

EFFICACIA DI PRODOTTI CHIMICI, BIOLOGICI E NATURALI NEI CONFRONTI DI *FUSARIUM OXYSPORUM* F. SP. *RADICIS-LYCOPERSICI*

A. VITALE, I. CASTELLO, M. DIMARTINO, G. POLIZZI

Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie, sez. Patologia vegetale,

Università degli Studi - Via S. Sofia 100, 95123 Catania

gpolizzi@unict.it

RIASSUNTO

L'efficacia di numerosi trattamenti è stata saggiata per il contenimento del marciume della corona del pomodoro causato da *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in una serie di esperimenti condotti in serra e in camere fitologiche su giovani piantine allevate in contenitore. La diffusione e la gravità della malattia sono state variabili in relazione al pH, alla virulenza dell'isolato e ai prodotti saggiati. I trattamenti effettuati con imexazolo, propamocarb + fosetil-Al e fosfito potassico hanno consentito di ridurre maggiormente le infezioni.

Parole chiave: pomodoro, marciume della corona e delle radici, strategie di lotta

SUMMARY

EFFICACY OF CHEMICAL, BIOLOGICAL, AND NATURAL PRODUCTS AGAINST *FUSARIUM OXYSPORUM* F. SP. *RADICIS-LYCOPERSICI*

The effectiveness of various treatments on the development of *Fusarium* crown rot of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* (FORL), was determined in a series of experiments carried out in greenhouse and under controlled conditions in growth chambers. Disease incidence and severity were variable in relationship to pH, virulence of the isolates, and products. The lowest values of disease incidence and severity were recorded with hymexazol, propamocarb + fosetyl-Al and potassium phosphite treatments.

Keywords: tomato, crown rot, control strategy

INTRODUZIONE

Fusarium oxysporum Schlechtend.: Fr. f.sp. *radicis-lycopersici* W.R. Jarvis & Shoemaker (FORL) è l'agente causale del marciume del colletto e delle radici del pomodoro. Questa malattia, per le gravi perdite di produzione che determina principalmente in ambiente protetto, può essere considerata senza alcun dubbio una delle più gravi avversità fungine della coltura. Trattasi di un patogeno policiclico che produce organi di sopravvivenza (clamidospore) che si conservano nel suolo dando luogo alle infezioni primarie, e micro e macroconidi, prodotti anche sulla superficie del fusto di piante infette, responsabili delle infezioni secondarie e della probabile re-infezione dei terreni trattati (Rowe *et al.*, 1977; Rekah *et al.*, 2000; Ozbay e Newman, 2004). Questo comportamento tipico dei patogeni fogliari, non è comune nei "soilborne", ma è stato accertato per numerose forme speciali di *F. oxysporum* (Marois e Mitchell, 1981; Marois *et al.*, 1981; Rush e Karaft, 1986; Harris e Ferris, 1991; Hartman e Fletcher, 1991; Ben-Yephet *et al.*, 1994; Rekah *et al.*, 1999, 2000, 2001).

La policiclicità, la disseminazione aerea delle spore e la loro capacità di colonizzare i paletti di abete e i legacci di nylon impiegati per sostenere le piante rendono la lotta nei confronti di questo patogeno di difficile attuazione in ambiente protetto. Una strategia di difesa basata unicamente sulla riduzione della densità di inoculo iniziale non è sufficiente a garantire un buon contenimento della malattia. Anche l'elevata riduzione della carica di inoculo iniziale del patogeno prima del nuovo ciclo colturale, di fatto, potrebbe comunque comportare un'elevata

diffusione della malattia sulla colture (Polizzi *et al.*, 2002). È necessario, pertanto, intervenire anche sul tasso di riproduzione del patogeno, al fine di ostacolarne la moltiplicazione e di impedirne la diffusione. Sulla base delle considerazioni fatte e in relazione alla limitata disponibilità di molecole chimiche efficaci, si è ritenuto opportuno effettuare delle prove di lotta con mezzi chimici, biologici e naturali, alcuni dei quali saggiati in prove preliminari (Polizzi *et al.*, 2003), al fine di valutare la loro efficacia nel contenimento delle infezioni riprodotte artificialmente.

MATERIALI E METODI

Le prove sono state svolte in una serra ubicata presso l'azienda didattico-sperimentale della Facoltà di Agraria dell'Università di Catania e all'interno di due camere di crescita (fitotroni) ubicate presso la sede staccata di Ragusa Ibla della stessa Facoltà. In tutte le prove si è operato riproducendo artificialmente i sintomi della malattia con isolati a diversa virulenza di FORL, selezionati all'interno di una collezione conservata presso il Dipartimento di Scienze e Tecnologie Fitosanitarie. Le piantine di pomodoro cv Ikram sono state fornite da un vivaio specializzato. Le piantine sono state successivamente trapiantate, allevate in vaso da 12 cm di diametro e disposte su bancali di coltivazione.

Prove A

La sperimentazione è stata svolta in una serra sita in località Primosole (37°24' N, 15°00' E) nella periferia sud di Catania. La serra, del tipo serra-tunnel, è costituita da due campate di luce 8 m con telai trasversali realizzati con profilati tubolari in acciaio, posti al passo di 2,5 m. Le dimensioni in pianta sono di 16 m × 15 m con il lato maggiore orientato in direzione N-S. Le piantine di pomodoro sono state inoculate allo stadio di 5-6 foglie vere con un ceppo di FORL a media virulenza denominato DISTEF-FoT 5. Sono state messe a confronto tre tesi, comprensive di un controllo non trattato e due differenti condizioni di pH (subacido e neutro) (tabella 1). Nella tesi a pH acido, l'acqua di irrigazione è stata acidificata con acido nitrico. Ciascuna tesi è stata replicata tre volte. Per ciascuna ripetizione sono state impiegate 25 piante.

Tabella 1. Caratteristiche tecniche e concentrazioni impiegate dei formulati saggiati in diverse condizioni di pH del terreno nella prova A

| pH | Trattamento | Formulato commerciale | Dosi/hl |
|--------------|-----------------------------------|-----------------------|---------------|
| Neutro (7,0) | Testimone | - | - |
| | <i>A. sativum</i> (polvere) + Vip | Allium + Vip | 3 Kg + 600 ml |
| | Dodina | Dodina 65 WG | 200 g |
| Acido (5,0) | Testimone | - | - |
| | <i>A. sativum</i> (polvere) + Vip | Allium + Vip | 3 Kg + 600 ml |
| | Dodina | Dodina 65 WG | 200 g |

Vip = oli vegetali idrosolubili

In totale sono stati effettuati 4 trattamenti a cadenza quindicinale. Una settimana prima dei trattamenti sono state inoculate le piantine con 10 ml/pianta di una sospensione conidica (2,7 ×

10⁶ UFC) ottenuta da colonie fungine in attivo accrescimento su piastre di agar patata destrosio (PDA) di 20 giorni di età. Prima dell'inoculazione le radici delle piantine sono state leggermente ferite con un bisturi.

L'efficacia dei prodotti posti a confronto, in termini di riduzione della diffusione e della gravità della malattia, è stata valutata su base sintomatica, due settimane dopo l'ultimo trattamento, rilevando la diffusione e l'entità delle infezioni nel fittone e nel fusto di tutte le piante. Per la valutazione della gravità delle infezioni è stata impiegata la scala convenzionale riportata in tabella 2.

Tabella 2. Classi impiegate per la valutazione della gravità delle infezioni

| |
|--|
| 0 = Nessun imbrunimento parenchimatico-vascolare |
| 1 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare da 0,1 a 0,5 cm |
| 2 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare da 0,6 a 1,5 cm |
| 3 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare da 1,6 a 3 cm |
| 4 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare superiore a 3 cm |

Prova B

La prova si è svolta all'interno di due fitotroni. Per l'inoculazione delle piantine è stato utilizzato un isolato di FORL ad elevata virulenza denominato DISTEF-AFebo P2. Sono state poste a confronto 10 tesi, replicate tre volte. Per ciascuna ripetizione sono state impiegate 20 piante (tabella 3).

Tabella 3. Trattamenti, caratteristiche tecniche e dosi dei formulati impiegati nella prova B

| Trattamento (formulazione) | Formulato commerciale | Dosi/hl |
|--|-----------------------|----------------------|
| 1) Imexazolo | Tachigaren Ls | 200 ml |
| 2) <i>A. sativum</i> (polvere) + Vip | Allium + VIP | 3 Kg + 600 ml |
| 3) Dodina | Dodina 65 WG | 200 gr |
| 4) <i>T. harzianum</i> ceppo T22 | Rootshield | 750 g/m ³ |
| 5) Propamocarb + Fosetil-Al | Previcur Energy | 100 |
| 6) <i>A. sativum</i> (liquido) + Vip | Allium + VIP | 300 ml + 300 ml |
| 7) <i>A. sativum</i> (liquido) + Vip | Allium + VIP | 300 ml + 300 ml |
| 8) <i>A. sativum</i> (liquido) + Vip | Allium + VIP | 300 ml + 300 ml |
| 9) <i>T. harzianum</i> ICC012 + <i>T. harzianum</i> ICC080 | Remedier | 250 gr |
| 10) Testimone | - | - |

Tutti i trattamenti sono stati effettuati in coincidenza dell'inoculazione delle piantine, ad eccezione di quelli delle tesi 7 e 8 che sono stati posticipati di una e due settimane rispettivamente. I trattamenti con i formulati commerciali contenenti antagonisti biologici (Remedier e Rootshield) sono stati effettuati anche in concomitanza al trapianto. I trattamenti sono stati ripetuti tre volte a cadenza quindicinale. I formulati contenenti microrganismi antagonisti sono stati somministrati una volta in più, tenendo conto del trattamento iniziale effettuato al momento del trapianto. L'inoculazione è stata effettuata seguendo le stesse modalità descritte nella precedente prova impiegando una sospensione conidica alla concentrazione di $2,10 \times 10^6$ UFC.

Due settimane dopo l'ultimo trattamento sono state estirpate tutte le piante per la valutazione della diffusione e la gravità della malattia. Per la valutazione della gravità si è fatto riferimento alla scala convenzionale riportata in tabella 4.

Tabella 4. Classi impiegate per la valutazione della gravità delle infezioni nella prova B

| |
|--|
| 0 = Nessun imbrunimento parenchimatico-vascolare |
| 1 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare da 0,1 a 3 cm |
| 2 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare da 3,1 a 6 cm |
| 3 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare da 6,1 a 9 cm |
| 4 = Imbrunimento parenchimatico-vascolare superiore a 9 cm |

Prova C

Anche questa prova si è svolta all'interno di due fitotroni, impiegando lo stesso isolato di FORL impiegato nella precedente prova. Sono state poste a confronto 8 tesi, ripetute tre volte e con 20 piante per ripetizione (tabella 5).

Tabella 5. Trattamenti, caratteristiche tecniche e dosi dei formulati impiegati nella prova C

| Trattamento (formulazione) | Formulato commerciale | Dosi ml o g/hl |
|--------------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1) Imexazolo | Tachigaren Ls | 200 ml |
| 2) Propamocarb + Fosetil-Al | Previcur Energy | 100 ml |
| 3) Propamocarb + Fosetil-Al | Previcur Energy | 200 ml |
| 4) Dodina | Dodina 65 WG | 200 g |
| 5) <i>A. sativum</i> (polvere) + Vip | Allium + VIP | 3 Kg + 600 ml |
| 6) Fosfito di potassio | Agriphos P-K 30-20 | 250 |
| 7) Propamocarb | Previcur | 200 ml |
| 8) Testimone | - | - |

In totale i trattamenti sono stati ripetuti 4 volte. In tutte le tesi il primo trattamento è stato effettuato al momento del trapianto ed è stato ripetuto la settimana successiva in concomitanza

dell'inoculazione. Gli altri due trattamenti sono stati ripetuti a distanza di 15 giorni. L'inoculazione delle piantine è stata realizzata con le stesse modalità descritte nella precedente prova.

L'efficacia dei prodotti saggiati è stata valutata due settimane dopo l'ultimo trattamento seguendo le modalità e i criteri precedentemente descritti nella prova B.

Determinazione dell'eziologia delle infezioni artificiali

Oltre che su base sintomatica, in tutte le prove l'eziologia delle infezioni è stata determinata attraverso isolamenti in coltura su piastre di PDA. Gli isolamenti in coltura sono stati eseguiti su quattro piantine per ciascuna tesi e ripetizione. La caratterizzazione degli isolati è stata eseguita anche su germinelli di pomodoro cv Ikram.

Analisi statistica

Tutti i dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi della varianza (Anova) e le medie separate mediante il test di Student-Newman-Keuls (SNK) per $P=0,05$. Per l'elaborazione della diffusione delle infezioni, i dati percentuali sono stati previamente trasformati nei corrispettivi valori angolari.

RISULTATI

Prova A

I risultati sull'efficacia dei trattamenti nel contenimento dell'incidenza e severità delle infezioni causate da FORL in serra sono riportati in tabella 6.

Tabella 6. Efficacia dei trattamenti nel contenimento delle infezioni indotte da FORL (isolato FoT 5) a differenti condizioni di pH nella prova A

| pH | Trattamento | Diffusione (%) | Indice medio di malattia* |
|--------------|-----------------------------|----------------|---------------------------|
| Neutro (7,0) | Testimone | 43,9 b | 0,8 a |
| | <i>Allium sativum</i> + Vip | 17,4 a | 0,2 a |
| | Dodina | 29,9 ab | 0,4 a |
| Acido (5,0) | Testimone | 64,6 b | 1,8 c |
| | <i>Allium sativum</i> + Vip | 23,7 a | 0,2 a |
| | Dodina | 41,3 ab | 0,8 b |

* Per la valutazione dell'indice medio di malattia è stata impiegata la scala riportata in tabella 2. Valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono tra loro per $P=0,05$, secondo il test di Student-Newman-Keuls.

Dall'analisi dei dati si evince come in condizioni di pH neutro solo la miscela di estratti naturali abbia ridotto significativamente la diffusione delle infezioni in serra. I risultati relativi alla gravità delle infezioni, seppur diversi tra loro ed inferiori nelle tesi trattate, non hanno consentito di mettere in evidenza differenze statisticamente significative. In condizioni di pH acido è stato registrato un incremento della diffusione e della gravità delle infezioni. Valori significativamente più bassi sono stati rilevati nella tesi dove è stata utilizzata la miscela vegetale di *A. sativum* e oli vegetali idrosolubili. Nella tesi trattata con dodina la riduzione

della gravità è stata più contenuta seppur significativa, mentre la riduzione del numero di piante infette non è stata significativa rispetto al controllo non trattato.

Prova B

I risultati relativi all'efficacia dei prodotti saggianti nella prova B sono riportati in tabella 7. Dai risultati si evince come i valori relativi alla diffusione ed alla gravità delle infezioni significativamente più bassi sono stati rilevati nelle due tesi che prevedevano l'utilizzo dei principi attivi imexazolo e propamocarb + fosetil-Al. Di contro, gli altri trattamenti non hanno significativamente ridotto gli attacchi della malattia se paragonati ai dati rilevati nel testimone. In aggiunta, i trattamenti effettuati con la miscela liquida di estratti vegetali non si sono dimostrati selettivi nei confronti delle piante, predisponendo le stesse ad infezioni più gravi. Sintomi lievi di fitotossicità sono stati rilevati solo dopo la prima applicazione di estratti vegetali in formulazione polverulenta. I trattamenti successivi con estratti vegetale in formulazione polverulenta sono stati selettivi nei confronti della coltura.

Tabella 7. Efficacia dei trattamenti nel contenimento delle infezioni causate da FORL (isolato AFebo P2) nella prova B

| Trattamento (formulazione) | Formulato commerciale | Diffusione (%) | Indice di malattia * |
|---|-----------------------|----------------|----------------------|
| 1) Imexazolo | Tachigaren Ls | 20 a | 0,2 a |
| 2) <i>A. sativum</i> (polvere) + Vip | Allium + VIP | 100 b | 1,5 b |
| 3) Dodina | Dodina 65 WG | 100 b | 1,3 b |
| 4) <i>T. harzianum</i> ceppo T22 | Rootshield | 100 b | 1,7 b |
| 5) Propamocarb + Fosetil-Al | Previcur Energy | 33,3 a | 0,4 a |
| 6) <i>A. sativum</i> (liquido) + Vip | Allium + VIP | 100 b | 2,5 c |
| 7) <i>A. sativum</i> (liquido) + Vip | Allium + VIP | 100 b | 2,9 c |
| 8) <i>A. sativum</i> (liquido) + Vip | Allium + VIP | 100 b | 3,7 d |
| 9) <i>T. harzianum</i> ICC012 + <i>T. harzianum</i> ICC080 | Remedier | 100 b | 1,2 b |
| 10) Testimone | - | 100 b | 1,9 b |

* Per la valutazione dell'indice medio di malattia è stata impiegata la scala riportata in tabella 4. Valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono tra loro per $P=0,05$, secondo il test di Student-Newman-Keuls.

Prova C

I risultati relativi alla seconda prova condotta in camere fitologiche sono riportati in tabella 8.

Tabella 8. Efficacia dei trattamenti nel contenimento delle infezioni causate da FORL (isolato AFebo P2) nella prova C

| Trattamento (formulazione) | Formulato commerciale | Diffusione (%) | Indice di malattia* |
|--------------------------------------|------------------------|----------------|---------------------|
| 1) Imexazolo | Tachigaren Ls | 61,0 b | 0,6 a |
| 2) Propamocarb + Fosetil-Al | Previcur Energy 100 ml | 66,7 b | 1,1 ab |
| 3) Propamocarb + Fosetil-Al | Previcur Energy 200ml | 49,3 b | 0,5 a |
| 4) Dodina | Dodina 65 WG | 100 c | 2,8 d |
| 5) <i>A. sativum</i> (polvere) + Vip | Allium + VIP | 88,9 bc | 1,0 ab |
| 6) Fosfito di potassio | Agriphos P-K 30-20 | 17,2 a | 0,2 a |
| 7) Propamocarb | Previcur | 97,2 c | 1,8 bc |
| 8) Testimone | - | 100 c | 2,3 cd |

* Per la valutazione dell'indice medio di malattia è stata impiegata la scala riportata in tabella 4. Valori contrassegnati da lettere uguali non differiscono tra loro per $P=0,05$, secondo il test di Student-Newman-Keuls.

Dall'esame dei dati si evince che i migliori risultati nel contenimento della malattia sono stati ottenuti nella tesi trattata con fosfito di potassio. In aggiunta i dati confermano l'efficacia di imexazolo e di propamocarb + fosetil-Al alle due dosi saggiate. Buoni risultati sono stati osservati, relativamente alla gravità delle infezioni, anche nella tesi trattata con la miscela di estratti naturali. Leggeri fenomeni di fitotossicità sono stati osservati nelle tesi trattate con estratti naturali e con dodina.

DISCUSSIONE

Le prove svolte hanno consentito di mettere in evidenza l'efficacia in post-trapianto dei prodotti chimici, biologici e naturali saggiati nei confronti di FORL. La diffusione e la gravità delle infezioni sono state variabili in relazione all'isolato impiegato, alle condizioni di pH e al formulato impiegato. I dati rilevati confermano che le condizioni di pH acido aumentano la severità delle infezioni (Jones *et al.*, 1990). I trattamenti con dodina sono stati efficaci solo quando le piantine sono state inoculate con un isolato di FORL dotato di media virulenza. Viceversa, nelle altre due prove, lo stesso principio attivo non ha ridotto significativamente le infezioni. L'efficacia della miscela *A. sativum* + Vip è risultata variabile, ma comunque più bassa di quella accertata per imexazolo, propamocarb + fosetil-Al e fosfito di potassio. La miscela di estratti naturali, soprattutto nella sua formulazione liquida, non è stata selettiva sulle piantine saggiate. Anche la formulazione polverulenta, talvolta, ha fatto registrare lievi fenomeni di fitotossicità. L'efficacia di imexazolo, della miscela di estratti naturali e di propamocarb + fosetil-Al nei confronti di FORL era già stata messa in evidenza in precedenti prove (Polizzi *et al.*, 2003, Chiusa *et al.*, 2007). Da sottolineare l'elevata riduzione della diffusione e della gravità delle infezioni rilevate in seguito ad applicazioni con il fosfito potassico.

CONCLUSIONI

I risultati di queste prove hanno consentito di mettere in evidenza l'elevata efficacia di imexazolo, di propamocarb + fosetil-Al e di fosfito di potassio nel contenimento delle infezioni di FORL nella fase di post-trapianto. L'uso di questi prodotti, fatti salvi gli aspetti

normativi e legislativi sul loro impiego nella coltura, potrebbe sicuramente contribuire, unitamente ad altri mezzi di lotta, al contenimento delle infezioni di FORL. Anche gli estratti vegetali nella formulazione potrebbero essere impiegati per la riduzione delle infezioni, ma sulla base della fitotossicità accertata, non è consigliabile trattare le giovani piante subito dopo il trapianto. Alle condizioni in cui si è operato, i trattamenti con i formulati commerciali contenenti microrganismi antagonisti non hanno consentito di ridurre significativamente le infezioni. Ciò potrebbe essere imputabile alle modalità di inoculazione del patogeno.

LAVORI CITATI

- Ben-Yephet Y., Reuveni M., Genizi A., 1994. Effects of inoculum depth and density on Fusarium wilt in carnations. *Phytopathology*, 84, 1393-1398.
- Chiusa G., Bolli G., Rossi V., 2007. Efficacia di fungicidi contro tracheofusariosi e marciumi. *L'Informatore Agrario*, 10, 41-45.
- Harris A.R., Ferris H., 1991. Interactions between *Fusarium oxysporum* f. sp. *tracheiphilum* and *Meloidogyne* spp. in *Vigna unguiculata*. 1. Effects of different inoculum densities on Fusarium wilt. *Plant Pathology*, 40, 445-456.
- Hartman J.R., Fletcher J.T., 1991. Fusarium crown and root rot of tomatoes in the UK. *Plant Pathology*, 40, 85-90.
- Jones J.P., Woltz S.S., Scott J.W., 1990. Factors affecting development of Fusarium crown rot of tomato. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*, 103, 142-148.
- Marois J.J., Mitchell D.J., 1981. Effects of fumigation and fungal antagonists on the relationships of inoculum density to infection incidence and disease severity in Fusarium crown and root rot of tomato. *Phytopathology*, 71, 167-170.
- Marois J.J., Mitchell D.J., Sonoda R.M., 1981. Biological control of Fusarium crown rot of tomato under field conditions. *Phytopathology*, 71, 1275-1260.
- Ozbay N., Newman S.E., 2004. Fusarium crown and root of tomato and control methods. *Plant Pathology Journal*, 3, 9-18.
- Polizzi G., Catara V., Catara A., 2002. Difesa delle specie orticole con speciale riferimento all'Italia Meridionale. *Informatore Fitopatologico*, 9, 26-32.
- Polizzi G., Polizzi G., Bosa A., Vitale A., 2003. Efficacia di prodotti chimici e di estratti naturali nei confronti di *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* su pomodoro. *Italus Hortus*, 10, 297-300.
- Rekah Y., Shtienberg D., Katan J., 1999. Spatial distribution and temporal development of Fusarium crown and root rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. *Phytopathology*, 89, 831-839.
- Rekah Y., Shtienberg D., Katan J., 2000. Disease development following infection of tomato and basil foliage by airborne conidia of the soilborne pathogens *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* and *F. oxysporum* f. sp. *basilici*. *Phytopathology*, 90, 1322-1328.
- Rekah Y., Shtienberg D., Katan J., 2001. Population dynamics of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in relation to the onset of Fusarium crown and root rot of tomato. *European Journal of Plant Pathology*, 107, 367-375.
- Rowe R.C., Farley J.D., Coplin D.L., 1977. Airborne spore dispersal and recolonization of steamed soil by *Fusarium oxysporum* in tomato greenhouses. *Phytopathology*, 67, 1513-1517.
- Rush C.M., Karaft J.M., 1986. Effects of inoculum density and placement on Fusarium root rot of peas. *Phytopathology*, 76, 1325-1329.