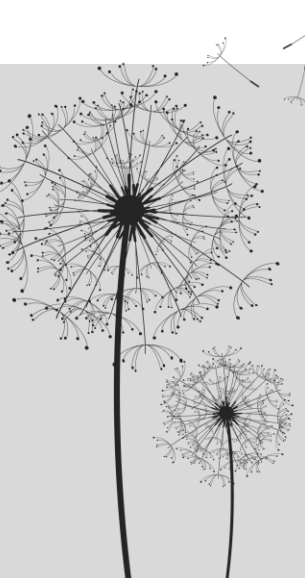
Controllo elettrico delle infestanti: opportunità per una gestione sostenibile delle infestanti nelle colture orticole

Electrical weed control: opportunities for sustainable weed management in Horticultural crops



Pisa PI, ITA
June 2026

Marcelo L Moretti
Associate Professor, Weed Science
Department of Horticulture, Oregon State University

Oregon State University

Outline

1. My Research Program
2. Why electrical weed control?
3. How does it work?
4. Equipment and safety
5. Research results from U.S. perennial crops
6. Economics and operational considerations
7. Future opportunities
8. Discussion

Schema

1. Il mio programma di ricerca
2. Perché il diserbo elettrico?
3. Come funziona?
4. Attrezzature e sicurezza
5. Risultati della ricerca su colture perenni negli Stati Uniti
6. Aspetti economici e operativi
7. Prospettive future
8. Discussione

Why do we need new options?

Perché abbiamo bisogno di nuove opzioni?

Labor Shortage	**Carenza di manodopera**
Herbicide Resistance	**Resistenza agli erbicidi**
Perennial weeds	**Erbe infestanti perenni**
No soil tillage	**Uso limitato della lavorazione del terreno**
Export market access & pesticide restrictions	**Accesso ai mercati di esportazione e restrizioni sui pesticidi**
Organic production	**produzione biologica**



Why electric weed control?

Perché il controllo elettrico delle infestanti?

- No chemical residue
- No soil tillage
- Broad spectrum of weed control
- Compatible with orchards

- **Nessun residuo chimico**
- **Nessuna lavorazione del terreno**
- **Ampio spettro di controllo delle infestanti**
- **Compatibile con i frutteti**



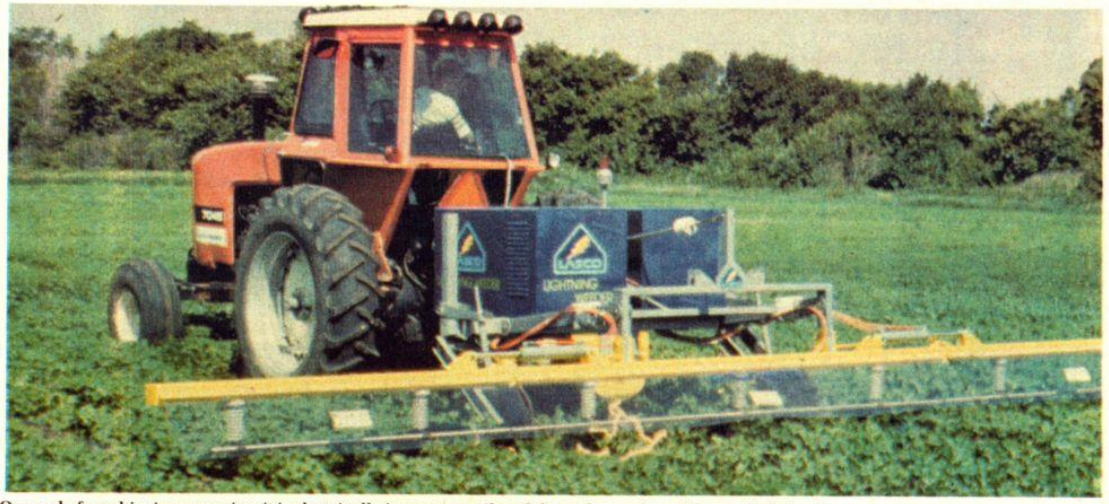
The Technology

La Tecnologia



A Rediscovered Technology
Una Tecnologia Riscoperta

- Electric Weed Control (EWC) first patent 1880's (Vigneault and Benoît 2001)
- Commercial units in US since 1970's https://www.lightningweeder.com/
- "Initial" Limitations :
  crop vs weed size difference
  Electrode above the crop – 3.4 to 12 m wide needing 120 to 250 hp


One end of machine's power circuit is electrically in contact wtih soil through a coulter. Other end of circuit is connected to boom which comes in direct contact with weeds growing taller than crop.

- Controllo elettrico delle infestanti (EWC): primo brevetto negli anni '80 dell'Ottocento (Vigneault e Benoît 2001)
- Unità commerciali disponibili negli USA dagli anni '70
- Limiti "iniziali":
  differenza di dimensioni tra coltura e infestante
- Elettrodo sopra la coltura – larghezza da 3,4 a 12 m, potenza richiesta da 120 a 250 CV

A Rediscovered Technology
Una Tecnologia Riscoperta

- Newer version
  - Direct contact with plants and soil
  - Two sets of electrodes closer together
  - Treated area 1.2 to 2.4 m needing 75 to 120 hp



Versione più recente
Contatto diretto con piante e terreno
Due serie di elettrodi più ravvicinate
Area trattata da 1,2 a 2,4 m; potenza richiesta da 75 a 120 CV



How does it work?
Come funziona?

- **Electrode** contact drives current through the plant, generating **heat** and causing rapid injury. **Belowground** effects can occur depending on species and field conditions.



Il contatto dell'elettrodo fa passare corrente attraverso la pianta, generando calore e provocando danni rapidi. A seconda della specie e delle condizioni del campo, possono verificarsi effetti a livello dell'apparato radicale.



Electric Weed Control (EWC):
How does it work?



A week later





6 weeks later

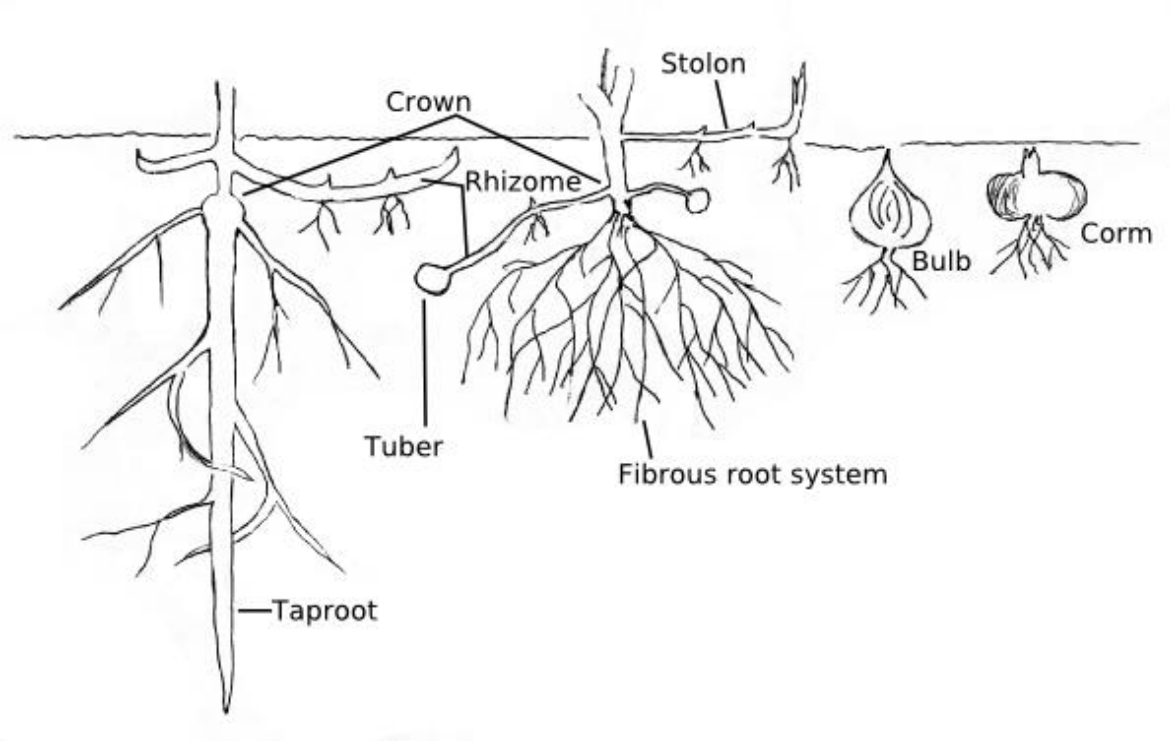
6 settimane dopo

Plant Factors that affect EWC

Fattori legati alla pianta che influenzano il diserbo elettrico

- Plant species/ morphology
- Root system
- Stage of development
- Water status
- Herbaceous vs woody tissue
- Plant Density

- Specie vegetale / morfologia
- Apparato radicale?
- Stadio di sviluppo
- Stato idrico
- Tessuto erbaceo vs legnoso
- Densità di impianto

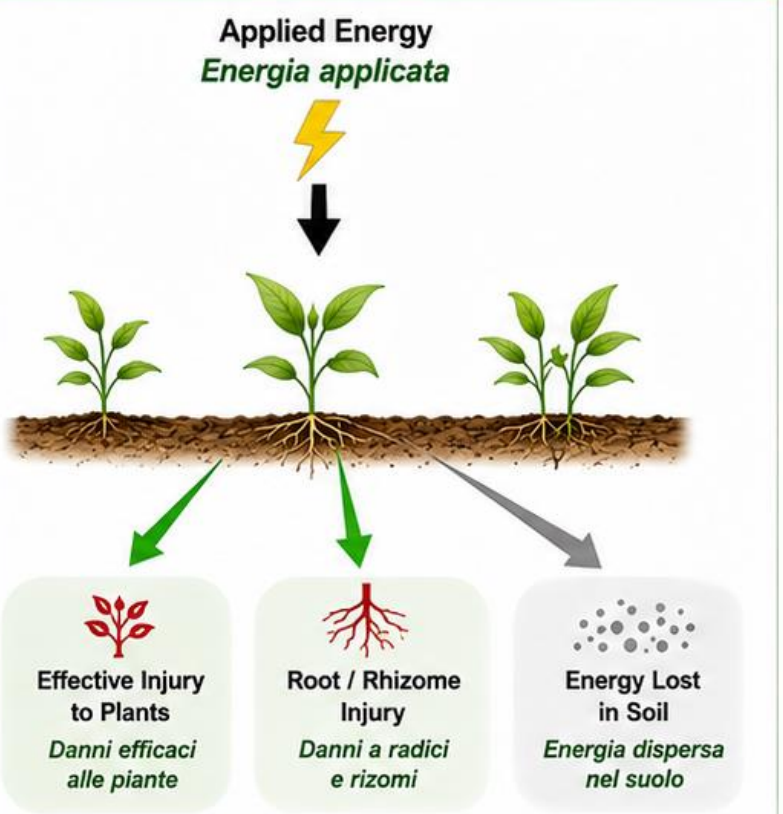


WEED SIZE AND DENSITY INFLUENCE ENERGY DISTRIBUTION AND EFFECTIVENESS

LA DIMENSIONE E LA DENSITÀ DELLE INFESTANTI INFLUENZANO LA DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA E L'EFFICACIA

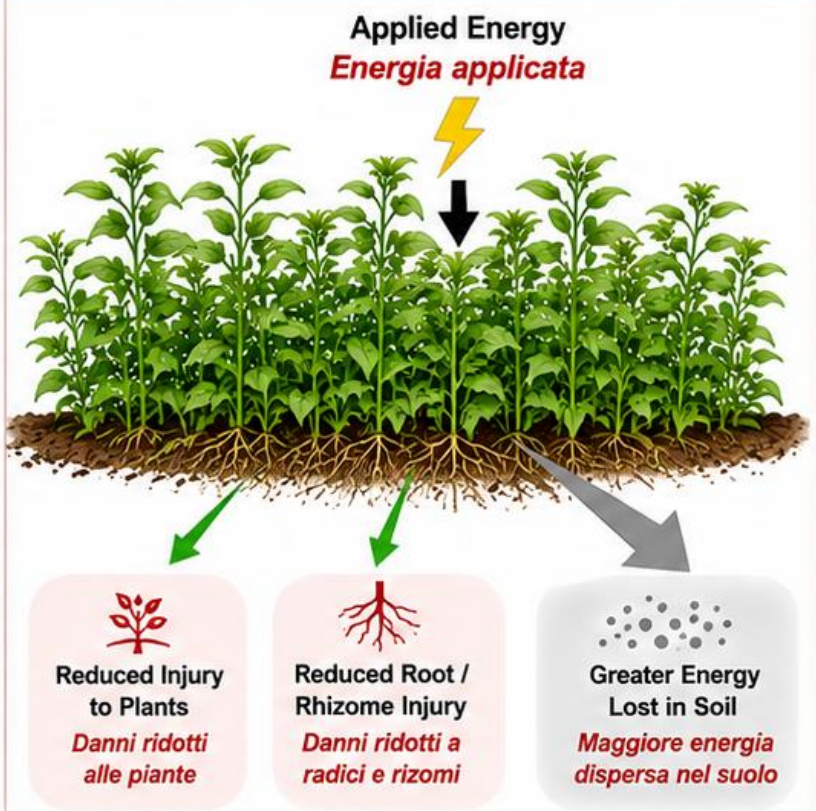
SMALL / SPARSE WEEDS – MORE EFFECTIVE
INFESTANTI PICCOLE / BASSA DENSITÀ – PIÙ EFFICACE

- Better contact with individual plants
  Migliore contatto con le singole piante
- Less biomass competing for energy
  Meno biomassa che compete per l'energia
- More consistent injury
  Danni più uniformi
- Lower energy requirement
  Richiesta di energia più bassa



Higher efficacy
Maggiore efficacia

LARGE / DENSE WEEDS – LESS EFFECTIVE
INFESTANTI GRANDI / ALTA DENSITÀ – MENO EFFICACE



- More biomass to heat and damage
  Maggiore biomassa da riscaldare e danneggiare
- Energy distributed across many stems and leaves
  Energia distribuita su molti fusti e foglie
- Shading and overlapping plants reduce contact
  Ombreggiamento e sovrapposizione riducono il contatto
- Higher energy requirement and more escapes
  Richiesta di energia più alta e più piante che sopravvivono

Applied Energy
Energia applicata

Energy reaching plants and roots (Effective energy)
Energia che raggiunge le piante e le radici (Energia efficace)

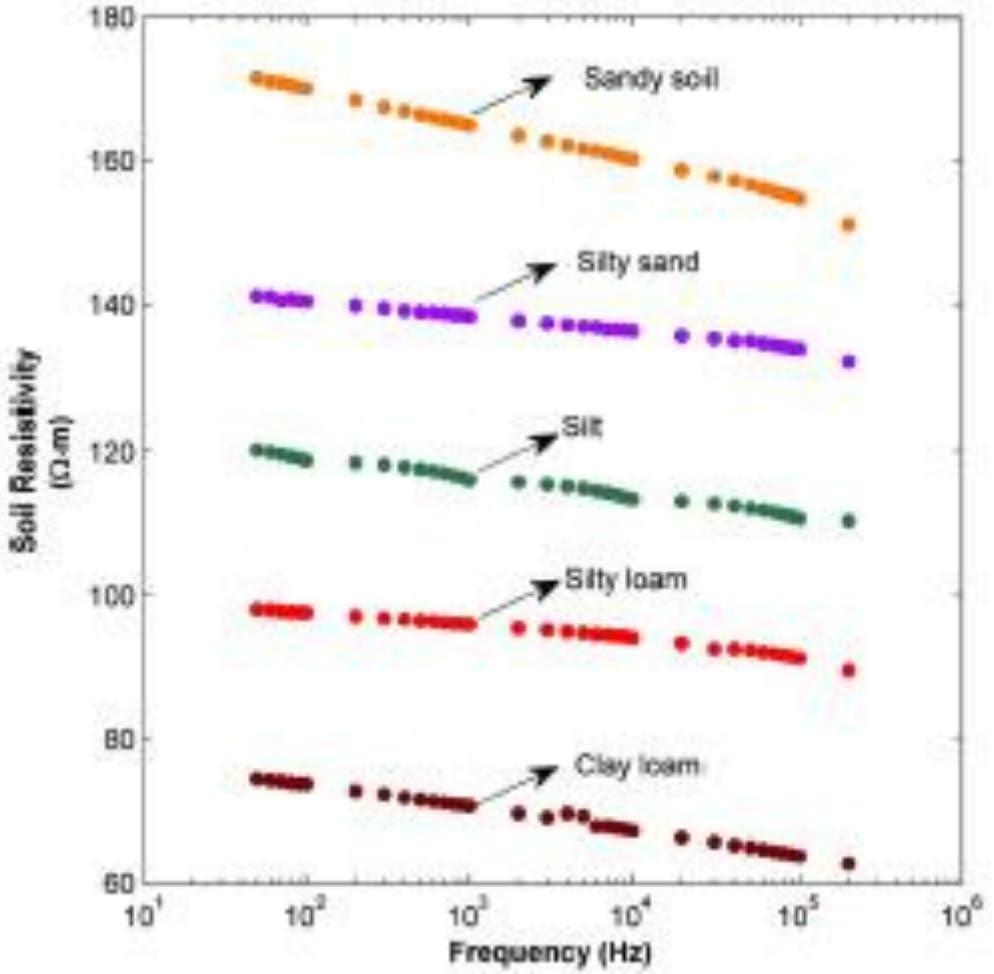
Energy lost in soil (Non-effective loss)
Energia dispersa nel suolo (perdita non efficace)

Biological injury (Desired effect)
Danno biologico (Effetto desiderato)

KEY TAKE-HOME MESSAGE: The same machine setting may deliver very different biological effects depending on weed size and canopy density.
MESSAGGIO CHIAVE: *La stessa impostazione della macchina può produrre effetti biologici molto diversi a seconda della dimensione e della densità delle infestanti.*

Soil Factors that affect EWC

- Soil impedance (resistivity - ohm)
- Mineral composition
- Texture (clay soil lower resistivity)
- Moisture (moist soil lower resistivity)
- Temperature (warm soil lower resistivity)
- Soil porosity



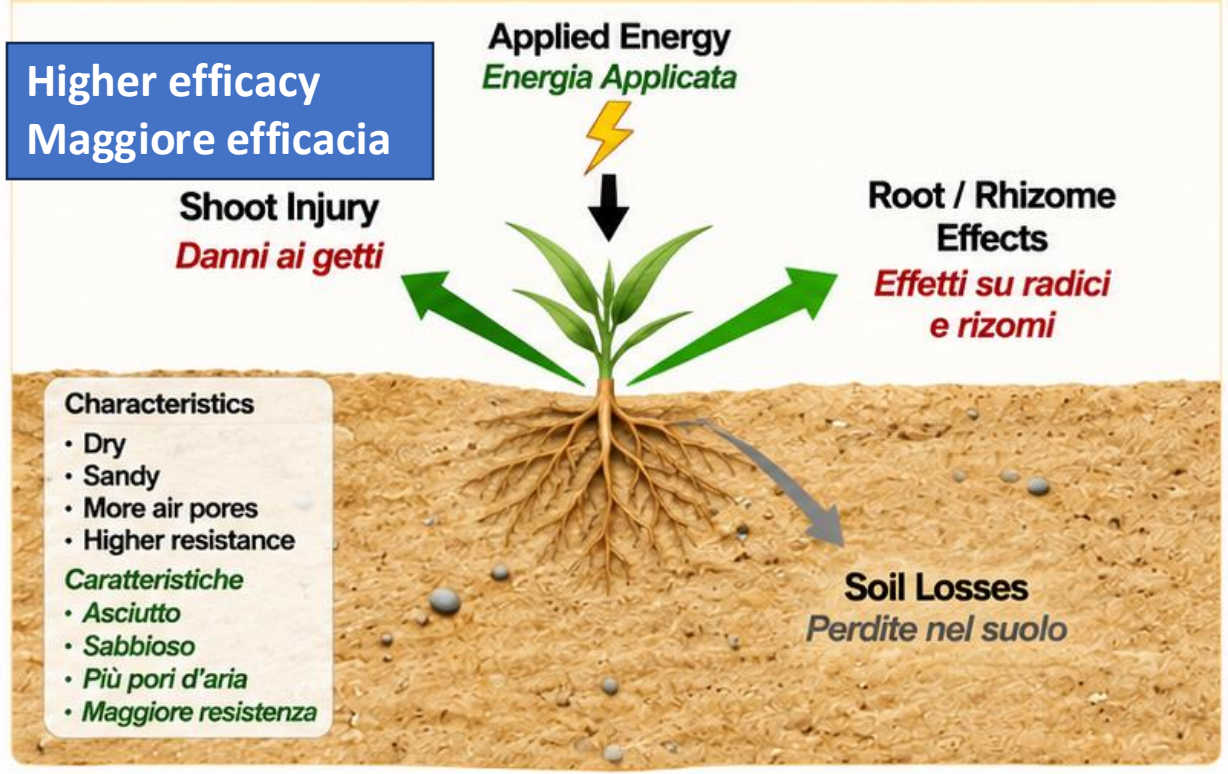
SOIL PROPERTIES INFLUENCE ENERGY DISTRIBUTION

LE PROPRIETÀ DEL SUOLO INFLUENZANO LA DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA

DRY SANDY SOIL
SUOLO SABBIOSO ASCIUTTO

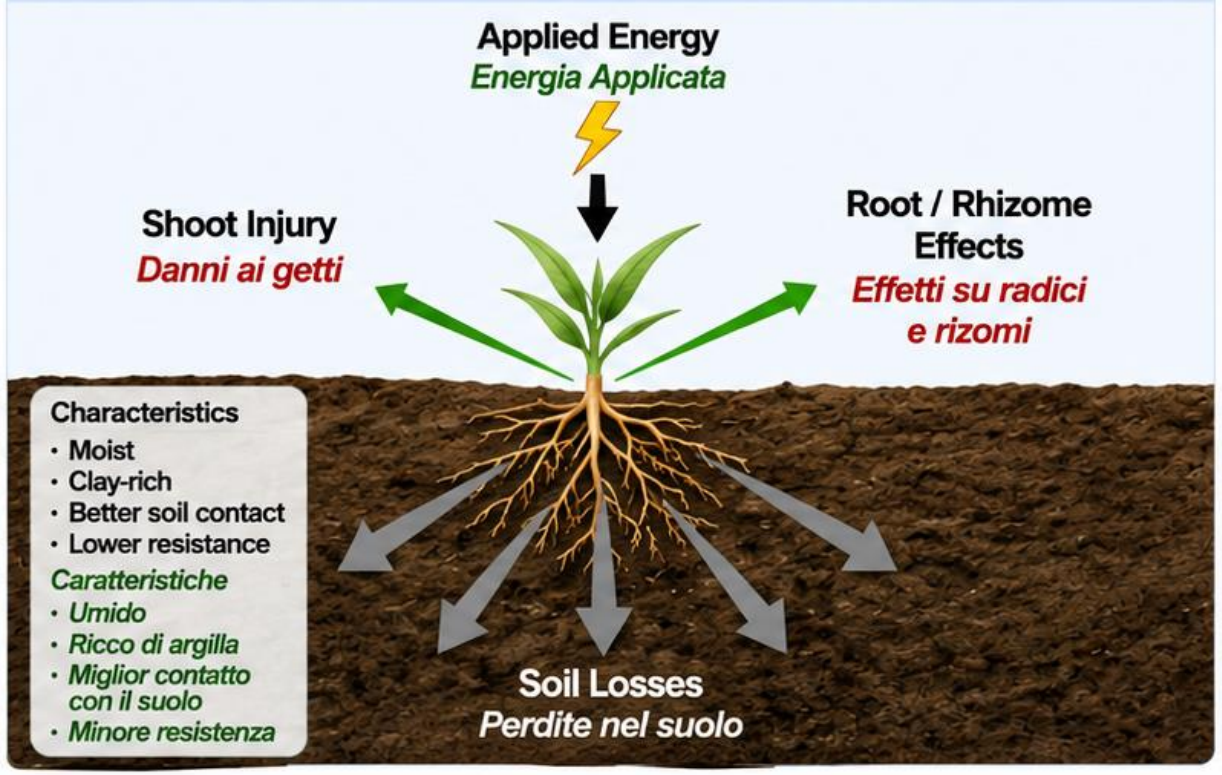
Higher resistivity • *Maggiore resistività*

Higher efficacy
Maggiore efficacia



MOIST CLAY SOIL
SUOLO ARGILLOSO UMIDO

Lower resistivity • *Minore resistività*



→ Energy reaching plant and roots
Energia che raggiunge la pianta e le radici

→ Energy dissipated in soil
Energia dissipata nel suolo

→ Potential for biological injury
Potenziale di danno biologico

KEY TAKE-HOME MESSAGE

Soil properties determine not only **how much energy is delivered**, but **where that energy is delivered.**

MESSAGGIO CHIAVE

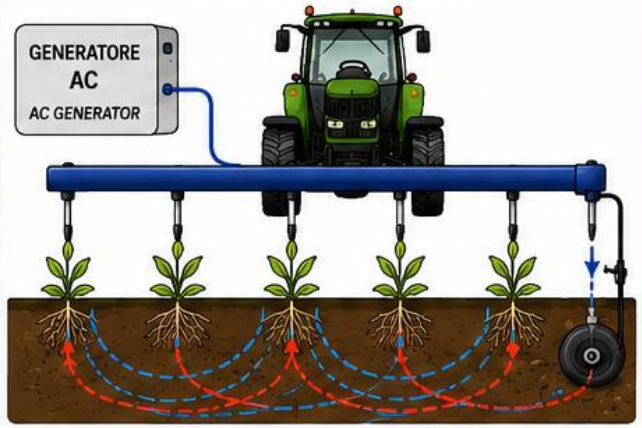
Le proprietá del suolo determinano non solo quanta energia viene fornita, ma anche dove viene distribuita.

APPROCCI ELETTRICI PER IL CONTROLLO DELLE INFESTANTI

ELECTRICAL APPROACHES FOR WEED CONTROL

AC

CORRENTE ALTERNATA
ALTERNATING CURRENT



La corrente alterna direzione 60 volte al secondo
(60 Hz)

Current alternates direction 60 times per second
(60 Hz)

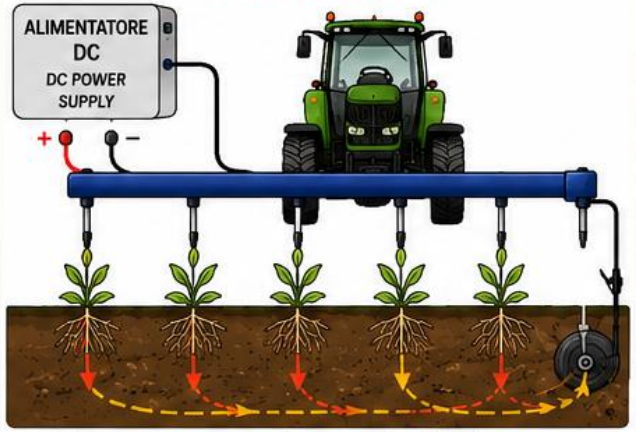
- La direzione della corrente si inverte continuamente
  Current direction reverses continuously
- Efficace per riscaldare i tessuti vegetali
  Effective at heating plant tissues
- Ampiamente utilizzata nei sistemi EWC commerciali
  Widely used in commercial EWC systems
- Richiede buon contatto e un percorso di ritorno nel suolo
  Requires good contact and soil return path

FORMA D'ONDA TIPICA / *TYPICAL WAVEFORM*



DC

CORRENTE CONTINUA
DIRECT CURRENT



La corrente scorre in una sola direzione
(polarità costante)

Current flows in one direction (constant polarity)

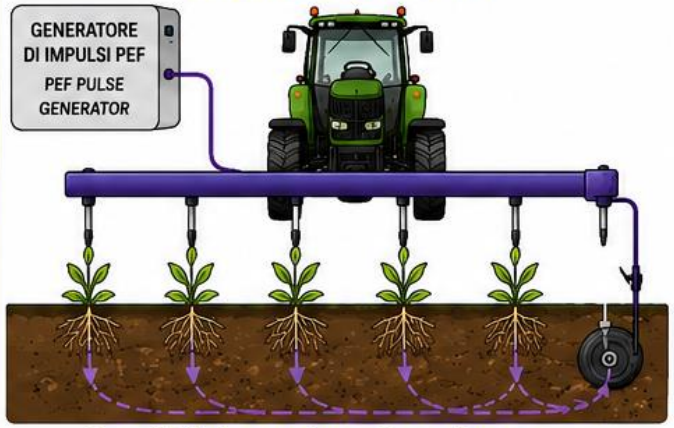
- Corrente costante in una sola direzione
  Constant current in one direction
- Può essere efficace per alcune applicazioni
  Can be effective for certain applications
- Può causare polarizzazione degli elettrodi nel tempo
  May cause electrode polarization over time
- Meno comune nei sistemi EWC moderni
  Less common in modern EWC systems

FORMA D'ONDA TIPICA / *TYPICAL WAVEFORM*



PEF

CAMPO ELETTRICO PULSATO
PULSED ELECTRIC FIELD

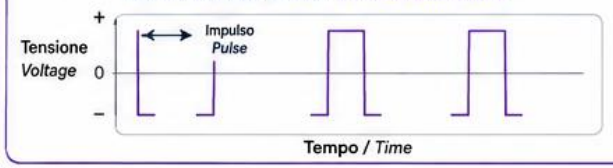


Impulsi di alta tensione e breve durata
(da microsecondi a millisecondi)

High-voltage pulses of short duration
(micro to milliseconds)

- Fornisce impulsi brevi e ad alta tensione
  Delivers short, high-voltage pulses
- Elettropora le membrane cellulari
  Electroporates cell membranes
- Può essere efficace con minore consumo energetico
  Can be effective with lower energy input
- Tecnologia emergente nel controllo delle infestanti
  Emerging technology in weed control

FORMA D'ONDA TIPICA / *TYPICAL WAVEFORM*



COMUNE A TUTTI E TRE GLI APPROCCI / *COMMON TO ALL THREE APPROACHES*

L'elettricità entra nella pianta attraverso gli elettrodi di trattamento
e ritorna al generatore attraverso il suolo e un elettrodo di ritorno, completando il circuito.

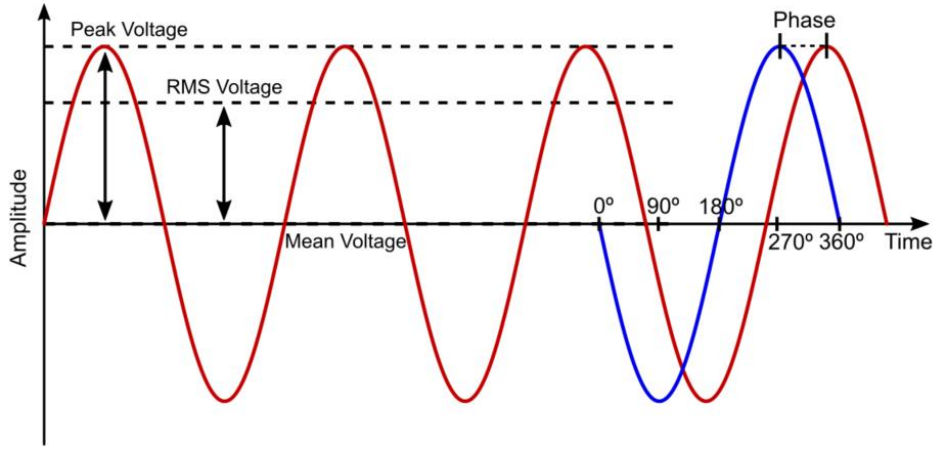
Electricity enters the plant via the treatment electrodes
and returns through the soil to a return electrode, completing the circuit.

- Collegamento elettrico / Electrical Connection
- Corrente attraverso la pianta / Current Through Plant
- Corrente di ritorno attraverso il suolo / Return Current Through Soil

- Alternating Current (AC) – Corrente Alternata

- 180 Hz
- 3 to 12 KV
- Electrodes are always in contact with soil or weeds (safety)
- Provide Constant Power
- V rms = 0.7 peak voltage
- Field Conditions are variable





How is the technology Progressing



Rootwave Ubiqutek Ltd
High frequency AC system - 18 kHz

Rootwave Ubiqutek Ltd
Sistema a corrente alternata (CA) ad alta frequenza - 18 kHz

Potential Benefits:

- Greater Power Factor – reduced reactive power
- Safer to humans

Possibili vantaggi:
Fattore di potenza più elevato – ridotta potenza reattiva
Maggiore sicurezza per le persone

Crop Zone



Technology
Conductive spray (Volt.Fuel)
Typical application
Broad-acre weed control
Equipment requirements
Large row-crop tractor (~200–400 hp)
boom 9–12 m
Operating speed
Approximately 3–8 km h^{-1}
Strength
Handles dense vegetation better than many earlier EWC systems
Limitation
Large tractor and substantial power requirements

Tecnologia
Spray conduttivo (Volt.Fuel) –
Applicazione tipica
Controllo delle infestanti su vaste superfici
Requisiti dell'attrezzatura
Trattore di grandi dimensioni per colture a file (~200–400 CV)
Barra irroratrice da 9–12 m
Velocità operativa
Circa 3–8 km/h
Punto di forza
Gestisce la vegetazione densa meglio di molti sistemi EWC precedenti
Limite
Richiede un trattore di grandi dimensioni e una potenza elevata

Direct Energy



Zasso Xpower
Requires 85 hp
Self-adjusting Energy according to soil impedance
reduced loss to soil
Lower Fire hazard
Less energy is applied bare soil

Zasso Xpower
Richiede 85 CV
Regolazione automatica dell'energia in base all'impedenza del terreno
Ridotta dispersione di energia nel terreno
Minore rischio di incendio
Minore apporto di energia al terreno nudo

Pulsed Electric Field



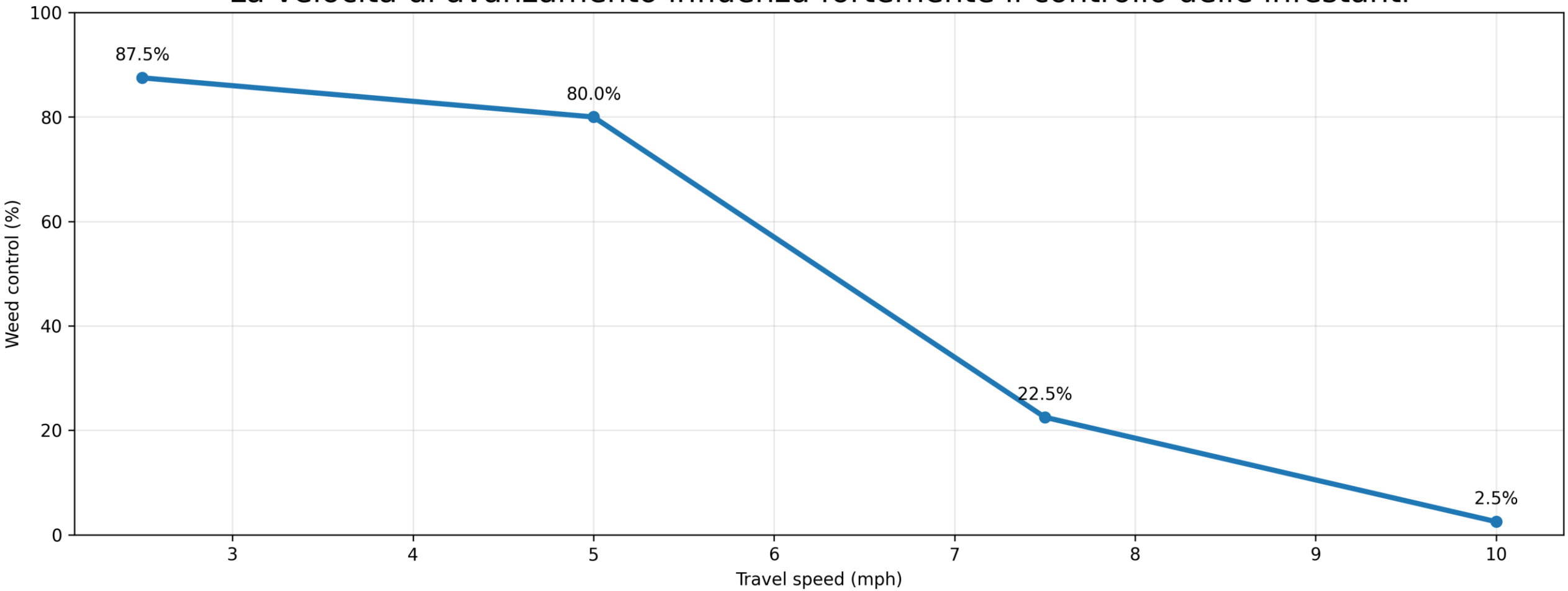
Azaneo & Lisi Global

- Little information avaialbe
- Likely relying on combination of battery plus tractor

Azaneo & Lisi Global
Poche informazioni disponibili
Probabilmente si basa su una combinazione di batteria e trattore







More energy delivered per plant <----------> Less energy delivered per plant

Reducing travel speed from 10 to 5 mph increased weed control from 3% to 80%
Ridurre la velocità da 10 a 5 mph ha aumentato il controllo delle infestanti dal 3% all'80%

Not All Weeds Are Equal

Le infestanti non sono tutte uguali

Annual broadleaves

- 100% control with one pass at 1.5 to 2.5 km h^{-1}
  - Polygonum spp. smartweeds
  - Horseweed (Erigeron)
  - Commom labsquarter
- Small seedlings can be killed even at 6 km h^{-1}
  - Stales seedbed approach

Dicotiledoni a ciclo annuale
Controllo al 100% con un solo passaggio a una velocità compresa tra 1,5 e 2,5 km/h

- *Polygonum* spp. (poligono)
- *Erigeron* spp. (erba canadese)
- *Chenopodium album* (farinaccio comune)

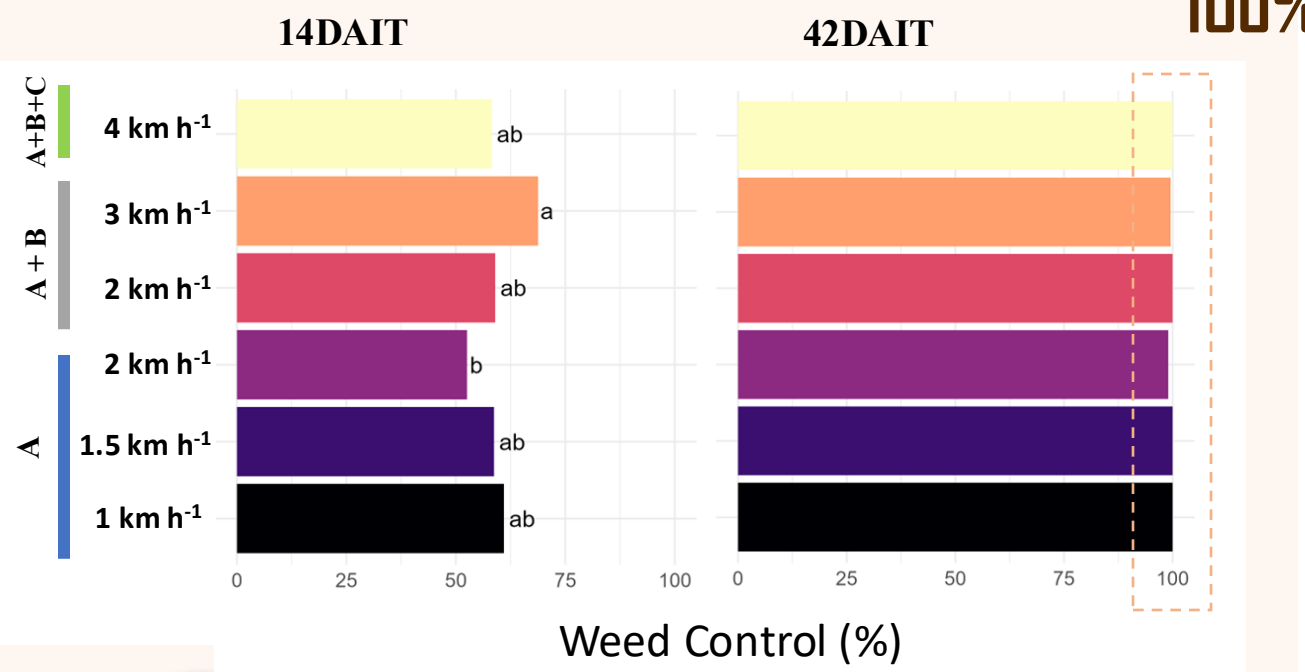
Le plantule giovani possono essere eliminate anche a una velocità di 6 km/h

Tecnica del falso letto di semina

Velocità operativa e numero di applicazioni

Species-Specific Responses

100%

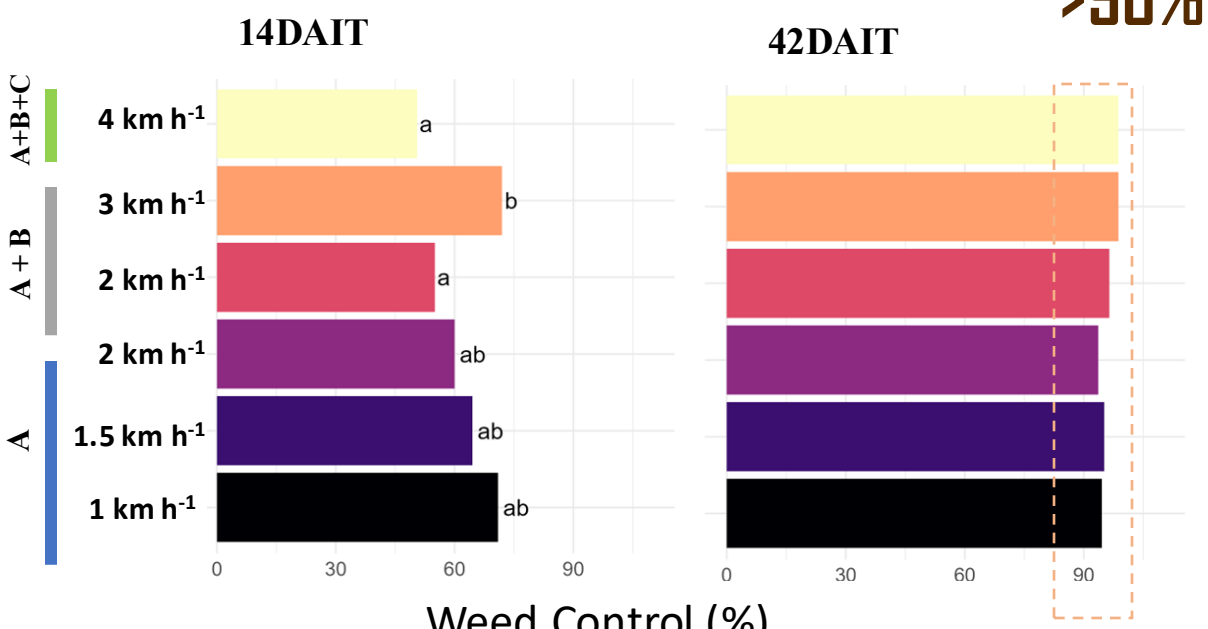




Smartweed
(*Polygonum pensylvanicum*)



>90%





Northern willowherb
(*Epilobium ciliatum*)



Grasses - It takes two passes!
Graminacee : servono due passaggi!

Why Are Annual Grasses Difficult?

🌾 Narrow leaves reduce electrode contact.

🌿 Tillers divide energy among multiple shoots.

📈 Dense grass stands require more energy per unit area.

⏳ Control declines rapidly as grasses mature.

Perché le graminacee annuali sono difficili da gestire?

🌾 Le foglie strette riducono il contatto con gli elettrodi.

🌿 I culmi secondari (accestimento) ripartiscono l'energia tra più germogli.

📈 I tappeti erbosi densi richiedono più energia per unità di superficie.

⏳ L'efficacia del controllo diminuisce rapidamente man mano che le piante maturano.

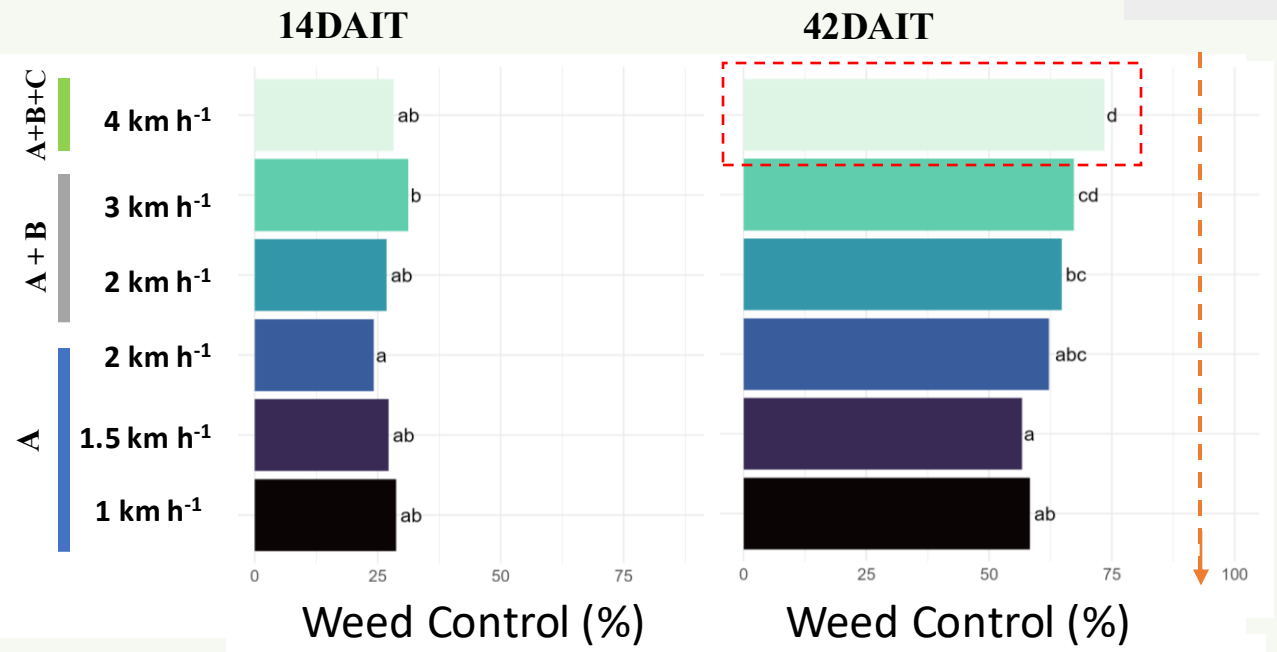
The tillers!
Gli accestimenti!



Operational Speed and Number of Applications

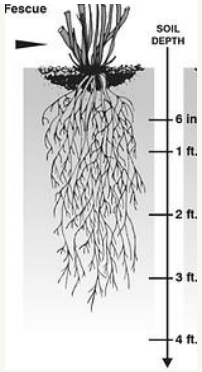
Species-Specific Responses

67 - 73 %

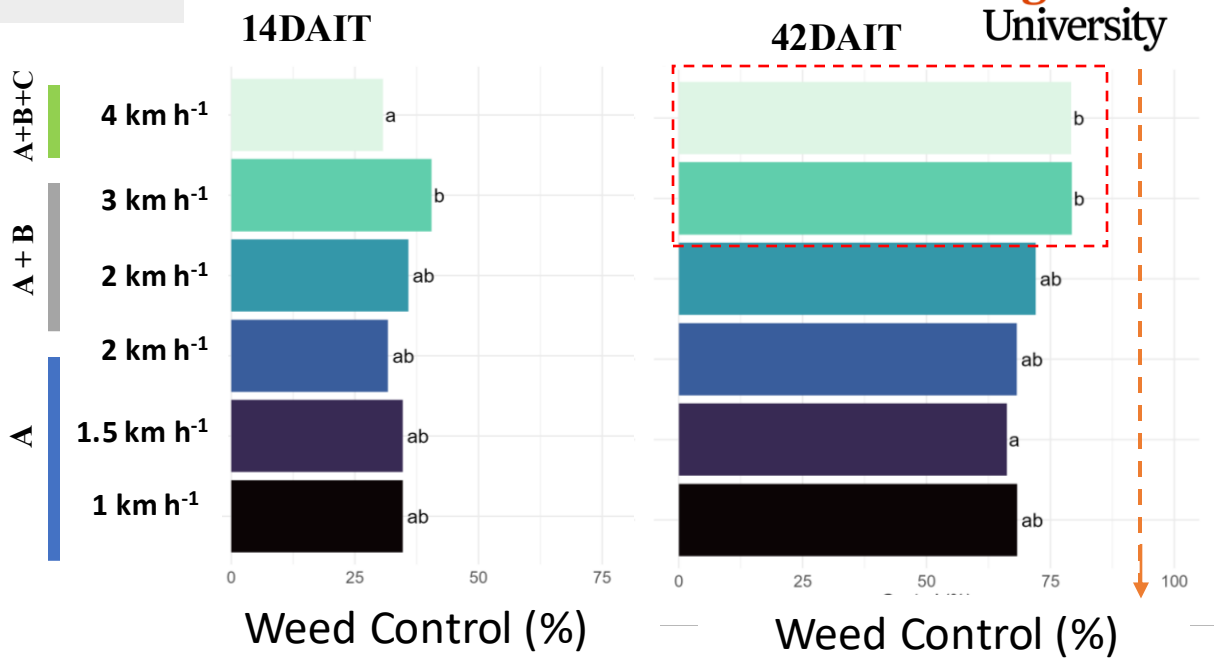




Tall Fescue
(*Festuca arundinacea*)



Infestante prostrata





Sharppoint fluvellin
(*Kickxia elatine*)



Control declines rapidly as grasses mature

L'efficacia del controllo diminuisce rapidamente man mano che le piante maturano.

After a single treatment:

- No effect on biomass in large plants
- Smaller plants experience fivefold reduction in weight at 1.1 kJ m^{-2} (1.6 km h^{-1})
- All treatments reduced inflorescence weight after one pass.

Site	Average Initial weight Biomassa iniziale (kg m^{-2})	Lethal rate 90% Dose per il 90% di controllo (kJ m^{-2})
Salem	0.05	0.7
Canby	0.23	8.15
Corvallis	1.13	-

Dopo un singolo trattamento:
Nessun effetto sulla biomassa nelle piante di grandi dimensioni
Le piante più piccole subiscono una riduzione del peso di cinque volte a 1,1 kJ m^{-2} (1,6 km h^{-1})
Tutti i trattamenti hanno ridotto il peso delle infiorescenze dopo un solo passaggio.

Annual grasses - It takes two passes!

Graminacee annuali: servono due passaggi!

Why Are Annual Grasses Difficult?

🌾 Narrow leaves reduce electrode contact.

🌿 Tillers divide energy among multiple shoots.

📈 Dense grass stands require more energy per unit area.

⏳ Control declines rapidly as grasses mature.

Perché le graminacee annuali sono difficili da gestire?

🌾 Le foglie strette riducono il contatto con gli elettrodi.

🌿 I culmi secondari (accestimento) ripartiscono l'energia tra più germogli.

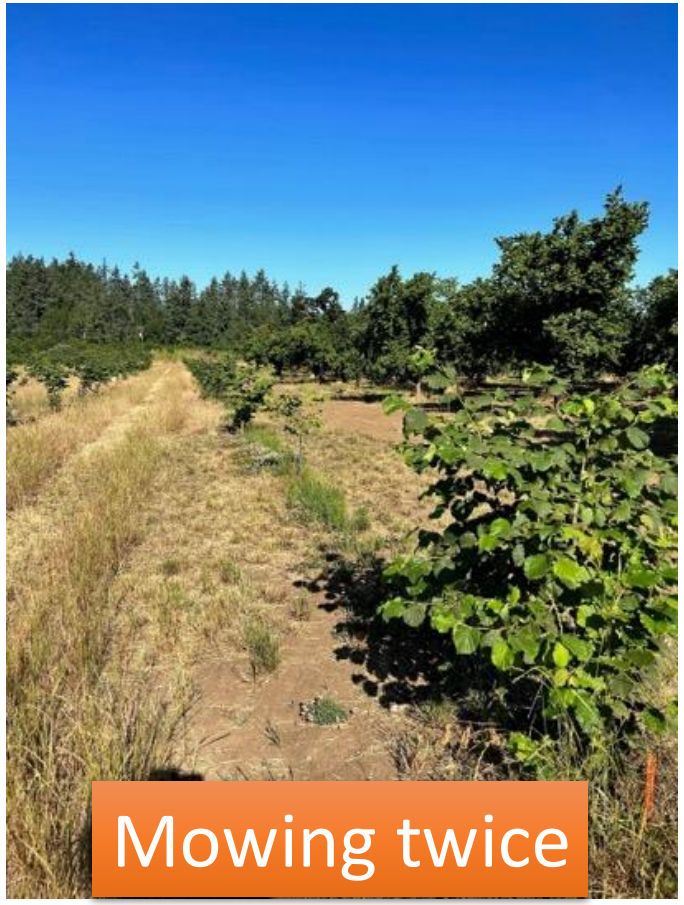
📈 I tappeti erbosi densi richiedono più energia per unità di superficie.

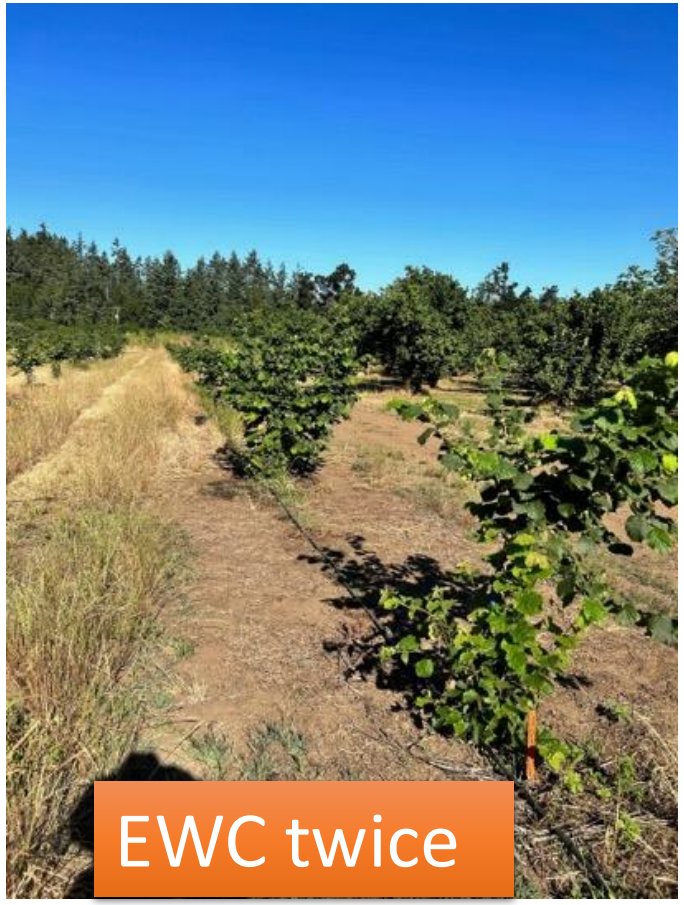
⏳ L'efficacia del controllo diminuisce rapidamente man mano che le piante maturano.

Annual grasses - It takes two passes!

Graminacee annuali: servono due passaggi!







The perennial weeds

le erbe infestanti perenni

Cyperus esculentus - **Cipero giallo**

Shoot easy to kill – tubers no so much

Fogliame facile da eliminare – tuberi non altrettanto

- New shoots emerge from underground tubers
- **Nuova vegetazione emerge dai tuberi sotterranei**

- Tubers store energy reserves
- **I tuberi immagazzinano riserve energetiche**



Cipero giallo

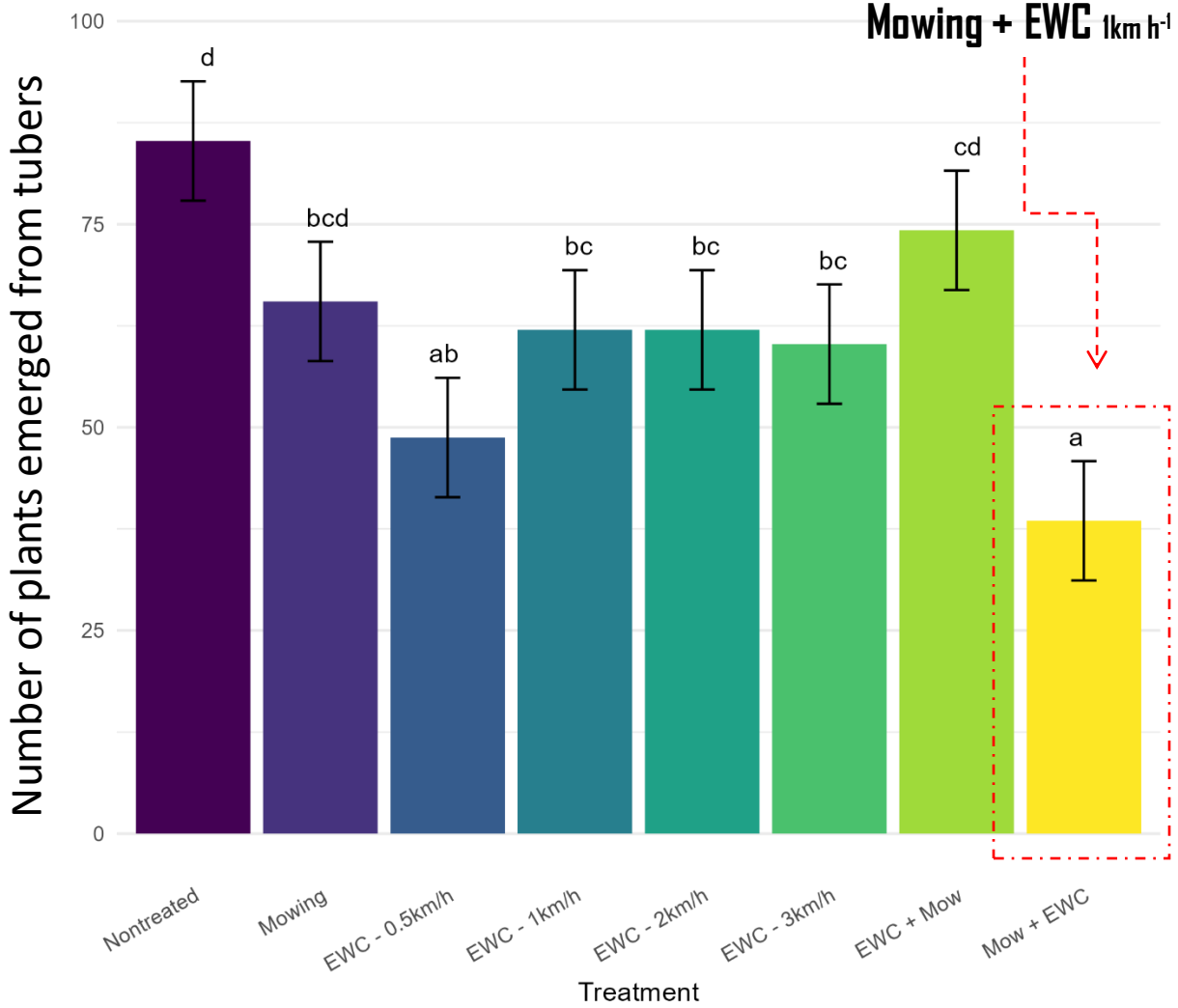
- Controllo dei germogli
  Shoot control:

78 %
Mowing + EWC 1km h-1

69 %
3x EWC 3km h-1

Lo sfalcio ha concentrato il primo ricaccio in un numero inferiore di germogli giovani e altamente conduttivi, più suscettibili all' ellectrico

53 %
Mowing + EWC 1km h-1



likely easier to kill in late summer /probabilmente più facile da eliminare a fine estate

Cardo dei campi (*Cirsium arvense*)

- **Biomass reduction:**

95 %

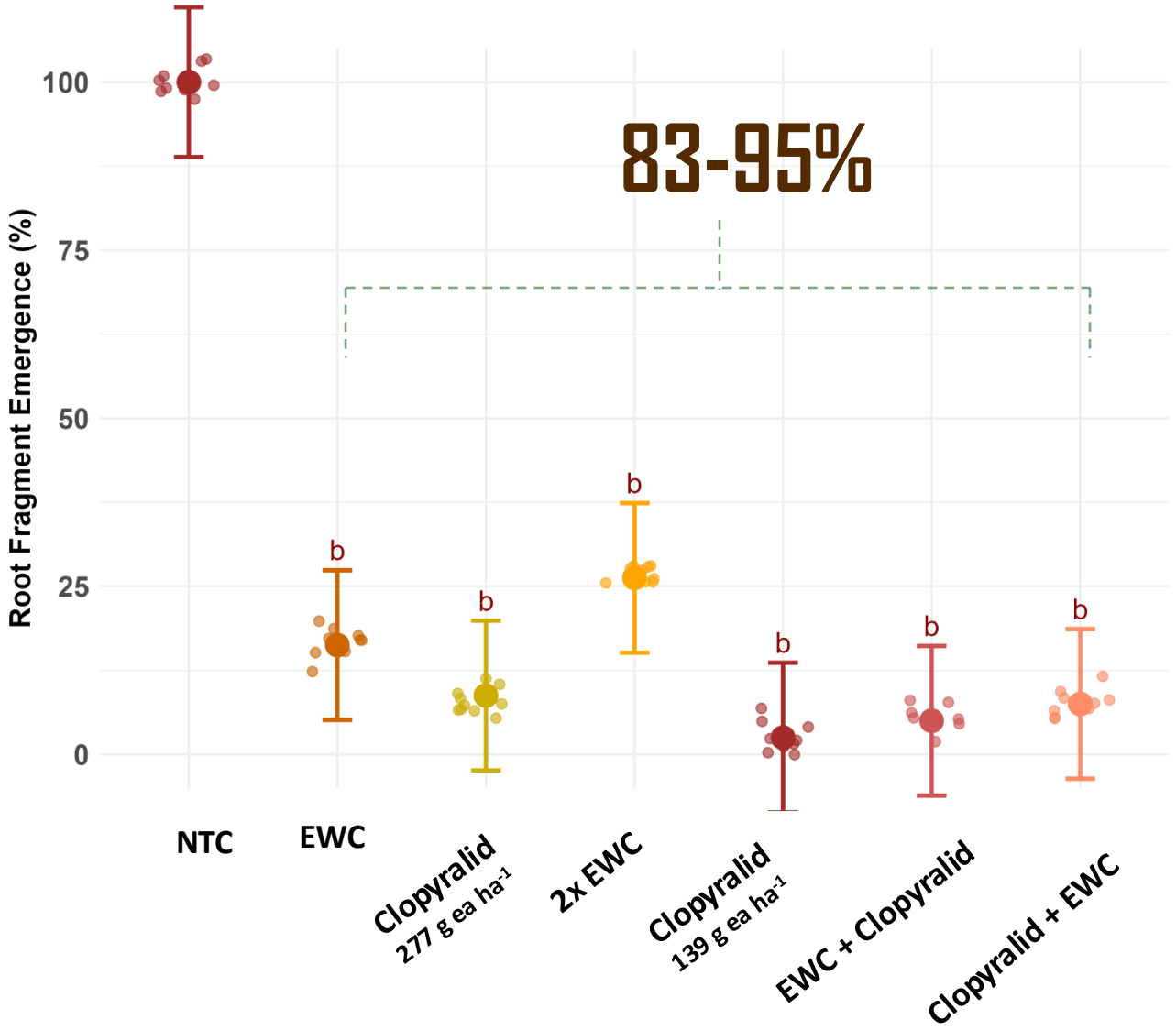
EWC 1km h^{-1}





51 %

Clopyralid 277 g ae ha^{-1}





2x EWC 1km/h



Clopyralid 277 g ae ha^{-1}



Nontreated Control

Blackberries – la mora

Extremely hard to kill

Damage is limited to superficial areas

Estremamente difficili da eliminare
I danni sono limitati alle aree superficiali



Electrical Weed Control: Does It Make Economic Sense?

Controllo elettrico delle infestanti: è economicamente sostenibile?

The answer depends on three factors
La risposta dipende da tre fattori

- ⚡ Travel speed **Velocità di avanzamento**
- 🚜 Area treated **Superficie trattata**
- 🌿 what other alternatives you have

Quali altre alternative hai?

Cost of Operation
Costi operativi

Orchards
Frutteti

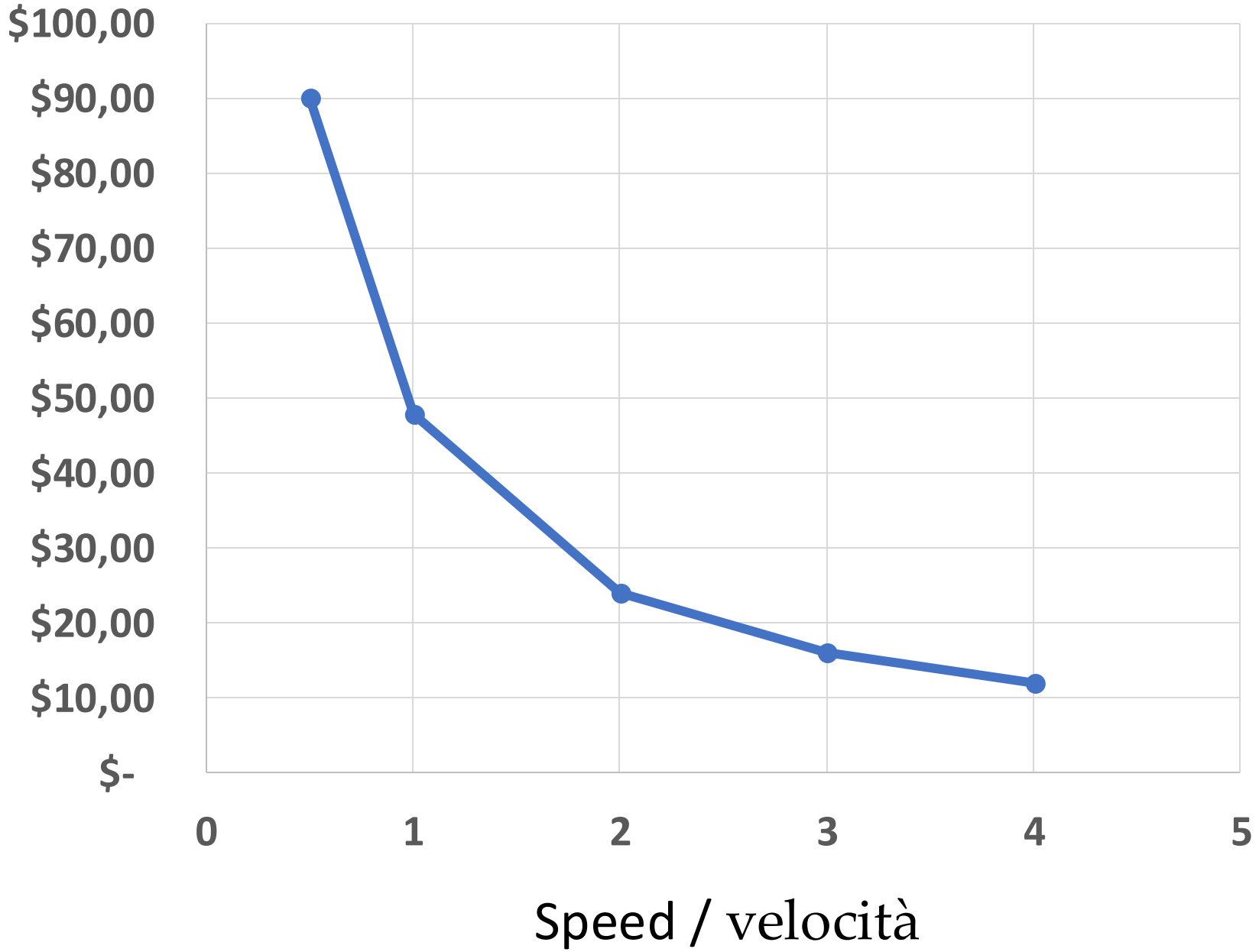
Treating 20% of the field

Labor ~1/3 of hourly costs

	105 hp tractor	Equipment price	
A Purchase price	$85,000	$60,000	
B Planning period (years)	10	15	
C Residual Value (at end of planning period)	$42,500.00	$6,000.00	
D Annual hours of use (total use all operations)	200	200	
E Fuel Usage (gallon per hour)	5.81		
F Fuel Cost ($ per litres)	$4.35		
G Labour cost ($ per hour)	$25.00		
H Annual repair cost	$3,749.12	$676.05	
M Working width (ft)	20	20	
N Working speed (mph)	2	2	
O Field Efficiency (%)	69.91%	69.91%	
P Acres per Hr	3.34	3.34	
Ownership Costs			Total
1. Capital recovery ($ per year)	$4,183.49	$3,286.32	
2. Insurance and housing ($ per year)	$850.00	$600.00	
3. Total annual ownership costs	$5,033.49	$3,886.32	
4. Total ownership costs per hour	$25.16	$19.43	$44.59
Operating Costs			
5. Total annual operating costs	$13,108.79	$676.05	
6. Total annual operating costs per hour	$65.54	$3.38	$68.92
Total Costs			
1. Total annual costs	$18,142.28	$4,562.37	
2. Total cost per hour	$90.71	$22.81	$113.51
3. Total cost per acre	$27.15	$6.82	$33.97

Cost of Operation vs speed of operation

Costi operativi vs velocità operativa



Most Significant Limitations
Principali limitazioni

Fire Risk

⚠ Technology dependent

AC systems - Continuous energy ignite dry vegetation

Risk increases under hot, dry conditions

Rischio di incendio

⚠ Dipendente dalla tecnologia

Impianti di condizionamento – L'energia continua può innescare la vegetazione secca

Il rischio aumenta in condizioni di caldo e siccità

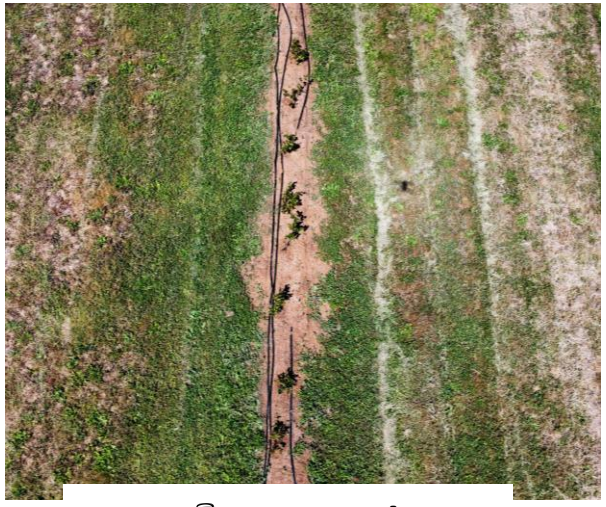


Species Shifts, Efficacy, Crop Response, and Soil Health

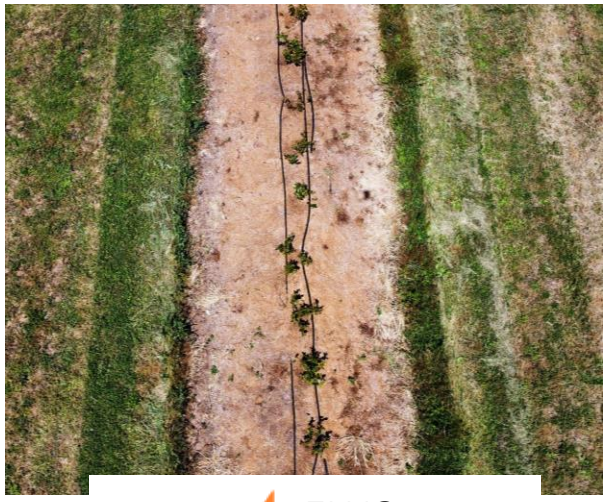


Species Shifts, Efficacy, Crop Response, and Soil Health

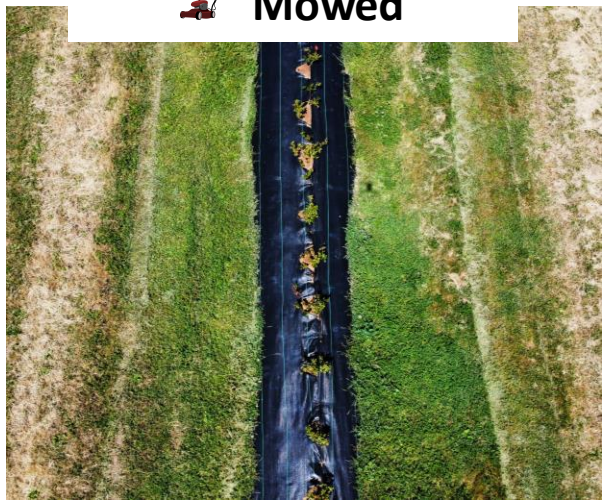
Weed Control Results



Mowed

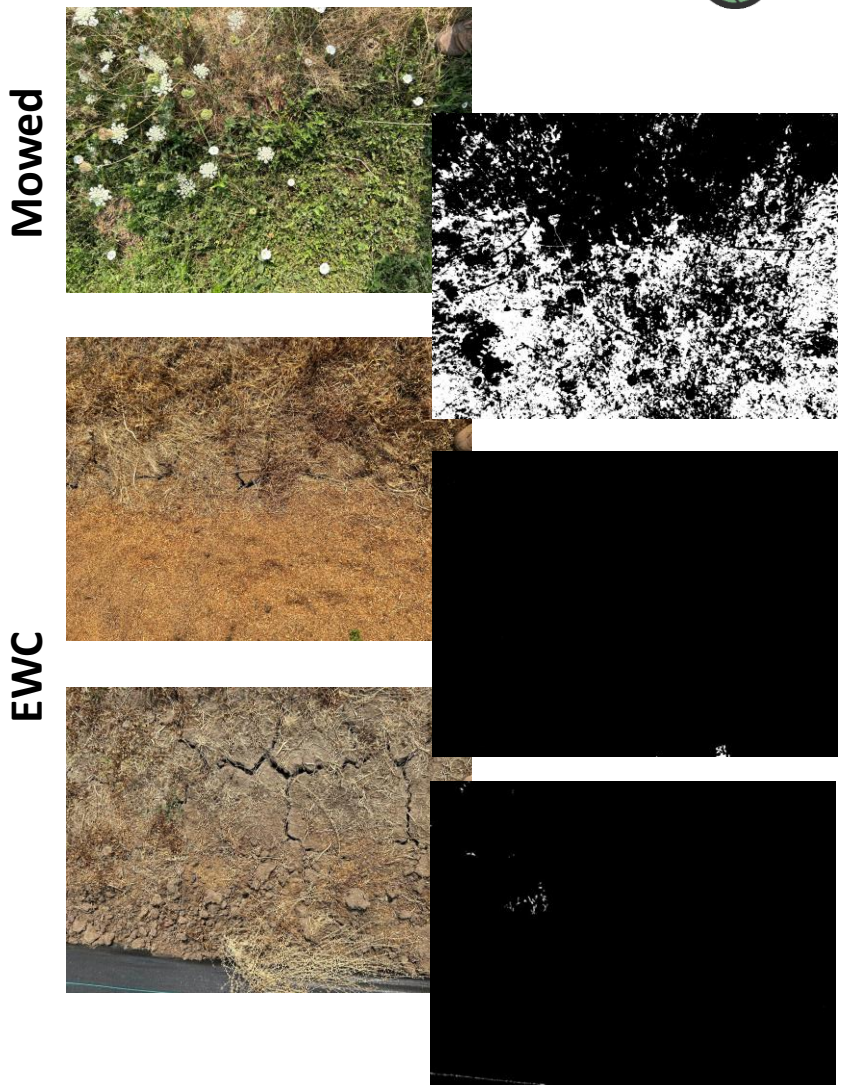


EWC





Ground coverage

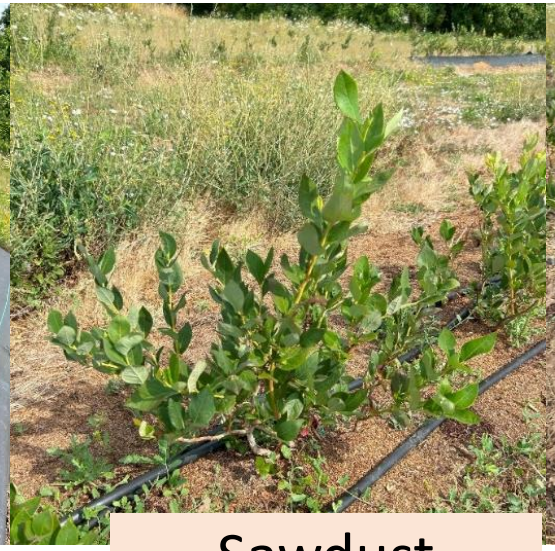


Risposta della coltura mirtillo

Blueberry Crop Response



Weed mat



Sawdust



Bare ground

No effect on canopy volume or chlorophyll and nutrient content

Nontreated control



Plant mortality – 28% (2023)

Il trattamento elettrico non differiva dallo sfalcio per:

- Volume della chioma e lunghezza dei germogli
- Nutrienti fogliari e contenuto di clorofilla

Species Shifts, Efficacy, Crop Response, and Soil Health

Oregon State University

🌿 Soil Health Analysis

- **EWC** did not differ from mowing for Physical and Chemical properties
- **nessun effetto sulle proprietà fisiche e chimiche del suolo**

- No effect on **biological** indicators: CO_2 respiration, active
- **Nessun effetto sugli indicatori biologici: respirazione di CO2, C attivo**

	Treatment	PMN time 0	PMN time 28 d
		ppm NO_3^- N	
2023	Mowing	24	32
	EWC 28 kJ m^2	49	56
	EWC 144 kJ m^2	61	59
2024	Mowing	15 a	37 a
	EWC 28 kJ m^2	45 b	60 b
	EWC 144 kJ m^2	57 b	73 b

🌱🧪 **Potentially Mineralizable Nitrogen (PMN)** represents the amount of organic nitrogen in the soi that microbes can convert into plant-available forms under optimal conditions.

📌 **Higher PMN = more N available** to plants over time.

🌱🧪 L'azoto potenzialmente mineralizzabile (PMN) rappresenta la quota di azoto organico nel suolo che i microrganismi possono trasformare in forme assimilabili dalle piante in condizioni ottimali.

📌 Un PMN più elevato corrisponde a una maggiore disponibilità di azoto per le piante nel corso del tempo.


Oltre i frutteti:
quale ruolo per il diserbo elettrico nel frumento?
Beyond orchards: what role could electrical weed control play in wheat production?



https://garford.com/

Maggiore potenziale
Highest potential
★★★★★ **Falso letto di semina**
Stale seedbed
★★★★★ **Controllo delle infestanti dopo la raccolta**
Post-harvest weed control
★★★★☆ **Terminazione delle colture di copertura**
Cover crop termination
★★★☆☆ **Diserbo interfilare con guida RTK**
Inter-row wheat with RTK GPS
★☆☆☆☆ **Diserbo selettivo in post-emergenza**
In-crop selective control

Key Message | Messaggio chiave

La maggiore opportunità del diserbo elettrico nel frumento potrebbe essere prevenire la produzione di semi delle infestanti prima e dopo l'insediamento della coltura.

The greatest opportunity for EWC in wheat may be preventing weed seed production before and after crop establishment.

Takeaways: Raccomandazioni pratiche



1. Treat weeds early - Intervenire precocemente

🌱 Le infestanti giovani richiedono meno energia e sono più facili da controllare.

2. Maintain good electrode contact - Garantire un buon contatto con gli elettrodi

⚡ L'efficacia dipende dal trasferimento efficace dell'energia dall'elettrodo alla pianta.

3. Plan sequential applications - Pianificare applicazioni ripetute

🔄 Un solo passaggio raramente è sufficiente, soprattutto per graminacee e infestanti perenni.

4. Integrate tactics - Integrare diverse strategie

🌿 Sfalcio + diserbo elettrico

🌿 Erbicida + diserbo elettrico

🌿 Pacciamatura + diserbo elettrico

5. Match expectations to the weed - Adattare le aspettative alla specie infestante

✅ Dicotiledoni annuali ✅ Cardo dei campi

⚠️ Graminacee annuali ⚠️ Zigolo giallo

❌ more

Thank you!

Thank you! Grazie!

















