

3S-Econursery

FASE 3. CONTENIMENTO DELLE ERBE INFESTANTI NELLE COLTURE IN VASO



Daniele Massa, Maurizio Antonetti, Sonia Cacini & Gianluca Burchi

CREA Centro di ricerca Orticoltura e Florovivaismo, Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria | Via dei Fiori, 851017 Pescia (PT, Italy)

1	Introduzione	2
1.1	Il controllo delle erbe infestanti in vivaio	2
1.2	Descrizione delle Azioni di progetto	3
1.3	Approccio metodologico, siti sperimentali e scopo generale del lavoro	3
2	Scelta dei prodotti e loro caratterizzazione	5
2.1	Indagine su prodotti alternativi ai trattamenti chimici	5
2.2	PotClean® 2G	5
2.3	Biopac®	6
2.4	TerrAktiv containermulch	7
2.5	Stropellet	7
2.6	Discoplus	7
3	Prove preliminari di dosaggio e di valutazione dei pacciamanti su diverse specie arbustive tipiche della coltivazione vivaistica in vaso	9
3.1	Prima prova preliminare	9
3.1.1	Metodologia	9
3.1.2	Risultati	10
3.2	Seconda prova preliminare	11
3.2.1	Metodologia	11
3.2.2	Risultati	12
4	Valutazione dei pacciamanti organici in prove di campo presso una azienda vivaistica	14
4.1	Prima prova: valutazione della persistenza di lungo periodo di un prodotto pacciamante organico in funzione di due diverse strategie di concimazione	15
4.2	Seconda prova: valutazione di un prodotto pacciamante organico in funzione di diverse tecniche irrigue	18
4.3	Terza prova: confronto tra diversi prodotti organici pacciamanti	21
5	Valutazione dei pacciamanti organici in prove di campo presso l'azienda sperimentale del CREA	25
6	Conclusioni generali	28
7	Bibliografia	30

1 INTRODUZIONE

1.1 Il controllo delle erbe infestanti in vivaio

Il controllo delle erbe infestanti è uno dei problemi più rilevanti che affliggono la produzione vivaistica di piante ornamentali in vaso a causa degli elevati costi per la rimozione delle stesse e/o delle implicazioni ambientali nell'uso di erbicidi. Le erbe infestanti influenzano negativamente la produzione e la qualità delle piante coltivate, specialmente se coltivate in vaso, in cui la competizione per i nutrienti e l'acqua diviene elevata se non vengono prontamente rimosse (Case et al., 2005; Chong, 2003). Ciò vale anche per alcune specie arbustive sempreverdi, nonostante la loro rusticità e tolleranza agli stress abiotici e biotici.

Nelle colture intensive in contenitore il controllo “biologico” delle malerbe è difficile perché l'applicazione di trattamenti fisici, come ad esempio quelli adottati in campo aperto, spesso non è possibile oppure risulta troppo costoso per garantire la sostenibilità economica del processo produttivo (Benvenuti and Pardossi, 2017; Case et al., 2005; Gilliam et al., 1990). Al contrario, il controllo chimico è una pratica agronomica semplice ed economica e per questo motivo è quella maggiormente adottata per limitare la presenza di infestanti nel vivaio (Amoroso et al., 2010; Case et al., 2005). I principi attivi più utilizzati sono l'oxadiazon in pre-emergenza e il glifosato in post-emergenza (Marble et al., 2015). Tuttavia, l'uso di eccessivo di erbicidi in sistemi di coltivazione intensivi quali il vivaio è pericoloso a causa dell'elevato rischio di contaminazione ambientale (Horowitz and Elmore, 1991; Riley, 2003; Zhigang, 2010). Alcuni studi hanno inoltre dimostrato che si possono raggiungere elevate inefficienze nella somministrazione degli erbicidi in vivaio (fino all'86%) in funzione del tipo di sistema colturale e della frequenza e distribuzione dei trattamenti (Gilliam et al., 1992). Spesso gli erbicidi sono applicati con dosaggi fissi senza tener conto della diversa capacità di competizione che le piante coltivate possono naturalmente esercitare contro le malerbe. Ciò limita fortemente l'efficienza di questi prodotti e l'applicazione delle strategie di controllo delle infestanti in generale, specialmente nel caso di *canopy* eterogenee che sono comunemente presenti nella produzione vivaistica. Anche nel caso di applicazioni di precisione, gli erbicidi possono essere facilmente lisciviati dalle aree di coltivazione attraverso le acque di drenaggio, causando così contaminazioni dei corpi idrici con possibili rischi per la salute umana e animale (Horowitz and Elmore, 1991; Zhigang, 2010).

Per aumentare la sostenibilità ambientale del processo produttivo nella coltivazione di piante in contenitore, negli ultimi anni sono stati proposti diversi metodi eco-compatibili per la difesa delle colture dalle malerbe che si contrappongono all'uso di prodotti chimici di sintesi (Case et al., 2005; Chong, 2003; Saha et al., 2018). Tra tutti, la pacciamatura effettuata con prodotti organici rappresenta sicuramente una valida alternativa anche ai pacciamanti plastici che necessitano di uno smaltimento speciale a fine ciclo colturale (Jodaugienė et al., 2006). I pacciamanti creano una barriera fisica contro le malerbe che ne impedisce l'emergenza e propagazione attraverso meccanismi fisici e biologici come la limitazione di radiazione intercettata (Benvenuti, 2003; Case et al., 2005; Chalker-Scott, 2007) o l'attività allelopatica che questi possono esercitare

contro le malerbe (Saha et al., 2018). Oltre a limitare l'insorgenza delle infestanti, la pacciamatura contribuisce significativamente a migliorare le condizioni idriche della coltura riducendo l'evaporazione dell'acqua dalla zona radicale con evidenti vantaggi nella gestione idrica e nella logistica di trasporto in fase post-vendita (Case et al., 2005). Alcuni lavori mettono inoltre in evidenza il ruolo della pacciamatura nel miglioramento generale di alcune caratteristiche qualitative di piante ornamentali (Escuer and Vabrit, 2017). Diversi prodotti sono disponibili per il controllo ecosostenibile delle infestanti nelle produzioni in vaso. Tra i più utilizzati si possono annoverare i dischi preformati, composti da residui organici e/o rifiuti diversi, le fibre organiche e gli scarti dell'industria del legno (come la corteccia di pino o di altri alberi), la pula di riso, ecc. (Chalker-Scott, 2007; Chong, 2003; Saha et al., 2018). Tutti questi prodotti mostrano pregi e difetti. In particolare, alcuni presentano problemi di adattabilità alla forma di vaso e di coltivazione della pianta, come nel caso dei dischi preformati in fibre vegetali che possono lasciare spazi all'emergenza delle infestanti. In altri casi, fattori ambientali come il vento e la pioggia battente possono influire in maniera negativa sulla persistenza del prodotto sulla superficie del vaso (lolla di riso, ecc.) causando una riduzione dell'effetto pacciamante. In questo caso, l'aggiunta alle fibre organiche di sostanze adesive, come i materiali a base di alcool polivinilico (PVA), può essere una valida strategia per aumentare la persistenza e l'efficacia dei prodotti organici pacciamanti.

1.2 Descrizione delle Azioni di progetto

L'attività del CREA si è articolata su due moduli chiave: un primo modulo, di indagine bibliografica seguita da prove preliminari, e un secondo modulo, di implementazione dei prodotti selezionati, consistente in diverse prove di campo effettuate nel contesto produttivo pistoiese. Il tutto sviluppato in 5 Azioni come di seguito riportato:

- Azione 3.1. Indagine preliminare sui principali prodotti presenti nel vivaismo pistoiese e ricerca di prodotti alternativi oltre a quelli già sperimentati dal CREA.
- Azione 3.2. Screening dei prodotti selezionati su diverse specie e con diversi sistemi di allevamento durante il periodo di attività.
- Azione 3.3. Valutazione delle performance in termini di contenimento delle infestanti.
- Azioni 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3. Valutazione dell'effetto nella zona radicale e dell'effetto pacciamante in generale. Valutazione della pianta in termini di risposta ecofisiologica, qualitativa e produttiva.
- Azione 3.5. Comparazione con altri prodotti convenzionali, vantaggi e svantaggi.

1.3 Approccio metodologico, siti sperimentali e scopo generale del lavoro

Questo report riassume una serie di sperimentazioni condotte utilizzando materiali alternativi agli erbicidi chimici per il controllo delle infestanti in piante ornamentali in vaso, nell'ambito delle attività sperimentali finanziate dalla Regione Toscana attraverso il progetto 3S-Econursery (PSR 2014-2020). In particolare, si è deciso di utilizzare pacciamanti organici poiché risultano essere i sistemi maggiormente ecocompatibili, visto

il loro insignificante impatto dal punto di vista ambientale, sia in fase di produzione che di post-vendita e di trapianto. Inoltre, tra i materiali scelti, si è deciso di utilizzare solamente prodotti che sono, o potrebbero essere, realizzati a livello locale, utilizzando materiali di scarto e sottoprodotti dell'industria del legno, vivaistica, etc. In questo modo si limita anche il possibile impatto derivato dal trasporto delle materie prime da paesi terzi. Ad esempio, nell'utilizzo di dischi pacciamanti sono stati scartati quelli composti da fibre di cocco che provengono da paesi in via di sviluppo e implicano un trasporto oneroso in termini di CO₂ equivalente, come evidenziato da molti lavori di leaf cycle assessment (LCA).

Le prove sono state effettuate in condizioni operative presso i vivai dell'azienda Romiti&Giusti (Agliaia, PT). Ciò si è reso necessario per testare i diversi prodotti in condizioni produttive reali. Tuttavia, presso il CREA di Pescia (PT) sono state realizzate alcune prove volte a effettuare rilievi di precisione e misurazioni che richiedevano particolari attrezzature non facilmente implementabili in un vivaio commerciale. Tali misurazioni si sono rese necessarie per comprendere meglio le dinamiche legate all'utilizzo di questi prodotti e i possibili benefici derivanti da un contenimento delle infestanti maggiormente sostenibile dal punto di vista ambientale. In Figura 1 è stata riportata una panoramica di alcune delle prove condotte presso i vivai dell'azienda Romiti & Giusti e presso l'azienda sperimentale del CREA di Pescia.

Gli obiettivi principali di questo lavoro, pertanto, consistevano nel valutare l'effetto di pacciamanti organici in termini di controllo delle infestanti e di performance su diverse specie arbustive, tipiche del vivaismo pistoiese, con diversi sistemi di coltivazione.



Figura 1. Panoramica di alcuni dei campi sperimentali presso l'Azienda vivaistica Romiti & Giusti (sinistra) e presso il CREA di Pescia (destra).

2 SCELTA DEI PRODOTTI E LORO CARATTERIZZAZIONE

2.1 Indagine su prodotti alternativi ai trattamenti chimici

In Figura 2 è possibile visualizzare i vari prodotti testati nei diversi esperimenti durante le prime indagini di laboratorio. I prodotti utilizzati per le prove sperimentali sono tutti pacciamanti organici selezionati a seguito di un attento studio bibliografico e di un'indagine di mercato condotta dai ricercatori del CREA durante le attività di progetto.



Figura 2. Panoramica dei diversi prodotti testati durante le attività di progetto. La ripresa è stata effettuata durante i test preliminari di laboratorio: A) Biopac® base lolla di riso, B) Biopac® base corteccino, C) Stropellet, D) PotClean®, E) Biopac® base segatura di faggio, F) Biopac® base segatura mista, G) TerrAktiv containermulch, H) Discoplus.

Ciò che inoltre accumuna i prodotti pacciamanti testati è il fatto che possono essere realizzati e commercializzati all'interno di una filiera corta, nell'ambito di logiche di riciclo/riuso di materiali di scarto. Tuttavia, in alcune prove sono stati introdotti dei trattamenti a base di oxadiazon, in modo da poter testare le performance dei prodotti pacciamanti anche rispetto a un prodotto chimico standard (Figura 2). Tutti i prodotti utilizzati durante le varie fasi di progetto vengono descritti di seguito in modo dettagliato e riportati in sintesi nella Tabella 1.

2.2 PotClean® 2G

L'utilizzo di questo prodotto commerciale si è reso necessario per effettuare un confronto dei diversi pacciamanti organici rispetto a un controllo chimico. La scelta è stata effettuata in modo casuale tra i prodotti erbicidi a base di oxadiazon più facilmente reperibili in commercio, senza tenere conto del marchio. Il prodotto si presenta in formulato granulare che contiene oxadiazon puro (2%), da spargere sulla superficie del vaso.

PotClean® agisce come antigerminello contro infestanti graminacee a dicotiledoni nel momento in cui queste attraversano lo strato superficiale del substrato. Il prodotto è tollerato dalle giovani piante in coltivazione poiché non attivo per assorbimento radicale. Secondo il venditore la sua azione si prolunga nel tempo fino a

3-4 mesi in funzione dell'andamento climatico e della tipologia del suolo. PotClean® è commercializzato da ICL Italia Treviso srl (<https://icl-sf.com/it-it/>).

2.3 Biopac®

Biopac® è un prodotto pacciamante organico idrocompattante costituito da una miscela tra fibre organiche e un collante organica di sintesi che rende il prodotto persistente sulla superficie del substrato. E' frutto di un brevetto, condiviso tra la società privata Barzaghi srl (Arluno, MI, Italia) e CREA, depositato come "Composizione e metodo per pacciamatura".

Il meccanismo di azione di Biopac® contro le infestanti è principalmente fisico, come per la maggior parte dei pacciamanti organici. Il prodotto viene fornito in sacchi da cui il composto viene prelevato e distribuito sulla superficie del substrato (es. vaso, base della pianta in suolo, ecc.), formando uno strato di circa 2-3 cm di spessore. In seguito a bagnatura, la miscela si compatta rimanendo unita e solidale con il substrato sottostante. Questo è possibile grazie alla presenza di un collante polivinilico in polvere creato con uno speciale grado di polimerizzazione che rende il prodotto attivo solo a contatto con l'acqua, quando si scioglie esercitando le sue funzioni adesive. Il prodotto risulta essere ecocompatibile in quanto, una volta inglobato nel suolo, si biodegrada velocemente e non è soggetto a fenomeni di lisciviazione importanti (Chiellini et al., 2003a; Chiellini et al., 2003b; Chiellini et al., 2003c).

Come esempio di somministrazione, si può considerare che in un vaso di diametro 18 cm si dispensano circa 600 ml di prodotto sulla superficie e si bagna semplicemente per mezzo di una doccia o attraverso l'impianto di irrigazione (solo per aspersione). Il prodotto non richiede pertanto particolari competenze nella somministrazione. A titolo esemplificativo, in Figura 3 è riportato uno schema sulla somministrazione manuale del prodotto. Il processo può essere automatizzato tramite macchinari costruiti *ad hoc*.

Ulteriori funzioni, oltre al contenimento delle infestanti, sono quelle attribuite ad altri pacciamanti come, ad esempio, il maggiore volano termico e idrico riscontrabile nell'area radicale. Il prodotto è permeabile all'acqua e utilizzabile con tutti i sistemi di irrigazione. Biopac® può essere preparato in diversi formulati in funzione della matrice organica di partenza. Durante le attività di progetto sono stati testati quattro diversi formulati, tutti riassunti in Tabella 1. Biopac® è commercializzato da Barzaghi srl (<http://www.barzaghi.com/>).



Figura 3. Rappresentazione schematica della distribuzione di Biopac® in vaso e risultato finale.

2.4 TerrAktiv containermulch

TerrAktiv containermulch è un pacciamante composto di fibre di legno (legno scortecciato di conifera) che può essere utilizzato per sopprimere efficacemente la crescita delle piante infestanti in contenitore. Il prodotto vanta proprietà adesive che garantiscono uno strato di copertura stabile che non viene lavato o spazzato via dalla pioggia o dal vento, sebbene il fornitore non dia ulteriori specifiche al riguardo rispetto a componenti collanti. TerrAktiv containermulch può essere applicato meccanicamente in fase di trapianto. Il prodotto è permeabile all'acqua e utilizzabile con tutti i sistemi di irrigazione. Viene distribuito da Klasmann-Deilmann GmbH (<https://klasmann-deilmann.com/en/>).

2.5 Stropellet

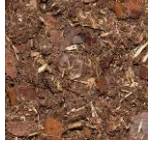
Secondo quanto riportato dal distributore, Stropellet è un pellet biopacciamante costituito da una miscela di paglia e fieno tritati e pressati. Una volta adagiato nel vaso al momento dell'invasatura il pellet deve essere bagnato in modo che aumenti di volume e vada ad occupare la superficie del vaso. Idratandosi, il prodotto incrementa di quattro volte il proprio volume e forma uno strato compatto. Il materiale, oltre ad ostacolare lo sviluppo di infestanti, limita l'evapotraspirazione ed ha un effetto "antilumaca", secondo quanto dichiarato dal distributore.

2.6 Discoplus

Secondo quanto riportato dal distributore, Discoplus è un disco spesso 3 mm realizzato pressando fibre vegetali e scarti dell'industria tessile. Discoplus è composto per il 90% da fibre vegetali e per il 10% da fibre

sintetiche che fungono da "barriera" contro lo sviluppo di infestanti. I dischi sono sterilizzati termicamente, hanno una durata di 12-18 mesi e sono disponibili in un *range* di diametri da 14 a 56 cm. Discoplus deve essere posizionato sopra il substrato al momento dell'invasatura, assicurandosi che ricopra l'intera superficie esposta all'interno del vaso. I dischi sono permeabili a l'acqua e ai concimi, sono biodegradabili e limitano l'evaporazione.

Tabella 1. La tabella riassume tutti i prodotti testati durante le attività di progetto e i relativi acronimi impiegati nelle tabelle e grafici presenti in questo report.

Acronimo	Prodotto/Composizione	Immagine del prodotto
BpF	Biopac® preparato utilizzando come fibra vegetale segatura di faggio	
BpM	Biopac® preparato utilizzando come fibra vegetale segatura mista prodotta da scarti della lavorazione del legno	
BpL	Biopac® preparato utilizzando come fibra vegetale lolla di riso	
BpC	Biopac® preparato utilizzando come fibra vegetale corteccino di conifere	
StP	Stropellet	
CoM	TerrAktiv containermulch	
DiP	Discoplus	
CHI	PotClean® 2G	

3 PROVE PRELIMINARI DI DOSAGGIO E DI VALUTAZIONE DEI PACCIAMANTI SU DIVERSE SPECIE ARBUSTIVE TIPICHE DELLA COLTIVAZIONE VIVAISTICA IN VASO

Principale obiettivo delle prove preliminari è stata la valutazione di diversi dosaggi e formulazioni del pacciamante brevettato dal CREA in collaborazione con la Ditta Barzaghi srl. Le prove hanno avuto lo scopo di verificare l'ottimale distribuzione delle varie tipologie di prodotto e i possibili effetti su un impianto eterogeneo di diverse specie ornamentali, scelte tra quelle tipicamente allevate negli impianti commerciali pistoiesi.

3.1 Prima prova preliminare

3.1.1 Metodologia

La prova è stata condotta, come riportato nelle attività di progetto, su 8 specie tipiche del vivaismo ornamentale: bosso, camelia, eleagno, ligustro, olivo, ortensia, osmanto e viburno. Le diverse specie appartengono volutamente a generi botanici molto diversi tra loro e presentano diversa resistenza o sensibilità a stress abiotici (es. stress idrico, stress salino, stress nutrizionale, ipossia, etc.). Le prove sono state condotte nel periodo 28/07/2016-21/11/2016.

Trattandosi di un test di screening, le prove sono state condotte su 12 piante per specie. Per ogni specie sono stati testati tre formulati diversi ed è stato inserito un trattamento di controllo, come di seguito elencato:

1. CTR: controllo non trattato (non pacciamato)
2. BpF: 600 cm³/vaso (1,33 cm³/cm²)
3. BpM: 600 cm³/vaso (1,33 cm³/cm²)
4. FILM: prodotto pacciamante a base di un collante organico liquido in ragione di 50 cm³/vaso (0,11 cm³/cm²).

Le piante sono state allevate in contenitori da 10 L (Ø 24 cm x h 24 cm) riempiti con una miscela di terriccio standard addizionata con fertilizzante Osmocote® Exact (4 g/L). La prova è stata condotta in piena aria. L'irrigazione è stata effettuata attraverso un impianto di microirrigazione a goccia con gocciolatori a spaghetti. Gli interventi irrigui sono stati mirati a ripristinare l'acqua facilmente disponibile persa per evapotraspirazione più una quota di lisciviazione per prevenire accumulo di sali nella zona radicale (circa 10-15%). Per ciò che concerne gli interventi di gestione agronomica non specificati in questo report, è stato fatto riferimento alle tecniche standard di coltivazione adottate nel florovivaismo (controllo fitosanitario, potature, ecc.). In Figura 4 è possibile osservare una panoramica delle piante in prova.

Durante il periodo di osservazione è stato monitorato lo stato di salute generale delle piante in coltivazione attraverso misure biometriche e visive. In particolare, è stata monitorata la comparsa di eventuali necrosi o sintomi di citotossicità, rispetto al controllo non trattato.



Figura 4. Panoramica degli impianti di coltivazione utilizzati per le prove preliminari presso il CREA di Pescaia.

3.1.2 Risultati

Nessuna delle piante in coltivazione ha mostrato segni di stress evidente o comunque riconducibili alla presenza dei diversi prodotti rispetto al controllo non trattato. In generale, tutte le specie hanno mostrato un regolare accrescimento tra i vari trattamenti e un livello qualitativamente valido dal punto di vista commerciale. È possibile quindi concludere che il primo obiettivo delle prove preliminari è stato pienamente raggiunto, dimostrando che su un'ampia varietà di specie ornamentali da vaso i trattamenti non hanno indotto nessun comportamento anomalo delle piante in coltivazione.

Le stesse considerazioni non valgono per la permanenza dei prodotti testati nel vaso. Le quantità apportate (vedi metodologia), determinate in funzione di precedenti studi, sono risultate insufficienti a garantire una permanenza stabile del prodotto, specialmente per il prodotto a base di colla filmante in cui non era presente alcuna matrice organica. Infatti, il trattamento FILM è risultato del tutto "inconsistente", inducendo a eliminare completamente tale prodotto dalle successive prove (Figura 5).

In generale, il dosaggio utilizzato non ha determinato effetti significativi sul contenimento delle infestanti. Tuttavia, è stata riscontrata un'incidenza piuttosto bassa di queste ultime anche nel controllo non trattato, probabilmente a causa di condizioni climatiche sfavorevoli alla diffusione della flora spontanea. Tale fattore potrebbe aver contribuito a limitare ("livellare") gli effetti dei diversi trattamenti. Per questi motivi è stato deciso di iniziare un nuovo ciclo di trattamenti, apportando quantità maggiori di prodotto BpF per unità di superficie, mentre è stato deciso di interrompere i trattamenti con prodotto liquido per la totale inconsistenza dimostrata dal liquido filmante.



Figura 5 Il prodotto film liquido (sinistra) è risultato meno persistente e non idoneo al contenimento delle infestanti rispetto agli altri due prodotti (un esempio di BpF sulla destra).

In sintesi, sulla base delle prime prove effettuate e del rilievo intermedio del 21/11/2016, si può concludere quanto segue:

- è stato dimostrato che il prodotto pacciamante brevettato dal CREA non ha indotto, nel periodo di prova, alcun effetto negativo sulle piante in coltivazione, selezionate tra un'ampia gamma di specie, appartenenti a diversi generi, tipiche del vivaismo ornamentale in vaso;
- le quantità di prodotto da apportare devono essere maggiormente indagate.

Per i motivi sopra elencati un nuovo ciclo di trattamenti è iniziato in data 21/11/2016. Durante tali prove si è continuato a monitorare le condizioni delle piante in coltivazione e l'effetto dei trattamenti sul contenimento della flora infestante.

3.2 Seconda prova preliminare

3.2.1 Metodologia

Per dare continuità alla sperimentazione, la prova è stata condotta proseguendo i rilievi sulle medesime specie utilizzate nel primo ciclo di trattamenti. Il nuovo ciclo di raccolta dati è stato effettuato nel periodo 21/11/2016-05/06/2017.

Su ogni specie è stato testato uno dei tre prodotti iniziali, inserendo per ogni specie un trattamento di controllo, come di seguito elencato:

1. CTRL: controllo non trattato (non pacciamato);
2. BpF: prodotto pacciamante a base di un collante organico e fibre di cocco in ragione di $1000 \text{ cm}^3/\text{vaso}$ ($2,21 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$).

La prova è stata condotta in piena aria con gli stessi accorgimenti tecnici adottati per il precedente ciclo di sperimentazione, con l'unica differenza di avere apportato fertilizzanti tramite concimazione di copertura

prima di applicare il trattamento pacciamante. Per l'applicazione del prodotto BpF sono state seguite le stesse modalità utilizzate nel precedente ciclo di osservazioni, ovvero il prodotto è stato distribuito sulla superficie, lievemente compattato, bagnato e lasciato asciugare. L'unica variante rispetto al precedente ciclo è quindi consistita nel maggior apporto di prodotto per unità di superficie, come precedentemente riportato nello schema dei trattamenti. Un esempio è riportato in Figura 6.

Durante il periodo di osservazione è stato monitorato lo stato di salute generale delle piante in coltivazione attraverso misure biometriche e visive. In particolare, è stata monitorata la comparsa di eventuali necrosi o sintomi di fitotossicità rispetto al controllo non trattato. A fine prova sono state condotte alcune misurazioni di SPAD per valutare il contenuto in clorofille nelle foglie, oltre al rilievo di parametri di crescita e di sviluppo della biomassa.



Figura 6. Esempio su piante di olivo del nuovo ciclo di trattamenti con il prodotto Biopac® a base di faggio BpF.

3.2.2 Risultati

Come per il primo ciclo di osservazioni, è stato monitorato lo stato di salute generale delle piante in coltivazione attraverso misure biometriche, fisiologiche (analisi scambi gassosi e SPAD index) e visive. Nel perdurare delle prove, nessuna delle piante in coltivazione ha mostrato segni evidenti di stress riconducibili alla presenza dei diversi prodotti, rispetto al controllo non trattato. In generale, tutte le specie hanno mostrato un regolare accrescimento tra i trattamenti e un livello qualitativamente valido dal punto di vista commerciale. Alla fine della prova le diverse piante non hanno evidenziato significative differenze per ciò che concerne i principali parametri biometrici (altezza e numero di ramificazioni) e la biomassa totale.

Si può quindi concludere che il primo obiettivo delle prove preliminari è stato pienamente raggiunto, dimostrando che su un'ampia varietà di specie ornamentali da vaso, durante un periodo di osservazioni totali di circa 11 mesi, Biopac® non ha indotto sintomi misurabili di stress, consentendo un livello qualitativo delle produzioni comparabile a quello ottenuto con altri prodotti.

Per ciò che concerne il contenimento delle erbe infestanti, si può constatare che, nel secondo ciclo di rilievi, la presenza del prodotto Biopac® si è fatta apprezzare per l'elevato livello di contenimento delle malerbe rispetto ai vasi non trattati. In Figura 7 si può osservare come la presenza di Biopac® permetta di creare un ostacolo all'insorgenza delle erbe infestanti anche dopo diversi mesi dall'applicazione.



Figura 7. Confronto tra vasi trattati con Biopac® BpF e vasi non trattati.

I migliori risultati ottenuti durante il secondo ciclo di rilievi sono verosimilmente legati al maggiore volume di prodotto apportato per unità di superficie durante l'applicazione. A differenza del primo ciclo di osservazioni, ciò ha permesso anche una maggiore persistenza del prodotto nei vasi fino alla fine della prova, per un periodo di circa 200 giorni, senza necessità di sostituzioni o aggiunte. Va inoltre sottolineato che il nuovo ciclo di osservazioni è stato condotto nel periodo autunno-inverno, durante il quale si verificano le condizioni più avverse per la permanenza del prodotto in vaso, principalmente a causa delle piogge.

Il dato visivo relativo all'effetto contenitivo delle infestanti è stato quantificato attraverso la misura della biomassa di malerbe presente nei vasi al termine delle prove. La biomassa totale di piante infestanti rilevata sui vasi trattati con BpF è stata riportata in termini relativi rispetto al controllo in Figura 8, in cui si vede chiaramente come il maggiore volume di prodotto apportato per unità di superficie sia stato efficace, con una riduzione media di circa l'89% rispetto al controllo.

In conclusione, sulla base dei risultati del secondo ciclo di prove preliminari, si può evidenziare quanto segue:

- sulla base dei rilievi visivi e biometrici, i prodotti testati non hanno indotto nessun tipo di fitotossicità nelle diverse specie oggetto di indagine;
- la dose di circa $2.2 \text{ cm}^3/\text{cm}^2$ di prodotto è stata ritenuta adatta a contenere il livello delle erbe infestanti per un uso professionale;
- considerato il periodo invernale di osservazioni, la persistenza del prodotto BpF nei vasi si è dimostrata ottimale, tanto da ipotizzarne l'efficacia anche in un ciclo annuale di trapianti.

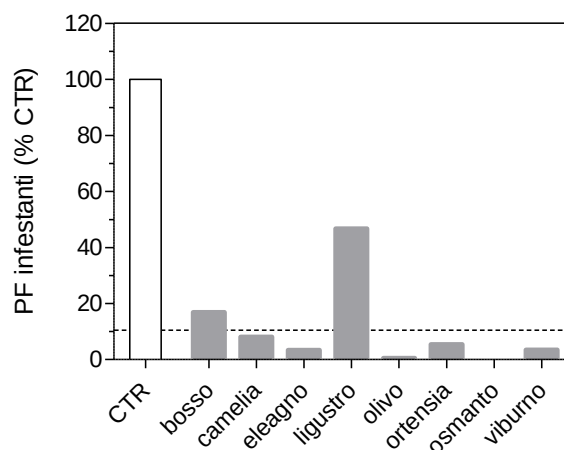


Figura 8. Peso fresco (PF) delle infestanti campionate nelle diverse specie espresse come percentuale rispetto al controllo non trattato. I dati sono riportati a titolo esemplificativo delle prove preliminari. In questo caso, non sono stati trattati dal punto di vista statistico poiché la prova era indirizzata a valutare principalmente la possibile fitotossicità del nuovo prodotto Biopac®.

4 VALUTAZIONE DEI PACCIAMANTI ORGANICI IN PROVE DI CAMPO PRESSO UNA AZIENDA VIVAISTICA

Le prove illustrate in questa sezione sono state condotte presso i vivai Romiti & Giusti (Agliana, PT), i quali hanno anche fornito un'adeguata assistenza tecnica. Vista l'assenza di fitotossicità del nuovo prodotto Biopac®, dimostrata nelle prove preliminari su un'ampia gamma di specie appartenenti a generi botanici diversi, per queste prove è stato deciso di concentrare le attività su una specie di interesse strategico per l'azienda: *Ilex crenata*. In Figura 9 si può vedere una panoramica delle piante in coltivazione. Nel presente lavoro saranno dettagliate le operazioni e la metodologia riguardante gli obiettivi del progetto e della singola prova sperimentale. Per le generiche operazioni di campagna non specificate (es., trattamenti fitopatologici, irrigazione, ecc.) si può fare riferimento alla "pratica comune" adottata dal coltivatore.



Figura 9. Panoramica degli impianti sperimentali presso l'azienda Romiti & Giusti ad Agliana (PT).

4.1 Prima prova: valutazione della persistenza di lungo periodo di un prodotto pacciamante organico in funzione di due diverse strategie di concimazione

I principali obiettivi di questa prova hanno riguardato la valutazione del prodotto pacciamante Biopac®, utilizzato in due diverse formulazioni, rispetto alla sua permanenza in campo per un lungo periodo e in presenza di due diverse strategie di concimazione: 1) concimazione minerale standard con fertilizzante a rilascio controllato (CRF); 2) concimazione con fertilizzanti organo-minerali come nella pratica dell'azienda. Le prove sono state condotte seguendo il seguente schema sperimentale di trattamenti (6 trattamenti risultanti dalla combinazione di 2 strategie di concimazione e 3 metodi di controllo delle infestanti).

1. Concimazione

- a. Min: concimazione minerale standard effettuata usando CRF miscelato con il substrato al momento del trapianto in autunno (4 kg/m^3) e in copertura a primavera incipiente (3 kg/m^3) per un apporto totale di N 4,7, P_2O_5 2,0 e K_2O 3,7 (g/pianta)
- b. Org: concimazione organo-minerale aziendale effettuata con prodotto ARES e cornungia miscelato con il substrato al momento del trapianto (8 e 2 kg/m^3 , rispettivamente) e prodotto ARES in copertura a primavera incipiente (3 kg/m^3), per un apporto totale di N 3,8, P_2O_5 2,2 e K_2O 2,2 (g/pianta)

2. Pacciamanti

- a. CTR non pacciamato e non diserbato chimicamente
- b. Prodotto BpF (vedi Tabella 1) con dosaggio 750 ml/vaso
- c. Prodotto BpM (vedi Tabella 1) con dosaggio 750 ml/vaso

Le piante di ilex sono state trapiantate in vasi 4 L ($\varnothing$ 18 cm) riempiti con torba e pomice (50:50 v/v). I trattamenti pacciamanti sono iniziati il giorno 30/10/2017 seguendo le modalità riportate nella descrizione dei prodotti e le quantità adatte al vaso utilizzato, secondo quanto emerso dai risultati delle prove preliminari. Alcune immagini della prova sono riportate in Figura 10.



Figura 10. Panoramica della prova su vaso 4 L (sx) ed esempio di controllo delle infestanti con pacciamante (dx).

La prova è stata condotta seguendo uno schema a blocchi randomizzati in 4 replicati (12 piante per replica, per un totale di 288 piante). Le valutazioni hanno riguardato: numero e peso fresco delle infestanti raccolte durante i periodi di campionamento per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sul contenimento delle infestanti; peso fresco, percentuale di peso secco e altezza delle piante in coltivazione per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sul prodotto finale. Le prove si sono concluse al momento del rilievo distruttivo finale dopo circa 240 giorni. I risultati di questa prova sono riportati in Tabella 2 e Figura 11. Facendo riferimento solo alle differenze significative dal punto di vista statistico, essi si riassumono in:

- effetto dei pacciamanti
 - contenimento medio delle infestanti di circa il 60% rispetto al controllo (es. in Figura 10)
 - aumento di peso fresco delle piante di ilex ma solo in presenza di concimazione minerale standard
 - aumento del rapporto tra peso fresco e altezza delle piante di ilex che indica un migliorato *habitus* vegetativo della pianta (secondo parametri merceologici)
- aumento della presenza di infestanti nella concimazione minerale standard; si deve tuttavia precisare che in questo caso l'apporto in N (+21%) e K₂O (+68%) era maggiore rispetto alla concimazione aziendale che ha, d'altra parte, determinato un minor peso fresco e una minore altezza delle piante di ilex

Tabella 2. Infestanti totali (Inf Tot), peso fresco (PF), peso secco (PS), altezza (AL) e rapporto PF/AL delle piante di ilex al momento del rilievo distruttivo finale.

Trattamento	Inf Tot (n°/vaso)	Inf PF (g/vaso)	Piante PF (g/vaso)	Piante PS (%)	Piante AL (cm/pt)	Piante PF/AL (g/cm)
Concime (Con)						
Min	2.88 a	27.5 a	121.8 a	30.1	38.5 a	3.17
Org	1.45 b	16.2 b	106.8 b	33.7	33.4 b	3.21
Pacciamante (Pac)						
CTR	3.65 a	36.1 a	110.0 b	32.3	37.5	2.94 b
BpF	1.13 b	14.3 b	116.7 a	33.3	35.2	3.33 a
BpM	1.72 b	15.3 b	116.0 a	30.2	35.2	3.30 a
Significatività*						
Con	***	***	***	n.s.	***	n.s.
Pac	***	***	*	n.s.	n.s.	**
Con x Pac	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.

* I valori rappresentano la media dei replicati. Lettere diverse indicano valori significativamente diversi, calcolati separatamente per ogni singolo fattore. n.s.= non significativo *, **, ***= significativo per 0,01<P≤0,05, 0,001≤P<0,01 e P≤0,001, rispettivamente (ANOVA e due vie). La separazione delle medie è stata effettuata tramite test di Student-Newman-Keuls (P≤0.05).

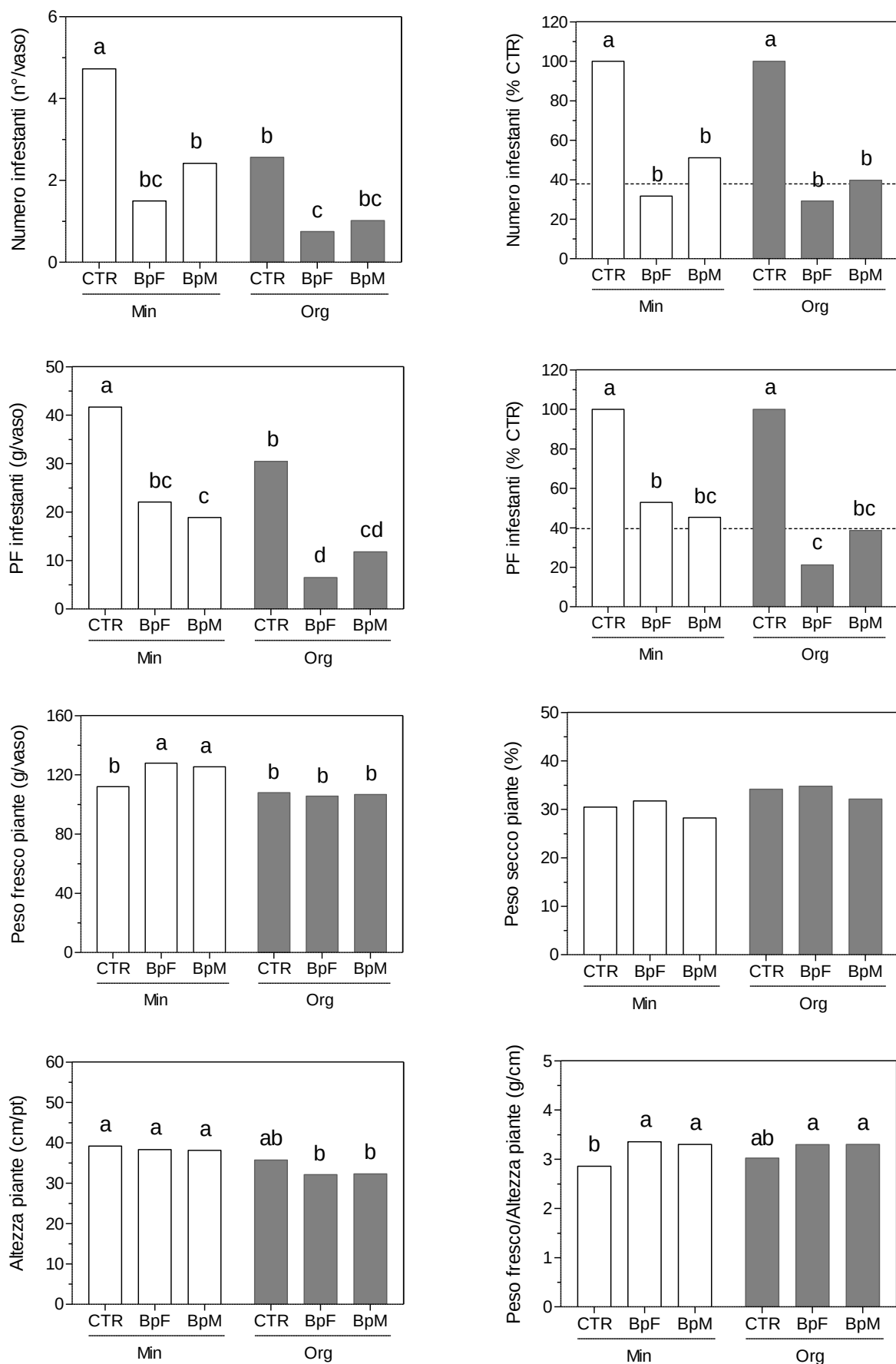


Figura 11. Da sinistra verso destra e dall'altro verso il basso: 1) numero di infestanti assoluto e 2) relativo rispetto al controllo, 3) peso fresco (PF) delle infestanti assoluto e 4) relativo rispetto al controllo, 5) peso fresco, 6) peso secco percentuale, 7) altezza e 8) rapporto tra peso fresco e altezza delle piante di *Ilex* al rilievo distruttivo finale. Le colonne rappresentano il valore medio di 4 repliche. Analisi statistica (ANOVA a una via) per la separazione delle medie effettuata come riportato in Tabella 2.

4.2 Seconda prova: valutazione di un prodotto pacciamante organico in funzione di diverse tecniche irrigue

I principali obiettivi di questa prova hanno riguardato la valutazione del prodotto pacciamante Biopac®, utilizzato in due diverse formulazioni e in presenza di due diverse tecniche di irrigazione: 1) irrigazione per aspersione effettuata con classici sprinkler da vivaismo di pieno campo e 2) irrigazione a goccia con sistema a gocciolatori e capillari. In particolare, si voleva osservare se il contenimento delle infestanti e l'azione del prodotto pacciamante potessero essere influenzati da diverse tecniche di irrigazione. Le prove sono state condotte seguendo il seguente schema sperimentale di trattamenti (6 trattamenti risultanti dalla combinazione di 2 strategie di irrigazione e 3 metodi di controllo delle infestanti):

1. Irrigazione

- a. IrG: a goccia tramite sistema con gocciolatori e tubi capillari
- b. IrP: per aspersione soprachioma con sprinkler

2. Pacciamanti

- a. CTR non pacciamato e non diserbato chimicamente
- b. Prodotto BpF (vedi Tabella 1) con dosaggio 915 ml/vaso
- c. Prodotto BpM (vedi Tabella 1) con dosaggio 915 ml/vaso

Le piante di ilex sono state trapiantate in vasi 7 L ($\varnothing$ 22 cm) riempiti con torba e pomice (50:50 v/v). In questo caso è stata effettuata una concimazione standard usando CRF miscelato con il substrato al momento del trapianto in autunno (4 kg/m^3) e in copertura a primavera incipiente (3 kg/m^3). I trattamenti pacciamanti sono iniziati il giorno 22/02/2018 seguendo le modalità riportate nella descrizione dei prodotti e le quantità adatte al vaso utilizzato, secondo quanto emerso dai risultati delle prove preliminari. Alcune immagini della prova sono riportate in Figura 12.



Figura 12. Panoramica della prova su vaso 7 L nel sistema di irrigazione a goccia (sx) e aspersione (dx).

La prova è stata condotta seguendo uno schema a blocchi randomizzati in 4 replicati (12 piante per replica per un totale di 288 piante). Le valutazioni hanno riguardato: numero e peso fresco delle infestanti raccolte durante i periodi di campionamento per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sul contenimento delle infestanti; peso fresco, percentuale di peso secco e altezza delle piante in coltivazione per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sul prodotto finale. Le prove si sono concluse al momento del rilievo distruttivo finale dopo circa 160 giorni. I risultati di questa prova sono riportati in Tabella 3 e Figura 13. Facendo riferimento solo alle differenze significative dal punto di vista statistico, essi si riassumono in:

- effetto dei pacciamanti
 - contenimento medio delle infestanti del 60% in termini di peso nel sistema di irrigazione a pioggia e 45% in quello a goccia
 - aumento di peso fresco, altezza e loro rapporto nelle piante di ilex (es. visivo in Figura 14)
- maggiore contenimento delle infestanti nel sistema di irrigazione a goccia

Tabella 3. Infestanti totali (Inf Tot), peso fresco (PF), peso secco (PS), altezza (AL) e rapporto PF/AL delle piante di ilex al momento del rilievo distruttivo finale.

Trattamento	Inf Tot (n°/vaso)	Inf PF (g/vaso)	Piante PF (g/vaso)	Piante PS (%)	Piante AL (cm/pt)	Piante PF/AL (g/cm)
Irrigazione (Irr)						
IrG	14.8 b	47.1 b	173.7	30.7	61.0	2.86
IrP	33.3 a	118.0 a	180.5	30.0	61.4	2.91
Pacciamante (Pac)						
CTR	39.3 a	138.0 a	140.9 b	30.0	58.2 b	2.42 b
BpF	16.9 b	53.1 b	199.7 a	30.0	63.2 a	3.15 a
BpM	15.9 b	56.5 b	190.8 a	31.1	62.2 a	3.08 a
Significatività*						
Irr	***	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Pac	***	***	***	n.s.	*	***
Irr x Pac	***	***	n.s.	n.s.	*	n.s.

* I valori rappresentano la media dei replicati. Lettere diverse indicano valori significativamente diversi, calcolati separatamente per ogni singolo fattore. n.s.= non significativo *, **, ***= significativo per $0,01 < P \leq 0,05$, $0,001 \leq P < 0,01$ e $P \leq 0,001$, rispettivamente (ANOVA e due vie). La separazione delle medie è stata effettuata tramite test di Student-Newman-Keuls ($P \leq 0,05$).

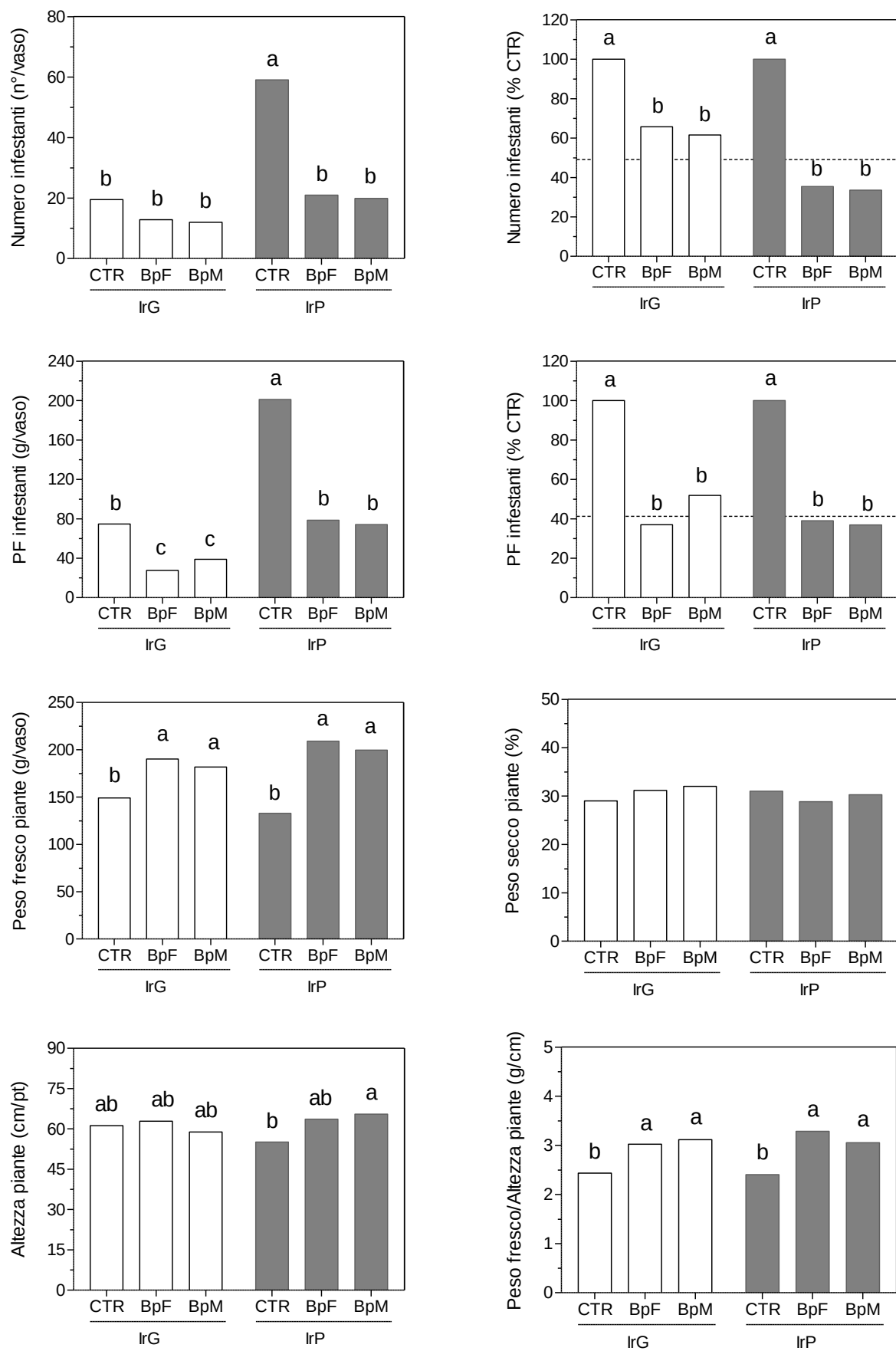


Figura 13. Da sinistra verso destra e dall'altro verso il basso: 1) numero di infestanti assoluto e 2) relativo rispetto al controllo, 3) peso fresco (PF) delle infestanti assoluto e 4) relativo rispetto al controllo, 5) peso fresco, 6) peso secco percentuale, 7) altezza e 8) rapporto tra peso fresco e altezza delle piante di *Ilex* al rilievo distruttivo finale. Le colonne rappresentano il valore medio di 4 repliche. Analisi statistica (ANOVA a una via) per la separazione delle medie effettuata come riportato in Tabella 2.

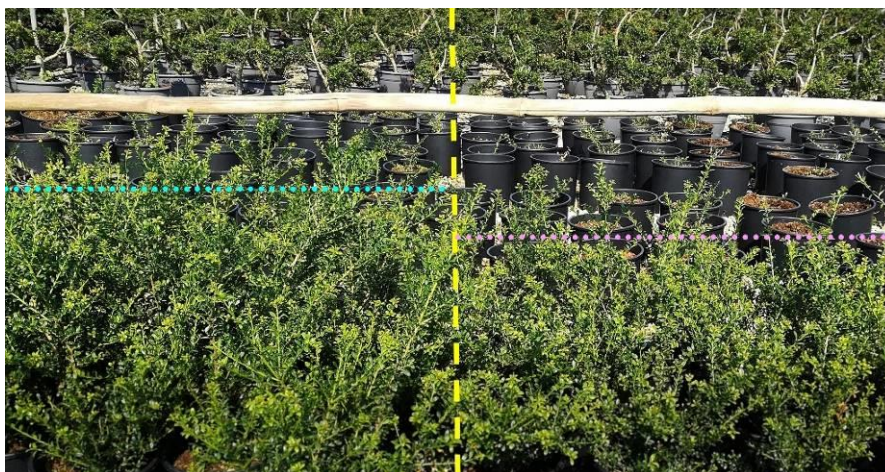


Figura 14. Esempio del maggiore accrescimento delle piante trattate con il pacciamante organico nell'irrigazione a pioggia (sx) rispetto al controllo non pacciamato (dx) al momento del rilievo distruttivo finale.

4.3 Terza prova: confronto tra diversi prodotti organici pacciamanti

Il principale obiettivo di questa prova ha riguardato la valutazione di diversi prodotti pacciamanti organici in un confronto tra materiali e soluzioni fornite da diverse ditte che operano nel settore. In particolare, è stato osservato il contenimento delle erbe infestanti e l'influenza dei diversi trattamenti sulle piante in coltivazione dal punto di vista di alcune caratteristiche dei tessuti (nutrizione) e della zona radicale. Le prove sono state condotte seguendo il seguente schema sperimentale di trattamenti (6 trattamenti indipendenti):

1. CTR: non pacciamato e non diserbato chimicamente
2. CHI (testimone chimico): prodotto diserbante chimico (vedi elenco prodotti) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore
3. BpM (vedi Tabella 1) con dosaggio 1000 ml/vaso
4. CoM (vedi Tabella 1) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore
5. StP (vedi Tabella 1) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore
6. DiP (vedi Tabella 1) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore

Le piante di ilex sono state trapiantate in vasi 9,5 L ($\varnothing$ 24 cm) riempiti con torba e pomice (50:50 v/v). In questo caso è stata effettuata una concimazione standard usando CRF miscelato con il substrato al momento del trapianto in autunno (4 kg/m^3) e in copertura a primavera incipiente (3 kg/m^3). I trattamenti pacciamanti sono iniziati il giorno 13/04/2018 seguendo le modalità riportate nella descrizione dei prodotti e le quantità adatte al vaso utilizzato. Alcune immagini della prova sono riportate in Figura 14.

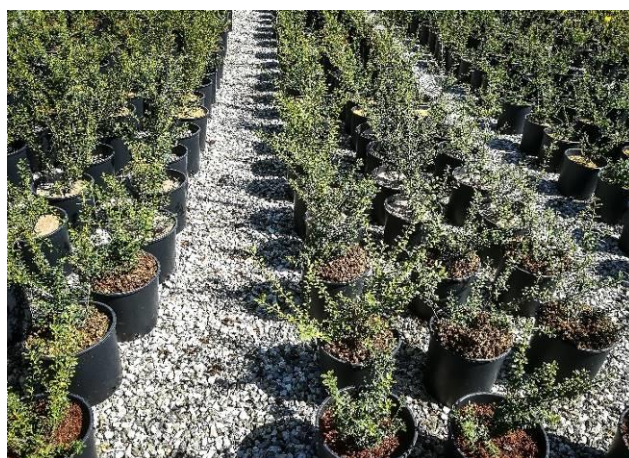


Figura 14. Esempio dei diversi pacciamanti organici usati oltre al Biopac® (già riportato nelle precedenti prove): Stropellet (alt sx), Discoplus (alto dx), TerrAktiv containermulch (basso sx). In questo caso le foto provengono dalle prove aggiuntive fatte presso il CREA su cipresso. In basso a destra è invece riportata una panoramica della prova in campo presso l'azienda Romiti & Giusti.

La prova è stata condotta seguendo uno schema a blocchi randomizzati in 4 replicati (16 piante per replica per un totale di 384 piante). Le valutazioni hanno riguardato: numero e peso fresco delle infestanti raccolte durante i periodi di campionamento per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sul contenimento delle infestanti; percentuale di peso secco e contenuto in macronutrienti nei tessuti della pianta delle piante in coltivazione per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sulla fisiologia della pianta. Inoltre sono state effettuate alcune analisi chimiche dei substrati (su estratto acquoso 1:5 v/v) per valutare l'effetto dei trattamenti nella zona radicale. Le prove si sono concluse al momento del rilievo distruttivo finale dopo circa 110 giorni. I risultati di questa prova sono riportati nelle Figura 15-17. In questo caso non è stato riportato il rilievo di peso fresco sulle piante in coltivazione poiché un periodo di 110 giorni è stato reputato troppo limitato per valutare l'effetto dei trattamenti sulla crescita e sviluppo della pianta. Tutti i parametri di altezza e peso sono comunque risultati non significativamente diversi rispetto al controllo CTR. L'effetto dei trattamenti si può pertanto riassumere come segue:

- contenimento delle erbe infestanti da parte dei pacciamanti organici di circa l'85% in termini di numero e 90% in termini di peso rispetto al controllo (Figura 15 e Figura 16)
- nessuna significativa differenza in termini di percentuale di peso secco della parte epigea, ad eccezione delle piante trattate con StP rispetto al controllo CTR
- nessuna significativa differenza in termini di concentrazione di macronutrienti nei tessuti della parte epigea della pianta (in Figura 17 è stato riportato l'azoto come esempio)
- nessuna influenza da parte dei pacciamanti organici sulla reazione del substrato, ad eccezione di DiP che ha mostrato un leggero seppur significato abbassamento del pH
- nessuna influenza da parte dei pacciamanti organici sulla presenza di sali nutrienti nella zona radicale: in Figura 17 è stata riportata per ragione di sintesi la conducibilità elettrica (CE) come indicatore correlato alla concentrazione di sali nella zona radicale

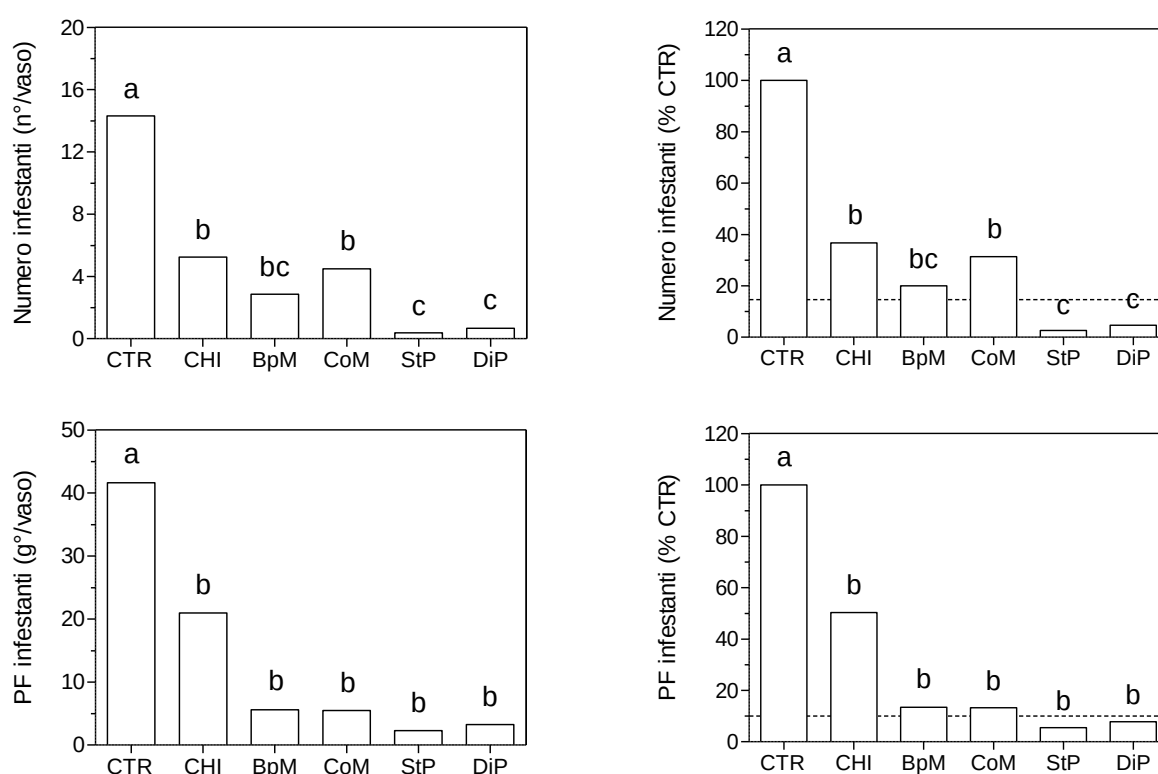


Figura 15. Da sinistra verso destra e dall'altro verso il basso: 1) numero di infestanti assoluto e 2) relativo rispetto al controllo, 3) peso fresco (PF) delle infestanti assoluto e 4) relativo rispetto al controllo. Le colonne rappresentano il valore medio di 4 repliche. Analisi statistica (ANOVA a una via) per la separazione delle medie effettuata come riportato in Tabella 2.



Figura 16. Esempi di controllo delle infestanti in due diversi pacciamanti organici (sx) rispetto al controllo (dx).

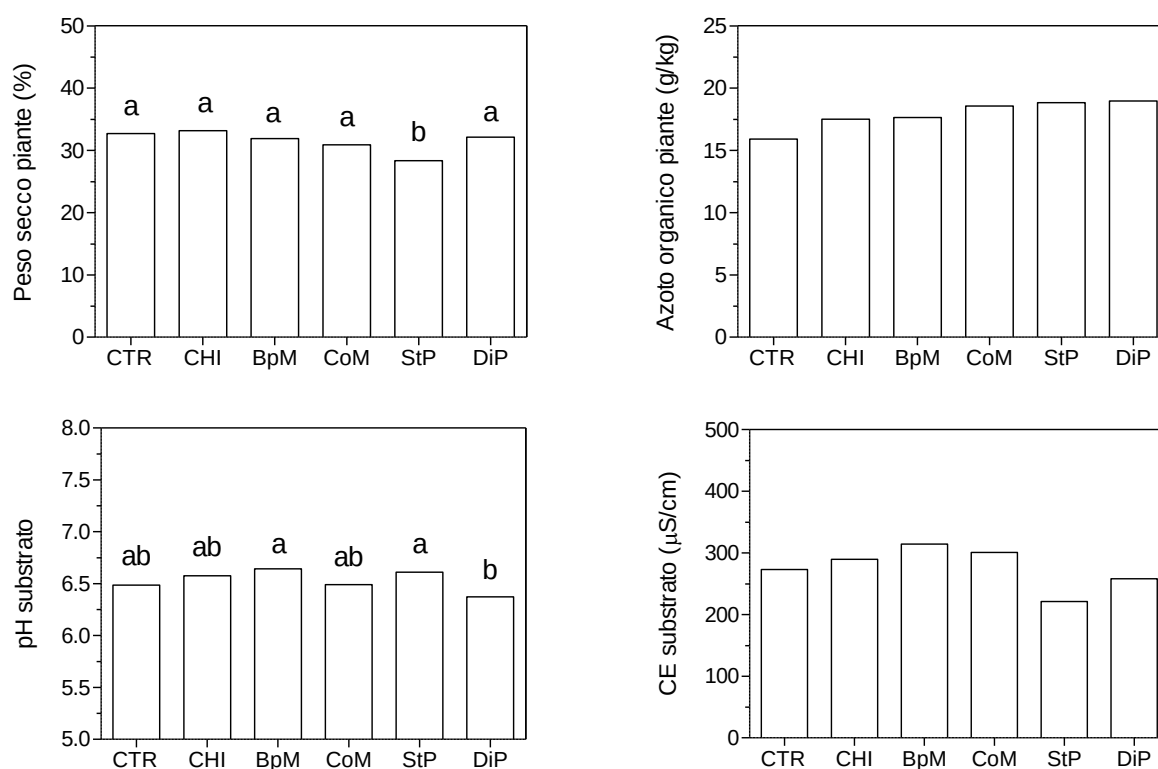


Figura 17. Da sinistra verso destra e dall'altro verso il basso: 1) peso secco percentuale della pianta e 2) contenuto in azoto della parte epigea, 3) pH e 4) conducibilità elettrica del substrato (CE) al rilievo distruttivo finale. Le colonne rappresentano il valore medio di 4 repliche. Analisi statistica (ANOVA a una via) per la separazione delle medie effettuata come riportato in Tabella 2.

5 VALUTAZIONE DEI PACCIAMANTI ORGANICI IN PROVE DI CAMPO PRESSO L'AZIENDA SPERIMENTALE DEL CREA

Queste prove sono state condotte con lo scopo di effettuare valutazioni specifiche sullo stato della zona radicale con strumenti che non potevano essere collocati in campo presso l'azienda ospitante il progetto. In particolare, si tratta di sonde per la misura della concentrazione di ossigeno (nell'aria) della zona radicale (macropori) e di umidità del substrato (Figura 18). Ulteriore scopo della prova è stato quello di testare l'effetto di altri due pacciamanti organici sul contenimento delle infestanti in vaso. Le prove sono state condotte seguendo il seguente schema sperimentale con 6 trattamenti:

1. CTR: non pacciamato e non diserbato chimicamente
2. BpL (vedi Tabella 1) con dosaggio 830 ml/vaso
3. BpC (vedi Tabella 1) con dosaggio 830 ml/vaso
4. StP (vedi Tabella 1) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore
5. CoM (vedi Tabella 1) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore
6. DiP (vedi Tabella 1) applicato secondo quanto riportato in etichetta dal venditore

In questo caso, piante di cipresso (*Cupressocyparis leylandii*) sono state trapiantate in vasi 5 L ($\varnothing$ 20 cm) riempiti con una miscela di torba e pomice (70:30 v/v). In questo caso, è stata effettuata una concimazione standard usando CRF miscelato con il substrato al momento del trapianto in autunno (4 kg/m^3). I trattamenti pacciamanti sono stati effettuati il giorno 31/05/2018 seguendo le modalità riportate nella descrizione dei prodotti e le quantità adatte al vaso utilizzato. Alcune immagini della prova sono riportate in Figura 1, Figura 14 e Figura 19.

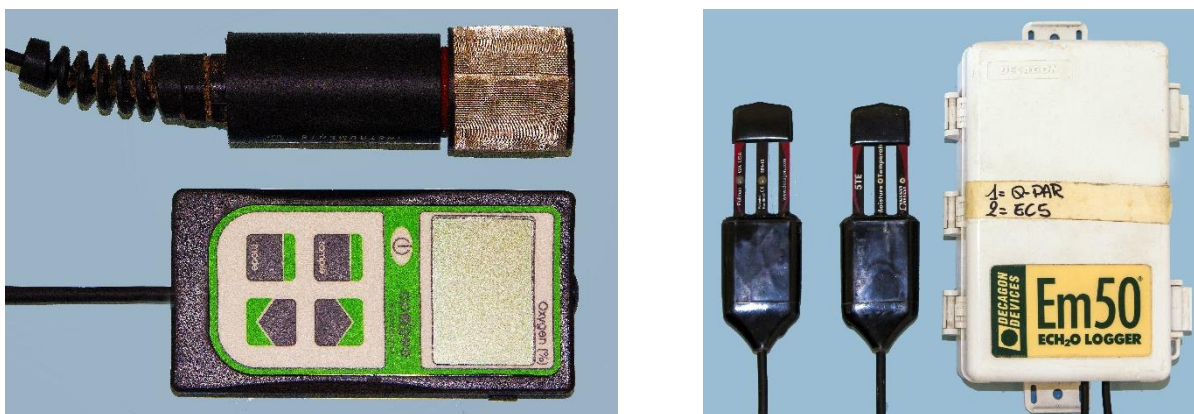


Figura 18. Strumenti utilizzati presso il CREA per la misura della concentrazione di ossigeno nel vaso (sx) e umidità del substrato (dx).



Figura 19. Prove condotte presso il CREA di Pescia: esempi di applicazione dei prodotti. Altre immagini delle prove presso il CREA sono in Figura 1 e Figura 14.

La prova è stata condotta seguendo uno schema a blocchi randomizzati in 3 replicati (8 piante per replica). Le valutazioni hanno riguardato: numero e peso fresco delle infestanti raccolte durante i periodi di campionamento per la valutazione dell'effetto dei trattamenti sul contenimento delle infestanti e valutazione del livello di ossigeno e umidità in presenza e assenza di pacciamante organico. In questo caso non è stato riportato il rilievo di peso fresco sulle piante in coltivazione poiché è stato deciso, visti gli interessanti risultati ottenuti in precedenza, di prolungare la prova oltre le attività di progetto contando su fondi interni del CREA. Si riportano quindi i risultati parziali dopo un periodo di circa 130 giorni di coltivazione. I risultati di questa prova sono riportati nelle Figura 20, Figura 21 e Figura 22. L'effetto dei trattamenti si può riassumere come segue:

- contenimento delle infestanti medio di circa l'80% rispetto al controllo CTR
- tra i vari pacciamanti, Biopac®, Stropellet e Discoplus hanno dato risultati leggermente migliori rispetto al prodotto TerrAktiv containermulch
- la presenza dei pacciamanti aiuta mantenere più stabile il livello di umidità nella zona radicale e aumenta mediamente la disponibilità di acqua per la pianta (Figura 21)
- in presenza di pacciamante organico, il livello di ossigenazione nella zona radicale risulta leggermente ridotto, probabilmente anche a causa del maggior contenuto di umidità. Comunque le misure effettuate indicano livelli abbondantemente al di sopra dei limiti di sufficienza per la pianta (Figura 22)

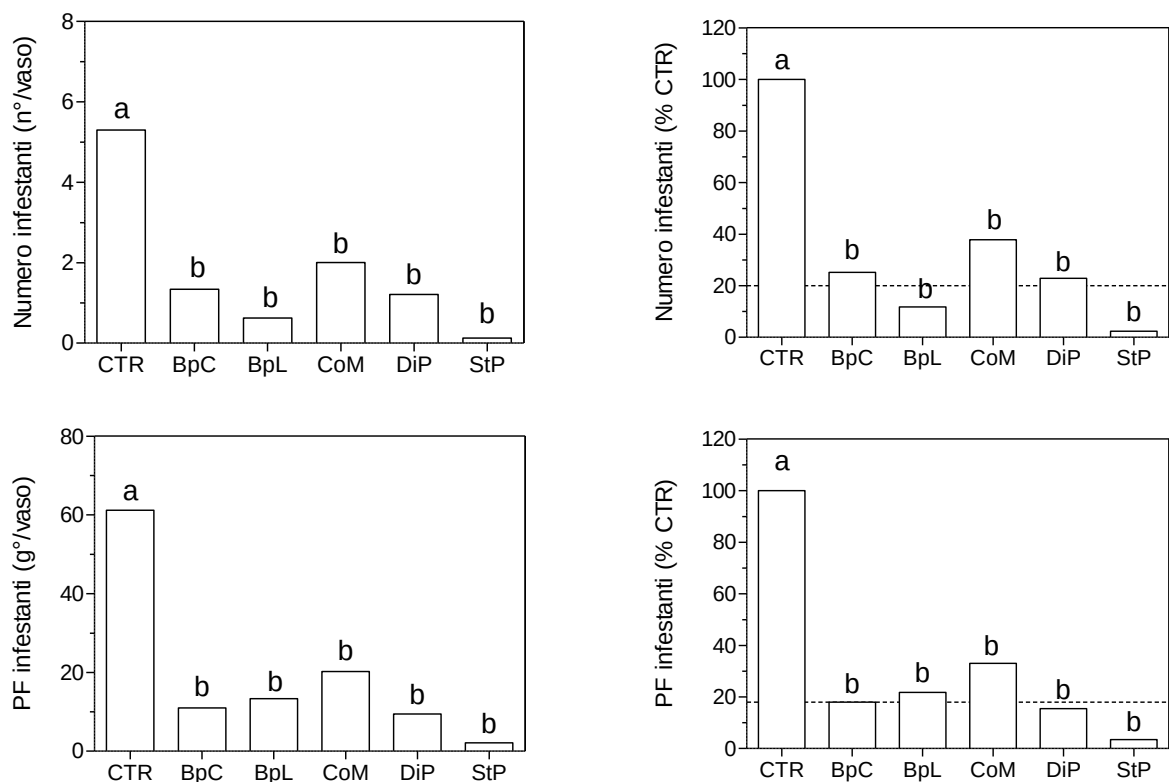


Figura 20. Da sinistra verso destra e dall'altro verso il basso: 1) numero di infestanti assoluto e 2) relativo rispetto al controllo; 3) peso fresco (PF) delle infestanti assoluto e 4) relativo rispetto al controllo. Le colonne rappresentano il valore medio di 3 repliche. Analisi statistica (ANOVA a una via) per la separazione delle medie effettuata come riportato in Tabella 2.

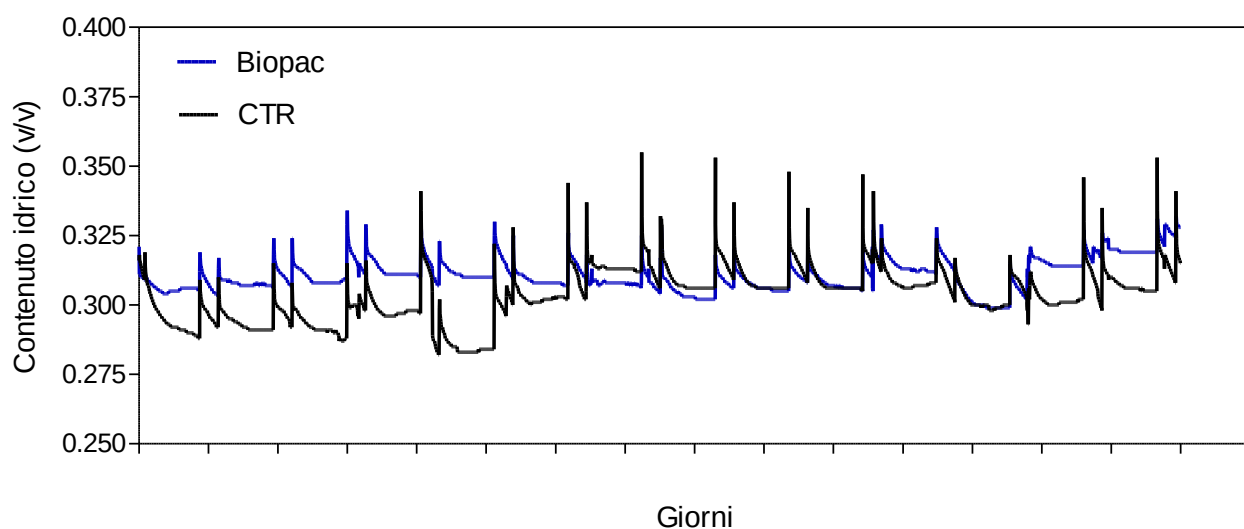


Figura 21. Esempio di contenuto idrico volumetrico (media di due vasi) di vasi pacciamati e non. I picchi repentini corrispondono alle irrigazioni.

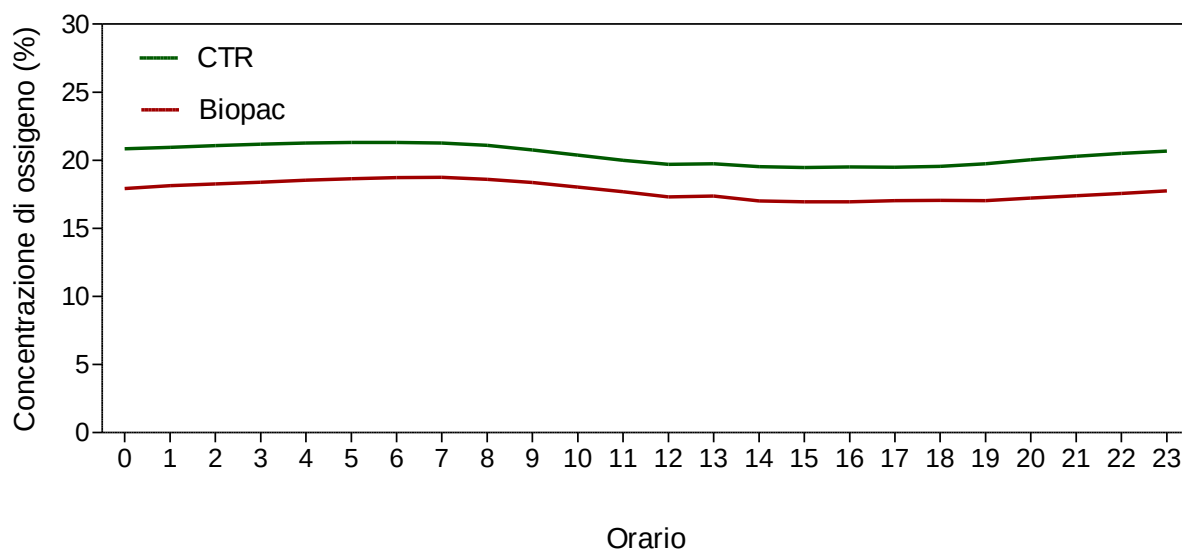


Figura 22. Concentrazione di ossigeno nell'aria misurata nella zona radicale. I valori corrispondono alla media oraria di più giorni di osservazione.

6 CONCLUSIONI GENERALI

Le prove effettuate per il progetto 3S-Econursery hanno messo in evidenza aspetti fondamentali per la gestione delle malerbe nel vivaismo effettuata in modo sostenibile per l'ambiente. Tutti i materiali utilizzati nelle prove potrebbero essere prodotti a filiera corta eliminando oneri di trasporto che incidono negativamente su aspetti economici ed ambientali. In sintesi, la sperimentazione effettuata ha messo in evidenza i seguenti rilevanti aspetti che talora ribadiscono principi già validati nella tecnica agronomica e talora aprono nuove prospettive per una agricoltura intensiva sempre più solidale con i principi dell'agricoltura circolare e sostenibile:

- le tecniche agronomiche in vivaio incidono fortemente sul controllo delle infestanti
 - le concimazioni devono essere fatte senza eccedere poiché le erbe infestanti sono altamente competitive per l'assorbimento dei nutrienti e aumentano significativamente in funzione della concentrazione di sali nutrienti nel vaso
 - i sistemi di irrigazione a goccia possono aiutare a contenere in modo significativo le erbe infestanti
- i pacciamanti organici hanno dimostrato di contenere le malerbe con percentuali medie tra tutte le prove di circa il 75% in termini di peso fresco di infestanti per vaso, mostrando talora performance superiori al prodotto chimico di sintesi
- i pacciamanti organici si sono dimostrati in grado di aumentare il peso fresco della pianta e migliorarne alcuni aspetti biometrici rispetto al controllo non trattato, probabilmente grazie alla

minore presenza di erbe infestanti e anche grazie a un migliore controllo dell'umidità nella zona radicale

- la presenza dei pacciamanti organici non ha alterato in modo importante le caratteristiche chimiche dei tessuti della pianta né quelle della zona radicale

Nonostante i risultati positivi raggiunti con la sperimentazione condotta nell'ambito del progetto 3S-Econursery, ma anche in precedenti lavori, la pratica comune della lotta alle malerbe prevede l'uso di erbicidi chimici. Nel presente lavoro, tali erbicidi non hanno avuto effetti clamorosamente diversi da quelli ottenuti con l'uso di pacciamanti organici sebbene, probabilmente, uno dei fattori che gioca a favore dei primi è sicuramente il prezzo più contenuto. Si ribadisce quindi che ci deve essere un impegno sociale dietro l'uso di prodotti ecosostenibili supportato da interventi governativi e dalle attività di ricerca in modo adeguato, oltre a programmi di aggiornamento e di educazione ad una agricoltura proiettata verso il futuro e sensibile alle problematiche ambientali.

7 BIBLIOGRAFIA

- Amoroso, G., Frangi, P., Piatti, R., Fini, A., Ferrini, F., 2010. Effect of mulching on plant and weed growth, substrate water content, and temperature in container-grown giant arborvitae. *HortTechnology* 20, 957-962.
- Benvenuti, S., 2003. Soil texture involvement in germination and emergence of buried weed seeds. *Agron. J.* 95, 191-198.
- Benvenuti, S., Pardossi, A., 2017. Weed seedbank dynamics in Mediterranean organic horticulture. *Sci. Hortic.* 221, 53-61. [https://doi.org/ 10.1016/j.scienta.2017.04.011](https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.04.011).
- Case, L.T., Mathers, H.M., Senesac, A.F., 2005. A review of weed control practices in container nurseries. *HortTechnology* 15, 535-545.
- Chalker-Scott, L., 2007. Impact of mulches on landscape plants and the environment — A review. *J. Environ. Hortic.* 25, 239-249. [https://doi.org/ 10.24266/0738-2898-25.4.239](https://doi.org/10.24266/0738-2898-25.4.239).
- Chiellini, E., Cinelli, P., D'Antone, S., Ilieva, V.I., Magni, S., Miele, S., Pampana, S., 2003a. Liquid mulch based on poly(vinyl alcohol). PVA-soil interaction. *Macromol. Symp.* 197, 133-142. [https://doi.org/ 10.1002/masy.200350713](https://doi.org/10.1002/masy.200350713).
- Chiellini, E., Cinelli, P., Ilieva, V.I., Ceccanti, A., Alexy, P., Bakos, D., 2003b. Biodegradable hybrid polymer films based on poly(vinyl alcohol) and collagen hydrolyzate. *Macromol. Symp.* 197, 125-132. [https://doi.org/ 10.1002/masy.200350712](https://doi.org/10.1002/masy.200350712).
- Chiellini, E., Corti, A., D'Antone, S., Solaro, R., 2003c. Biodegradation of poly (vinyl alcohol) based materials. *Prog. Polym. Sci.* 28, 963-1014. [https://doi.org/ 10.1016/S0079-6700\(02\)00149-1](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(02)00149-1).
- Chong, C., 2003. Experiences with weed discs and other nonchemical alternatives for container weed control. *HortTechnology* 13, 23-27.
- Escuer, O., Vabrit, S., 2017. Effect of organic mulches on development of three ornamental annual plants, moisture and chemical properties of soil. *Acta Sci. Pol-Hortoru* 16, 127-139. [https://doi.org/ 10.24326/asphc.2017.4.13](https://doi.org/10.24326/asphc.2017.4.13).
- Gilliam, C.H., Fare, D.C., Beasley, A., 1992. Nontarget Herbicide Losses from Application of Granular Ronstar to Container Nurseries. *J. Environ. Hortic.* 10, 175-176. [https://doi.org/ 10.24266/0738-2898-10.3.175](https://doi.org/10.24266/0738-2898-10.3.175).
- Gilliam, C.H., Foster, W.J., Adrain, J.L., Shumack, R.L., 1990. A Survey of Weed Control Costs and Strategies in Container Production Nurseries. *J. Environ. Hortic.* 8, 133-135. [https://doi.org/ 10.24266/0738-2898-8.3.133](https://doi.org/10.24266/0738-2898-8.3.133).
- Horowitz, M., Elmore, C.L., 1991. Leaching of Oxyfluorfen in Container Media. *Weed Technol.* 5, 175-180. [https://doi.org/ 10.1017/S0890037X00033479](https://doi.org/10.1017/S0890037X00033479).
- Jodaugienė, D., Pupalienė, R., Urbonienė, M., Pranckietis, V., Pranckietienė, I., 2006. The impact of different types of organic mulches on weed emergence. *Agron. Res.* 4, 197-201.
- Marble, S.C., Koeser, A.K., Hasing, G., 2015. A review of weed control practices in landscape planting beds: Part II—chemical weed control methods. *HortScience* 50, 857-862.
- Riley, M.B., 2003. Herbicide losses in runoff of containerized plant production nurseries. *HortTechnology* 13, 16-21.
- Saha, D., Marble, S.C., Pearson, B.J., 2018. Allelopathic effects of common landscape and nursery mulch materials on weed control. *Front. Plant Sci.* 9, 733. [https://doi.org/ 10.3389/fpls.2018.00733](https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00733).
- Zhigang, C., 2010. Study on environmental risk assessment of glyphosate leakage. *Environm. Engn.* 4, 0-38.