INSTITUTE OF CROP SCIENCE

Sant'Anna
School of Advanced Studies – Pisa

Confederazione italiana agricoltori
Toscana

AGRICOLTURA SOSTENIBILE SOSTENIBILE
ECOWEED
CON DISERBO ELETTRICO

Innovazione e sostenibilità nel controllo delle infestanti:

applicazione delle tECnOlogie ElEttriche in sistemi cerealicoltori toscani

Il progetto: ECOwEEd

Elisa Pellegrino elisa.pellegrino@santannapisa.it

Mario Pentassuglia mario.pentassuglia@santannapisa.it

Diego Orazi diego.orazi@studenti.unipi.it

Tiziana Lombardi tiziana.lombardi@unipi.it

SRG01 - "SOSTEGNO AI GRUPPI OPERATIVI PEI AGRI"

PSR Programma di Sviluppo Rurale Regione Toscana | GIOVANISÌ | Unione Europea | REPUBBLICA ITALIANA | Regione Toscana

8 Partner

- Istituto di Produzioni vegetali - Scuola Superiore Sant'Anna
- CIA - Confederazione italiana agricoltori
- Dipartimento di Scienze Agrarie, Alimentari e Agro-ambientali, Università di Pisa
- Agricoltura è Vita - Etruria S.R.L.
- Associazione Cipa-at - Sviluppo Rurale Toscana
- Fattoria Tommasi - Colatno (PI)
- Società Agricola Carraro S.S. – Coltano (PI)
- Azienda Agrcicola San Gabriele – Coltano (PI)



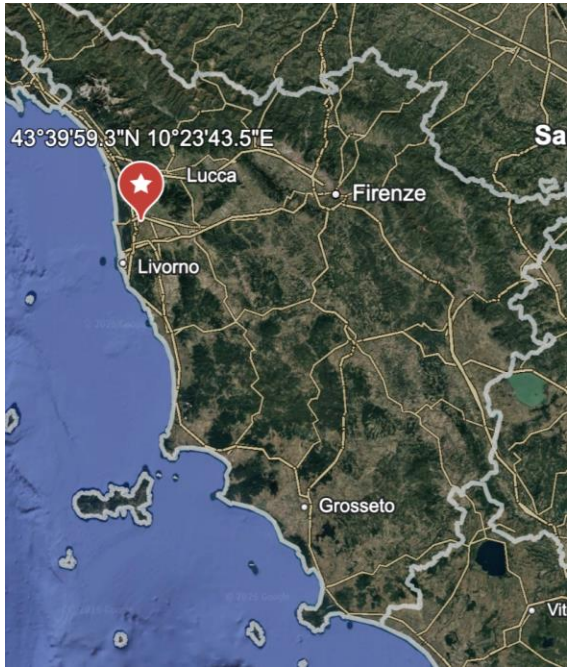
ECOwEEd: obiettivo generale

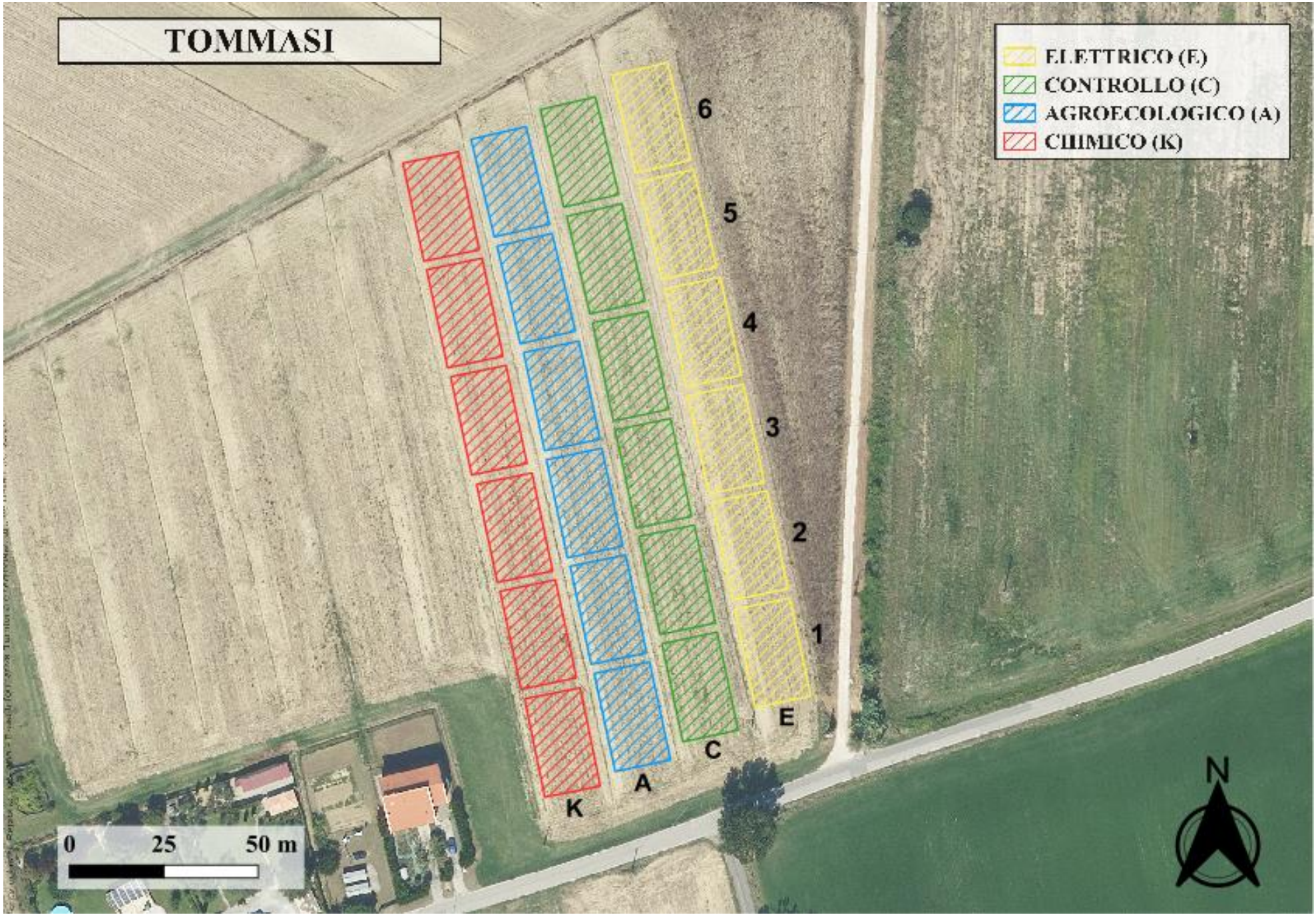
- Testare e implementare il diserbo elettrico come tecnologia innovativa e sostenibile per il controllo delle infestanti
- Ridurre l'uso di erbicidi chimici in agricoltura
- Migliorare la sostenibilità ambientale, economica e sociale dei sistemi agricoli

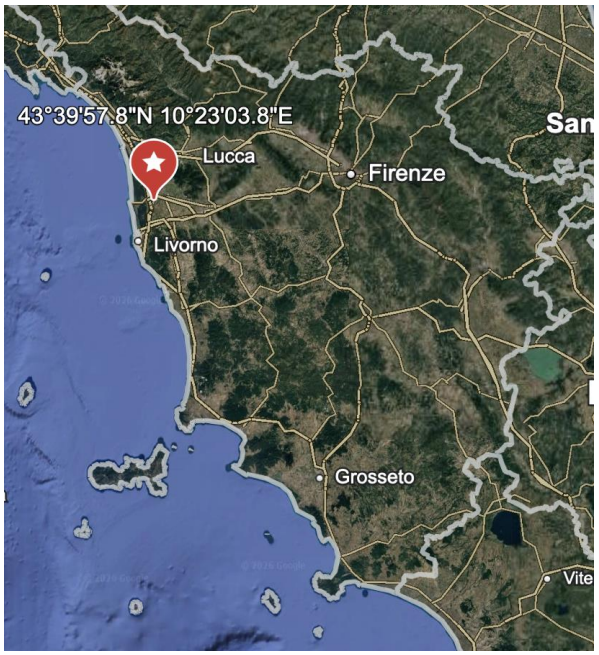


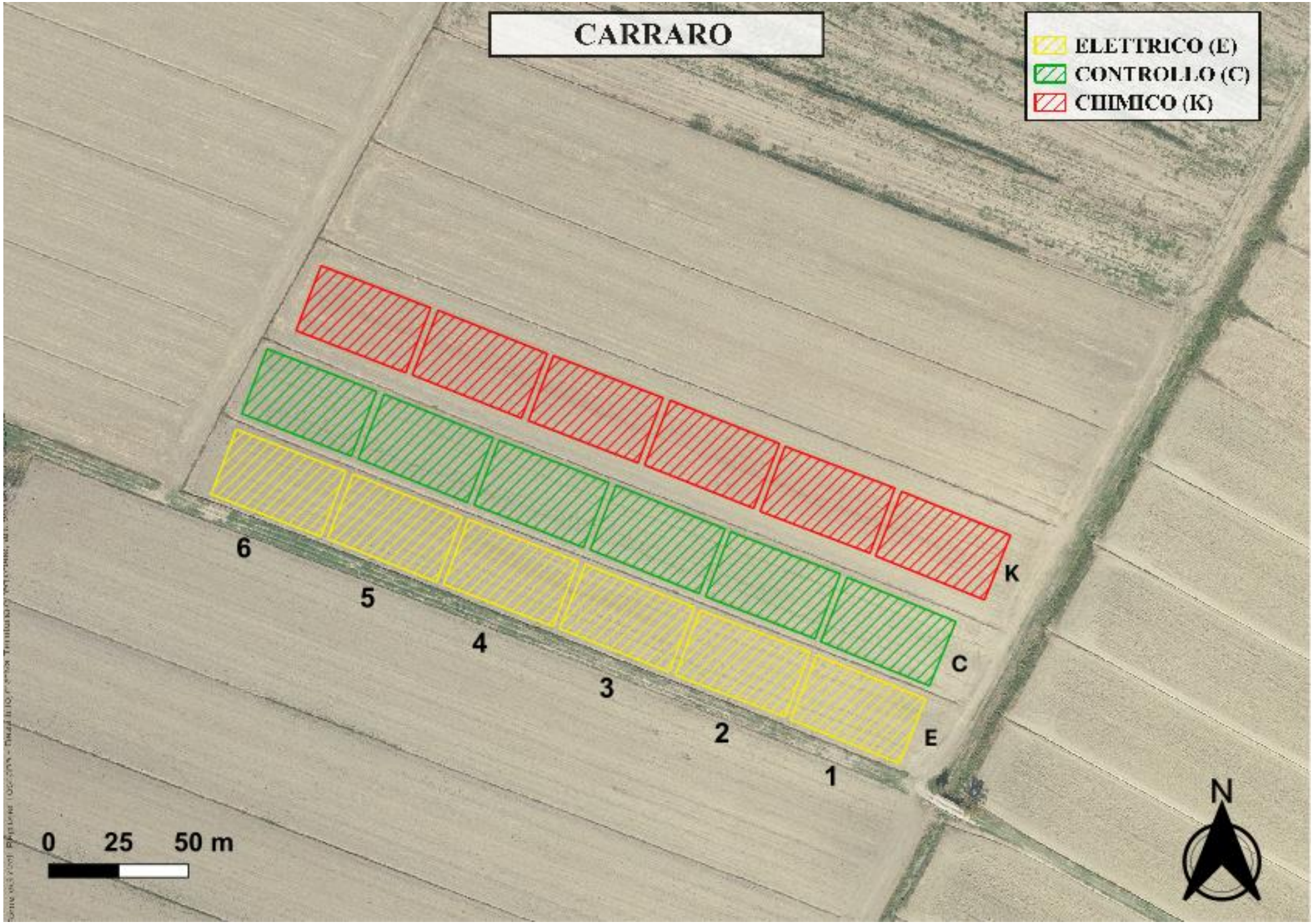


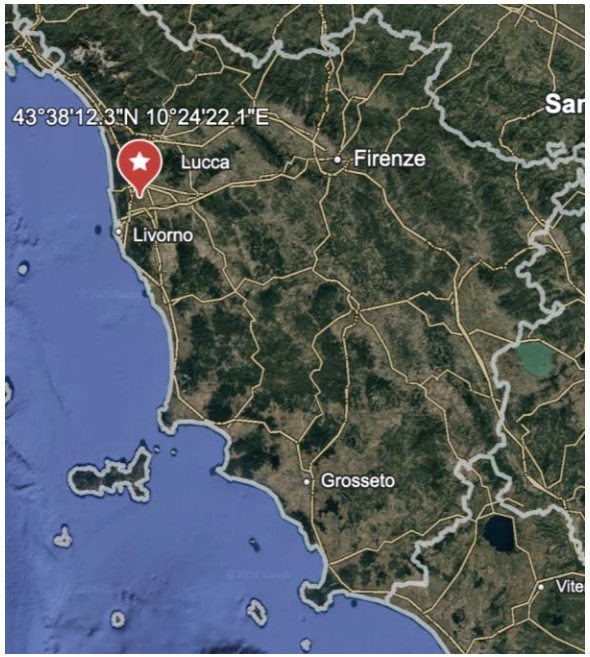


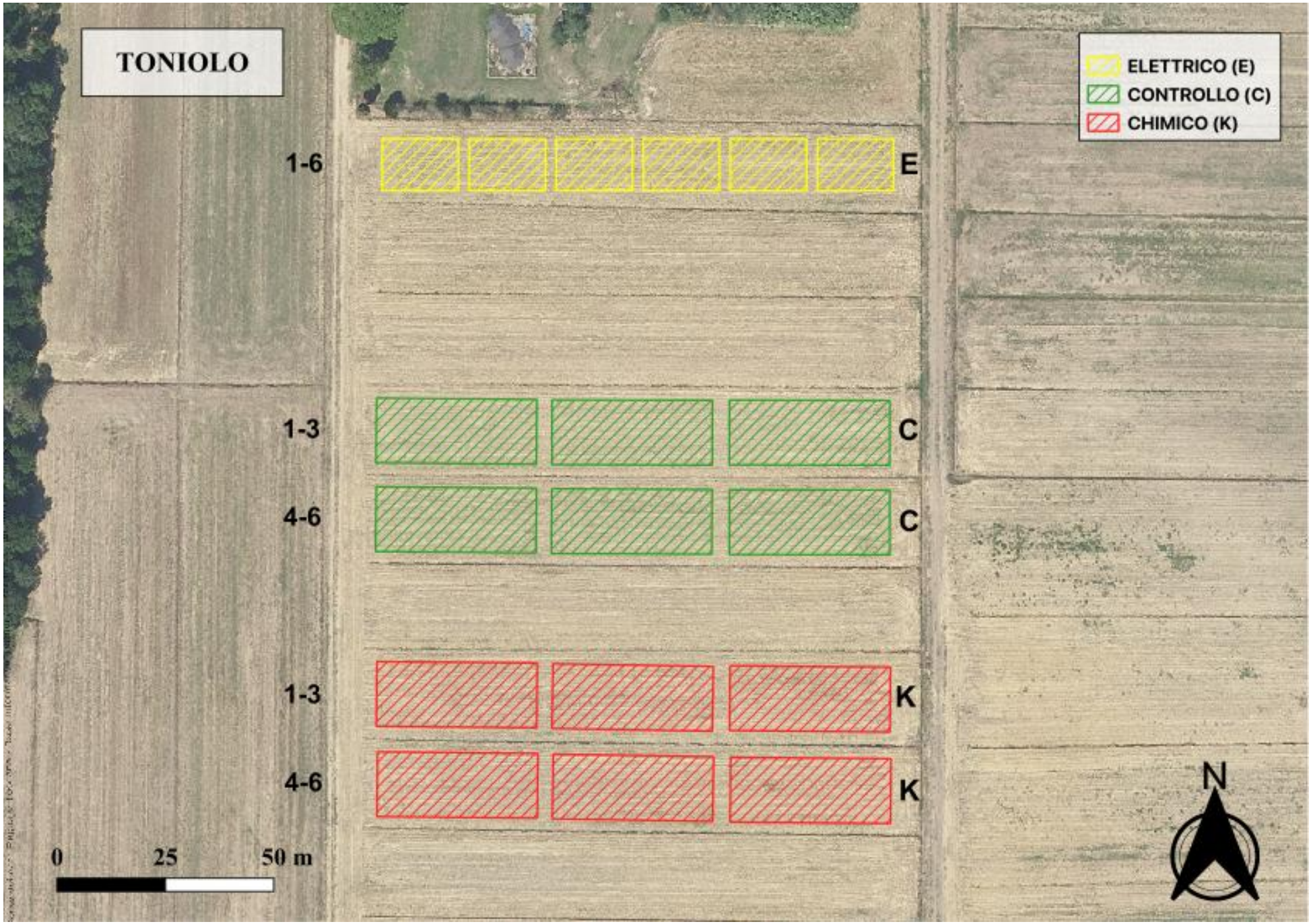

43°39'59.3"N 10°23'43.5"E
Lucca
Firenze
Livorno
Grosseto


TOMMASI
ELETTRICO (E)
CONTROLLO (C)
AGROECOLOGICO (A)
CHIMICO (K)
6
5
4
3
2
1
E
C
A
K
0
25
50 m
N


43°39'57.8"N 10°23'03.8"E
Lucca
Firenze
Livorno
Grosseto


CARRARO
ELETTRICO (E)
CONTROLLO (C)
CHIMICO (K)
6
5
4
3
2
1
K
C
E
0
25
50 m
N


43°38'12.3"N 10°24'22.1"E
Lucca
Firenze
Livorno
Grosseto


TONIOLO
ELETTRICO (E)
CONTROLLO (C)
CHIMICO (K)
1-6
E
1-3
C
4-6
C
1-3
K
4-6
K
0
25
50 m
N

Schema del collaudo e campionamento

Colture (rotazione biennale):

1) girasole (2026)
2) frumento tenero (2027)





Az. Agricola: Tommasi (1,50 ha)	Az. Agricola: Carraro (2,52 ha)	Az. Agricola: Toniolo (1,32 ha)
Controllo (non trattato)	Controllo (non trattato)	Controllo (non trattato)
Diserbo chimico	Diserbo chimico	Diserbo chimico
Diserbo elettrico	Diserbo elettrico	Diserbo elettrico
Agroecologico (pacciamatura)		

Gestione colturale e agronomica nel girasole

Semina: metà/fine maggio

Raccolta: agosto - settembre

Dose di seme totale: 5–6 kg ha^{-1}

Densità colturale per ettaro: 70.000 piante ha^{-1}

Interfila: 75 cm

Intrafila: 19 cm

Lavorazione del terreno: aratura (profondità: 30–35 cm) ed erpicatura (profondità: 25 cm)





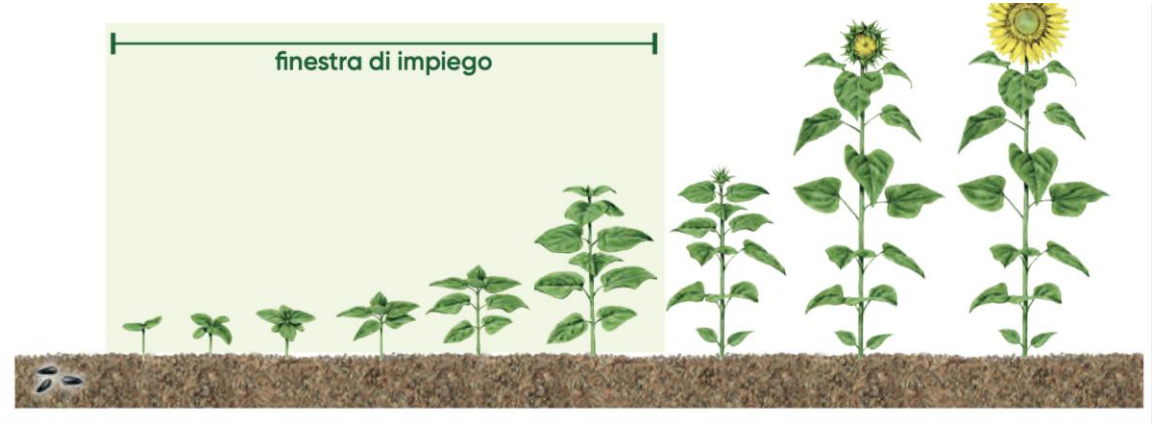




Epoca	Fertilizzante	Dose
Semina	**Nutritec 28-15**	300 kg ha^{-1}
Semina	**Umostart Cereal**	10 kg ha^{-1}
Pre-emergenza	**Bismark**	1,5L ha^{-1}
Post-emergenza	**ExpressSun®**	40-60 g ha^{-1}

Gestione colturale e agronomica nel girasole

Azienda agricola	Tommasi	Toniolo	Carraro	TOTALE
N° campi	4	5	3	**12**
Sup. lorda (m²)	15.030	13.277	25.200	**53.507**
Sup. netta (m²)	10.553	9058	20.100	**39.710**
Seme P64HE244 (kg)	6,226	5,344	11,859	**23,429**
Nutritec 28-15 (kg)	316,58	271,73	603,00	**1191,31**
Umostart Cereal (kg)	10,55	9,06	20,10	**39,71**
Bismark — pre-emergenza (L)	0,392	0,554	1,005	**1,950**
ExpressSun® — post-emergenza (g)	13,05	18,46	33,50	**65,01**




SPARDO



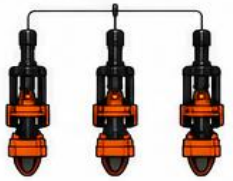
Trattamento agroecologico: pacciamatura (mulching)

Materiale da pacciamatura	Dose effettiva (peso secco)
Frumento/orzo	4-6 t ha^{-1}
Varie colture cerealicole e foraggere (loietto, segale, avena)	1.8 t ha^{-1}
Favino/veccia	1.4 t ha^{-1}
Residui di stocchi finemente trinciati	6 t ha^{-1}







1	2	3	4	5	6	7
TRATTRICE	PRESA DI FORZA (PTO)	GENERATORE ELETTRICO (45 kW)	CAVI DI ALIMENTAZIONE (AD ALTA TENSIONE)	BARRA PORTATRICE	3 ELETTRODI DI CONTATTO	INFESTANTI (BERSAGLIO)
						

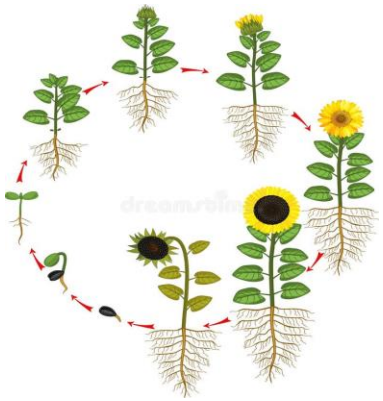


Fasi sperimentali ed analisi

Timeline sperimentale
T0 (baseline)
T1 (pre-emergenza)
T2 (post-emergenza)
R1 (V4 – V6)
R2 (V10 – V12)
R3 (raccolta)
R4 (post-raccolta)







Stadi fenologici (VE-V-R)

	Stage	Description
Vegetative Emergence	VE	Seedling has emerged and the first leaf beyond the cotyledons is less than 4 cm long.
Vegetative Stages	V (number) (i.e.) V1 V2 V3 etc.,	These are determined by counting the number of true leaves at least 4 cm in length beginning as V1, V2, V3, V4, etc. If senescence of the lower leaves has occurred, count leaf scars (excluding those where the cotyledons were attached) to determine proper stage.
Reproductive Stages	R1	The terminal bud forms a miniature floral head rather than a cluster of leaves. When viewed from directly above, the immature bracts form a many-pointed starlike appearance.
	R2	The immature bud elongates 0.5 to 2 cm above the nearest leaf attached to the stem. Disregard leaves attached directly to the back of the bud.
	R3	The immature bud elongates more than 2 cm above the nearest leaf.
	R4	The inflorescence begins to open. When viewed from directly above, immature ray flowers are visible.
	R5 (decimal) (i.e.) R5.1 R5.2 R5.3 etc.	This stage is the beginning of flowering. The stage can be divided into substages dependent upon the percent of the head area (disk flowers) that has completed or is in flowering. Ex. R5.3 (30%), R5.8 (80%) etc.
	R6	Flowering is complete and the ray flowers are wilting.
	R7	The back of the head has started to turn pale yellow.
	R8	the back of the head is yellow but the bracts remain green.
	R9	The bracts become yellow and brown. This stage is regarded as physiological maturity.

From Schneiter, A.A., and J.F. Miller. 1981. Description of Sunflower Growth Stages. Crop Sci. 21:901-903.

Campionamento ed analisi: validazione del collaudo

1) Diserbo chimico

2) **T0 – Baseline:** proprietà fisico-chimiche del suolo, rilievi floristici, banca semi (iniziale);
3) **T1 – Pre-emergenza:** erbicida residuale *Bismark*, costi e bilanci energetici;
4) **T2 – Post-emergenza:** erbicida *Express Sun* (V4–V6/V8),costi e bilanci energetici;
5) **R1 – V4-V6:** Campionamento dell'apparato radicale (colonizzazione AMF), LAI (Leaf Area Index), rilievi floristici, residui di erbicidi nelle radici;
6) **R2 – V10-V12:** LAI, indagini floristiche, campionamento radicale (colonizzazione AMF), residui di erbicidi nelle radici delle colture;
7) **R3 – Raccolta:** resa, nutrienti, residui;
8) **R4 – Post-raccolta:** rilievi floristici, banca semi (finale).

2) Diserbo elettrico

T0 – Baseline: proprietà fisico-chimiche del suolo, rilievi floristici, banca semi (iniziale);

T1 – Pre-emergenza: costi e bilanci energetici, prima valutazione dell'effetto;

R1 – V4-V6: Campionamento dell'apparato radicale (colonizzazione AMF), LAI, rilievi floristici, residui di erbicidi nelle radici

R2 – V10-V12: LAI, indagini floristiche, campionamento dell'apparato radicale (colonizzazione AMF), residui di erbicidi nelle radici;

R3 – Raccolta: resa, nutrienti, residui;

R4 – Post-raccolta: rilievi floristici, banca dei semi (finale).

Fasi sperimentali ed analisi

3) Controllo (non trattato)

T0 – Baseline: proprietà fisico-chimiche del suolo, rilievi floristici, banca semi (iniziale);

R1 – V4-V6: Campionamento radicale (colonizzazione AMF), LAI, indagini floristiche, residui di erbicidi nelle radici delle colture;

R2 – V10-V12: LAI, rilievi floristici, campionamento dell'apparato radicale (colonizzazione AMF), residui di erbicidi nelle radici;

R3 – Raccolto: resa, nutrienti, residui;

R4 – Post-raccolto: rilievi floristici, banca dei semi (finale).

4) Agroecologico (pacciamatura)

T0 – Baseline: proprietà fisico-chimiche del suolo, rilievi floristici, banca semi (iniziale);

T1 – Post-emergenza: applicazione di pacciamatura (V2-V4);

R1 – V4-V6: Campionamento dell'apparato radicale (colonizzazione AMF), LAI, rilievi floristici, residui di erbicidi nelle radici;

R2 – V10-V12: LAI, rilievi floristici, campionamento dell'apparato radicale (colonizzazione AMF), residui di erbicidi nelle radici;

R3 – Raccolto: resa, nutrienti, residui;

R4 – Post-raccolto: indagine floristica, banca dei semi (finale).

Rilievi floristici

6 macroparcelle di collaudo per trattamento

Dimensione delle unità sperimentale (macroplot):

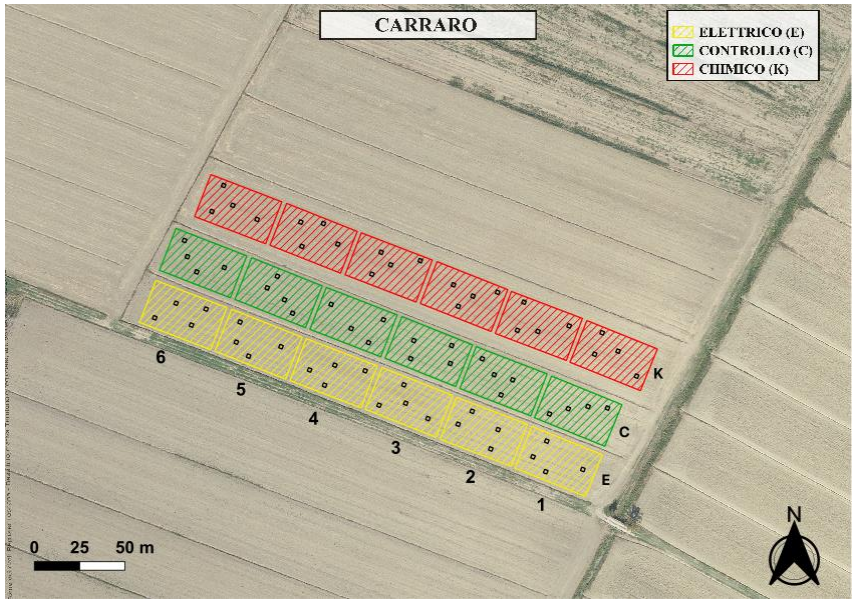
Az. Agricola Tommasi (1,50 ha = 4 trattamenti): ~ 425 m^2

Az. Agricola Toniolo (1,32 ha = 3 trattamenti): ~ 820 m^2

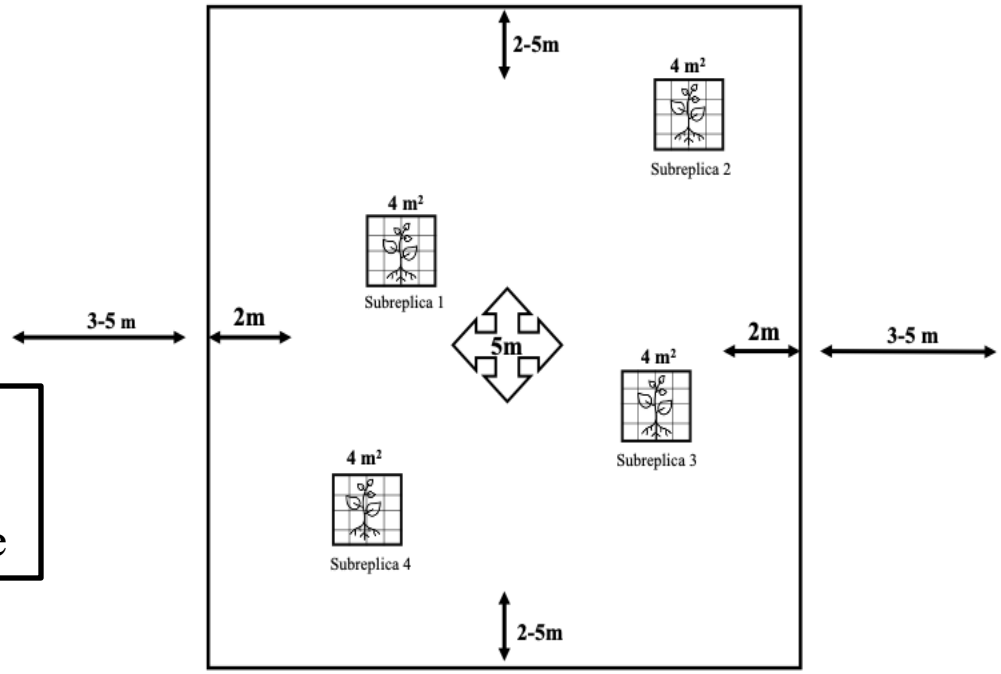
Az. Agricola Carraro (2,52 ha = 3 trattamenti): ~ 1100 m^2

4 subparcelle randomizzate e spazialmente indipendenti

La posizione delle subparcelle viene mantenuta coerente tra le macroparcelle



Macroplot (unità sperimentale)



Rilievi floristici

- Rilievi floristici all'interno delle subparcelle (4 m^2)
- Identificazione delle specie
- Copertura delle specie stimata tramite valutazione visiva sul campo e acquisizione di ortofoto (UAV)
- Conteggi del numero di individui per specie (quando possibile)





Indagini della flora infestante mediante l’utilizzo di droni

Vantaggi dell'uso dei droni per il monitoraggio delle infestanti:

-Rilievo rapido sul campo
-Immagini ad alta risoluzione
-Monitoraggio non invasivo
-Mappatura della distribuzione spaziale
-Monitoraggio dei cambiamenti nel tempo
-Riduzione del tempo e dei costi di lavoro sul campo





Caratteristiche dello strumento:

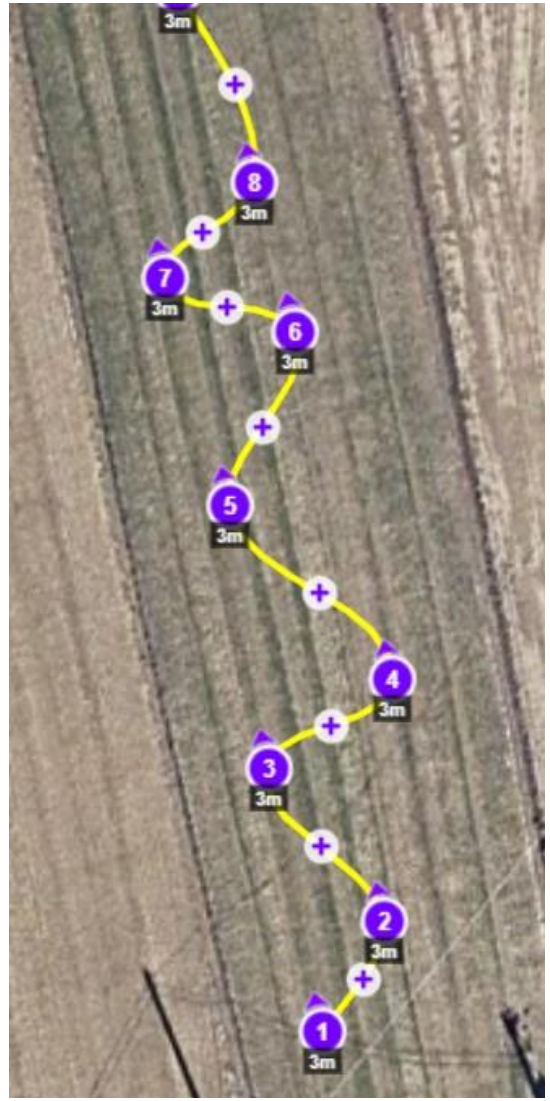
. Fotocamera: Fotocamera RGB (rosso, verde, blu)
. Risoluzione: 50 MP
. Sensore: sensore CMOS da 1 pollice
. Obiettivo: Obiettivo grandangolare

Piano di volo automatico

Metodo:

- 24 plots per trattamento, ciascuno composto da 1 immagine
- Ortofoto
- Altezza di volo: 3 metri (modalità automatica)
- GSD (Distanza di campionamento dal suolo): 0,66 mm/pixel
-Immagini georeferenziate
-Calcolo della percentuale di copertura per le infestanti prima e dopo il trattamento (QGIS)

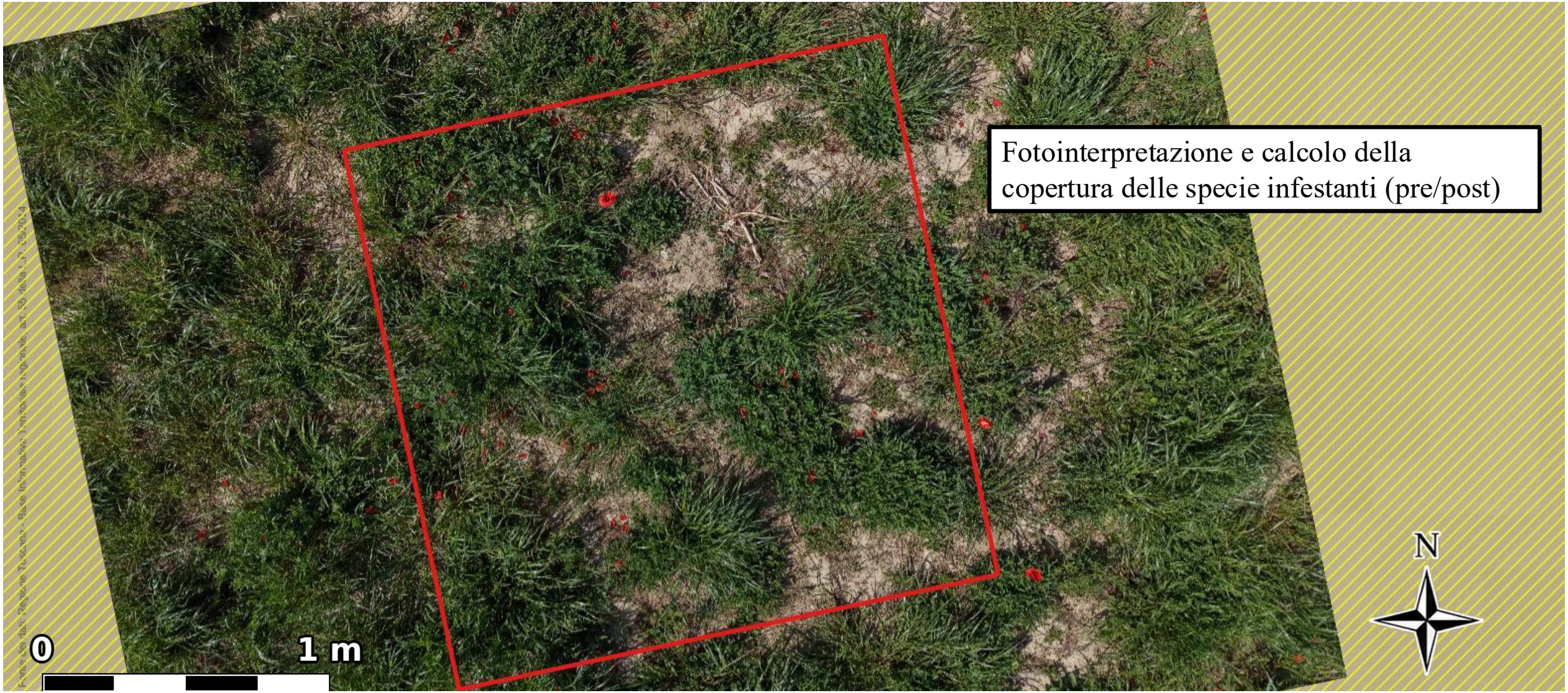




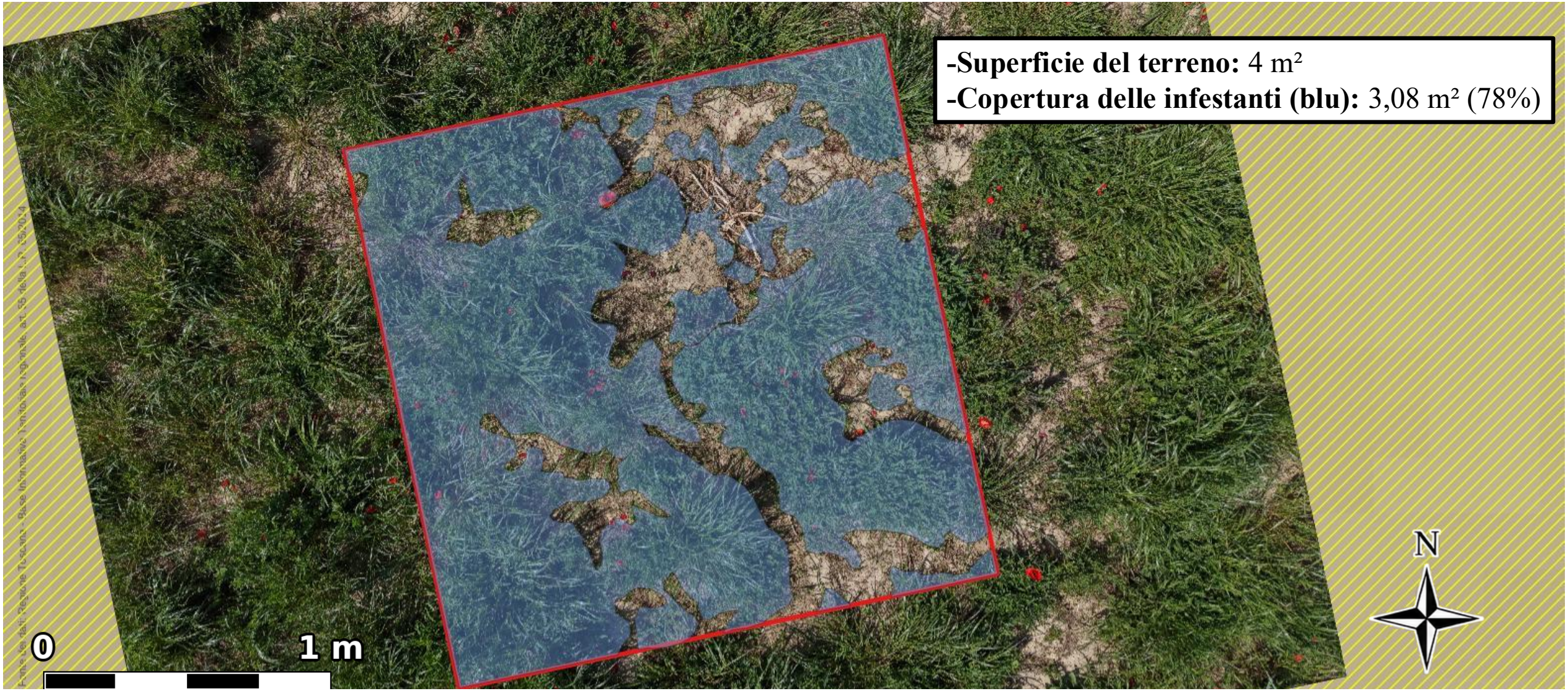
Elaborazione cartografica su software QGIS



Punti di campionamento



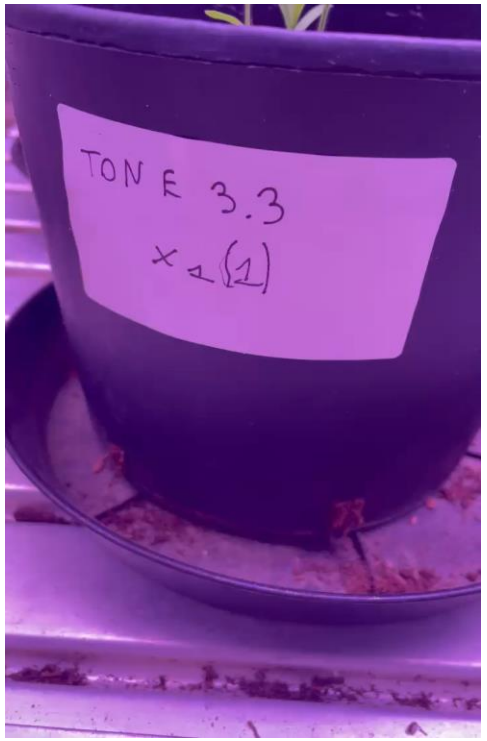
Misurazione della copertura delle infestanti



Banca semi (seed bank)

- ✓ 192 campioni di suolo totali
- ✓ Profondità di carotaggio: 15 cm
- ✓ Test di germinazione in condizioni controllate (fitotrone)
- ✓ Conteggio delle plantule emerse
- ✓ Potenziale germinativo della banca semi
- ✓ Tempi di rilevamento (T0 & R5)
- ✓ Trapianto in vasi per sviluppo morfologico completo e successiva identificazione





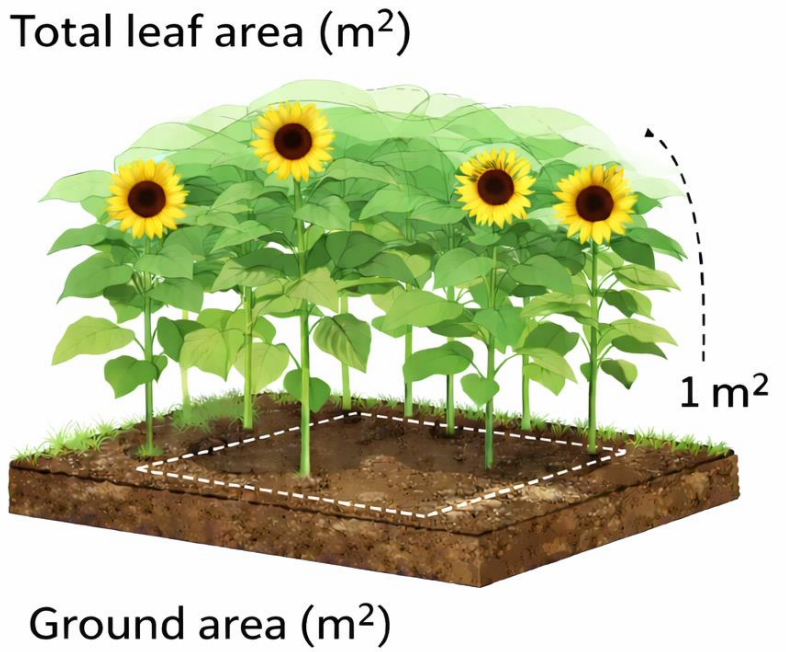
Az. Agricola	Trattamenti	Plot/trattamento	Macroparcelle totali	Carote/macroparcelle	Campioni totali
Carraro	3	6	18	5	**90**
Toniolo	3	6	18	3	**54**
Tommasi	4	6	24	2	**48**

Indice dell’area fogliare (LAI)

$$LAI = \frac{\text{Total leaf area } (m^2)}{\text{Ground area } (m^2)}$$

Leaf Area Index (LAI)

- LAI misurato per colture e erbe infestanti
- Misurazioni effettuate nelle fasi chiave della crescita:
  - R1 (V4–V6, stadio vegetativo iniziale)
  - R2 (V10–V12, stadio vegetativo avanzato)
- Confronto tra trattamenti



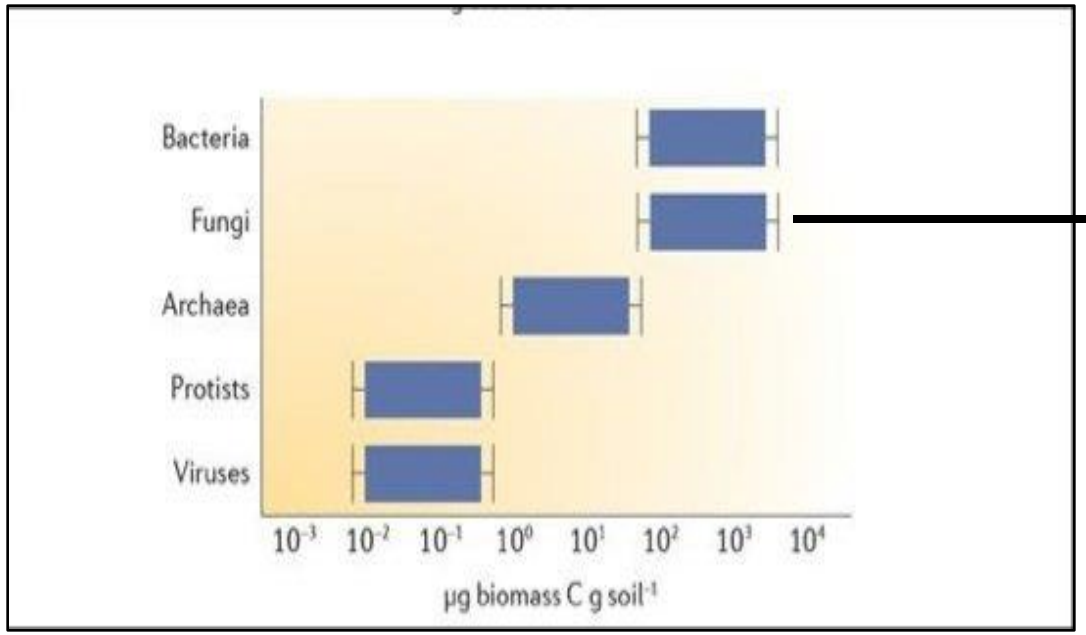


ECOWEED: studio della biomassa e biodiversità dei microorganismi nel suolo e nelle radici

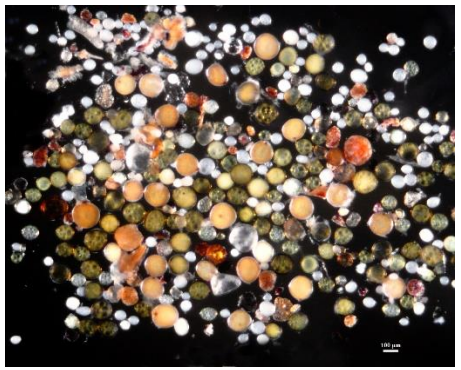
Batteri e funghi: i principali contributori in biomassa (10^2 - 10^3 µg C g^{-1} suolo);

Archaea: ruolo crescente nei cicli dell'azoto (10^0 - 10^2 µg C g^{-1} suolo);

Protisti e virus: componente meno abbondante ma funzionalmente importante (10^{-2} - 10^{-1} µg C g^{-1})

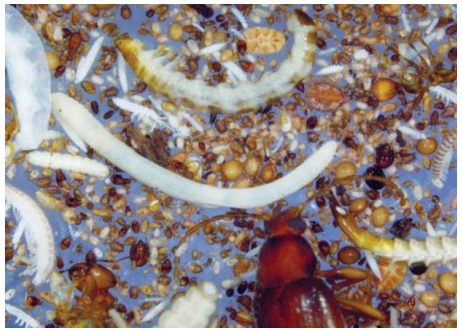


Biomassa per gruppo microbico



2-90 number of mycorrhizal spore g soil^{-1}
~200 m of extra-radical hyphae g soil^{-1}

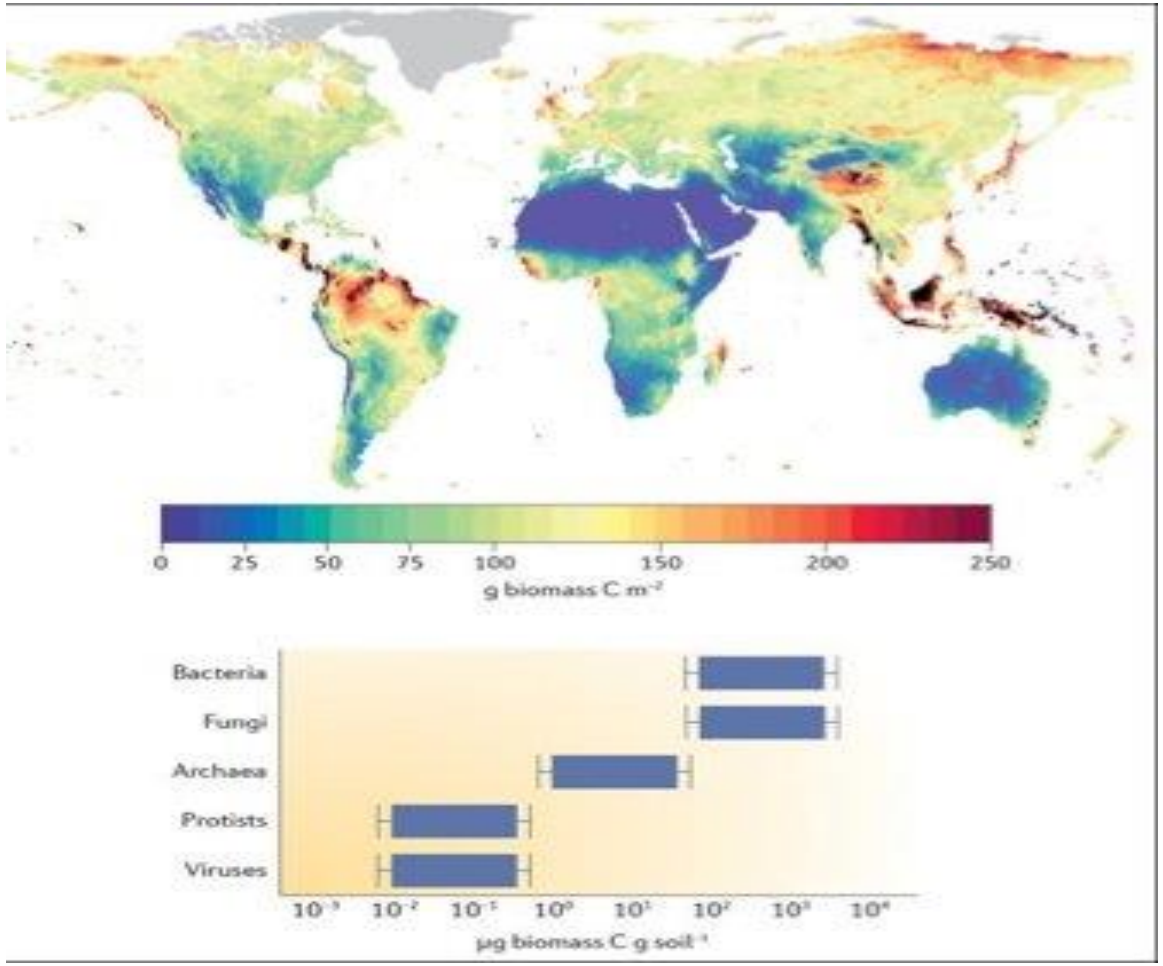
…ed altri organismi nel suolo



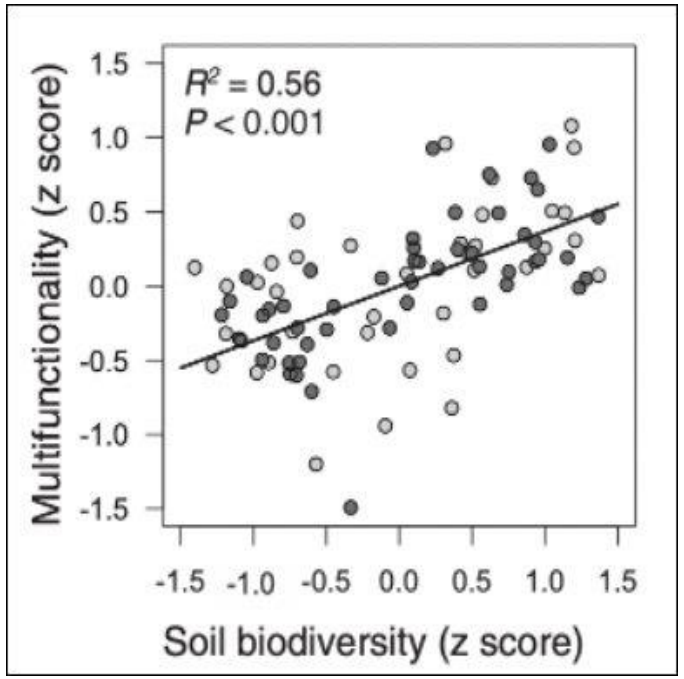
10^4-10^6 m^{-2} arthropods and nematodes
300 individuals of earthworm m^{-2}

Biodiversità e multifunzionalità del suolo

Distribuzione globale della biomassa microbica



Biodiversità → Multifunzionalità



Correlazione significativa

$R^2 = 0.56$ | $P < 0.001$

Una maggiore biodiversità del suolo si associa a una maggiore multifunzionalità ecosistemica:

- Ciclo dei nutrienti
- Sequestro del carbonio
- Soppressione patogeni
- Struttura e fertilità



Costi e bilanci energetici



Trattrice New Holland T5.115 — Zasso Xpower

Trattamento pre-semina *(29-30 aprile 2026)*

Carraro

52,51 L

Consumo totale

Ore di lavoro: 5h 36min
Consumo medio: 7-8 L/h
Picchi di consumo: 9-10 L/h

Tommasi

30,00 L

Consumo totale

Ore di lavoro: 3h 10min
Consumo medio: 7-9 L/h
Picchi di consumo: ~10 L/h

Toniolo

21,00 L

Consumo totale

Ore di lavoro: 2h 54min
Consumo medio: 7-8 L/h
Picchi di consumo: Stabile

Note operative

- Il consumo è correlato al carico elettrico richiesto per la devitalizzazione delle infestanti
- In condizioni di alta densità, il regime PTO viene incrementato (570–590 giri/min) per garantire potenza adeguata agli elettrodi
- Velocità di avanzamento mantenuta tra 1,60 e 1,70 km/h. Altezza barra portatrice 55–60 cm in tutte le aziende.

Tre aziende, tre comunità floristiche differenti

Carraro
2 specie

Comunità monospecifica

Comunità monospecifica

SPECIE DOMINANTE

Mutarda arvensis (L.) D.A.German





Tommasi
18 specie

Codominanza marcata

Codominanza marcata

SPECIE (CO)DOMINANTI

- *Papaver rhoeas* L. subsp. *rhoeas*
- *Poaceae* spp.



Toniolo
29 specie

Ricchezza floristica elevata

Comunità diversificata

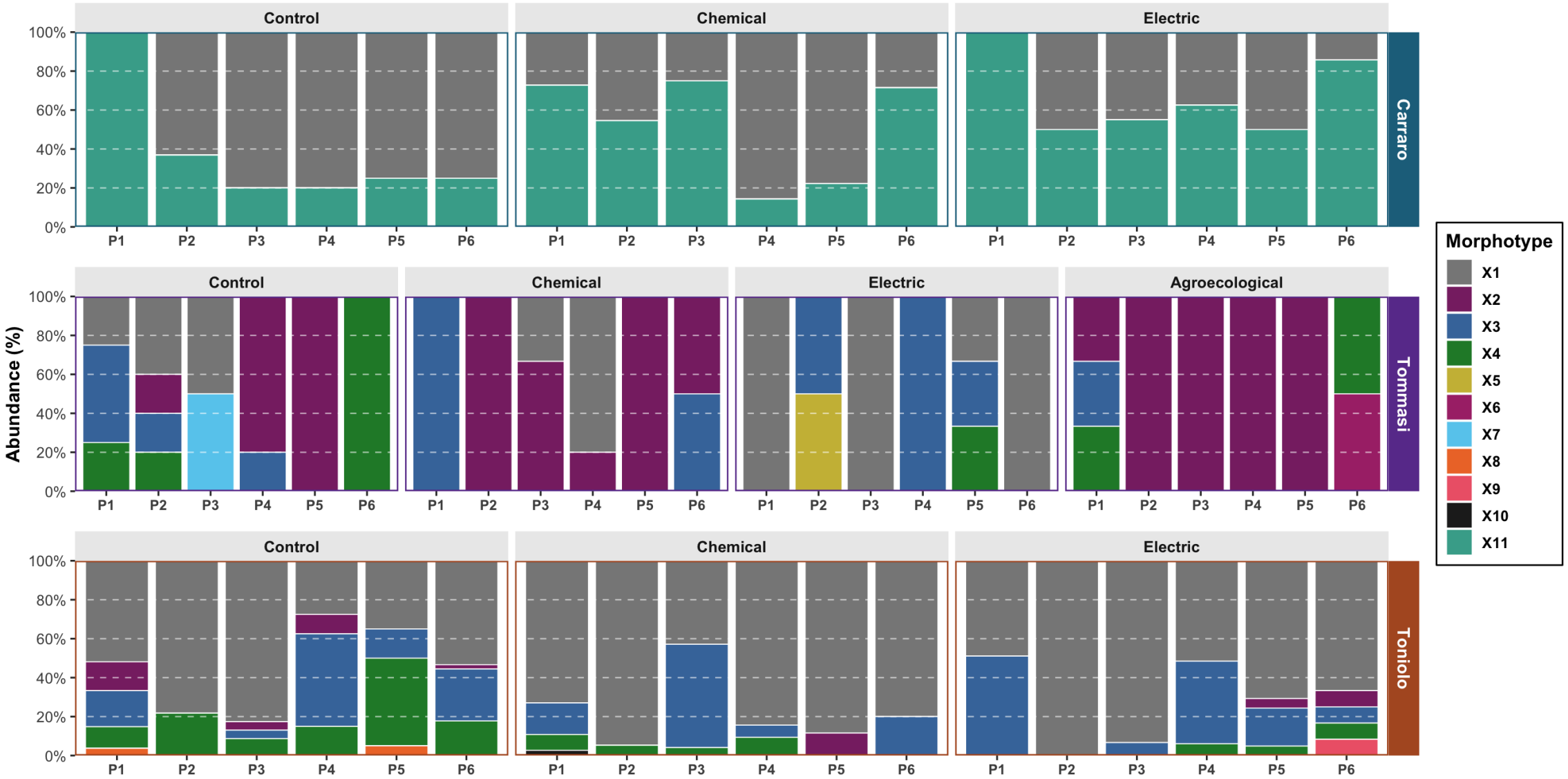
SPECIE DOMINANTI

- *Poaceae* spp.
- Elevata diversità di specie subordinate



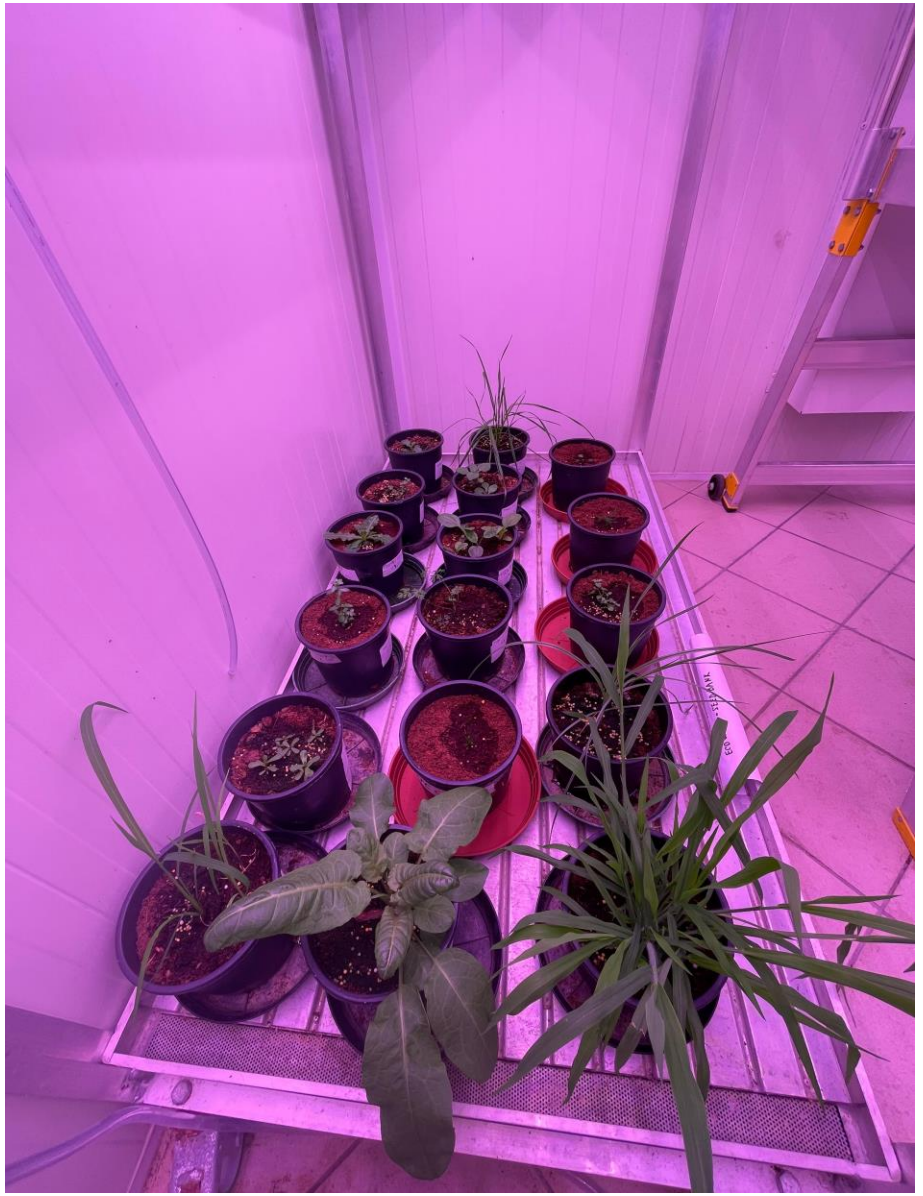


Risultati preliminari: banca semi

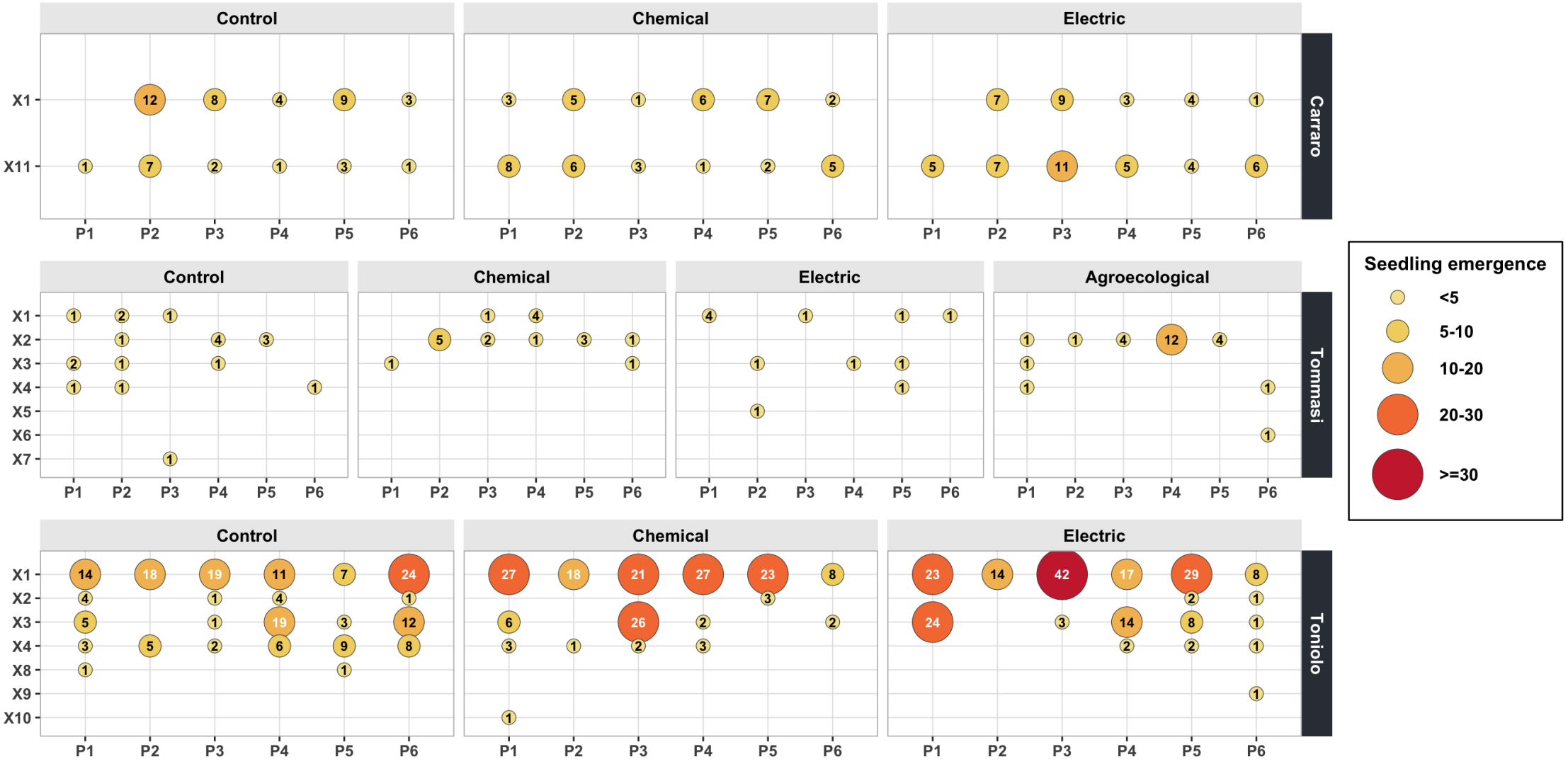


Risultati preliminari: banca semi





Risultati preliminari: banca semi



INSTITUTE OF CROP SCIENCE

Sant'Anna
School of Advanced Studies – Pisa

Confederazione italiana agricoltori
Toscana

ECOWEED
AGRICOLTURA SOSTENIBILE SOSTENIBILE
CON DISERBO ELETTRICO

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!





Dipartimento di Scienze Agrarie Alimentari e Agro-ambientali
Università di Pisa
180 1840-2020

Fattoria Tommasi



agricoltura è vita
etruria srl

Associazione CIPA.AT Sviluppo Rurale Toscana

PSR Programma di Sviluppo Rurale
GIOVANISÌ
Unione Europea
REPUBBLICA ITALIANA
Regione Toscana