

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA  
SCUOLA DI AGRARIA E MEDICINA VETERINARIA

Dipartimento di Agronomia Animali Alimenti Risorse naturali e Ambiente  
Tesi di Laurea triennale in Produzioni Biologiche Vegetali  
PADOVA

**METODI DI CONTROLLO BIOLOGICO E SOSTENIBILI PER LA  
GESTIONE DELLE FITOPATOLOGIE DEL POMODORO IN SERRA**

**ORGANIC AND SUSTAINABLE TECHNIQUES FOR HANDLING  
TOMATO DISEASES IN GREENHOUSES**

Relatore:

Prof. Andrea Squartini

Laureando:

Carlo Ravello

Matricola n. 2032809

ANNO ACCADEMICO 2023-2024

## INDICE

<b>RIASSUNTO</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>1. INTRODUZIONE</b> .....	4
<b>1.2 Patologie del pomodoro</b> .....	5
<b>1.3 Problematica aziendale</b> .....	6
<b>1.4 Panoramica sui nematodi galligeni (<i>Meloidogyne spp.</i>)</b> .....	7
<b>1.5 Metodi di prevenzione più utilizzati</b> .....	10
<b>1.6 Presentazione della coltura di interesse sperimentale</b> .....	13
<b>2. SCOPO DELLA TESI</b> .....	14
<b>3. MATERIALI E METODI</b> .....	15
<b>3.1 Area d'indagine</b> .....	15
<b>3.2 Metodi di prevenzione e controllo</b> .....	16
<b>3.3 Svolgimento interventi di prevenzione</b> .....	19
<b>4. RISULTATI</b> .....	22
<b>4.1 Confronto tecniche e valutazione costi di gestione</b> .....	22
<b>5. NUOVI METODI IN VIA DI SPERIMENTAZIONE UTILIZZABILI PER IL CONTROLLO DEI NEMATODI</b> .....	25
<b>6. PATOLOGIA SVILUPPATASI SUL POMODORO POST-TRAPIANTO</b> .....	27
<b>7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE</b> .....	35
<b>9. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA</b> .....	38
<b>10. RINGRAZIAMENTI</b> .....	40

## RIASSUNTO

Ad oggi il problema maggiormente riscontrato nelle aziende risulta riguardare la sfera economica. Negli anni l'aumento dei prezzi ha portato gli agricoltori a provare dei metodi più semplici e relativamente poco costosi per affrontare danni entomologici e patogenici.

La sperimentazione si è svolta all'interno di metà serra di 400 mq su più specie di pomodoro (*Solanum lycopersicum*) iniziata in primavera e protratta fino all'estate. La prova è stata divisa in quattro zone lasciandone una di controllo per verificare l'efficacia o meno degli altri metodi.

Nella divisione areale del pomodoro sono stati utilizzati "Nemguard SC", mix da sovescio e tagete con l'obiettivo di confrontare i diversi metodi, presi in considerazione, di controllo dei nematodi, la loro funzionalità, il prezzo e la facilità di reperimento.

La sperimentazione è avvenuta presso l'azienda Pozzobon Gianni, nel paese di Villorba, in provincia di Treviso. Lo scopo principale è quello di valutare i vantaggi dei vari metodi scelti e messi in atto all'interno dell'azienda, per il controllo e la prevenzione dei danni sul raccolto subiti in orticoltura, a causa dei nematodi *Meloidogyne sp.* Tra cui si suppone la presenza di *M. hapla*, *M. arenaria* e *M. incognita* (che sono rispettivamente diffuse la prima nel nord Italia, la seconda in tutta la penisola e la terza è conosciuta per essere la più presente e la più dannosa nelle colture orticole) e altre patologie.

## ABSTRACT

Currently, the most encountered problem in companies is regarding the economical aspect. The price increases over the year led farmers to experiment with new cheaper and simpler methods to address entomological and pathogenic damages.

The experimentation was conducted in half of a 400 sqm greenhouse, utilizing multiple tomato species (*Solanum lycopersicum*) and during a period that started in spring and lasted through the summer. The experiment was done dividing the area into four zones, where one served as neutral control to compare the effectiveness of the methods.

In the areal division of the tomato plants, Nemguard, a mix of manure and marigold were used with aim of comparing the different methods used for nematodes control: effectiveness, cost and availability.

The experimentation happened at company Pozzobon Gianni, in Villorba, province of Treviso. The main purpose of the research, was to evaluate the different advantages of the methods that the company selected and implemented in the farm, to prevent and reduce damages in horticulture caused by nematodes *Meloidgyne sp.* The expectation was to have presences of *M. hapla*, *M. arenaria* and *M. incognita* (which respectively can be found in north of Italy, the second is spread around the whole country and the third one is spread mainly in vegetables crops) and other diseases.

## **1. INTRODUZIONE**

Il nostro pianeta risulta da sempre essere regolato da degli equilibri che si sviluppano con il tempo tramite l'interazione tra diversi organismi. Il vastissimo mondo delle patologie, in questo caso, delle fitopatologie in natura, risulta essere in armonia. La problematica, ovvero la rottura di questo sottile filo che lega le piante e i suoi patogeni, si viene a creare con l'adozione delle coltivazioni intensive e le monocolture. Necessarie però per riuscire a mantenere una produzione di frutta e verdura costante per soddisfare le richieste della popolazione mondiale sempre più in crescita (8.05 miliardi di persone, dati dell'ONU). Le patologie vegetali sono condizioni provocate da agenti biotici (batteri, virus, funghi, nematodi e insetti) o abiotici (come carenze nutrizionali, inquinamento e condizioni climatiche estreme). Queste fitopatologie risultano essere una difficile sfida per l'agricoltura mondiale che, soprattutto negli ultimi anni, sta cercando metodi innovativi, efficaci e sostenibili per debellarle. A livello mondiale queste malattie delle piante causano perdite annue, tra le produzioni agricole, comprese fra il 20% e il 40%. Percentuali che secondo la FAO (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Alimentazione e l'Agricoltura) rappresentano un deficit di oltre 220 miliardi di dollari annui. Queste mancanze non hanno importanza solo a livello economico ma bensì vanno a causare sprechi idrici, in quanto l'acqua dolce utilizzata per l'irrigazione porta alla mancanza del prodotto finale. Le malattie portano ad una perdita della fertilità dei terreni, questo dovuto alle coltivazioni che assorbono i nutrienti, tramite le radici dal suolo, senza poter portare a termine il loro ciclo vitale. Si verificano anche significative perdite di lavoro dato che nelle aree pesantemente colpite la manodopera risulta non essere più necessaria aumentando il tasso di disoccupazione.

## 1.2 Patologie del pomodoro

La pianta di pomodoro (*Solanum lycopersicum*), conosciuta, per la sua generosità nella produzione stagionale, 5,4 milioni di tonnellate prodotte in Italia per l'industria nel 2023 (Alimentando, Gazzetta dell'Emilia), e per la sua versatilità nei metodi di coltivazione in quanto presenta buone rese sia per la coltivazione in campo aperto sia per la coltivazione in ambiente protetto. Vista la sua elevata presenza nelle superfici coltivabili italiane, risulta essere suscettibile ad una elevata gamma di patologie che si possono suddividere in quattro famiglie:

**Malattie fungine:** dove tra le più importanti la Peronospora (*Phytophthora infestans*) i cui sintomi causano delle macchie brune sulle foglie, che a lungo andare possono portare alla formazione di muffa bianca, e sul fusto; Alternariosi (*Alternaria solani*) la quale provoca delle macchie scure concentriche sulle foglie, sui frutti e sul fusto; Oidio (*Leveillula taurica*), attacca le foglie e si presenta come una polvere bianca su di esse che le porta all'ingiallimento e successivamente alla caduta; Marciume radicale e del colletto (*Fusarium oxysporum*), attacca il fusto causandone un marciume con conseguente avvizzimento dell'intera pianta.

**Malattie batteriche:** Maculatura batterica (*Xanthomonas campestris pv. vesicatoria*), essa provoca delle piccole macchie scure con alone giallo nelle foglie e nei frutti; Cancro batterico (*Clavibacter michiganensis subsp. michiganensis*), attacca i frutti portando alla formazione di macchie necrotiche e successivamente conduce la pianta alla completa perdita dell'apparato fogliare.

**Malattie virali:** Virus del mosaico del tabacco (TMV), questo porta ad una deformazione fogliare, che rende queste ultime molto fragili, oltre a far comparire sulla lamina superiore un'alternanza di colori tra verde chiaro e verde scuro ricordando alla vista un vero e proprio mosaico. Per quanto riguarda i frutti, causa macchie, deformazioni e perdita di qualità; Virus del giallume della

zucchina (ZYMV), che a livello di sintomi presenta una stretta somiglianza con quelli causati dal TMV.

**Nematodi:** Tra i più importanti i Nematodi galligeni (*Meloidogyne spp.*), questo tipo di nematodi creano delle galle, (per questo chiamati galligeni) ingrossamenti sulle radici, che compromettono la capacità della pianta di assorbire acqua e nutrienti causando così una crescita stentata, ingiallimento e perdita delle foglie e infine riduzione del raccolto totale.

### **1.3 Problematica aziendale**

La problematica principale presente nella coltivazione del pomodoro in serra, nell'azienda Pozzobon Gianni situata a Villorba, risulta essere quella dei nematodi. Come afferma il proprietario, nella zona dove ora sono situate le serre, prima vi era un campo coltivato a barbabietole da zucchero (*Beta vulgaris*) che non seguiva rotazioni. Sempre da fonti attendibili è stato comunicato che il primo anno il raccolto è stato molto soddisfacente, il secondo anno invece vi è stata una notevole riduzione della resa mentre il terzo anno oltre all'ulteriore diminuzione del raccolto totale vi è stata anche una pessima valutazione nel grado zuccherino delle piante che erano riuscite ad arrivare al periodo della raccolta. Questi danni sono stati procurati dai nematodi galligeni (*Meloidogyne spp.*), in quanto le radici laterali, in molti casi anche il fittone della barbabietola, presentavano numerose galle. Negli anni successivi, sopra il campo dedicato alle barbabietole da zucchero, sono state costruite le serre utilizzate come ricovero attrezzi, macchine agricole e per la coltivazione di piante orticole per la vendita diretta in negozio. Tra le colture coltivate troviamo: cipollotti, sedano, lattuga, finocchi, cetrioli, pomodori, fave, fagiolini, cappucci, rape, bieta, ravanelli e cicoria. Mentre una parte di esse invece, rimane sempre libera nel periodo che va da novembre a febbraio per permettere il posizionamento della vasca per lo sbiancamento del radicchio di Treviso, prodotto di punta e fonte molto importante di reddito dell'azienda. Essendo le serre situate sopra il campo infestato dai nematodi l'azienda negli anni ha risentito molto delle problematiche causate da questi microrganismi sul

raccolto. Il titolare inoltre afferma di non aver mai effettuato trattamenti specifici per debellare il patogeno. L'idea per questa problematica aziendale si concentra appositamente nel controllo di questi microrganismi per i motivi sopracitati.

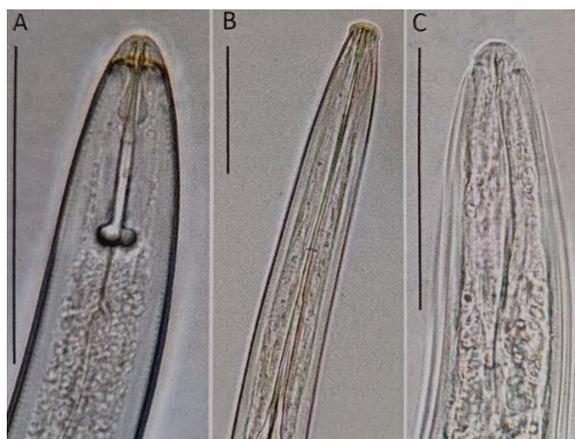
#### **1.4 Panoramica sui nematodi galligeni (*Meloidogyne spp.*)**

I nematodi galligeni (Famiglia *Meloidogyninae*), così chiamati per la formazione di galle nelle radici delle piante ospiti (*fig.1*), sono annoverati come i nematodi fitoparassiti più dannosi per le colture. Tra le specie più diffuse al mondo e di maggior interesse per i danni economici che causano troviamo *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. javaica* e *M. hapla* (Quest'ultima, presente anch'essa in Italia, risulta avere una distribuzione più ristretta alle aree settentrionali in quanto più adattata ai climi freddi).



*fig. 1 – Radice di cetriolo con numerose galle causate dai nematodi galligeni Meloidogyne spp.*

Questa specie di nematodi attacca le radici e si comporta da endoparassita sedentario. Sopravvivono nel terreno sotto forma di larve di secondo stadio o sottoforma di uovo. Quando la temperatura del suolo supera i 18°C gli stadi infettivi (secondo stadio giovanile) penetrano nelle radici, mediante l'utilizzo dello stiletto (*fig.2*), una volta inseriti rimangono sedentari per tre differenti mute, diventando, infine femmine piriformi (Dimensioni: 0,6-0,8 mm) o maschi vermiformi (Dimensioni: 1,1-1,9 mm) e migratori (*fig.3*).



*fig. 2 – Tipologie di stiletti nei diversi nematodi fitoparassiti. Foto del libro “I nematodi del suolo”.*

*fig. 3 – A sinistra in posizione centrale maschio di Meloidogyne sp. Con numerose larve di 2° età; A destra una femmina matura. Foto del libro “I nematodi del suolo”.*



La sopravvivenza del nematode, fino alla maturità, è permessa dalla creazione di quest'ultimo di 4-8 cellule giganti (cellule che aumentano il loro volume fino a 100 volte rispetto ad una cellula normale e hanno la funzione di magazzino di nutrienti per il nematode). Quest'ultime causano l'ostruzione dei vasi conduttori, impedendo così il corretto trasporto della linfa con conseguente riduzione di apporto di nutrienti alle parti aeree della pianta.

**Ciclo biologico:** Per le specie più comuni una generazione richiede circa 30 giorni in condizioni ottimali per riprodursi nuovamente. Pertanto, nell'arco della stagione estiva, possono essere portate a termine 2-3 generazioni in campo aperto e da 5 a 6 all'interno delle serre, in quanto le temperature raggiungono l'ottimo per i nematodi molto anticipatamente. Il ciclo biologico dei nematodi galligeni segue questo andamento:



## 1.5 Metodi di prevenzione più utilizzati

**Rotazione delle culture:** La rotazione colturale risulta essere una delle tecniche più efficaci per la prevenzione dai patogeni delle piante. In agricoltura biologica, questa pratica è obbligatoria come cita il regolamento (UE) 2018/848. Oltre che per la prevenzione da possibili attacchi, questa tecnica, può essere utilizzata per apportare, attraverso l'utilizzo di una coltura diversa dalla precedente, arricchimenti nutrizionali al terreno. Nel caso specifico dei nematodi galligeni possono essere utilizzate, in rotazione, piante non-ospiti o con caratteristiche nematocide in prevenzione della semina o del trapianto della coltura principale. Così facendo si va a creare una situazione nella quale le larve di seconda età (stadio infettivo) non riescono a completare la ricerca di una pianta bersaglio ed essendo parassiti obbligati muoiono nel terreno incapaci così di raggiungere la maturazione sessuale evitando l'arrivo delle successive generazioni. Tra le rotazioni più comuni troviamo l'inserimento di colture di copertura come, ad esempio, la senape bianca (*Sinapis alba*) o il rafano (*Raphanus sativus*) che sono conosciute per avere effetti nematocidi sia durante il loro periodo di permanenza nel terreno sia successivamente a fine ciclo se si decide di effettuare un sovescio. Se si utilizza la copertura con rafano e rucola risulta importante prestare particolare attenzione all'altica (*Phyllotreta spp.*), in quanto questo coleottero è attratto da queste piante, che una volta sovesciate potrebbero portare questo insetto ad attaccare altre piante da reddito nelle zone limitrofe, soprattutto se ci si trova in ambiente protetto. Un'altra pianta che può essere utilizzata nel controllo dei nematodi è la calendula francese, o tagete (*Tagetes spp.*), che può essere impiegata come coltura di copertura o inserita all'interno della rotazione.

**Trattamenti chimici:** Questi trattamenti sono noti come nematocidi e ne esistono diverse tipologie. Tra le più importanti troviamo: **1) Nematocidi fumiganti** sono composti chimici volatili che una volta applicati al suolo diventano gassosi, oramai l'utilizzo di questi prodotti specialmente in serra, non è più sostenibile da un punto di vista ambientale. Tra i più utilizzati: il metam sodio, la cloropicrina e l'1,3-Dicloropropene. Questo trattamento avviene tramite l'utilizzo di specifici macchinari, macchine sterilizzatrici, i quali iniettano nel terreno il prodotto prima

della semina. Occorre poi coprire con dei teli in plastica la zona trattata per evitare la dispersione dei gas che si vengono a creare. **2) Nematocidi non fumiganti** diversamente dai precedenti, questi nematocidi, sono applicati al terreno sotto forma di liquidi o granuli e agiscono per contatto o ingestione. Tra le sostanze attive principali contenute in diverse tipologie di nematocidi non fumiganti troviamo: Oxamyl, recentemente però è avvenuta la revoca dei prodotti fitosanitari contenenti questa sostanza attiva ai sensi del regolamento di esecuzione (UE) 2023/741 ed in conformità del regolamento (CE) n. 1107/2009 del parlamento Europeo e del Consiglio relativo all'immissione sul mercato dei prodotti fitosanitari. La Commissione in questo caso ha ritenuto necessario non rinnovare l'approvazione della sostanza attiva in considerazione dell'osservazioni dell'Autorità europea per la sicurezza alimentare (Comunicato emanato dal Ministero della Salute); Aldicarb, anche questo principio attivo all'interno dell'Unione Europea è stato vietato dal 2011 per l'elevata tossicità causata all'uomo, agli animali e all'ambiente. Negli altri paesi il suo utilizzo non è vietato ma è regolato da rigide restrizioni; Fenamiphos, recentemente (12 febbraio 2021) anche questo principio attivo è stato revocato dal mercato per la sua tossicità e pericolosità. Riassumendo, si può dire che, l'Unione Europea negli ultimi anni si sta concentrando in maniera minuziosa nel cercare di salvaguardare la salute dei consumatori e allo stesso modo degli operatori su campo che utilizzano queste sostanze. Spronando sempre di più gli agricoltori ad utilizzare metodi più green per la tutela delle persone e dell'ambiente.

**Metodi fisici:** Rappresentano un'alternativa ecologica che si contrappone all'utilizzo dei metodi chimici. Sono molto utilizzati e forniscono buoni risultati, soprattutto se integrati con altre pratiche agronomiche, tra i più conosciuti: **1) Solarizzazione del suolo**, la quale, sfrutta il calore del sole per riscaldare il suolo fino a farlo raggiungere delle temperature letali per i nematodi. Vengono utilizzati dei teli in plastica trasparenti, per intrappolare e concentrare il calore, durante i mesi estivi per 4-6 settimane. Oltre ad avere effetto sui nematodi agisce anche su batteri, funghi e semi di erbe infestanti; **2) Trattamento termico del suolo.** Per questo metodo vengono utilizzate apposite macchine che iniettano del vapore nel suolo per farlo arrivare ad una temperatura di 60°C-80°C. Questo trattamento risulta essere molto costoso soprattutto per il dispendio di combustibile, viene quindi

prevalentemente utilizzato in serra, dove gli spazi sono più ridotti. **3) Congelamento del suolo**, questo metodo risulta essere efficace solo in zone geografiche dove gli inverni sono particolarmente rigidi. Consiste nel lasciare il terreno scoperto per un periodo prolungato a basse temperature favorendo così la ciclizzazione di congelamento e scongelamento utile al controllo dei nematodi e altri fitopatogeni; **4) Essiccazione del suolo**, consiste nel ridurre l'umidità del suolo (necessaria alla sopravvivenza dei nematodi) lasciando il suolo scoperto e senza irrigazione per un periodo di tempo prolungato. L'utilizzazione degli ultimi due metodi comporta però la perdita di uno o più cicli produttivi da parte dell'azienda che decide di metterli in atto

**Controllo biologico:** Vengono utilizzati organismi naturali per ridurre le popolazioni di nematodi nel suolo. **1) Batteri nematofagi**, ve ne sono diverse specie e sono tutt'ora in corso numerosi studi di ricerca per l'isolamento di nuovi ceppi capaci di controllare questi patogeni. Tra i più conosciuti: *Bacillus thuringiensis*, il quale, produce dei cristalli proteici che dopo l'ingestione da parte dei nematodi causano la lisi delle cellule intestinali del patogeno provocandone la morte; *Pseudomonas spp.* Alcuni ceppi di questo genere producono composti tossici per i nematodi; *Pasteuria spp.*, questo genere di batteri invece produce delle spore che si attaccano alla superficie esterna del nematode, le quali successivamente germinano all'interno di esso consumandolo internamente. **2) Funghi nematofagi**, questi funghi assomigliano, per metodi di attacco, ai batteri nematofagi. Utilizzano diversi meccanismi, che variano di specie in specie, tra cui la formazione di trappole adesive che catturano i nematodi. Alcuni funghi producono spore infettive che si attaccano al nematode e ne causano la morte con la loro germinazione (*Dactylella spp.*). Altri penetrano attivamente all'interno della cuticola del nematode mediante l'utilizzo di enzimi degradativi. Infine, una buona parte, produce delle tossine che uccidono o immobilizzano il patogeno facilitandone la digestione da parte del fungo. Un possibile punto debole di questa soluzione di controllo biologico risulta essere l'elevata specificità di molti funghi sul patogeno target.

**Piante resistenti o tolleranti:** L'utilizzo di queste piante capaci di prevenire o per lo meno limitare i danni causati da nematodi, in alcuni casi, per le piante tolleranti capaci di crescere e produrre anche in presenza di nematodi, risultano essere una

delle soluzioni più sostenibili. Contribuendo alla promozione di tecniche agricole ecocompatibili.

### **1.6 Presentazione della coltura di interesse sperimentale**

Il pomodoro (*Solanum lycopersicum*) è una pianta appartenente alla famiglia delle Solanaceae originaria del sud America. Presenta numerose varietà che si differenziano per forma, grandezza e colore del frutto. Se fatta crescere in condizioni ottimali, risulta essere una pianta molto generosa nella produzione di frutti. Le richieste fisiologiche principali sono la necessità di luce per almeno 6-8 ore al giorno, un'irrigazione regolare e controllata, evitando ristagni idrici (i quali porterebbero alla proliferazione di malattie) e un clima temperato o caldo. Proprio per l'ultima condizione nel nostro paese le regioni con la maggior produzione di pomodori risultano essere Campania, Puglia, Emilia-Romagna e Sicilia. In Italia, la produzione di questo frutto, risulta avere una posizione economica importante all'interno del mercato. Negli ultimi anni sono state esportate dalle 500000 alle 600000 tonnellate di pomodori freschi (Per un valore di 600-700 milioni di euro annui) e 1.5/2 milioni di tonnellate di pomodori trasformati (Per un valore che supera i 2 miliardi di euro annui). Le principali destinazioni per l'Unione Europea sono: Germania, Francia, Regno Unito, Paesi Bassi e Spagna; Per il Nord America sono Stati Uniti e Canada (Soprattutto per i trasformati) e per l'Asia: Cina, Giappone e Corea del Sud.

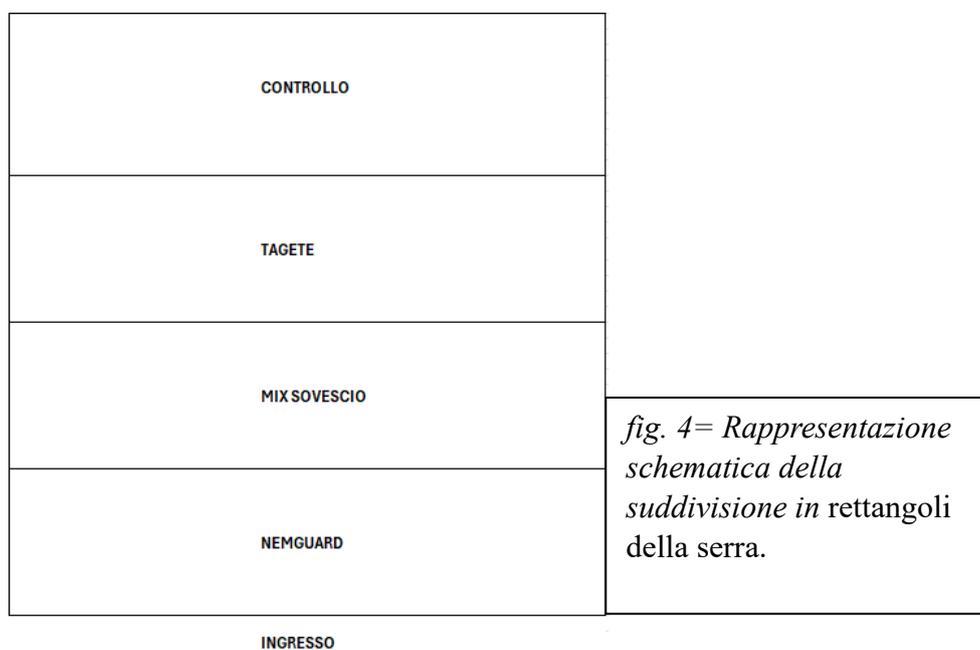
## **2. SCOPO DELLA TESI**

Presa visione dell'elevato danno causato dai nematodi galligeni, in particolare *Meloydogine spp.*, soprattutto per quanto riguarda la coltivazione in ambiente protetto di *Solanaceae* e *Cocurbitaceae*. Lo scopo del periodo di tirocinio e della ricerca universitaria è stato quello di sperimentare, in serra, diversi metodi per la prevenzione e controllo dei nematodi sulla coltura del pomodoro (*Solanum Lycopersicum*). Essendo l'azienda Pozzobon Gianni a regime biologico le quattro metodologie utilizzate rispettano le normative che regolano questo tipo di certificazione. Questo per permettere all'operatore agricolo non solo di poter vendere i pomodori sotto l'acronimo di "BIO" ma anche per fare in modo, una volta testata la loro efficacia, di poter utilizzare il metodo con più successo nelle prossime annate produttive.

### 3. MATERIALI E METODI

#### 3.1 Area d'indagine

La sperimentazione è avvenuta all'interno di una serra di 400 mq nell'azienda "Pozzobon Gianni" situata a Villorba in provincia di Treviso. L'area totale è stata divisa in 4 rettangoli uniformi sulla lunghezza della serra (*fig. 4*). Nel primo le piante di pomodoro venivano trattate con la sostanza "Nemguard SC" utilizzabile in agricoltura biologica. Nel secondo rettangolo è stato seminato a spaglio e fatto crescere un mix di semi da sovescio composto da senape, rafano e rucola successivamente sovesciato prima del trapianto delle piante di pomodoro. Nel terzo areale in contemporanea con il trapianto della coltura principale sono state messe a dimora le piante di Tagete, precedentemente seminate e fatte crescere negli appositi alveoli di germinazione durante il periodo invernale-primaverile. Infine, nell'ultimo rettangolo, quello posto più in lontananza rispetto all'entrata della serra, non sono stati adottati metodi di controllo in modo da poter dimostrare l'efficacia o meno delle altre sperimentazioni.



Per quanto riguarda la coltura coltivata, c'erano la presenza, di più varietà di pomodoro suddivise in dieci file. Guardando la serra dalla sua entrata principale partendo da sinistra e spostandosi verso destra la loro suddivisione era la seguente:

Numero della fila interessata	Varietà di pomodoro presente
1	Mini S. Marzano datterino (a terra)
2	Mini S. Marzano (a terra)
3	Mini S. Marzano (a terra)
4	Datterino grosso Dominus
5	Ciliegino Sbirulino
6	Verace del Cavallino e pomodoro Nasone
7	Cuore liscio Rosato
8	Cuore liscio
9	Cuore liscio Rosato
10	Ovetto da terra

### 3.2 Metodi di prevenzione e controllo

Per la sperimentazione si è deciso di usare dei metodi a basso costo, per rendere le pratiche di prevenzione e controllo, aperte alle possibilità economiche di tutti gli agricoltori, cercando soluzioni efficaci che abbiano anche un basso impatto ambientale. Considerando l'elevata attenzione posta sulla qualità, sulla certificazione e sulla provenienza dei prodotti che i consumatori stanno maturando negli ultimi tempi. Fattore positivo in quanto permette alle persone di conoscere da cima a fondo il prodotto che stanno acquistando. Il primo metodo che è stato testato è quello del nematocida biologico "Nemguard SC" (fig.5). Composto formato da estratto d'aglio (Purezza  $\geq 99,9$  %. *Biogard.it*) in sospensione liquida, può essere utilizzato sia in serra che in campo aperto tramite l'impianto di irrigazione o localizzato. Per le *Solanacee* la dose indicata è di 2-4 L/ha con un intervallo di 10-14 giorni per un totale di 6 cicli di trattamento. La confezione da 1 Litro di questo prodotto ha un prezzo che oscilla tra i 45€ e i 50€, risulta quindi conveniente se la superficie da trattare è di dimensioni limitate come il rettangolo sperimentale creato. Se si dovesse trattare l'intera serra o addirittura un campo con questo nematocida il costo risulterebbe essere elevato.



*fig.5= Immagine della bottiglia da 1L di Nemguard SC. Foto presa dal sito Biogard.it*



*fig.6= Fotografia del sovescio di senape, rucola e rafano nel rettangolo dedicato in serra*

Nel secondo rettangolo (*fig.6*) invece, è stato utilizzato per la semina a spaglio e il successivo sovescio un mix di semi di senape, rafano e rucola (7 Kg). Le colture di copertura vengono seminate tra i cicli di coltivazioni principali e offrono numerosi benefici agronomici, ecologici ed economici. Hanno effetti positivi: Sulla struttura del suolo difatti le radici di queste colture possono aumentare la porosità e la ritenzione idrica (capacità di un suolo di trattenere l'acqua); Sul controllo dell'erosione riducendo il dilavamento e proteggendo la superficie del terreno dalle piogge intense; Nell'aumento della fertilità del suolo, come ad esempio, la famiglia di piante appartenenti a quella delle leguminose che mediante una simbiosi riescono a rendere disponibile l'azoto nel terreno. Questo processo prende il nome di azotofissazione ed è compiuto da dei batteri del suolo (Rizobi) che si insediano nelle radici delle leguminose, formando dei noduli visibili ad occhio nudo, e grazie al loro corredo enzimatico sono capaci di trasformare l'azoto atmosferico ( $N_2$ ) in azoto ammoniacale ( $NH_4^+$ ) capace di essere assorbito dalle piante; Riducono la presenza di erbe infestanti, coprendo il suolo infatti limitano lo spazio e la disponibilità di elementi nutritivi alle malerbe; Aumento della biodiversità, con l'aggiunta di nuove colture di copertura si può allargare la biodiversità del sistema

agricolo favorendo l'intero ecosistema; Gestione delle malattie e dei parassiti, alcune colture possono interromperne il ciclo vitale.

Il mix di semi utilizzato rientra nella famiglia delle *Brassicacee*, le quali svolgono un effetto contro i nematodi galligeni sia durante la loro permanenza in campo, sia a fine del loro ciclo se verrà effettuata la pratica del sovescio. Le crucifere svolgono la funzione di piante-trappola impedendo il completamento del ciclo di sviluppo dei nematodi in quanto essi, si vanno a nutrire di sostanze tossiche. La parte epigea, una volta interrata, svolge un'azione biofumigante nel terreno in maniera analoga ai prodotti nematocidi di sintesi. Essendo questi dei semi avanzati dall'azienda da precedenti semine non sono conteggiabili nel calcolo della spesa economica, possiamo dire però, che un sacco da 1 Kg di semi appositamente selezionati viene a costare da 8€ a 15€. Di conseguenza per coprire in modo omogeneo e abbondante la superficie dell'intera serra sarebbero necessari dai 224€ ai 420€.

Nel terzo rettangolo si è deciso di sperimentare l'efficacia del Tagete nano, pianta originaria dell'America centrale che fa parte della famiglia delle Asteracee. Questa risulta essere molto resistente al calore e all'umidità, il che la rende perfetta per la crescita in serra, si accresce per un massimo di 25-30 cm di altezza e assume un comportamento cespuglioso con numerosi fiori gialli di piccole-medie dimensioni. La problematica principale del Tagete sono le limacce (lumache sprovviste di guscio) appartenenti alla famiglia degli Arionidi, di conseguenza, una volta messe a dimora, per proteggerle dall'attacco, sono state circondate da del lumachicida biologico. Sono stati comprati 6 pacchi di semi della marca "Blumen" al prezzo di 1,99€ l'uno per un totale di 11,94€ e sono stati fatti crescere negli appositi vassoi di germinazione (*fig.7*) per poi essere trapiantati alla base di ogni pianta di pomodoro (*fig.8*) presente nel rettangolo numero tre, per un totale di 168 piante. Con quelle restanti, si è deciso, di creare un perimetro nella zona laterale della serra cosicché le lumache si concentrassero su di esse evitando di nutrirsi di quelle poste alla base dei pomodori. Come metodo questo risulta essere il più economico tra i tre utilizzati in quanto se si volesse riempire la zona della serra con questo fiore posto alla base di ogni pianta di pomodoro sarebbero necessari 47,76€.



*fig.7= Vassoi di germinazione con plantule di Tagete nano*



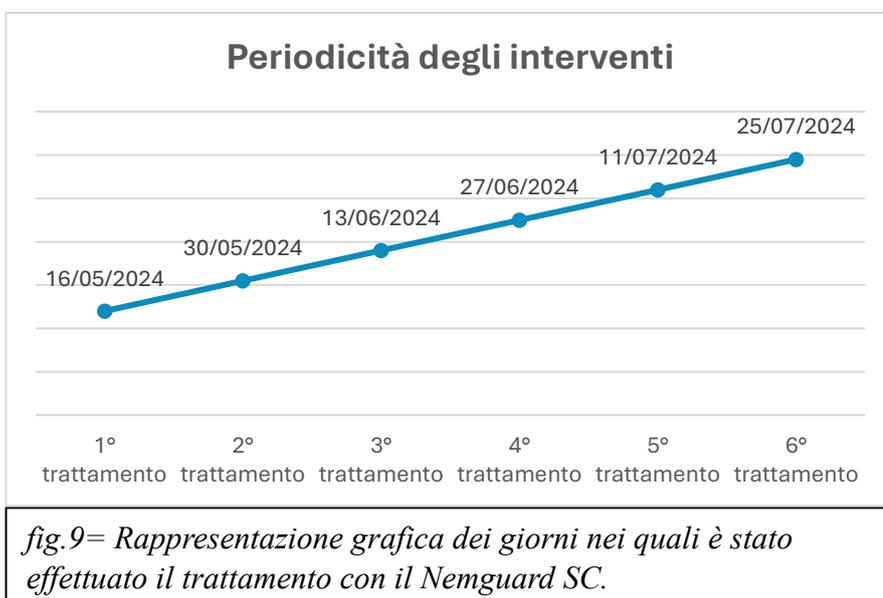
*fig.8= Consociazione tra piante di Pomodoro e Tagete nano*

### **3.3 Svolgimento interventi di prevenzione**

Prima di iniziare la spiegazione e la periodicità degli interventi di prevenzione si vuole sottolineare che le piantine di pomodoro per la produzione aziendale del 2024 sono state trapiantate in serra il giorno 16/05/2024.

**Primo rettangolo**= Nel primo rettangolo è stato utilizzato il prodotto biologico, a base di estratto d'aglio, contro i nematodi "Nemguard SC". L'etichetta posta nel retro della bottiglia indicava che per un ettaro andavano utilizzati da 2 a 4 litri di soluzione. Facendo una proporzione si è giunti alla conclusione che per irrigare la zona interessata erano sufficienti, per il trattamento localizzato pianta per pianta, 68 litri di acqua con all'interno diluiti 8,5 ml di prodotto. Una quantità molto esigua, rispetto a quella che servirebbe se il trattamento dovesse essere effettuato sui 400 mq della serra. Il ciclo era composto da sei interventi con un intervallo di 14 giorni

l'uno dall'altro. Inoltre, era consigliata l'accensione dell'impianto di irrigazione 30 minuti prima dell'operazione di prevenzione, cosicché la terra fosse già inumidita facilitando l'assorbimento della soluzione da parte del suolo e delle radici delle piante. Il primo intervento è avvenuto il giorno 17/05/2024, 30 minuti prima dell'inizio della distribuzione del prodotto è stato attivato l'impianto di irrigazione come da istruzioni. Successivamente la soluzione è stata distribuita, dopo aver messo in sicurezza il corpo con l'utilizzo dei DPI necessari (mascherina, occhiali protettivi in plastica e guanti in lattice), con l'annaffiatoio ponendo particolare attenzione alla distribuzione omogenea ad ogni pianta di pomodoro. Seguendo lo stesso metodo a distanza di 14 giorni sono avvenuti i successivi trattamenti (fig.9).



La particolarità interessante di questo prodotto è la non necessarietà del tempo di riposo nella raccolta del frutto dopo un intervento preventivo. Caratteristica che per un'azienda con punto vendita annesso, dove un grande vantaggio è la vendita di prodotti freschi, risulterebbe essere un'ottima opportunità.

**Secondo rettangolo**= Questa sezione di serra è stata dedicata al mix di piante da sovescio di rucola, rafano e senape, i 7 kg di semi sono stati seminati a spaglio, previa concimazione tramite un sacco da 25 kg di Phenix (concime completo in pellet NPK), utilizzabile in agricoltura biologica, a spaglio su tutta la superficie della serra. Unico concime utilizzato dall'azienda "Pozzobon Gianni" per la

concimazione di tutti i suoi terreni, sia in campo aperto che in serra. La semina è avvenuta il giorno 14/02/2024 mentre il sovescio è avvenuto il 10/05/2024.

**Terzo rettangolo**= il terzo rettangolo vede come soggetto principale le piantine di tagete nano la cui semina è avvenuta negli appositi vassoi di germinazione, lasciati all'interno della serra fino al termine della germinazione per la temperatura più favorevole al loro sviluppo, il giorno 11/03/2024. Le piante sono state trapiantate nello spazio a loro riservato, affianco ad ogni pianta di pomodoro presente nel rettangolo, il giorno 17/05/2024. La loro crescita è stata rapida e rigogliosa, affiancata dagli interventi di distribuzione del lumachicida che avveniva una volta ogni dieci giorni.

## 4. RISULTATI

### 4.1 Confronto tecniche e valutazione costi di gestione

Prima del confronto si vuole sottolineare la mancata presenza di nematodi galligeni su tutta l'area di sperimentazione compresa la zona di controllo. Questa assenza si pensa sia data dalla coltivazione precedente, nella superficie interessata, del finocchio (*Foeniculum vulgare*). Esso, infatti, è utilizzato nelle aziende come coltura intercalare per il controllo dei nematodi in quanto ha la capacità di rilasciare sostanze allelopatiche che ne inibiscono lo sviluppo durante la permanenza in campo. A differenza di altre piante, il finocchio riesce a liberare queste sostanze non solo durante la sua crescita nel terreno ma bensì anche tramite la parte aerea se viene interrata. Infatti, durante l'anno, quando si raccoglievano venivano direttamente puliti in serra. La pulizia consisteva, mediante l'utilizzo di un coltello, nel tagliare la parte aerea del finocchio e tenere solo la parte che viene consumata. Una volta finita la raccolta in serra, tutte le foglie e i gambi che erano stati tagliati, sono stati interrati con un'operazione di sovescio.

Una buona notizia per l'azienda ospitante, che però non permette di capire quali tra le soluzioni di prevenzione utilizzate sia stata la più efficace. Sicuramente, i nematodi erano presenti nella serra prima del fattore che sembrerebbe averli debellati completamente. Questo lo si può dire con certezza poiché a ottobre 2023 i pomodori situati nell'attuale zona sperimentale erano stati in buona parte colpiti (*fig. 10*). Inoltre, la presenza di nematodi è confermata poiché nella serra adiacente a quella dove sono stati coltivati i pomodori, dove non sono mai state effettuate pratiche di controllo, l'attacco risulta essere massiccio nei confronti della coltivazione dei cetrioli dell'anno 2024 (*fig. 11*).



*fig.10= A sinistra è rappresentato l'apparato radicale di una pianta di pomodoro nel mese di ottobre 2023. A destra la foto evidenzia i sintomi dovuti ai nematodi galligeni nella parte epigea delle piante di pomodoro sempre ad ottobre 2023.*



*fig.11= Presenza di galle nelle radici di una pianta di cetriolo nel mese di giugno 2024*

L'unica considerazione la si può fare sul terzo rettangolo (quello con il Tagete nano) in quanto si è notato un incremento della popolazione di insetti impollinatori nella zona della serra dopo la fioritura. Questo dato è stato il risultato della cattura delle trappole entomologiche, tra le quali "Pantrap" e "Stickytrap", poste nella serra adiacente per una mappatura generale degli insetti presenti nell'area aziendale.

Le trappole venivano analizzate e poi sostituite una volta ogni dieci giorni per un totale complessivo di tre cicli. Si è notato che la quantità degli impollinatori presenti nelle trappole era aumentata nel periodo della fioritura del tagete. Questa pianta, avente un comportamento cespuglioso, si ricopre nel periodo estivo di numerosi fiori gialli attirando così gli insetti nei dintorni. Questo fattore risulta essere di elevata importanza dato che in ambienti protetti queste tipologie di insetti scarseggiano e obbligano i proprietari delle aziende all'acquisto di arnie per l'impollinazione in serra (fig.12).

In conclusione, consiglieri, per il controllo dei nematodi in serra del prossimo anno, l'utilizzo del tagete nano, in quanto risultava essere il metodo più economico ed ecologico. Dato che ha la capacità di offrire protezione tramite il rilascio di sostanze allelopatiche sia durante la sua permanenza nel suolo sia dopo la conclusione del suo ciclo. Inoltre, grazie alla presenza di fiori è in grado di attrarre in serra le popolazioni di insetti impollinatori per l'impollinazione generale della superficie protetta.



*fig.12= Esempio di un'arnia  
utilizzata per  
l'impollinazione in serra.  
Immagine presa dal sito  
Agriimpol.it*

## 5. NUOVI METODI IN VIA DI SPERIMENTAZIONE UTILIZZABILI PER IL CONTROLLO DEI NEMATODI

Ad oggi vi è una forte spinta verso la ricerca di nuovi microrganismi potenzialmente utili per il biocontrollo dei nematodi fitoparassiti. La ricerca è indirizzata principalmente verso nuove specie di batteri e funghi.

Una buona parte degli studi rimane focalizzata sulle specie di *Bacillus*, tra i quali risulta essere uno dei più promettenti *B. methylophilus*. Esso agisce principalmente su *Meloidogyne spp.* tramite una doppia azione, mediante metaboliti secondari con funzione nematocida e attraverso la colonizzazione della rizosfera entrando in competizione per lo spazio e i nutrienti (Xiang et al. 2017).

Per quanto riguarda gli antagonisti fungini, le maggiori aspettative sono rivolte a *Pochonia chlamydosporia*, fungo ifomicete del suolo capace di colonizzare le radici delle piante e di parassitizzare, tramite le ife vegetative, le uova dei nematodi galligeni. Questo fungo svolge un'ulteriore azione benevola nei confronti dell'ospite infatti, essendo endofita, ha la capacità di colonizzare la rizosfera stimolando la crescita delle piante. Per questa sua caratteristica attualmente in Italia è commercializzato in combinazione con prodotti micorrizici.

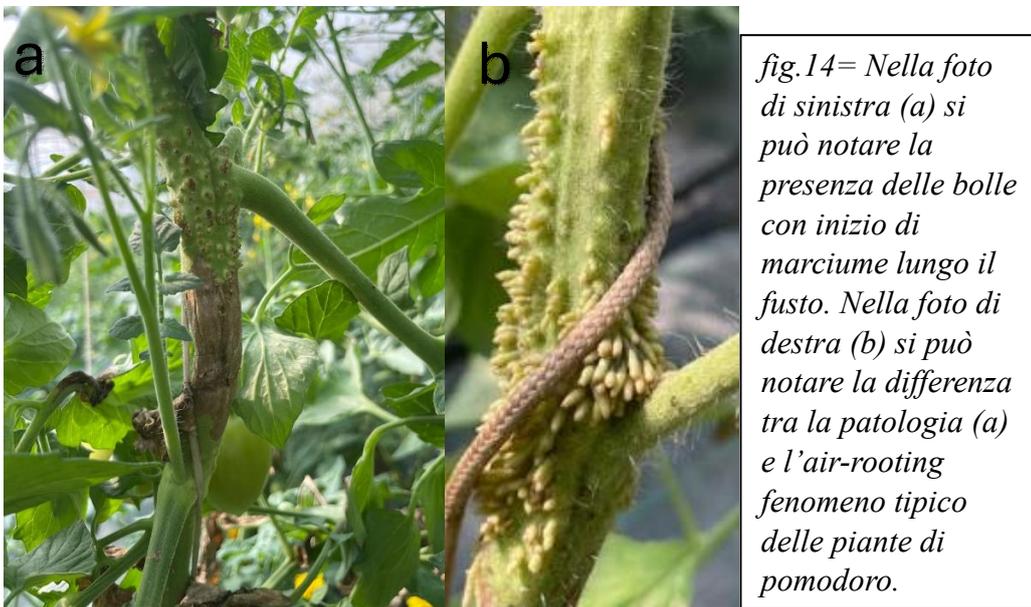
Oltre allo studio di microrganismi utili al biocontrollo vi è la ricerca negli ultimi anni dell'utilizzo di additivi naturali che tendono a potenziare l'efficacia degli agenti biologici migliorando, per esempio, il contatto del fungo o del batterio ai tessuti vegetali della pianta. L'uso di questi polimeri derivati dalle piante, possiede il grande vantaggio di avere a disposizione sostanze biocompatibili, biodegradabili e rinnovabili. Dei risultati sono stati ottenuti combinando i trattamenti con *Trichoderma*, fungo conosciuto e utilizzato in agricoltura per il contenimento delle malattie, con il polisaccaride galattomannano (d'Errico et al. 2021). Quest'ultimo è ricavato dall'albero di Carrubo (*Ceratonia siliqua*) facente parte della famiglia delle Fabaceae (fig.13). Si è dimostrato un ottimo vettore di *Trichoderma* e per la sua capacità di formare un film di rivestimento ha agito come barriera nei confronti di *M. incognita*.



*fig.13= Immagine di  
un albero di Carrubo  
presa dal sito  
Tuttogreen.it*

## 6. PATOLOGIA SVILUPPATASI SUL POMODORO POST-TRAPIANTO

Sebbene non ci sia stata la presenza di nematodi galligeni nell'areale di sperimentazione, all'interno della serra, ad un mese e mezzo dal trapianto si è notato l'insorgere di un'altra malattia. Le piante malate presentavano delle sottospecie di bolle, lungo il fusto, con all'interno un punto nero (*fig. 14*). Successivamente la zona colpita da esse (solitamente a metà dello stelo) si seccava, il caule al suo interno risultava vuoto, e le piante si spezzavano a metà facendo cadere tutta la parte superiore con i frutti ancora acerbi (*fig. 15*).



I sintomi, anche secondo il parere del Professore Carlo Nicoletto dell'Università di Padova, sono riconducibili a quelli della batteriosi dovuta a *Pseudomonas corrugata*. Questo è un batterio delle piante, facente parte della famiglia Psudomonadaceae, gram-negativo a forma di bacillo dotato di flagelli per potersi muovere. Conosciuto per colpire soprattutto le colture orticole, in particolar modo il pomodoro, si trova comunemente nel suolo o nelle acque dove può sopravvivere per lunghi periodi. Le infezioni avvengono tramite ferite o aperture naturali delle piante (Stomi). La presenza di questo batterio è più massiccia nelle serre non climatizzate; quindi, l'elevata umidità è un fattore benevolo nei confronti del suo ciclo biologico.

Queste caratteristiche sono tutte riconducibili alla situazione presente nella serra sperimentale. Oltre al clima che nei mesi tra maggio e luglio è stato caratterizzato da due/tre giorni di sole (con elevate temperature) intervallati da un giorno di pioggia, il che ha portato ad un aumento notevole della percentuale di umidità nell'aria, per la prima volta, in serra, è stata adottata l'irrigazione per aspersione a differenza dagli anni passati dove veniva utilizzata la microirrigazione. Tenendo conto della possibile presenza di *Pseudomonas corrugata* nell'acqua e l'elevata umidità presente nell'aria all'interno della serra si sono create le condizioni perfette per la proliferazione del batterio. Per migliorare le ricerche relative a questo patogeno, si è deciso, di mappare tutta la serra dividendo le piante di pomodoro in 4 colori e con delle lettere che vanno dalla "A" alla "D" per indicare la pericolosità degli stadi infettivi della batteriosi (*fig.16*).

<b>D</b>	<b>PIANTE MORTE O RIMOSSE</b>				
<b>C</b>	<b>PIANTE CON SINTOMI GRAVI E FUSTO SPEZZATO</b>				
<b>B</b>	<b>PIANTE CON SINTOMI NON GRAVI</b>				
<b>A</b>	<b>PIANTE SANE</b>				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FINE SERRA									
					A	A	A	A	
					A	A	A	A	
					A	A	A	A	
					D	A	A	A	
					B	A	D	A	
					B	C	C	B	
A	A	A	A	A	B	C	B	B	A
A	A	A	A	A	C	C	D	A	A
A	A	A	A	A	C	D	B	B	A
A	A	A	A	A	C	B	B	B	B
B	C	C	C	C	D	D	C	C	B
B	C	B	A	C	B	C	C	B	B
C	B	B	C	C	B	B	B	B	C
C	C	B	C	D	B	B	B	B	B
C	B	B	B	C	C	C	B	C	B
B	A	C	B	B	B	C	B	B	B
B	A	B	C	C	B	B	B	A	C
B	B	B	B	D	C	B	A	C	C
B	B	B	B	D	C	C	A	A	B
14	14	14	14	14	20	20	20	14	14
					D	D	B	B	
					A	D	D	B	
					D	C	A	B	
					D	C	C	C	
					C	C	A	C	
					B	C	B	C	
					D	C	A	B	
B	B	B	B	C	D	B	D	B	C
B	A	C	C	D	C	B	C	C	B
B	A	D	B	D	C	B	C	C	B
C	B	B	C	A	D	B	A	B	B
B	B	C	B	A	C	B	A	C	C
B	B	B	D	C	B	B	B	A	D
C	A	C	D	B	B	B	A	A	B
B	B	C	C	C	C	B	A	A	B
A	C	C	D	C	D	B	B	A	A
A	A	B	B	B	B	B	A	A	A
A	A	B	B	B	B	B	B	A	B
A	A	B	C	B	C	B	B	A	A
A	A	B	C	A	B	C	B	A	B
14	14	14	14	14	21	21	21	14	14
					B	D	C	A	
					C	A	A	A	
					B	C	A	B	
					D	A	A	B	
					D	B	C	B	
					B	A	C	B	
					B	C	B	B	
B	B	B	B	C	A	B	D	A	B
B	A	B	B	C	A	B	A	C	C
B	B	A	B	D	B	B	D	C	B
B	B	B	A	C	B	C	C	B	C
C	C	A	B	C	B	C	C	B	B
B	A	B	B	B	B	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	C	A	B
B	B	B	D	C	C	B	A	C	C
B	B	C	C	B	B	A	C	C	A
A	A	B	B	B	B	C	A	A	A
B	B	B	C	C	B	A	A	C	C
A	B	B	C	A	C	A	B	A	B
A	A	C	B	A	C	A	B	A	A
A	C	C	B	A	C	C	B	B	A
13	13	13	14	14	21	21	21	14	14
					D	C	C		
					D	B	D		
					C	C	B		
					C	C	B	A	
					B	C	B	B	
					B	C	B	A	
					B	C	B	A	
					B	C	B	B	
A	C	C	B	B	B	A	C	A	C
A	C	A	B	C	B	A	C	A	B
A	A	B	C	C	D	B	C	A	B
B	A	B	C	B	D	B	D	B	A
B	B	A	A	C	D	C	C	C	B
B	B	B	B	B	C	C	C	B	B
C	B	A	B	B	B	B	C	B	B
B	A	B	A	B	A	A	B	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	B
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
12	12	12	13	13	20	20	20	17	12

RETTANGOLO DI CONTROLLO

RETTANGOLO CON TAGETE

RETTANGOLO CON MIX DA SOVESCIO

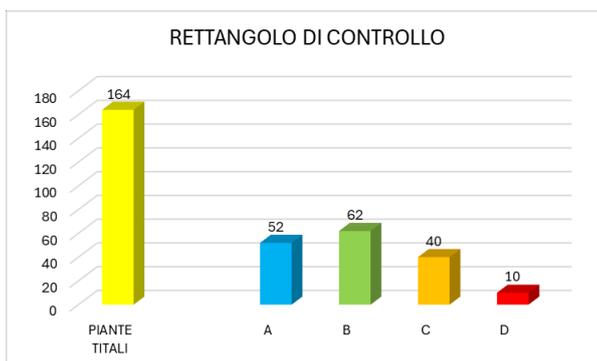
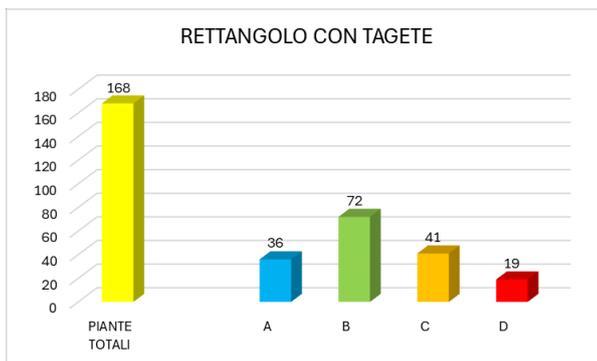
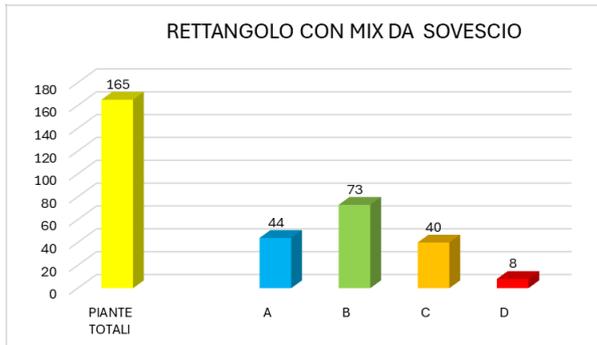
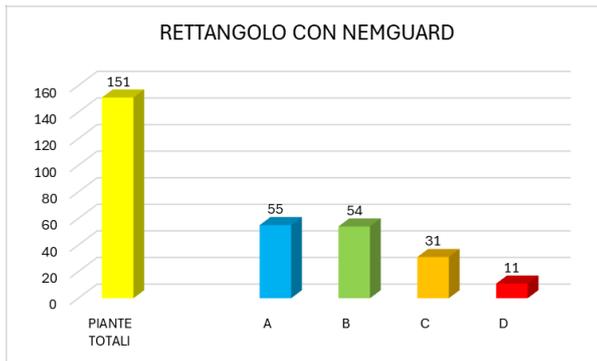
RETTANGOLO CON NEMGUARD

	PIANTE TOTALI	A	B	C	D
RETTANGOLO CON NEMGUARD	151	55	54	31	11
RETTANGOLO CON MIX DA SOVES	165	44	73	40	8
RETTANGOLO CON TAGETE	168	36	72	41	19
RETTANGOLO DI CONTROLLO	164	52	62	40	10

*fig.16= Rappresentazione grafica della diffusione della batteriosi in serra*

Da questa mappatura si è potuto notare con chiarezza che le piante che mostrano uno stadio della batteriosi avanzato (Lettere “C” e “D”) sono per la maggior parte situate nelle file centrali della serra. Questo perché nella zona focale la temperatura e di conseguenza la percentuale di umidità sono più elevate, favorendo lo sviluppo del patogeno. Contrariamente si può osservare come le piante di pomodoro sane, indicate con la lettera “A” e con il colore azzurro sempre nella *figura 16*, sono per la maggior parte situate all’inizio e alla fine di ognuna delle 10 file. Quindi riprendendo la suddivisione della serra in rettangoli, la maggioranza delle piante sane sono disposte nel rettangolo trattato con il “Nemguard SC” e nel rettangolo di controllo. Questo perché in quelle posizioni c’erano rispettivamente l’entrata e l’uscita della serra, le quali rimanevano sempre aperte, condizione necessaria per un maggior ricircolo d’aria. Di conseguenza il livello di umidità e la temperatura erano leggermente più basse e creavano delle condizioni sfavorevoli, rispetto alle altre zone della serra, al possibile batterio *Pseudomonas corrugata*

Successivamente con degli istogrammi (*fig.17*) sono state riportate il numero di piante totali e il numero di piante con i relativi stadi della malattia, all’interno di ogni rettangolo di sperimentazione, per poter osservare se i trattamenti utilizzati (contro i nematodi) potessero aver inibito o facilitato la batteriosi.



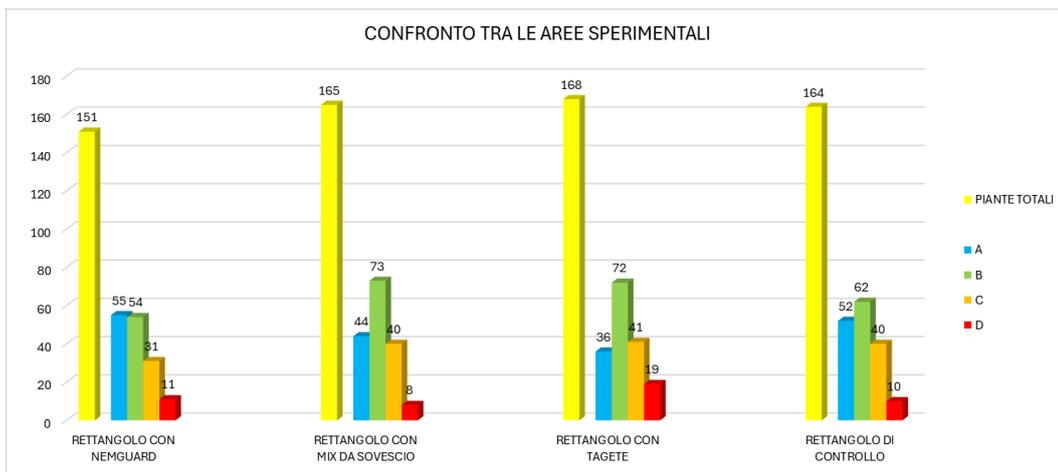


fig.17= Istogrammi rappresentanti gli stadi della batteriosi

Come si può osservare dai grafici, apparentemente non spiccano particolari differenze tra i quattro rettangoli di sperimentazione, salvo che per l'area destinata alla consociazione tra pomodoro e piante di tagete, dove si nota un aumento di piante allo stadio "D" (Quindi morte o rimosse a causa della batteriosi). Questa differenza potrebbe anche essere dovuta al fatto che quell'areale si trova posizionato nella parte più centrale della serra ovvero, come detto in precedenza, la zona più calda e umida.

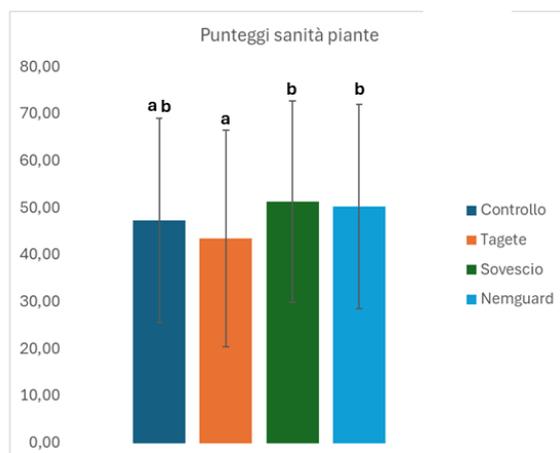
Allo scopo di evidenziare possibili differenze statisticamente significative nel confronto dei quattro settori, non essendo stato possibile per motivi pratico-operativi dell'azienda attuare un disegno a blocchi randomizzati ma solo la suddivisione in quadranti unici, la scelta è stata quella di utilizzare ciascuna pianta all'interno di ciascuno dei quattro quadranti come replica per il trattamento applicato e convertire il dato qualitativo osservato in un punteggio in formato numerico per quartili con la seguente corrispondenza:

0 :	D	PIANTE MORTE O RIMOSSE			
25 :	C	PIANTE CON SINTOMI GRAVI E FUSTO SPEZZATO			
50 :	B	PIANTE CON SINTOMI NON GRAVI			
75 :	A	PIANTE SANE			

Su tali valori sono state calcolate le medie e le deviazioni standard ed eseguita l'analisi statistica non parametrica con metodo di Kruskal-Wallis. I risultati sono mostrati in *figura 18*.

Per l'analisi statistica dei risultati è stata sfruttata la seguente risorsa online:

[Kruskal Wallis rank sum test calculator for multiple independent samples -- with post-hoc pairwise multiple comparison tests, if Kruskal Wallis is significant \(astatsa.com\)](http://astatsa.com)



	Controllo	Nemguard	Sovescio
Nemguard	0,204707		
Sovescio	0,187373	0,788008	
Tagete	0,204707	0,019353	0,013139

*fig.18. Istogrammi di confronto dell'incidenza della patologia dopo conversione quantitativa dei risultati. Il confronto delle medie è stato effettuato con test non parametrico di Kruskal-Wallis, il risultato del test Post-Hoc di Dunn con applicazione della correzione di Benjamini-Hochberg per False Discovery Rate e i risultanti valori di p sono riportati nella tabella in basso (evidenziando i casi con p value < 0,05). Gli istogrammi recanti una stessa lettera non differiscono in maniera statisticamente significativa.*

In conclusione, possiamo dunque dire che le varie tecniche di prevenzione attuate per il controllo dei nematodi galligeni si sono accompagnate in parte a una maggior incidenza della batteriosi in serra se confrontate tra loro come nel caso del tagete nei confronti sia del "Nemguard SC" che del sovescio. Questi ultimi non hanno

comunque evidenziato performance significativamente migliori rispetto al controllo. Di per sé il tagete non ha comportato comunque significatività relativamente al controllo nonostante la media minore di piante sane. È però possibile che, data l'impossibilità pratica di imporre all'azienda un disegno a blocchi randomizzati, tali relazioni non siano necessariamente legate da nessi causali con i trattamenti ma dalle differenze di temperatura, legate all'esposizione, dei diversi settori della serra e dalla modalità di propagazione del contagio a partire dai primi focolai. È anche da sottolineare che i trattamenti erano stati pianificati in previsione di dover contrastare non la patologia primariamente rilevata ma bensì una infestazione da nematodi, la cui incidenza è stata però poco marcata nel ciclo colturale di questa specifica annata. Gli effetti qui discussi possono pertanto anche essere legati a una non-specificità di target delle misure adottate rispetto alla imprevista sindrome che si è rivelata l'avversità principale del ciclo produttivo corrente.

Consiglio quindi per l'annata successiva, per prevenire la moria delle piante dovuta a *Pseudomonas corrugata*, di ritornare alla microirrigazione così da evitare il deposito di gocce d'acqua nella parte aerea delle piante di pomodoro in modo da ridurre le probabilità di infezione. Suggerisco inoltre l'apertura delle fasce laterali della serra durante le ore più calde della giornata, per poi richiuderle la sera, in quanto la temperatura varierebbe e permetterebbe un ricircolo d'aria ottimale per evitare le numerose problematiche legate all'elevata umidità.

## 7. DISCUSSIONE E CONCLUSIONE

Negli ultimi anni, visto il notevole aumento della popolazione mondiale, la produzione in campo agrario sta diventando una delle maggiori sfide per l'uomo. Tutto questo è complicato dalla preoccupante diffusione di un elevato numero di patologie. Tra tutte la rapida espansione su tutto il territorio dei nematodi galligeni, causa di numerose perdite in agricoltura. La sfida risulta ancora più complessa per le aziende a regime biologico. In Europa la superficie agricola biologica nel 2020 ha quasi raggiunto i 15 milioni di ettari. Nel 2021 il nostro Paese ha raggiunto i 2.186.570 ettari certificati (1.993.225 nel 2019), che corrispondono al 15% della SAU (Superficie agraria utile) biologica europea e coprono il 17,4% della SAU nazionale. Questi dati confermano un importante primato europeo nella transizione dei sistemi agricoli. La SAU biologica italiana è concentrata in 76 mila aziende agricole. Dati incoraggianti visto il corretto aumento dell'attenzione verso la sicurezza degli operatori e dell'ambiente.

Tra le strategie di controllo ammesse in biologico troviamo i metodi fisici, tra i quali il più noto risulta essere la solarizzazione del suolo. Tecnica efficace ma con la problematica della necessaria mancanza della coltivazione del suolo. Infatti, per effettuare queste tecniche bisogna rinunciare alla semina o al trapianto delle colture per un determinato periodo, minimo 3-4 mesi, per permettere ai teli disposti sopra l'appezzamento di trattenere, in maniera ottimale, il calore. Oltre a questa tecnica vi è l'utilizzo dei microrganismi, prevalentemente batteri e funghi, che hanno dato risultati molto soddisfacenti anche per la loro facilità di impiego. Questi agenti di controllo, non solo contrastano l'azione maligna dei nematodi, ma permettono alla pianta di svilupparsi in maniera più rapida migliorandone l'apporto di sostanze nutritive e i meccanismi di difesa.

Non solo queste tecniche risultano essere efficaci contro questi fitopatogeni difatti, possono essere attuate altre strategie come la consociazione di piante con caratteristiche biocide (Tagete), le rotazioni con piante non ospiti possono diminuire la popolazione di nematodi galligeni del suolo. Possono essere utilizzate colture da sovescio (senape, rucola e rafano) o estratti e concentrati (Nemguard SC). Il fattore positivo di tutte queste tecniche di controllo e prevenzione risulta essere la loro

collaborazione. Di fatti, dopo i dovuti controlli e il corretto studio delle tecniche che si vogliono utilizzare, è possibile utilizzare in contemporanea sullo stesso appezzamento due o più meccanismi di controllo per una maggiore rapidità nel debellare il patogeno.

In quest'ottica durante i nove mesi di tirocinio si è deciso di sperimentare in ambiente protetto sulla cultura di pomodoro tre metodi, utilizzabili in biologico, per il controllo dei nematodi galligeni del suolo. I quali da molti anni stavano compromettendo notevolmente il raccolto dell'azienda "Pozzobon Gianni". La serra è stata divisa orizzontalmente in quattro rettangoli e in ognuno di essi è stato testato un metodo diverso tenendone uno di controllo. Nel primo è stato testato un prodotto la cui conformazione era un estratto d'aglio al 99% distribuito, in maniera localizzata alla base delle piante, previa irrigazione. Nel secondo si è deciso di far crescere un mix di piante (senape, rucola e rafano), seminate a spaglio, con proprietà biocide per poi sovesciarle. Infine, nel terzo sono state trapiantate, alla base di ogni pianta di pomodoro presente nel rettangolo, delle piante di tagete. Alla fine della sperimentazione non è stata trovata la presenza di nematodi, nemmeno nel rettangolo di controllo, situazione creatasi probabilmente dalla precedente coltivazione, in tutta la superficie della serra, di finocchio. Quest'ultimo, infatti, contiene l'anelolo (composto aromatico) e i limonene (idrocarburo volatile) che hanno un effetto repellente nei confronti dei nematodi.

Situazioni interessanti sono state riscontrate nel rettangolo con le piante di tagete dove, sebbene non vi fossero i nematodi, si è notata la buona capacità di questa pianta di occupare spazio grazie al suo comportamento cespuglioso. Fattore positivo in quanto si potrebbe valutare l'opzione di usarla come pacciamatura. Un'altra osservazione la si è potuta fare nel periodo di maggio quando durante la fioritura si è visto un incremento della popolazione di insetti utili e impollinatori grazie all'utilizzo di trappole entomologiche.

Oltre alle sperimentazioni in nei confronti dei nematodi si è riscontrato un colpo di fuoco batterico causato, molto probabilmente, da *Pseudomonas corrugata*. Tramite la mappatura delle piante colpite si è potuto capire come la batteriosi si era sviluppata prevalentemente nella zona centrale della serra, fattore possibilmete

dovuto all'elevata temperatura e umidità, risparmiando le piante poste all'inizio e alla fine della struttura.

Per l'annata successiva si consiglia di utilizzare nuovamente la microirrigazione, aumentare la ventilazione e di effettuare una copertura su tutta la superficie della serra (800 mq), vista la presenza dei nematodi anche nella metà non sperimentale, con le piante di tagete. Integrando ad essa l'utilizzo del fungo *Pochonia chlamydosporia*, commercializzato in Italia in combinazione con prodotti micorrizici. Questo microrganismo, oltre a parassitizzare le uova dei nematodi galligeni ha la capacità di incrementare lo sviluppo radicale tramite l'aumento dell'apporto di nutrienti, così facendo vi è la possibilità che entri in competizione per le risorse nel suolo con una vasta gamma di batteri e funghi fitopatogeni aumentando così la probabilità di sopravvivenza della coltura principale.

## 9. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- He S, Creasey Krainer KM (2020) [Pandemics of People and Plants: Which is the Greater threat to Food Security](#). *Molecular Plant* 13: 933–934. doi: 10.1016/j.molp.2020.06.007.
- Jatala P., 1985. Biological control of Nematodes, In an Advanced Treatise on Meloidogyne spp. Sasser JN and Carter CC (eds), North Carolina State University Graphics Raleigh, NC. USA.
- Kavitha J., Jonathan E.I., and Nakkeeran S., 2012. Effects of crude antibiotic of Bacillus Subtilis on hatching of eggs and mortality of juveniles of Meloidogyne incognita. *Nematologia Mediterranea* 40.
- Kirkegaard J.A., Sarwar M., 1998. Biofumigation potential of brassicas. I. Variation in glucosinolate profiles of diverse field-grown brassicas. *Plant Soil* 201.
- Ladurner E., Benuzzi M., Fiorentini F., Lucchi A., 2014. Nemguard® granules, nuovo nematocida a base di estratto di aglio, contro i nematodi galligeni delle colture orticole.
- Meyer S.L.F., Rice C.P., Zasada I.A., 2009. DIBOA: fate in soil and effects on root-knot nematode egg numbers. *Soil Biology*.
- Sellitto Vincenzo Michele, Dallavalle Elisabetta (2023), I nematodi nel suolo Biocontrollo dei nematodi fitoparassiti, p. zza G. Galilei, 6 – 40123 Bologna, Edagricole – Edizioni Agricole di New Business Media srl.
- [43486\\_Best4Soil\\_Green-manures-and-cover-crops-advantages-disadvantages\\_IT.pdf](#)
- [BIO IN CIFRE 2022\\_0.pdf](#)
- [file:///C:/Users/ravan/Downloads/admin,+vol05-1e.pdf](#)
- <https://agribiositaliana.it/approfondimento/nematodi-galligeni-conoscerli-per-controllarne-la-diffusione/#section-4>
- <https://apsjournals.apsnet.org/doi/epdf/10.1094/PDIS-09-16-1369-RE>
- <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1046/j.1364-3703.2003.00170.x>

- <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0035657&type=printable>
- <https://www.agralia.it/sovescio-uso-delle-brassicaceae/>
- <https://www.agrimag.it/?srsltid=AfmBOoqdqYGsXuMUgKdUPY8ip1s-PXIYJ41ma2HPvkreje24TEyLoEhG>
- [https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/agrometeo/servizi/fitosanitari/com\\_mds\\_09\\_05\\_2023\\_ox.pdf/](https://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/agrometeo/servizi/fitosanitari/com_mds_09_05_2023_ox.pdf/)
- <https://www.cropscience.bayer.it/magazine/articoli/agricampus/nematool>
- [https://www.unirc.it/documentazione/materiale\\_didattico/1462\\_2012\\_316\\_16863.pdf](https://www.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/1462_2012_316_16863.pdf)
- [https://www2.arpa.veneto.it/meteo/it/html/meteo\\_veneto.php](https://www2.arpa.veneto.it/meteo/it/html/meteo_veneto.php)

## **10. RINGRAZIAMENTI**

Desidero esprimere la mia più profonda gratitudine a tutte le persone che mi hanno accompagnato in questo percorso di studi.

In primo luogo, voglio ringraziare la mia famiglia, da sempre il mio punto di riferimento, che mi ha permesso di condurre questi studi sostenendomi in ogni momento. Voglio ringraziarli per l'amore che quotidianamente mi dimostrano e per avermi insegnato a superare, a testa alta, gli ostacoli che si presentano nel corso della vita. Vi voglio bene.

Un sentito ringraziamento va alla famiglia Pozzobon per avermi accolto nella loro azienda insegnandomi, con pazienza, i lavori che giornalmente svolgono e aiutandomi nel mio progetto di tesi.

A Federica, mia compagna di corso e di tirocinio voglio dire grazie per avermi seguito e aiutato in questo percorso, prendendosi cura di me e migliorandomi le giornate strappandomi sempre un sorriso

Ringrazio i miei compagni di rugby, per me come una seconda famiglia, che da molti anni condividono con me momenti di gioia e di divertimento aiutandomi invece a superare i momenti di difficoltà.

Voglio ringraziare Alessia, la mia ragazza, innanzitutto per sopportarmi e per starmi vicino, condividendo con me momenti sempre più speciali e unici.

Infine, voglio dire grazie agli amici del mio paese. Persone che conosco da quando sono nato con le quali condivido la maggior parte dei miei ricordi. Mi avete fatto crescere come persona sostenendomi in ogni momento senza mai abbandonarmi consigliandomi sempre la via migliore da intraprendere. Dal primo giorno siete stati e per sempre sarete la mia Compagnia.

Grazie a tutti.