barbabietola da zucchero nella rotazione standard convenzionale di quattro anni (Ref4) e nella rotazione a gestione integrata di otto anni (ICM8) e relative strategie intermedie (Rif8 e ICM4).
Legenda: Rosso = tara (t/ha); azzurro = peso netto (t/ha).

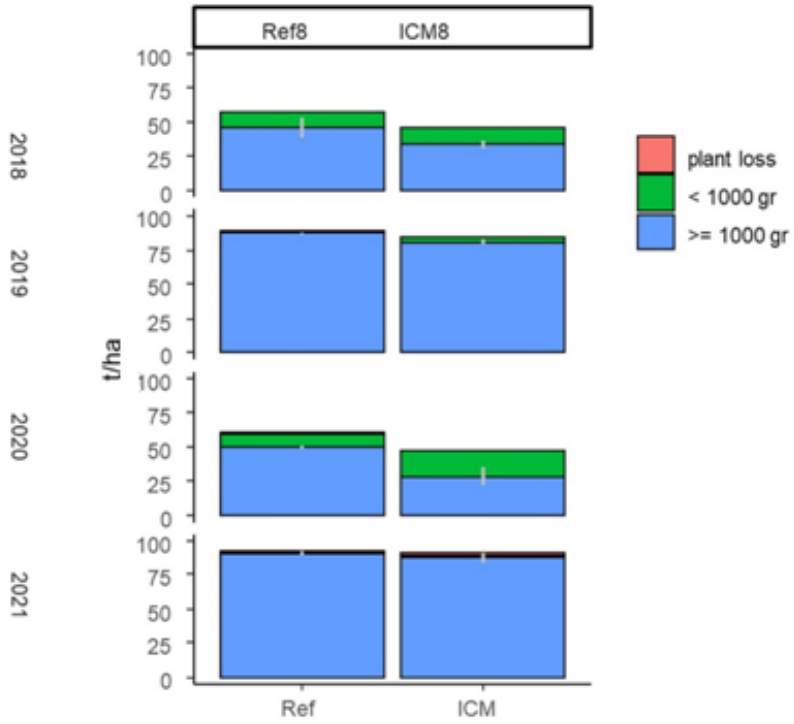


Figura 8 - Rese dei cavoli nella rotazione standard convenzionale (Ref) e nella rotazione a gestione integrata (ICM).
Legenda: Rosso = scarti; verde =taglia < 1000; azzurro = taglia > 1000 (t/ha).

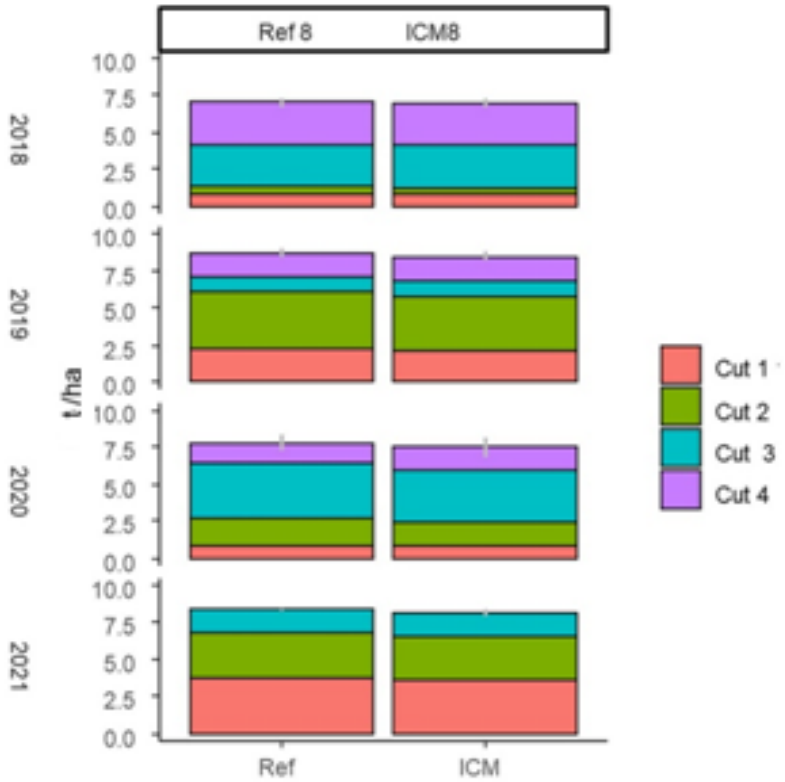


Figura 9 - Rese di trifoglio nella rotazione standard convenzionale (Ref) e nella rotazione a gestione integrata (ICM). Legenda: Cut 1 = Taglio 1; Cut 2 = Taglio 2; Cut 3 = Taglio 3; Cut 4 = Taglio 4.

riportate in Figura 7, insieme alle strategie intermedie (Ref8, ICM4), che come si può dedurre dal grafico non sono state significativamente diverse negli anni. Tuttavia, le rese annuali della barbabietola da zucchero a gestione integrata sono risultate inferiori rispetto alle rese delle colture nella gestione standard di riferimento. Le rese annuali dei cavoli a gestione integrata sono state inferiori rispetto alle rese dei cavoli a gestione standard (Figura 8). Le rese del trifoglio (Figura 9) non sono state significativamente diverse tra le strategie.

PROVA SPERIMENTALE SU MAIS

In questa prova, avviata nel 2009, è stato indagato l'effetto di quattro sistemi di lavorazione del terreno sulla popolazione di ifestanti in una monocoltura di mais. Si tratta di un esperimento a lungo termine, in cui sono state testate due diverse varietà di mais: una standard e una precoce. Dal 2020 in poi la varietà precoce non ha fatto più parte dell'esperimento. L'esperimento prevedeva tre replicazioni e l'utilizzo di due diverse strategie di gestione delle infestanti: una strategia basata su trattamenti erbicidi e una basata sul controllo meccanico. Tutti i campi sono stati trattati con glifosate prima della lavorazione del terreno.
Il controllo chimico nel 2018 è consistito in un trattamento singolo con una miscela di erbicidi e nel 2019, 2020 e 2021 in due trattamenti con dose ridotta di una miscela di erbicidi. Nel 2018 il diserbo meccanico è avvenuto mediante 3-4 erpicature e 1-2 sarchiature con Finger weeder per la cultivar precoce. Il controllo meccanico nel 2019 è stato eseguito con 2 erpicature e 4 sarchiature con Finger weeder per la cultivar precoce e 1 erpicatura e 3 sarchiature con Finger weeder per la cultivar più tardiva. Rispetto ad altri anni, le possibilità di erpicatura nel mais giovane erano minori a causa del clima secco e della zollosità nel terreno. Per ovviare a questo problema è stata più frequente la sarchiatura con Finger weeder. Nel 2020 il diserbo meccanico è consistito in 6-8 operazioni a seconda del sistema di lavorazione. Per i sistemi di aratura (A) ed erpice rotante a denti lunghi (C) il diserbo è stato fatto mediante erpicatura 4 e 6 volte e 2 sarchiature con Finger Weeder. Negli altri sistemi (D ed E) il diserbo meccanico è stato realizzato mediante 3-4 erpicature e 4 sarchiature. A causa delle condizioni di siccità, negli ultimi due sistemi è stata necessaria una sarchiatura extra per avere terreno sufficientemente sciolto.
Nel 2021, la strategia di diserbo meccanico è stata eseguita solo in parte a causa delle condizioni troppo umide, con conseguente ripiegamento verso l'uso della chimica negli appezzamenti delle strategie A, C e D. Per la strategia E con erpicatura a denti lunghi e semina diretta, il diserbo meccanico è stato completamente abbandonato. Il controllo chimico delle infestanti è stato applicato una prima volta a dose maggiore in tutte le parcelle della strategia E, seguito da una seconda applicazione a dose ridotta. Per le parcelle seminate a strisce (D) è stata utilizzata una dose più alta nella prima applicazione per le tesi del controllo chimico, seguita da un'applicazione a dose ridotta per tutte le parcelle della strategia D.

Risultati

Rese della coltura

La raccolta del mais si è conclusa il 18 settembre 2018 e 2019, il 24 settembre 2020 e il 14 ottobre 2021. Le rese in sostanza secca della cultivar di mais standard sono più o meno simili tra i diversi tipi di lavorazione del terreno e strategie di controllo delle infestanti, ad eccezione delle rese ottenute nel 2021 (Figura 11). Per la cultivar precoce coltivata nel 2018 e 2019, le rese in sostanza secca sono risultate generalmente più basse rispetto alla cultivar standard.
Nel 2019 la resa in sostanza secca della cultivar precoce è stata inferiore con l'erpicatura a denti lunghi senza preparazione del letto di semina (E) rispetto agli altri tre tipi di lavorazione del terreno. Una possibile spiegazione potrebbe essere data dalle condizioni di semina sfavorevoli dopo questo tipo di lavorazione, con conseguente scarsa germinazione e investimento minore di piante. Con l'erpicatura mediante erpice rotante (C) in combinazione con il controllo chimico delle infestanti, le rese in sostanza secca sono state inferiori sia nel 2018 che nel 2019 rispetto alle altre strategie di diserbo meccanico.
Le condizioni meteorologiche nel 2021 hanno costretto a ritardare di un mese la data prevista di semina ritardata della cultivar standard di mais all'inizio di giugno per tutti i tipi di lavorazione del terreno. Per la strategia con erpicatura a denti lunghi senza preparazione del letto di semina (E), nel 2021 la semina è stata eseguita una settimana dopo rispetto alle altre strategie. Il cambiamento della stagione di crescita ha portato a rese di sostanza secca inferiori. Inoltre, gli effetti delle maggiori applicazioni di erbicidi potrebbero essersi riflessi nelle rese inferiori delle strategie D ed E.

Controllo delle infestanti

In generale, la strategia con l'aratura come lavorazione del terreno e il controllo chimico delle malerbe ha comportato una presenza di infestanti

più bassa in entrambe le cultivar di mais dopo la stagione di crescita (Figura 3). La cultivar precoce ha registrato una maggiore presenza di infestanti rispetto alla cultivar standard per la maggior parte delle combinazioni di strategie di lavorazione e controllo. Fanno eccezione le strategie di controllo meccanico delle infestanti combinate con l'erpicatura a denti lunghi con erpice rotante (C) nel 2018 e la coltivazione a "strip-tillage" con erpice a denti lunghi (D) ed erpicatura a denti lunghi senza preparazione del letto di semina (E) nel 2019.
Quando la cultivar precoce è stata coltivata dopo la lavorazione del terreno con l'erpice a denti lunghi e l'erpice rotante (C), è stata osservata una maggiore presenza di infestanti sia nel 2018 che nel 2019 per le strategie di diserbo chimico rispetto alle strategie di diserbo meccanico (Figura 3). Lo stesso è stato osservato nelle tesi coltivate a "strip-tillage" con l'erpice rotante (D) nel 2019, ma non nel 2018, quando nella strategia di diserbo meccanico si è osservata a una maggiore presenza di infestanti. Per gli altri due tipi di lavorazione con cultivar precoce e per tutti i tipi di lavorazione con cultivar standard, il controllo meccanico delle infestanti ha comportato una maggiore presenza di malerbe nel 2018 e nel 2019.
Nel 2021 la presenza di malerbe dopo la raccolta è stata bassa per tutti i tipi di lavorazione del terreno. Questa osservazione in campo era indipendente dalla strategia di controllo, perché entrambe le strategie

Code	**Description**			
	Main cultivation	***Sowing bed preparation***	***Sowing method***	***Remarks***
A	Plough Spring 25 cm	Rotary harrow	conventional sowing	-
C	Deep-tine cultivation	Rotary cultivator	conventional sowing	-
D	Strip rotary cultivation	Strip rotary cultivation	strip sowing	-
E	Deep-tine cultivation	None (direct sowing)	direct sowing	-
	Cultivar type	***Cultivar***	***Sowing time***	***Harvest time***
M1	Normal season length	P8057 (Pioneer)	Normal	Normal
M2	Short-season maize	Joy (DSV)	(1st week May)	(end Sep. early Oct)
			Late	Normal
			(4th week May)	(end Sep. early Oct)
			Weed control	
I			Conventional	No cover crop
II			Mechanical	No cover crop

Tabella 2 - Descrizione della prova su mais. Le variabili includono la lavorazione del suolo (A-E), la cultivar di mais (M1-M2) e la strategia di controllo delle erbe infestanti (I-II, chimica o meccanica).

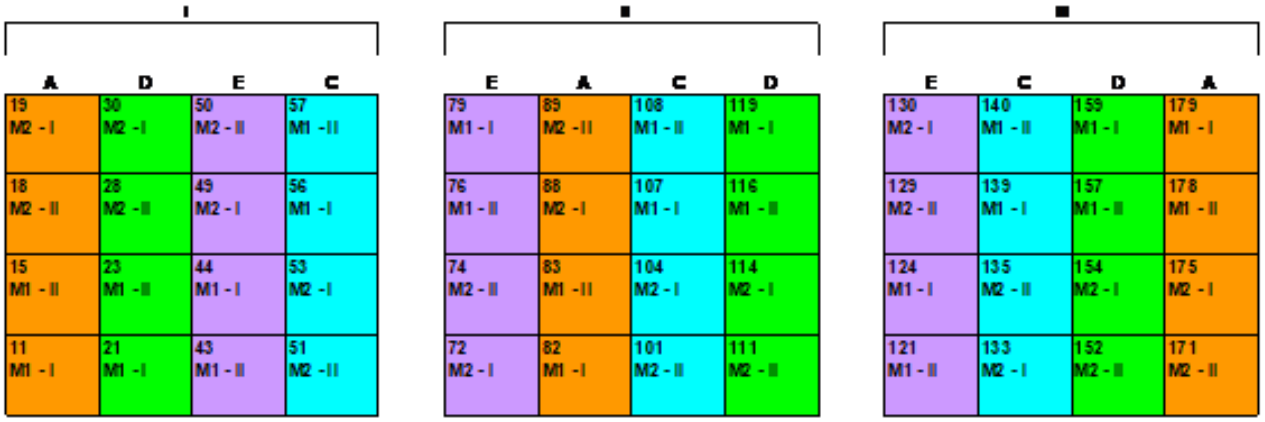


Figura 10 - Schema sperimentale della prova su mais presso l'Azienda sperimentale diell'Università di Wageningen a Lelystad.

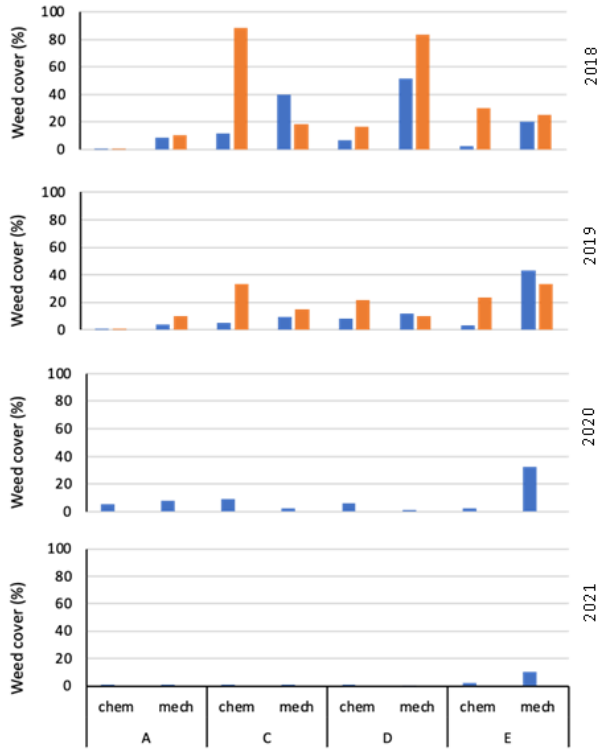


Figura 11 - Resa media in sostanza secca del mais insilato in t/ha per sistema di lavorazione del terreno e strategia di controllo delle infestanti nel periodo 2018-2021. Per il 2018 e il 2019 è indicata la resa di entrambe le cultivar di mais (blu = standard, arancione = precoce). Le barre di errore indicano la deviazione standard (SD).

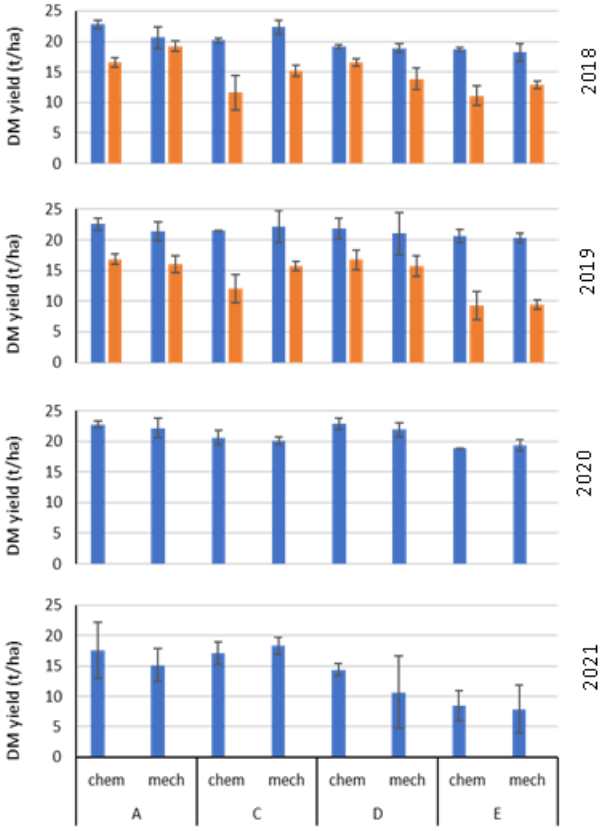
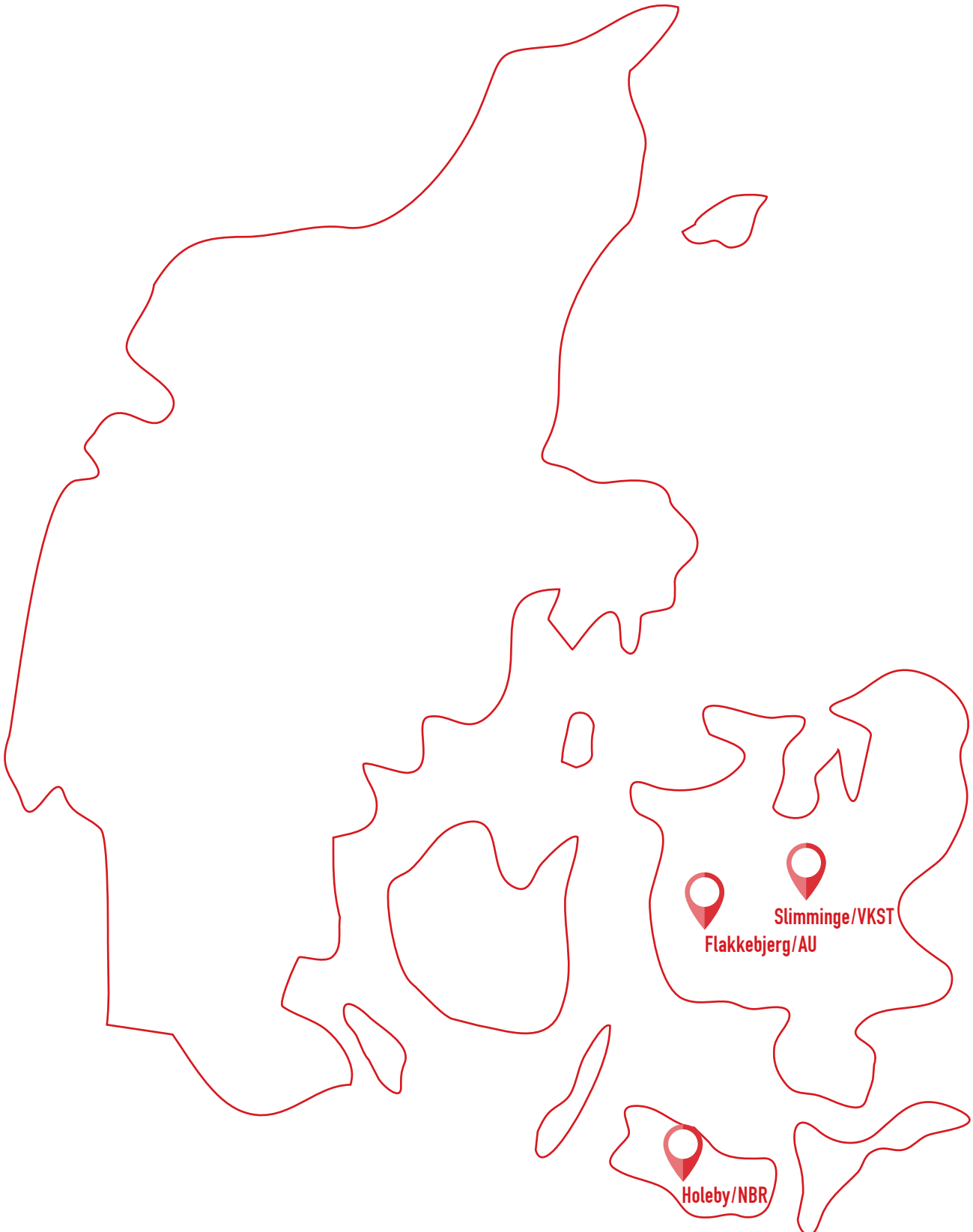


Figura 12 - Copertura media del suolo (%) con infestanti (sia dicotiledoni che monocotiledoni) un giorno dopo la raccolta del mais. Legenda: chem = controllo chimico, mech = controllo meccanico.

in fin dei conti si basavano sul controllo chimico. Un fattore importante da considerare è stata la semina tardiva del mais. Di conseguenza, nelle strategie con erpice rotante (A e C) le infestanti che hanno avuto un forte picco di emergenza in aprile/maggio, non avrebbero avuto la possibilità di insediarsi in gran numero durante la stagione vegetativa. Negli altri sistemi di lavorazione del terreno la pressione delle infestanti è stata maggiore durante la stagione di crescita, ma ciò è stato compensato utilizzando un dosaggio più elevato di diserbo chimico. La presenza d'infestanti non riflette quindi queste osservazioni, mentre le rese ancora più basse dei sistemi D ed E nel 2021 possono essere spiegate da una maggiore competizione delle infestanti durante le prime fasi di crescita della coltura.

DANIMARCA



PROVE SPERIMENTALI PRESSO L'UNIVERSITÀ DI AARHUS

AARHUS UNIVERSITY

Il Dipartimento di Agroecologia dell'Università di Aarhus è ubicato a sud della città di Slagelse nell'isola di Sjaelland. Il Dipartimento si occupa di ricerca nel settore dell'agroecologia studiando l'interazione tra gli ecosistemi vegetali, animali, umani e l'ambiente per la produzione agricola, energetica e la bioeconomia. La sua attività di ricerca, consulenza e insegnamento è mirata alla produzione e alla crescita sostenibile. Il sito sperimentale copre un'area di circa 200 ettari ed è adibito prevalentemente all'agricoltura tradizionale con qualche appezzamento utilizzato per prove di coltivazione biologica. Il suolo è di tipo sabbioso-limoso con un basso contenuto di sostanza organica. La popolazione di malerbe è costituita soprattutto da specie a foglia larga e da alcune graminacee, come Lolium, Alopecurus, Apera spica-venti *e* Poa annua.

Indirizzo:
Aarhus University
Forsøgsvej 1
4200 Slagelse - Denmark
e-mail: agro@au.dk
tel. +45 8715 0000

Per informazioni e visite guidate contattare:
Mette Sønderskov
e-mail: mette.sonderskov@agro.au.dk
tel. +45 8715 8231

WP3 – PROVE SPERIMENTALI SU FRUMENTO TENERO

Obiettivi

L'obiettivo principale della sperimentazione è stato quello di combinare tra loro pratiche diverse di gestione delle malerbe nelle strategie di coltivazione del frumento tenero allo scopo di limitare la germinazione delle infestanti e inibirne l'emergenza e la crescita, contribuendo alla riduzione dei diserbanti. Per dimostrare l'effetto delle lavorazioni del terreno, la prova ha messo a confronto la non lavorazione con strategie che includono l'aratura. Sono state inoltre previste combinazioni diverse di epoche di semina e interventi di gestione diretta delle malerbe.

Annata 2017/2018

A Flakkebjerg, presso l'Università di Aarhus, è stata impostata una prova dimostrativa che prevede strategie di non lavorazione a confronto con altre basate su lavorazioni tradizionali, come l'aratura, con diversi livelli di utilizzo degli erbicidi combinati al diserbo meccanico. Lo scopo è quello di ridurre al minimo l'uso degli erbicidi, ottimizzando le condizioni di impianto e crescita della coltura.
Sono state definite cinque strategie, corrispondenti ad altrettanti ampi parcelloni, alternative alla strategia standard posizionata nel mezzo del campo sperimentale per facilitare la comparazione. Due strategie prevedevano la non lavorazione, le altre tre l'aratura. Pratiche colturali quali: preparazione del suolo, scelta dell'epoca di semina e distanza tra le file variavano a seconda della strategia in funzione dell'uso del diserbo chimico e/o meccanico.
Al fine di facilitare il diserbo meccanico previsto nelle Strategie 4 e 6, la coltura è stata seminata rispettando una distanza maggiore tra le file. Anche le strategie di non lavorazione sono state seminate a una distanza maggiore, adatta alla seminatrice utilizzata. La concimazione e la varietà sono

	Strategy 1 5 m	Strategy 2 5 m	Strategy 3 6 m	Strategy 4 5 m	Strategy 5 6 m	Strategy 6 5 m
	Reference/standard	Ploughing similar to standard	No-till direct sowing Moderate risk	Ploughing Higher risk	No-till direct sowing Higher risk	Ploughing No herbicides
Soil tillage	Ploughed	Ploughed same timing as Strategy 1	Straw harrow Direct drilling	Ploughed same timing as Strategy 1	Straw harrow Direct drilling	Ploughed same timing as Strategy 1
Sowing time	Normal sowing time (planned 15-20 sept.)Real 28. sept.	Late sowing normal + 20 days	Late sowing normal + 20 days	Late sowing normal + 20 days	Late sowing normal + 20 days	Late sowing normal + 20 days
Seeding density	Reference/standard	Higher than standard due to later sowing	Higher than standard due to later sowing	Higher than standard due to later sowing	Higher than standard due to later sowing	Higher than standard due to late sowing
Row width	Standard row 12 cm	Standard row 12 cm	Wide rows 18 cm Horsch	Wide rows 20 cm Kongskilde sowing machine	Wide rows 18 cm Horsch	Wide rows 20 cm Kongskilde sowing machine
Herbicides	Standard herbicide application autumn	Standard herbicid application autumn	Glyphosate before sowing, same timing in str. 3+5	Reduced herbicide application autumn	Glyphosate before sowing, same timing in str. 3+5	
	Need-based spring	No herbicides spring	Need-based herbicide application spring	No herbicides spring	No herbicide application spring	
Mechanical weeding	-	-	-	Row cultivation in spring	-	Row cultivation in spring Tine harrow

- Straw chopped and left in field before trial was established
- Ploughing in the same direction as the strategy strips to avoid driving in the no-till strips
- Seeding density and row width is the same in all strategies
- Standard fungicides application and insecticides as needed
- Standard fertilizer in all strategies

Tabella 1 - Schema sperimentale della prova su frumento per l'annata 2017/2018.

state invece le medesime per tutte le strategie.
La concimazione è stata eseguita a tutto campo, mentre è stata scelta la varietà di frumento tenero Sheriff per la sua tolleranza alle malattie, la buona capacità competitiva e l'elevata resa potenziale.
Nelle strategie di non lavorazione è stato utilizzato il glifosate in pre-semina e nessun altro erbicida nel periodo autunnale. Le strategie con lavorazione tradizionale prevedevano invece l'uso di erbicidi in autunno 2017 (prosulfocarb, diflufenican e pendimethalin) associati o meno a trattamenti erbicidi primaverili. Nelle Strategie 4 e 6 era previsto il diserbo meccanico nel periodo primaverile.
La prova è iniziata in autunno 2017 in condizioni meteorologiche avverse a causa di piogge intense e ripetute. Inizialmente erano state programmate tre date di semina, intervallate rispettivamente da 10 e 20 giorni. Le condizioni meteorologiche hanno ritardato le semine di 10-15 giorni costringendo a effettuare la prima semina il 28 settembre. Le semine successive sono state tutte effettuate 20 giorni dopo, come indicato in Tabella 1, e questo ha ridotto le differenze tra le strategie rispetto a quanto inizialmente programmato. Le operazioni di semina sono state eseguite generalmente con successo, tuttavia le strategie di non lavorazione hanno sofferto le condizioni non ottimali del terreno e la coltura a fine autunno è risultata abbastanza rada. In primavera 2018 le condizioni climatiche sono state caratterizzate da freddo intenso con alcune gelate fino a poco prima di aprile, dopodiché si è verificato un improvviso spostamento climatico verso temperature elevate e assenza di pioggia.
Da aprile a settembre 2018 il sito della prova ha registrato 198 mm di pioggia, una quantità molto bassa per questa regione pari a 184 mm in meno rispetto all'anno precedente. Allo stesso tempo, la temperatura di questi cinque mesi è stata mediamente superiore di 2°C rispetto al 2017 con temperature massime nell'estate 2018 che hanno raggiunto i 32°C a luglio rispetto ai 25°C del 2017. Tuttavia non è stato possibile irrigare il terreno, poiché la necessità di acqua non era stata prevista. Questo potrebbe spiegare le differenze tra la strategia più performante all'inizio della stagione rispetto alla resa finale. Nonostante le condizioni sfavorevoli per l'insediamento della coltura, le strategie a semina diretta avevano un numero di piante coltivate per metro di fila più elevato rispetto alle strategie con larghezza standard delle file. A giugno, tuttavia, si è osservata una biomassa colturale inferiore rispetto ad altre strategie, mentre le strategie seminate su file più larghe avevano in questo periodo dell'anno una biomassa più elevata. Al momento della raccolta, tuttavia, le strategie

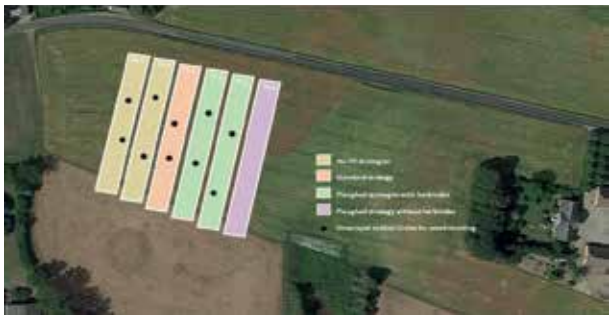


Figura 1 - Parcelloni della prova WP3: in giallo le strategie di non lavorazione, in rosa la strategia standard, in verde le strategie con aratura e diserbo chimico, in viola la strategia con aratura senza diserbo chimico. I pallini neri indicano i punti non trattati utilizzati per il conteggio delle infestanti.

Figura 2 - Semina su sodo con seminatrice Horsch a file distanti 18 cm.

a semina diretta avevano prodotto di più rispetto a tutte le altre strategie, mentre le strategie a file larghe avevano ottenuto la resa più bassa (Figura 3) e la strategia standard aveva valori intermedi di biomassa colturale e resa.
La biomassa delle infestanti è stata campionata a giugno contemporaneamente alla biomassa colturale, registrando una presenza di infestanti molto bassa per tutte le strategie (Figura 4). L'estate secca ha inibito eventuali nuovi ricacci di malerbe dopo le misure di controllo applicate in primavera. Non è stato facile trarre conclusioni dai risultati relativi alle performance delle diverse strategie, ma è comunque emersa un'indicazione di condizioni migliori nelle strategie a semina diretta durante la stagione secca. Le strategie arate a file larghe hanno dimostrato un buon attecchimento e una buona produzione di biomassa a inizio estate, ma hanno resistito meno alla successiva siccità. La differenza di resa tra la Strategia 4 e la Strategia 6 non è facile da

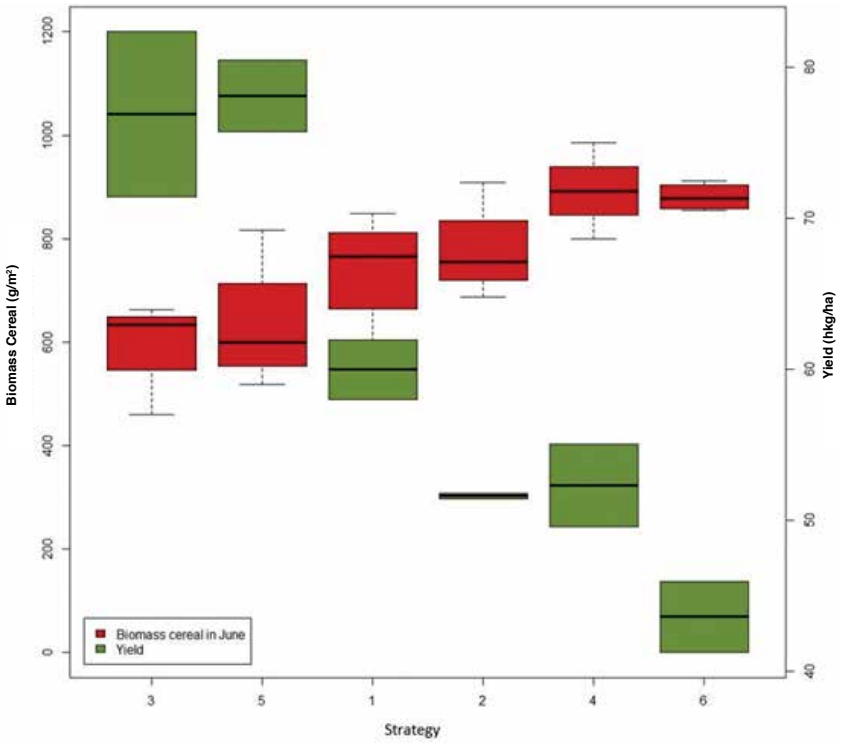


Figura 3 - Biomassa e resa della coltura delle strategie a confronto (giugno 2018). Si è notato uno spostamento tra le strategie durante l'estate molto secca e alla fine le strategie a semina diretta hanno ottenuto rese più elevate, nonostante a inizio estate avessero un basso tasso di emergenza e una biomassa minore. Per il dettaglio delle strategie vedere la Tabella 1.

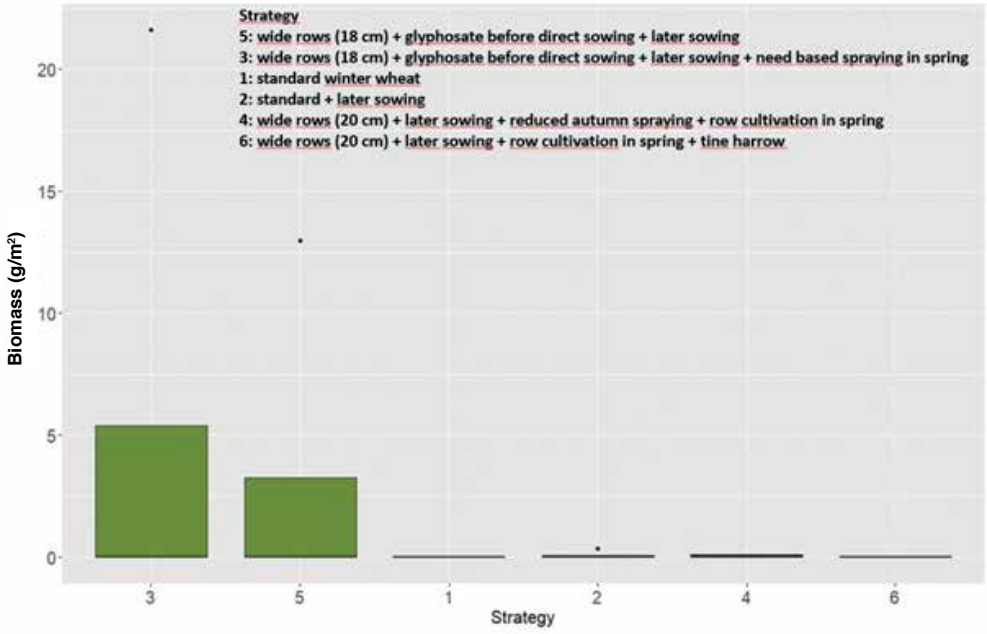


Figura 4 - Biomassa infestante rilevata a giugno 2018. Per il dettaglio delle strategie vedere la Tabella 1.

spiegare, poiché entrambe avevano una biomassa di infestanti molto bassa e l'unica pratica di gestione diversa era l'erpicatura, eseguita in primavera per la Strategia 6.

Annata 2018/2019

In questa annata la prova dimostrativa è stata svolta nella parte orientale della Zelanda, ospitata da VKST, una società di consulenza indipendente di proprietà

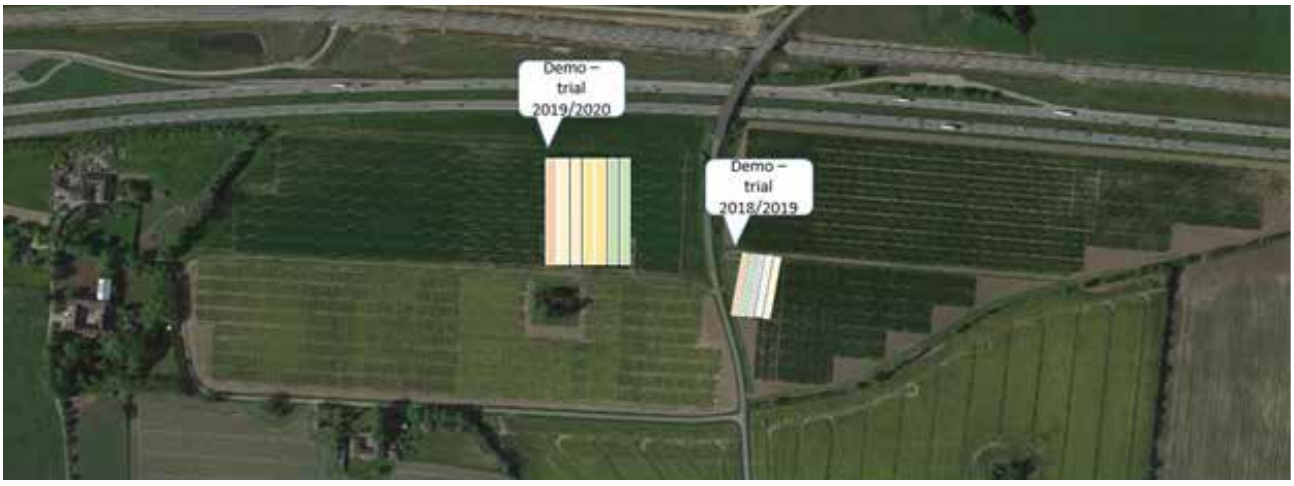


Figura 5 - Foto aerea del sito sperimentale che ha ospitato le prove dimostrative 2018/2019 e 2019/2020 su frumento invernale.

di agricoltori della regione. La prova ha in gran parte seguito lo stesso schema sperimentale della stagione 2017/18 e si è svolta presso la sede di VKST in un'area ospitante altre prove di frumento invernale che ne hanno aumentato il valore dimostrativo.

La prova 2018/19 era incentrata sull'epoca di semina e sulla densità di semina combinate con diversi livelli di trattamenti erbicidi e di diserbo meccanico. È stata inoltre definita una strategia di semina diretta, ma l'emergenza della coltura è risultata molto scarsa e la

	Strategy 1 5 m	Strategy 2 5 m	Strategy 3 5 m	Strategy 4 5 m	Strategy 5 5 m
	Reference/standard	High seeding density	Ploughing Early sowing	Direct sowing	Ploughing No herbicides
Soil tillage	Ploughed same timing as strategy 3	Ploughed same timing as strategy 3	Ploughed	No ploughing	Ploughed same timing as Strategy 1
Sowing time	Normal sowing time	Normal sowing time		Normal sowing time	Late sowing normal + 14 days
Seeding density	Standard	Standard + 50%	Standard	Standard	Standard
Row width	Standard row 12 cm	Standard row 12 cm	Standard row 12 cm	Standard row 12 cm	Wide rows 18 - 20 cm
Herbicides	Standard herbicide application autumn same growth stage of crop as strategy 3 Need based spring	Standard herbicide application autumn same growth stage of crop as strategy 3 Need based spring	Standard herbicide application autumn Need based spring	Glyphosate before sowing No herbicide application autumn No herbicides spring	No herbicides
Mechanical weeding	-	-	-	-	Row cultivation in spring

- Straw chopped and left in field before trial establishment
- Ploughing in the direction of the strategies strips to avoid driving in the no-till strips
- Same variety in all strategies
- Standard application of fungicides and insecticides as needed
- Standard fertilizer standard in all strategies

Tabella 2 - Schema sperimentale della prova su frumento per l'annata 2018/2019

Figura 6 - Confronto tra strategia ad epoca di semina normale e strategia a semina tardiva appena prima del trattamento erbicida nella strategia a semina normale.

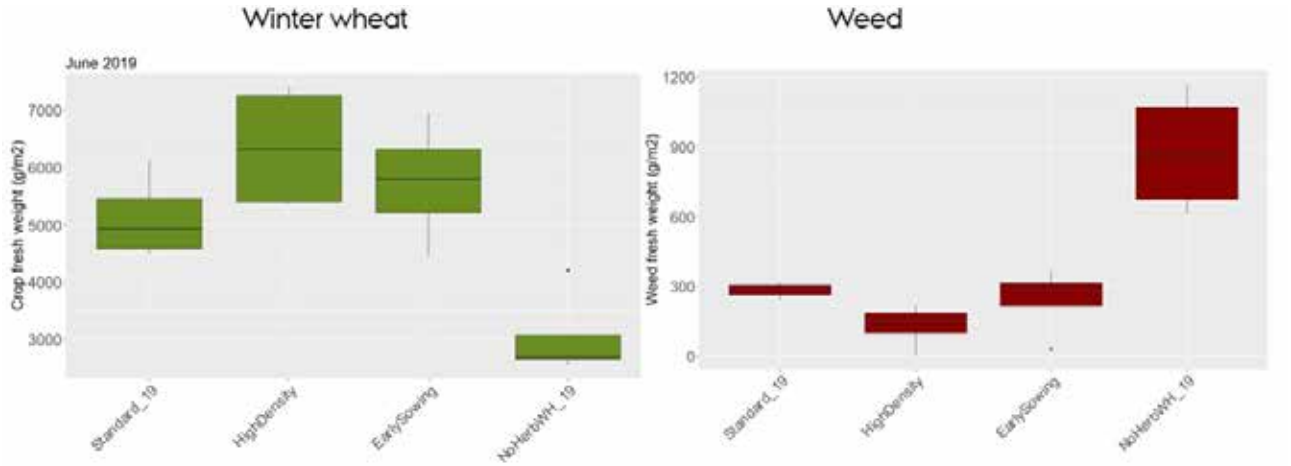


Figura 7 - Biomassa del frumento invernale (winter wheat) e delle infestanti (weed) in peso fresco (g/m^2) a giugno 2019.

Legenda:
- ***Standard_19*:** pratiche colturali standard con preparazione del letto di semina e semina a metà settembre dopo avere arato due settimane prima. Diserbo chimico standard in autunno in prossimità dell'emergenza della coltura.
- ***HighDensity*:** aumento del 50% della quantità di seme, altre pratiche colturali come Standard_19.
- ***EarlySowing*:** aratura e semina immediatamente dopo l'inizio di settembre. Trattamento erbicida in autunno come la strategia Standard_19 e trattamento primaverile dopo sopralluogo in campo.
- ***NoHerbWH_19*:** semina tardiva a metà ottobre con maggiore distanza tra le file (25 cm), nessun diserbo chimico e sarchiatura primaverile in interfila.

strategia è stata abbandonata in primavera.
La popolazione infestante del nuovo sito sperimentale consisteva principalmente in malerbe a foglia larga con abbondante presenza di colza spontanea. Inoltre sono state osservate infestanti quali *Aethusa cynapium*, *Matricaria* sp., *Papaver Rhoea, Poa Annua, Geranium Pursillum, Viola Avensis, Galium aparine* e *Veronica* sp. Erano inoltre presenti graminacee quali *Lolium, Vulpia* e *Alopecurus*. La *Vulpia* è stata osservata solo nella strategia seminata precocemente, ma la sua presenza era sparsa e avrebbe potuto essere casuale.

A giugno 2019 è stata rilevata la biomassa del cereale e delle infestanti riscontrando una presenza piuttosto elevata di malerbe nell'area di studio (150-300 g/m^2 di peso fresco - Figura 7). Poiché lo schema sperimentale non permetteva delle effettive ripetizioni, i campionamenti sono stati effettuati in 4 punti all'interno dei parcelloni di ciascuna strategia, in parcelle di 0,25 m^2. L'elevata densità di semina (235 piante/m^2 presenti a novembre 2018) ha consentito di controllare meglio l'infestazione rispetto alla densità standard (163 piante/m^2 nello stesso periodo), mentre la semina precoce (119

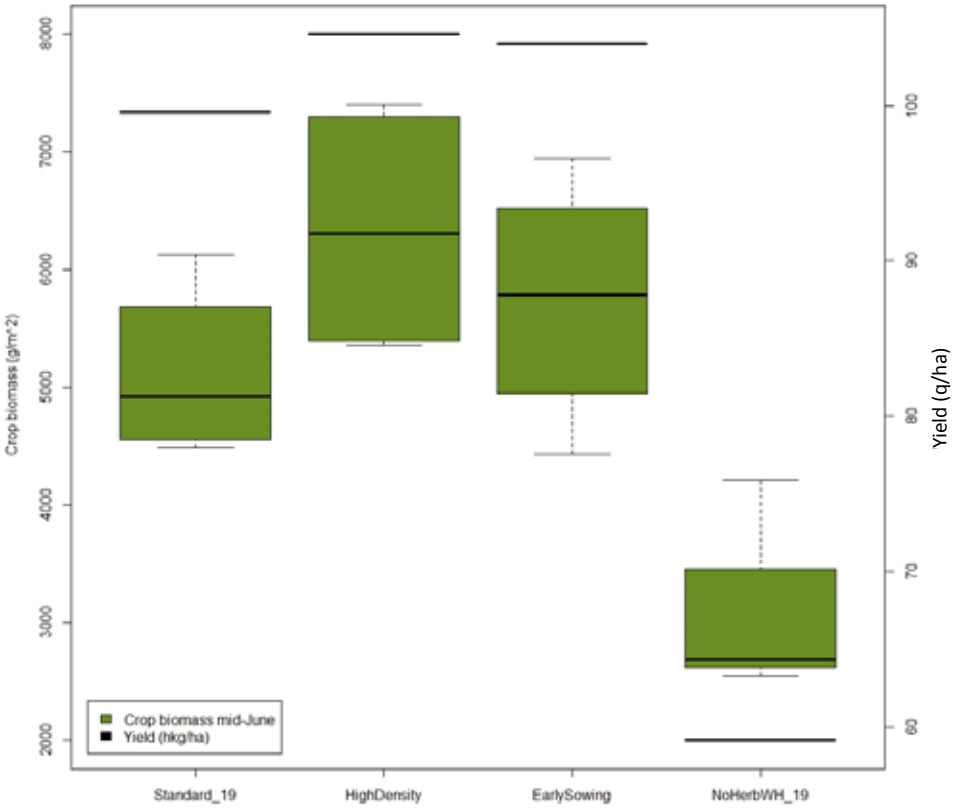


Figura 8 - Biomassa (g/m^2) (colonne verdi, asse Y di sinistra) e resa (linee nere orizzontali, asse Y di destra) del frumento invernale rilevate a giugno 2019. La resa è stata rilavata come misura singola, pertanto non è stato possibile osservare nessuna variazione. La resa è stata correlata alla biomassa campionata a giugno 2019 con differenze ancor più accentuate tra le tesi.

piante/m^2 a novembre 2018) e lo standard hanno registrato la stessa presenza di malerbe. La strategia con il solo diserbo meccanico non ha avuto successo nel controllare le infestanti in quest'annata, a causa del ritardo con cui è stata effettuata la sarchiatura per le condizioni meteorologiche sfavorevoli in primavera. La quantità relativamente abbondante d'infestanti presenti dopo il diserbo chimico primaverile era dovuta all'emergenza non simultanea delle malerbe e alle emergenze tardive che erano state sottoposte a trattamento chimico. In strategia standard e in quella ad alta densità di semina si era infatti deciso che non fosse necessario il diserbo chimico primaverile.
Nella strategia a semina anticipata il diserbo chimico era mirato solo a una specie infestante (*Galium aparine*), presente in primavera, e diverse altre specie sono comparse dopo il trattamento.
Una scelta diversa degli erbicidi da usare sarebbe potuta essere più efficace su un numero maggiore di specie. Questo ha portato alla conclusione che per stabilire i trattamenti primaverili da effettuare sarebbe opportuno consultare un DSS (Sistema a Supporto delle Decisioni). Alla raccolta la resa è stata più elevata nella strategia ad alta densità di semina e nella strategia a semina anticipata, seguite dalla strategia standard. La contrazione della biomassa colturale alla raccolta è risultata ancora più evidente per la strategia con solo diserbo meccanico, dove la forte presenza di infestanti ha provocato una diminuzione sostanziale della resa. I precedenti anni di sperimentazione di questa strategia hanno fornito dei risultati migliori ed è stata riproposta nell'annata 2019/2020.

Annata 2019/2020

La prova dimostrativa è stata realizzata vicino alla prova dell'annata precedente sui campi sperimentali di VKST situati nella parte orientale della Zelanda. Lo schema sperimentale è stato concordato dai partner del progetto in una riunione del cluster nazionale avvenuta a settembre 2019.
In base alle osservazioni delle annate 2017/18 e 2018/19, la prova 2019/20 si è concentrata su strategie a file larghe, diserbo localizzato e sarchiature. La strategia standard delle annate precedenti è stata mantenuta. I risultati 2018/19 avevano dimostrato che il successo della strategia

	Strategy 1 10 m	Strategy 2 10 m	Strategy 3 10 m	Strategy 4 10 m	Strategy 5 10 m	Strategy 6 10 m	Strategy 7 10 m
	Reference/ standard Winter wheat	Ploughing No herbicides Winter wheat	Ploughing No herbicides Winter wheat	Ploughing bandspraying and wide rows Winter wheat	Ploughing bandspraying and wide rows Winter wheat	No-till Winter wheat Cover crop	No-till, spring wheat very late sowing Spring wheat Cover crop
Soil tillage	Ploughed	Ploughed same timing as Strategy 1	Ploughed same timing as Strategy 1	Ploughed same timing as Strategy 1	Ploughed same timing as Strategy 1	Direct sowing	Direct sowing
Sowing time	Normal sowing time	Normal sowing time	Late sowing normal + 14 days	Normal sowing time	Late sowing normal + 14 days	Late sowing normal + 14 days	Very late sowing November
Seeding density	Standard	Higher density in row	Higher density in row	Higher density in row	Higher density in row	Increased	Increased
Row width	Standard row 12 cm	Wide rows 25 cm	Wide rows 25 cm	Wide rows 25 cm	Wide rows 25 cm	Standard row 12 cm	Standard row 12 cm
Herbicides	Standard herbicide application autumn Need based spring based on DSS (CPO)	No herbicides	No herbicides	Bandspraying with normal spraying boom in low height Standard herbicide choice in autumn	Bandspraying with normal spraying boom in low height Standard herbicide choice in autumn	Cover crop removal with glyphosate Consider need based spring application based on DSS (CPO)	Cover crop removal with glyphosate Consider need based spring application based on DSS (CPO)
Mechanical weeding	-	Row cultivation	Row cultivation	Row cultivation	Row cultivation	-	-

Tabella 3 - Schema sperimentale della prova WP3 per l'annata 2019/2020 su frumento. Le strategie sono state provate su porcelloni larghi 10 m e lunghi 100 m. I campionamenti sono stati realizzati su 4 aree distribuite in punti diversi nelle parcelle.

basata sul solo diserbo meccanico era dipesa dalle buone condizioni ambientali e dall'accurata scelta delle tempistiche per effettuare la sarchiatura. Le condizioni meteorologiche hanno rappresentato un limite anche per il personale esperto. Sono state pertanto incluse nuove strategie per studiare le possibilità di supportare il solo diserbo meccanico (Strategia 2 e Strategia 3) e con trattamenti erbicidi sulla fila (Strategia 4 e Strategia 5). Queste strategie sono state seminate in due date di semina diverse (standard a metà settembre e tardiva a ottobre), aumentando la densità di semina per ottimizzare la competitività della coltura nelle file. Nel 2018 le strategie di semina diretta avevano fornito rese elevate in condizioni molto siccitose. Nel 2019 l'attecchimento è risultato scarso e la semina diretta ha dovuto essere annullata. Il nuovo schema prevedeva due strategie no-tillage con cover crop seminate nell'autunno 2019 e semina diretta tardiva realizzata in due tempi con una seminatrice SLY Boss (https://www.slyfrance.com/en/boss/). La semina tardiva del frumento invernale è stata eseguita a metà ottobre e la semina molto tardiva del frumento primaverile è avvenuta a metà novembre. La semina tardiva del frumento primaverile in autunno è una pratica che alcuni agricoltori hanno iniziato ad adottare perché gli inverni stanno diventando più caldi e il rischio di danni da gelo è minore. Il frumento primaverile ha un potenziale di resa migliore con una semina molto tardiva rispetto al frumento invernale. Le cover crop sono state terminate con l'applicazione di glifosate in autunno prima della semina. La Strategia 1 standard si è rivelata altamente efficace, poiché non sono state osservate infestanti nelle aree di campionamento (Figura 9). Le strategie alternative che combinano la sarchiatura con il diserbo localizzato (Strategia 4 e Strategia 5) sono state le seconde strategie più efficace in termini di biomassa delle infestanti (Figura 10). Anche il frumento primaverile in semina tardiva diretta (Strategia 7) aveva una bassa copertura visiva delle infestanti ed era simile alla Strategia 5 in termini di biomassa infestante a giugno. La biomassa della coltura a giugno e la resa non corrispondevano

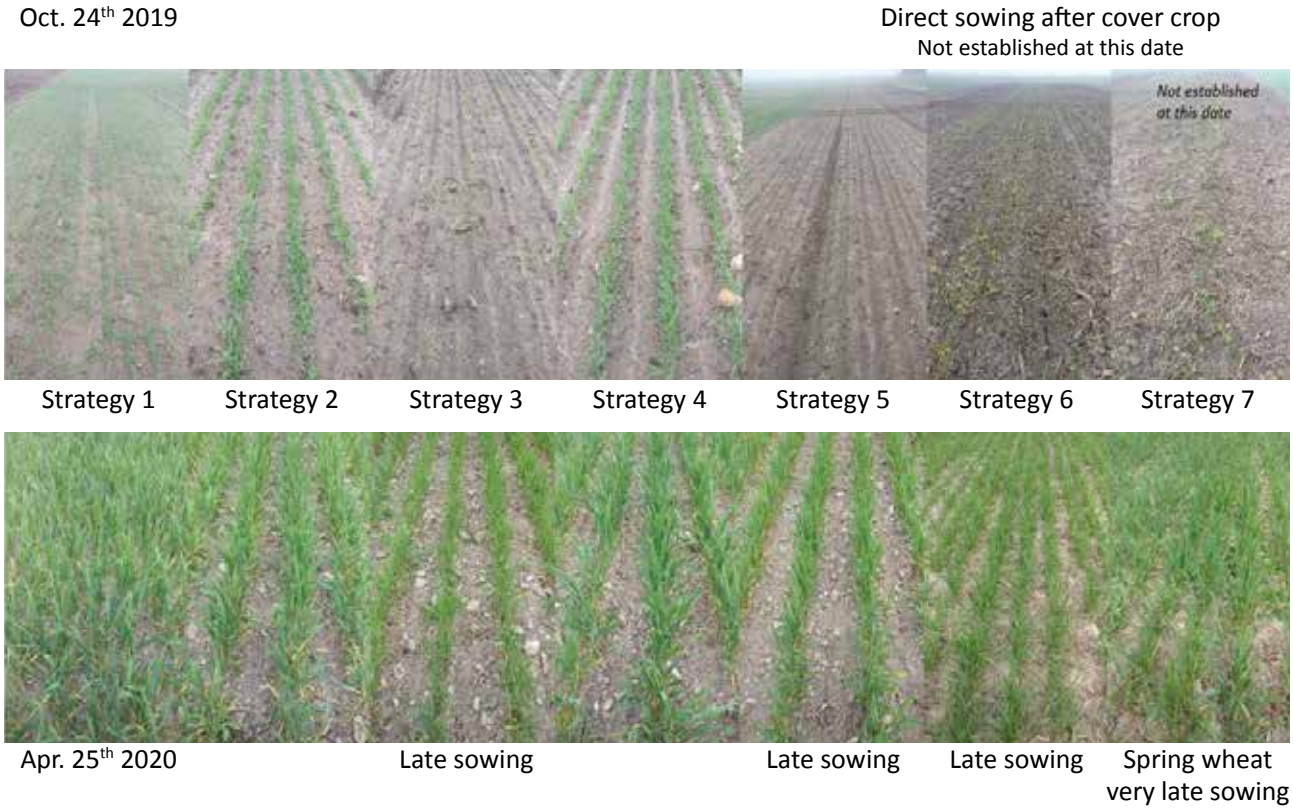


Figura 9 - Le sette strategie a confronto fotografate in autunno 2019 (in alto) e in primavera 2020 (in basso). Si noti che la Strategia 7 non era ancora stata definita in autunno 2019. Nelle foto di Strategia 6 e nella Strategia 7 le cover crop sono ancora visibili come materiale vegetale morto dopo il trattamento con glifosate.

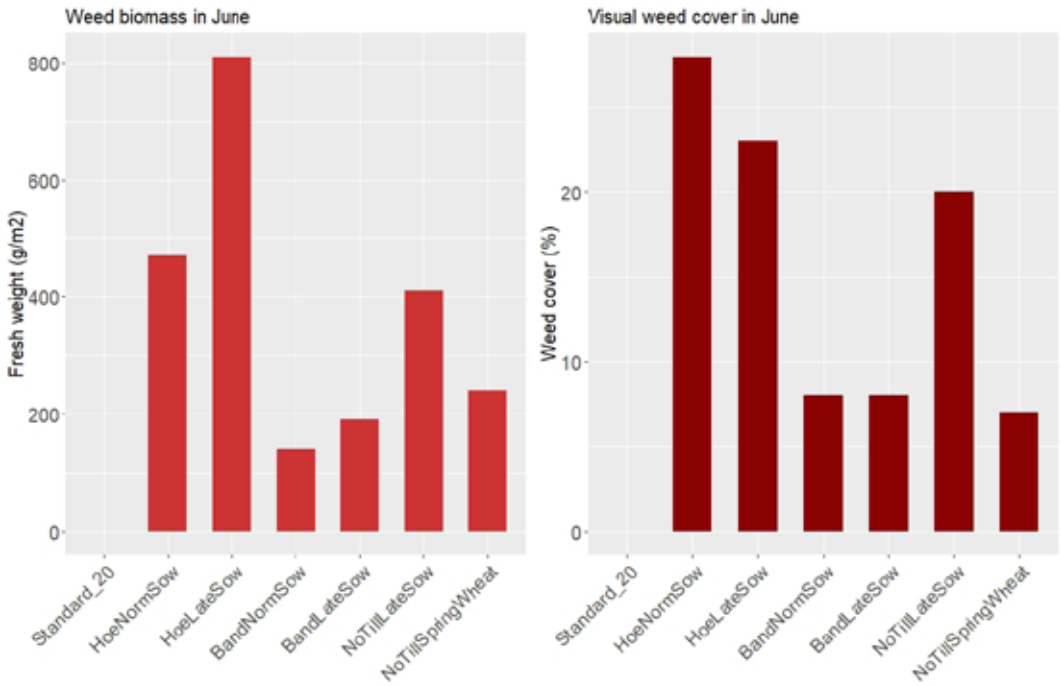


Figura 10 - Peso fresco della biomassa (a sinistra) e copertura visiva delle infestanti (a destra) a giugno 2020 per le strategie descritte in Tabella 3, da sinistra a destra. Si noti che la Strategia 7 (NoTillSpringWheat) è l'unica strategia non seminata a frumento invernale. Nessuna infestante è stata rilevata nella strategia standard.

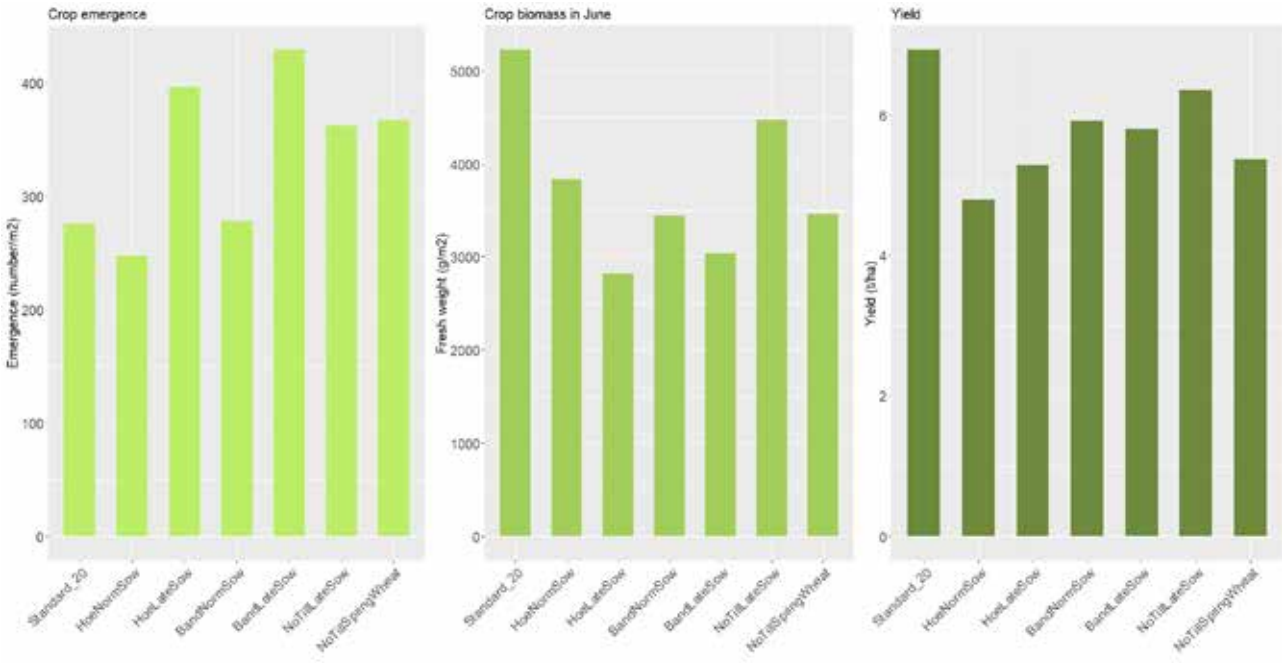


Figura 11 - Emergenza della coltura a fine novembre (a sinistra, N/m^2), biomassa della coltura in termini di peso fresco a giugno (g/m^2, al centro) e resa della coltura (t/ha, a destra) per ciascuna strategia a confronto. Le strategie sono quelle descritte in Tabella 3, da sinistra a destra. Si noti che la Strategia 7 (NoTillSpringWheat) è l'unica strategia non seminata a frumento invernale.

ai risultati della biomassa infestante delle strategie alternative, poiché al momento del campionamento di giugno la strategia standard presentava la biomassa colturale più elevata, seguita dalla strategia con frumento invernale seminato direttamente (Strategia 6). Questa strategia tendeva a ottenere una biomassa e una resa maggiori rispetto alle altre strategie, ma era comunque inferiore alla strategia standard (Figura 11). Le strategie con sarchiatura e diserbo localizzato (Strategia 4 e Strategia 5) hanno ottenuto una resa più alta delle strategie con solo diserbo meccanico (Strategia 2 e Strategia 3), in linea con i risultati della biomassa infestante. La resa della Strategia 7 non può essere confrontata direttamente con le altre strategie, poiché il frumento primaverile ha generalmente una resa inferiore rispetto al frumento invernale.

In Strategia 4 e 5, l'Indice di Frequenza dei Trattamenti (TFI) era inferiore del 53% rispetto al TFI della Strategia 1 standard (TFI=1,69). Le Strategie 2 e 3 non sono state trattate con erbicidi, mentre l'applicazione di glifosate per terminare le cover crop ha prodotto un TFI inferiore del 49% rispetto alla Strategia 1 standard.

L'Indice di Carico dei Pesticidi (PLI) è un indice danese che considera la tossicità ambientale e umana dei pesticidi. Viene calcolato moltiplicando la quantità di prodotto applicata per la tossicità nei confronti degli organismi non bersaglio. Il PLI della Strategia 4 e della Strategia 5 era pari al 34% della Strategia 1 standard (PLI=1,07), dato che il trattamento erbicida primaverile era stato omesso e un'area più piccola era stata trattata in autunno. La Strategia 4 e la Strategia 5 avevano un PLI più elevato rispetto alla Strategia 1 standard, poiché si ritiene che il glifosate abbia una tossicità maggiore per gli organismi non bersaglio.

Nessuna delle strategie alternative ha raggiunto il livello di resa della strategia standard, ma queste hanno utilizzato una quantità di erbicida inferiore. L'alternativa più promettente è sembrata la combinazione di sarchiatura e diserbo localizzato. La strategia con semina diretta tardiva di frumento invernale ha ottenuto una resa maggiore, ma ha registrato un livello inferiore di controllo delle infestanti.

Partner responsabile per le prove dimostrative 2018/19 e 2019/20:

VKST, Servizio Indipendente di Consulenza Agricola, www.vkst.dk, Fulbyvej 15, DK-4180 Sorø

Per ulteriori informazioni contattare:

Mette Sønderskov, tel. +45 87158231
mette.sonderskov@agro.au.dk

WP4 – PROVE SPERIMENTALI SU BARBABIETOLA DA ZUCCHERO

Obiettivo

L'obiettivo è di combinare tra loro pratiche di gestione delle infestanti in strategie di coltivazione della barbabietola da zucchero, allo scopo di limitare la germinazione delle malerbe e inibirne l'emergenza e la crescita. Sono state utilizzate diverse combinazioni di diserbo meccanico e trattamenti diserbanti, compreso il diserbo localizzato sulla fila. In una strategia applicata al primo anno è stato inoltre previsto l'impiego di una varietà di barbabietola tollerante agli erbicidi che inibiscono l'enzima aceto-lattato-sintasi (ALS inibitori) .

Annata 2018

Nella primavera 2018 è iniziata una prova dimostrativa annuale presso la stazione di ricerca dell'Università di Aarhus a Flakkebjerg. Nella coltivazione della barbabietola da zucchero il ricorso a diversi trattamenti erbicidi con miscele di diserbanti rappresenta la pratica standard di gestione delle malerbe. Al fine di ridurre al minimo i trattamenti erbicidi è però necessario diffondere il diserbo meccanico, che può essere associato al diserbo localizzato sulla fila utilizzando diverse opzioni.
Sono state definite, e messe a confronto con una strategia standard, tre strategie alternative distribuite in ampi parcelloni. Le tre strategie prevedevano trattamenti localizzati sulla fila combinati con interventi di sarchiatura; una di queste strategie utilizzava una varietà di barbabietole tollerante agli erbicidi ALS inibitori. Le pratiche di gestione delle malerbe variavano a seconda della strategia e includevano il trattamento localizzato sulla fila, la sarchiatura in interfila e la falsa semina. Era previsto un trattamento di pirodiserbo per la strategia con falsa semina (Strategia 3), ma le condizioni molto favorevoli alla rapida germinazione delle barbabietole ne ha impedito l'esecuzione. Pertanto non vi è stata la possibilità o la necessità di applicare il pirodiserbo. La preparazione del terreno prima della semina ha consentito di controllare la popolazione d' infestanti fino a dopo la germinazione.
Da aprile a settembre 2018 sul sito sperimentale sono scesi 198 mm di pioggia, una quantità molto bassa per questa regione, 184 mm in meno rispetto all'anno precedente. Allo stesso tempo,

Figura 12 - Ubicazione delle parcelle sperimentali di barbabietola

Legenda:
- **Str 1 (arancio)** = strategia standard (controllo)
- **Str 2 e 3 (verde)** = strategie con diserbo localizzato combinato a diserbo meccanico
- **Str 4 (violetto)** = strategia con varietà di barbabietola tollerante agli erbicidi ALS inibitori combinata al diserbo meccanico

	Strategy 1 6 m	Strategy 2 6 m	Strategy 3 6 m	Strategy 4 6 m
	Reference/standard	Band spraying High + weed harrow	Band spraying Low + weed harrow	Conviso SMART
Soil tillage	Ploughed	Ploughed	Ploughed, False seed bed + flaming,	Ploughed
Sowing time	Normal sowing time	Normal sowing time	Sowing delayed	Normal sowing time
Variety	Fairway, Maribo Seed	Fairway, Maribo Seed	Fairway, Maribo Seed	CONVISO® SMART ALS-tolerant
Herbicides	Standard herbicide application 3-4 applications	Band spraying with conventional sugar beet herbicides 3-4 applications	Band spraying with conventional sugar beet herbicides 1-2 applications	CONVISO One band spraying adjusted to 1 l/ha in row corresponding to approx. 0.2 l/ha on field average
Mechanical weeding	-	Between row harrowing	Between row harrowing and in-row finger wheel	-

Tabella 4 - Schema sperimentale della prova su barbabietola da zucchero nel 2018.

le temperature del periodo sono risultate più alte mediamente di 2 °C rispetto al 2017, con valori massimi di 32 °C a luglio 2018, ben superiori ai 25 °C registrati nell'anno precedente. Poiché tale situazione di deficit idrico è arrivata del tutto inaspettata, non è stato possibile effettuare alcun intervento irriguo.
La conseguente siccità ha reso molto difficile il programma di trattamento erbicida. Le infestanti avevano sviluppato una spessa cuticola cerosa ed erano meno sensibili rispetto alla norma. In particolare la colza spontanea e il *Chenopodium album* sono stati controllati con difficoltà usando il normale programma di trattamento erbicida che comprendeva metamitron, ethofumesate e phenmidipham.
Il diserbo localizzato previsto dalle Strategie 2 e 3 ha avuto gli stessi effetti della Strategia 1 standard limitata alla fila. La varietà tollerante agli erbicidi ALS inibitori è stata trattata con foramsulfuron e thiencarbazone, che sono meno inibiti dalla cuticola cerosa. A causa della scarsa efficacia degli erbicidi è stata eseguita una sarchiatura addizionale in tutte le strategie. Pertanto la sarchiatura è stata effettuata due volte nelle Strategie 2 e 4 e una volta nelle Strategie 1 e 3. La Strategia 3 è stata seminata due settimane dopo le altre strategie e la prima sarchiatura delle Strategie 2 e 4 non è più risultata necessaria.
A causa della siccità la resa si è rivelata scarsa, ma si sono potute osservare alcune differenze tra le strategie (Figure 13 e 14).

Annata 2019

Nel 2019 la prova su barbabietola si è svolta presso i campi sperimentali del Nordic Beet Research (NBR) a Lolland, vicino a Holeby. All'incontro del cluster nazionale, tenutosi presso il NBR nel febbraio del 2019 tra i partner danesi del WP4, è stato deciso di indirizzare la prova focalizzandola sui trattamenti localizzati sulla fila combinandoli con la sarchiatura. Poiché il 2018 è stato un anno anomalo, caratterizzato da temperature molto alte e da infestazioni di malerbe assai scarse, la strategia basata sull'uso di barbabietole tolleranti agli erbicidi ALS inibitori è stata mantenuta allo scopo di confrontare i dati di due annate (Tabella 5).
In primavera 2019 sono state definite tre strategie che combinano con la sarchiatura il trattamento localizzato sulla fila a diverse dosi di applicazione erbicida. A un basso livello di dose erbicida, il trattamento sulla fila era combinato alla sola sarchiatura oppure combinato a un finger weeder. Sono state realizzate solo due ripetizioni e, poiché la biomassa infestante variava sostanzialmente, entrambe sono mostrate in Figura 16A. La Strategia 2 utilizzava un livello di controllo delle infestanti diverso nelle due ripetizioni. La principale specie infestante nella Strategia 1 standard e nella varietà ALS tollerante (Strategia 5) è stata *Veronica* sp. Questa infestante era presente in tutte le strategie, ma in Strategia 2 (trattamento sulla fila con tre applicazioni di erbicidi) era il *Polygonum convolvulus* la specie infestante dominante e responsabile della grande differenza tra le due ripetizioni, poiché era

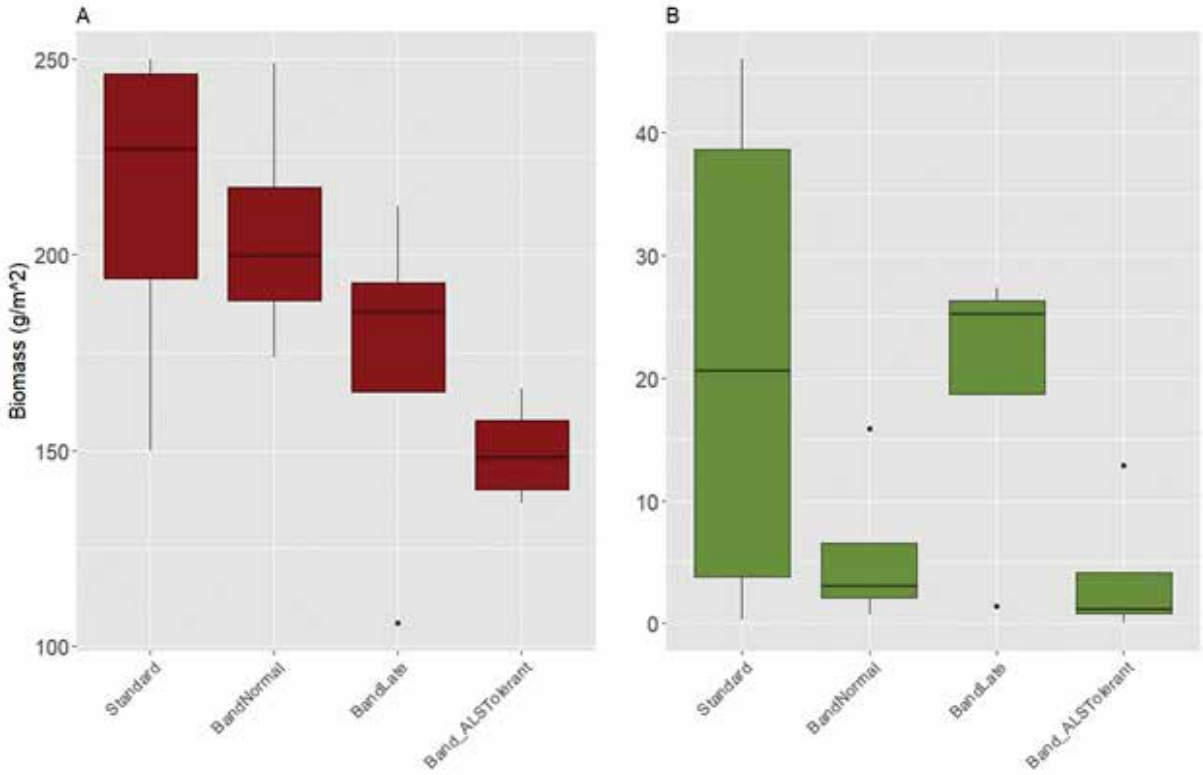


Figura 13 - Biomassa fresca (g/m²) della coltura (A) e delle infestanti (B) rilevate a giugno 2018 per le 4 strategie a confronto: Standard (Strategia 1), BandNormal (Strategia 2), BandLate (Strategia 3) e Band_ALStolerant (Strategia 4). Le strategie sono descritte in Tabella 4.

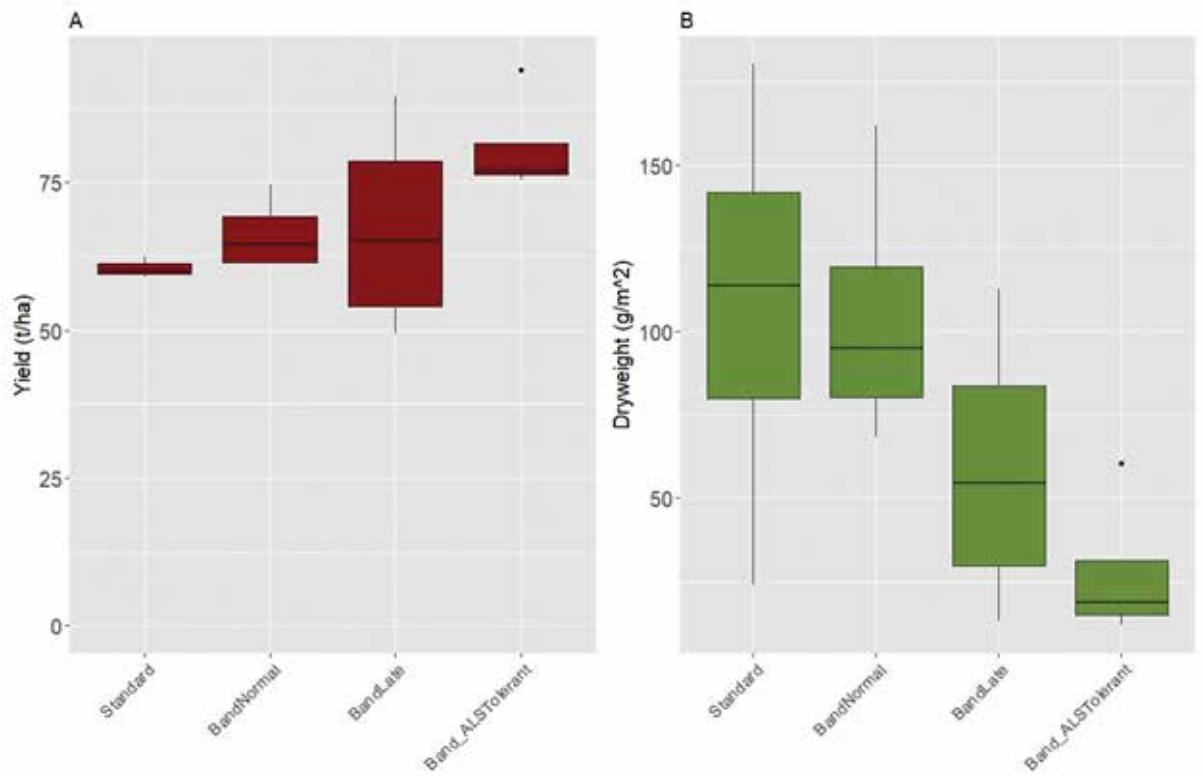


Figura 14 - Resa (t/ha) (A) e biomassa delle infestanti (g/m²) (B) rilevate alla raccolta per le 4 strategie a confronto.

	Strategy 1	Strategy 2	Strategy 3	Strategy 4	Strategy 5
	Reference/standard	Band spraying standard dose + weed hoe	Band spraying red. dose + weed hoe	Band spraying red. dose + weed hoe/ finger weeder	ALS-tolerente beets + band spraying and weed hoe
Soil tillage	Plough	Plough	Plough	Plough	Plough
Sowing time	15th April	15th April	15th April	15th April	15th April
Variety	Daphne, KWS	Daphne, KWS	Daphne, KWS	Daphne, KWS	SMART Renja, KWS ALS-tolerant
Herbicides	Standard herbicide program 3 applications In total 7.5 g triflusulfuron + 1120 g phenmedipham + 2100 g metamitron	3 applications in 15 cm band Total per ha corresponds to: 2.25 g triflusulfuron + 352 g phenmedipham + 630 g metamitron Same dose in band as standard	2 applications in 15 cm band Total per ha corresponds to: 1.125 g triflusulfuron + 256 g phenmedipham + 420 g metamitron	2 applications in 15 cm band Total per ha corresponds to: 1.125 g triflusulfuron + 256 g phenmedipham + 420 g metamitron	2 band sprayings in 37.5 cm band Total per ha cooresponds to: 175 g ethofumesate + 22.5 g foramsulfuron and 37.5 g thiencarbazone Both products are apllied twice
Mechnical control		3 x weed hoeing	3 x weed hoeing	2 x weed hoeing 1 x finger weeder	3 x weed hoeing

Tabella 5 - Schema sperimentale della prova su barbabietola da zucchero nel 2019.

Figura 15 - Foto delle strategie a confronto nel giugno 2019. Le Strategie 1, 2, 3 e 4 utilizzano varietà tradizionali di barbabietola, mentre la Strategia 5 utilizza una varietà tollerante agli erbicidi anti-ALS.
Primo a sinistra: controllo non trattato.

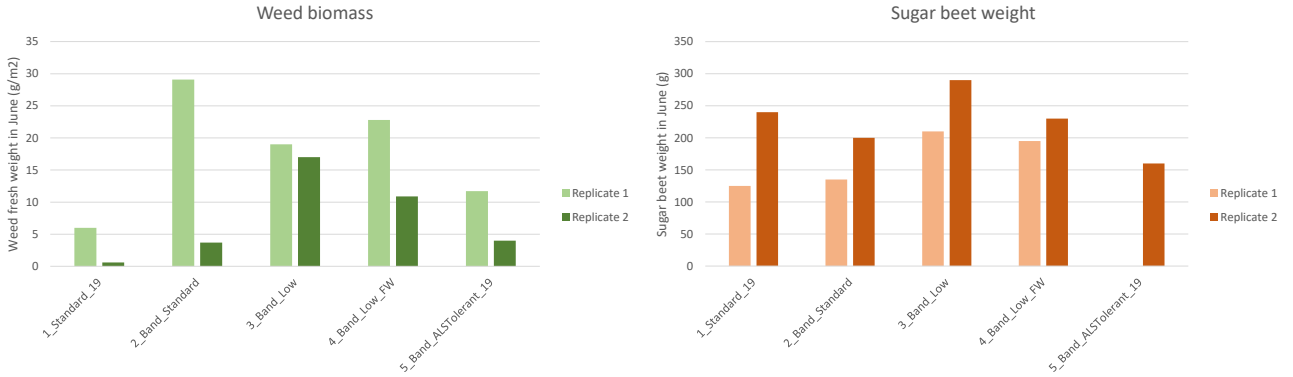


Figure 16A e 16B - Biomassa fresca di infestanti (A, g/m²) e coltura (B, g) nel giugno 2019 per le cinque strategie descritte in Tabella 5.

dominante solo nella Ripetizione 1. In Strategia 3 *Veronica* sp., *Polygonum aviculare* e *Stellaria media* erano ugualmente presenti. In Strategia 4 *Raphanus sativus var. oleiformis* era l'infestante più frequente (principalmente in Ripetizione 1), seguita da *Veronica* sp. Le malerbe sono state meglio controllate in Strategia 1 standard e nella varietà ALS tollerante (Strategia 5). La fila nella Strategia 5 era larga 37,5 cm, molto più larga degli altri trattamenti localizzati sulla fila (15 cm). La dose di applicazione erbicida sulla fila della varietà ALS tollerante è stata quella indicata in etichetta, che si può considerare realistica per ottenere l'autorizzazione dalle autorità danesi (attualmente non autorizzata per il trattamento localizzato sulla fila). Nel complesso, le strategie alternative non fornivano lo stesso livello di controllo della strategia standard, ma la biomassa di barbabietole da zucchero prodotta è risultata mediamente simile in tutte le strategie.
I campionamenti sulla biomassa effettuati a giugno 2019 hanno dimostrato che la strategia con localizzazione sulla fila e dose erbicida ridotta ha ottenuto il valore più alto di peso fresco delle barbabietole, mentre le strategie standard, standard con localizzazione sulla fila e ALS-tollerante hanno ottenuto biomasse inferiori. Le infestanti sono state meglio controllate nelle strategie standard e ALS-tollerante (Figure 16A e 16B).
Le differenze di resa osservate a giugno 2019 non sono state così evidenti alla raccolta, considerando che le Strategie 1, 2 e 3 hanno dimostrato rese simili (Figura 17). La Strategia 4, che prevedeva la sarchiatura con finger weeder, e la Strategia 5, che utilizzava barbabietole tolleranti agli erbicidi ALS inibitori, hanno invece ottenuto rese più basse. Non sono stati osservati danni alla coltura nell'impiego del finger weeder, ma a fine campagna c'erano un po' più di malerbe rimaste fino a tarda stagione, e poiché le barbabietole da zucchero sono molto sensibili alla competizione delle malerbe, si ritiene sia stata questa la causa della riduzione di resa. Inoltre va considerato che la varietà di barbabietole tolleranti agli erbicidi ALS inibitori generalmente ottiene una resa inferiore.
Le strategie sono state valutate positivamente e non ci sono stati problemi nel diminuire la quantità di erbicidi nelle Strategie 1, 2 e 3 combinando i trattamenti con le sarchiature. Queste strategie sono state pertanto incluse nella sperimentazione 2020, con la sola eccezione della varietà tollerante agli erbicidi ALS inibitori combinata con il trattamento localizzato sulla fila. L'uso di queste tipologie di barbabietole si sta rivelando fattibile, ma avendo già ottenuto risultati ragionevolmente positivi nei primi due anni di sperimentazione, tale strategia non è stata più inclusa nella sperimentazione 2020.

Annata 2020

Sulla base delle esperienze acquisite nel 2018 e 2019, i partner danesi hanno concordato uno schema sperimentale per l'annata 2020 ancora focalizzato sul trattamento localizzato sulla fila combinato con la sarchiatura, ma con l'introduzione di tecnologie di gestione automatizzata delle infestanti. La prova si è tenuta presso il sito sperimentale di NBR.
Nel 2020 la Strategia 2 e la Strategia 3 sono state simili alla Strategia 3 e alla Strategia 4 del 2019 e le strategie standard (Strategia 1) di entrambe le annate sono state le medesime, mentre le Strategie 4 e 5 hanno utilizzato un metodo che consentiva la coltivazione in file più strette (8 cm) e in Strategia 5 la sarchiatura è stata eseguita automaticamente

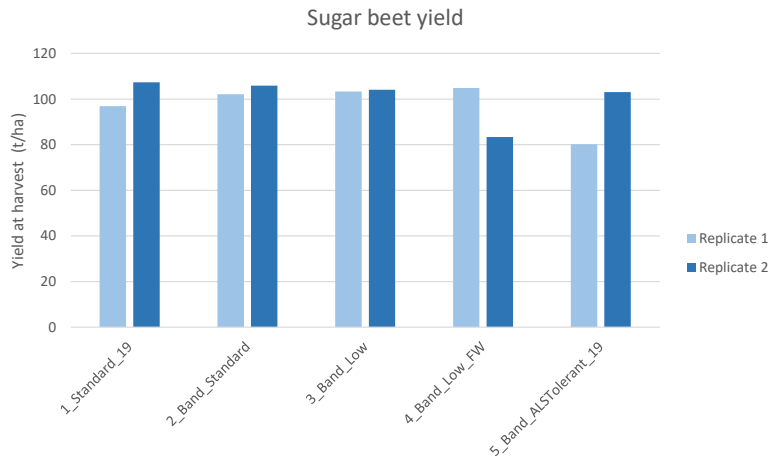


Figura 17 - Resa della barbabietola da zucchero (t/ha) nel 2019 per le cinque strategie descritte in Tabella 5.

	Strategia 1	Strategia 2	Strategia 3	Strategia 4	Strategia 5	Strategia 6	Strategia 7
	Referimento/ standard	Trattamento sulla fila a dose ridotta + sarchiatura	Trattamento sulla fila a dose ridotta + sarchiatura/finger weeder	Trattamento sulla fila stretta a dose ridotta + sarchiatura/ finger weeder	Trattamento sulla fila stretta a dose ridotta + Robovator/ finger weeder	Biologico con Robovator/finger weeder	Biologico con sarchiatura/finger weeder
Lavorazione del terreno	Aratura	Aratura	Aratura	Aratura	Aratura	Aratura	Aratura
Diserbo chimico	Programma standard di trattamento erbicida con 3 appplicazioni corrispondenti in totale a 7,5 g di trifulsuron + 150 g di ethofumesat + 560 di g phenmedipham + 2100 di g metamitron	2 trattamenti sulla fila larga 15 cm corrispondenti in totale a 3,75 g di triflusulfuron + 200 g di phenmedipham + 50 g di ethofumesat + 700 g di metamitron	2 trattamenti sulla fila larga 15 cm corrispondenti in totale a 3,75 g di triflusulfuron + 200 g di phenmedipham + 50 g di ethofumesat + 700 g di metamitron	2 trattamenti sulla fila larga 8 cm corrrispondenti in totale a 2,0 g di triflusulfuron + 107 g di phenmedipham + 27 g di ethofumesat + 373 g di metamitron	2 trattamenti sulla fila larga 8 cm corrrispondenti in totale a 2,0 g di triflusulfuron + 107 g di phenmedipham + 27 g di ethofumesat + 373 g di metamitron	-	-
Diserbo meccanico	-	3 sarchiature	3 sarchiature 2 finger weeder	3 sarchiature 2 finger weeder	Combinazione di robot e sarchiatura incluso finger weeder	Combinazione di stragliatura, robot e sarchiatura incluso finger weeder	Combinazione di stragliatura, sarchiatura incluso finger weeder e rincalzatura

Tabella 6 - Schema sperimentale della prova su barbabietola da zucchero nel 2020.

Figura 18 - Il robot Robovator sviluppato per il controllo automatizzato delle infestanti, qui in azione su lattuga (foto di Frank Poulsen, http://www.visionweeding.com/robovator/).

da un Robovator. Sono state inoltre introdotte due strategie di coltivazione biologica (Strategia 6 e Strategia 7), basate sulla combinazione di uno strigliatore, di una sarchiatrice e di un finger weeder. La Strategia 6 prevedeva la sarchiatura automatizzata con un Robovator e la Strategia 7 includeva la rincalzatura. L'intensità e la frequenza delle Strategie 6 e 7 erano basate sull'emergenza delle infestanti. Il Robovator era guidato da una telecamera con un software per riconoscere le barbabietole da zucchero e consentire il controllo delle infestanti sia sulla fila che in interfila (Figura 18).

La presenza delle infestanti nel campo di prova è stata elevata e le due strategie biologiche, in particolare, non sono state in grado di garantire un controllo sufficiente delle infestanti nella Ripetizione 1 (Figure 19A e 19B). L'annata 2020 è stata inizialmente caratterizzata da condizioni molto secche, con un'emergenza limitata d'infestanti, ma le successive piogge hanno indotto un'emergenza significativa d'infestanti. La combinazione di trattamento sulla fila e sarchiatura è stata la migliore alternativa alla strategia standard basata sul diserbo chimico generalizzato. L'uso del finger weeder in Strategia 3 non ha migliorato il controllo delle infestanti rispetto alla Strategia 2. La fila stretta da 8 cm utilizzata per la Strategia 4 e la Strategia 5 ha prodotto una maggiore infestazione rispetto alla Strategia 2. La biomassa raccolta a giugno 2020 è stata simile in tutte le strategie, ma la Ripetizione 1 ha prodotto biomasse inferiori rispetto alla Ripetizione 2.

Alla raccolta sono state osservate differenze maggiori tra le tesi (Figura 20). La Ripetizione 1 ha continuato a produrre meno biomassa rispetto alla Ripetizione 2, ma le differenze sono aumentate tra l'estate e il raccolto. La resa massima è stata ottenuta con il trattamento localizzato sulla fila da 15 cm abbinata

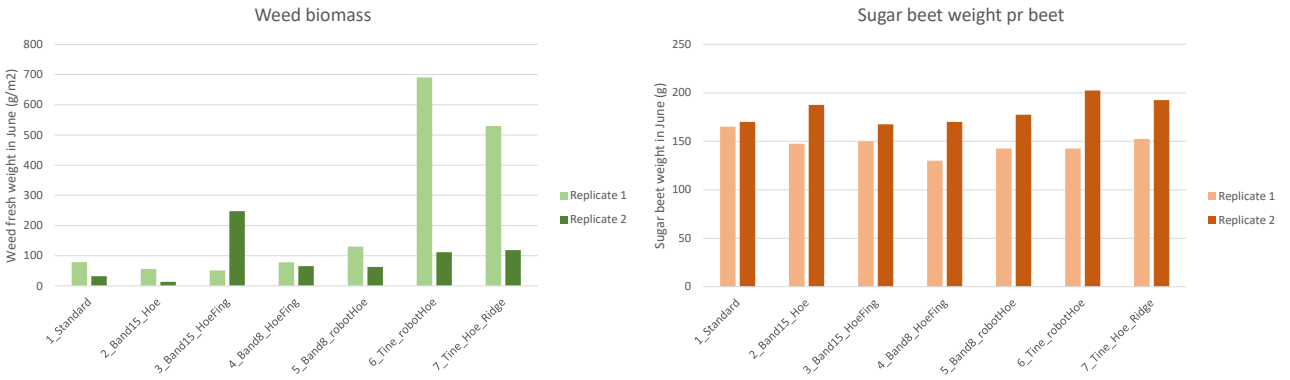


Figure 19A e 19B - Biomassa infestante fresca (A, g/m^2) e biomassa della coltura (B, g)) in giugno 2020 per le sette strategie a confronto descritte in Tabella 6.

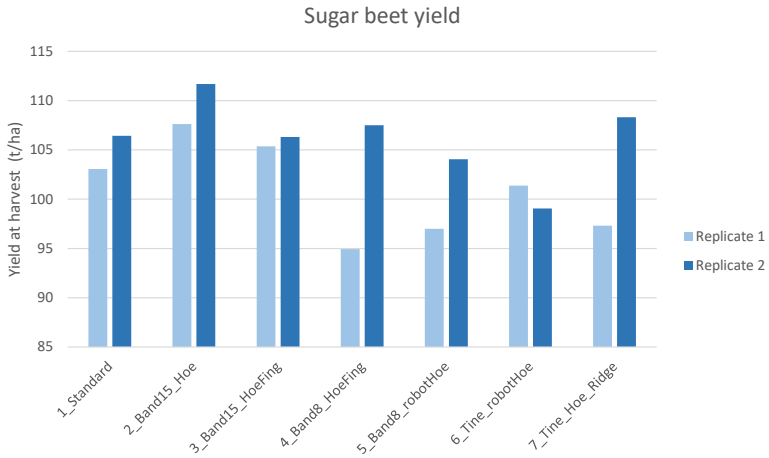


Figura 20 - Resa della barbabietola da zucchero (t/ha) nel 2020 per le sette strategie a confronto descritte in Tabella 6.

Figura 21 - Sito sperimentale del Nordic Beet Research a Lolland.

alla sarchiatura (Strategia 2). Nelle strategie a fila stretta da 8 cm (Strategia 4 e Strategia 5) e nella strategia biologica con rincalzatura (Strategia 7), la differenza tra le due ripetizioni è stata elevata. La strategia biologica con l'uso del Robovator (Strategia 6) ha fornito risultati più coerenti, comunque inferiori rispetto alla strategia standard.

Considerazioni conclusive

Dopo tre anni di prova, la principale conclusione è che la combinazione tra il trattamento localizzato sulla fila e la sarchiatura si è rivelata l'alternativa più valida all'uso standardizzato del diserbo chimico, tradizionalmente applicato per la coltivazione della barbabietola da zucchero. Le condizioni meteorologiche hanno rappresentato un fattore importante nella sperimentazione, perché l'umidità del suolo ha avuto una forte influenza sulla capacità di eseguire le sarchiature e la loro efficacia è dipesa anche dalle condizioni post-trattamento. Anche la varietà di barbabietole da zucchero ALS tolleranti hanno dato buoni risultati, ma la dipendenza dagli ALS inibitori è già elevata nelle altre colture in rotazione, così come il rischio di resistenza. Pertanto l'uso della barbabietola da zucchero nella rotazione delle colture dovrebbe essere visto piuttosto come un'opportunità per applicare diverse modalità di controllo non chimico delle infestanti.

Nordic Beet Research (NBR)

https://www.nordicbeet.nu/
Adress: Sofiehøj, Højbygaardvej 14, DK 4960 Holeby,
tel. +45 54691440
info@nordicbeet.nu

Per informazioni e visite guidate contattare:

Mette Sønderskov, tel. +45 87158231
mette.sonderskov@agro.au.dk

WP7 – GESTIONE DELLE MALERBE NEL PERIODO DI TRANSIZIONE DA AGRICOLTURA CONVENZIONALE A CONSERVATIVA

Gli agricoltori danesi vogliono diminuire i costi di produzione dei seminativi e a tale scopo la riduzione delle lavorazioni del terreno può rappresentare un'opzione importante. Il passaggio dalla lavorazione con inversione degli strati del suolo alla lavorazione senza inversione ha diverse implicazioni, in particolare la minore stabilità della resa e il maggiore consumo di pesticidi. Precedenti ricerche ed esperienze hanno spesso dimostrato che le malerbe annuali e perenni, come la gramigna e il cardo campestre, possono causare seri problemi di infestazione nei sistemi di lavorazione del terreno senza inversione.
La maggior parte dei risultati e delle esperienze su problemi di infestazione nei sistemi di lavorazione senza inversione in Danimarca hanno riguardato sistemi in cui la lavorazione è applicata a varie profondità prima della semina della coltura.
Attualmente ci sono poche informazioni sulla semina su sodo e sull'agricoltura conservativa, sebbene questi sistemi stiano suscitando una crescente attenzione.
La diversificazione delle rotazioni colturali è un prerequisito per la corretta gestione dei sistemi di lavorazione senza inversione e questo principio sembra essere accettato dalla maggior parte degli agricoltori che praticano la lavorazione senza inversione. Per diversificazione si intende:
1) variare la stagione di insediamento della coltura (autunno, inizio autunno, primavera, fine primavera);
2) alternare colture a foglia larga con colture monocotiledoni;
3) variare il ciclo colturale (colture annuali rispetto a colture perenni) e le colture da file larghe (es. barbabietola da zucchero, mais) a file strette (cereali, legumi, ecc.).
Tuttavia quando si passa da un sistema di coltivazione convenzionale all'agricoltura conservativa o ad altri sistemi di lavorazione del terreno senza inversione è necessario acquisire una maggiore conoscenza delle tecniche e dei metodi di controllo delle infestanti, riducendo la dipendenza dagli erbicidi

Obiettivo

Adottare una serie di misure per ridurre al minimo la dipendenza dagli erbicidi nella fase di transizione dai sistemi di lavorazione del terreno basati sull'inversione ai sistemi di lavorazione senza inversione in cui: 1) vengono utilizzate lavorazioni del terreno prima della semina del raccolto e 2) viene adottata l'agricoltura

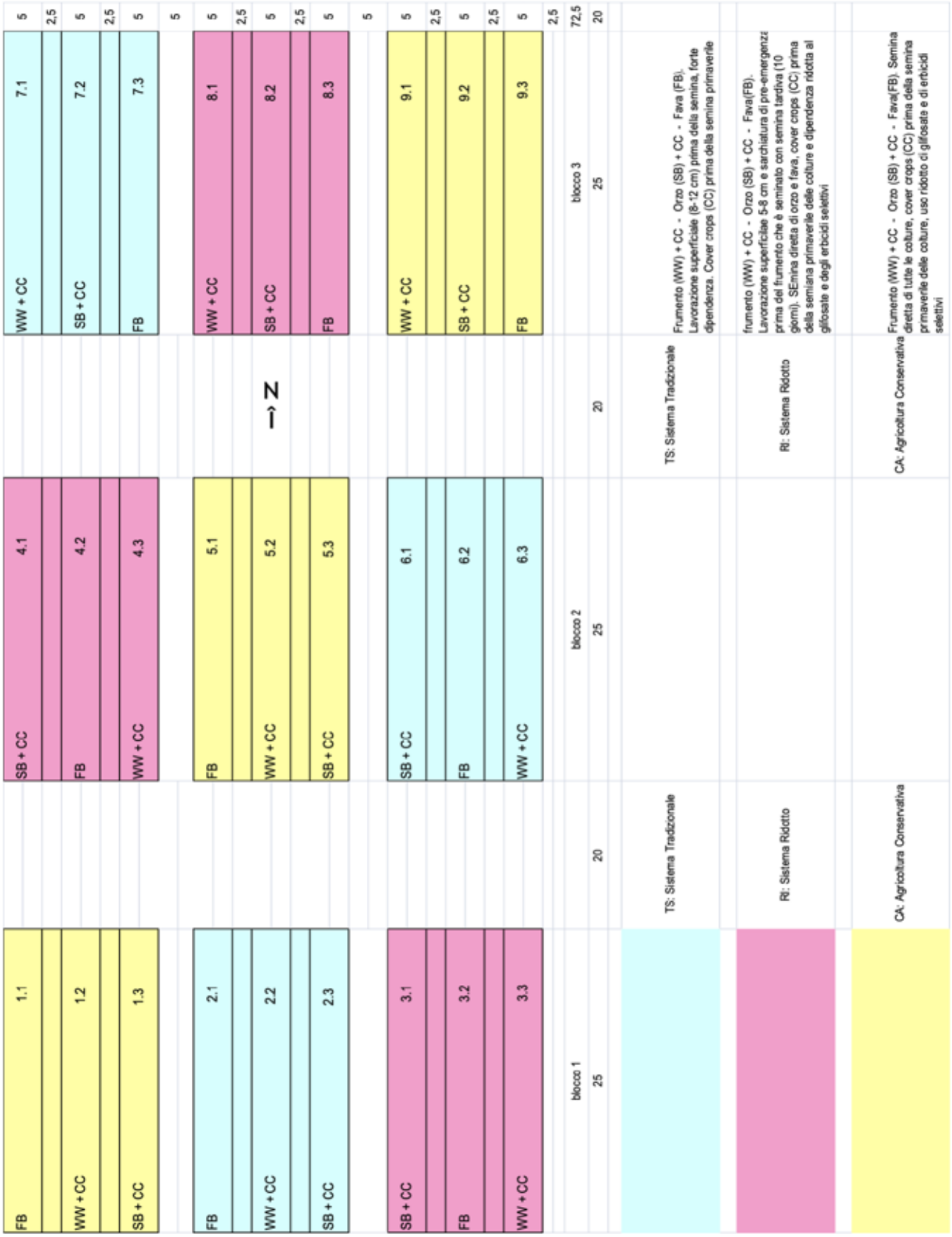


Tabella 7 - Schema sperimentale della prova WP7.

conservativa. La prova sperimentale ha messo a confronto rotazioni colturali diverse e si è concentrata principalmente su tecniche che aiutano a ridurre l'uso di erbicidi nelle colture.

Materiali e metodi

Le tesi a confronto sono state distribuite su uno schema split-plot con tre ripetizioni. Il sistema colturale è stato utilizzato sulla parcella principale, mentre nelle sotto-parcelle erano presenti le singole colture previste dalla rotazione triennale. Tutte le colture a rotazione sono state coltivate ogni anno per eliminare gli effetti dell'interazione tra il clima e la coltura. Lo schema sperimentale della prova è illustrato in Tabella 7.

Sistemi colturali

TS = sistema tradizionale con aratura profonda e utilizzo normale di erbicidi
RI = sistema di lavorazione senza inversione con uso ridotto di erbicidi
CA = agricoltura conservativa con uso ridotto di erbicidi

Rotazione colturale

TS = frumento invernale (WW) → orzo primaverile (SB) → fava (FB) →
RI = frumento invernale (WW) → orzo primaverile (SB) → fava (FB) →
CA = frumento invernale (WW) → orzo primaverile (SB) → fava (FB) →

La rotazione colturale triennale prevede che tutte le colture siano presenti ogni anno in ogni sistema colturale. Con 3 sistemi, 3 colture e 3 blocchi il numero totale di parcelle è pari a 27. La prova è iniziata nell'autunno 2017 e le prime colture sono state raccolte nel 2018.

Lavorazioni

TS = lavorazione del terreno alla profondità di 8-12 cm prima della semina usando un erpice Horsch Terrano
RI = semina diretta di fava e orzo. Per quanto riguarda il frumento: strigliatura a 5-8 cm appena dopo la raccolta della fava usando un erpice Horsch Terrano, successiva lavorazione per creare una falsa semina fino alla semina del frumento. Questa è ritardata di circa 10 giorni rispetto all'epoca di semina del frumento nei sistemi TS e CA
CA = semina diretta su sodo per tutte le colture

Cover crop

TS, RI e CA = si utilizzano cover crop nel periodo tra il frumento e l'orzo e tra l'orzo e la fava usando miscugli che notoriamente hanno un effetto inibente sulle infestanti

Controllo delle infestanti

TS = glifosate applicato prima della strigliatura, in caso di colture a semina primaverile viene applicato in primavera. Successivo uso di erbicidi selettivi in base alle necessità
RI = niente glifosate prima del frumento, uso di glifosate in primavera prima della coltura a semina primaverile. Erbicidi selettivi su orzo e frumento in base alle necessità. La sarchiatura in interfila può essere presa in considerazione per i cereali. Per la fava si tende a sostituire i trattamenti chimici con lavorazioni in interfila ed erpicatura
CA = glifosate prima della semina diretta, applicato in primavera prima delle colture a semina primaverile. Successivo uso di erbicidi selettivi ma a dosi ridotte

Figure 11 e 12 - Semina su sodo.

Figura 24 - Fava seminata su sodo.

Figura 25 - Frumento seminato su sodo.

Sede della prova

La prova sperimentale era ubicata su terreno sabbioso-limoso presso il Centro di Ricerca di Flakkebjerg (55o20'N, 11o23'E) (Figura 26).

Figura 26 - Foto aerea della prova sperimentale WP7 a Flakkebjerg.

Valutazioni

Su ogni parcella è stato rilevato il carica di semi d'infestanti prima dell'avvio della prova sperimentale.
Per tutte le colture e i sistemi a confronto è stata stimata l'emergenza delle malerbe e la loro biomassa rimasta dopo i trattamenti erbicidi a fine giugno. Sono state contate le piante della coltura in campo e valutate le rese ottenute.

Risultati 2018

Il 2018 è stato il primo anno di sperimentazione. E' stato molto difficile differenziare la quantità di erbicidi da usare nei cereali in tutti e tre i sistemi di coltivazione, la pressione delle infestanti ha infatti richiesto quantità simili di erbicidi. Tuttavia, per la fava è stato possibile ridurre gli erbicidi nel sistema RI soprattutto ricorrendo alla sarchiatura in interfila. I sistemi di coltivazione TS e CA hanno comportato tre trattamenti per la fava, uno con glifosate e due con erbicidi selettivi. Il trattamento con glifosate e il primo trattamento selettivo sono stati usati anche per il sistema RI, ma a differenza dei sistema TS e CA in RI il secondo trattamento selettivo è stato sostituito con la sarchiatura in interfila. Tutte le colture si sono insediate con successo in tutti i sistemi e le rese sono state simili. Il controllo delle infestanti è stato giudicato soddisfacente in tutti i sistemi e in tutte le colture, e la biomassa infestante è risultata molto scarsa in rapporto alla biomassa della coltura.

Risultati 2019

Il 2019 è stato il secondo anno di sperimentazione. Le due colture seminate in primavera, ovvero la fava (Figura 30) e l'orzo estivo, hanno ben attecchito in tutti e tre i sistemi: CA, RI e TS. Le cover crop seminate in autunno 2018 sono sopravvissute all'interno delle due colture primaverili seminate nel 2019. In particolare, le cover di rafano da foraggio e l'orzo primaverile spontaneo (riseminato) non sono stati danneggiati dal gelo durante il mite inverno 2018/19 e la dose di 540 g/ha di glifosate in pre-semina non ha ucciso completamente la cover crop. Questi "sopravvissuti" non hanno comunque rappresentato un grosso problema durante la stagione vegetativa; le biomasse di infestanti sono state generalmente scarse e le rese della coltura sono state simili nei tre sistemi, come si evince dalle Figure 31 e 32.

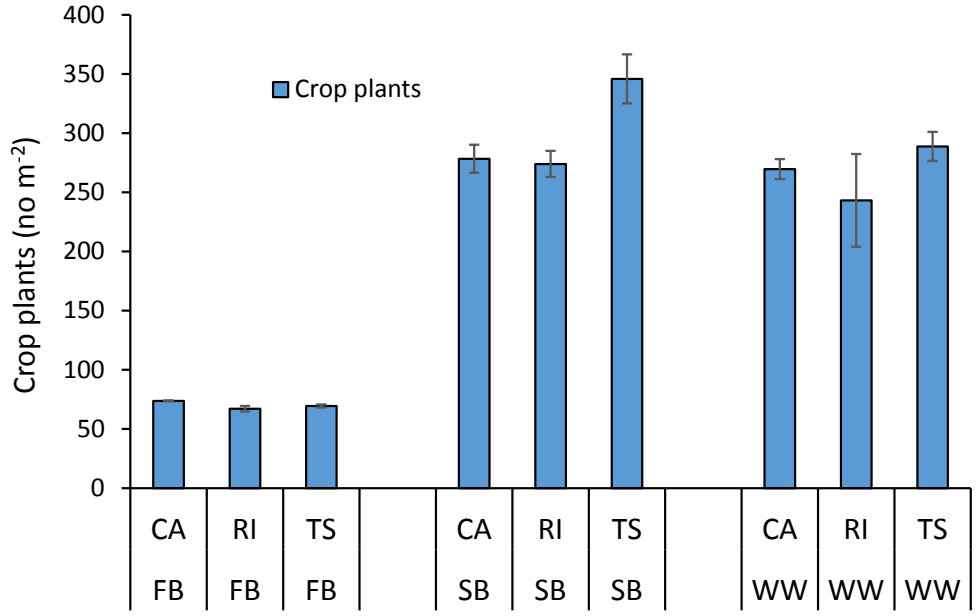


Figura 27 - Numero di piante della coltura per m^2 per i tre sistemi di lotta (CA, RI e TS) e per le tre colture (FB = fava, SB = orzo e WW = frumento).

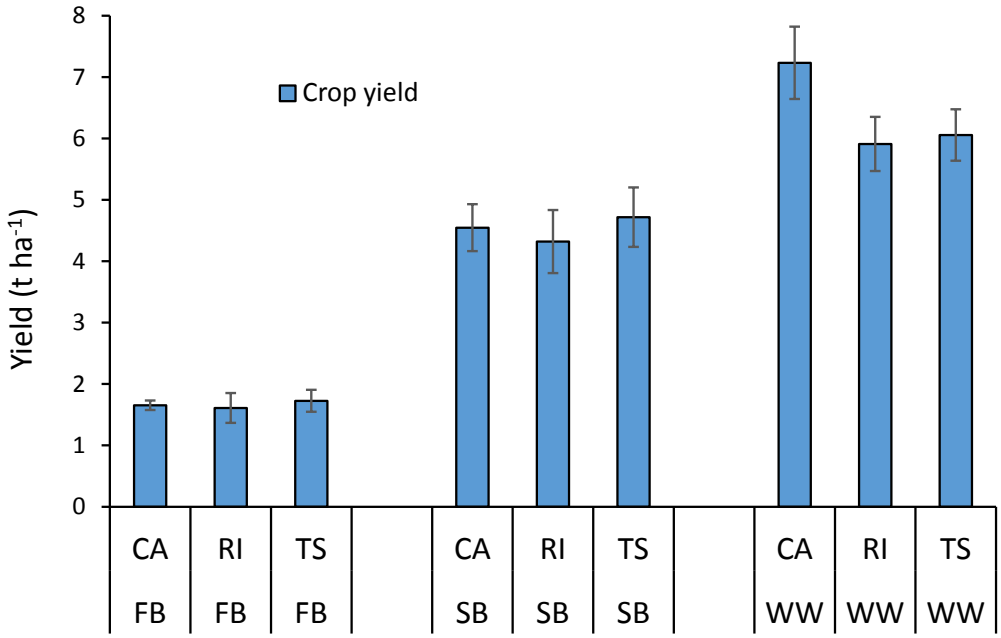


Figura 28 - Resa (t/ha) delle tesi a confronto per i tre sistemi di lotta (CA, RI e TS) e per le tre colture (FB = fava, SB = orzo e WW = frumento).

L'indice di frequenza dei trattamenti (TFI) relativo all'uso di erbicidi selettivi sull'orzo è stato pari a 1,65 per i sistemi CA e TS e inferiore del 30% per il sistema RI (1,15). Il TFI è risultato pari a 1,56 nella fava per i sistemi CA e TS e inferiore del 50% per il sistema RI (0,78). Era prevista una sarchiatura in interfila nel sistema RI come ultimo intervento programmato di lotta alle malerbe, ma i residui colturali hanno ostacolato la sarchiatrice rendendone impossibile l'utilizzo.

Su frumento invernale il controllo delle malerbe è risultato efficace nel sistema CA, perché il trattamento primaverile con 20 g di metsulfuron-methyl/ha ha consentito di eliminare la crescita delle infestanti sopravvissute al trattamento autunnale con glifosate in pre-semina. L'impiego autunnale di erbicidi selettivi nel sistema TS è stato efficace quasi come quello primaverile in CA (Figura

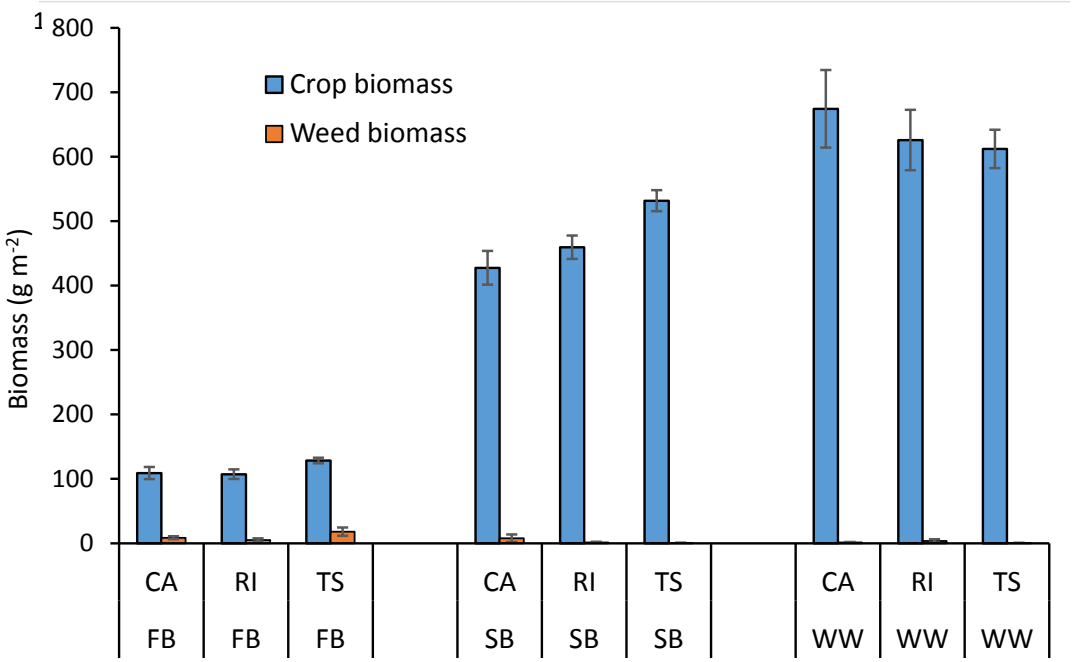


Figura 29 - Biomasse (g/ m²) delle infestanti (Weed) e delle colture (Crop) per i tre sistemi di lotta (CA, RI e TS) e per le tre colture (FB = fava, SB = orzo e WW = frumento).

Figura 30 - Rigoglioso campo di fava nel sistema CA.

31). Il sistema TS ha comunque ottenuto una resa significativamente inferiore rispetto a CA (Figura 32). Nel sistema RI non sono stati usati erbicidi selettivi e la lotta alle malerbe è stata fatta solo con mezzi non chimici, ovvero la falsa semina e la semina tardiva in autunno seguita dalla sarchiatura in interfila e da un'erpicatura primaverile. Questa strategia è risultata chiaramente fallimentare, come si può dedurre dalle Figure 31, 32 e 33.

In conclusione, nel 2019 il tentativo di ridurre l'input di erbicidi ha avuto successo nel sistema RI solo per le due colture primaverili, mentre è fallito per il frumento invernale. Ciò dimostra quanto sia difficile ridurre gli erbicidi nella fase di transizione dai sistemi basati sulla lavorazione con inversione ai sistemi senza inversione.

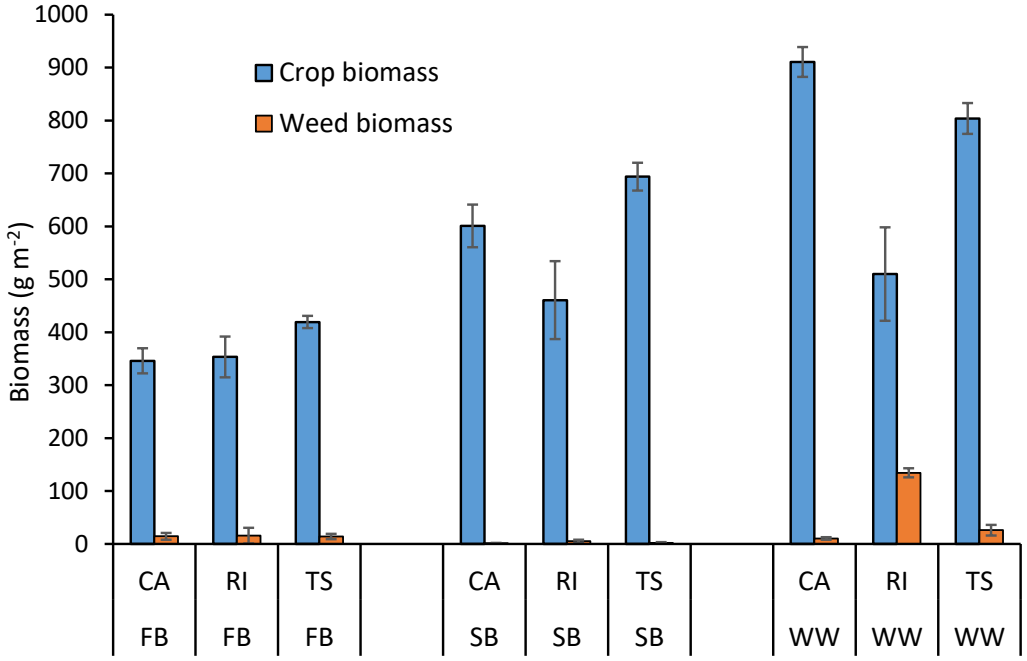


Figura 31 - Biomasse della coltura (Crop) e delle infestanti (Weed) (sostanza secca g/m^2) di fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) rilevate a fine giugno 2019 nei tre sistemi di coltivazione CA, RI e TS.

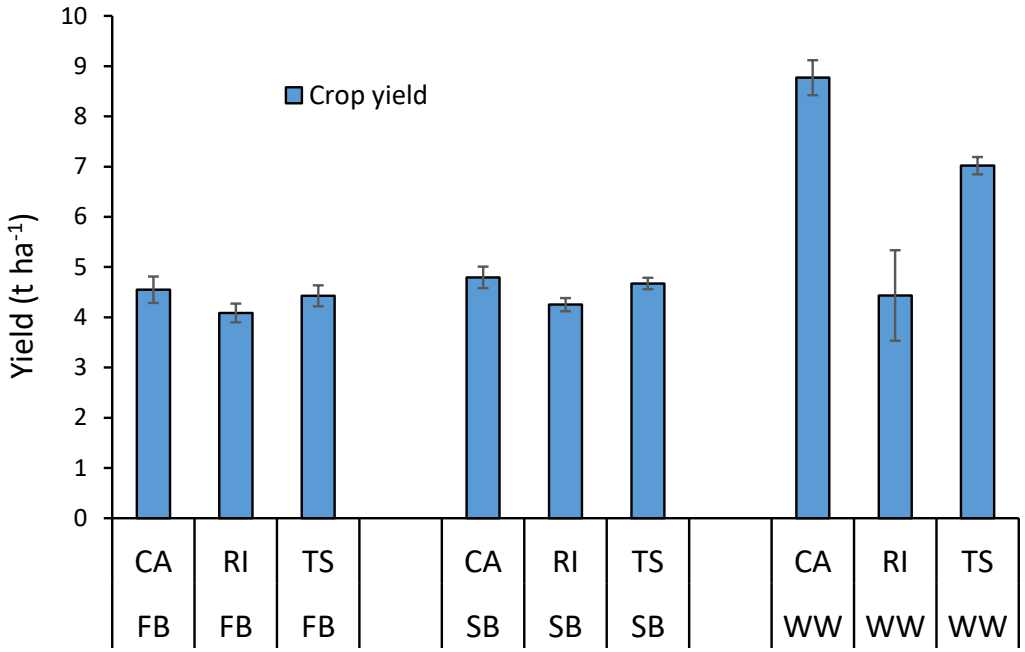


Figura 32 - Rese colturali (t/ha) di fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) nel 2019 nei tre sistemi di coltivazione CA, RI e TS.

Figura 33 - Nel sistema di coltivazione RI la lotta alle malerbe su frumento si è rivelata inefficace.

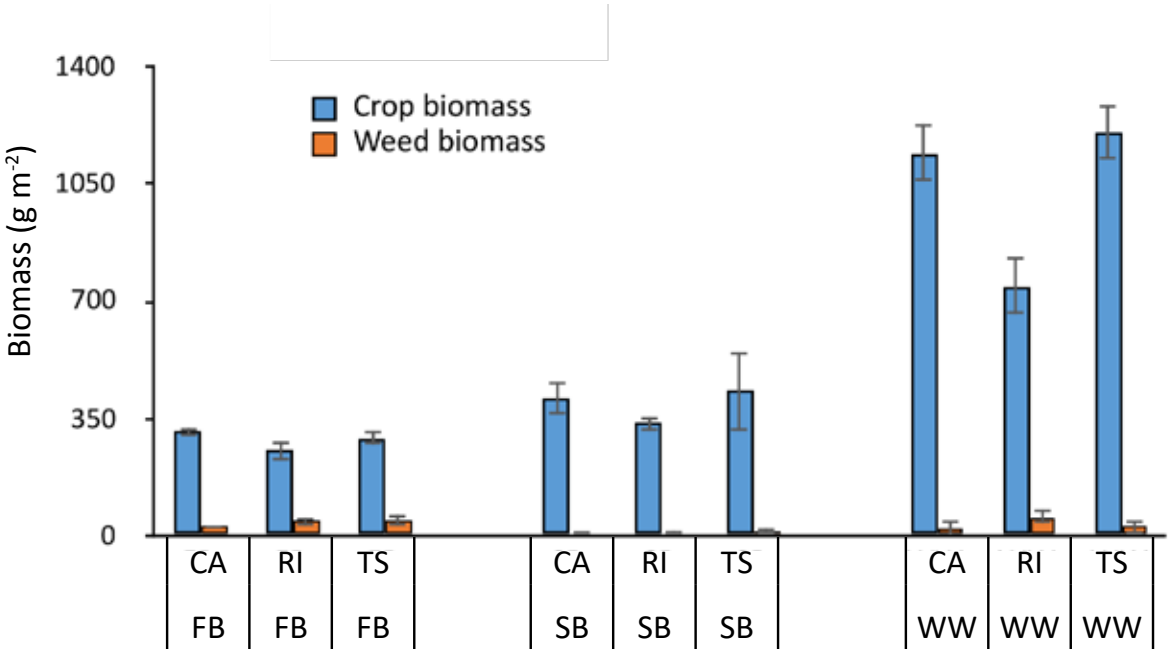


Figura 34 - Biomasse medie della coltura (Crop) e delle infestanti (Weed) in peso secco g/m^2 rilevate a fine giugno 2020 su fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) per i tre sistemi colturali CA, RI e TS.

Risultati dal 2020

La stagione di crescita 2020 è stato il terzo e ultimo anno sperimentale, dopodiché l'esperimento si è concluso. Le due colture primaverili, fava e orzo primaverile, si sono bene insediate in tutti e tre i sistemi CA, RI e TS. Tuttavia, la semina ritardata del frumento invernale nel sistema RI ha provocato in alcuni punti un insediamento irregolare.
È stato possibile ridurre l'Indice di Frequenza del Trattamento (TFI) degli erbicidi selettivi in RI in tutte le colture, mentre TS e CA hanno avuto input di erbicidi simili nelle colture primaverili (Tabella 8).
La TFI è stata maggiore nel sistema CA su frumento invernale, perché la pressione delle infestanti ha richiesto un trattamento primaverile oltre a quello dell'autunno precedente. Nel 2020 non sono state utilizzate strategie non chimiche, ad eccezione del trattamento standard con falso letto di semina e semina ritardata del frumento invernale in RI. Le biomasse infestanti non hanno mostrato differenze tra i sistemi di coltivazione all'interno di ogni coltura (Figura 34). Anche le rese colturali erano simili nei tre sistemi (Figura 35). A differenza del 2018 e 2019, la semina ritardata del frumento invernale in RI ha prodotto rese simili a CA e TS, forse perché l'inverno 2019/2020 è stato estremamente mite.

Riepilogo 2018, 2019 e 2020

La Tabella 8 mostra i TFI totali di ciascuna coltura relativi ai tre sistemi colturali CA, RI e TS per il periodo sperimentale di tre anni (2018, 2019 e 2020). Il consumo di erbicidi è stato abbastanza simile in CA e TS per tutte e tre le colture, mentre i TFI erano inferiori del 20-60% in RI a seconda della coltura e dei confronti specifici con CA e TS. La riduzione degli erbicidi in RI non ha portato a una quantità significativamente maggiore di biomassa infestante di fava e orzo primaverile nel corso dei tre anni (Figura 36). Solo nel frumento invernale la riduzione del TFI in RI ha prodotto una biomassa di infestanti significativamente maggiore rispetto a CA e TS. Tuttavia, la biomassa di infestanti in RI è stata mediamente al di sotto di 50 g/ m2 di peso secco , una quantità che per il frumento invernale non rappresenta un grosso problema.
Le rese in granella delle due colture primaverili non differivano tra i sistemi colturali nel periodo 2018-2020 (Figura 37). Tuttavia, la resa del frumento invernale era significativamente inferiore in RI rispetto a CA e TS. La semina ritardata del frumento invernale in RI è stata probabilmente la ragione principale delle differenze osservate e, in misura minore, dell'abbondanza di infestanti in RI.

In generale, la riduzione di erbicidi in fava e orzo primaverile è stata possibile senza compromettere i raccolti o la pressione delle infestanti. Si è scoperto che è difficile ridurre l'apporto di erbicidi utilizzando metodi non chimici e che è più fattibile ridurre la dose di erbicida e/o il numero dei trattamenti. I metodi automatizzati per il controllo diretto delle infestanti hanno faticato a funzionare in modo efficace in presenza di residui colturali e con suoli a crosta dura. È stato particolarmente difficile da gestire il sistema CA con una ridotta dipendenza dagli erbicidi, sebbene il loro utilizzo non abbia superato quello in TS.
Le malerbe annuali non sono proliferate nel corso dell'esperimento triennale, nonostante la convinzione generale che le infestazioni sarebbero aumentate passando dall'aratura profonda alla lavorazione senza inversione. L'elevata percentuale di colture primaverili nei sistemi colturali sembra essere il fattore chiave nel determinare questo aumento. Inoltre, l'uso regolare del glifosate prima della semina delle colture potrebbe aver impedito la proliferazione della gramigna (Elytrigia repens). Tuttavia, le infestazioni di cardo campestre (Cirsium arvense) non sono state gestite in modo soddisfacente, nonostante l'uso di erbicidi selettivi: il numero di germogli di cardo era inaccettabilmente elevato a luglio 2020, indipendentemente dal sistema di raccolta.

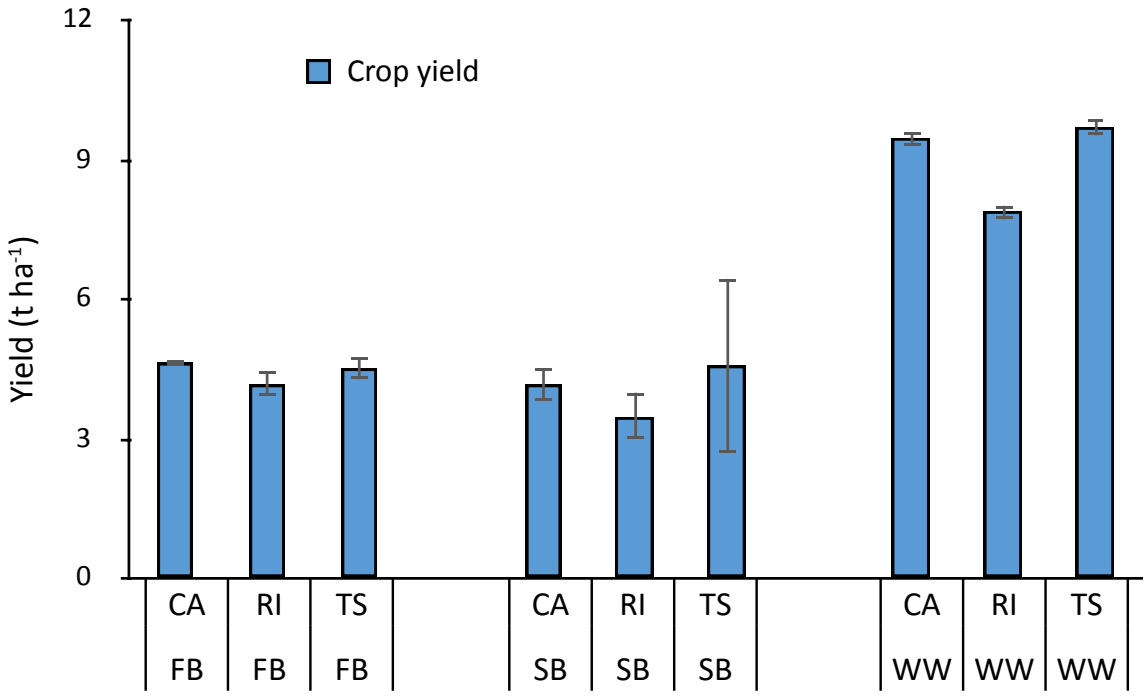


Figura 35 - Resa media (t/ha) di fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) nel 2020 per i tre sistemi colturali CA, RI e TS.

Coltura	Sistema colturale CA	RI	TS
2020			
Fava	1.56	0.78	1.56
Orzo primaverile	2.53	2.03	2.53
Frumento invernale	2.26	0.72	1.54
2018-2020			
Fava	5.78 (1.93)	3.22 (1.07)	5.78 (1.93)
Orzo primaverile	5.01 (1.67)	4.01 (1.34)	5.01 (1.67)
Frumento invernale	3.65 (1.22)	1.55 (0.52)	3.80 (1.23)

Tabella 8 - Indice di Frequenza del Trattamento (TFI) di erbicidi selettivi in fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) nel 2020 e in totale nel periodo triennale 2018-2020 (tra parentesi i valori medi).

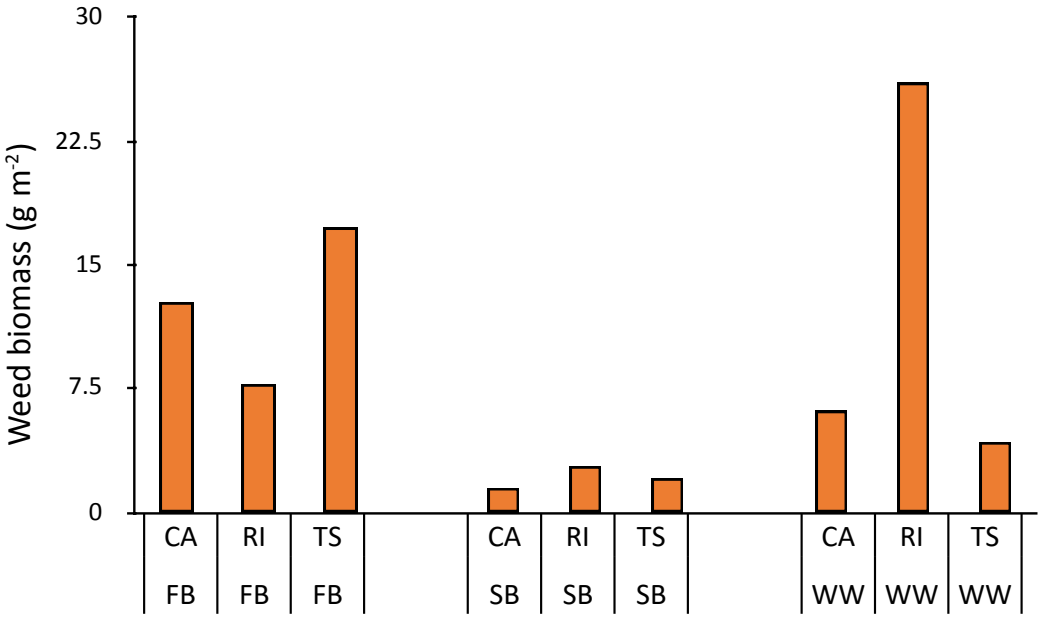


Figura 36 - Biomassa delle infestanti (peso secco, g/m^2) in fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) nei tre sistemi colturali CA, RI e TS. Le biomasse sono presentate come medie degli anni 2018, 2019 and 2020 e derivano dall'analisi statistica.

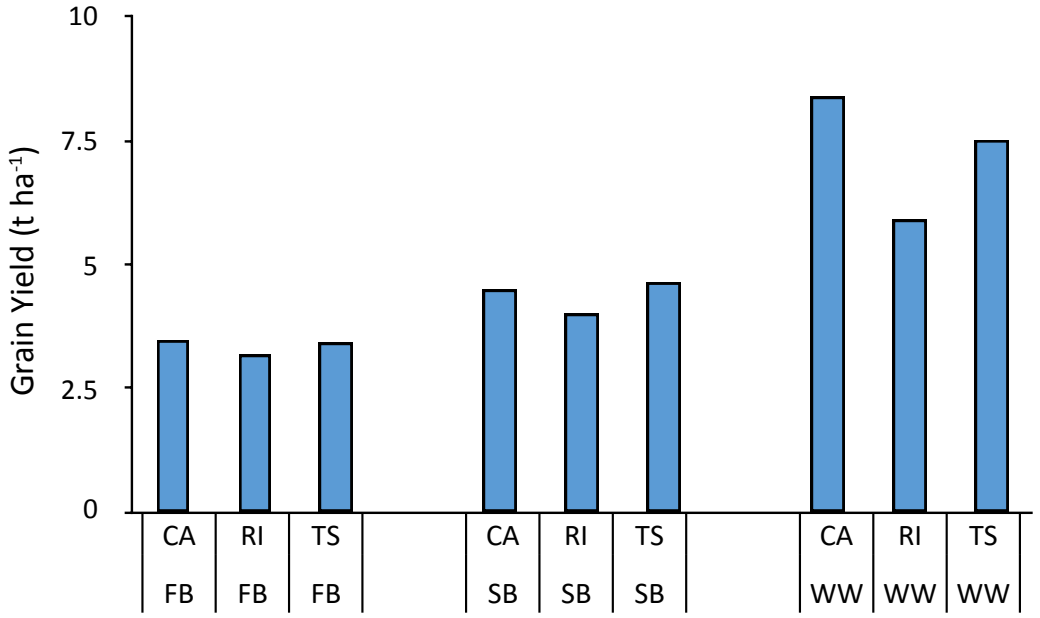


Figura 37 - Rese in granella di fava (FB), orzo primaverile (SB) e frumento invernale (WW) nei tre sistemi colturali CA, RI e TS. Le rese sono presentate come medie degli anni 2018, 2019 and 2020 e derivano dall'analisi statistica.

Contatto:
Bo Melander
Aarhus University
Department of Agroecology
Research Centre Flakkebjerg
DK-4200 Slagelse - DANIMARCA
bo.melander@agro.au.dk
tel. +45 22283393

ISBN 978-88-6337-267-0