



Ciclo di webinar organizzati dalla
Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante (SIRFI)

IL CONTROLLO MECCANICO DELLE MALERBE NELLE COLTURE ERBACEE



Prof. Euro Pannacci
Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali
Università degli Studi di Perugia
euro.pannacci@unipg.it

(12 dicembre 2024)



Colture erbacee: caratteristiche e aspetti agronomico-malerbologici

- Diversità di specie e varietà (colture industriali, orticole, minori...)
- Diversità di prodotti e destinazioni d'uso (mercato fresco, industria, semente, zootecnia...)
- Diversità di condizioni pedoclimatiche di coltivazione
- Diversità di sistemi colturali, epoche e modalità di coltivazione (semina, trapianto, distanza file...)
- Diversità cicli colturali e lunghezza (autunno-primaverili, primaverili-estive; principali, intercalari...)
- Flore infestanti molto variabili per epoca di emergenza, composizione e densità
- Colture con capacità competitive diverse → diversità controllo malerbe e danni arrecati
- Diserbo chimico più efficace e selettivo → nel tempo riduzione disponibilità erbicidi registrati
- Rischi di insorgenza flore di sostituzione e malerbe resistenti
- Necessità strategie di controllo malerbe per ridurre/non utilizzare erbicidi (Green Deal EU, biologico...)

Principali malerbe annuali microterme

- *Alopecurus myosuroides*
- *Lolium* spp.
- *Poa* spp.
- *Phalaris* spp.
- *Avena* spp.
- ...
- *Cruciferae*
- *Compositae*
- *Apiaceae*
- *Papaver rhoeas*
- *Fumaria officinalis*
- *Anagallis arvensis*
- *Stachys annua*
- *Lamium* spp.
- *Veronica* spp.
- ...



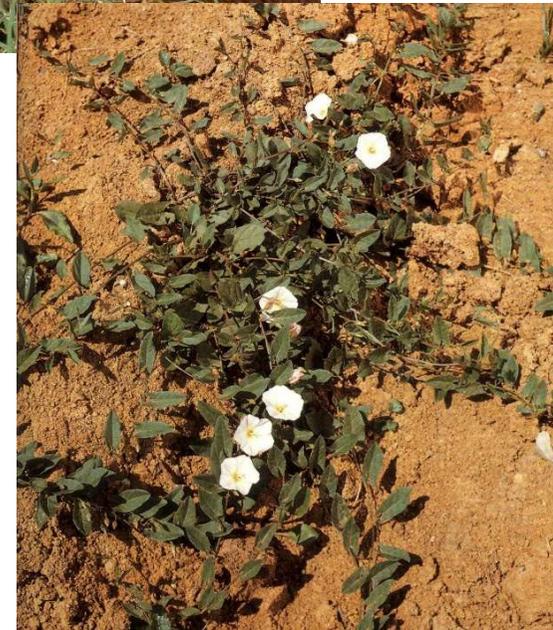
Principali malerbe annuali macroterme

- *Echinochloa crus-galli*
- *Setaria* spp.
- *Digitaria sanguinalis*
- ...
- *Amaranthus* spp.
- *Chenopodium album*
- *Polygonum* spp.
- *Portulaca oleracea*
- *Datura stramonium*
- *Solanum nigrum*
- *Abutilon theophrasti*
- *Xanthium strumarium*
- ...



Principali malerbe perenni

- *Sorghum halepense*
- *Cynodon dactylon*
- *Cyperus spp.*
- *Equisetum arvense*
- *Convolvulus arvensis*
- *Cirsium arvense*
- *Rumex spp.*
- ...



SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA MALERBE
IWMS = *Integrated Weed Management System*



- **GESTIONE** popolazioni di malerbe
 - ✓ *Misure proattive*
- **CONTROLLO** vero e proprio delle malerbe
 - ✓ *Misure reattive*

GESTIONE POPOLAZIONI DI MALERBE

Misure proattive: pratiche agronomiche soppressive

interventi sulla coltura

tecnica colturale



aumento competitività coltura

- trapianto vs semina
- appropriate densità e modalità d'impianto (anche in funzione del controllo malerbe)
- varietà più competitive (rapido accrescimento, > competitività)
- nutrizione e difesa della coltura

interventi sulle popolazioni di malerbe

rotazione colture



flora infestante equilibrata e controllo più facile

**no disseminazione
lavorazioni adeguate
falsa semina**



**modificare rapporti
malerbe emerse/semi nel terreno**

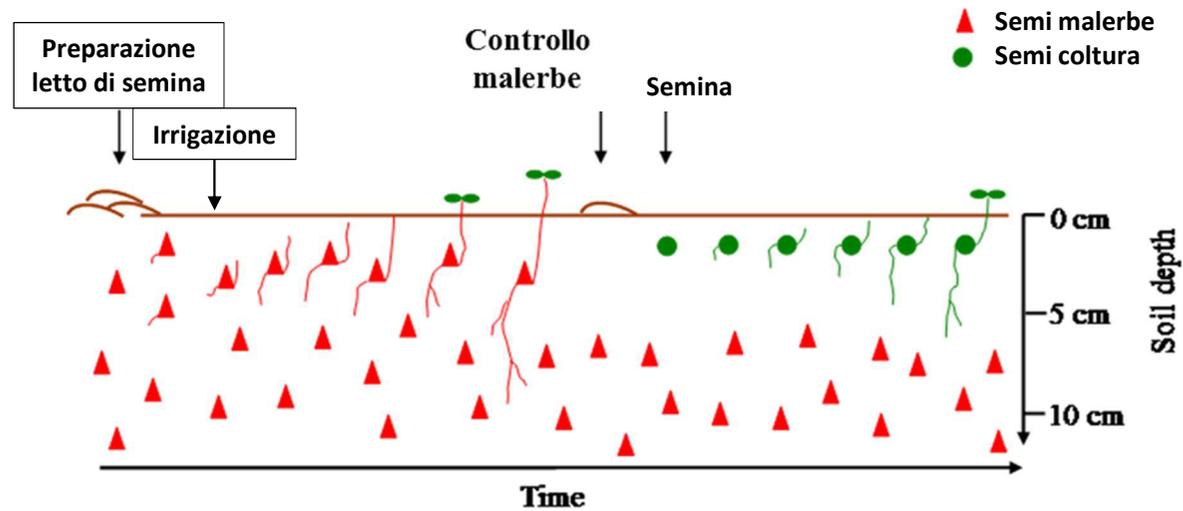
Falsa semina

- Preparazione anticipata (3-4 settimane) del letto di semina, rispetto al momento della semina
- Stimolare l'emergenza delle malerbe, per poi eliminarle prima della semina della coltura
- Riduce presenza malerbe ad emergenza precoce e contemporanea alla coltura
- Provoca ritardo infestazione e promuove differenze di dimensioni tra coltura e malerbe
 - ✓ **Fondamentale per applicare un controllo meccanico più efficace verso le malerbe e selettivo verso la coltura**



Falsa semina

- Falsa semina: stimola l'emergenza delle malerbe prima della semina



Controllo chimico:
erbicidi ad azione totale



Controllo meccanico:
erpicature superficiali (2-3 cm)

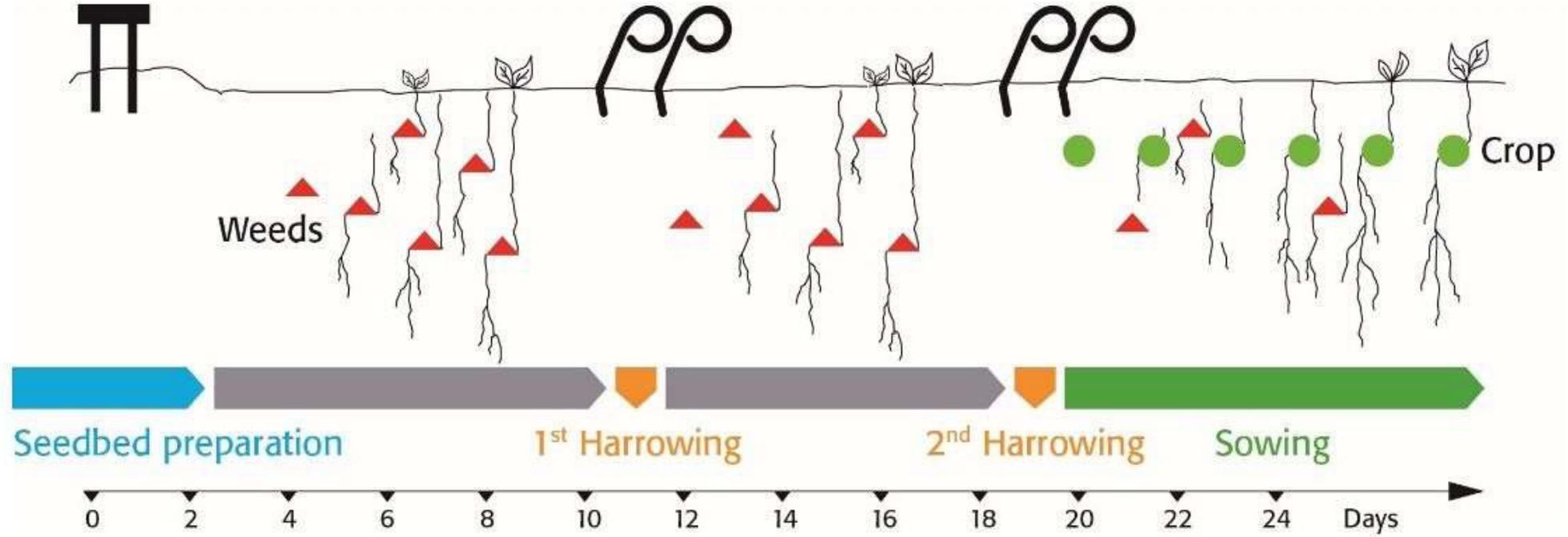


Controllo fisico:
pirodisebbo



Falsa semina

Necessità interventi meccanici superficiali e ripetuti



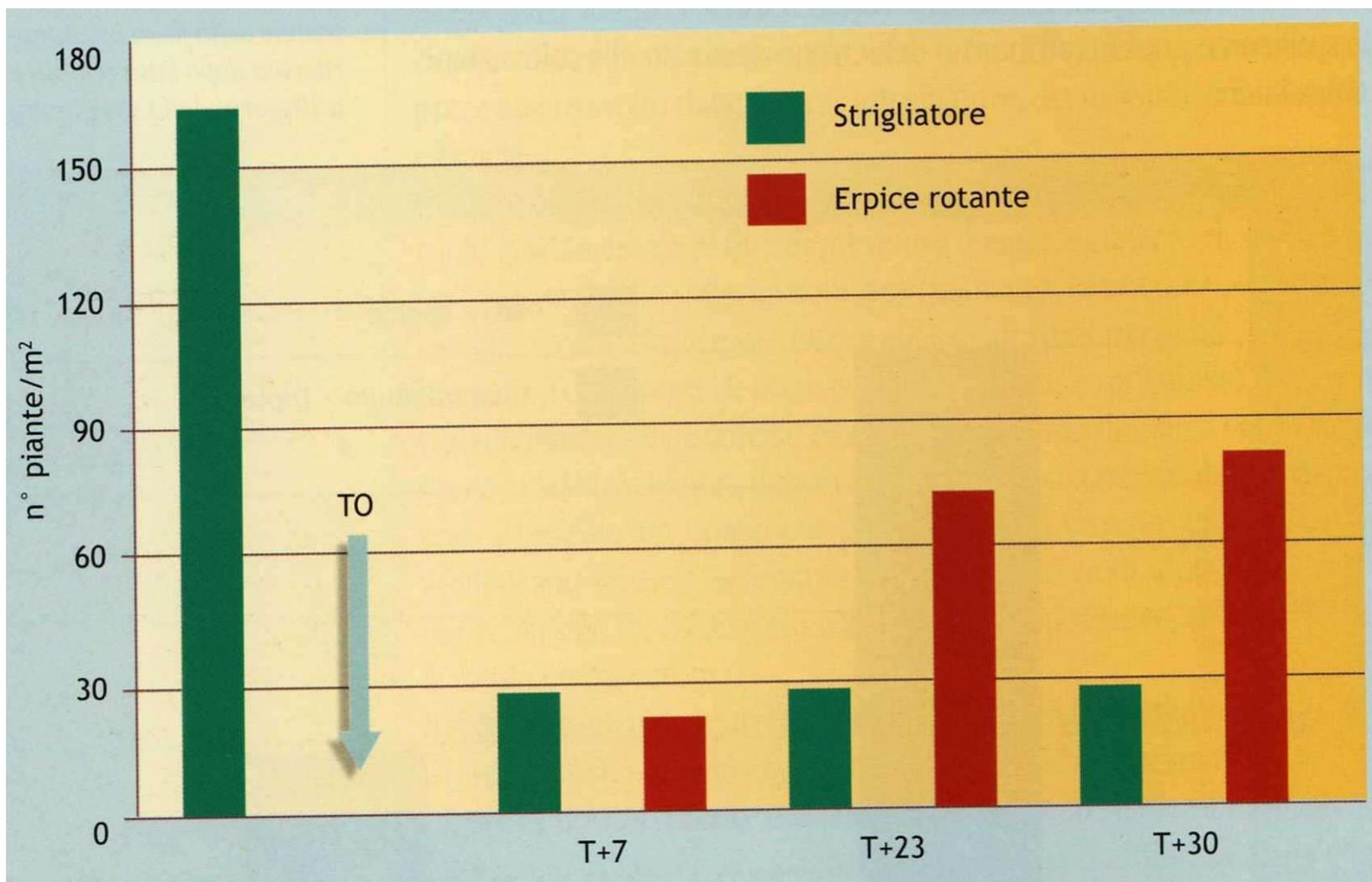
Falsa semina

Necessità interventi meccanici superficiali e ripetuti



Falsa semina

Necessità interventi meccanici superficiali



CONTROLLO MALERBE

Misure reattive: metodi diretti di controllo

fisici

meccanici

biologici

chimici

agricoltura
biologica

agricoltura
convenzionale,
integrata e
a basso input





Mezzi meccanici

- **buona efficacia**
 - ✓ **malerbe ai primi stadi di accrescimento**
 - ✓ **> dicotiledoni, < monocotiledoni, scarsa perenni**
- **ecocompatibilità**
- **integrazione con altri mezzi di controllo**
 - ✓ **pirodiserbo**
 - ✓ **diserbo chimico: possibile riduzione impiego erbicidi**
- **controllo malerbe resistenti erbicidi (GIRE)**
- **nuove soluzioni tecniche a vecchi sistemi**
- **implementazione con sensoristica**





Mezzi meccanici

- **efficacia dipende da fattori “sito-specifici”**
 - ✓ **condizioni climatiche**
 - ✓ **caratteristiche e condizioni terreno**
 - ✓ **caratteristiche malerbe**
 - ✓ **scelta trattamento e corretto impiego**
- **difficoltà controllo malerbe nella fila**
- **selettività non sempre garantita**
- **tempestività non sempre garantita**
- **stimolazione emergenze successive malerbe**
- **bassa capacità operativa**
- **necessità adozione strategie combinate**

Influenza delle condizioni climatiche sull'efficacia dei trattamenti meccanici			
Weather conditions the preceding day	Weather conditions the day of cultivation	Effectiveness: % of weed plantlets destroyed	Effectiveness: % of weed past the 4-leaf stage destroyed
		100	80
		90	60
		80	50
		70	30
		50	0



Mezzi meccanici

In funzione della localizzazione dell'azione di controllo

- Mezzi meccanici per il controllo nell'interfila
- Mezzi meccanici per il controllo nella fila
- Mezzi meccanici per il controllo su tutta la superficie



Mezzi meccanici controllo interfila

Sarchiatrici (utensili fissi e utensili rotanti)

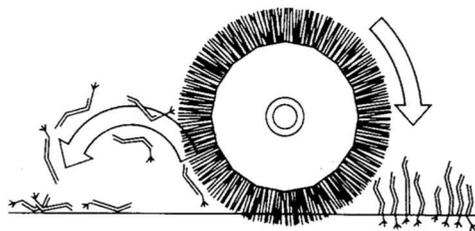
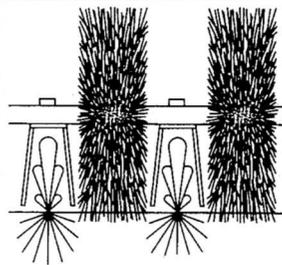
- diverse modalità, profondità e larghezze d'intervento
- buona efficacia anche su malerbe oltre le 4-6 foglie
- nessun controllo nella fila
- scelta in funzione tipologie terreno e sviluppo malerbe
- adeguate profondità di intervento
- in combinazione con la rincalzatura



Mezzi meccanici controllo interfila

Spazzolatrici ad asse orizzontale

- efficace su malerbe non oltre le 2-4 foglie
- anche su interfile strette (fino a 25 cm)
- usura spazzole e polverizzazione terreno
- bassa capacità operativa



(Ferrero e Vidotto, 1998; Baumann, 2003)

Mezzi meccanici controllo interfila

Sarchia-separatrice (*split-hoe*)

- riunisce i vantaggi di sarchiatrice, fresatrice interfilare e spazzolatrice senza gli svantaggi
- interfile da 20-25 cm fino a 40-50 cm (8-10 cm di terreno non lavorato sulla fila)
- azione meccanica energica (efficace anche su malerbe fino a 6-8 foglie)
- effetto di sradicamento e separazione malerbe-terreno



Mezzi meccanici controllo interfila

Sarchia-separatrice (*split-hoe*)



Effetto sulle malerbe

- separazione radici-terreno
- a radice nuda sulla superficie
- rapido disseccamento



Mezzi meccanici controllo interfila

Sarchiatrici di precisione: sistemi di guida GPS + sensoristica (telecamere, analisi immagini)

- Incremento precisione
- Incremento capacità operativa



Mezzi meccanici controllo fila

Sarchiatrice a dita gommare rotanti (*finger-weeder*)

- efficace su malerbe non oltre le 2-4 foglie (meglio verso dicotiledoni che monocotiledoni)
- più selettiva su colture ben affrancate (trapiantate e/o a semina profonda)
- buona capacità operativa
- ampia gamma di colture trattabili



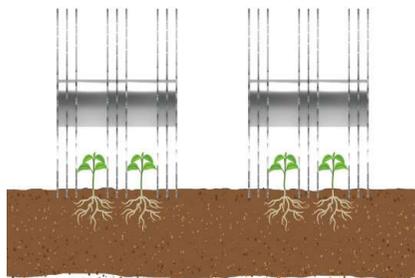
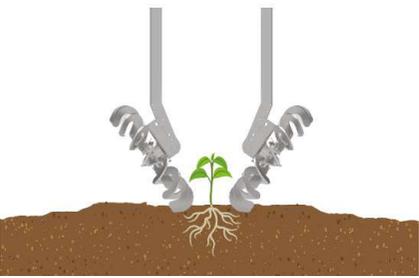
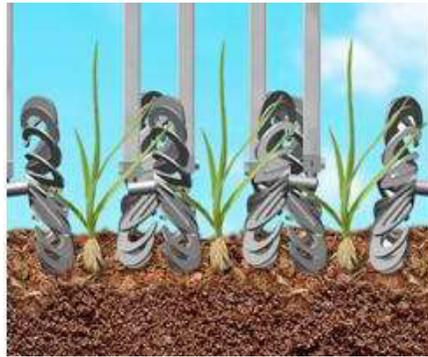
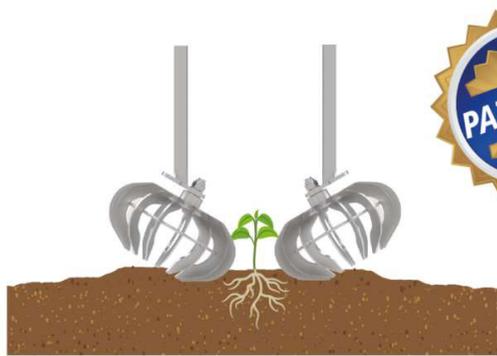
Zappette rigide nell'interfila
e piattelli folli con dita gommare
lungo la fila



Mezzi meccanici controllo fila

Sarchiatrice Rotosark (Rotoblizz, Rotovert, Colibrì)

- opera in maniera simile a *finger-weeder*
- rotori folli, contrapposti, operano lateralmente e all'interno della fila
- diverse tipologie consentono di operare su interfile da 15 a 60 cm
- efficacia anche su malerbe piuttosto sviluppate (5-6 foglie)
- buona selettività su colture trapiantate e/o ben affrancate (semina profonda)

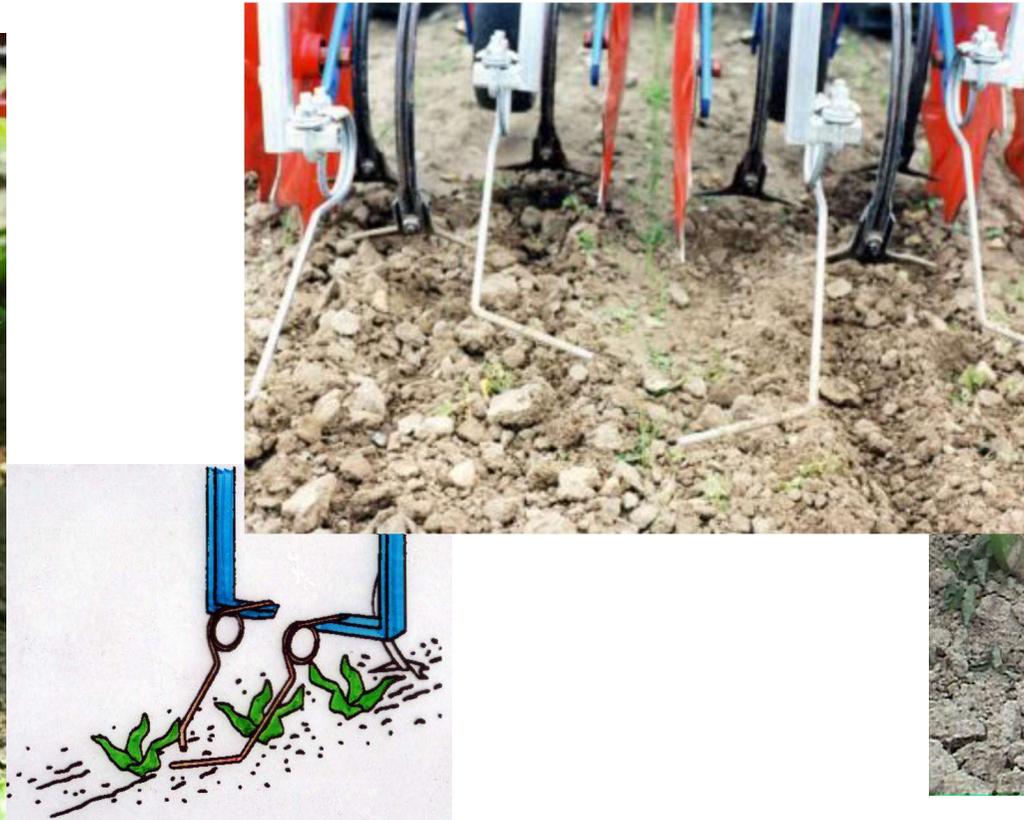


(<https://www.oliveragro.it/prodotto/sarchiatura/rotosark>)

Mezzi meccanici controllo fila

Diserbatore elastico (*torsion weeder*)

- efficace su malerbe molto piccole (cotiledoni-2 foglie vere)
- attenta regolazione in funzione di stadio malerbe, coltura, condizioni terreno (rischio danni coltura)
- tendenza ad essere sostituito da *finger-weeder*



Mezzi meccanici controllo fila

“Sistemi intelligenti” in colture trapiantate a bassa densità

- **Robocrop** (Garford Farm Machinery Ltd, UK, www.garford.com)
- **Robovator** (F. Poulsen Engineering APS., DK, www.visionweeding.com)
- **Steketee IC** (Machinefabriek Steketee BV, NL, www.steketee.com)
- **Remoweed** (Ferrari Costruzioni Meccaniche s.r.l., IT, www.ferraricostruzioni.com)



Mezzi meccanici controllo tutta superficie

Erpice strigliatore

- denti flessibili che smuovono il terreno in superficie (2-3 cm)
- efficace su malerbe non oltre le 2-4 foglie (meglio verso dicotiledoni che monocotiledoni)
- su colture ben affrancate (dopo le 4 foglie) a semina profonda o trapiantate
- buona capacità operativa



Mezzi meccanici controllo tutta superficie

Strigliatore rotante stellare (Aerostar Rotation)

- denti in acciaio incorporati in dischi di plastica a formare delle stelle (profondità di lavoro 2-3 cm)
- efficace su malerbe nei primi stadi di accrescimento (< 4-6 foglie, dicotiledoni; < 2-3 foglie, monocotiledoni)
- colture ben affrancate a semina profonda o trapiantate → stelle non trascinano le piante, ma le attraversano
- buona capacità operativa



(<https://www.einboeck.at/en/products/crop-care/weeding-technology/aerostar-rotation>)

Mezzi meccanici e Robotic weeders

dino **naio**
Technologies

235 rue de la Montagne Noire - 31750 Escalquens - France
contact@naio-technologies.com - Phone: +33 972 454 085
T: @naio-tech // FB: NaioTechnologies // IN: Naio Technologies
www.naio-technologies.com

the first entirely autonomous electric robot
to mechanically weed vegetable crops



AUTOMATED MECHANICAL WEEDING FOR VEGETABLE CROPS

PRECISE AUTONOMOUS GUIDANCE VIA RTK GPS

How does Dino guide itself autonomously?

TOOLS

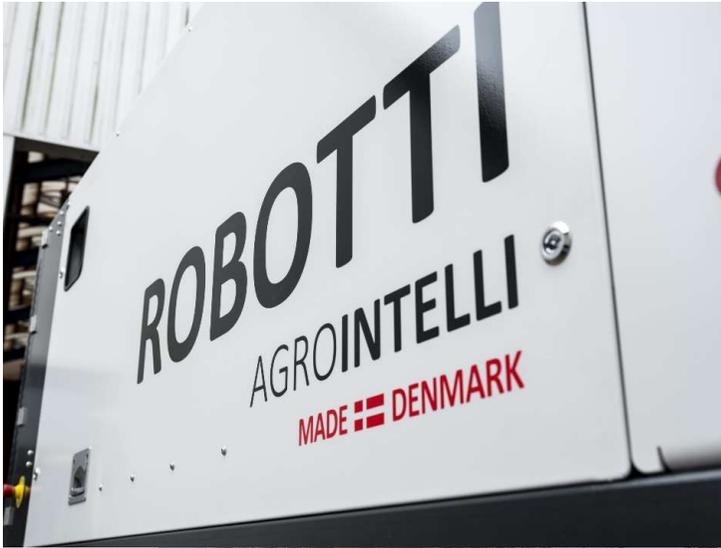
Naio Technologies offers a range of mechanical weeding tools for work in and between rows:
HOE SHARES, available in different shapes and widths,
SPIKED HARROWS or ROTARY HOES



GPS-guidance is paired with camera vision in order for Dino to be operational in a maximum of configurations while keeping its precision range.

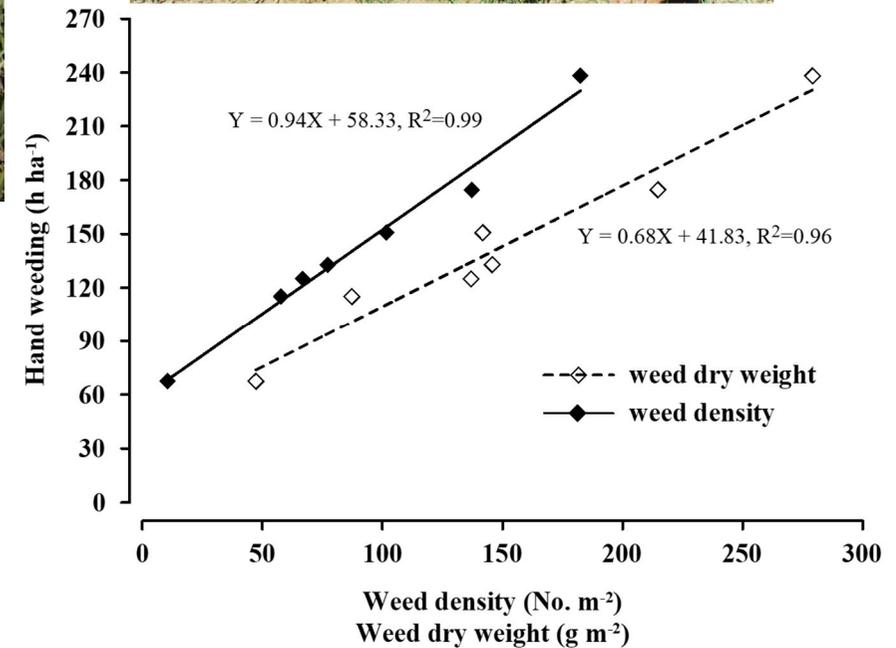
(<https://www.naio-technologies.com/en/dino/>)

Mezzi meccanici e Robotic weeders



(<https://agrotecni.com/robotti/>)

Scerbature manuali (*hand weeding*)



(Pannacci et al., 2020. Crop Protection, 135, 105221)

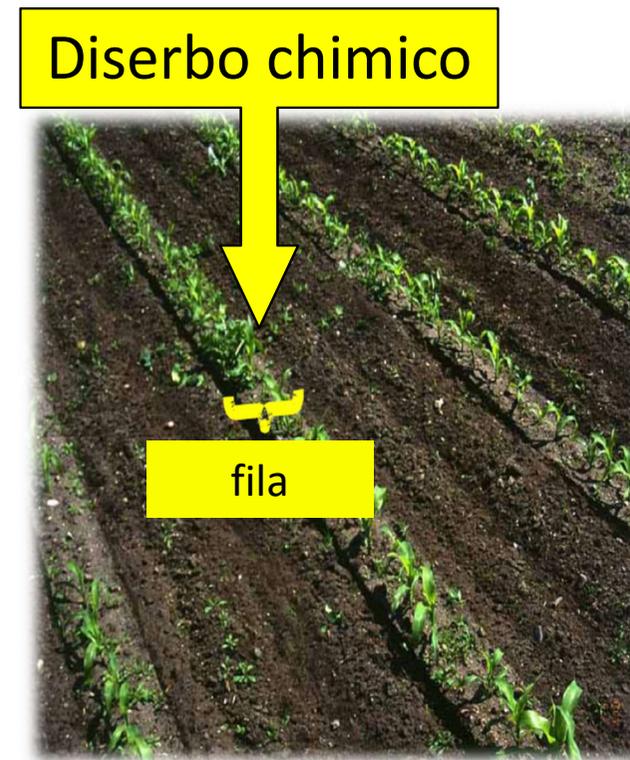
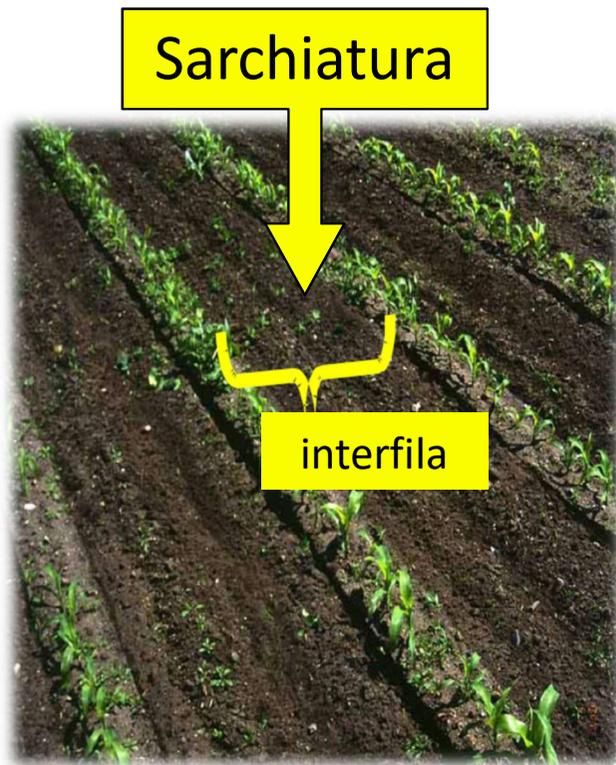
Lavoro richiesto per la scerbatura manuale

Carota	100 - 500 h ha ⁻¹
Cipolla	100 - 300
Spinacio	100 - 200
Fagiolino	60 - 100

Mezzi meccanici e integrazione con altri mezzi di controllo

Sarchiatura (interfila) + Diserbo chimico (fila) (pre-em./post-em.)

- In colture erbacee a file spaziate possibilità di ridurre input chimico mantenendo elevati livelli di efficacia
- Necessità sviluppo macchine dedicate (seminatrici-diserbatrici; sarchiatrici-diserbatrici; diserbatrici localizzate)
- Maggior facilità con implementazione tecnologie (agricoltura di precisione, sistemi di guida, sensoristica,...)



Risultati sperimentali – Girasole

Crop Protection 64 (2014) 51–59

Contents lists available at ScienceDirect

Crop Protection

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cropro



SPERIMENTAZIONE

- ✓ 3 anni
- ✓ 10 trattamenti
- ✓ 3 repliche



Sarchiatura + rincalzatura



Finger-weeder



Split-hoe

EFFICACIA RIDUZIONE MALERBE (% controllo non trattato)

PRODUZIONE (t ha⁻¹)

TRATTAMENTI

TRATTAMENTI	in Ricoprimento			in Densità			in Peso secco			PRODUZIONE (t ha ⁻¹)		
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004
Diserbo pre-em. pieno campo	99 a	91 b	100 a	100 a	95 ab	99 a	100 a	98 ab	100 a	4.2 ab	3.9 bc	3.4 ab
Diserbo pre-em. fila + Sarchiatura	100 a	98 a	98 ab	100 a	97 a	96 ab	100 a	99 a	90 ab	4.4 a	4.1 a	4.1 a
Strigliatura	- -	- -	47 g	- -	- -	70 d	- -	- -	33 d	- -	- -	3.1 bc
Sarchiatura	75 d	76 cd	52 fg	43 e	79 cd	75 d	46 d	72 cd	63 bcd	4.1 bc	4.0 abc	3.2 abc
Strigliatura + Sarchiatura	- -	- -	86 cd	- -	- -	84 bcd	- -	- -	73 bc	- -	- -	3.6 ab
Sarchiatura + Rincalzatura	96 b	93 ab	94 bc	95 b	90 bc	96 ab	95 b	90 bc	88 abc	4.3 ab	4.0 abc	3.6 ab
Split-hoe	88 c	85 bc	66 ef	73 d	81 cd	72 d	70 c	85 cd	64 bcd	4.3 ab	3.8 c	3.0 bc
Finger-weeder	56 e	68 d	62 efg	46 e	73 d	77 d	56 cd	61 d	35 d	4.2 ab	3.9 bc	3.1 bc
Split-hoe + Finger-weeder	94 b	91 b	71 de	89 c	87 bc	78 cd	90 b	85 c	56 cd	4.4 a	4.0 ab	3.1 bc
Strigliatura + Split-hoe + Finger-weeder	- -	- -	90 bc	- -	- -	94 abc	- -	- -	70 bcd	- -	- -	3.8 ab
Controllo non trattato	122	130	153	57	85	141	62	55	211	3.9 c	3.8 c	2.4 c
		(%)			(n. piante m ⁻²)			(g m ⁻²)				

(Pannacci e Tei, 2014. Crop Prot. 64, 51-59)

Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean



Euro Pannacci¹, Francesco Tei

¹Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy

Risultati sperimentali - Mais

Crop Protection 64 (2014) 51–59

Contents lists available at ScienceDirect

Crop Protection

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cropro



Strigliatura



Finger-weeder



Split-hoe



Pioggia semi malerbe

Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean



Euro Pannacci¹, Francesco Tei

¹Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy

EFFICACIA RIDUZIONE MALERBE (% controllo non trattato)

TRATTAMENTI

in Ricoprimento

in Densità

in Peso secco

SEMI MALERBE (n. m⁻²)

TRATTAMENTI	in Ricoprimento			in Densità			in Peso secco			SEMI MALERBE (n. m ⁻²)	
	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003	2004	2002	2003
Diserbo pre-em. pieno campo	99 ab	99 a	100 a	100 a	99 ab	100 a	100 a	100 a	100 a	223 e	438 c
Diserbo pre-em. fila + Sarchiatura	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a	974 d	1546 c
Strigliatura	--	--	52 d	--	--	44 e	--	--	30 c	--	--
Sarchiatura-Rincalzatura	94 cd	91 bc	92 bc	89 b	92 bc	92 b	92 bc	95 a	88 b	4868 c	8829 ab
Strigl. + Sarchiatura-Rincalzatura	97 bc	95 b	95 b	92 b	95 bc	89 bc	94 ab	96 a	88 b	4229 c	6719 b
Split-hoe	87 d	71 d	86 bc	76 c	90 cd	86 bcd	80 cd	71 bc	77 b	11185 bc	6065 b
Finger-weeder	66 e	57 e	84 c	56 d	82 d	77 d	49 e	54 c	68 b	24675 ab	13326 ab
Split-hoe + Finger-weeder	86 d	87 c	82 c	86 b	94 bcd	81 cd	69 de	80 b	79 b	19777 b	4980 b
Strigl. + Split-hoe + Finger-weeder	--	--	89 bc	--	--	84 bcd	--	--	82 b	--	--
Controllo non trattato	223	158	183	69	65	59	334	306	265	57399 a	18105 a
		(%)									
				(n. piante m ⁻²)							
							(g m ⁻²)				

(Pannacci e Tei, 2014. Crop Prot. 64, 51-59)

Risultati sperimentali - Mais



Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean

Euro Pannacci, Francesco Tei
 Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy



Controllo non trattato



Sarchia-rincazzatura

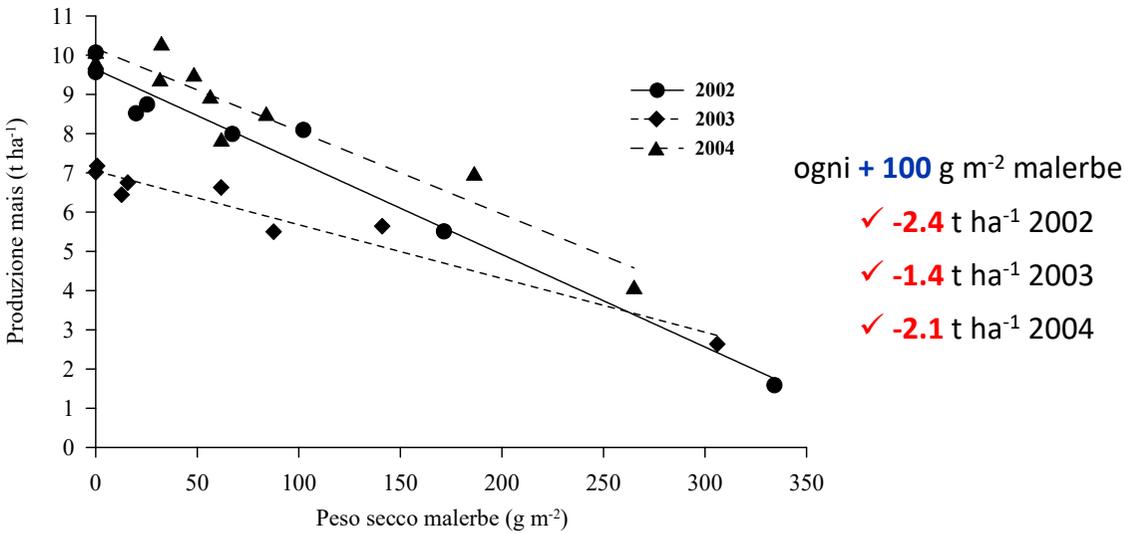


Diserbo pieno campo

Produzione

Piante m⁻² al raccolto: *n.s.* → Selettività OK

TRATTAMENTI	Produzione (t ha ⁻¹)		
	2002	2003	2004
Controllo non trattato	1.6 e	2.6 d	4.1 c
Diserbo pre-em. pieno campo	10.1 a	7.2 a	10.1 a
Dis. pre-em. fila + Sarchiatura	9.6 ab	7.0 ab	9.8 a
Strigliatura	-	-	7.0 b
Sarchiatura + Rincazzatura	8.7 abc	6.8 abc	10.3 a
Strigl. + Sarchiatura + Rincazzatura	8.5 bc	6.4 abc	9.4 ab
Split-hoe	8.0 c	5.5 c	8.5 ab
Finger-weeder	5.5 d	5.6 bc	7.9 ab
Split-hoe + Finger-weeder	8.1 bc	6.6 abc	9.0 ab
Strigl. + Split-hoe + Finger-weeder	-	-	9.5 ab



(Pannacci e Tei, 2014. Crop Prot. 64, 51-59)

Risultati sperimentali - Soia

Crop Protection 64 (2014) 51–59

Contents lists available at ScienceDirect

Crop Protection

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cropro



Strigliatura



Finger-weeder



Split-hoe



Pioggia semi malerbe

Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean



Euro Pannacci¹, Francesco Tei

¹Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy

EFFICACIA RIDUZIONE MALERBE (% controllo non trattato)

TRATTAMENTI

TRATTAMENTI	In Ricoprimento		In Densità		In Peso secco		SEMI MALERBE (n. m ⁻²) 2005	PRODUZIONE (t ha ⁻¹)	
	2004	2005	2004	2005	2004	2005		2004	2005
Diserbo post-em. pieno campo	95 a	99 a	27 d	83 ab	63 a	98 a	1903 d	1.8 a	1.6 a
Strigliatura	39 e	46 f	30 cd	27 c	8 c	24 c	89048 a	0.6 c	0.7 bc
Strigliatura + strigliatura	52 de	60 ef	30 cd	59 bc	0 c	32 c	52979 ab	0.8 bc	0.5 c
Strigliatura + Sarchiatura	75 bc	94 ab	82 a	79 ab	67 a	92 ab	18408 c	1.6 a	1.4 a
Split-hoe	69 bc	82 cd	56 bc	74 ab	17 bc	57 abc	32724 b	1.5 ab	1.3 ab
Finger-weeder	59 cd	68 de	37 cd	66 ab	13 bc	44 bc	32247 b	1.0 abc	1.3 ab
Split-hoe + Finger-weeder	76 b	89 bc	65 ab	85 a	42 ab	37 bc	35533 b	0.7 bc	1.5 a
Controllo non trattato	263	132	89	48	245	113	80838 a	0.6 c	0.7 bc
	(%)		(n. piante m ⁻²)		(g m ⁻²)				

(Pannacci e Tei, 2014. Crop Prot. 64, 51-59)

Risultati sperimentali – Informazioni scelta trattamenti - efficacia



Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soyabean
 Euro Pannacci, Francesco Tei
 Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy

- SPERIMENTAZIONE**
- ✓ 4 anni
 - ✓ 8 prove
 - ✓ 3 colture
 - ✓ 12 trattamenti
 - ✓ 3 repliche

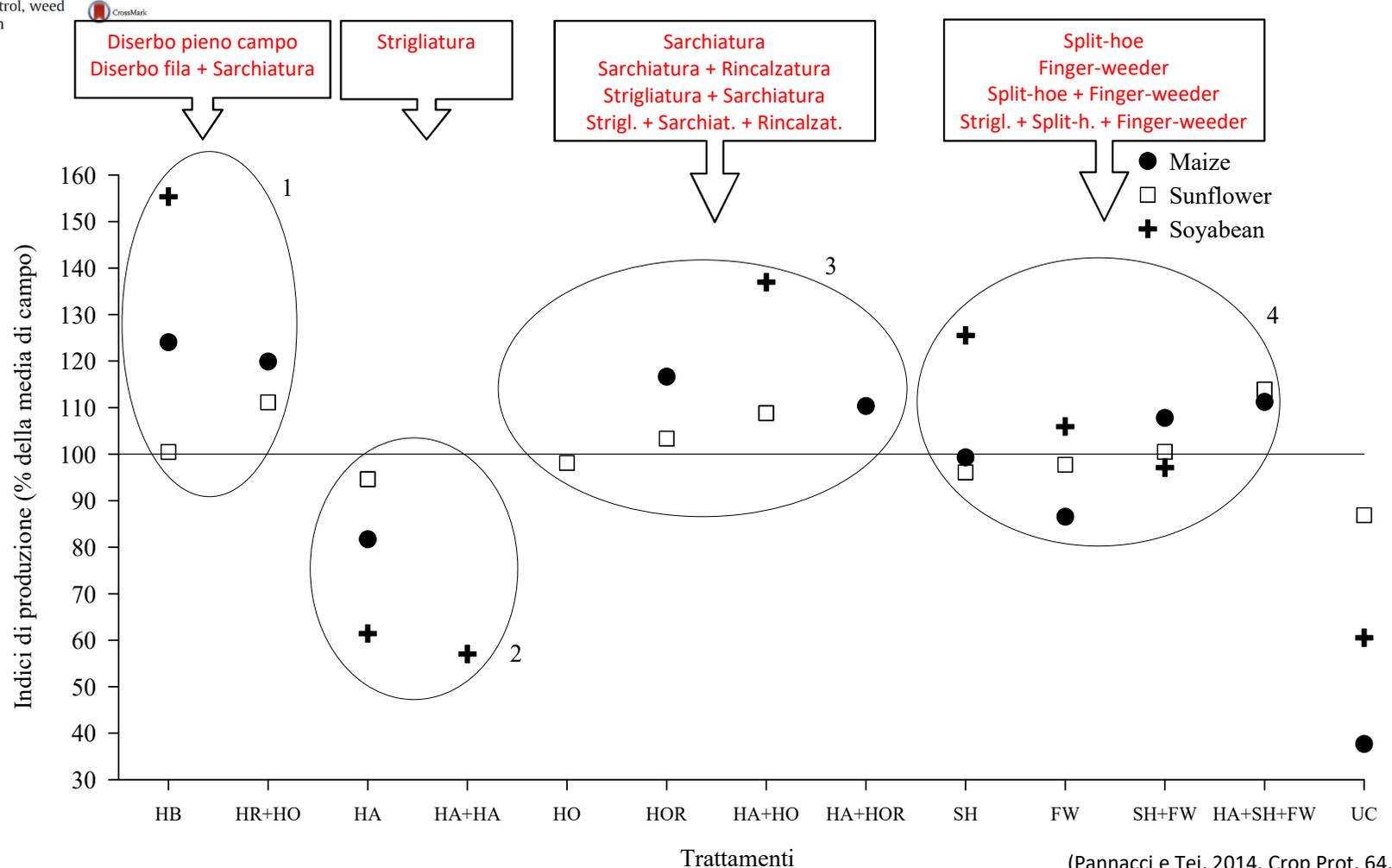
TRATTAMENTI	EFFICACIA CONTROLLO MALERBE								
	In Ricoprimento		In Densità		In Peso secco		Nel complesso		n.
Diserbo pieno campo	98 (0.7)	E	88 (5.2)	B	95 (2.7)	E	93 (2.0)	E	72
Diserbo fila + Sarchiatura	99 (0.3)	E	99 (0.6)	E	98 (1.4)	E	99 (0.5)	E	54
Strigliatura	46 (3.1)	S	43 (7.4)	S	24 (5.3)	S	37 (3.5)	S	36
Strigliatura + strigliatura	56 (3.5)	M	45 (10.1)	S	16 (7.2)	S	39 (5.7)	S	18
Sarchiatura	68 (4.6)	M	66 (6.8)	M	61 (7.8)	M	65 (3.7)	M	27
Sarchiatura + Rincalzatura	93 (0.9)	E	92 (1.1)	E	91 (1.7)	E	92 (0.7)	E	54
Strigliatura + Sarchiatura	85 (3.8)	B	81 (2.9)	B	77 (7.2)	B	81 (2.8)	B	27
Strigliatura + Sarchiatura + Rincalzatura	96 (0.9)	E	92 (1.6)	E	93 (2.2)	E	93 (1.0)	E	27
Split-hoe	79 (2.6)	B	76 (2.8)	B	65 (5.8)	M	73 (2.4)	B	72
Finger-weeder	65 (2.6)	M	64 (3.8)	M	47 (4.9)	S	59 (2.4)	M	72
Split-hoe + Finger-weeder	84 (2.2)	B	83 (2.7)	B	67 (5.8)	M	78 (2.4)	B	72
Strigliatura + Split-hoe + Finger-weeder	89 (1.4)	B	89 (3.3)	B	76 (6.4)	B	85 (2.7)	B	18
Legenda EFFICACIA		E	90%-100%	B	70%-89%	M	50%-69%	S	< 50%

(Pannacci e Tei, 2014. Crop Prot. 64, 51-59)

Risultati sperimentali – Informazioni scelta trattamenti - produzione

Effects of mechanical and chemical methods on weed control, weed seed rain and crop yield in maize, sunflower and soybean
 Euro Pannacci, Francesco Tei
 Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy

- SPERIMENTAZIONE**
- ✓ 4 anni
 - ✓ 8 prove
 - ✓ 3 colture
 - ✓ 12 trattamenti
 - ✓ 3 repliche



(Pannacci e Tei, 2014. Crop Prot. 64, 51-59)

Risultati sperimentali – Mais – Sviluppo e valutazione macchine integrazione controllo chimico e meccanico



Article

Combination of Herbicide Band Application and Inter-Row Cultivation Provides Sustainable Weed Control in Maize

Donato Loddo ^{1,*}, Laura Scarabel ¹, Maurizio Sattin ¹, Antonio Pederzoli ², Chiara Morsiani ², Renato Canestrà ³ and Maria Grazia Tommasini ³

¹ Institute for Sustainable Plant Protection (IPSP-CNR), National Research Council of Italy, Viale dell'Università 16, 35020 Legnaro, Italy; laura.scarabel@cnr.it (L.S.); maurizio.sattin@

² CAB Massari, Via Puntiroli 5, 48017 Conselice, Italy; pederzoli@cabmassari.it (A.P.); morsiani@cabmassari.it (C.M.)

³ Crop Production Research Centre (CRPV), Via dell'Arrigoni 120, 47522 Cesena, Italy; rcanestrà@crpv.it (R.C.); mgtommasini@crpv.it (M.G.T.)

* Correspondence: donato.loddo@cnr.it; Tel.: +39-049-827-2822

Seminatrice-diserbatrice (Diserbo pre-em. fila)

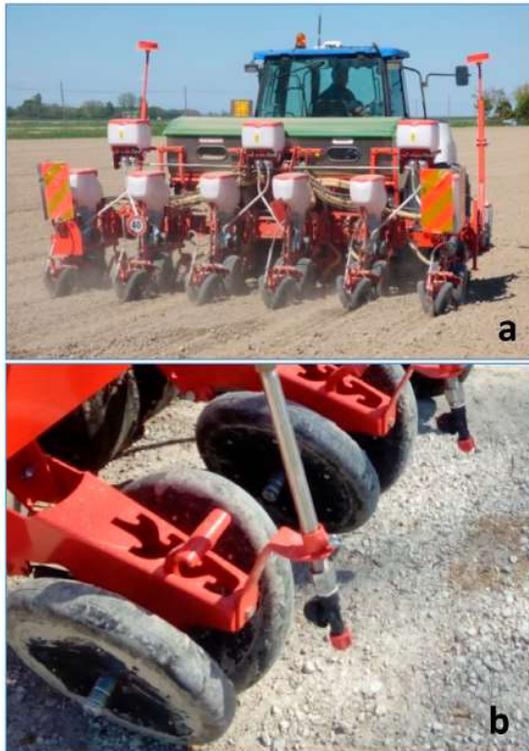


Figure 2. Treatment T2: 6 row maize seeder equipped for band application of pre-emergence herbicides (a) and detail of the nozzle arranged to spray along the single crop row (b).

Sarchiatrice-diserbatrice (Diserbo post-em. fila)



Figure 1. Treatment T1: Prototype of inter-row cultivator modified for band application of post-emergence herbicides (a) and detail of the two nozzles arranged to spray obliquely on a single crop row (b).

Risultati sperimentali – Frumento (3 anni di prove)

Italian Journal of Agronomy 2017; volume 12-900

Mechanical weed control in organic winter wheat

Euro Pannacci, Francesco Tei, Marcello Guiducci

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy

Semina

TRATTAMENTI MECCANICI

File strette (0.15 m)

Erpice strigliatore (1 passaggio al tempo T1)

Erpice strigliatore (2 passaggi al tempo T1)

Erpice strigliatore (1 passaggio a T1 + 1 passaggio a T1+14 gg)

Controllo non trattato

File larghe (0.30 m)

Split-hoeing (1 passaggio al tempo T1)

Finger-weeding (1 passaggio al tempo T1)

Split-hoeing + Finger-weeding (1 passaggio al tempo T1)

Controllo non trattato

T1: frumento in accestimento; malerbe ai cotiledoni-2 foglie vere



Risultati sperimentali – Frumento (2005-06)

Italian Journal of Agronomy 2017; volume 12-900

Mechanical weed control in organic winter wheat

Euro Pannacci, Francesco Tei, Marcello Guiducci

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy



SEMINA	TRATTAMENTI	TOTALE MALERBE			Parametri produttivi frumento			
		Ricoprimento (%)	Densità (n m ⁻²)	Peso secco (g m ⁻²)	Densità spighe (n m ⁻²)	Peso ettolitrico (kg hl ⁻¹)	1000 semi (g)	Produzione (t ha ⁻¹)
File strette	Erpice strigliatore (1-T1)	22 b	19 a	6 a	510	84	37	5.3
	Erpice strigliatore (2-T1)	4 c	6 b	2 b	560	84	38	4.9
	Erpice strigl. (1-T1 + 1-T2)	7 c	5 b	1 b	518	84	39	4.9
	Controllo non trattato	41 a	23 a	7 a	487	84	39	5.4
		**	**	**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
File larghe	Split-hoeing (1-T1)	7 b	11 b	8 ab	466	84	41	4.8
	Finger-weeding (1-T1)	5 bc	9 b	3 c	485	84	39	4.7
	Split-h. + Finger-w. (1-T1)	3 c	6 b	4 bc	414	84	39	4.4
	Controllo non trattato	57 a	39 a	14 a	445	85	39	4.7
		**	**	**	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<i>Media file strette</i>		<i>18</i>	<i>13</i>	<i>4</i>	<i>519</i>	<i>84.0</i>	<i>38.3</i>	<i>5.2</i>
<i>Media file larghe</i>		<i>18</i>	<i>16</i>	<i>7</i>	<i>453</i>	<i>84.3</i>	<i>39.6</i>	<i>4.7</i>
<i>File strette vs. file larghe</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>**</i>	<i>*</i>	<i>*</i>	<i>**</i>

Risultati sperimentali – Frumento (2007-08)

Italian Journal of Agronomy 2017; volume 12:900

Mechanical weed control in organic winter wheat

Euro Pannacci, Francesco Tei, Marcello Guiducci

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Italy



SEMINA	TRATTAMENTI	TOTALE MALERBE	Parametri produttivi frumento			
		Densità (n. m ⁻²)	Densità spighe (n m ⁻²)	Peso ettolitrico (kg hl ⁻¹)	1000 semi (g)	Produzione (t ha ⁻¹)
File strette	Erpice strigliatore (1-T1)	30 ab	500	80.0	36.5 b	6.89
	Erpice strigliatore (2-T1)	18 b	534	80.1	38.0 ab	6.88
	Erpice strigl. (1-T1 + 1-T2)	21 b	510	80.3	38.7 a	6.67
	Controllo non trattato	46 a	523	80.4	39.0 a	6.81
		*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>
File larghe	Split-hoeing (1-T1)	11 c	496	80.1 a	37.8	6.25
	Finger-weeding (1-T1)	21 b	526	80.2 a	38.5	6.56
	Split-h. + Finger-w. (1-T1)	6 d	500	79.8 b	38.3	6.32
	Controllo non trattato	62 a	498	80.2 a	37.7	6.27
		**	<i>n.s.</i>	*	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>
<i>Media file strette</i>		29	517	80.2	38.1	6.81
<i>Media file larghe</i>		25	505	80.1	38.1	6.35
<i>File strette vs. file larghe</i>		<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	<i>n.s.</i>	*

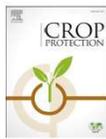
Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

Crop Protection 135 (2020) 105221

Contents lists available at ScienceDirect

Crop Protection

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cropro



Mechanical weed control in onion seed production

Euro Pannacci^{*}, Michela Farneselli, Marcello Guiducci, Francesco Tei

Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, University of Perugia, Borgo XX Giugno, 74 - 06121, Perugia, Italy

Tecniche di controllo meccanico:

- ✓ Erpice strigliatore
- ✓ Sarchiatura
- ✓ Sarchiatura + rincalzatura
- ✓ Sarchia-separatrice
- ✓ Finger-weeder
- ✓ Sarchia-separatrice + finger-weeder



OBIETTIVO DELLA RICERCA

Verificare la validità e l'applicabilità di diverse tecniche di controllo meccanico delle piante infestanti in cipolla da seme coltivata con due diverse modalità d'impianto: semina ("*seed to seed*") e impianto dei bulbi ("*bulb to seed*").

Modalità d'impianto (file a 50 cm):

- Semina ("*seed to seed*")
- Impianto bulbi ("*bulb to seed*")

1° ANNO

- Data semina: 02 agosto (57 semi m⁻²)
- Data impianto bulbi: 29 settembre (12 bulbi m⁻²)
- Data raccolta: 20 luglio anno successivo

2° ANNO

- Data semina: 07 agosto (57 semi m⁻²)
- Data impianto bulbi: 09 ottobre (12 bulbi m⁻²)
- Data raccolta: 7 luglio anno successivo

Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

Semina- Trattamenti meccanici

ERPICE STRIGLIATORE



SARCHIA-SEPARATRICE



FINGER-WEEDER



Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

Semina - Efficacia e selettività dei trattamenti

Trattamenti	Infestanti 14 GDT		Cipolla	
	Ricopr.	Efficacia	piante m ⁻²	
	(%)	(%)	14 GDT	119 GDT
Strigliatura	137 b	25 e	16 c	4 c
Sarchiatura	102 c	44 d	29 b	13 ab
Sarchia-separatrice	77 d	58 c	35 ab	15 ab
Finger-weeder	67 de	63 bc	29 b	11 bc
Sarchia-sep. + finger-w.	58 e	68 b	27 b	16 ab
Scerbatura manuale	11 f	94 a	33 ab	19 a
Controllo non trattato	182 a	-	41 a	18 ab

Controllo non trattato (14 GDT)



Sarchia-sep. + Finger-w. (14 GDT)



Pannacci et al., 2020. Crop Protection, 135, 105221

Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

Impianto bulbi- Trattamenti meccanici

SARCHIA-SEPARATRICE



FINGER-WEEDER



SARCHIATURA + RINCALZATURA



Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

1° e 2° anno - Impianto - Efficacia e selettività dei trattamenti

Trattamenti	1° anno Infestanti 42 GDT		2° anno Infestanti 43 GDT	
	Ricopr. (%)	Efficacia (%)	Ricopr. (%)	Efficacia (%)
	Sarchiatura	11 bc	81 bc	34 a
Sarchiatura + rincalzatura	8 bc	86 bc	17 b	76 a
Sarchia-separatrice	8 bc	87 bc	27 a	61 b
Finger-weeder	12 b	79 c	59 a	14 b
Sarchia-sep. + finger-w.	5 cd	92 ab	26 ab	62 ab
Scerbatura manuale	2 d	97 a	-	-
Controllo non trattato	58 a	-	69 a	-

Controllo non trattato



Trattamento più efficace



Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

Semina vs Impianto bulbi



Risultati sperimentali – Orticole – cipolla da seme

Semina vs Impianto bulbi - Produzione

	Trattamenti meccanici	Infior. (n. m ⁻²)	seme/inf. (g s.s.)	Peso di mille semi (g)	Produs. (kg s.s. ha ⁻¹)
Impianto bulbi	Sarchiatura	24	1.5	2.6	370
	Sarchiatura + rincalzatura	23	1.7	2.6	406
	Sarchia-separatrice	23	1.4	2.6	321
	Finger-weeder	23	1.6	2.6	370
	Sarchia-sep. + Finger-w.	26	1.7	2.7	446
	Scerbatura manuale	20	1.6	2.6	312
	Testimone non trattato	19	1.6	2.6	278
<i>M.D.S. (p=0.05)</i>	4	n.s.	0.1	n.s.	
Semina	Erpice strigliatore	1	0.5	2.8	11
	Sarchiatura	6	1.1	2.7	77
	Sarchia-separatrice	6	0.7	2.6	47
	Finger-weeder	3	0.7	2.5	28
	Sarchia-sep. + Finger-w.	7	1.3	2.7	93
	Scerbatura manuale	12	2.0	2.6	194
	Testimone non trattato	2	0.3	2.5	8
<i>M.D.S. (p=0.05)</i>	5	0.5	0.2	67	
Media impianto bulbi	23	1.6	2.6	358	
Media semina	6	0.9	2.6	66	
Signif. impianto vs. semina	**	**	n.s.	**	



Risultati sperimentali – Orticole - cipolla e cavolo cappuccio



OBIETTIVO DELLA RICERCA

Verificare efficacia e selettività di un sistema intelligente di controllo meccanico delle malerbe nella fila (Robovator) a confronto con mezzi tradizionali per il controllo meccanico nella fila in cipolla e cavolo cappuccio

Tecniche di controllo meccanico

- ✓ Torsion-weeder
- ✓ Erpice strigliatore
- ✓ Finger-weeder
- ✓ Robovator (diverse regolazioni)



Trapianto (file a 50 cm e piante a 30 cm sulla fila)

- Stadio cipolla: piante alte 15-20 cm
- Stadio infestanti: cotiledoni/2-4 foglie vere

- cipolla
- cavolo cappuccio

Risultati sperimentali – Orticole - cipolla e cavolo cappuccio

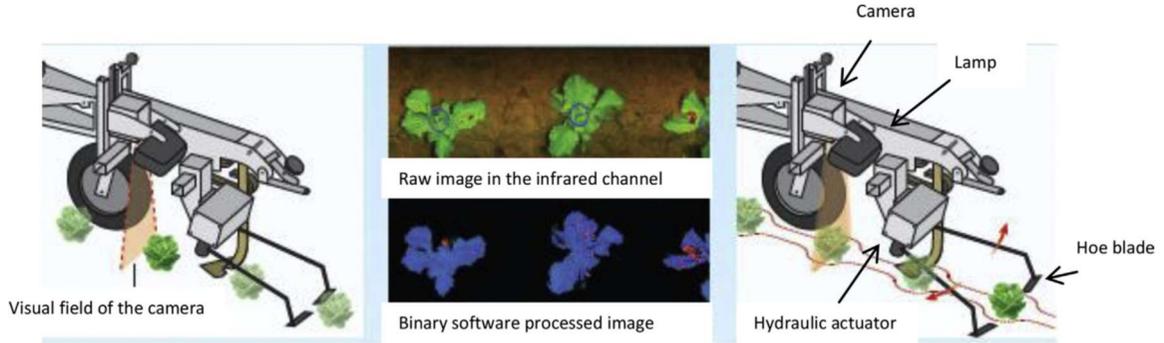
Torsion weeder



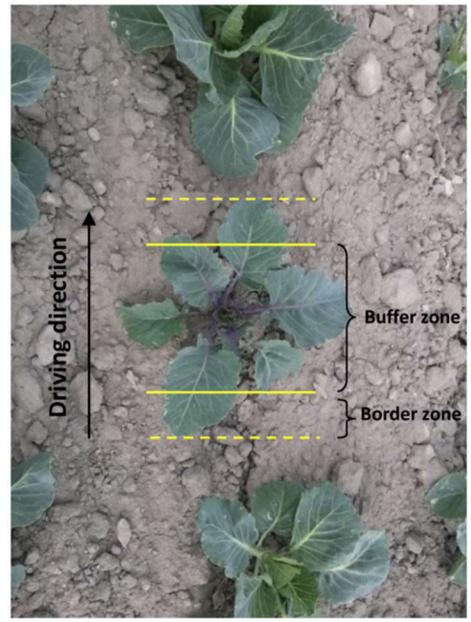
Finger weeder



Robovator



Erpice strigliatore



Melander et al., 2015. Crop Protection, 72, 1-8

Risultati sperimentali – Orticole - cipolla

Table 1

Treatment means of intra-row weeds (log-transformed) requiring manual removal following mechanical weed control in transplanted onion in experiments 1 and 2. Treatment means for the number of transplants and marketable yield (weight and number) are also included. A border zone of 0 mm was used in all treatments with the Robovator.

Experiment (expt) and treatments	Settings		Intra-row weeds before manual removal			Transplants, no. ha ⁻¹	Marketable yield	
	Forward speed km h ⁻¹	Proximity (mm)	No. m ⁻²		Effects relative to (a) (%)		t ha ⁻¹	No. ha ⁻¹
			Log-trf.	Back-trf.				
<i>Expt 1, 2010</i>								
a. Manual weeding	–	–	4.71 a	111.1	–	82,123 a	37.42 ab	317,778 a
b. Torsion weeding	1	50 between tines	3.26 b	26.0	76.6	79,339 a	27.02 a	262,222 a
c. Weed harrowing	4	–	3.85 ab	47.0	57.7	82,398 a	35.42 ab	302,222 a
d. Robovator I	2	120 buffer zone	3.98 ab	53.3	52.0	80,789 a	37.36 ab	314,444 a
e. Robovator II	4	120 buffer zone	3.68 b	39.6	64.4	79,731 a	34.44 ab	298,889 a
f. Robovator III	1.5	80 buffer zone	4.19 ab	66.0	40.6	83,064 a	40.18 b	308,889 a
g. Robovator IV	2	80 buffer zone	3.82 ab	47.6	57.2	81,222 a	31.67 ab	272,222 a
SED	–	–	0.31	–	–	2047	3.88	25,087
<i>Expt 2, 2011</i>								
a. Manual weeding	–	–	5.15 a	172.4	–	52,197 a	26.56 a	215,556 a
b. Torsion weeding	1.6	50 between tines	2.70 c	14.9	91.4	50,320 a	25.40 a	185,556 a
c. Weed harrowing	4.5	–	4.23 ab	68.7	60.2	52,320 a	25.22 a	204,444 a
d. Finger weeding	1.3	Overlapping fingers	2.96 c	19.3	88.8	51,320 a	20.02 a	167,778 a
e. Robovator I	1	120 buffer zone	3.28 bc	26.6	84.6	50,820 a	18.13 a	155,556 a
f. Robovator II	2	120 buffer zone	3.45 bc	31.5	81.7	49,172 a	21.29 a	177,778 a
g. Robovator III	1	80 buffer zone	2.75 c	15.6	91.0	51,820 a	26.47 a	201,111 a
h. Robovator IV	2	80 buffer zone	3.08 bc	21.8	87.4	50,517 a	25.33 a	210,000 a
SED	–	–	0.34	–	–	1172	5.22	33,969

SED is the maximum standard error of differences between means. Different letters alongside means in columns indicate significant differences at $P \leq 0.05$, (Tukey test).

✓ In cipolla Robovator non è risultato migliore dei trattamenti tradizionali (finger-weeder e torsion-weeder) né in termini di efficacia, né di selettività e produzione

Risultati sperimentali – Orticole – cavolo cappuccio

Table 2

Treatment means of number of intra-row weeds ($y^{0.5}$ -transformed in experiment 3) requiring manual removal following mechanical weeding and the residual intra-row weeds (log-transformed) at harvest in transplanted cabbage, experiments 3 and 4. Treatment means for cabbage number, weight and head size are also included. In experiment 4, weeds were only present in the plots with treatment (a) (s.e. in parentheses).

Experiment (expt) and treatments	Settings		Intra-row weeds removed				Residual weeds, g m ⁻²		Cabbage yield		
	Speed, km h ⁻¹	Proximity (mm)	No. m ⁻²			Effects relative to (a) (%)	Log-trf.	Back-trf.	No. ha ⁻¹	t ha ⁻¹	Diameter, cm head ⁻¹
			y ^{0.5} -trf.	Back-trf.	Untrf.						
<i>Expt 3, 2012</i>											
a. Manual weeding	—	—	7.32 a	53.61	—	—	3.18 a	23.14	37,750 a	90.35 ab	15.40 ab
b. Herbicide	—	—	1.42 b	2.03	—	96.2	0.17 b	0.19	39,000 a	89.76 ab	14.97 a
c. Weed harrowing	3.5	—	4.86 ab	23.60	—	56.0	2.76 a	14.77	35,500 a	101.91 b	16.72 c
d. Finger weeding	1.9	Overlapping	4.23 ab	17.88	—	66.7	2.47 a	10.85	34,500 a	87.45 a	15.83 abc
e. Robovator	1.5	120*	3.58 b	12.84	—	76.1	2.61 a	12.65	34,000 a	92.12 ab	16.52 bc
SED	—	—	1.18	—	—	—	0.67	—	1701	4.35	0.40
<i>Expt 4, 2013</i>											
a. Manual weeding	—	—	—	—	1.99 (0.598)	—	0.00 a	0.00	41,000 a	93.53 a	17.28 a
b. Herbicide	—	—	—	—	0.00	100	3.35 b	27.44	41,500 a	92.23 a	17.20 a
c. Weed harrowing	2.8	—	—	—	0.00	100	0.49 a	0.63	42,250 a	92.17 a	16.96 a
d. Finger weeding	2.2	Overlapping	—	—	0.00	100	0.00 a	0.00	41,000 a	96.95 a	17.57 a
e. Robovator I	2.0	200/70**	—	—	0.00	100	0.55 a	0.73	42,500 a	93.18 a	16.96 a
f. Robovator II	2.0	200/0***	—	—	0.00	100	1.07 a	1.91	41,750 a	95.15 a	17.30 a
SED	—	—	—	—	—	—	0.59	—	1196	4.11	0.36

*Buffer zone 120 mm, border zone 0 mm, ** buffer zone 200 mm, border zone -70 mm, *** buffer zone 200 mm, border zone 0 mm.

SED is the maximum standard error of differences between means. Different letters alongside means in columns indicate significant differences at $P \leq 0.05$, (Tukey test).

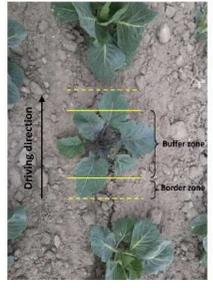
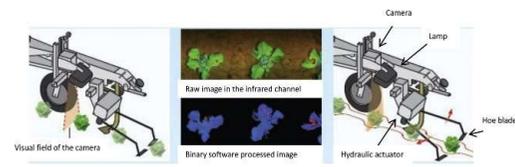
- ✓ In cavolo cappuccio Robovator non è risultato migliore dei trattamenti tradizionali (finger-weeder e torsion-weeder) né in termini di efficacia, né di selettività ed effetti sulla produzione

Risultati sperimentali – Orticole - cipolla e cavolo cappuccio

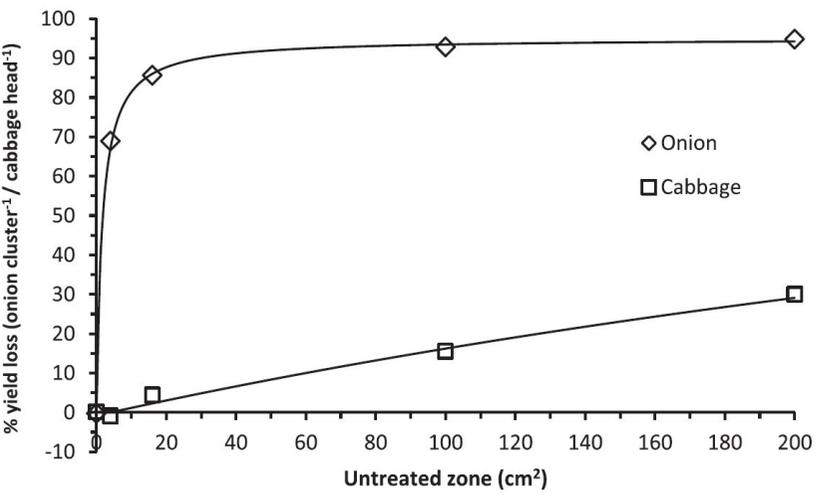
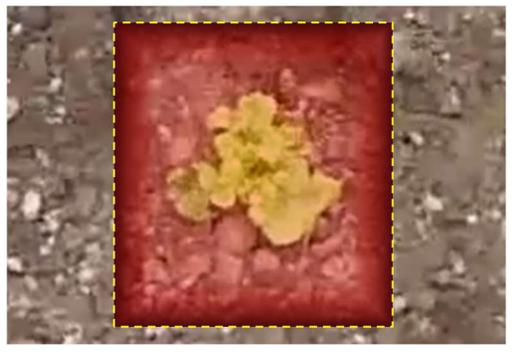
Importanza di quante malerbe restano nell'area non trattata



Intelligent versus non-intelligent mechanical intra-row weed control in transplanted onion and cabbage
 Bo Melander ^{a,*}, Boris Lattanzi ^b, Euro Pannacci ^b
^a Aarhus University, Faculty of Science and Technology, Department of Agroecology, Research Centre Høghøjbjerg, DK-4200 Slagelse, Denmark
^b University of Perugia, Department of Agricultural, Food and Environmental Sciences, Borgo XX Giugno, 74 - 06121 Perugia, Italy



area non trattata (*buffer zone*)



0 weeds x onion-cabbage plant⁻¹

2 weeds x onion-cabbage plant⁻¹

8 weeds x onion-cabbage plant⁻¹

50 weeds x onion-cabbage plant⁻¹

100 weeds x onion-cabbage plant⁻¹

Treatment 1, 2, 3, 4, 5

Risultati sperimentali – Orticole – Pomodoro da industria

2 anni di prove sperimentali (2023-2024)

Trattamenti meccanici e chimici (pieno campo e localizzati)



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.



TRATTAMENTI	Riduzione erbicidi (%)
Controllo non trattato	-
Scerbatura manuale (pieno campo)	-
Diserbo (pieno campo)	0
Sarchiatura (interfila) + Diserbo (fila)	50
Sarchiatura (interfila) + Finger-weeder (fila)	100



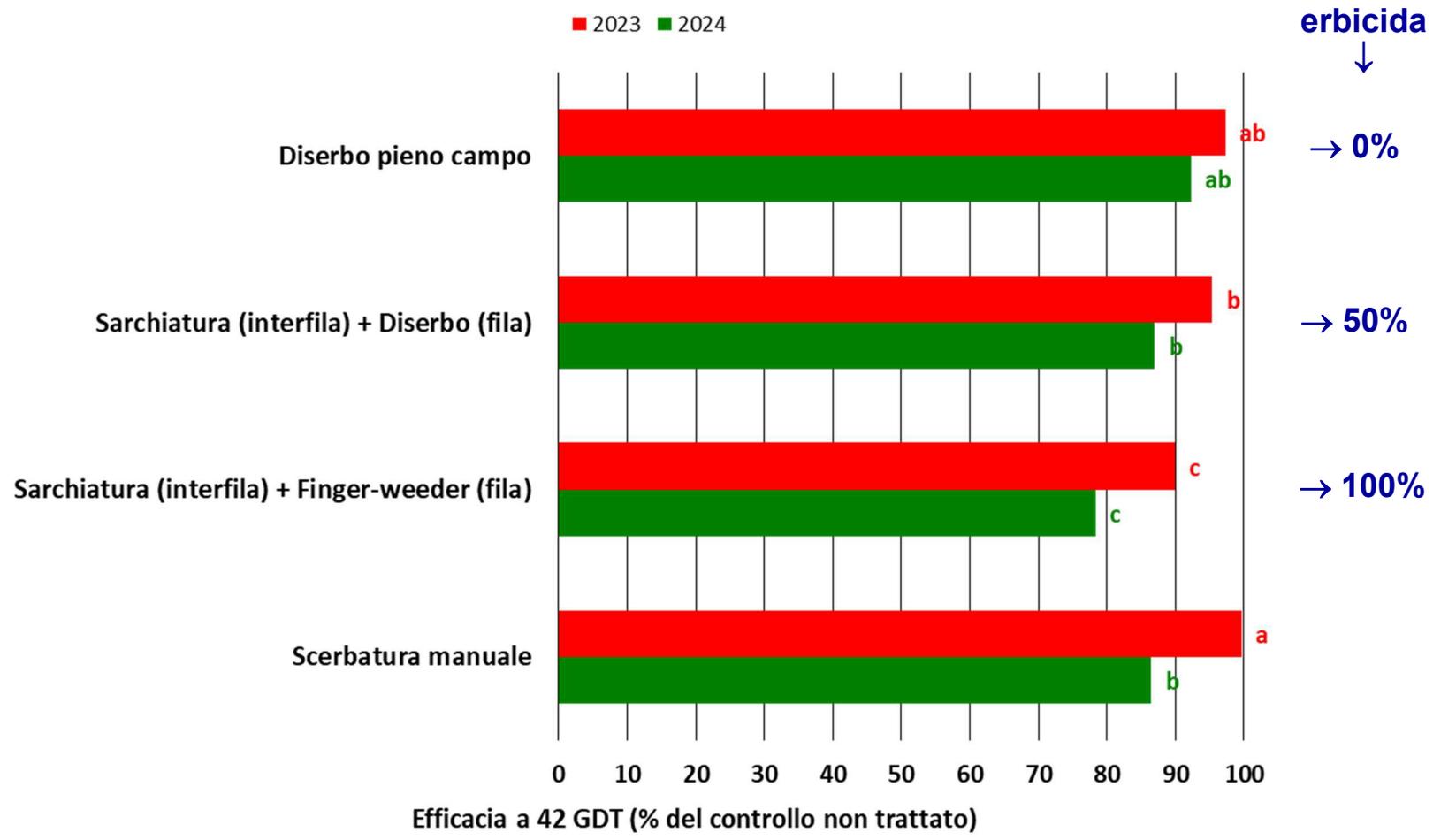
Risultati sperimentali – Orticole – Pomodoro da industria

2 anni di prove (2023-2024)

Efficacia dei trattamenti (%)



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.



Riduzione erbicida
↓



→ 0%

→ 50%

→ 100%



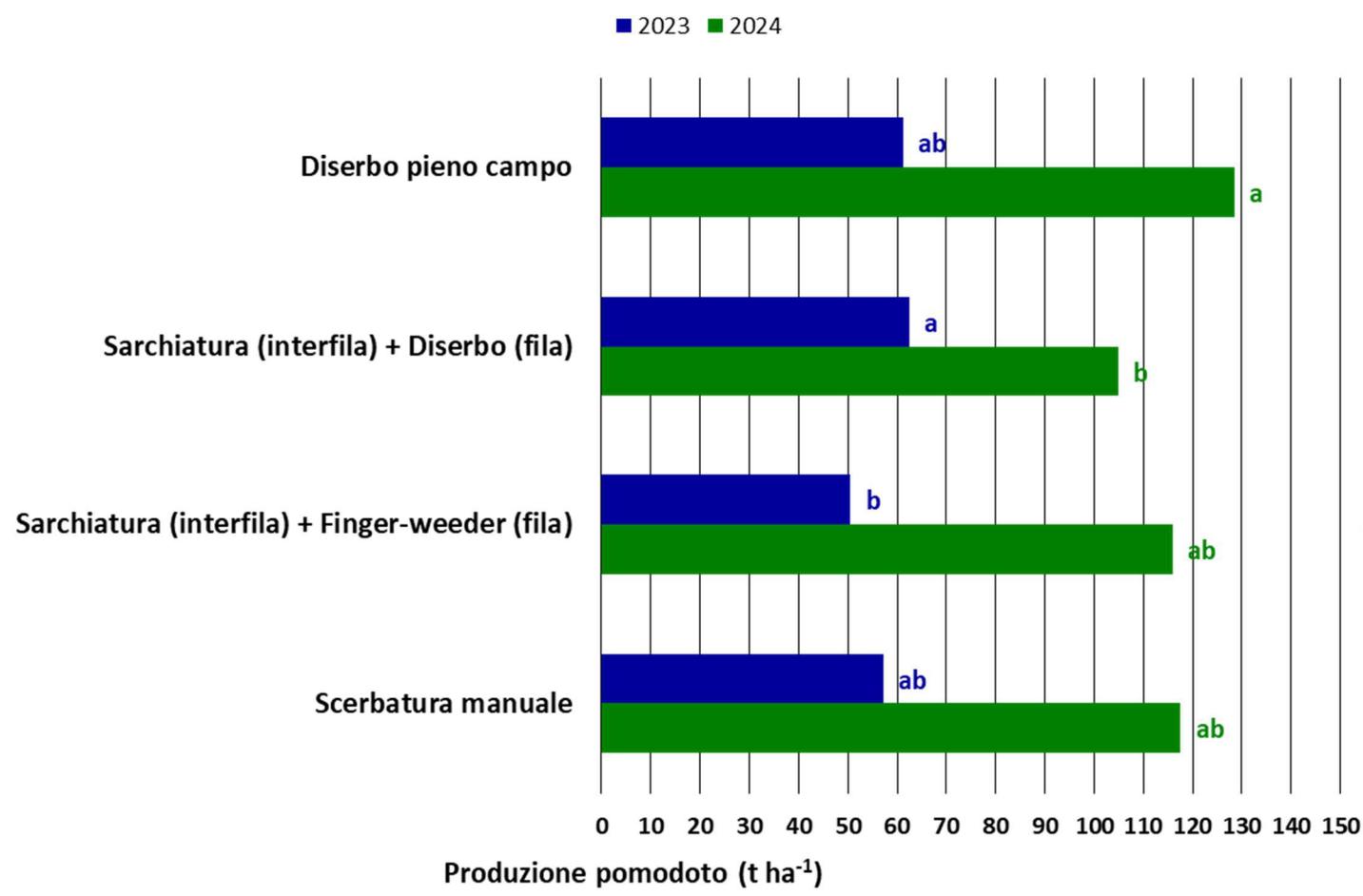
Risultati sperimentali – Orticole – Pomodoro da industria

2 anni di prove (2023-2024)

Produzione pomodoro (t ha⁻¹)



The PRIMA programme is supported under Horizon 2020 the European Union's Framework Programme for Research and Innovation.



Riduzione erbicida
↓

→ 0%

→ 50%

→ 100%



Considerazioni conclusive

- Controllo meccanico → buona selettività e buon controllo malerbe in assenza di erbicidi
- Fondamentale abbinare + interventi → controllo fila ed interfila → tempestività su malerbe piccole
- Efficacia non completa → malerbe non controllate → disseminazioni → riduzioni rese
- Efficacia non completa → malerbe non controllate → colture poco competitive → scerbature
- Migliori risultati → trapianto o semina profonda → file larghe → rapida emergenza e accrescimento
- Difficile dare ricette → necessità valutare di volta in volta → competenza personale tecnico
- Diserbo sulla fila + sarchiatura interfila → riduzione input erbicidi senza perdita di efficacia e resa
- Implementazione tecnologica → interventi sempre più precisi vicini alla coltura → maggior controllo
- Importanza ricerca per corretta valutazione effetti controllo meccanico nella gestione malerbe



Ciclo di webinar organizzati dalla
Società Italiana per la Ricerca sulla Flora Infestante (SIRFI)

GRAZIE PER L'ATTENZIONE...
....e Buone Festività



Prof. Euro Pannacci
Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Ambientali
Università degli Studi di Perugia
euro.pannacci@unipg.it

(12 dicembre 2024)

