

Avaluació de portaempelts de tomàquet per al control de *Meloidogyne javanica*.

L. Cortada¹, F. J. Sorribas², C. Ornat², I. Kaloshian³, S. Verdejo-Lucas¹

¹IRTA. Protecció Vegetal. Crta. de Cabriels Km 2. 08348 Cabriels, Barcelona, Espanya

²Departament d'Enginyeria Agroalimentària i Biotecnologia. Universitat Politècnica de Catalunya. Campus Baix Llobregat, Edifici ESAB, Av. Canal Olímpic 15. 08860 Barcelona, Espanya

³Department of Nematology, University of California. Riverside, Califòrnia, 92521, USA.

La resposta de 10 portaempelts de tomàquet portadors del gen de resistència *Mi* es va avaluar enfront d'una població avirulenta de *Meloidogyne javanica* sota pressió inicial d'inòcul en assaigs en contenidors (primavera i estiu) i sota pressió d'inòcul continu en condicions de camp (primavera). En els assaigs en contenidors de primavera els portaempelts PG76, Gladiator i MKT-410 es van comportar consistentment com a molt resistents ($Pf/Pi < 1$; índex de reproducció (IR) $< 10\%$) i només els portaempelts PG76 i Heman van tenir aquest mateix comportament durant l'assaig d'estiu. A l'assaig sota pressió d'inòcul continu, set dels portaempelts es mostraren resistents. En totes les condicions experimentals, els portaempelts Beaufort i Maxifort van comportar-se com a susceptibles assolint alts nivells de reproducció ($Pf/Pi > 50$ i $IR > 50\%$).

Introducció

El gen *Mi* en tomàquet confereix resistència enfront de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* i *M. arenaria*. Les varietats de tomàquet resistents suprimeixen el desenvolupament i la reproducció del nematode i es poden cultivar en sòls infectats sense pèrdues significatives de producció (Sorribas *et al.*, 2005).

L'ús dels portaempelts de tomàquet va iniciar-se a Espanya a la dècada dels noranta per combatre la malaltia denominada "coorky root" o arrel surosa (*Pyrenochaeta lycopersici*), ja que aquest va ser un factor limitant per al cultiu del tomàquet degut a la incapacitat dels cultivars tradicionals per controlar aquest patògen (Santos *et al.*, 2004). Els portaempelts augmenten el vigor de les plantes empeltades i proporcionen increments de producció en situacions d'estrès (Ioannou, 2001; Miguel, 2002). També incorporen resistències a diversos patògens, entre ells, als nematodes fitoparàsits (Marín Rodríguez, 2005). La tècnica de l'empeltat està cada cop més estesa arreu d'Europa, com alternativa al bromur de metil (MBTOC, 2006). No obstant, la seva capacitat de controlar *Meloidogyne spp* no ha estat ben definida. Les referències bibliogràfiques són poques i mostren grans discrepàncies pel que fa a la infectivitat i reproducció del nematode.

L'objectiu d'aquets treball va ser avaluar portaempelts de tomàquet portadors del gen *Mi* en diferents condicions experimentals per determinar la seva vàlua com a estratègia de control de *M. javanica*, l'espècie més abundant a la regió Mediterrània (Ibrahim, 1985). En aquest treball es descriu la resposta de resistència de 10 portaempelts de tomàquet sota pressió inicial d'inòcul en assaigs en contenidors realitzats en primavera i estiu i la resposta de resistència en condicions de camp, on els portaempelts van ser sotmesos a un nivell d'inòcul continu.

Materials i Mètodes

Resposta dels portaempelts a un inòcul inicial de *M. javanica* durant primavera. Deu portaempelts comercials i experimentals de tomàquet amb el gen *Mi* de resistència van ser sotmesos a una pressió inicial d'inòcul de *M. javanica* durant els mesos de març a juliol fins que la població va assolir la segona generació (130 dies post-infecció). Els cultivars de tomàquet resistents Monika i Caramba i els cultivars susceptibles Durinta i Tyrmes es van incloure com a controls de referència. Les plàntules es van inocular amb 6 000 ous del nematode. (8 rèpliques per portaempelt). Al finalitzar l'assaig, la quantitat d'ous per planta es va determinar mitjançant l'extracció dels ous de dues submostres de 10 g d'arrel en una solució del 0,05% NaCOI durant 10 min. La taxa de multiplicació del nematode (Pf/Pi) es va calcular com la quantitat d'ous per planta (Pf) dividida per l'inòcul inicial (Pi). L'índex d'infectivitat (ÍI) i l'índex de reproducció (IR) van ser els paràmetres seleccionats per avaluar el nivell de resistència dels portaempelts. L'ÍI es va calcular com el percentatge del nombre de masses d'ous presents en els portaempelts o cultivars resistents, respecte els controls susceptibles i l'IR com el percentatge de la Pf en els cultivars o portaempelts resistents, respecte la Pf en els cultivars susceptibles. Un portaempelt es va considerar resistent quan l'ÍI i l'IR van ser significativament ($P < 0,05$) diferents dels controls susceptibles. Es va repetir l'assaig amb les mateixes condicions experimentals de març a juliol però amb 16 repeticions per portaempelt. Vuit rèpliques es van collir després de la

primera generació (63 dies post-infecció) i vuit rèpliques finalitzada la segona generació (132 dies post-infecció).

Resposta dels portaempelts a un inòcul inicial de *M. javanica* durant l'estiu.

Els portaempelts es van inocular amb 6 000 ous del nematode i les plantes van romandre en un hivernacle de vidre fins que la primera generació va ser assolida (48 dies post-infecció). Cada portaempelt es va replicar vuit vegades. Les condicions experimentals, el manteniment de les plantes i els paràmetres estimats foren similars als dels experiments realitzats durant la primavera.

En tots els experiments la temperatura del sòl es va enregistrar diàriament a intervals de 30 min mitjançant sondes introduïdes dins dels contenidors.

Resposta dels portaempelts sotmesos a pressió contínua d'inòcul i elevades densitats de població de *M. javanica* en camp.

L'assaig es va realitzar en un hivernacle de plàstic amb un historial de problemes causats per *M. javanica* (Sorribas *et al.*, 2005). Les parcel·les experimentals de 3,4 m × 1 m estaven formades per dues fileres de plantes amb sis plantes a cada una, espaiades 50 cm dins les fileres y 55 cm entre les files. Els nivells promig d'infestació del sòl van ser de $2\ 050 \pm 900$ J2 /250 cm⁻³ sòl. El cultiu es va realitzar de març a juliol. Els cultivars de tomàquet resistents Monika i Caramba i el susceptible Durinta van ser els estàndards de referència. De cada varietat de portaempelt es varen fer vuit repeticions. Les plàntules resistents i susceptibles es van alternar a les parcel·les experimentals, de forma que cada portaempelt de tomàquet resistent estava envoltat per dues plantes del cultivar susceptible (dins la mateixa fila i a la filera oposada). La pressió d'inòcul contínua exercida sobre les plantes resistents es va realitzar mitjançant les plantes de Durinta veïnes (Esmenjaud *et al.*, 1996). Al final de l'assaig es va determinar l'índex d'agalles de les plantes segons l'escala de Zeck (1971) on 0 equival a arrels totalment sanes i 10 a plantes i arrels mortes. La reproducció del nematode a cada planta de l'assaig es va determinar processant individualment les arrels en fragments d'1cm i es van obtenir dues submostres de 10 g que es van utilitzar per a extreure els ous (procediment descrit anteriorment) i es va calcular l'IR. En el cas de Durinta, les sis plantes de cada parcel·la experimental es van processar de forma conjunta per seleccionar les dues submostres de 10 g.

Detecció del gen de resistència *Mi* en els portaempelts de tomàquet. Es va determinar mitjançant el marcador Mi23 específicament dissenyat per detectar resistència a nematodes en programes de millora genètica de portaempelts de tomàquet (Seah *et al.*, 2007).

Anàlisi estadística de les dades

El procediment del Model General Lineal del SAS (SAS Institute Inc., Cary, NC) versió 8 es va utilitzar per l'anàlisi estadística de les dades. Les dades d'ous g⁻¹ d'arrel i Pf/Pi es van transformar a log₁₀(x+1) abans de l'anàlisi. Es va aplicar el test de Tukey per separar les mitjanes quan l'anàlisi estadística va resultar significativa (P < 0,05). El test de Dunnett es va utilitzar per a comparar cada portaempelt i cultivar de tomàquet resistent respecte el cultivar estàndard susceptible Durinta. Les dades d'infectivitat i dels índex de reproducció de *M. javanica* als assaigs en contenidor es van transformar a log₁₀(x+0.001) abans de l'anàlisi, a l'igual que les dades sobre l'índex de reproducció al camp [log₁₀(x)]. Es

va fer una anàlisi de la correlació per determinar la relació entre l'índex d'infectivitat i l'índex de reproducció.

Resultats

Resposta dels portaempelts de tomàquet a un inòcul inicial de *M. javanica* a primavera. Durant l'assaig les temperatures van ser inferiors a 28°C amb una mitjana de 20,2°C per al primer experiment i de 20,7°C per al segon. La resposta dels portaempelts va ser molt variable en quan a infectivitat del nematode i a reproducció a una y a dues generacions. No hi va haver diferències significatives en la producció d'ous dels controls susceptibles Durinta i Tyrmes ni en cap de les situacions analitzades (Taula 1). Els valors de Pf/Pi van ser < 1 en els dos cultivars resistents de referència després d'una generació però lleugerament > 1 a dues generacions (Taula 1). A una generació, la quantitat d'ous g^{-1} d'arrel en els portaempelts PG76, Gladiator, MKT-410 i Brigeor no va diferir dels valors obtinguts en els controls resistents però en canvi, en els portaempelts Heman, Beaufort i Maxifort aquest paràmetre es va equiparar al dels controls susceptibles. Els increments poblacionals (Pf/Pi > 1) només van ser detectats en els portaempelts Maxifort i Beaufort i en els controls susceptibles de referència. A dues generacions, la quantitat d'ous g^{-1} d'arrel en els portaempelts PG76 i MKT-410 va ser inferior ($P < 0,05$) a la dels controls resistents, mentre que els portaempelts Beaufort i Maxifort van presentar resultats similars als d'ambdós controls susceptibles. Els valors de Pf/Pi van oscil·lar entre 0,1 i 70 vegades la Pi. Va incrementar la població en 6 dels 10 portaempelts analitzats i els valors màxims es van enregistrar als portaempelts Beaufort i Maxifort (Taula 1).

Es va observar una correlació positiva entre l'índex d'infectivitat i l'índex de reproducció, independentment del control susceptible de referència i de la duració de l'assaig. Els portaempelts van mostrar nivells de resistència variables quan els índex d'infectivitat i reproducció van ser referits a un únic control susceptible. Els portaempelts Beaufort i Maxifort van mostrar de forma consistent nivells de resistència inferiors ($P < 0,05$) a la resta dels portaempelts o cap tipus de resistència, independentment del control susceptible de referència.

Resposta dels portaempelts de tomàquet a un inòcul inicial de *M. javanica* a estiu.

Les temperatures als contenidors van oscil·lar entre 20,8°C i 35,1°C i durant la primera setmana post-inoculació la mitjana de les temperatures en els contenidors va ser de 28°C. El nombre d'ous g^{-1} arrel en els cultivars resistents Caramba i Monika va ser inferior ($P < 0,05$) que en el cultivar susceptible Durinta de referència (Taula 2). No obstant, la quantitat de masses d'ous al cultivar susceptible de referència Tyrmes no va diferir respecte a Monika i els ous g^{-1} arrel van ser iguals als dels controls resistents Monika i Caramba. El nombre d'ous g^{-1} d'arrel en els portaempelts PG76, MKT-410 i Heman van ser inferiors ($P < 0,05$) que en els controls susceptibles (Taula 2), tot i que només tres de les vuit repeticions de Heman van ser infectades. La resta de portaempelts no van diferir dels controls susceptibles. Els valors de Pf/Pi van oscil·lar entre el 0,6 y 25 vegades la Pi en els portaempelts després d'una generació. Els increments de població (Pf/Pi > 1) van donar-se en tots els portaempelts resistents excepte a PG76 i Heman, que van reduir o mantenir els nivells inicials d'inòcul, respectivament. Els portaempelts PG76 i Heman i el control resistent Caramba van mostrar elevats nivells de

resistència; MKT-410, 42851 i els cultivars Monika van mostrar nivells moderats de resistència.

Resposta dels portaempelts de tomàquet a elevades densitats d'inòcul continu de *M. javanica* al camp. La mitjana de les temperatures del sòl a l'hivernacle va ser de 23,6°C. El nombre de plantes infectades va variar des d'una planta al portaempelt MKT-410 al 100% en els portaempelts Brigeor, Beaufort i Maxifort (Taula 3). L'índex d'agalles en els portaempelts i en els cultivars resistents va ser inferior ($P < 0,05$) al del control susceptible de referència, excepte en els portaempelts Beaufort i Maxifort que van mostrar un nivell mig. La quantitat d'ous g^{-1} d'arrel ($P < 0,05$) va ser inferior en els portaempelts resistents respecte el control susceptible a excepció de Heman, Beaufort i Maxifort, que no van diferir (Taula 3). Es van observar diferències notables en l'IR dels portaempelts que va oscil·lar entre 0,6% i 68%.

Detecció del gen *Mi* de resistència a nematodes. Tots els portaempelts eren homozigots per al locus *Mi* de resistència, excepte MKT-410 i 42851 que resultaren ser heterozigots. Els cultivars Durinta i Tyrmes emprats com a control de referència van resultar homozigots susceptibles per al locus *Mi*.

Discussió

Tot i que les anàlisi moleculars van confirmar la presència del gen *Mi* en tots els portaempelts de tomàquet, es van obtenir diferències considerables en la infectivitat i la reproducció del nematode quan els portaempelts van ser sotmesos a pressió inicial d'inòcul. Així, els portaempelts PG76, Gladiator i MKT-410 van respondre consistentment com a altament resistents ($Pf/Pi < 1$ i $IR < 10\%$) a l'igual que els controls resistents de referència. Dos portaempelts, Beaufort i Maxifort van respondre com a susceptibles ($Pf/Pi > 50$ i $IR > 50\%$), tot i que es descriuen segons les cases comercials i en referències bibliogràfiques (Marín Rodríguez, 2005) com a altament resistents a *M. incognita*, *M. javanica* i *M. Arenaria*. No obstant, el comportament susceptible de Beaufort ja havia estat descrit per a *M. incognita* (López-Pérez *et al.*, 2006), però no havia estat descrit anteriorment el comportament susceptible de Maxifort. Els altres portaempelts van presentar un comportament de resistència mig, que en alguns casos va variar en funció de la duració de l'assaig (una o dues generacions).

L'eficiència del gen de resistència *Mi* es va veure enormement reduïda a la majoria del material vegetal resistent a l'assaig d'estiu, a excepció de PG76, MKT-410 i 42851 que van mostrar alts o moderats nivells de resistència. El cultivar resistent Caramba va mostrar-se més eficient que Monika inhibint la reproducció del nematode.

El resultat de l'assaig realitzat en camp, sota pressió continuada d'alts nivells d'inòcul, van confirmar la variabilitat en la resposta de resistència dels portaempelts obtinguda en els assaigs en contenidors. Set dels deu portaempelts van ser altament resistents ($IR < 10\%$) i, de nou, els portaempelts Beaufort i Maxifort es van comportar com a susceptibles ($IR > 50\%$).

La variabilitat en la infecció i en la reproducció del nematode observada en els portaempelts de tomàquet analitzats, és atribuïble al rerefons genètic de la varietat, ja que aquest material vegetal ha estat avaluat amb una única població de *M. javanica*, tant en contenidors com en camp. Aquest assaig també mostra

com la classificació de resistència a nematodes d'un portaempelt pot variar depenent de les condicions experimentals emprades per a fer-ne l'avaluació, ja que el criteri de resistència està sotmès a la reproducció en els controls susceptibles de referència. Per tant, l'elecció dels estàndards de referència va resultar d'especial rellevància, més que no pas la duració dels assaigs (una o dues generacions). L'índex d'infectivitat com l'índex de reproducció van proporcionar elevats nivells de consistència, independentment dels controls susceptibles de referència o la duració de l'assaig. L'índex d'infectivitat va ser un bon indicador de la resposta de resistència en les fases inicials del procés d'avaluació, tal i com indica l'anàlisi de la correlació realitzat. No obstant, l'avaluació dels portaempelts a dues generacions va permetre la detecció d'increments de població i canvis en els nivells de resistència relatius en alguns portaempelts, que podrien haver passat desapercibuts en cas que només s'haguessin analitzat les dades a una generació.

En resum, *M. javanica* va infectar i va assolir elevats nivells de reproducció en alguns portaempelts de tomàquet comercialitzats com a resistents, després de dues generacions als assaigs de primavera i després d'una generació als assaigs d'estiu. Aquests resultats són importants per a programes de millora genètica i maneig del patogen. L'ús de marcadors moleculars hauria de ser una eina complementària a la realització de proves de patogenicitat, a l'hora de caracteritzar la resposta de resistència dels portaempelts de tomàquet. En els processos d'avaluació, s'haurien d'incloure diversos portaempelts i cultivars susceptibles de referència, així com diverses poblacions, per a poder disminuir la variabilitat deguda al rerefons genètic de les varietats i a les diferències intra i/o interespecífiques degudes al gènere *Meloidogyne*. Un increment en la infectivitat i la reproducció del nematode serien el primer pas per al desenvolupament de poblacions virulentes (Jacques *et al.*, 2005 Sorribas *et al.*, 2005). S'ha de considerar que la resistència vegetal aportada per el gen *Mi* es pot veure compromesa per l'aparició de poblacions virulentes del nematode. Aquest fet ja ha succeït al sud d'Espanya, on han aparegut poblacions virulentes de *Meloidogyne* després de dues campanyes agrícoles consecutives quan s'han utilitzat portaempelts de pebrot (Lacasa *et al.*, 2002).

Agraïments:

Aquest treball ha estat finançat parcialment per la Fundació Ramón Areces. La primera autora gaudeix d'una beca pre-doctoral de l'Institut Nacional d'Investigacions Agràries. Gràcies al Dr. Jordi Valero per l'assistència en l'anàlisi estadística i a les companyies que van proporcionar gratuïtament les llavors. S'agraeix l'assistència tècnica de O. Simon, S. Alcalá, V. Barnes i O. Jurado.

Referències

- Esmenjaud D, Minot JC, Voisin R, 1996. Effects of durable inoculum pressure and high temperature on root galling, nematode numbers and survival of Myrobalan plum genotypes (*Prunus cerasifera* Her) highly resistant to *Meloidogyne* spp. *Fundamental and Applied Nematology* **19**, 85-90.
- Ibrahim Y K A, 1985. The status of *Meloidogyne* in the Middle East, region VII of the international *Meloidogyne* project. Capítulo **34**: 373-378. En: Advanced Treatise on *Meloidogyne*. Vol. 1: Biology and Control. J. N. Sasser y C. C. Carter, eds. North Carolina State University, Raleigh
- Ioannou N, 2001. Integrating soil solarization with grafting on resistant rootstocks for management of soil-borne pathogens of eggplant. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* **76**, 396-401.
- Jacquet M, Bongiovanni M, Martínez M, Verschave P, Wajnberg E, Castagnone-Sereno P, 2005. Variation in resistance to the rot-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato genotypes bearing the Mi gene. *Plant Pathology* **54**, 93-99.
- Lacasa A, Guerrero, MM, Guirao P, Ros C, 2002. Alternatives to methyl bromide in sweet pepper crops in Spain. *Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide*. Sevilla, Spain, 187-192.
- López-Pérez J, Le Strange M, Kaloshian I, Ploeg A, 2006. Differential response of Mi gene-resistant tomato rootstocks to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). *Crop Protection* **25**, 382-388.
- Marín Rodríguez J, 2005. *Portagrano. Vademecum de variedades hortícolas*. Escobar Impresores, Almería, Spain, 352-353.
- Methyl Bromide Technical Options Committee (MBTOC), 2006. Report of the methyl bromide technical options committee. Non-chemical alternatives adopted as replacements to methyl bromide on a large scale. (pp.117-124). *United Nation Environmental Programme. UNON Publishing Section Services*. Nairobi, Kenya.
- Miguel A, 2002. Grafting as a non-chemical alternative to methyl bromide for tomato in Spain. In: Bachelor T and Bolivar J, eds. *Proceedings of International Conference on Alternatives to methyl bromide: "The remaining challenges"*. Sevilla, Spain, 283- 284
- Seah S., Williamson VM, Garcia BE., Mejía L, Salus MS., Martin CT, Maxwell DP, 2007. Evaluation of a co-dominant SCAR marker for detection of the Mi-1 locus for resistance to root-knot nematode in tomato germplasm. *Tomato Genetic Cooperative Report* **57**, 37-40.
- Sorribas FJ, Ornat C, Verdejo-Lucas S, Galeano M, Valero J, 2005. Effectiveness and profitability of the Mi-resistant tomatoes to control root-knot nematodes. *European Journal of Plant Pathology* **111**, 29-38.
- Zeck WM, 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* **24**, 141-144.

Taula 2 Nombre de masses d'ous per planta, ous g⁻¹ d'arrel, taxa de multiplicació (Pf/Pi) i índex d'infectivitat i de reproducció d'una població *Mi* avirulenta de *Meloidogyne javanica* en portaempelts de tomàquet amb el gen *Mi* de resistència després d'una generació del nematode en assaigs en contenidors realitzats en hivernacle de vidre durant l'estiu.

	Plantes infectades	Ous g ⁻¹ d'arrel	Pf/Pi	Índex infectivitat (%)		Índex reproducció (%) ^c	
				Durinta	Tyrmes	Durinta	Tyrmes
<i>Portaempelt</i>							
PG76	2	136 ± 109 g*	0,6 ± 0,5 f ^a	1 ± 1 e ^b	3 ± 2 e ^b	3 ± 3 e ^c	4 ± 4 e ^c
Gladiador	8	4334 ± 5582 abcde	7 ± 8 abcde*	20 ± 16 abc	37 ± 29 abcd	40 ± 42 ab	52 ± 55 abc
MKT-410	6	867 ± 1280 efg*	3 ± 4 def*	9 ± 12 bcde	16 ± 22 cde	15 ± 21 c ^c	20 ± 28 de
Brigeor	8	4927 ± 2863 abc	16 ± 23 abc	40 ± 49 abc	74 ± 90 abc	89 ± 126 :	117 ± 165 ab
42851	7	1285 ± 1577 def*	5 ± 7 cdef*	8 ± 10 cde	15 ± 19 cde	27 ± 37 b ^c	36 ± 49 cd
43965	8	6362 ± 5694 ab	14 ± 7 abc	43 ± 38 ab	79 ± 69 ab	79 ± 38 a	104 ± 49 ab ^c
Big Power	8	5922 ± 1206 a	21 ± 8 a	67 ± 32 a	123 ± 58 a	116 ± 42 :	153 ± 55 a
Heman	3	414 ± 300 fg*	1 ± 0,4 ef*	2 ± 2 de	4 ± 3 e	6 ± 2 d ^c	7 ± 3 de
Beaufort	8	5174 ± 3065 abc	22 ± 17 ab	78 ± 67 a	142 ± 122 ab	123 ± 91 :	162 ± 120 al
Maxifort	8	8277 ± 6081 a	25 ± 18 ab	69 ± 37 a	127 ± 68 a	135 ± 97 :	178 ± 128 al
<i>Cultivar</i>							
Caramba	4	963 ± 601 cdef*	1,6 ± 0,8 ef*	4 ± 2 cde	6 ± 3 de	9 ± 5 d ^c	11 ± 6 de
Monika	2	1313 ± 983 bcdef*	5 ± 4 bedef*	21 ± 21 abcd	32 ± 39 bcde	29 ± 22 ab	39 ± 29 bc ^c
Tyrmes	8	4272 ± 3513 abcd	14 ± 11 abcd	55 ± 43 a		76 ± 62 al	
Durinta	8	6053 ± 2499 a	20 ± 10 ab		183 ± 78 a		145 ± 69 ab

Valors transformats a $\log_{10}(x+1)$ o $\log_{10}(x+0,001)$ abans de realitzar l'anàlisi estadístic. Valors són la mitja ± desviació estàndard de les dades no transformades de 8 rèpliques. Valors a la mateixa columna seguits per diferent lletres són significativament diferents segons el test de Tukey ($P < 0,05$). Valors a la mateixa columna amb * indiquen diferències entre els portaempelts i els cultivars resistent y el cultivar susceptible de referència Durinta, segons el test de Dunnett ($P < 0,05$).

^aOus per planta / ous inoculats; ^bOus per planta en el portaempelt resistent o cultivar/ masses d'ous per planta en els cultivars susceptibles de referència Durinta o Tyrmes × 100; ^cOus per planta en el portaempelt o cultivar/ ous per planta en cultivars susceptibles de referència Durinta o Tyrmes × 100

Taula 3 Índex d'agalles, ous g⁻¹ arrel i índex de reproducció de *Meloidogyne javanica* en portaempelts de tomàquet amb el gen de resistència *Mi* subjecte a inòcul continu a elevades densitats del nematode en hivernacle de plàstic.

	Plantes infectades	Índex d'agalles ^a	Ous g ⁻¹ arrel ^b	Índex reproducció (%)
<i>Portaempelt</i>				
PG76	2	0,1 ± 0,3 (0-1) d ^a	358 ± 353 d*	0,6 ± 0,5 d ^b
Gladiator	2	0,2 ± 0,4 (0-1) d*	767 ± 730 cd*	1,4 ± 1,4 cd
MKT-410	1	0,5 ± 1,2 (0-3) d*	1469 ± 2362 cd*	2 ± 4 cd
Brigeor	7	1,9 ± 0,7 (1-3) cd*	6250 ± 7803 bc*	10 ± 12 bc
42851	2	0,5 ± 1,1 (1-3) d*	1245 ± 1442 cd*	2 ± 2 cd
43965	5	1,6 ± 1,3 (1-3) cd*	6209 ± 9375 bc*	10 ± 14 bcd
Big Power	4	1,1 ± 1,2 (1-3) d*	3350 ± 3750 bcd*	6 ± 6 bcd
Heman	3	2,0 ± 1,7 (3-4) bcd*	18800 ± 21496 ab*	31 ± 32 ab
Beaufort	7	4,0 ± 0,9 (3-5) b*	37295 ± 25557 a	68 ± 54 a
Maxifort	7	3,6 ± 1,3 (2-5) bc*	34954 ± 19205 a	59 ± 29 a
<i>Cultivar</i>				
Caramba	5	0,9 ± 0,8 (1-2) d*	446 ± 286 cd*	0,8 ± 0,5 cd
Monika	3	1,0 ± 1,0 (1-2) d*	3540 ± 5563 bcd*	6 ± 8 bcd
Durinta	7	6,4 ± 1,7 (3-8) a	56870 ± 25283 a	

Valors transformats a $\log_{10}(x+1)$ o $\log_{10}(x)$ abans de realitzar l'anàlisi estadística. Valors són la mitja ± desviació estàndard de les dades no transformades de 8 rèpliques excepte Durinta que és la mitja d'una mostra formada per 6 plantes. Valors a la mateixa columna seguits per diferent lletres són significativament diferents segons el test de Tukey ($P < 0,05$). Valors a la mateixa columna amb * indiquen diferències entre els portaempelts i els cultivars resistent y el cultivar susceptible de referència Durinta, segons el test de Dunnett ($P < 0,05$).

^aBasat en una escala de 0 (planta sana) a 10 (planta morta). Entre parèntesi, el rang d'agallament de les arrels.

^bOus g⁻¹ arrel en tomàquet resistent / Ous g⁻¹ arrel en tomàquet susceptible × 100.

Taula 1 Nombre de masses d'ous per planta, ous g⁻¹ d'arrel, taxa de multiplicació (Pf/Pi) i índex d'infectivitat i de reproducció d'una població *Mi* avirulenta de *Meloidogyne javanica* en portaempelts de tomàquet amb el gen *Mi* de resistència, després d'una i dues generacions del nematode en assaigs en contenidor realitzats durant la primavera.

	Primera generació						Segona generació					
	Índex infectivitat (%)		Índex Reproducció (%)		Índex infectivitat (%)		Índex reproducció (%)		Índex infectivitat (%)		Índex reproducció (%)	
	Pf / Pi	Durinta	Tyrmes	Durinta	Tyrmes	Pf / Pi	Durinta	Tyrmes	Durinta	Tyrmes	Durinta	Tyrmes
<i>Portaempelt</i>												
PG76	0,02 ± 0,03 c* ^a	0,02 ± 0,03 c* ^a	0 ± 0 e ^b	0,7 ± 1 e ^c	2 ± 4 ef ^c	0,1 ± 0,1 b**	0,2 ± 0,3 e ^b	2 ± 3 f ^b	0,2 ± 0,2 g ^c	2 ± 3 f ^b	0,2 ± 0,2 g ^c	0,9 ± 1 f ^c
Gladiator	0,05 ± 0,05 c*	0,05 ± 0,05 c*	1 ± 3 e	2 ± 2 e	7 ± 7 def	0,3 ± 0,3 b*	0,2 ± 0,2 e	2 ± 2 ef	0,4 ± 1 fg	2 ± 2 ef	0,4 ± 1 fg	2 ± 2 ef
MKT-410	0,02 ± 0,04 c*	0,02 ± 0,04 c*	1 ± 2 e	1 ± 1 e	2 ± 5 f	0,5 ± 1,2 b*	0,6 ± 1 e	2 ± 4 f	0,7 ± 2 fg	2 ± 4 f	0,7 ± 2 fg	3 ± 6 ef
Brigeor	0,1 ± 0,1 c*	0,1 ± 0,1 c*	16 ± 15 bcd	3 ± 4 de	10 ± 13 def	0,8 ± 0,9 b*	2 ± 3 d	9 ± 9 d	1 ± 1 efg	9 ± 9 d	1 ± 1 efg	5 ± 6 def
4285 I	0,1 ± 0,1 c*	0,1 ± 0,1 c*	10 ± 7 bcd	4 ± 3 de	13 ± 10 de	1,2 ± 2,1 b*	2 ± 2 d	15 ± 20 cd	2 ± 3 efg	15 ± 20 cd	2 ± 3 efg	10 ± 21 de
43965	0,1 ± 0,1 c*	0,1 ± 0,1 c*	8 ± 9 cde	6 ± 4 d	19 ± 13 cd	3 ± 3 b*	5 ± 6 cd	17 ± 13 cd	4 ± 4 d	17 ± 13 cd	4 ± 4 d	21 ± 19 cd
Big Power	0,3 ± 0,4 c*	0,3 ± 0,4 c*	7 ± 11 de	12 ± 16 cd	38 ± 50 cd	8 ± 9 b*	28 ± 26 ab	72 ± 67 abc	11 ± 13 cd	72 ± 67 abc	11 ± 13 cd	42 ± 49 c
Herman	0,7 ± 0,5 bc*	0,7 ± 0,5 bc*	65 ± 70 abc	29 ± 22 bc	93 ± 69 bc	13 ± 10 b*	7 ± 5 bc	59 ± 63 de	18 ± 13 bc	59 ± 63 de	18 ± 13 bc	95 ± 80 b
Beaufort	3,5 ± 2,6 a	3,5 ± 2,6 a	285 ± 236 ab	141 ± 106 a	445 ± 335 ab	55 ± 86 a*	41 ± 53 ab	367 ± 676 ab	76 ± 120 a	367 ± 676 ab	76 ± 120 a	491 ± 879 a
Maxifort	3,8 ± 2,4 a	3,8 ± 2,4 a	280 ± 203 ab	154 ± 97 a	485 ± 306 a	70 ± 64 a*	165 ± 160 a	940 ± 723 a	94 ± 84 a	940 ± 723 a	94 ± 84 a	455 ± 325 a
<i>Cultivar</i>												
Caramba	0,1 ± 0,1 c*	0,1 ± 0,1 c*	16 ± 10 abcd	3 ± 3 de	10 ± 9 def	1,1 ± 0,7 b*	2 ± 1 cd	13 ± 12 cd	2 ± 1 efg	13 ± 12 cd	2 ± 1 efg	9 ± 8 d
Monika	0,1 ± 0,04 c*	0,1 ± 0,04 c*	4 ± 5 de	2 ± 2 de	7 ± 5 def	2,0 ± 1,5 b*	2 ± 2 d	10 ± 10 de	2 ± 2 ef	10 ± 10 de	2 ± 2 ef	9 ± 7 d
Tyrmes	0,8 ± 0,3 c*	0,8 ± 0,3 c*		32 ± 13 b		15 ± 9 b*	22 ± 20 b		22 ± 12 b		22 ± 12 b	
Durinta	2,5 ± 1,5 ab	2,5 ± 1,5 ab	584 ± 251 a		316 ± 196 ab	73 ± 31 a		740 ± 563 a		740 ± 563 a		550 ± 294 a

Valors transformats a $\log_{10}(x+1)$ o $\log_{10}(x+0.001)$ abans de realitzar l'anàlisi estadística. Valors són la mitja ± desviació estàndard de les dades no transformades de 8 rèpliques (primera generació) i 16 rèpliques (segona generació). Valors a la mateixa columna seguits per diferent lletres són significativament diferents segons el test de Tukey ($P < 0.05$). Valors a la mateixa columna amb * indiquen diferències entre els portaempelts i els cultivars resistents i el cultivar susceptible de referència Durinta, segons el test de Dunnett ($P < 0.05$).

^aOus per planta / ous inoculats; ^bOus per planta en el portaempelt resistent o cultivar/ masses d'ous per planta en els cultivars susceptibles de referència Durinta o Tyrmes × 100;

^cOus per planta en el portaempelt o cultivar/ ous per planta en cultivars susceptibles de referència Durinta o Tyrmes × 100.