

## بررسی واکنش نشش رقم گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد گره ریشه *Meloidogyne javanica* در شرایط گلخانه

شلاله مصلحی<sup>۱</sup>، غلامرضا نیکنام<sup>۲\*</sup> و سعید اهری‌زاد<sup>۳</sup>  
۱، ۲، ۳، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز  
(تاریخ دریافت: ۸۸/۱۱/۳ - تاریخ تصویب: ۸۹/۵/۱۹)

### چکیده

واکنش چهار رقم گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای شامل **Mobil**، **Super Chief**، **Super Strain B** و **Royal** و دو رقم گلخانه‌ای **Polaris** و **ES 1002 F1** در برابر گونه *Meloidogyne javanica* مورد بررسی قرار گرفت. گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در مرحله پنج الی شش برگگی، با دو غلظت ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ تخم و لارو نماتد به ازای هر کیلوگرم خاک گلدان، مایه‌زنی و تیمارهای شاهد نیز تنها آب دریافت کردند. آزمایش بر پایه طرح کاملاً تصادفی و با ده تکرار انجام گرفت. شصت روز پس از مایه‌زنی، برخی صفات رشدی گیاه و صفات مربوط به تولیدمثل نماتد، اندازه‌گیری و جمعیت نهایی، فاکتور تولیدمثلی، شاخص‌های گره و کیسه تخم ارزیابی شدند. نتایج نهایی نشان داد که تمام ارقام مزرعه‌ای نسبت به نماتد گره ریشه حساس بودند، با این وجود، رقم مزرعه‌ای **Super Chief** بالاترین آلودگی را داشت. رقم گلخانه‌ای **Polaris** به عنوان رقم نسبتاً متحمل و رقم گلخانه‌ای **ES 1002 F1** نیز که نسبت به سایر ارقام، آلودگی کم‌تری داشت به عنوان رقم نسبتاً مقاوم ارزیابی گردید.

**واژه‌های کلیدی:** حساس، صفات تولیدمثلی نماتد، صفات رشدی گیاه، متحمل، مقاوم.

### مقدمه

توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Bakker et al., 2006). مقاومت به نماتد گره ریشه اولین بار توسط Bailey (1941) در گونه وحشی *Lycopersicon peruvianum* مشاهده و Smith (1944)، موفق به انتقال این مقاومت به گونه زراعی *Lycopersicon esculentum* گردید. پس از آن در این مورد تحقیقات مختلفی در سراسر جهان انجام گرفته است. Acosta & Negron (1982) طی دو آزمایش گلخانه‌ای، میزان حساسیت یا مقاومت ۹ لاین گوجه‌فرنگی به همراه رقم حساس Rutgers را در مقابل نژاد چهار گونه *M. incognita* مورد بررسی قرار دادند که از میان آنها تنها یک لاین

گوجه‌فرنگی زراعی (*Lycopersicon esculentum*) گیاهی علفی، متعلق به تیره بادنجانیان (Solanaceae) و بومی آمریکای جنوبی است. یکی از نماتدهای مهمی که ریشه گوجه‌فرنگی و بسیاری دیگر از سبزیجات را مورد حمله قرار می‌دهد، نماتد مولد گره ریشه (*Meloidogyne spp.*) است. این نماتد، پراکنش جهانی دارد و تاکنون بیش از ۹۰ گونه از آن در قسمت‌های مختلف جهان شناسایی و گزارش شده‌اند (Karssen & Moens, 2006). امروزه به کارگیری ارقام مقاوم و شناسایی ژن‌های دخیل در مقاومت و سازوکارهای آن

گوجه‌فرنگی در کشت‌های مزرع‌ای و گلخانه‌ای در برابر نماتد گره ریشه اندک است. در استان آذربایجان شرقی نیز با این‌که سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی در حد قابل توجه می‌باشد، ولی از میزان خسارت این نماتد در مزارع گوجه‌فرنگی و نیز تفکیک ارقام بر اساس حساسیت یا مقاومت نسبت به نماتد گره ریشه، اطلاعاتی وجود ندارد. بنابراین، با توجه به اهمیت این بیماری، تحقیق حاضر جهت ارزیابی واکنش شش رقم مزرع‌ای و گلخانه‌ای گوجه‌فرنگی در برابر *M. javanica* انجام گردید.

### مواد و روش‌ها

ارقام گوجه‌فرنگی مورد استفاده در این بررسی شامل ارقام مزرع‌ای Royal, Mobil, Super Strain B (خریداری شده از بازار)، Super Chief (تهیه شده از گروه باغبانی دانشگاه تبریز) و ارقام گلخانه‌ای ES 1002 F1 (دریافت‌شده از ایستگاه تحقیقاتی خلعت پوشان دانشگاه تبریز) و Polaris (دریافت شده از ترکیه) بودند. رقم Super Chief به عنوان رقم تکثیری برای نماتد نیز به کار برده شد. جمعیت اولیه نماتد از ریشه‌های خیار آلوده در گلخانه‌ای واقع در شهرستان سردرود در حومه تبریز جمع‌آوری و بعد از جداسازی به عنوان گونه *Meloidogyne javanica* شناسایی گردید.

### نحوه کاشت گیاهان تیمار

بذور گوجه فرنگی بر روی کاغذ صافی در داخل پتری‌های استریل، خیسانده شده و پس از ظاهر شدن ریشه‌چه و ساقه‌چه، در داخل خاک زراعی استریل مخلوط با ماسه استریل به نسبت ۱:۲ کاشته شدند. گیاهچه‌ها پس از رسیدن به مرحله پنج-شش برگی، در داخل گلدان‌های استریل حاوی یک کیلوگرم خاک زراعی و ماسه استریل به همان نسبت، نشا گردیدند.

### نحوه تهیه مایه تلقیح نماتد و مایه زنی گیاهان

برای تهیه مایه تلقیح نماتد، کیسه‌های تخم از ریشه‌های گیاهان تکثیری جدا و ماده ژلاتینی آن‌ها با استفاده از محلول هیپوکلریت سدیم نیم درصد متلاشی و تخم‌های آزاد شده در داخل پتری‌دیش‌های حاوی آب مقطر استریل به انکوباتور با دمای  $29 \pm 1$  درجه سلسیوس منتقل شدند. پس از ظهور لاروهای سن دوم، سوسپانسیون تخم و لارو نماتد با توجه به غلظت‌های

به عنوان مقاوم معرفی شد. Mani & Zidgali (1995) با انتخاب شاخص گال به عنوان معیار ارزیابی مقاومت، واکنش ۲۱ رقم گوجه‌فرنگی را در برابر *M. incognita* مطالعه و دریافتند که تنها یکی از ارقام، مقاومت متوسطی در مقابل این گونه نشان داد. مقاومت گونه‌ای فلفل (*Capsicum annuum*) در برابر ایزوله‌های مختلف نماتد *Meloidogyne incognita* مورد بررسی قرار گرفته و مشاهده شد که این گونه، حامل ژن مقاومت به *M. incognita* است (Piedra Buena et al., 2006). واکنش شش رقم گوجه‌فرنگی در مقابل سه غلظت مختلف نماتد *M. incognita* در شرایط گلخانه‌ای ارزیابی گردید (Singh & Khurma, 2007). Udo et al. (2008) عکس‌العمل هفت رقم گوجه‌فرنگی و یک گونه وحشی (*Lycopersicon pimpinellifolium*) را در گلخانه و در برابر *M. javanica* بررسی نمودند.

در ایران نیز اولین بار، Akhiani (1981) مقاومت یا تحمل ارقام مختلف گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد مولد گره ریشه (*M. javanica*) را مورد ارزیابی قرار داد. در فاصله سال‌های ۱۳۶۱ تا ۱۳۷۱ حدود ۵۳۷ توده و رقم گوجه‌فرنگی به منظور مقاومت به *M. javanica* مورد ارزیابی قرار گرفته و از بین آن‌ها ۹۸ درصد به عنوان حساس معرفی شدند. تنها از ۱۱ رقم که به آزمایش نهایی رسیدند، هفت رقم به عنوان مقاوم و بقیه به عنوان متحمل شناخته شدند (Akhiani & Mortazavi Bak, 1992). طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۰ عکس‌العمل ۲۰ رقم انتخابی گوجه‌فرنگی نسبت به گونه *M. javanica* در شرایط گلخانه‌ای و مزرع‌ای بررسی و در آزمایش گلخانه‌ای بیش از ۸۵ درصد ارقام به عنوان حساس، دو رقم به عنوان متحمل و یک رقم به عنوان رقم نسبتاً مقاوم (با ویژگی فوق حساسیت) معرفی شدند و در آزمایش مزرع‌ای متجاوز از ۹۰ درصد ارقام حساس بوده و تنها دو رقم به عنوان ارقام متحمل به نماتد معرفی گردیدند (Ahmadi & Mortazavi Bak, 2005). اخیراً نیز واکنش چهار رقم گوجه‌فرنگی در مقابل *M. javanica* مورد بررسی قرار گرفته است (Khodayi Arbat, 2007). در کشورمان ایران، اطلاعات جامع در مورد پراکنش این نماتدها و نژادهای آن‌ها در مزارع گوجه‌فرنگی و واکنش ارقام بومی و اصلاح شده و یا وارداتی

کیسه تخم، منظور شد.

### تجزیه‌های آماری

پس از تجزیه واریانس، داده‌ها بر مبنای آزمایش فاکتوریل دو عاملی با طرح کاملاً تصادفی تجزیه شده و سپس مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای تجزیه داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای MSTAT-C و Excel استفاده گردید.

## نتایج و بحث

### صفات رشدی گیاه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان می‌دهد که بین ارقام گوجه‌فرنگی و همچنین بین غلظت‌های مختلف تخم و لارو نماتد از نظر طول اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت. از طرفی این دو عامل مستقل از هم عمل کردند. چنانچه مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان می‌دهد، بیشترین طول اندام هوایی به ترتیب مربوط به ارقام گلخانه‌ای ES 1002 F1 و Polaris بوده و کم‌ترین مقدار در رقم Super Chief مشاهده شد. رقم گیاهی و غلظت‌های مختلف نماتد از نظر وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی، وزن تر ریشه و وزن خشک ریشه اثر متقابل داشتند (جدول ۱).

مورد نیاز تهیه گردید. با استفاده از میکروپیت، غلظت‌های تهیه شده به داخل چند سوراخ ایجاد شده در اطراف طوقه گیاهان تیمار که دارای پنج یا شش برگ بودند، مایه‌زنی و سوراخ‌ها با خاک پوشانده شدند. تیمارهای شاهد تنها آب دریافت کردند. گیاهان به مدت ۶۰ روز در شرایط گلخانه با دمای  $26 \pm 2$  درجه سلسیوس و دوره نوری شامل ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری گردیدند.

### برداشت نتایج نهایی آزمایش

دو ماه پس از مایه‌زنی، تعداد پنج تکرار از هر تیمار برداشت و مواردی شامل طول قسمت‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه و قسمت‌های هوایی، تعداد گره و کیسه تخم در هر ریشه، تعداد تخم داخل هر کیسه تخم و تعداد لارو سن دوم نماتد داخل خاک گلدان یادداشت برداری شدند. علاوه بر آن، فاکتور تولیدمثل و شاخص گره و کیسه تخم نیز محاسبه گردید. محاسبه فاکتور تولیدمثل با استفاده از فرمول  $RF = Pf/Pi$  (Oostenbrink, 1966) و شاخص گره و شاخص کیسه تخم با استفاده از روش (Taylor & Sasser, 1978) صورت گرفت. بدین صورت که برای ریشه‌های فاقد گره یا کیسه تخم، شاخص صفر و شاخص‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ به ترتیب برای ریشه‌هایی با تعداد ۱-۲ گره یا کیسه تخم، ۳-۱۰ گره یا کیسه تخم، ۱۱-۳۰ گره یا کیسه تخم، ۳۱-۱۰۰ گره یا کیسه تخم و بیش از ۱۰۰ گره یا

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات رشدی ارقام مورد مطالعه گوجه‌فرنگی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف تخم و

لارو *Meloidogyne javanica*

میانگین مربعات				درجه آزادی	منابع تغییر
وزن خشک ریشه (گرم)	وزن تر ریشه (گرم)	وزن خشک اندام هوایی (گرم)	وزن تر اندام هوایی (گرم)	طول اندام هوایی (سانتی متر)	
۱/۵ <sup>**</sup>	۲۷/۹ <sup>**</sup>	۸/۵ <sup>**</sup>	۴۸۲/۴ <sup>**</sup>	۸۳۷ <sup>**</sup>	رقم گیاهی
۰/۰۳ <sup>ns</sup>	۱۰/۲ <sup>**</sup>	۳/۸ <sup>ns</sup>	۴۴۵/۱ <sup>**</sup>	۱۰۶۹/۷ <sup>**</sup>	غلظت مایه تلقیح
۰/۴ <sup>*</sup>	۲/۵ <sup>**</sup>	۵/۹ <sup>*</sup>	۶۵/۱ <sup>*</sup>	۷۵ <sup>ns</sup>	رقم × غلظت مایه تلقیح
۰/۲	۰/۸	۲/۶	۲۹/۸	۵۳	خطا
۶۱/۲	۳۲/۱	۳۱/۲	۲۶/۳	۱۹/۵	ضریب تغییرات (درصد)

ns. \* و \*\* غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

غلظت ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو نماتد، کم‌ترین میزان را داشته و با تیمارهای شاهد مربوط به خود نیز تفاوت معنی‌داری داشتند. در رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1،

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری (جدول ۳) نشان می‌دهد که در مورد وزن تر اندام هوایی، در ارقام Super Chief، Mobil و Royal وزن تر اندام هوایی در هر دو

تخم و لارو رقم ES 1002 F1 نیز با برترین ترکیب تیماری اختلاف معنی‌دار نداشتند، در عین حال با تیمار ۲۰۰۰ تخم و لارو رقم ES 1002 F1 اختلاف معنی‌داری بروز دادند. ارقام Super Chief، Super Strain B، Mobil و Royal در غلظت‌های مختلف ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو و شاهد، اختلاف معنی‌داری از نظر وزن خشک ریشه نشان ندادند.

جدول ۲- مقایسه میانگین ارقام گوجه‌فرنگی از نظر طول اندام هوایی با آزمون دانکن

رقم گوجه‌فرنگی	طول اندام هوایی (سانتی متر)
Super Strain B	c * ۳۴/۲ **
Super Chief	d ۲۵
Mobil	bc ۳۷/۸
Royal	bc ۳۷/۴
Polaris	bc ۴۲/۳
ES 1002 F1	a ۴۷

تیمار شاهد و غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو، بدون اختلاف معنی‌دار، در بین سایر تیمارها بیش‌ترین وزن تر اندام هوایی را دارا بودند. مشابه نتایج مربوط به وزن تر اندام هوایی، غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو در چهار رقم مزرعه‌ای Super Strain B، Super Chief، Mobil و Royal کم‌ترین مقادیر وزن خشک را داشتند. بیش‌ترین وزن خشک اندام هوایی، در غلظت ۱۰۰۰ تخم و لارو رقم ES 1002 F1 مشاهده گردید. هم‌چنین بیش‌ترین وزن تر ریشه مربوط به غلظت ۲۰۰۰ تخم و لارو رقم Polaris بود که با بقیه ارقام، اختلاف معنی‌دار نشان داد. به‌علاوه، اختلاف وزن تر ریشه در غلظت ۲۰۰۰ تخم و لارو رقم Polaris در مقایسه با غلظت ۱۰۰۰ همان رقم و شاهد مربوط، معنی‌دار بود. بیش‌ترین وزن خشک ریشه نیز در غلظت ۲۰۰۰ تخم و لارو رقم Polaris بوده که با شاهد مربوط به خود اختلاف نداشت اما با غلظت ۱۰۰۰ تخم و لارو مربوط به خود اختلاف معنی‌دار نشان داد. شاهد و غلظت ۱۰۰۰

جدول ۳- مقایسه میانگین ارقام گوجه‌فرنگی از نظر برخی صفات رشدی با آزمون دانکن

تعداد تخم و لارو	رقم گوجه‌فرنگی	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
۲۰۰۰	Super Strain B	۱۱/۷ h	۰/۹ J	۴/۸ bc	*de ۰/۴ **
	Super Chief	۱۲/۹ gh	۱/۴ hij	۴/۲ bc	bcde ۰/۹
	Mobil	۱۳/۳ fgh	۱/۳ ij	۵/۸ bc	de ۰/۶
	Royal	۱۵/۴ fgh	۱/۳ ij	۴/۱ bc	e ۰/۳
	Polaris	۲۴ bcde	۴/۳ bc	۸/۶ a	a ۱/۶
	ES 1002 F1	۳۰ ab	۴/۲ bcd	۴/۶ bc	bcde ۰/۹
۱۰۰۰	Super Strain B	۱۶/۶ efgh	۱/۶ hij	۵/۲ bc	de ۰/۴
	Super Chief	۱۲/۸ gh	۱/۲ ij	۴/۹ bc	de ۰/۵
	Mobil	۱۶/۳ efgh	۱/۲ ij	۵/۴ bc	de ۰/۵
	Royal	۱۵/۶ fgh	۲/۱ ghij	۵/۱ bc	bcde ۰/۹
	Polaris	۱۹/۶ defg	۳/۶ cde	۵ bc	cde ۰/۷
	ES 1002 F1	۳۴/۴ a	۵/۷ a	۶/۴ b	ab ۱/۴
کنترل	Super Strain B	۲۴ bcde	۲/۳ fghi	۳/۴ c	de ۰/۳
	Super Chief	۲۱ cdef	۲/۶ efgh	۵/۱ bc	cde ۰/۶
	Mobil	۲۵/۸ bcd	۳ defg	۴/۲ bc	de ۰/۴۴
	Royal	۲۴/۹ bcd	۳/۴ cdef	۴/۳ bc	de ۰/۵۶
	Polaris	۲۷/۲ abcd	۴/۹ ab	۵/۶ bc	abcd ۱
	ES 1002 F1	۲۸/۶ abc	۴ bcd	۵/۸ bc	abc ۱/۳

\* حروف غیر مشترک در هر ستون، نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.  
\*\* داده‌ها میانگین پنج تکرار است.

**صفات مربوط به تکثیر نماتد**

چنانچه در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴) مشاهده می‌شود، در مورد صفاتی چون تعداد گره در کل سیستم ریشه، تعداد گره در هر گرم ریشه، تعداد تخم داخل هر کیسه تخم و فاکتور تولیدمثل، تأثیر غلظت مایه تلقیح و رقم گوجه‌فرنگی مستقل از هم بود. بررسی مقایسه میانگین مربوط به این صفات (جدول ۵) نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد گره در ریشه‌های ارقام Super Chief و Polaris تشکیل شده و کم‌ترین آن نیز مربوط به ارقام ES 1002 F1 و Royal بود. هم‌چنین رقم Super Chief

بیش‌ترین و رقم ES 1002 F1 کم‌ترین تعداد گره در گرم ریشه را داشتند. از نظر شاخص گره، مشاهده می‌شود که تمام ارقام، شاخص گره بالایی داشتند و کم‌ترین شاخص گره مربوط به رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1 بود. در مورد شاخص کیسه تخم نیز، اغلب ارقام شاخص بالایی داشتند. با این وجود رقم Polaris و Super Chief بیش‌ترین شاخص و رقم ES 1002 F1 در هر دو غلظت مایه تلقیح، کم‌ترین شاخص را دارا بود (جدول ۶).

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مربوط به تولیدمثل *Meloidogyne javanica* تحت تأثیر غلظت‌های مختلف تخم و لارو

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
فاکتور تولیدمثلی	جمعیت نهایی	لارو سن دوم در خاک	تخم داخل کیسه	کیسه تخم در گرم ریشه	کیسه تخم در ریشه	گره در گرم ریشه	گره در ریشه	
۶۴×۱۰ <sup>۳</sup> **	۱۳۵×۱۰ <sup>۹</sup> **	۱۳۴×۱۰ <sup>۵</sup> **	۲۶×۱۰ <sup>۴</sup> *	۴×۱۰ <sup>۳</sup> **	۱۲×۱۰ <sup>۴</sup> **	۲۵×۱۰ <sup>۳</sup> **	۵۳×۱۰ <sup>۴</sup> **	۵
۲۱×۱۰ <sup>۳</sup> ns	۴۲×۱۰ <sup>۹</sup> ns	۳۸۰×۱۰ <sup>۵</sup> **	۱۶×۱۰ <sup>۴</sup> ns	۴۰۰/۴ ns	۲۰×۱۰ <sup>۳</sup> ns	۶۴/۷ ns	۹/۶ ns	۱
۲۴×۱۰ <sup>۳</sup> ns	۵۵×۱۰ <sup>۹</sup> *	۱۶۲×۱۰ <sup>۵</sup> **	۸۵×۱۰ <sup>۴</sup> ns	۱/۱×۱۰ <sup>۳</sup>	۳۵×۱۰ <sup>۳</sup> **	۲/۷×۱۰ <sup>۳</sup> ns	۲۷×۱۰ <sup>۳</sup> ns	۵
۱۱×۱۰ <sup>۳</sup>	۱۸×۱۰ <sup>۹</sup>	۲۴×۱۰ <sup>۵</sup>	۸۲×۱۰ <sup>۴</sup>	۳۷۱/۶۳	۱۰×۱۰ <sup>۳</sup>	۱/۶×۱۰ <sup>۳</sup>	۳۶×۱۰ <sup>۳</sup>	۴۸
۹۷/۵	۸۶/۶	۶۵/۵	۳۴/۴	۵۸/۸	۶۰/۴	۵۹	۵۵/۴	ضریب تغییرات (درصد)

ns، \* و \*\*: غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵- مقایسه میانگین ارقام گوجه‌فرنگی از نظر صفات تولیدمثلی *Meloidogyne javanica* با استفاده از آزمون دانکن

رقم گوجه فرنگی	تعداد گره در ریشه	تعداد گره در گرم ریشه	تعداد تخم داخل هر کیسه تخم	فاکتور تولیدمثلی (**RF(Pi/Pi))
Super Strain B	c ۲۶۳/۲	b ۵۲/۶	bc ۶۷۴/۹	* b ۵۲/۵
Super Chief	a ۶۵۳/۷	a ۱۵۵/۱	a ۱۰۱۳	a ۱۶۶
Mobil	b ۴۵۵/۳	b ۷۸/۵	a ۹۷۰	a ۲۰۱/۷
Royal	cd ۱۷۲	bc ۴۰/۶	c ۶۲۳/۵	b ۵۰/۵
Polaris	ab ۵۰۳/۱	b ۷۷/۲	ab ۹۳۰	a ۱۷۵/۵
ES 1002 F1	d ۳۴/۵	c ۶/۲	abc ۷۵۹/۳	b ۱۳/۲

\* حروف غیر مشترک در هر ستون، نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

\*\* داده‌ها، میانگین پنج تکرار است.

\*\*\* Pi = جمعیت اولیه نماتد، Pf = جمعیت نهایی نماتد.

جدول ۶- میانگین شاخص گره (GI) و شاخص کیسه تخم (MI) در شش رقم گوجه‌فرنگی

رقم گوجه فرنگی	شاخص گره* (۲۰۰۰)	شاخص گره (۱۰۰۰)	شاخص کیسه تخم* (۲۰۰۰)	شاخص کیسه تخم (۱۰۰۰)
Super Strain B	**۵	۵	۴/۴	۴/۶
Super Chief	۵	۵	۵	۴/۸
Mobil	۴/۸	۵	۴/۸	۵
Royal	۵	۴/۸	۴/۲	۴/۶
Polaris	۵	۵	۵	۵
ES 1002 F1	۳	۲/۸	۱/۸	۲/۶

\* شاخص گره و کیسه تخم از مقیاس ۵-۰ Taylor & Sasser (1978) اقتباس شده است.

\*\* داده‌ها میانگین پنج تکرار است.

غلظت ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو بود. بیشترین تعداد لارو سن دوم در خاک مربوط به غلظت ۲۰۰۰ تخم و لارو در رقم Polaris بود. پس از آن غلظت‌های ۲۰۰۰ تخم و لارو در ارقام Super Strain B و Mobil قرار گرفتند، در غلظت‌های ۱۰۰۰ تخم و لارو، رقم ES 1002 F1 کمترین مقدار را داشت و تنها تفاوت معنی‌دار، بین آن و رقم Royal بود که بیشترین تعداد لارو سن دوم در خاک را به خود اختصاص داده بود. بیشترین جمعیت نهایی در غلظت‌های ۲۰۰۰ تخم و لارو در ارقام Polaris و Super Chief و غلظت‌های ۱۰۰۰ تخم و لارو رقم Mobil مشاهده شد. رقم ES1002F1 در غلظت‌های ۲۰۰۰ تخم و لارو از نظر عددی کمترین مقدار را به خود اختصاص داد، هرچند با دو رقم Super Strain B و Royal اختلاف معنی‌دار نداشت. در مورد غلظت‌های ۱۰۰۰ تخم و لارو نماتد شرایط مشابهی برقرار بود.

### بحث

در حالت کلی، تأثیر مایه‌زنی با نماتد روی ارقام مزرع‌های نسبت به ارقام گلخانه‌ای از نظر وزن تر و خشک اندام هوایی بیش‌تر بود. اما وزن تر و خشک ریشه چندان تحت تأثیر مایه‌زنی با نماتد قرار نگرفت. با توجه به محدود بودن حجم گلدان و عدم رشد طبیعی ریشه در مقایسه با شرایط طبیعی، نبود تفاوت معنی‌دار بین

در مورد تعداد تخم داخل هر کیسه تخم در منابع مورد مطالعه، مطلبی ذکر نشده است ولی در این بررسی، برای تعیین سهم آن در ارزیابی واکنش ارقام شمارش گردید. نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان می‌دهد که تعداد تخم داخل هر کیسه تخم در ارقام Super Chief و Mobil به ترتیب بیش‌ترین مقادیر را داشته و ارقام Polaris، ES 1002 F1، Super Strain B و Royal به ترتیب پس از آن‌ها قرار گرفته‌اند. در مورد فاکتور تولیدمثل نیز ارقام Mobil، Polaris و Super Chief بیش‌ترین فاکتور تولیدمثل و ارقام ES 1002 F1، Super Strain B و Royal کمترین مقادیر را بروز دادند. در مورد تعداد کیسه تخم در سیستم ریشه، تعداد کیسه تخم در هر گرم ریشه، تعداد لارو سن دوم نماتد در خاک و جمعیت نهایی نماتد، عامل غلظت مایه تلقیح و رقم گوجه‌فرنگی اثر متقابل داشتند و چنانچه جدول ۷ نیز نشان می‌دهد، ارقام Polaris و Super Chief مایه‌زنی شده با ۲۰۰۰ تخم و لارو، بیش‌ترین تعداد کیسه تخم را دارا بوده و کمترین تعداد نیز مربوط به غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو رقم ES 1002 F1 بود.

بیش‌ترین تعداد کیسه تخم در هر گرم ریشه به رقم Super Chief دریافت‌کننده ۲۰۰۰ تخم و لارو اختصاص داشته و کمترین تعداد، مشابه تعداد کیسه تخم در کل سیستم ریشه مربوط به رقم ES 1002 F1 در هر دو

جدول ۷- مقایسه میانگین ارقام گوجه‌فرنگی از نظر برخی صفات مربوط به تولیدمثل *Meloidogyne javanica* با استفاده از آزمون دانکن

تعداد تخم و لارو	رقم گوجه فرنگی	کیسه تخم در ریشه	کیسه تخم در گرم ریشه	لارو سن دوم در خاک	جمعیت نهایی
۲۰۰۰	Super Strain B	۹۰/۸ de	۱۹ de	۳۹۵۴ b	*c ۷۵۷۴۰**
	Super Chief	۳۰۶ ab	۸۴/۲ a	۲۷۰۶ bcd	a ۳۶۰۶۰۰
	Mobil	۱۹۶/۶ bcd	۳۵ bc	۲۸۱۲ bc	bc ۱۸۰۴۰۰
	Royal	۸۱ de	۲۰/۸ de	۱۹۷۸ bcd	c ۵۵۲۷۰
	Polaris	۴۲۷/۶ a	۴۹/۸ bc	۷۱۵۲ a	a ۴۰۶۷۰۰
	ES 1002 F1	۱۲/۸ e	۳/۴ e	۴۳۸ d	c ۱۳۹۰۰
۱۰۰۰	Super Strain B	۱۱۳/۶ de	۲۲/۸ cde	۱۶۰۲ cd	c ۶۷۲۵۰
	Super Chief	۱۹۲ bcd	۳۹/۲ bcd	۱۷۸۸ bcd	bc ۱۵۱۸۰۰
	Mobil	۳۶۰ bc	۵۱/۲ b	۱۶۱۷ cd	ab ۳۱۳۵۰۰
	Royal	۱۱۹/۶ cde	۳۶/۴ bcde	۳۰۹۰ bc	c ۷۳۶۴۰
	Polaris	۱۸۳ bcd	۳۷ bcd	۹۳۴/۴ cd	bc ۱۴۷۹۰۰
	ES 1002 F1	۲۵/۶ e	۴/۶ e	۴۵۳/۲ d	c ۱۹۸۰۰

\* حروف غیر مشترک در هر ستون، نشان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

\*\* داده‌ها، میانگین پنج تکرار است.

نتایج تحقیق انجام شده در این مورد نشان داد که نماتد باعث تأخیر در گل‌دهی گوجه‌فرنگی می‌شود (Udo *et al.*, 2008).

غلظت مایه تلقیح در بررسی صفات مربوط به تولیدمثل نماتد، تفاوت معنی‌داری در تعداد گره ایجاد نکرد. غلظت ۱۰۰۰ تخم و لارو در هر کیلوگرم خاک به طور معمول نصف آستانه اقتصادی خسارت منظور می‌گردد (یعنی آستانه اقتصادی خسارت، وجود حداقل دو تخم و لارو در هر گرم خاک می‌باشد) و تیمارهای دریافت کننده ۱۰۰۰ تخم و لارو، صرفاً به دلیل بررسی تأثیر احتمالی آن در شرایط گلخانه‌ای و مقایسه با حداقل غلظت برای خسارت مورد استفاده قرار می‌گیرند. با این حال، تعداد کیسه تخم در ریشه از نظم بیش‌تری برخوردار است که این امر احتمالاً به دلیل غیریکنواختی و عدم تفکیک کامل تعداد و اندازه گره‌ها است. چون در عمل، شمارش گره‌های چسبیده به هم و درشت که ظاهراً شامل چند گره مجاور و متصل به هم هستند، توأم با خطا خواهد بود. بنابراین تعداد کیسه تخم، برآورد بهتری از تعداد ماده‌های نماتد به این معنی که هر کیسه تخم نشان‌دهنده وجود حداقل یک نماتد ماده است، می‌باشد. با این حال، در بیش‌تر آزمایش‌های انجام یافته در ایران و سایر کشورها، شاخص گره یکی از صفات اصلی در برآورد و معرفی ارقام به عنوان مقاوم یا حساس بوده است. بنابراین رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1 در تحقیق حاضر با شاخص‌های گره ۳ و ۲/۸ به ترتیب برای غلظت‌های ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰ تخم و لارو در محدوده نسبتاً مقاوم قرار می‌گیرد. چنانچه، به طور مشابهی ارقام دارای شاخص گره برابر با ۳ و ۳/۲ به دست آمده در یک تحقیق نیز به عنوان رقم مقاوم معرفی شدند (Acosta & Negron, 1982).

Siddiqui & Mahmood (1992) در بررسی خود مشاهده کردند که تعداد گره در ریشه گیاهان نخود مایه‌زنی شده با غلظت‌های مختلف نژاد سه نماتد *M. incognita*، با افزایش غلظت مایه تلقیح افزایش می‌یافت. اما میزان فاکتور تولیدمثل، با افزایش غلظت مایه تلقیح کاهش یافته و بیش‌ترین فاکتور تولیدمثل نماتد در پایین‌ترین و کم‌ترین آن در بالاترین سطح مایه تلقیح مشاهده شد.

تیمارها با شاهد، عادی به نظر می‌رسد. رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1 نیز در بیش‌تر صفات رشدی در مقایسه با شاهد و ارقام دیگر تأثیرپذیری کم‌تری در آلودگی به نماتد نشان داد که آن را به عنوان رقمی با واکنش آسیب‌پذیری کم‌تر از بقیه و به عنوان نسبتاً مقاوم متمایز می‌سازد. رقم گلخانه‌ای Polaris بیش‌ترین وزن تر و خشک ریشه را در غلظت ۲۰۰۰ تخم و لارو به خود اختصاص داده بود که با توجه به مقادیر وزن تر و خشک اندام هوایی و طول اندام هوایی مربوط به این رقم، می‌توان آن را به عنوان یک رقم نسبتاً متحمل منظور کرد. هرچند در این نوع بررسی‌ها اطلاعات مفیدی به دست می‌آید، اما با توجه به شرایط و مدت کوتاه دوره آزمایش در گلخانه، فقدان شرایط طبیعی فعالیت برای نماتد، ثابت بودن شرایط محیطی مثل دما، نور و رطوبت، عدم وجود رقابت با سایر عوامل، صفات رشدی نوسانات زیادی را نشان می‌دهند که این نوسانات در نتایج محققین دیگر نیز مشاهده می‌شود.

در بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف مربوط به نژاد سه گونه *M. incognita* بر روی نخود مشاهده شد که با افزایش میزان غلظت مایه تلقیح، میزان وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاهان کاهش یافت. اما کاهش این صفات رشدی تنها در غلظت ۲۰۰۰ تخم و لارو معنی‌دار بود (Siddiqui & Mahmood, 1992).

Udo *et al.* (2008) نتیجه گرفتند که در وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی گوجه‌فرنگی مایه‌زنی شده با نماتد *M. javanica* در مقایسه با شاهد اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در آزمایش گلخانه‌ای که توسط Ahmadi & Mortazavi Bak (2005) انجام گرفت، ارقام بسیار حساس، حساس و متحمل، در صفات رشدی وزن ساقه و ریشه تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. جالب این که از نظر عددی، میزان وزن ریشه و ساقه در رقم حساس، بیش‌تر از رقم دارای HR بوده و از این نظر رقم متحمل بالاتر از دو رقم فوق قرار گرفت.

اگرچه صفت گل‌دهی یا میوه‌دهی از صفات مورد بررسی در تحقیق حاضر نبود، با این حال مشاهده گردید که گل‌دهی در کل تیمارهای رقم گلخانه‌ای ES1002 F1 و تیمار شاهد Polaris زودتر شروع شده و در گیاهان شاهد ارقام مزرعه‌ای نیز حالت مشابهی وجود داشت.

مورد ارقام، به سادگی و تنها با انجام یک آزمایش امکان پذیر نیست. در مجموع، در تحقیق حاضر، با مقایسه شش رقم گوجه فرنگی و با استناد به صفات رشدی ارقام و صفات تولیدمثلی نماتد، مشاهده گردید که همه ارقام مزرعه‌ای، نسبت به آلودگی با نماتد حساس بودند. رقم Super Chief در مورد صفات مربوط به تولیدمثلی نماتد، بیشترین مقادیر را نشان داده و در مورد صفات رشدی گیاه نیز در اغلب موارد کمترین مقادیر را داشت، بنابراین نسبت به بقیه ارقام مزرعه‌ای، حساس‌تر ارزیابی شد. سه رقم مزرعه‌ای دیگر یعنی Super Strain B، Mobil و Royal اگرچه حالت مشابهی داشتند، اما اکثر صفات مربوط به تولیدمثلی نماتد در آن‌ها نسبت به رقم Super Chief کم‌تر بود. در مورد ارقام گلخانه‌ای، رقم Polaris از نظر صفات مربوط به تولیدمثلی نماتد، مقادیر بالایی داشت و ریشه‌ها آلودگی زیادی نشان دادند، با این وجود صفات رشدی گیاه کم‌تر تحت تأثیر قرار گرفته بودند، بنابراین می‌توان این رقم را به عنوان رقم متحمل یا نسبتاً متحمل در نظر گرفت. رقم گلخانه‌ای ES 1002 F1 نیز که کمترین میزان تکثیر نماتد و صفات مرتبط با آن را در مقایسه با سایر ارقام داشت و همچنین صفات رشدی گیاه، کم‌تر تحت تأثیر مایه‌زنی با نماتد قرار گرفته بود، به عنوان رقم نسبتاً مقاوم یا کم‌تر حساس در نظر گرفته شد. بدیهی است برای توصیه این ارقام در شرایط مزرعه‌ای، به آزمایش‌های تکمیلی و مکرر نیاز خواهد بود.

نتایج Singh & Khurma (2007) نیز نشان داد که با افزایش غلظت مایه تلقیح، میانگین تعداد کیسه تخم در ریشه گیاهان آلوده به جز در یک رقم به طور منظمی افزایش می‌یابد.

در مورد فاکتور تولیدمثلی نماتد که در اغلب تحقیقات به عنوان صفتی در ارزیابی ارقام مورد بررسی قرار می‌گیرد، در آزمایش حاضر تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت مایه تلقیح مشاهده نگردید. این صفت نیز مثل جمعیت نهایی، تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می‌گیرد. نتایج مطالعات گلخانه‌ای در یک تحقیق نشان داده است که بین ارقام گوجه‌فرنگی مورد بررسی که حساس و مقاوم بودن آن‌ها قبلاً تأیید گردیده و ارقام مقاوم دارای ژن *Mi* بودند، ارقام حساس در مجموع به طور معنی‌داری تعداد بیش‌تری کیسه تخم در ریشه داشتند. اما فاکتور تولیدمثلی در بین ارقام مقاوم و حساس تفاوت معنی‌داری نداشت (Ornat et al., 2001). رقم مزرعه‌ای Super Strain B که رقم مشترک مورد بررسی توسط Khodayi Arbat (2007) و تحقیق حاضر است، از نظر برخی صفات، به عنوان رقمی نسبتاً مقاوم در مقایسه با سایر ارقام ارزیابی شد و با نتیجه ما که رقم نام‌برده به عنوان رقم حساس ارزیابی گردید، هم‌خوانی ندارد. شاید دلیل آن، تفاوت جمعیت‌های نماتد و یا شرایط بررسی می‌باشد.

#### نتیجه‌گیری کلی

به‌کارگیری واژه‌های مقاوم، متحمل و حساس در

## REFERENCES

1. Acosta, N. & Negron, J.A. (1982). Susceptibility of various tomato lines to a population of *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 12(2), 173-180.
2. 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).
3. Akhiani, A. (1981). Study on the root-knot nematode. *Annual Report of Plant Pest and Disease Research, Division of Esfahan Agricultural Research Center*, pp.110-120. (In Farsi).
4. Akhiani, A. & Mortazavi Bak, A. (1992). Evaluation of the sources of resistance in tomato against *Meloidogyne javanica* in Iran. In: *Proceedings of the first seminar on vegetable*, pp. 7-8. (In Farsi).
5. Bailey, D. M. (1941). The seedling method for root-knot nematode resistance. In: *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, 38, 573-575.
6. Bakker, E., Dees, R., Bakker, J. & Govers, A. (2006). Mechanisms involved in plant resistance to nematodes. In: S. Tuzun and E. Bent (eds), *Multigenic and Induced Systemic Resistance in Plants*. Springer Science +Business Media Inc.
7. Karssen, G. & Moens, M. (2006). Root-knot nematodes. In: Perry, R. N. and Moens, M. (eds), *Plant Nematology*. Wallingford, UK: CAB International Publishing.
8. Khodayi Arbat, A. (2007). *Evaluation of tomato cultivars resistance to root-knot nematode Meloidogyne javanica*. M.Sc. dissertation, Faculty of Crop Science, Agriculture Sciences and Natural Resources, University of Gorgan. (In Farsi).



9. Mani, A. & Zidgali, T. Al. (1995). Screening of tomato cultivars for resistance against *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea*, 23, 269.
10. Oostenbrink, M. (1966). Major characteristics of the relation between nematode and plants. *Medad. Landbouwhogeschool Wageningen*, 66(4), 1-46.
11. 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.
12. Piedra Buena, A., Lopez-Perez, J. A., Bello, A., Diez-rojo, M. A., Robertson, L., Scuer, M. & de Leon, L. (2006). Screening of cuarentino pepper (*Capsicum annuum* L.) for resistance to *Meloidogyne incognita*. *Nematropica*, 36(1), 13-24.
13. Siddiqui, Z. A. & Mahmood, I. (1992). Effect of different inoculum levels of *Meloidogyne incognita* Race 3 on the growth of chickpea. *Nematologia Mediterranea*, 20, 189-191.
14. Singh, S. K. & Khurma, U. R. (2007). Susceptibility of six tomato cultivars to the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The South Pacific Journal of Natural Science*, 13, 73-77.
15. Smith, P.G. (1944). Embryo culture of a tomato species hybrid. In: *Proceedings of American Society of Horticultural Science*, 44, 413-416.
16. Taylor, A. L. & Sasser, J. N. (1978). *Biology, Identification and Control of Root-knot Nematodes (Meloidogyne species)*. North Carolina State University Graphics.
17. 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.