



Research Article

The reaction of 32 tomato genotypes to root-knot nematode *Meloidogyne javanica*

Elmira Abootorabi[✉]

Department of Nematology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Tehran, Iran

Received: 08.21.2022

Accepted: 01.04.2023

Abootorabi E (2023) The reaction of 32 tomato genotypes to root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. Plant Pathology Science, 12(1):25-35. ,

Doi: 10.2982/PPS.12.1.25

Abstract

Introduction: This research was conducted with the aim of determining the reaction of 32 tomato genotypes from the plant gene bank of Iran to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*, to identify resistant genotypes during two years under greenhouse conditions. **Materials and Methods:** After purifying the nematode population and planting the seeds of 32 tomato genotypes and reaching the stage of 3-4 leaves, each treatment was inoculated with 6000 eggs and larvae of *M. javanica* in five replicates, and 60 days after inoculation, vegetative traits and traits related to nematode population were determined in each treatment, and based on gall index (GI) and nematode reproductive factor (Rf), the reaction of genotypes to nematode was determined. **Results:** Eighteen genotypes with $Rf > 1$ and $GI > 2$, 23 genotypes with $Rf < 1$ and $GI > 2$, and three genotypes TN-72-938, TN-72-1041 and TN-72-1012 with $Rf \leq 1$ and $GI \leq 2$, were identified as susceptible, moderately resistant, and resistant to this destructive nematode respectively. **Conclusion:** These three resistant genotypes can be used in the *M. javanica* management program.

Key words: Gall index, Reproductive factor, Susceptible, Resistant

[✉] elabootorabi@gmail.com

مقاله پژوهشی

واکنش ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی به نماتد غده ریشه *Meloidogyne javanica*

المیرا ابوترابی ✉

بخش تحقیقات نماتدشناسی، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، تهران

پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۱۴

دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰

ابوترابی ا (۱۴۰۱) واکنش ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی به نماتد غده ریشه *Meloidogyne javanica*

دانش بیماری‌شناسی گیاهی ۱۲(۱): ۲۵-۳۵. Doi: 10.2982/PPS.12.1.25

چکیده

مقدمه: این پژوهش با هدف تعیین واکنش ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی از بانک ژن گیاهی ایران به نماتد غده ریشه *Meloidogyne javanica*، برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم طی دو سال در شرایط گلخانه انجام شد. **مواد و روش‌ها:** پس از خالص‌سازی جمعیت نماتد و کاشت بذرها ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی و رسیدن نشاها به مرحله ۳-۴ برگی، هر تیمار در قالب پنج تکرار با ۶۰۰۰ تخم و لارو *M. javanica*، تلقیح گردید و ۶۰ روز پس از آلوده‌سازی، صفات رویشی و صفات وابسته به جمعیت نماتد در هر تیمار تعیین شد و براساس شاخص گال (GI) و فاکتور تولیدمثلی نماتد (Rf)، واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به نماتد، تعیین گردید. **یافته‌ها:** هیچ‌ده ژنوتیپ با $Rf > 1$ و $GI > 2$ حساس، ۲۳ ژنوتیپ با $Rf < 1$ و $GI > 2$ نیمه‌مقاوم، و سه ژنوتیپ TN-72-938، TN-72-1041 و TN-72-1012 با $Rf \leq 1$ و $GI \leq 2$ مقاوم به این نماتد مخرب شناسایی شدند. **نتیجه‌گیری:** از این سه ژنوتیپ مقاوم می‌توان در برنامه مدیریت *M. javanica* استفاده کرد.

واژگان کلیدی: شاخص گال، فاکتور تولیدمثلی، حساس، مقاوم

Introduction

مقدمه

گوجه‌فرنگی *Lycopersicon esculentum* Mill از تیره بادمجانیان (*Solanaceae*) گیاهی بومی آمریکای مرکزی و ساحل غربی آمریکای جنوبی است. خسارت سالانه نماتدها به محصولات کشاورزی در دنیا ۱۱۸ بلیون دلار تخمین زده شده است (Atkinson et al. 2012). تاکنون روش‌های مدیریتی نماتدها از جمله استفاده از سمهای شیمیایی، تناوب زراعی، مبارزه زیستی و ... مورد استفاده قرار گرفته است ولی در بین آنها شناسایی و کشت رقم‌های مقاوم بیشتر مورد توجه قرار گرفته است. مقاومت به نماتد غده ریشه گوجه‌فرنگی اولین بار توسط Bailey (1941) در گونه وحشی *Lycopersicon peruvium* مشاهده و Smith (1944) موفق به انتقال این مقاومت به گونه‌ی زراعی

✉ elabootorabi@gmail.com

Meloidogyne Lycopersicon esculentum گردید. واکنش ۴۰ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی نسبت به‌نژاد ۳ *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) در پژوهشی، بررسی گردیده و از بین آنها تنها ژنوتیپ‌های (Hisar lalit, HN 2, PNR 7, IIHR 2614 و IIHR 2868) مقاوم به نماتد معرفی شده‌اند (Reddy et al. 2016). در مطالعه‌ای، تعداد ۳۳ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی نسبت به *Meloidogyne spp.* غربال شدند. ژنوتیپ‌های Tomato Beef Master و Tomato Mongal T-11 به ترتیب با کمترین فاکتور تولیدمثل ۰/۷۱ و ۰/۵۳ نسبت به نماتد بسیار مقاوم گزارش شدند (Jaiteh et al. 2012). واکنش تعدادی ژرم پلاسما گوجه‌فرنگی و رقم‌ها محلی به روش زیست‌سنجی و نشانگر مولکولی Mi23 نسبت به *M. incognita* در یک بررسی ارزیابی شدند و هیچ یک از ژنوتیپ‌ها، مقاومتی نسبت به نماتد نشان ندادند و همگی حساس بودند (Lizardo et al. 2022). در میان ۳۳ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی غربال شده، در پنج سطح تلقیح *M. javanica* (۱۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰ و ۲۰۰۰ تخم و لارو نماتد در ۱/۶ لیتر خاک گلدان)، ژنوتیپ‌های Tomato Beef Master و Tomato Mongal T-11 در سطح تلقیح ۱۵۰۰ تخم و لارو نماتد کمترین تعداد جمعیت و به ترتیب ۰/۷۱ و ۰/۵۳ فاکتور تولید مثل، بسیار مقاوم بودند (Jaiteh et al. 2012).

یافتن رقم مقاوم و متحمل گوجه‌فرنگی به نماتد غده ریشه در ایران نیز از سال ۱۳۶۱ آغاز و تا سال ۱۳۷۱ حدود ۵۳۷ توده و رقم گوجه‌فرنگی مورد ارزیابی قرار گرفتند (Akhiani 1981). تعیین واکنش ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد غده ریشه، این امکان را فراهم می‌سازد تا با معرفی رقم‌های مناسب چه از نظر مقاومت به نماتد و چه از نظر ویژگی‌های کمی و کیفی محصول، راهی مناسب جهت مدیریت بیماری و پیشگیری از خسارت نماتد مخرب *M. javanica* یافت. لذا، در مقاله‌ی حاضر یافته‌های اجرای دو پروژه تحقیقاتی مشترک با بخش تحقیقات بانک ژن گیاهی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در مورد ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های موجود در این بانک ژن گیاهی و معرفی ژنوتیپ‌های مقاوم گوجه‌فرنگی نسبت به این نماتد شرح داده شده است.

Material and Methods

مواد و روش‌ها

برای به دست آوردن جمعیت خالص نماتد، پس از جمع‌آوری ریشه‌های خیار آلوده به نماتد غده ریشه از گلخانه و جداسازی ماده‌ها از سطح ریشه‌ها (شکل ۱) و بررسی مشخصات ریخت‌شناسی، گونه‌ی نماتد *M. javanica* تعیین شد. بر اساس روش Hussey and Jansen (2002) اقدام به خالص سازی و تکثیر نماتد گردید. به این ترتیب که، تک توده تخم (Egg mass) روی گوجه‌فرنگی رقم حساس Early urbana در مرحله چهار برگی در خاک سترون مایه‌زنی شد (شکل ۲). ۶۰ روز پس از مایه‌زنی، خاک گلدان و ریشه‌های آلوده در گلدان‌های دیگر تقسیم و مجدداً همان رقم گوجه‌فرنگی حساس در گلدان کاشته شد. مراحل فوق، چند بار تکرار گردید. جهت تهیه اینوکولوم، ریشه‌ها به قطعات ۲-۳



شکل ۱. غده‌ها، توده تخم و ماده نماتد *Meloidogyne javanica*.
Figure 1. Root-knots, egg mass and female of *Meloidogyne javanica*.

سانتی‌متری خرد شدند و به ظرف حاوی هیپوکلریت سدیم ۱٪ (۱۰ میلی لیتر وایتکس تجاری ۵٪ + ۵۰ میلی لیتر آب مقطر) منتقل و به مدت سه دقیقه تکان داده شدند. مخلوط حاصل از الک‌های ۵۰۰ و ۲۰ میکرومتر گذرانده شد و سپس به بشر منتقل گردید. و در آب مقطر در یخچال با دمای ۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند.

تعداد ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی از بانک ژن گیاهی موسسه اصلاح و تهیه‌ی بذر و نهال که به روش دسته‌بندی صفات (Clustering) جداسازی شده بودند، تهیه شدند و رقم فلات نیز به عنوان شاهد، جهت انجام آزمایش، انتخاب شدند. به منظور تهیه نشاء، بذرها بطور جداگانه در گلدان‌های حاوی خاک سترون کاشته شدند و تا مرحله‌ی ۳-۴ برگ حقیقی برای انجام آزمایش در شرایط گلخانه با دمای ۲۵-۲۷ درجه سلسیوس نگهداری شدند. پس از انتقال نشاءها در مرحله ۳-۴ برگی به گلدان‌های حاوی ۲ کیلوگرم خاک سترون (به نسبت ۱:۱:۱:۲ خاک، ماسه، خاک‌برگ و کود حیوانی پوسیده)، تعداد ۶۰۰۰ تخم و لارو (به ازاء هر گرم خاک تعداد ۳ تخم و لارو فعال نماتد) از جمعیت خالص، به هر گلدان اضافه شد. تیمار شاهد، گوجه‌فرنگی رقم فلات بود (شکل ۲). برای هر تیمار پنج تکرار در نظر گرفته شد. ۶۰ روز پس از مایه‌زنی، بوته‌ها از خاک خارج و ریشه‌ها شستشو و توزین شدند. تعداد گال و توده تخم، در حجم ۱۰ گرم ریشه شمارش و به حجم کل تعمیم داده شد. به منظور شمارش تعداد تخم و لارو در ریشه، طبق روش کولن دهرد (۱۹۷۲) عمل شد. پس از به حجم رساندن سوسپانسیون، شمارش جمعیت تخم و لارو توسط اسلاید شمارش صورت گرفت. جهت استخراج نماتد از خاک طبق روش دگریسه (De Grisse 1969) عمل شد. جمعیت نهایی، از مجموع تعداد تخم و لارو موجود در ریشه و خاک حاصل شد و برای تعیین فاکتور تولید مثل (Pf/Pi) نسبت جمعیت نهایی به جمعیت اولیه ارزیابی گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در دو سال متوالی انجام شد و در



شکل ۲. تیمارهای آزمایشی تلقیح شده با جمعیت تخم و لارو نماتد غده ریشه

Figure 2. Treatments infected with eggs and juveniles of *M. javanica*

پایان آزمایش، داده‌های حاصل با استفاده از آزمون Bartlett تجزیه آماری گردیده و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش Chi-Square صورت گرفت.

جهت تعیین واکنش ژنوتیپ‌ها به نماتد از شاخصهای ظرفیت تولیدمثل نماتد (Rf= Reproduction factor) (Oostenbrink 1966)، مقایسه میزان تولیدمثل نماتد در گیاهان آزمایشی به میزان تولید مثل نماتد در رقم حساس همان گونه گیاهی (Taylor 1967) و تلفیقی از میزان تولیدمثل نماتد و شاخص گال (GI= Gall Index) (Canto Saenz 1983) استفاده گردید. جهت تعیین شاخص گال طبق روش تایلور و ساسر (Taylor and Sasser 1978)، بر اساس تعداد کل غده‌های (گال‌های) موجود روی ریشه، شاخص " صفر =آلودگی بدون گال ، یک= ۱ تا ۳ گال، دو= بین سه تا ۱۰ گال، سه= ۱۱ تا ۳۰ گال، چهار= ۳۱ تا ۱۰۰ گال و پنج= بیش از ۱۰۰ گال" در نظر گرفته شد. رابطه بین فاکتور تولید مثل و شاخص گال به عنوان شاخصهای تعیین واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به نماتد، به این ترتیب استفاده گردید، که ژنوتیپ‌های دارای شاخصهای $GI \leq 2$ و $Rf \leq 1$ مقاوم، $GI > 2$ و $Rf \leq 1$ نیمه‌مقاوم و $GI > 2$ و $Rf > 1$ حساس تعیین شدند.

Results

یافته‌ها

از همگن بودن واریانس داده‌ها با انجام آزمون Bartlett در دو سال آزمایش اطمینان حاصل شد و تجزیه مرکب روی داده‌ها صورت گرفت. نتایج حاصل نشان داد که به دلیل مشابهت شرایط آزمایش در دو سال، اثر متقابل سال در تیمار در هیچ یک از صفات مورد بررسی، اختلاف معنی‌داری نداشته لذا مقایسه میانگین داده‌ها، وجود اختلاف معنی‌دار بین متغیرهای وابسته به جمعیت نماتد در تیمارهای آزمایشی را نشان داد (جدول ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس شاخص‌های نماتد *Meloidogyne javanica* در واکنش ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی

Table 1. The analysis of variance population parameters of *Meloidogyne javanica* in response to tomato genotypes.

SV	DF	Gall	Egg mass	Egg	Pf	Rf
Tomato genotypes	33	497.27**	274.0**	3895.18**	41398746**	1.14**
Year	1	56.82 ^{ns}	201.89 ^{ns}	8701.17 ^{ns}	7630812.04 ^{ns}	0.22 ^{ns}
Year× Rep.	8	87.95**	91.47**	1638.82 ^{ns}	11675992**	0.32**
Year×						
Tomato genotypes	264	11.05 ^{ns}	11.35 ^{ns}	577.54 ^{ns}	795579 ^{ns}	0.021 ^{ns}
CV		21.61	21.87	12.12	23.57	23.59

اعداد دارای ** دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ هستند

The marked by ** are significantly different ($P \leq 0.01$).

تیمار شاهد با داشتن ۱۶/۸ گرم و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با سایر تیمارها، بیشترین وزن ریشه را داشت. تیمار TN-210 با داشتن وزن ۱۲/۱ گرم و اختلاف معنی‌دار با سایر تیمارها بعد از تیمار شاهد، بالاترین وزن ریشه را داشت. وزن ریشه در سایر تیمارها بین ۱۱/۵-۶ گرم متغیر بود.

مقایسه میانگین‌های تعداد گال در ۳۳ تیمار آزمایشی بر اساس درجه بندی تایلر و ساسر (۱۹۷۸)، وجود گروه‌های متفاوت را نشان داد به طوری که دامنه تغییرات شاخص گال (GI) بر اساس درجه‌دهی صفر تا پنج، بین دو ژنوتیپ‌های TN-72-938، TN-72-1041 و TN-72-1012 (و چهار شاهد رقم فلات) متغیر بود. در سایر ژنوتیپ‌های ژنتیکی، شاخص گال معادل سه بود که نشان از حساسیت آن‌ها به نماتد می‌باشد. (جدول ۲). مقایسه میانگین توده تخم، نشان داد که تیمار شاهد دارای بیشترین توده تخم بود و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ با سایر تیمارهای آزمایشی داشت. بین سایر ژنوتیپ‌های ژنتیکی، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تعداد تخم در هر توده بین ۳۰۸ تا ۳۶۶ عدد متغیر بود و اختلاف معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد (جدول ۲).

بیشترین جمعیت نهایی مربوط به تیمار شاهد به تعداد ۱۶۹۱۸ تخم و لارو در وزن ریشه بود که اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با تیمارهای آزمایشی داشت.

بیشترین تعداد جمعیت نهایی در تیمارهای آزمایشی معادل ۷۴۴۶ عدد تخم و لارو در وزن ریشه مربوط به ژنوتیپ TN-220 و کمترین تعداد معادل ۴۸۹۴ عدد تخم و لارو در وزن ریشه مربوط به ژنوتیپ TN-198 بود که اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۲).

جدول ۲. واکنش ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی به *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه طی سالهای ۱۳۹۹-۱۴۰۱

Table 2. Reaction of 32 tomato genotypes to *Meloidogyne javanica* in greenhouse conditions during 2020-2022

Tomato genotype	Gall	Egg mass/Root	Rf=Pf/pi	Gall index	Result	Reaction
TN-372	19.1cdef	16.4cdef	0.93cdefghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-322	18.3cdef	17cdef	0.88defghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-220	19.8cdef	19.3bcdef	1.23 b	3	GI>2 Rf>1	S
TN-201	21.4c	21.3b	1.1bcdef	3	GI>2 Rf>1	S
TN-370	18.9cdef	17.6cdef	0.94cdefghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-708	19.6cdef	16.9cdef	0.82hi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-72-938	9.2g	15f	0.87defghi	2	GI≤2 Rf≤1	R
KC-315012	20.2cdef	19.5bcdef	1.16bc	3	GI>2 Rf>1	S
TN-72-1041	9.3g	15.6ef	0.84fghi	2	GI≤2 Rf≤1	R
TN-670	21cde	18.7bcdef	1.1bcde	3	GI>2 Rf>1	S
TN-224	16.9cdef	17.6cdef	0.95cdefghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-188	18.2cdef	15.7ef	0.85efghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-72-1012	8.8g	16.9cdef	0.87defghi	2	GI≤2 Rf≤1	R
TN-589	19.2cdef	17.3cdef	0.89defghi	3	GI>2 Rf<1	MR
KC-315043	19.8cdef	20.8bc	1.16bc	3	GI>2 Rf>1	S
TN-430	18.9cdef	16.3cdef	0.83ghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-198	19.7cdef	15.4ef	0.81i	3	GI>2 Rf<1	MR
KC-315086	21.3cd	18.8bcdef	1bcdefgh	3	GI>2 Rf>1	S
TN-438	18.6cdef	19.6bcde	1.1bcdefg	3	GI>2 Rf>1	S

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continue

Tomato genotype	Gall	Egg mass/Root	Rf=Pf/pi	Gall index	Result	Reaction
TN-255	23.3b	20.5bcd	1.1bcdefg	3	GI>2 Rf>1	S
TN-598	18cdef	15.3ef	0.9cdefghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-705	16.4fe	17cdef	0.96cdefghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-297	16.7dfe	15.3ef	0.79i	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-671	19.2cdef	17.2cdef	0.95bcdefghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-315061	21cde	19.8bcde	1.1bcdef	3	GI>2 Rf>1	S
TN-217	18.4cdef	19.6bcde	1bcdefgh	3	GI>2 Rf>1	S
TN-417	20.7cdef	19.7bcde	1.13bcd	3	GI>2 Rf>1	S
TN-818	18.4cdef	16.3cdef	0.87defghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-264	21.2cd	20.5bcd	1bcdefgh	3	GI>2 Rf>1	S
TN-415	19cdef	16.2cdef	0.87defghi	3	GI>2 Rf<1	MR
TN-262	21.1cd	19.7bcde	1bcdefgh	3	GI>2 Rf>1	S
TN-313	19.2cdef	17.8bcdef	1bcdefgh	3	GI>2 Rf>1	S
TN-449	16.1f	15.5ef	0.84fghi	3	GI>2 Rf<1	MR
Falat (Check)	54.4a	46.3a	2.81a	4	GI>2 Rf>1	S

S=Susceptible, MR= Moderately Resistant, R=Resistant

تعداد جمعیت اولیه (pi) معادل ۶۰۰۰ تخم و لارو به ازای ۲ کیلوگرم خاک

Initial population was 6000 eggs and larvae per 2 kg of soil

ستون‌های دارای حروف مشابه در مقابل میانگین‌ها، بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ است.

Means in columns followed by a similar letter are not significantly different at 1% level by Chi-Square

بیشترین فاکتور تولیدمثل معادل ۲/۸ با داشتن اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد با تیمارهای آزمایشی، مربوط به تیمار شاهد بود. این شاخص در سایر تیمارها بین ۰/۷ تا ۱/۲ متغیر بود که اختلاف معنی‌دار نشان نداد (جدول ۲).

بحث

Discussion

واکنش تعداد ۳۲ ژنوتیپ گوجه‌فرنگی موجود در بانک ژن گیاهی ایران به همراه رقم شاهد نسبت به *M. javanica* در این تحقیق، تعیین شد و ویژگی‌های متفاوتی از جمله شاخص گال، ظرفیت تولیدمثل نماتد، شاخص توده تخم و تلفیقی از ظرفیت تولیدمثل نماتد و خسارت به گیاه طی دو سال متوالی ارزیابی گردید. بر اساس همگن بودن واریانس داده‌ها در آزمون بارتلت، نتایج حاصل از تجزیه مرکب داده‌های دو سال، نشان داد که بر اساس درجه دهی کانتوسنز (Canto Seanz 1983)، مجموع دو فاکتور تولیدمثل (Rf) و شاخص گال (GI)، نقش تعیین کننده‌ای در ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها دارند. بر این اساس، ژنوتیپ‌های TN-72-938، TN-72-1041 و TN-72-1012 با ویژه گی $GI \leq 2$ و $RF \leq 1$ ، مقاوم به نماتد بودند.

طبق مطالعه (Gilbert and McGurive 1956) مقاومت گوجه‌فرنگی به نماتدهای غده ریشه دارای منشا ژنتیکی است و توسط یک ژن غالب تکی به نام *Mi* موجود روی کروموزوم شماره ۶ گوجه‌فرنگی بروز می‌کند. این ژن از یک نوع گوجه‌فرنگی وحشی (*Lycopersicon peruvianum*) به تعدادی از رقمهای تجاری گوجه‌فرنگی منتقل گردیده و بر علیه گونه‌های *M. incognita*، *M. arenaria* و *M. javanica* موثر است (Fassuliotis 1966).

دما نیز روی بقا، پراکنش، تفریح تخم، نفوذ نماتد در خاک و ریشه، مراحل تکاملی و بیان علائم در گیاه، نقش به‌سزایی دارد و در دمای بیش از ۲۸ درجه سلسیوس، مقاومت گیاه کاهش یافته و شکسته می‌شود. حد تحمل دما برای ژنوتیپ‌های گوجه‌فرنگی مقاوم به نماتدهای غده ریشه، ۲۷-۲۸ درجه سلسیوس است (Araujo et al. 1982). با افزایش دما تا ۳۰ درجه سلسیوس، شرایط برای رشد و تولیدمثل *M. javanica* بیشتر مهیا می‌شود. تنش حرارتی باعث تسهیل حمله نماتد به گیاه میزبان شده و در دمای بالا، ترکیبات فنلی مترشحه از گیاه مقاوم خنثی و بی‌اثر گردیده که در مورد رقمهای که مقاومت با ویژگی فوق حساسیت را دارند، دمای بالا این مقاومت را شکسته و آنها را به گیاه حساس تبدیل می‌کند. در این تحقیق، سه ژنوتیپ TN-72-938، TN-72-1041 و TN-72-1012 در دمای ۲۷-۲۵ درجه سلسیوس، مقاوم شناخته شدند، ولی امکان دارد با افزایش دمای گلخانه تا ۳۰ درجه، به دلیل افزایش دما، مقاومت آنها شکسته شده و حساسیت به نماتد از خود نشان دهند.

نتیجه‌گیری

Conclusion

یافته‌های این پژوهش نشان دادند که سه ژنوتیپ TN-72-938، TN-72-1041 و TN-72-1012 مقاوم به این نماتد مخرب هستند و از آنها می‌توان در برنامه مدیریت *M. javanica* استفاده کرد، ضمن این که شرایط کاشت در گلخانه به نحوی مدیریت شود که تنش حرارتی بالا به گیاه وارد نگردد، تا سطح مقاومت آنها حفظ شود.

References

منابع

- Ahmadi AR, Mortazavi B A (2005) Reaction of some tomato cultivars to root-knot (In nematode (*Meloidogyne javanica*). Iranian Journal of Plant Pathology 41:403-414 Persian with English Abstract)
- Akhiani A (1981) Study on the root-knot nematode. Annual report of plant pest and diseases research division of Esfahan agricultural research center. 110-120. (In Persian with English Abstract)
- Araujo MT, Dickson DW, Augustine JJ, Bassett MJ (1982) Optimum initial inoculum levels for evaluation of resistance in tomato to *Meloidogyne* spp. at two different soil temperatures. Journal of Nematology 14:536-540.
- Atkinson HJ, Lilley CJ, Urwin PE (2012) Strategies for transgenic nematode control in developed and developing world crops. Current Opinion in Biotechnology 23:251-256.
- Bailey DM (1941) The seedling method for root-knot nematode resistance. Proceeding of American Society of Horticultural Science 38: 573-575.
- Bakker E, Dees R, Bakker J, Govers A (2006) Mechanisms involved in plant resistance to nematodes. In: Tuzun S, Bent E (eds.). Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants. Springer Science + Business Media Inc.
- Canto Saenz M (1983) The nature of resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White 1919) Chitwood. 1949. Pp. 160. In: Carter CC (ed.). Proceeding. Third Resolution & Planning. Conference on root- knot nematodes, *Meloidogyne* spp. March 22-26, 1982. Ed. International *Meloidogyne* Project. Lima, Peru.
- De Gisse A (1969) Redescription ou modifications de quelques techniques utilisees dans L'etude Nematodes Phytoparasitaires. Meded, Rijksfaculteit der landbouwe_ tenschappen. Gent, 34:351-369.
- Dropkin V (1969) The necrotic reaction of tomato and other plants resistant to *Meloidogyne* reversed by temperature. Phytopathology 59:1632-1637.
- Fassuliotis G (1979) Plant breeding for root knot nematode resistance. Pp: 425-453. In: Lamberti FI Taylor CE (eds.). Root-knot nematodes (*Meloidogne* species). Systemic, Biology and Control. Academic Press. New York, USA.
- Ferris H (1978) Development of nematode damage functions and economic thresholds using *Meloidogyne incognita* on tomatoes and sweet potatoes. Journal of Nematology, 10:286-287.
- Gilbert JC, McGuire DC (1956) Inheritance of resistance to severe root-knot from *Meloidogyne incognita* in commercial type tomatoes. Proceeding American Society of Horticultural Science 68:437-442.
- Hussey RS, Jansen GS (2002) Root-knot Nematodes: *Meloidogyne* species. Pp. 69-76. In: Starr JL. Plant Resistance to Parasitic Nematodes. CAB International.

- Jaiteh F, Kwoseh C, Akromah R (2012) Evaluation of tomato genotypes for resistance to root-knot nematodes. *African Crop Science Journal* 20:41-49.
- Lizardo RM, Pinili M, Genaleen M, Cumagun CR (2022) Screening for resistance in selected tomato varieties against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in the philippines using a molecular marker and biochemical analysis. *Plants* 10:1-10.
- Oostenbrink M (1966) Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool* 66:46-46.
- Reddy YS, Sellaperumal C, Prasanna HC, Yadav A, Kashyap SP, Singh S, Rai N, Singh M, Singh B (2016) Screening of tomato genotypes against root-knot nematode and validation of *Mi1* gene linked markers. *Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. Wallingford, UK: CAB International. Pp. 23–41
- Smith PG (1944) Embryo culture of a tomato species hybrid. *Proceeding of American Society of Horticultural Sciences* 44:413-416.
- Taylor AL (1967) Introduction to research on plant nematology. An FAO guide to the study and control of plant-parasitic nematodes. Roma, Italy, 133p.
- Taylor AL, Sasser JN (1978) Biology, identification and control of root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. Raleigh. North Carolina State University Graphics. 111p.