Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 50, No 1, Spring 2018 (97-106)
DOI: 10.22059/ijfcs.2018.238568.654355

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۵۰، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸ (ص.۱۰۶-۹۷)

ارزیابی مقاومت چند ژنوتیپ گوجه‌فرنگی به نماتد مولد گره ریشه *Meloidogjan javanica*

سعیده تنها[۱]، فرشته بیات*[۲] و فاطمه جمالی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس. بوشهر. ایران.

۲. استادیار گروه اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس. بوشهر. ایران.

۳. استادیار گروه گیاهپزشکی اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه خلیج فارس. بوشهر. ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵//۱۶ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۶)

چکیده

واکنش هشت رقم گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای شامل پتوپراید ۲، پتوپراید ۵، زمان، **GS12**، کومودورو، **CH** فلات، **Y** فلات و ایدن، در برابر نماتد مولد گره ریشه ***Meloidogyne javanica*** مورد بررسی قرار گرفت. گیاهچه‌های گوجه‌فرنگی در مرحله چهار الی شش برگی، با غلظت ۵۰۰ لارو سن دوم نماتد، به‌ازای هر کیلوگرم خاک گلدان، مایه‌زنی شدند. آزمایش بر پایه طرح کاملا تصادفی در چهار تکرار انجام گرفت. شاخص‌های بیماری (تعداد گال در گرم ریشه، تعداد توده تخم در گرم ریشه و تعداد تخم در هر کیسه تخم) و شاخص‌های رشدی (طول شاخساره و ریشه، تعداد برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه) ۶۰ روز پس از تلقیح نماتد به خاک گلدان‌ها ارزیابی گردیدند. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که در مورد صفات مورد بررسی مرتبط با شاخصهای رشدی و بیماری‌زایی ارقام نسبت به هم تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد آزمون دانکن داشتند. نتایج ارزیابی شاخص بیماری نشان داد ارقام ایدن، **Y**-فلات و **CH**-فلات را می‌توان به‌عنوان ارقام حساس، رقم کومودورو را به‌عنوان رقم مقاوم و ارقام پتوپراید ۲، پتوپراید ۵، زمان و **GS12** را ارقام نیمه‌مقاوم به نماتد مولد گره ریشه معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: گوجه‌فرنگی، نماتد گره ریشه، لارو، توده تخم و گروه‌بندی.

Evaluation of tomato cultivars to root-knot nematode *(Meloidogyne javanica)*

Saeedeh Tanha[1], Fereshteh Bayat[2*] and Fatemeh Jamali[3]

1. MS student, Plant Breeding Department, College of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
2. Assistant professor, Plant Breeding Department, College of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.
3. Assistant professor, Plant Protection Department, College of Agriculture and Natural Resources, Persian Gulf University, Bushehr, Iran.

(Received: August 7, 2017 – Accepted January 6, 2018)

ABSTRACT

The root-knot nematode, *Meloidogyne javanica*, is one of the major tomato pathogens in Iran. Using resistant varieties is one of coping method to this disease. In the current study, tolerance of some tomato cultivars to root knot nematode was evaluated in greenhouse. In this research resistance of 8 tomamo cultivars called (CH- Falat, Y- Falat, Eden Petopride 2, Petopride 5, Xaman, Comodoro and GS12) were evaluated to root-knot nematode in greenhouse in completely randomized design with four replications. The 4-6 leave's seedling of tomato was inoculated with 5000 larva of nematode per each kg of pot soil. After 2 months, disease index were evaluated on tomato plants. Cluster analysis showed the range of susceptibility to resistance of tomato cultivars to *M. javanica*. Results based on pathogenicity traits indicated that the cultivars were divided into four groups: very sensitive, sensitive, semi-sensitive and fairly resistant. CH- Falat cultivar was very sensitive, culticars Y- Falat and Eden were sensitive, cultivars Petopride 2, Petopride 5, Xaman and GS12 were semi-susceptible and Comodoro was relatively resistant to root knot nematode.

Keywords: tomato, root-knot nematode, larva, egg mass, clustering.

* Corresponding author E-mail: bayatfereshteh59@gmail.com

مقدمه

گوجه‌فرنگی یکی از سبزی‌های مهم بوده که به‌علت داشتن انواع ویتامین‌ها، کاروتن، اسیدهای مفید، قند و املاح معدنی نقش مهمی را در سلامت انسان ایفا می‌کند. این گیاه به شکل‌های مختلف مصرف می‌شود. ایران پس از کشورهای آمریکا، ایتالیا و چین رتبه چهارم را در تولید گوجه‌فرنگی به خود اختصاص داده است و بر خلاف بسیاری از کشورهای تولید کننده، به‌دلیل دارا بودن اقلیم-های مختلف در تمام فصول، محصول گوجه‌فرنگی، به‌صورت تازه‌خوری در فصل کشت و خارج از فصل کشت به بازار عرضه می‌گردد (Behnamian & Messiah, 2002; Johony, 2009). یکی از بیماری‌های مهم گوجه‌فرنگی نماتد گره ریشه است که از طریق نماتد *Meloidogyne* sp. ایجاد می‌شود. نماتد با نام علمی *Meloidogyne javanica* دامنه وسیعی از محصولات شامل سبزیجات، گیاهان زراعی و باغی، درختان میوه و علف‌های هرز را آلوده می‌کند (Iram *et al.*, 2015). نماتد گره ریشه گوجه فرنگی، پراکنش جهانی دارد و تاکنون بیش از ۹۰ گونه از آن در قسمت‌های مختلف جهان شناسایی و گزارش شده‌اند (Jafarpour & Mehdekhani Moghadam, 1996). این نماتد نسبت به دیگر بیمارگرهای گیاهی، دارای رابطه متقابل بسیار پیچیده‌ای با میزبان می‌باشد (Sasser., 1980; Ahon Manesh, 1999). تاکنون حدود ۲۰۰۰ گونه گیاهی به‌عنوان میزبان این نماتد شناخته شده است. این نماتد انگل داخلی می‌باشد، که با ورود لارو سن دوم نماتد به داخل بافت ریشه، باعث تولید سلول‌های غول‌آسا[1] می‌شود. مشخص‌ترین علامت بیماری تشکیل و ظهور گال‌هایی در سطح ریشه گیاه می‌باشد (Bakker, 2003). آسیب به گیاهان توسط این نماتد بیشتر در اثر به‌هم‌زدن و اختلال در فیزیولوژی بافت آوندی و هیپرپلازی و هیپرتروفی سلول‌های ریشه می‌باشد؛ اساساً ریشه‌های گره‌دار در یک گیاه آلوده رشد کمتری نسبت به گیاه سالم دارند و در کل علائم پژمردگی روی گیاه آلوده ظاهر می‌شود (Starr *et al.*, 2001; Goverse *et al.*, 2001). چهار گونه‌ی مهم این نماتد شامل *M. javanica, M. incognita, M. arenaria* و *M. hapla* می‌باشند. این نماتد باعث حدود پنج درصد کاهش در محصولات سرتاسر جهان می‌شود، که یکی از اصلی‌ترین موانع برای تولید محصولات در اکثر مناطق جهان به حساب می‌رود (Nasr Esfahani & Ahmadi, 2002; Jafarpour & Mehdekhani Moghadam, 1996). امروزه بسیاری از کارشناسان اصلاح نباتات در سرتاسر دنیا، از ارقام مقاوم استفاده کرده و در صدد یافتن ژن‌های مقاوم هستند تا با استفاده از روش‌های اصلاح کلاسیک و یا انتقال ژن مقاومت، گیاهان مقاوم به‌دست آورند (Xu *et al.*, 2001, Starr *et al.*, 2000; Karajeh *et al.*, 2005). Sharma (2004) واکنش ارقام گوجه‌فرنگی را نسبت به گونه‌ی *M. incognita* ارزیابی کردند و گزارش نمودند ارقام با شاخص گال بین ۱ و ۱,۶ دارای مقاومت متوسط و ارقام با شاخص گال ۲,۵ حساس می‌باشند. Ahmadi & Mortazavi Beck (2005) مقاومت ۲۰ رقم گوجه‌فرنگی را نسبت به *M. javanica* طبق استانداردهای پروژه بین‌المللی *Meloidogyane* ارزیابی کردند و گزارش نمودند که ۹۸ درصد ارقام مورد بررسی حساس و فقط دو درصد مقاوم یا متحمل بودند. Kamalwanshi *et al.* (2004) ژرم‌پلاسم‌های با شاخص گال دو را مقاوم، ژرم‌پلاسم‌های با شاخص گال سه را با مقاومت متوسط و ژرم‌پلاسم‌های با شاخص گال ۴-۵ را حساس تا خیلی‌حساس گزارش نمودند. دما بر روی بقاء، پراکنش، تفریخ تخم، مهاجرت و نفوذ نماتد در خاک و ریشه، مراحل تکاملی و بیان علایم در گیاه اثر دارد (Dropkin, 1969; Duffy& Défago, 1999). هدف از این تحقیق بررسی و ارزیابی مقاومت ارقام گوجه‌فرنگی کشت و کار شده در استان بوشهر در برابر نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* و معرفی ارقام مقاوم برای کارشناسان و کشاورزان جهت جلوگیری از بروز خسارت شدید است.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

بذر هشت رقم گوجه‌فرنگی فضای آزاد شامل پتوپراید ۲، پتوپراید ۵، ایدن، کومودورو، زمان، Y-فلات، CH-فلات، GS12 از شرکت فلات ایران تهیه شد.

نمونه برداری، خالص‌سازی و تکثیر نماتد

جهت جداسازی نماتد *M. javanica*، نمونه‌برداری از مزارع آلوده گوجه‌فرنگی منطقه‌ی دیر در استان بوشهر انجام شد.

1. Giant cell

تعیین گونه نماتد بر اساس خصوصیات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی شبکه کوتیکولی بدن ماده بالغ صورت گرفت (Jepson, 1987). بدین‌ترتیب که ریشه گیاهان آلوده، شسته شدند و با استفاده از قیچی آزمایشگاهی، ریشه‌های دارای گره جدا و به قطعات ۲-۳ سانتی‌متری برش داده شدند. برای به‌دست آوردن ماده‌ها به‌صورت سالم، در زیر بینوکولار با بزرگنمایی ۶۰X با کمک اسکالپل و پنس نوک‌تیز، نماتد ماده از بافت گره قطعات ریشه خارج گردید و با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی شبکه کوتیکولی انتهای بدن ماده و با استفاده از منابع معتبر گونه *M. javanica* تشخیص داده شد (Jepson, 1987; Nickle, 1991). جهت خالص‌سازی و تهیه مایه تلقیح نماتد *M. javanica* از روش توده تخم منفرد[1] استفاده شد (Hussay & Barker, 1973). به این ترتیب که ابتدا از ریشه‌های جوان آلوده به نماتد، که دارای گره‌های ریز بودند، یک قطعه کوچک به‌اندازه ۲-۳ سانتی‌متر جدا شده و در پتری آب زیر بینوکلر با بزرگنمایی ۶۰X سطح گره بررسی شد. هر توده تخم با کمک پنس نوک‌تیز جدا شده و در پتری کوچک حاوی آب مقطر استریل قرار می‌گرفت. توده تخم مربوط به نماتد شناسایی‌شده، به‌مدت ۲۴ تا ۴۸ ساعت در انکوباتور تاریک با دمای ۲۰-۲۲ درجه سلسیوس قرار داده شد. اکثر تخم‌ها بعد از این مدت تفریخ شدند. با تکرار این اعمال، میزان کافی از لاروهای سن دوم گونه *M. javanica* به‌دست آمد. محتویات پتری شامل لاروهای سن دوم با محلول یک درصد هیپوکلریت‌سدیم (NaCl) در محیط استریل به‌مدت سه دقیقه قرار داده شده و بلافاصله با آب مقطر استریل شستشو شدند. جهت تکثیر و تهیه مایه تلقیح نماتد، محتویات هر پتری حاوی لاروهای سن دوم (حدود ۵۰۰ عدد لارو سن دوم در ۳۰ سی‌سی آب مقطر) به‌طور مساوی در حفره‌های مجاور نشاء ۴-۵ برگی گوجه-فرنگی رقم کارون (حساس به نماتد) در گلدان حاوی یک کیلوگرم خاک سترون، ریخته شد. دمای گلخانه ۵±۲۵ درجه سلسیوس و نور طبیعی بود. گلدان‌ها به‌صورت مرتب هر دو روز یکبار آبیاری شده و بعد از گذشت دو ماه، با ظهور علائم پیری در بوته‌ها، آنها را از خاک خارج کرده و برای تشخیص و تکثیر مجدد نماتدها، استفاده شدند تا مایه تلقیح کافی برای انجام آزمایش به‌دست آید. مایه تلقیح نماتد شامل جمعیتی از لارو سن دو معادل ۷۰۰۰ عدد لارو در ۳۰ سی‌سی آب مقطر در نظر گرفته شد (McClure *et al.*, 1973).

بررسی واکنش ارقام گوجه‌فرنگی به نماتد ریشه گرهی در شرایط گلخانه

بذرهای ارقام مورد نظر گوجه‌فرنگی در گلخانه در سینی-های کشت نشاء با دمای ۵±۲۵ درجه سیلسیوس و نور طبیعی کشت شدند. پس از شش هفته که گیاهان به مرحله چهار برگی رسیدند، هر نشاء به گلدان حاوی یک کیلوگرم خاک سترون (شامل: خاک مزرعه، خاک برگ و ماسه به نسبت‌های ۱:۲:۱) انتقال داده شد. یک هفته پس از استقرار گیاهان ، پای هر گلدان سه گودال کوچک به قطر یک و عمق سه سانتی‌متر به‌طور مثلثی حفر شد. مایه تلقیح نماتد شامل لاروهای سن دوم (حدود ۵۰۰ عدد لارو سن دوم در ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر) به‌طور مساوی در این سه گودال ریخته شد. بعد از گذشت دو ماه، با ظهور علائم پیری در بوته‌ها، آنها را از خاک خارج کرده و ریشه از بخش هوایی جدا و خاک به‌طور کامل از ریشه‌ها شسته شد. شاخص‌های بیماری‌زایی شامل تعداد گره در گرم ریشه، تعداد کیسه تخم در گرم ریشه و تعداد تخم در هر کیسه تخم اندازه‌گیری شد و سپس واکنش ارقام نسبت به نماتد بر اساس شاخص تعداد گال/کیسه تخم بر اساس روش Gaur *et al.* (2001) تعیین شد (جدول ۱). همچنین شاخص‌های رشدی شامل طول شاخساره و ریشه، تعداد برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه پس از برداشت گیاهان اندازه‌گیری شد. این آزمایش در قالب طرح کاملا" تصادفی شامل هشت رقم گوجه‌فرنگی با چهار تکرار انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و به روش Proc anova انجام گردید. میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۰/۰۵ مقایسه شد. برای گروه‌بندی ژنوتیپ-ها بر حسب صفات حاصل از شاخص‌های رشدی و بیماری‌زایی از روش گروه‌بندی تجزیه‌ی خوشه‌ای به‌روش وارد[2]. و نرم‌افزار آماری SPSS استفاده شد.

1.ingle egg mass

2. Ward

جدول۱ . تعیین واکنش‌ها بر اساس تعداد گال و کیسه تخم بر اساس روش Gaur *et al*. (2001)

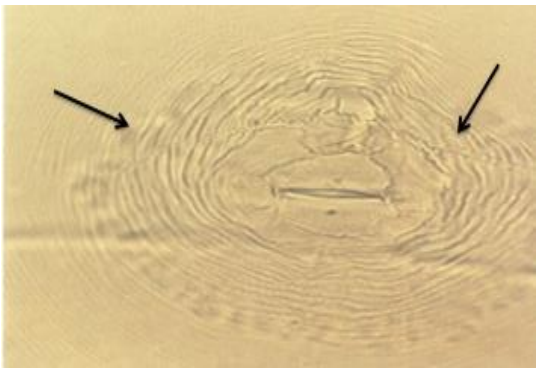
Table 1. Reaction detection of varieties base on Number of Galls/egg mass according to Gaur *et al*.2001

واکنش Reaction	خیلی مقاوم High Resistance	مقاوم Resistance	نیمه مقاوم Moderate Resistance	حساس Sensitive	خیلی حساس High Sensitive
تعداد گال یا کیسه تخم Number of Galls/egg mass	0	1-10	11-30	31-100	>100
شاخص گال Root-knot Index Scale	1	2	3	4	5

نتایج

شناسایی نماتد مولد گره ریشه *M. javanica*

بر اساس شبکه کوتیکولی انتهایی بدن ماده بالغ، نماتد موجود شناسایی شد، که این گونه را نسبت به سایر گونه‌ها متمایز می‌سازد. طبق شکل ۱ ناحیه سطوح جانبی[1] دارای شیارهای طولی مشخصی بوده که به‌طور واضح نقوش انتهایی بدن را به دو بخش پشتی و شکمی تفکیک می‌کند. شبکه کوتیکولی انتهای بدن در *M. javanica* را می‌توان به‌راحتی از *M. incognita* و *M. arenaria* با وجود این خطوط جانبی مشخص و تفکیک کرد (Jepson, 1987).



شکل ۱- الگوی انتهای بدن (Perineal pattern) نماتد ماده *M. javanica* با بزرگنمایی ۱۰۰۰X

Fig 1. Perineal pattern of female *M. javanica* (100) x

ارزیابی واکنش ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد *M. javanica*

شاخص‌های رشدی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی هشت رقم گوجه‌فرنگی به آلودگی نماتد گره ریشه درجدول ۲ نشان داد؛ ارقام گوجه فرنگی تحت آلودگی نماتد گرهی ریشه در تمامی صفات مورد بررسی با یکدیگر اختلاف معنی‌دار داشتند. نتایج مقایسه میانگین صفت طول شاخساره ارقام مختلف مشخص نمود که بیشترین طول شاخساره متعلق به ارقام زمان، کومودورو و پتوپراید ۲ بود و کمترین طول شاخساره در رقم ایدن، پتوپراید ۵ و GS12 مشاهده شد (شکل ۲ الف). اگرچه ارقام مختلف گوجه-فرنگی در صفت طول ریشه، در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشتند، با این‌حال نتایج مقایسه میانگین طول ریشه مشخص نمود که ارقام از نظر این صفت تفاوت چشمگیری با یکدیگر نداشته و تنها در دو گروه متفاوت قرار گرفتند (شکل ۲ ب).

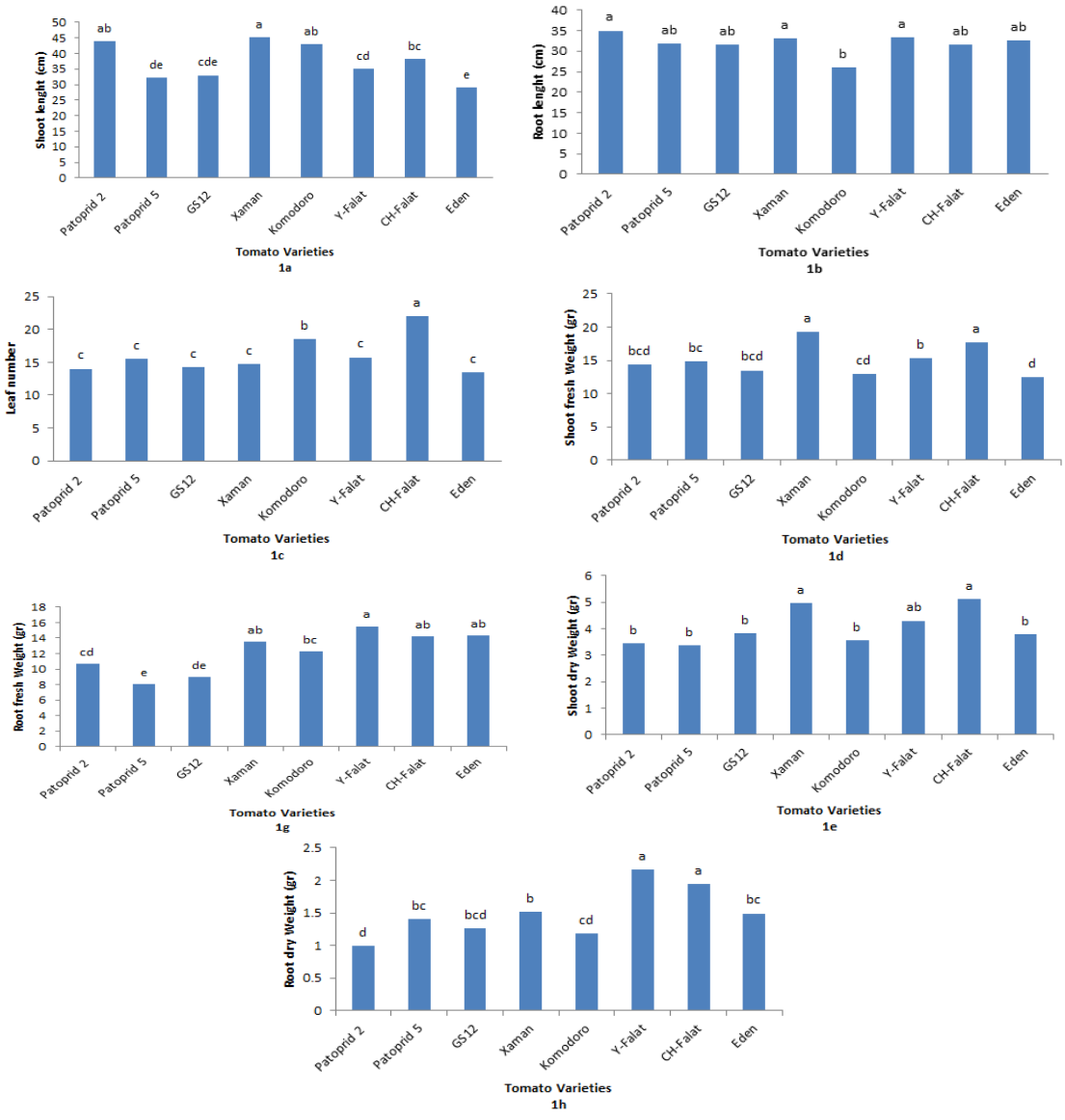
ارقام مختلف از نظر صفت تعداد برگ، تنها در سه گروه متفاوت قرار گرفتند، بیشترین تعداد برگ در رقم CH-فلات و پس از آن در رقم کومودور و مابقی ارقام در یک گروه قرار گرفتند (شکل ۲ ج). نتایج مقایسه میانگین وزن تر شاخساره، مشخص نمود که بیشترین وزن تر شاخساره را ارقام CH-فلات و زمان دارا بوده و مابقی ارقام در گروه یکسانی قرار گرفتند (شکل ۲ د). ارقام CH-فلات، Y-فلات و زمان بیشترین وزن خشک شاخساره را به خود اختصاص دادند، و سایر ارقام در یک گروه یکسان قرار گرفتند (شکل ۲ و). نتایج مقایسه میانگین وزن تر ریشه مشخص نمود که بیشترین وزن تر ریشه در ارقام Y-فلات، CH-فلات، ایدن و زمان و کمترین آنها در ارقام GS12 و پتوپراید ۵ مشاهده شد (شکل ۲ ن) شکل ۲ ی میانگین وزن خشک ریشه را نشان می‌دهد، همان‌طور که ملاحظه می‌شود بیشترین وزن خشک ریشه در ارقام Y-فلات و CH-فلات و کمترین آنها در رقم پتوپراید ۲، کومودور و GS12 مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های رشدی ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica*

Table 2. ANOVA of growth factors of tomato varieties infected by *M. javanica*

Mean square							Degrees of freedom	Source of variation
Root dry weight(gr)	Root fresh (gr) weight	Shoot dry (gr) weight	Shoot fresh (gr)weight	Leave number	Root length(cm)	Shoot length(cm)		
0.604**	30.47**	1.87**	22.31**	37.45**	28.01**	148.37**	7	Treatment
0.038	1.36	0.437	1.59	2.67	13.36	14.22	24	Error
-	-	-	-	-	-	-	31	Total
13.12	9.25	16.24	8.4	10.40	11.49	10.07	-	CV

**: significant differences between treatments at level 0.01 ** در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود دارد.



شکل ۲- نمودار مقایسه میانگین (با روش دانکن در سطح ۵ درصد) شاخص‌های رشد در ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* طول شاخساره (۱ الف)، طول ریشه (۱ ب)، تعداد برگ (۱ ج)، وزن تر شاخساره (۱ د)، وزن خشک شاخساره (۱ و)، وزن تر ریشه (۱ ن) و وزن خشک ریشه (۱ ی).

Fig. 2.Graph of mean comparison of growth factors of tomato varieties infected with *M. javanica*. 1a) shoot length (cm), 1b) root length (cm), 1c) leave number, 1d) shoot fresh weight (gr), 1e)) shoot dry weight (gr), 1g) root fresh weight (gr), 1 h) root dry weight (gr).

شاخص‌های بیماری

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص‌های بیماری در ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد *M. javanica* در جدول ۳ آمده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود ارقام مختلف گوجه فرنگی از نظر شاخص‌های بیماری تفاوت معنی‌داری با هم دارند.

جدول ۳-تجزیه واریانس شاخص‌های بیماری‌زایی ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica*

Table3. ANOVA of disease index in tomato varieties infected by *M. javanica*

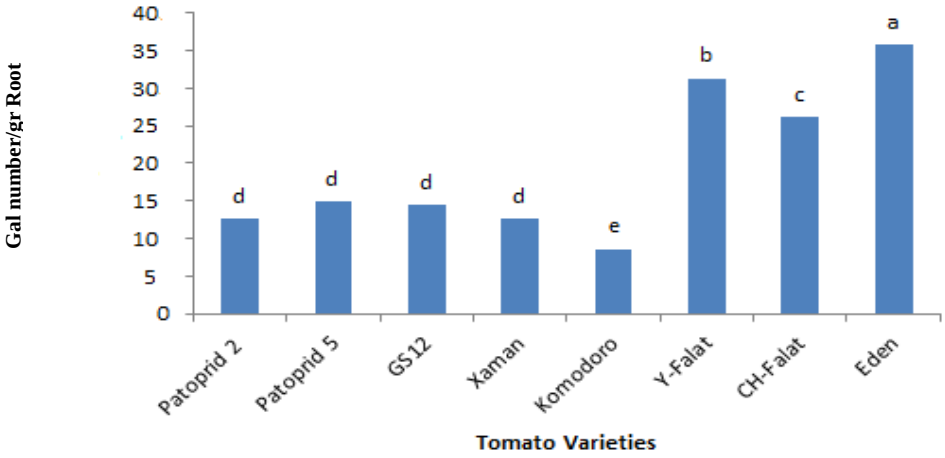
Mean square			Degrees of freedom	Source of variation
Egg number	Egg mass number	Tumor number		
41952.71**	72648.33**	51133.20**	7	Treatment
239.18	157.43	474.82	24	Error
-	-	-	31	Total
7.44	12.54	11.78	-	CV

** در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی‌دار بین تیمارها وجود دارد.

**: significant differences between treatments at level 0.01

متوسط تعداد گال در ریشه

نتایج مقایسه میانگین متوسط تعداد گال در گرم ریشه مشخص نمود که بیشترین تعداد گال در رقم ایدن و سپس Y-فلات و CH-فلات مشاهده شد. کمترین آنها در رقم کومودورو بود. متوسط تعداد گال در ارقام پتوپراید ۲، پتوپراید ۵، GS12 و زمان حد وسط ارقام دیگر بود (شکل۳).



شکل ۳-نمودار مقایسه میانگین (با روش دانکن در سطح ۵ درصد) صفت متوسط تعداد گال در گرم ریشه ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica*

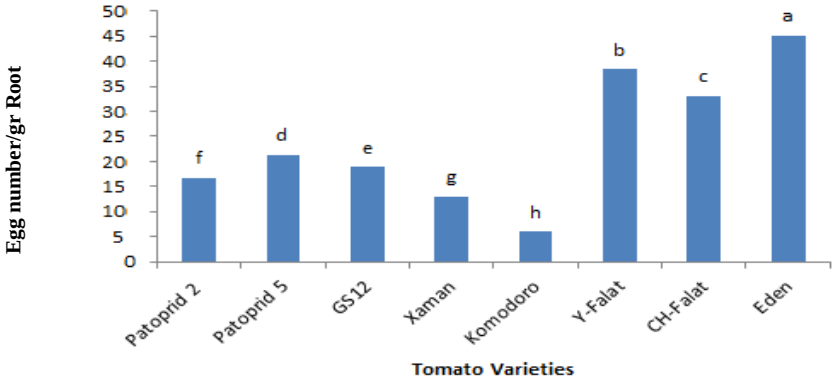
Fig. 3. Graph of Mean comparison of tumor number/gr Root *of tomato varieties infected with M. javanica*

متوسط تعداد توده تخم در ریشه

نتایج مقایسه میانگین متوسط تعداد توده تخم مشخص نمود که اختلاف معنی‌دار بین ارقام وجود دارد؛ بیشترین تعداد توده تخم در رقم ایدن سپس Y-فلات و CH-فلات مشاهده شد، و کمترین آنها در رقم کومودورو مشاهده شد (شکل ۴).

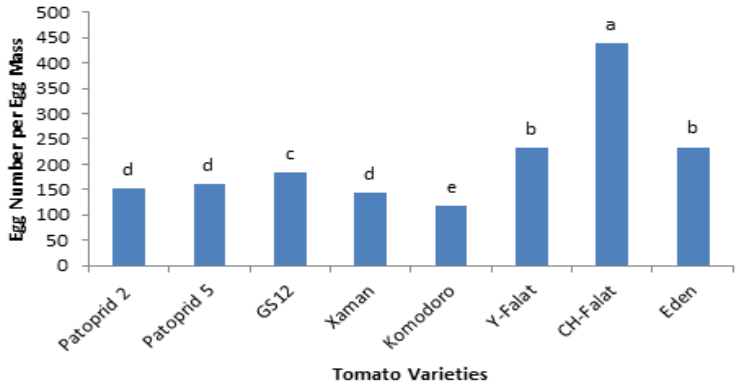
متوسط تعداد تخم درهر توده تخم

نتایج مقایسه میانگین متوسط تعداد تخم مشخص نمود که بیشترین تعداد توده تخم در رقم CH-فلات سپس Y-فلات و ایدن مشاهده شد، و کمترین آنها در رقم کومودورو بود. متوسط تعداد تخم در هر توده تخم، در ارقام پتوپراید ۲، پتوپراید۵ و زمان حدوسط ارقام دیگر مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۴- نمودار مقایسه میانگین (با روش دانکن در سطح ۵ درصد) صفت متوسط تعداد توده تخم درگرم ریشه ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica*

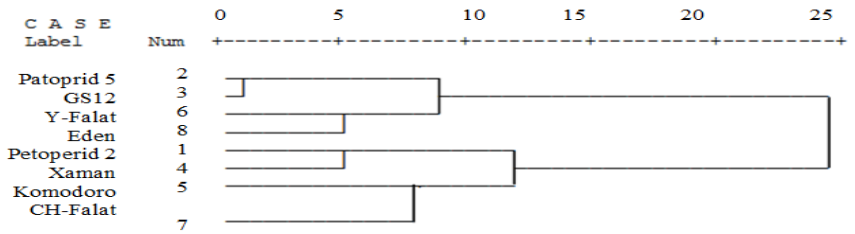
Fig. 4. Graph of Mean comparison of *egg mass number/gr root of tomato varieties infected with M. javanica.*



شکل ۵- نمودار مقایسه میانگین (با روش دانکن در سطح ۵ درصد) متوسط تعداد تخم در هر توده تخم در ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica*

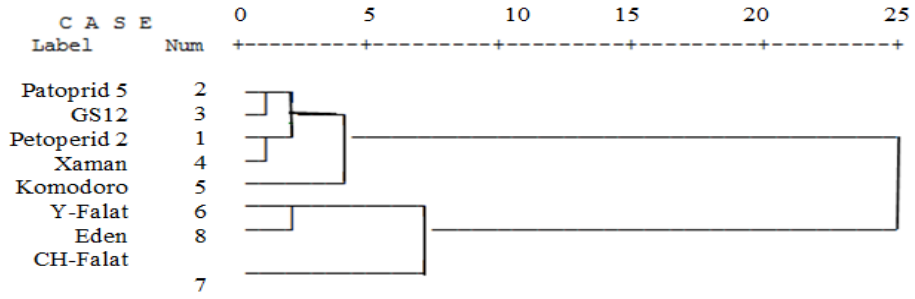
Fig. 5.Graph of mean comparison of egg number *of tomato varieties infected with M. javanica.*

صفات تعداد گال و تعداد توده تخم در گرم ریشه و همچنین تعداد تخم در هر توده تخم به‌عنوان صفات شاخص بیماری‌زایی روی ریشه هشت رقم گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* اندازه‌گیری شد. همان‌طور که جدول ۱ نشان می‌دهد شاخص بیماری طبق روش Gaur *et al.* (2001) برای تعیین واکنش ارقام به نماتد به‌کار رفت و بر اساس شاخص بیماری ارقام ایدن، Y-فلات و CH-فلات به‌عنوان ارقام حساس به نماتد مولد گره ریشه نسبت به پنج رقم دیگر در نظر گرفته شد، رقم کومودورو به‌عنوان رقم مقاوم و ارقام پتوپراید ۲، پتوپراید ۵، زمان و GS12 تحت عنوان ارقام نیمه مقاوم معرفی شدند.



شکل ۶- تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های رشدی در ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* به روش وارد

Fig 6. Clustering of tomato varieties infected *with M. javanica.* based on growth factors according to Ward



شکل ۷- تجزیه خوشه‌ای شاخص‌های بیماری در ارقام گوجه‌فرنگی آلوده به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* به‌روش وارد

Fig 7. Clustering of tomato varieties infected *with M. javanica*. based on disease index according to Ward

گروه‌بندی ارقام هم بر اساس شاخص‌های رشدی (طول، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه و تعداد برگ) و هم بر اساس شاخص‌های بیماری‌زایی (تعداد گال و تعداد کیسه تخم در گرم ریشه و تعداد تخم در کیسه تخم) به‌صورت جداگانه انجام شد. همان‌گونه که شکل ۶ نشان می‌دهد بر اساس شاخص‌های رشدی، ارقام با در نظر گرفتن خط‌چین نمودار درختی در فاصله ۲/۵ در هفت گروه مجزا قرار گرفتند. گروه اول شامل ارقام پتوپراید ۵ و GS12 می‌باشد. شش رقم دیگر در گروه‌های دیگر قرار گرفتند. بر اساس شاخص‌های بیماری، ارقام در چهار گروه مجزا دسته‌بندی شدند با در نظر گرفتن خط‌چین نمودار درختی در فاصله ۲/۵ (شکل ۷). ارقام پتوپراید ۵، پتوپراید ۲، زمان و GS12 در یک گروه و ارقام Y-فلات و ایدن در گروه دیگر قرار گرفتند. رقم کومودور و CH-فلات به‌صورت مجزا در دو گروه قرار گرفتند. مقایسه نتایج حاصل از گروه‌بندی ارقام بر اساس شاخص‌های بیماری در شکل ۷ تا حدود زیادی با نتایج حاصل از تعیین واکنش ارقام به نماتد بر اساس شاخص گال حاصل از مقایسه میانگین صفات بیماریزایی مطابقت داشت. نتایج حاصل از گروه‌بندی ارقام بر اساس شاخص‌های رشدی با گروه‌بندی ارقام بر اساس شاخص‌های بیماریزایی با هم تطابق نداشتند.

بحث

نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* از عوامل مهم ایجاد کننده خسارت اقتصادی در انواع محصولات، به‌خصوص گوجه‌فرنگی می‌باشد. روش‌هایی که در کنترل این نماتد مورد استفاده قرار می‌گیرد شامل تناوب محصول، استفاده از ارقام مقاوم، کاربرد نماتدکش‌ها است، که استفاده از این روش‌ها در مواردی بسیار پر هزینه بوده و در مواردی فاقد کارایی کافی می‌باشد. استفاده از سموم نماتدکش نیز به‌دلیل مضر بودن برای سلامتی انسان و آلودگی‌های محیط زیست و دلایل اقتصادی محدود شده است (Rostaii, 2002; Rahanandeh & Moshaiedy, 2014)؛ بنابراین محققان به‌دنبال استفاده از راه‌های مدیریتی مطمئن، کم‌هزینه و دارای کارایی مناسب و قابل تلفیق با دیگر روش‌ها برای مبارزه تلفیقی با بیماری‌های گیاهی، از جمله نماتد مولد گره ریشه می‌باشند (McSpadden Gardener, 2007).

در این تحقیق عکس‌العمل هشت رقم گوجه‌فرنگی متداول استان بوشهر نسبت به نماتد مولد گره ریشه *M. javanica* مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت تعیین واکنش ارقام از روش‌های مختلفی از جمله بررسی شاخص‌های بیماری‌زایی (متوسط تعداد گال و متوسط توده تخم در گرم ریشه و متوسط تخم در هر کیسه تخم) و صفات رشدی شامل (طول شاخساره و ریشه، تعداد برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه) استفاده شد. واکنش ارقام به نماتد بر اساس شاخص گال و با استفاده ار ارزیابی شاخص‌های صفات بیماری‌زایی اعلام شد. این الگوی گروه‌بندی ارقام توسط محققین دیگری نیز مورد استفاده بوده است (Kamalvaneshi, & Sharma, 2004, Gaur, 2001 2004). با این حال در این آزمایش صفات رشدی نیز مورد بررسی قرار گرفت تا نتایج گروه‌بندی بر اساس دو گروه از صفات مقایسه گردد، اگرچه انطباقی مشاهده نشد. مقایسه تجزیه خوشه‌ای با مقایسه میانگین صفات بیماری‌زایی نشان داد که ارقام به چهار گروه خیلی‌حساس، حساس، نیمه‌حساس و نسبتا مقاوم تقسیم شدند. رقم CH-فلات خیلی‌حساس، ارقام Y-فلات و ایدن حساس، ارقام پتوپراید

۲، پتوپراید ۵، زمان و GS12 ارقام نیمه حساس و رقم کومودورو یک رقم نسبتا مقاوم به نماتد مولد گره ریشه بودند. Sharma (2004) با ارزیابی واکنش ارقام گوجه-فرنگی به نژاد یک نماتد *M. incognita* اعلام کردند که ارقام/ لاینهای با شاخص گال بین یک و ۱/۶ دارای مقاومت متوسط و ارقام/ لاینهای با شاخص گال ۲/۵ حساس می‌باشند؛ با این حال در آزمایش آنها شاخص گال بالاتر از سه بوده و طبق یافته‌های آنها ارقام مورد بحث، همه حساس به نماتد بودند. نتایج حاصل از تحقیقات Ahmadi and Mortazavi Beck (2005) نیز نشان‌دهنده حساسیت حدود ۸۵-۹۰ درصد ارقام گوجه‌فرنگی مورد بررسی به نماتد *M. javanica* می‌باشد و برخی از ارقام با افزایش آلودگی، مقاومت خود را نسبت به نماتد از دست دادند. Abdullahi (2015) در تجزیه خوشه‌ای روی ده رقم خیار آلوده به نماتد مولد گره ریشه در تحقیقی بیان نمود، بر مبنای شاخص‌های رویشی رقم‌های با قرابت بسیار نزدیک در خوشه جداگانه‌ای جای گرفتند. بر اساس شاخص‌های مرتبط با نماتد، پنج رقم بیشترین مشابهت به یکدیگر داشتند و رقم‌های دیگر در خوشه مجزا قرار گرفتند. استفاده از ارقام مقاوم به نماتد به‌تنهایی و یا در تلفیق با برنامه‌های دیگر کنترل، ممکن است مؤثرترین روش کنترل این نماتد باشد (Starr *et al*, 2001). گیاهان مقاوم، مانع استفاده از تناوب‌های طولانی‌مدت در بین گیاهان میزبان شده و همچنین برای کشاورزی پایدار در کشورهای در حال توسعه و یا در مورد گیاهان کم‌ارزش که استفاده از نماتدکش‌ها اقتصادی نیست، بسیار مناسب می‌باشند (Nasr Esfahani & Ahmadi, 2002). مقایسه نتایج این آزمایش با نتایج تحقیقات انجام‌شده در سایرکشورها به‌دلیل یکی نبودن ارقام مورد بررسی اندکی مشکل است؛ ولی در حالت کلی می‌توان نتیجه گرفت که اغلب ارقام گوجه‌فرنگی به نماتدهای ریشه گرهی حساس می-باشند. ارقام مقاومی که طی انجام تحقیقات مختلف معرفی می‌شوند نیز ممکن است بر اثر تاثیر عوامل محیطی مقاومت آنها شکسته شود. درجه حرارت، یکی از مهمترین عوامل محیطی موثر در پاسخ ارقام گوجه-فرنگی به نماتدهای ریشه‌گرهی است. آگاهی از واکنش ارقام نسبت به نماتد، می‌تواند به کشاورزان در صورت بروز آلودگی احتمالی کمک نماید، البته پیشنهاد می‌گردد که نتایج آزمایش در شرایط میدانی نیز ارزیابی گردد تا با مقایسه نتایج بتوان توصیه بهتری برای بخش کشاورزی داشت.

REFERENCES

1. Abdullahi, M. (2015). Response of ten cultivars of greenhouse cucumber to the root node nematode of *Meloidogyne javanica***.** *Seed and Plant Improvment Journal***,** 31 (1): 55-75.(In Farsi)
2. Ahmadi, A. & Mortazavi Beck, U. (2005). Evaluation of *Meloidogyne javanica* tolerant tomato cultivars in Iran. *The 16th Iranian Plant Protection Congress*. 247 pages. (In Farsi)
3. Ahon Manesh, *E*. (1999). *Principles for combating plant diseases*. Isfahan University of Technology.
4. Bakker, K. R. (2003). Perspectives on plant and soil nematology. *Annu Rev Phytopathol*, 41: 1–25.
5. Behnamian, M.. Messiah, S. (2002). Tomatoes. *Sotoudeh Publishing Tabriz*. (In Farsi)
6. Dropkin, V. H. (1969)."The necrotic reaction of tomatoes and other host resistance to *Meloidogyne*: reversal by temperature. *Phytopathology*, 59:1632-1637.
7. Duffy, B. K. & Défago, G. (1999). Environmental factors modulating antibiotic and siderophore biosynthesis by *Pseudomonas fluorescens* biocontrol strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 65: 2429– 2438.
8. Gaur, H. S., Singh, R.V., Kumar, S., Kumar, V. & Singh, J .V. (2001). Search for nematode resistance in crops. AICRP on nematodes, Division of Nematology, IARI, New Delhi Publication, PP 44.
9. Goverse, A., Englar, J. A., Verhess, J., Krol, S., Helder, J. & Gheysen, G. (2000). Cell cycle activation by plant parasite nematodes. *Plant Molecular Biology*, 43: 747-761.
10. Hussay, R. S. & Barker, K. R. (1973). A compression of methods of collecting inoculates of *Meloidogyne* spp. including a new technique. *Plant Disease*, 57:1025-1028.
11. Iram, F., Shagufta, P., Amber, R., Muhammad, A. H. & Abida, H. (2015). Assessment of damage to Cucumber (*Cucumis Sativa*) caused by the root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *European Journal of Biomedical and Pharmaceutical sciences*, 2(3): 2349-8870.

12. Jafarpour, B. & Mehdekhani Moghadam, A. S. (1996). *Introduction to Plant Nematology*. Drop Keane Compilation. (PP. 179-189). Ferdowsi University Press, Mashhad. (In Farsi)
13. Jepson, S. B. (1987). Identification of root-knot nematodes (*Meloidogynee* species). *C. A. B. Interactional*, 256 pp.
14. Jihoni, M. (2009). *Tomato*.(PP 4-5.). Print and run the New Staff Design Bureau. (In Farsi).
15. 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.
16. 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*, 44:1. 24-28.
17. McClure, M. A., Kruk, T. H. & Misaghi, I. (1973). A method for obtaining quantities of clean *Meloidogyne* eggs. *J. Nematol*, 5: 230.
18. McSpadden Gardener, B. B.(2007). Diversity and ecology of biocontrol *Pseudomonas* in agricultural systems. *Phytopathology*, 97:221–226.
19. Nasr Esfahani, M. &. Ahmadi. V. A. (2002). *Principles of Nematology*. Jahad University of Isfahan. (In Farsi).
20. Nickle, W. R. (1991). Manual of agricultural nematology. *New York: Marcel Dekker*.
21. Rahanandeh, H., & Moshaiedy, M. (2014). Potency evaluation of *Pseudomonas aeroginosae* and *Pseudomonas fluorescens* as biocontrol agents for root-knot nematodes in Iran. *International Journal of Biosciences*, 4(12): 222-228.
22. Rostaii, A. S. (2002). *Management of plant diseases.* Jahad Publishing House.
23. Sasser, J. N. (1980). Root-knot nematodes: a global menace to crop production. *Plant Disease*, 64: 36-41.
24. Sharma, H. K., Pankaj, S., Pachauri, D. C. & Singh, G. (2004). Reaction of tomato (*Lycopersicon esculentum*) varieties/lines to *Meloidogyne incognita* race-1. *Indian Journal of Nematology*, 34:1. 93p.
25. Starr, J. L., Cook, R. & Bridge, J. (2001). Plant resistance to parasitic nematodes. *CABI. Publishing*, 43-70.
26. Xu. J., Narabu, T., Mizukubo, T. (2001). A molecular marker correlated with selected virulence against the tomato resistance gene *Mi* in *Meloidogynee incogenita*, *M. javanica* and *M. arenaria*. *Phytopathology*, 91: 377-382.