

واکنش هشت رقم گوجه‌فرنگی به نماتد مولد گره ریشه *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه

کیومرث میره‌کی^۱، محمد عبدالهی^{۲*} و اشکبوس دهداری^۳
۱، ۲، ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار دانشگاه یاسوج
(تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۱۸ - تاریخ تصویب: ۹۲/۱۱/۱۶)

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی واکنش هفت رقم گلخانه‌ای اصلاح‌شده گوجه‌فرنگی موجود در بازار شامل دو رقم از انگلستان (GH1 و GH12)، دو رقم از تایلند (Ajeet و Karina)، سه رقم از هندوستان (Cluster5 و Tolstoi، Manisha) و رقم بومی مزرعه‌ای در توم (که به میزان چشمگیری در استان کهگیلویه و بویراحمد کشت می‌گردد)، در برابر نماتد ریشه گره‌ی، *M. javanica* در شرایط گلخانه صورت گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور رقم گوجه‌فرنگی و تلقیح به نماتد در قالب طرح کاملاً تصادفی در پنج تکرار انجام گرفت. به ازای هر کیلوگرم خاک، گیاهچه‌های ۶ برگی گوجه‌فرنگی با ۲۰۰۰ لارو سن دوم نماتد *M. javanica* مایه‌زنی شدند. هشت هفته پس از مایه‌زنی، صفات رویشی رقم‌های تحت آزمایش گوجه‌فرنگی (طول ساقه و ریشه، وزن تر و خشک ساقه و ریشه) و صفات تولیدمثلی نماتد (تعداد گره، تعداد تخم و تعداد کیسه تخم در گرم و کل ریشه، تعداد لارو در گرم و کل خاک، جمعیت نهایی نماتد و ضریب تکثیر نماتد) ارزیابی شدند. نتایج نشان داد که رقم‌های تحت بررسی درجات مختلفی از حساسیت در برابر این نماتد دارند. در صفات رویشی، رقم‌های GH12، Ajeet، Manisha و Karina نسبت به بقیه رقم‌ها دارای تفاوت معناداری در سطح یک درصد بوده و کمترین تأثیرپذیری را از آلودگی به نماتد از خود نشان دادند. از طرف دیگر، رقم بومی و Tolstoi از نظر صفات رویشی به عنوان رقم‌های حساس شناخته شدند. از لحاظ صفات تکثیری نماتد، رقم‌های GH12 و Ajeet با شاخص گره ۲ و فاکتور تولیدمثلی کمتر از یک به عنوان رقم‌های نیمه‌مقاوم، رقم‌های Manisha و GH1 به لحاظ شاخص گره ۲ و فاکتور تولیدمثلی بیشتر از یک به عنوان رقم‌های متحمل و رقم‌های Karina، Tolstoi، Cluster5 و رقم بومی به لحاظ شاخص گره ۴ و فاکتور تولیدمثلی بیشتر از یک، به عنوان رقم‌های حساس مشخص گردیدند.

واژه‌های کلیدی: گوجه‌فرنگی، مقاومت، مقایسه رقم‌ها، نماتد ریشه‌گرهی،

M. javanica Lycopersicon esculentum

مقدمه

توجه به مصرف بالای میوه گوجه‌فرنگی به صورت تازه‌خوری و همچنین فراوری‌شده، می‌توان آن را یک محصول استراتژیک در کشاورزی مدرن تلقی کرد (Behnamian & Masiha, 2002). در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹، سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی در ایران ۱۵۴۱۵۰ هکتار و در استان کهگیلویه و بویراحمد ۸۷۴ هکتار و

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Lycopersicon esculentum* از محصولات مهم کشاورزی در جهان به‌شمار می‌رود. به دلیل بالا بودن ارزش غذایی و همچنین ارزش اقتصادی گوجه‌فرنگی در خانواده بادنجانیان، این گیاه بعد از سیب‌زمینی در رتبه دوم اهمیت قرار گرفته است. با

میزان تولید به ترتیب ۵۵۶۵۲۰۹ و ۱۸۸۱۴/۶ تن بوده است (Anonymous, 2013). نماتدهای ریشه‌گرهی جنس *Meloidogyne* یکی از مهم‌ترین محدودیت‌های کشت گوجه‌فرنگی محسوب می‌گردند و سالانه خسارت‌های چشمگیری به این محصول وارد می‌کنند. این نماتدها پراکنش جهانی دارند، انگل اجباری‌اند و دامنه‌ی میزبانی وسیعی شامل سبزیجات، گیاهان زراعی و حتی برخی درختان دارند و بیش از ۳۰۰۰ گونه‌ی گیاهی اهلی و وحشی را شامل می‌شوند (Lamberti et al., 2004).

روش‌ها و استراتژی‌های متعددی برای کنترل این بیمارگر به کار گرفته شده که بیشتر آنها با موفقیت همراه نبوده است. مبارزه‌ی شیمیایی به عنوان رایج‌ترین روش مبارزه با این نماتد مطرح است که علاوه بر خطرات بسیاری که برای کشاورزان و مصرف‌کنندگان در بر دارد، موجبات آلودگی‌های زیست‌محیطی را نیز فراهم می‌آورد. امروزه توجه ویژه‌ای به کاهش مصرف سموم و کشاورزی ارگانیک معطوف شده است که در این بین، استفاده از رقم‌های مقاوم به نماتدهای انگل گیاهی، به عنوان یکی از مؤلفه‌های مهم مدیریت تلفیقی، جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده است. در همین رابطه، در روش‌های جدید مدیریت آفات و بیماری‌ها، توجه زیادی به شناسایی ژن‌های دخیل در مقاومت شده است (Barker et al., 2006). بر اساس نظر Netscher & Mauboussin (1973)، کاربرد رقم‌های مقاوم به تنهایی و یا به صورت تلفیقی با دیگر روش‌های مدیریتی، در وضعیت اکولوژیکی و شرایط محیطی مناسب اثرات مثبتی بر کنترل نماتد ریشه‌گرهی دارد. در برنامه‌ی مدیریتی نماتدها، رقم‌های مقاوم مانع تکثیر و تولیدمثل نماتد می‌شود، طول دوره‌ی تناوب زراعی با گیاهان کم‌ارزش کاهش می‌یابد، خطر سموم باقی‌مانده در محیط و زنجیره‌ی غذایی کم می‌شود، و همچنین نیاز به تجهیزات و تکنولوژی‌های ویژه به حداقل می‌رسد (Nasr & Ahmadi, 2003; Esfahani & Ahmadi, 2003).

اصطلاح مقاومت برای بیان میزان توانایی گیاه در جلوگیری از تکامل نماتد یا کاهش نرخ تولیدمثل آن به کار رفته است (Roberts, 2002). بر این اساس، دامنه‌ای از مقاومت کم تا نیمه مقاوم و خیلی مقاوم

تعریف شده است. در گیاهان با مقاومت کامل، نماتد به کلی تولیدمثل نمی‌کند، یا به مقدار بسیار ناچیز تولیدمثل دارد و در گیاهان با مقاومت نسبی (نیمه مقاوم) تولیدمثل نیز حالت میانه دارد. در گیاهان حساس توانایی مقابله با تکامل نماتد وجود ندارد و تولیدمثل به طور عادی صورت می‌پذیرد. مقاومت به نماتد ریشه‌گرهی اولین بار توسط Bailey (1941) در گونه‌ی وحشی *L. peruvianum* مشاهده شد. Smith (1944) موفق به انتقال این مقاومت به گونه‌ی زراعی *L. esculentum* گردید و پس از آن تحقیقات مختلفی در سراسر جهان انجام گرفت. Sharma et al. (2004) واکنش رقم‌های گوجه‌فرنگی را به نژاد ۱ نماتد *M. incognita* ارزیابی کردند. Karajeh et al. (2005) بیماری‌زایی نماتد ریشه‌گرهی را روی رقم‌های گوجه‌فرنگی دارای ژن مقاوم Mi بررسی کردند. Khan et al. (2000) در آزمایشی گلخانه‌ای، واکنش ۱۵ رقم گوجه‌فرنگی را در برابر نژاد ۳ از *M. incognita* ارزیابی کردند. در ایران، Akhiani et al. (1984) مطالعه‌ای را جهت شناسایی گونه‌ها و نژادهای نماتد ریشه‌گرهی انجام دادند. در آزمایش‌های Jimenez (1985) به منظور ارزیابی مقاومت، ۵ رقم گوجه‌فرنگی با یکدیگر مقایسه شدند. Ahmadi & Mortazavi Bak (2005) در آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای، ۲۰ رقم گوجه‌فرنگی را در برابر نماتد *M. javanica* ارزیابی کردند که تنها دو رقم ۱۰۹ و ۱۳۶ به عنوان متحمل شناخته شدند. در تحقیق دیگری، Moslehi et al. (2010) واکنش چهار رقم گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای شامل Super Strain B، Super Chief، Mobil و Royal و دو رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1 و Polaris را در برابر گونه‌ی *M. javanica* بررسی کردند. نتایج نشان داد که رقم مزرعه‌ای Super Chief بالاترین آلودگی را داشت. رقم گلخانه‌ای Polaris به عنوان رقم نسبتاً متحمل و رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1 به عنوان رقم نسبتاً مقاوم ارزیابی گردید. با وجود سطح زیر کشت چشمگیر ۱۵۴۱۵۰ هکتاری گوجه‌فرنگی در ایران و ۸۷۴ هکتاری در استان کهگیلویه و بویراحمد (Anonymous, 2013) و بالا بودن خسارت این نماتد در مزارع و گلخانه‌های این محصول در استان (personal communication, September 2011)، مطالعه‌ی جامعی

کشت رقم‌ها

بذور رقم‌های تحت آزمایش در بستر مناسب شامل مخلوطی از نسبت مساوی حجمی ماسه، خاک‌برگ و خاک مزرعه‌سترون در لیوان‌های نشا کشت داده شدند. پس از ۴ هفته، نشاهای شش برگی به گلدان‌های ۱ کیلویی انتقال داده شدند. سه روز پس از انتقال نشاها، مایه‌زنی با ۲۰۰۰ لارو سن دوم نماتد *M. javanica* صورت پذیرفت و گلدان‌ها در شرایط محیطی یکسان در محیط گلخانه در دمای ثابت تقریبی ۲۸ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ درصد قرار داده شدند و هر ۴۸ ساعت یک بار آبیاری انجام گرفت (Hosseinejad & Vajedkhan, 2000).

ارزیابی نهایی

هشت هفته پس از تلقیح، بوته‌ها به آرامی از خاک خارج شدند و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه، طول ساقه و ریشه، تعداد گال در گرم و کل ریشه، تعداد کیسه تخم و تخم در گرم و کل ریشه، شاخص گره و کیسه تخم، تعداد لاروهای موجود در یک گرم خاک و همچنین فاکتور تولیدمثل ارزیابی شد. برای ارزیابی شاخص‌های رشدی رقم‌های گوجه‌فرنگی (وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و ریشه و طول آنها) از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. برای به دست آوردن وزن خشک اندام‌های گیاهی، پس از اندازه‌گیری وزن تر، اندام‌های هوایی به مدت ۴۸ ساعت و ریشه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. از روش Taylor & Sasser (1978) برای تعیین شاخص گره و کیسه تخم و از فرمول $RF = Pf/Pi$ (Oostenbrink, 1966) برای محاسبه فاکتور تولیدمثل و گروه‌بندی ارقام استفاده شد (Canto-saenz, 1983). بر این اساس، اگر فاکتور تولیدمثل کمتر یا برابر یک و شاخص گال کوچک‌تر یا مساوی ۲ بود، مقاوم در نظر گرفته شد؛ اگر فاکتور تولیدمثل کمتر یا برابر یک و شاخص گال بیشتر از ۲ بود، نیمه‌مقاوم دانسته شد؛ اگر فاکتور تولیدمثل بیشتر از یک و شاخص گال کوچک‌تر یا مساوی ۲ بود، متحمل در نظر گرفته شد؛ و اگر فاکتور تولیدمثل بیشتر از یک و شاخص گال بیشتر از ۲ بود، حساس در نظر گرفته شد. تعداد گال‌ها و کیسه‌های تخم با روش رنگ‌آمیزی با محلول Eosin B تعیین شد.

به منظور بررسی روش‌های مطلوب مبارزه با این نماتد و نیز تفکیک رقم‌ها بر اساس حساسیت و مقاومت صورت نگرفته است. هدف اصلی از انجام این بررسی، تعیین رقم یا رقم‌های مقاوم و یا متحمل به این نماتد بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور: ۱. رقم گوجه‌فرنگی موجود در بازار شامل هفت رقم گلخانه‌ای اصلاح شده از انگلستان (GH1 و GH12)، تایلند (Ajeet و Karina)، هندوستان (Tolstoi, Manisha) و Cluster5) و یک رقم بومی مزرعه‌ای در توم (که در استان کهگیلویه و بویراحمد کشت می‌گردد) ۲. تلقیح به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* یا عدم تلقیح در قالب طرح کاملاً تصادفی، در پنج تکرار انجام گرفت.

خالص‌سازی، شناسایی و تکثیر گونه نماتد

نماتد از ریشه‌های گوجه‌فرنگی یک گلخانه به شدت آلوده از منطقه مختار بویراحمد جمع‌آوری و با استفاده از تک‌کیسه تخم نماتد ماده، اینوکولوم خالص اولیه تهیه شد و سپس با چند دوره متوالی انتقال نشا، رقم حساس Red cloud به خاک آلوده به میزان کافی تکثیر شد. جهت تهیه مایه تلقیح لازم، ریشه آلوده با جریان ملایم آب شست‌وشو شد و به قطعات ۲ سانتی‌متری تقسیم گردید و در مخلوط‌کن حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۵ میلی‌لیتر هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ ریخته شد و به مدت ۳۰ ثانیه مخلوط گردید. سپس، سوسپانسیون به دست‌آمده دو بار با آب مقطر بر روی الک ۳۲۵ مش شست‌وشو داده شد.

جهت تعیین غلظت و شمارش تعداد تخم و لارو، با هم زدن و یکنواخت کردن سوسپانسیون نماتد، سه مرتبه به مقدار یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون در ظرف شمارش ریخته شد و سپس با استفاده از بینوکولر تعداد لارو و تخم نماتد شمارش گردید (Hussey & Barker, 1973). با تهیه اسلاید از انتهای بدن نماتد بالغ ماده و مشاهده نقوش ناحیه پیرامون مخرج و با استناد به الگوی Sasser & Carter (1982)، مربوط به شناسایی گونه‌های جنس *Meloidogyne* و همچنین با استفاده از نشانگرهای مولکولی اختصاصی ar, inc و jav گونه موجود شناسایی گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه اطلاعات مربوط به صفات رویشی گیاه تجزیه واریانس صفات مربوط به اندام‌های رویشی رقم‌های گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در جدول ۱ و مقایسه میانگین آن در جدول ۲ آورده شده است. بر این اساس، اثر تلقیح، رقم و اثر تلقیح در رقم برای تمامی صفات به جز وزن تر ریشه که در آن اثر تلقیح معنادار نبود، در سطح یک درصد معنادار شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌های این آزمایش و مقایسه داده‌ها در تیمارهای تلقیح‌شده و تلقیح‌نشده هر رقم و بررسی میزان افت شاخص‌های رشدی به واسطه تلقیح، نشان داد که رقم‌های تحت بررسی در این آزمایش، به لحاظ ویژگی‌های رویشی گیاه، در برابر نماتد ریشه‌گرهی دارای درجات مختلفی از حساسیت‌اند، به طوری که تمام صفات رویشی تحت ارزیابی گیاه تحت تأثیر قرار گرفته است و هیچ‌کدام از رقم‌ها در تراکم جمعیت ۲۰۰۰ لارو نماتد مقاومت کاملی در برابر نماتد ریشه‌گرهی نشان نمی‌دهند.

در این روش ریشه در محلول ۰/۴۵ درصد Eosin B قرار داده شد. بعد از یک ساعت، سه بار متوالی و هر بار به مدت یک دقیقه، ریشه با آب مقطر شست‌وشو داده شد. با تغییر رنگ گال‌ها به رنگ آبی و قهوه‌ای شدن کیسه‌های تخم، شمارش تعداد کیسه تخم و گال‌ها انجام گرفت (Holbrook et al., 1983).

برای استخراج تخم و لاروهای سن دوم از خاک، از روش الک و سانتریفیوژ (Cavans & Jepson, 1955) استفاده شد.

مقدار ۲۵۰ گرم خاک از هر گلدان برداشته شد و پس از سانتریفیوژ و به‌دست‌آمدن سوسپانسیون نماتد، شمارش تخم‌ها و لاروهای سن دوم آغاز گردید. برای شمارش تعداد تخم‌های ریشه، توده‌های تخم هر گرم ریشه جدا شد و سپس تخم‌ها شمارش شدند. تعداد کل کیسه‌های تخم، تخم‌ها و لاروهای سن دوم محاسبه و با تقسیم بر جمعیت اولیه، فاکتور تولیدمثل تعیین شد. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها و آزمون توکی با استفاده از نرم‌افزار SPSS 20 انجام گرفت.

جدول ۱. تجزیه واریانس ویژگی‌های رشدی رقم‌های گوجه‌فرنگی آلوده‌شده به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	طول ریشه	وزن خشک ساقه	وزن تر ساقه	طول ساقه		
۱/۵۲**	۰/۱۰ ^{ns}	۳۹/۱۱**	۰/۶۳**	۵/۹۹**	۱۴۰/۴۳**	۱	تلقیح
۰/۴۰**	۷/۸۴**	۱۷/۰۲**	۲/۳۱**	۴۲/۲۰**	۴۵۰/۵۲**	۷	رقم گیاهی
۰/۱۲**	۲/۹۹**	۳۸/۷۹**	۱/۴۴**	۳۵/۹۸**	۱۴۲/۲۹**	۷	تلقیح × رقم گیاهی
۰/۰۰۲	۰/۰۲	۰/۶۸	۰/۰۴	۰/۲۱	۱/۳۶	۶۴	خطا
۵۶/۹۰	۳۹/۰۲	۱۶/۴۰	۳۱/۲۷	۳۱/۷۹	۲۶/۰۴	-	ضریب تغییرات

^{ns} و ^{**} به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال یک درصداند.

Karina دارای بیشترین وزن خشک ساقه بوده و اختلاف معناداری با رقم‌های بومی، GH1 و Tolstoi داشتند. اثر رقم و اثر تلقیح در رقم برای طول و وزن خشک ریشه در سطح یک درصد در بین رقم‌های تحت آزمایش معنادار شد. بر اساس جدول مقایسه میانگین، بیشترین طول ریشه در تیمار آلوده به نماتد ریشه‌گرهی به ترتیب مربوط به رقم‌های GH1، GH12 و Karina است، اما در مورد وزن خشک ریشه کمترین تأثیرپذیری در رقم‌های Manisha و Karina است و بیشترین تأثیرپذیری در رقم‌های GH1 و بومی مشاهده می‌شود.

جدول مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد که در تیمارهای تلقیح‌شده بیشترین طول و وزن تر ساقه به ترتیب متعلق به رقم‌های Ajeet، Manisha و GH12 است که با بقیه رقم‌ها در سطح یک درصد تفاوت معناداری دارند. در این خصوص، کمترین طول و وزن تر ساقه مربوط به رقم بومی و رقم Cluster5 است. مقایسه میانگین مربوط به وزن خشک ساقه در مقایسه با میانگین مربوط به وزن تر ساقه اختلاف چندانی در گروه‌بندی رقم‌ها نشان نداده است. به طوری که در تیمارهای آلوده به نماتد، رقم‌های Ajeet، Manisha و

تیمار بدون آلودگی به نماتد، در رقم‌های Karina و GH1 نیز حالت مشابهی وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که در رقم‌های آسیب‌پذیرتر نماتد باعث تأخیر در گل‌دهی می‌شود و در رقم‌های مقاوم نماتد تأثیری در زمان گل‌دهی ندارد.

با توجه به برخی مطالعات، یکی از آثار این نماتد در گوجه‌فرنگی، ایجاد تأخیر در گل‌دهی است (Udo 2008). اگر چه گل‌دهی و میزان میوه‌دهی از صفات تحت بررسی در تحقیق حاضر نبود، مشاهده شد که گل‌دهی در رقم‌های GH12، Ajeet و Manisha آلوده به نماتد، نسبت به دیگر رقم‌ها زودتر شروع شده و در

جدول ۲. مقایسه میانگین ویژگی‌های رشدی رقم‌های گوجه‌فرنگی آلوده‌شده به نماتد ریشه‌گره‌ی *M. javanica*

فاکتورهای رشدی گیاه							تیمارها
وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	طول ریشه	وزن خشک ساقه	وزن تر ساقه	طول ساقه	وضعیت تلقیح	رقم
۰/۵ fg	۱/۹۳h	fg۱۶/۶۷	۱/۹۲ bcdefg	۱۰/۶۰ fg	۳۸/۳۳ e	تلقیح نشده	GH1
۰/۲۴ jk	۲/۰۹ h	۲۰/۰۷ bcd	۱ ij	۸/۱۷ hi	۳۳/۶۷ g	تلقیح شده	GH12
۰/۶۳ def	۲/۸۷ ef	۱۸/۶۳ bcde	۲/۲۹ b-e	۱۰/۹۰ ef	۴۳/۵۰ d	تلقیح نشده	Cluster5
۰/۴۱ ghi	۳/۴۰ d	۲۰/۳۰ bcd	۲/۳۲ bcde	۱۲/۴۴ cd	۴۵/۰۷ cd	تلقیح شده	Ajeet
۰/۳۶ hij	۲/۳۵ gh	۲۷/۵۳ a	۲/۳۹ bcd	۱۲/۱۰ de	۳۶/۰۷ fg	تلقیح نشده	Karina
۰/۳۴ ij	۲/۳۷ gh	۱۸/۰۳ cdefg	۱/۷۷ efg	۹/۲۷ gh	۲۴/۴۷ i	تلقیح شده	Manisha
۰/۸۰ c	۳/۹۳ c	۱۹/۱۵ b-f	۲/۲۵ c-f	۱۰/۸۳ ef	۳۷/۱۷ ef	تلقیح نشده	Tolstoi
۰/۵۰ fg	۳/۴۰ d	۱۷/۸۳ defg	۲/۵۵ bc	۱۳/۰۹ cd	۴۶/۶۷ bcd	تلقیح شده	بومی
۰/۷۲ cd	۲/۹۸ def	۱۶/۰۵ g	۱/۷۰ f-h	۹/۳۸ gh	۲۷/۳۳ hi	تلقیح نشده	
۰/۵۶ efg	۴/۷۳ b	۲۰/۸۳ b	۳/۱۹ a	۱۵/۵۹ b	۳۲/۰۳ g	تلقیح شده	
۱/۴۲ a	۴/۸۰ b	۱۹/۳۳ bcde	۲/۵۲ bc	۱۳/۵۷ c	۴۸ abc	تلقیح نشده	
۰/۶۹ cde	۶/۱۹ a	۱۷/۲۸ efg	۲/۸۴ ab	۱۵/۹ b	۴۹/۷۲ ab	تلقیح شده	
۱/۱۷ b	۴/۴۸ b	۲۰/۹۷ b	۳/۱۵ a	۱۸/۱۲ a	۵۱ a	تلقیح نشده	
۰/۳۲ ij	۲/۵۹ fg	۱۳/۲۱ h	۱/۴۰ ghi	۸/۱۹ hi	۳۰/۵۸ gh	تلقیح شده	
۰/۴۴ ghi	۳/۲۷ de	۲۰/۳۳ bc	۱/۱۵ hi	۶/۸۸ i	۲۷/۱۷ hi	تلقیح نشده	
۰/۱۰ k	۱/۰۸ i	۱۶/۶۷ fg	۰/۴۵ j	۴/۰۷ j	۱۹ j	تلقیح شده	
۰/۱۲	۰/۳۹	۲/۲۹	۰/۵۶	۱/۲۸	۳/۲۵	-	LSD 5%
۰/۱۵	۰/۴۷	۲/۷۴	۰/۶۷	۱/۵۲	۳/۸۸	-	LSD 1%

طول به سانتی‌متر و وزن به گرم

حروف مشابه لاتین در هر ستون، نشان‌دهنده نبود تفاوت معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد است.

گردید که با توجه به سیستم Canto-saenz (1983)، از آنجا که این رقم‌ها دارای شاخص گره ۲ بودند، رقم‌های GH12 و Ajeet به لحاظ شاخص تولیدمثل کمتر از یک به عنوان رقم‌های نیمه‌مقاوم و رقم‌های Manisha و GH1 به لحاظ شاخص تولیدمثل بیشتر از یک به عنوان رقم‌های متحمل در نظر گرفته شدند. از طرف دیگر، رقم‌های Cluster5، Karina، Tolstoi و بومی به لحاظ شاخص گره ۴ و شاخص تولیدمثل بیشتر از یک حساس تلقی می‌شوند.

درباره شاخص کیسه تخم، وضعیت این رقم‌ها متفاوت بود. به طوری که رقم‌های Karina، Cluster5، Tolstoi و بومی همگی شاخص کیسه تخم ۳ دارند. رقم‌های Manisha و GH1 شاخص کیسه تخم ۲ دارند و رقم Ajeet شاخص یک کیسه تخم دارد که رقم اخیر با

نتایج تجزیه اطلاعات مربوط به صفات تکثیری نماتد نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تولیدمثل نماتد و مقایسه میانگین آنها در جدول‌های ۳ و ۴ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در میان رقم‌های گوجه‌فرنگی تحت آزمایش تفاوت آماری معناداری در سطح یک درصد وجود دارد. نتایج بررسی عکس‌العمل رقم‌ها در ارتباط با تعداد گره و کیسه تخم در هر گرم از ریشه، با ویژگی‌های رویشی گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مطابقت دارد. به این صورت که در رقم‌هایی که طول، وزن تر و خشک اندام رویشی آنها کمتر تحت تأثیر نماتد قرار گرفته بودند، کمترین تعداد گره و کیسه تخم مشاهده شد. در رابطه با صفات مربوط به تولیدمثل نماتد، کمترین تولید گال در هر گرم از ریشه در رقم‌های GH1، GH12، Ajeet و Manisha مشاهده

شاخص گال ۲ و فاکتور تولیدمثل کمتر از یک در زمره رقم نیمه‌مقاوم قرار گرفته است.

جدول ۳. تجزیه واریانس ویژگی‌های مرتبط با نماتد در خاک/ ریشه رقم‌های گوجه‌فرنگی آلوده‌شده به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گال در گرم ریشه	تعداد توده تخم در گرم ریشه	تعداد لارو سن ۲ در گرم خاک	تعداد تخم در گرم ریشه	فاکتور تولیدمثل
تلقیح	۱	۱۶۱۳۱/۸۷**	۱۵۵۸/۸۴**	۲۱/۹۳**	۱۱۳۶۲۱۴۴۵**	۳۲۳/۶۵**
رقم گیاهی	۷	۷۶۴/۰۹**	۶۴/۸۳**	۰/۳۹**	۶۰۸۱۶۶۷/۱۴**	۱۴/۷۵**
تلقیح × رقم گیاهی	۷	۷۶۴/۰۹**	۶۴/۸۳**	۰/۳۹**	۶۰۸۱۶۶۷/۱۴**	۱۴/۷۵**
خطا	۶۴	۲/۱۰	۰/۱۸	۰/۰۰۲	۱۱۱۴۲/۵۰	۰/۰۴۵
/ضریب تغییرات	-	۵۹/۰۰	۵۵/۲۶	۳۶/۴۰	۳۳/۳۴	۴۳/۵۰

ns و ** به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال یک درصد

جدول ۴. مقایسه میانگین ویژگی‌های مرتبط با نماتد در خاک/ ریشه رقم‌های گوجه‌فرنگی آلوده‌شده به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica*

صفات مرتبط با نماتد در هر گرم خاک/ریشه						
رقم‌ها	تعداد گال در گرم ریشه	تعداد توده تخم در گرم ریشه	تعداد لارو سن ۲ در گرم خاک	تعداد تخم در گرم ریشه	جمعیت نهایی	فاکتور تولیدمثل
GH1	۲۵/۲۳ c	۱۹/۶۰ a	۲/۰۹ a	۴۰۲۴ b	۱۰۵۶۵ d	۵/۲۸d
GH 12	۸/۰۷ d	۲/۵۳ e	۱/۸۲ b	۱۵۳ h	۱۸۰۷ g	۰/۹۰g
Cluster5	۵۹/۲۸ a	۱۹/۳۶ a	۱/۳۵ c	۴۳۴۰ a	۱۱۶۳۵ c	۵/۸۲c
Ajeet	۷/۲۶ d	۲/۶۶ e	۰/۹۶ d	۳۰۱ g	۱۹۹۰ g	۰/۹۹g
Karina	۴۶ b	۱۰/۳۳ d	۱/۴۲ c	۲۳۰۴ e	۱۲۳۹۰ b	۶/۲۰b
Manisha	۲۷/۹۰ c	۹/۳۷ d	۱/۶۸ b	۲۰۰۸ f	۱۴۱۸۰ a	۷/۰۹a
Tolstoi	۶۱/۵۳ a	۱۲/۸۴ c	۰/۷۸ e	۲۵۴۲ d	۷۴۱۰ e	۳/۷۱e
بومی	۵۸/۰۸ a	۱۴/۴۸ b	۰/۶۷ e	۳۳۹۶ c	۴۳۸۰ f	۲/۱۹f
LSD 5%	۴/۰۳	۱/۱۸	۰/۱۵	۲۱۹/۵۱	۸۲۲	۰/۴۴
LSD 1%	۴/۸۲	۱/۴۱	۰/۱۸	۲۵۷/۲۸	۱۰۲۳۳/۷۴	۰/۵۲

حروف مشابه لاتین نشان‌دهنده نبود تفاوت معنادار بین تیمارها در سطح ۵ درصد

(2004) با ارزیابی واکنش رقم‌های گوجه‌فرنگی به نژاد ۱ نماتد *M. incognita* اعلام کردند که رقم‌های با شاخص گال بین ۱ و ۱/۱۶ دارای مقاومت متوسط و رقم‌های با شاخص گال ۲/۵ حساس‌اند. Kamalwanshi et al. (2004) ژرم‌پلاسم‌های با شاخص گال ۲ را مقاوم، ژرم‌پلاسم‌های با شاخص گال ۳ را با مقاومت متوسط و ژرم‌پلاسم‌های با شاخص گال ۴-۵ را حساس تا خیلی حساس گزارش کردند. Ahmad et al. (1992) گزارش دادند که روی سیستم ریشه اکثر رقم‌های تلقیح‌شده به نماتد *M. incognita* گال‌هایی به اندازه‌های مختلف ایجاد می‌گردد که باعث کاهش وزن خشک ریشه می‌شود.

Nono-Womdin et al. (2002) مطالعه‌ای درباره عکس‌العمل هشت رقم اصلاح‌شده در برابر نژاد ۱ و ۲ نماتد *M. incognita*، *M. javanica* و *M. hapla* انجام دادند. بر اساس نتایج آزمایش ایشان، رقم‌های ARP 365-2، 367-1 و 367-2 به نژاد ۱-۲ نماتد *M. incognita* و *M. javanica* مقاومت نشان دادند ولی هر هشت رقم در برابر *M. hapla* حساس بودند.

بر اساس جدول مقایسه میانگین‌ها، بیشترین فاکتور تولیدمثل به ترتیب در رقم‌های Karina، Manisha و Cluster5 و کمترین فاکتور تولیدمثل به ترتیب در رقم‌های GH12، Ajeet و بومی مشاهده شد. در این زمینه، بین شاخص گال و فاکتور تولیدمثل در رقم‌های Karina و Cluster5 تناسب وجود دارد. این تناسب درباره GH12 و Ajeet نیز مشاهده می‌شود. در رقم‌های حساس که شاخص گال در آنها ۴ است، فاکتور تولیدمثل نیز از یک بیشتر است؛ ولی در رقم‌هایی که شاخص گال ۲ دارند، فاکتور تولیدمثل الزاماً از یک کمتر نیست و همین مرز، باعث تفکیک رقم‌های متحمل از نیمه‌مقاوم شده است (Canto-saenz, 1983). در یک تحقیق نتایج مطالعات گلخانه‌ای نشان داد که بین رقم‌های گوجه‌فرنگی تحت بررسی که حساس و مقاوم بودن آنها قبلاً تأیید گردیده و رقم‌های مقاوم دارای ژن Mi بودند، در مجموع رقم‌های حساس به‌طور معناداری تعداد بیشتری کیسه تخم در ریشه داشتند، اما فاکتور تولیدمثل در بین رقم‌های مقاوم و حساس تفاوت معناداری نداشت (Ornat et al., 2004). Sharma et al.

برای شرایط مزرعه و گلخانه در کاشت تجاری، به آزمایش‌های تکمیلی دیگری نیاز خواهد بود.

سپاسگزاری

این پژوهش به عنوان بخشی از پایان‌نامه نگارنده اول تحت راهنمایی نگارنده دوم و مشاوره نگارنده سوم در دانشگاه یاسوج انجام گرفته است که از حمایت مسئولان محترم دانشگاه سپاسگزاری می‌شود. از بررسی‌کنندگان مقاله که با دقت موارد ضروری را خاطر نشان کردند و بهبود مقاله را سبب شدند، بسیار سپاسگزاریم.

در تحقیق حاضر، با مقایسه هشت رقم گوجه‌فرنگی و با استناد به صفات رشدی رقم‌ها و صفات تولیدمثلی نماتد، مشاهده گردید که رقم بومی و رقم‌های Cluster5، Karina و Tolstoi نسبت به آلودگی به نماتد حساس هستند که رقم‌های Tolstoi و بومی با بیشترین افت در شاخص‌های رشدی از یک طرف و بالاترین شاخص گال از طرف دیگر، بیشترین حساسیت را داشتند. در رقم Karina نیز ریشه‌ها آلودگی زیادی را در مقایسه با رقم‌های Manisha، Ajeet، GH12 و GH1 نشان دادند ولی صفات رشدی گیاه کمتر تحت تأثیر قرار گرفت. بدیهی است برای توصیه هر یک از این رقم‌ها

REFERENCES

- Ahmad, R., Khan, M. A., Sahi, S. T. & Dogar, M. A. (1992). Reaction and development of selected tomato cultivars against root-knot nematode (*M. javanica*). *Pakistan Journal of Phytopathology*, 4(1), 37-40.
- Ahmadi, A. & Mortazavi Bak, A. (2005). The reaction of some tomato cultivars against root-knot nematode. *Journal of Plant Disease*, 41, 403-414. (In Farsi).
- Akhiani, A., Mojtahedi, H. & Naderi, A. (1984). Species and physiological races of root-knot nematodes in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 20(1,4), 57-70. (In Farsi).
- Anonymous. (2013). *Annual Agricultural Statistics*. Ministry of Jihad-e-Agriculture of Iran.
- Bailey, D. M. (1941). The seedling for root knot nematode resistance. In: *Proceeding of American Society of Horticultural Science*, 38, 573-575.
- Barker, C. L., Talbot, S. J., Jones, J. D. G. & Jones, D. A. (2006) A tomato mutant that shows stunting, wilting, progressive necrosis and constitutive expression of defence genes contains a recombinant Hcr9 gene encoding an autoactive protein. *The Plant Journal*, 46(3), 369-384
- Behnamian, M. & Masiha, S. (2002). *Tomato (Lycopersicon esculentum)*. Setoudeh Publication, Tabriz, Iran. 110p. (In Farsi).
- Canto-saenz, M. (1983). The nature of resistance to *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. In: C.C. Carter (Ed.). In: *Proceedings of the third research & planning conference on root-knot nematodes, Meloidogyne spp. International Meloidogyne Project*. Lima, Peru. pp. 160-165.
- Caveness, F. E. & Jepsen, H. J. (1955). Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. In: *Proceeding of the Helminthological Society of Washington*, 22, 87-89.
- Holbrook, C. C., Knauft, D. A. & Dickson, D. W. (1983). A technique for screening peanut for resistance to *Meloidogyne arenaria*. *Plant Disease*, 67, 957-958.
- Hosseininejad, E. & Vajedkhan, M. (2000). Interactions of Root-Knot nematode *Meloidogyne javanica* (Race1) and wilt fungus, *Fusarium oxysporium* f.sp. *ciceri* on pea varieties. *Plant Pests and Diseases*, 68(1,2), 1-12.
- Hussey, R. S. & Barker, K. R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57, 1025-1028.
- Jimenez, M. (1985). *Screening for resistance to Meloidogyne spp. in five cultivars of tomato (Lycopersicon esculentum Mill.)*. IDESIA, 9, 15-20.
- Karajeh, M., Abu-Gharbieh, W. & Sameer, M. (2005). Virulence of root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., on tomato bearing the Mi gene for resistance. *Phytopathologia Mediterranea*, 44, 24-28.
- Kamalwanshi, R. S., Khan, A. & Srivastava, A. S. (2004). Reaction of tomato germplasm against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Indian Journal of Nematology*, 34(1), 94-95.
- Khan, H.U., Waqar, A., Riaz, A. & Khan, M. A. (2000). Evaluation of resistance in 15 tomato cultivars against the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Pakistan Journal of Phytopathology*, 12, 50-52.
- Lamberti, F., Ekanayake, H. M. & Zacheo, F. (2004). Reaction of six tomato cultivars to two Sri Lanka populations of *Meloidogyne* spp. *Pakistan Journal of Nematology*, 1(1), 43-48.

18. Moslehi, S., Niknam, G. R. & Ahari Zad, S. (2010). A study on the reaction of six tomato cultivars against root-knot nematode *Meloidogyne javanica* under greenhouse conditions. *Iranian Journal of Plant Protection Science (Iranian Journal of Agricultural Sciences)*, 41(1), 19-27. (in Farsi)
19. Nasr Esfahani, M. & Ahmadi, A. (2003). *The principles of plant nematology*. Jihad Daneshgahi Esfahan, Iran. 334p. (in Farsi).
20. Netscher, C. & Mauboussin, J. C. (1973). Resultats d'un essai concernat l'efficacite compare d'une variete resistance et de certain nematicides contre *Meloidogyne javanica*, *Cahiers O. R. S. T. O. M. Serie Biologie*, 21, 97-102.
21. Nono-Womdin, R., Swai, I. S., Mrosso, L. K., Chadha, M. L. & Opena, R. T. (2002). Identification of root-knot nematode species occurring on tomatoes in Tanzania and resistant lines for their control. *Plant Disease*, 86(2), 127-130.
22. Oostenbrink, M. (1966). Major characteristics of the relation between nematode and plants. *Medad. Landbouwhogeschool Wageningen*, 66(4), 1-46.
23. Ornat, C., Verdejo-Lucas, S. & Sorribas, F. J. (2001). A population of *Meloidogyne javanica* in Spain virulent to the Mi resistance gene in tomato. *Plant Disease*, 85(3), 271-276.
24. Roberts, P.A. (2002). Concepts and Consequences of Resistance. In: *J. L. Starr, R. Cook & J. Bridge (Eds.), Plant Resistance to Parasitic Nematodes*. CABI Publishing, Wallingford, UK. pp. 23-41.
25. Sasser, J. N. & Carter, C. C. (1982). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp): Identification, morphological and physiological variation, host range, ecology and control. In: *R. D. Riggs (Eds.), Nematology in the Southern Region of the United State*. Arkansas Agri. Exp. Stn., Fayetteville. pp. 21-32.
26. Sharma, H. K., Siyanand, P., Pachauri, D. C. & Singh, G. (2004). Reaction of tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties/lines to *Meloidogyne incognita* race-1". *Indian Journal of Nematology*, 34(1), 90.
27. Smith, A. F. (1944). *The tomato in America: early history, culture, and cookery*. University of South Carolina Press, Columbia, S.C, USA.
28. Taylor, A. L & Sasser, J. N. (1978). *Biology, Identification and control of root knot nematodes (Meloidogyne spp.)*. Coop. Pub. Deptt. *Plant Pathology*. North Carolina State University and United States Agency for International Development, Graphics, Raleigh. p. 111.
29. Udo, I. A., Uguru, M. I., Ogbuji, R.O. & Ukeh, D. A. (2008). Sources of tolerance to root-knot nematode *Meloidogyne javanica*, in cultivated and wild tomato species. *Plant Pathology*, 7(1), 40-44.