

ارزیابی عکس‌العمل رقم‌های رایج فلفل در ایران نسبت به نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne incognita* race 2) در شرایط گلخانه

امیر قاسم‌زاده^۱ و سالار جمالی^{۱*}

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۳/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۲/۱۷)

چکیده

نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne spp.*) از عوامل محدود کننده کشت محصولات کشاورزی از جمله فلفل هستند. گونه *M. incognita* به طور گسترده‌ای در مزارع فلفل استان گیلان پراکندگی دارد. در این تحقیق، مقاومت ۱۱ رقم فلفل شامل فلفل قلمی (هیبرید کویامی، هیبرید عزیز و هیبرید باونتی) و فلفل دلمه‌ای (کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کاملوت، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید ویزارد، هیبرید آریستوتل، هیبرید پلاتو، هیبرید مرکوری و کالیفرنیا واندر ۳۰۱) نسبت به نژاد ۲ نماتد *M. incognita* ارزیابی شد. آزمایش در شرایط گلخانه با دامنه دمایی ۲۲ تا ۲۸ درجه سلسیوس و در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. گیاهچه‌های فلفل در زمان چهاربرگی با ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم نماتد به ازای هر کیلوگرم خاک مایه‌زنی شدند. هشت هفته پس از مایه‌زنی، شاخص‌های رشدی (میزان کلروفیل برگ، وزن تر و خشک شاخساره و ریشه، طول و حجم ریشه، طول و قطر ساقه و تعداد برگ سالم) و صفات مربوط به آلودگی نماتد (تعداد گره، توده تخم، تعداد لارو در خاک و فاکتور تولیدمثلی) ارزیابی شدند. در تعیین نهایی واکنش رقم‌ها، از سیستم مبتنی بر فاکتور تولیدمثلی و شاخص‌های گال، کیسه تخم و مقاومت استفاده گردید. براساس نتایج، رقم‌های فلفل دارای درجات متفاوتی از حساسیت نسبت به نماتد بودند. در صفات رویشی، رقم‌های هیبرید ویزارد، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، هیبرید مرکوری و هیبرید کاملوت نسبت به بقیه رقم‌ها کمترین تأثیرپذیری از آلودگی به نماتد را از خود نشان دادند. رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، هیبرید مرکوری و هیبرید کاملوت از نظر صفات تولیدمثلی نماتد، حساسیت کمتری نسبت به بقیه رقم‌ها داشتند. از نظر ارزیابی شاخص‌های گال، توده تخم و مقاومت، رقم‌های هیبرید مرکوری و هیبرید کاملوت به عنوان متحمل‌ترین و رقم‌های هیبرید کینگ آرتور و هیبرید عزیز به عنوان حساس‌ترین رقم‌ها ارزیابی شدند.

کلمات کلیدی: شاخص مقاومت، صفات تولیدمثلی، شاخص‌های رشد

مقدمه

سه‌تایی و برچه‌ها سه عدد می‌باشند. دانه دارای آلبومن تحلیل یافته و دستگاه ترشح کننده دارای سلول‌های محتوی اسانس است (۲). جنس فلفل (*Piper*) به تنهایی ۷۰۰ گونه دارد.

فلفل گیاهی است از خانواده Piperaceae است. برگ‌ها در این خانواده کامل و متناوب، گل‌ها دارای شش پرچم در دو حلقه

۱. گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: jamali@guilan.ac.ir

مهمترین گونه آن، فلفل سیاه (*Piper nigrum*) است که گیاهی پیچان بوده و در تمام مناطق حاره استوایی کاشته می‌شود. این گیاه به وسیله ریشه نابجای خود از تکیه‌گاه‌ها بالا می‌رود (۲۹). فلفل سبز یک محصول مهم کشاورزی است که نه تنها به خاطر ارزش اقتصادی، بلکه به دلیل میوه خاص، منبع عالی رنگ‌های طبیعی و ترکیبات آنتی‌اکسیدان، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۲۹). تعداد زیادی از این ترکیبات شامل ترکیبات فنلی، ویتامین ث و کارتنوئیدها در میوه آن یافت می‌شوند. تمایل به مصرف میوه این محصول به دلیل داشتن مواد حیاتی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی رو به افزایش است (۱۶). با افزایش جمعیت جهان و کمبود منابع غذایی، بحث افزایش کیفیت و کمیت تولید در واحد سطح، بیش از پیش توجه همه را به خود جلب کرده است. کشت گیاهان گلخانه‌ای در یک سیستم کنترل شده از نظر تغذیه، بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز مورد توجه قرار گرفته است.

نماتدهای ریشه‌گرهی (*Meloidogyne spp.*) دارای طیف میزبانی وسیعی در بین گیاهان مختلف می‌باشند (۱۱). به نظر می‌رسد جنس *Meloidogyne* مهمترین جنس در میان نماتدهای انگل گیاهی، از نظر میزان خسارت وارده به محصولات کشاورزی است (۲۵). گونه *M. incognita* یکی از گونه‌های رایج در تمام نقاط دنیاست که در دامنه جغرافیایی وسیع‌تری نسبت به سایر گونه‌ها (تقریباً از عرض ۴۰ درجه شمالی تا عرض ۳۳ درجه جنوبی)، گسترش داشته و دارای میزبان‌های بسیار زیادی است. میانگین دمای سالانه مناسب برای فعالیت این نماتد بین ۱۸ تا ۳۰ درجه سلسیوس است، ولی بیشترین جمعیت نماتد در دمای ۲۴ تا ۳۰ درجه دیده می‌شود (۲۴). میانگین دمای گرم‌ترین ماه سال در مناطق فعالیت این نماتد ۲۷ درجه است. این گونه عمدتاً به همراه *M. javanica* یافت می‌شود (۱۴). گونه‌های *M. incognita* و *M. javanica* به ترتیب غالب‌ترین نماتدهای ریشه‌گرهی در ایران بوده و تاکنون نژادهای دو و چهار گونه دوم در ایران شناسایی گردیده‌اند (۱). استفاده از رقم‌های مقاوم به تنهایی و یا در تلفیق با سایر

برنامه‌های کنترل یکی از مؤثرترین روش‌های کاهش یا حذف کاربرد نماتدکش‌های شیمیایی می‌باشد. عمده‌ترین تحقیقات انجام شده در ارتباط با مقاومت نسبت به گونه *Meloidogyne incognita* شامل موارد زیر است. دیویس و می (۱۲) بررسی‌هایی روی ۱۷ رقم پنبه جهت تعیین میزان مقاومت و تحمل به *M. incognita* انجام دادند و دریافتند که تکثیر نماتد در رقم مقاوم، در مقایسه با رقم حساس، ۱۰٪ می‌باشد. در سال ۲۰۰۴، واکنش ژرم پلاسماهای گوجه‌فرنگی در مقابل نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* ارزیابی گردید (۲۰). در این تحقیق، ژرم‌پلاسماهای با شاخص گال ۲ رقم مقاوم، با شاخص ۳ رقم با مقاومت متوسط و با شاخص ۴-۵ رقم‌های حساس تا خیلی حساس گزارش شدند. در غربال گیاهان نسل دوم گوجه‌فرنگی برای ژن مقاومت نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* گیاهان با شاخص گال بیشتر از دو، حساس و گیاهان با شاخص گال برابر دو یا کمتر، مقاوم و گیاهان با ضریب تکثیر صفر و بیشتر از یک، به ترتیب مقاوم و حساس معرفی شدند (۱۳). همه‌ی رقم‌های خیار سبز مورد بررسی، به‌غیر از رقم Super duminus (رقم مزرعه‌ای)، نسبت به نژاد یک گونه *M. incognita* حساس می‌باشند (۵). در تحقیقی که به منظور ارزیابی مقاومت چهار رقم گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* صورت گرفت، مشاهده شد که هیچ‌کدام از رقم‌های مورد آزمایش دارای مقاومت کامل در مقابل نماتد فوق نبودند (۳). همچنین، در آزمایشی که به منظور بررسی ارزیابی مقاومت برخی رقم‌های گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. javanica* در شرایط گلخانه انجام گرفت، Mobil به عنوان رقم مقاوم به نماتد *M. javanica* تشخیص داده شد. رقم‌های King Rock و Royal Rs به دلیل داشتن بروز واکنش فوق حساسیت، در حالت آلودگی ۵۰۰۰ لارو در یک کیلوگرم خاک، نماتد وارد سیستم ریشه گوجه‌فرنگی شده، ولی تعداد کمتری گال نسبت به رقم حساس ایجاد می‌شود. در صورت افزایش آلودگی، گیاه مقاومت خود را از دست داده و در گروه رقم‌های حساس به نماتد قرار می‌گیرد. بقیه رقم‌های

نماتدهای ریشه‌گرهی، کنترل آنها امری اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به اینکه اغلب روش‌های کنترل کارایی لازم را نداشته و یا در بعضی موارد نظیر مبارزه شیمیایی برای سلامتی انسان و محیط زیست مضر شناخته شده‌اند، لذا شناسایی و استفاده از رقم‌های مقاوم به عنوان یکی از اقتصادی‌ترین و بی‌خطرترین روش‌های مدیریتی، امری لازم و ضروری است (۲۷). کاربرد رقم‌های مقاوم به تنهایی و یا به صورت تلفیقی با سایر روش‌های مدیریتی، در وضعیت اکولوژیک و شرایط محیطی مناسب اثر مثبتی بر کنترل نماتد ریشه‌گرهی دارد. در این میان، یافتن رقم یا رقم‌هایی که در برابر شرایط نامساعد محیطی نیز قدرت تحمل کافی داشته باشند، بسیار دشوار است (۲۱). با توجه به توسعه کشت محصولات در گلخانه و افزایش سطح زیر کشت فلفل گلخانه‌ای، شناسایی و معرفی رقم‌های مقاوم به عنوان راهکاری در جلوگیری از خسارت نماتد ریشه‌گرهی ضرورتی اجتناب‌ناپذیر است. با توجه به اینکه تاکنون تحقیق جامعی در این زمینه انجام نشده است، مطالعه حاضر با هدف بررسی عکس‌العمل برخی از رقم‌های فلفل گلخانه‌ای رایج در ایران نسبت به نژاد دوم *M. incognita* صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

تهیه مایه تلقیح نماتد (*M. incognita*)

طی بازدیدهای به عمل آمده از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی استان گیلان، از نماتد مولد گره نمونه‌برداری شد. پس از شستشوی ریشه‌ها با استفاده از روش تک کیسه تخم، به تکثیر نماتد در سطح گلخانه اقدام گردید. هر یک از توده‌های تخم در سوراخ‌هایی به عمق ۳ تا ۵ سانتی‌متر مجاور ریشه‌های نشاء گوجه‌فرنگی رقم روتگرز قرار داده شد. گلدان‌ها حاوی یک کیلوگرم خاک استریل شده با اتوکلاو به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر و نشاءها در مرحله ۲-۴ برگی حقیقی بودند. این گیاهچه‌ها به مدت ۴۶ تا ۶۰ روز در شرایط گلخانه نگهداری شدند. پس از تکثیر نماتد و ایجاد گال روی ریشه، به شناسایی نماتد اقدام گردید. استریل

مورد بررسی، حساس تشخیص داد شده‌اند (۴). در بررسی مقاومت برخی رقم‌های گوجه‌فرنگی نسبت به *M. javanica* و ارزیابی گلخانه‌ای رقم‌های جی اچ ۱۲ و آجیت به عنوان نیمه مقاوم، رقم‌های جی اچ ۱ و مانیشا به عنوان متحمل و سایر رقم‌ها به عنوان رقم حساس معرفی شدند (۷). در ارزیابی مقاومت هشت رقم لوبیا نسبت به گونه *M. javanica* نتایج به‌دست آمده نشان داد که رقم‌های مورد مطالعه دارای درجات مختلفی از حساسیت بودند (۶). در بررسی انجام شده روی ارزیابی رقم‌های فلفل دلمه‌ای نسبت به نماتد ریشه‌گرهی *M. incognita* race2 در نواحی جنوب غربی نیجریه روی ۳۲ لاین منطقه، مقاومت در ۶ لاین مشاهده گردید. هشت لاین دارای حساسیت زیاد بودند و بقیه لاین‌ها در بین این دو گروه و با حساسیت‌های متفاوتی قرار گرفتند. هیچ‌یک از رقم‌های مورد آزمون نسبت به نماتد ایمن نبودند. با این حال، AI07-3 دارای بیشترین مطلوبیت ژنتیکی در بین رقم‌ها بود (۲۲). در تحقیقی که به منظور بررسی مقاومت پنج رقم کالیفرنیا و اندر، کارلستون بل، کروسادر، سویت مینی و بارون فلفل نسبت به نماتد ریشه‌گرهی (*M. incognita*) در منطقه‌ی کالیفرنیا جنوبی صورت گرفت، رقم کالیفرنیا و اندر به عنوان رقم مقاوم معرفی شد (۱۹). همچنین، در بررسی مقاومت دو نوع سبزی نسبت به *M. incognita* دو رقم چیلی و C-19 به عنوان رقم‌های مقاوم، ۸ رقم صنم، گلاپشوری، تاتاپوری، 15-2010، C-68، 11-2010، C-302 و 28-2010 رقم‌های حساس، پنج رقم 18-2010، 5-2010، C-72، C-73 و 27-2010 نیمه مقاوم، دو رقم اریبل و F1 رقم‌های نیمه حساس و رقم‌های و اندر و کاپیسترانو نیمه مقاوم و رقم‌های فلفل قلمی و CDK-1000 به عنوان حساس‌ترین میزبان‌ها تشخیص داده شدند (۸). در ارزیابی مقاومت هفت رقم فلفل در منطقه نیجریه، مشخص شد که رقم‌های کارلستون بل و کالیفرنیا و اندر نسبت به نماتد ریشه‌گرهی مقاوم، رقم‌های رودو، تاتاسه و گولباس حساس و رقم سویمو متحمل بودند (۱۰).

نظر به گسترش جغرافیایی، دامنه میزبانی و اهمیت

مدت آزمایش در شرایط مساعد گلخانه (۱۶ ساعت نور و ۸ ساعت تاریکی، دمای ۲۶-۲۸ درجه سلسیوس) نگهداری شدند. شش هفته پس از مایه‌زنی، اقدام به نمونه‌برداری و اندازه‌گیری پارامترهای مورد نظر شد. پس از اندازه‌گیری صفات مورد نظر، در پایان هر زمان نمونه‌برداری، گلدان‌ها برگردانده و ریشه‌ها با ملایمت زیر جریان آب شسته و روی کاغذ صافی قرار گرفتند تا آب اضافی آنها خارج شود. پس از آن، گیاهچه‌ها برای سنجش وزن تر ریشه، وزن تر اندام‌های هوایی، تعداد گال، تعداد توده تخم به ازای هر گیاه، تعداد لارو سن دوم و فاکتور تولیدمثل به آزمایشگاه منتقل شدند.

شمارش گال و کیسه تخم

برای شمارش گال و کیسه‌های تخم، ریشه‌ها با آرامی شسته و به قطعات یک تا دو سانتی‌متری تقسیم و سپس به بشر ۱۰۰ میلی‌لیتری حاوی ۵۰ میلی‌لیتر آب و یک میلی‌لیتر محلول اسید فوشین منتقل شدند. ریشه‌ها در محلول فوق به مدت ۳۰ ثانیه جوشانده شده و بعد از سرد شدن، محلول رنگی تخلیه گردید. ریشه‌ها با آب شسته شدند تا رنگ اضافی از بین برود. سپس، قطعات ریشه روی کاغذ خشک و به ۱۰ میلی‌لیتر گلیسرول به همراه چند قطره اسید کلریدریک ۵ نرمال منتقل شدند. ریشه‌ها تا قبل از رسیدن به نقطه جوش حرارت دیده و سپس سرد و در زیر بینوکولار بررسی شدند. جهت محاسبه تعداد لاروهای سن دوم نماتد، پس از خارج کردن ریشه‌های تیمار شده از گلدان‌ها، خاک حاوی نماتد در داخل سینی قرار گرفت و بعد از ۴۸ ساعت، نماتدها از خاک استخراج شدند. مجموع جمعیت استحصالی به ظرف پتری مدرج منتقل و در زیر بینوکولار شمارش گردید.

طبق معادله استنبرینک (۲۳)، محاسبه فاکتور تولیدمثل برای هر کدام از تیمارها بر اساس فرمول $R=PF/PI$ صورت گرفت که در آن PI جمعیت اولیه و PF جمعیت نهایی نماتد می‌باشد. شاخص گال با استفاده از کلید مربوطه تعیین شد (۲۶). در این درجه‌بندی، شاخص صفر برای حالتی که تعداد گال یا توده

کردن گلدان‌های مورد استفاده و بذرهاى گوجه‌فرنگی با محلول ۱۰٪ هیپوکلرید سدیم تجاری انجام شد. تشخیص گونه از طریق برش انتهای بدن نماتد ماده یا الگوی اثر انگشتی (Perineal pattern) انجام شد (۲۸). شناسایی گونه‌ی نماتد براساس کلید جیسون (۱۸) صورت گرفت. جهت تثبیت ماده‌ها در داخل بافت و رنگ‌آمیزی آنها از روش هارتمن و ساسر (۱۵) استفاده شد. به منظور بررسی مشخصات ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی لاروهای سن دوم، از کیسه‌های تخم نماتد ماده‌ای که برش تهیه شده بود، برای تفریخ لاروها و تهیه اسلاید استفاده گردید. تعیین نژاد از طریق آزمون میزبان‌های افتراقی بر اساس روش پیشنهادی بارکر و همکاران (۹) انجام شد. پس از تشخیص دقیق، برای به‌دست آوردن جمعیت انبوه و خالص، نماتد چندین دوره متوالی روی گوجه‌فرنگی رقم روتگرز تکثیر شد. مایه تلقیح از گوجه‌فرنگی‌هایی که به روش تک کیسه تخم آلوده شده بودند، تهیه گردید. جهت استخراج نماتد، طبق روش هوسی و بارکر (۱۷) عمل شد. لاروهای سن دوم استحصالی توسط پتری مدرج مورد شمارش قرار گرفت.

کاشت بذرها و مایه‌زنی بوته‌ها

بذرهاى ضد عفونی شده ۱۱ رقم فلفل شامل: فلفل قلمی (Hyb. Aziz- Petoseed, Hyb. Coyame- Petoseed) و فلفل دلمه‌ای (Hyb. Bounty- Petoseed) و فلفل (Hyb. Camelot- California Wonder 301- Petoseed) و فلفل (Hyb. Wizard- Hyb. King Arthur- Petoseed, Petoseed Hyb. Plato, Hyb. Aristotle (SQ-R)- Petoseed, Petoseed California (SQ-R)- Petoseed) و Mercury- Petoseed و Wonder 301- Canyon از شرکت فلات ایران تهیه شد. این بذرها در گلدان‌های حاوی خاک استریل شامل خاک، ماسه، کود برگ (۲:۱:۱) و مقداری پرلیت استریل کشت گردید. هر گیاهچه در مرحله ۴-۶ برگی توسط ۲۰۰۰ عدد لارو سن دوم نماتد مایه‌زنی شد. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی روی ۱۱ رقم با چهار تکرار صورت گرفت. گیاهچه‌ها در تمام طول

جدول ۱. مقایسه میانگین درصد کاهش میزان کلروفیل، طول ساقه، قطر ساقه و وزن تر و خشک شاخساره نسبت به شاهد در ۱۱ رقم فلفل

رقم	وزن خشک شاخساره	وزن تر شاخساره	میزان کلروفیل	طول ساقه	قطر ساقه
هیبرید باونتی	۲۳/۱۴۳cd	۱۱/۵۶۰f	۱۰/۲۲۷d	۶/۱۱۰gf	۶/۷۳۰ef
مرکوری	۱۲/۳۲۷d	۹/۷۴۳f	۲/۹۴۷e	۳/۰۲۷g	۵/۰۷۳f
هیبرید کویامی	۳۴/۶۱۰bc	۳۱/۶۶۷d	۱۲/۳۸۷cd	۱۲/۶۶۷de	۱۲/۰۸۳c
هیبرید پلاتو	۴۳/۸۹۷ab	۲۷/۰۷۷de	۱۱/۵۵۳d	۸/۵۶۳efg	۱۱/۲۸۰cd
هیبرید آریستوتل	۴۵/۷۴۷ab	۳۶/۹۵۷cd	۱۷/۳۳۳bc	۱۹/۰۲۷bc	۱۳/۹۶۰c
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۴۹/۴۲۰a	۴۸/۳۳۳b	۱۶/۷۸۰bc	۱۶/۳۶۰cd	۲۰/۸۷۳b
هیبرید ویزارد	۲۸/۳۶۳c	۱۲/۳۳۳f	۱۱/۰۴۰d	۱۱/۸۴۷def	۷/۴۱۰def
هیبرید کینگ آرتور	۴۸/۶۰۰a	۴۲/۷۵۰bc	۲۰/۳۰۰b	۳۳/۳۳۰a	۱۹/۵۰b
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۳۲/۳۲۳bc	۱۹/۷۰۷ef	۸/۷۳۳d	۶/۱۷۰gf	۹/۹۴۷cde
هیبرید کاملوت	۱۴/۲۸۷d	۱۱/۶۸۷f	۱/۱۱۳e	۴/۶۶۷g	۳/۹۱۳f
هیبرید عزیز	۵۴/۸۴۰a	۶۸/۲۱۷a	۲۶/۴۸۰a	۲۳/۴۸۰b	۶۸/۱۱۰a

در رقم‌های هیبرید عزیز، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید ویزارد، هیبرید باونتی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری و هیبرید کاملوت به ترتیب ۲۶/۴۸، ۲۰/۳۰، ۱۷/۳۳، ۱۶/۷۸، ۱۲/۳۸، ۱۱/۵۵، ۱۱/۰۴، ۱۰/۲۲، ۸/۷۳، ۲/۹۴ و ۱/۱۱ درصد می‌باشد. لذا می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین میزان تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با هم، بین رقم‌های هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید ویزارد، هیبرید باونتی و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با هم و بین رقم‌های مرکوری و هیبرید کاملوت با هم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). کاهش میزان کلروفیل برگ نشان از اختلالی دارد که در حضور بیمارگر بر گیاه وارد می‌شود و به عنوان یکی از پارامترهای مهم تحت تأثیر قرار گرفته، فرایند فتوسنتز را به مخاطره می‌اندازد.

کاهش وزن تر و خشک شاخساره

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاهش وزن تر شاخساره

تخم صفر است و شاخص‌های ۱ تا ۵ به ترتیب برای تعداد گال یا توده تخم ۱ تا ۲، ۳ تا ۱۰، ۱۱ تا ۳۰، ۳۱ تا ۱۰۰ و بیشتر از ۱۰۰ در نظر گرفته می‌شود. بر این اساس، یک شاخص مقاومت (Resistance Index) که ریشه دوم مجموع توان دوم شاخص گال و شاخص توده تخم ($RI = (\text{gall index}^2 + \text{egg mass index}^2)$) است، محاسبه و میزان مقاومت یا حساسیت به صورت زیر تعیین شد: شاخص مقاومت صفر تا ۰/۹ به عنوان رقم ایمن، ۱ تا ۱/۹ به عنوان رقم بسیار مقاوم، ۲ تا ۲/۹ به عنوان رقم مقاوم، ۳ تا ۳/۹ به عنوان رقم نسبتاً مقاوم، ۴ تا ۴/۹ به عنوان رقم با مقاومت متوسط، ۵ تا ۵/۹ به عنوان رقم نسبتاً حساس، ۶ تا ۶/۹ به عنوان رقم حساس و بیشتر از ۷ به عنوان رقم بسیار حساس شناخته می‌شود (۲۶). داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل شدند و مقایسه میانگین داده‌ها توسط آزمون توکی صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات رویشی فلفل

کاهش میزان کلروفیل برگ

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کاهش میزان کلروفیل برگ

در رقم‌های هیبرید عزیز، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل، هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید کاملوت، هیبرید باونتی و مرکوری به ترتیب ۶۸/۲۱، ۴۸/۳۳، ۴۲/۷۵، ۳۶/۹۵، ۳۱/۶۶، ۲۷/۰۷، ۱۹/۷۰، ۱۲/۳۳، ۱۱/۶۸، ۱۱/۵۶ و ۹/۷۴ درصد می‌باشد. رقم هیبرید عزیز و رقم مرکوری به ترتیب بیشترین و کمترین تغییرات را نشان دادند. همچنین، بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱ و هیبرید کینگ آرتور و بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید کاملوت، هیبرید باونتی و مرکوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). همچنین، نتایج نشان داد که کاهش وزن خشک شاخساره در رقم‌های هیبرید عزیز، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل، هیبرید پلاتو، هیبرید کویامی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید باونتی، هیبرید کاملوت و مرکوری به ترتیب ۵۴/۸۴، ۴۹/۴۲، ۴۸/۶۰، ۴۵/۷۴، ۴۳/۸۹، ۳۴/۶۱، ۳۲/۳۲، ۲۸/۳۶، ۲۳/۱۴، ۱۴/۲۸ و ۱۲/۳۲ درصد می‌باشد. می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم مرکوری را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید عزیز، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل و هیبرید پلاتو با هم و بین رقم‌های هیبرید باونتی، هیبرید کاملوت و مرکوری با هم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). کاهش وزن تر و خشک شاخساره به عنوان شاخصی مهم در حضور بیمارگرهای مختلف از جمله نماتد، امری طبیعی است. در واقع، گیاه تحت تنش، دچار کاهش رشد می‌شود. این یافته با نتایج تحقیقات انجام شده روی لوبیا، خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل مشابهت نشان داد (۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۰، ۱۹ و ۲۲).

افزایش وزن تر و خشک ریشه

با توجه به نتایج مقایسه میانگین، افزایش وزن تر ریشه در رقم‌های هیبرید عزیز (۵۳/۶۶)، هیبرید کینگ آرتور (۵۱)، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ (۴۱/۳۳)، هیبرید آریستوتل (۴۰/۹۳)،

هیبرید کویامی (۳۷/۶۶)، هیبرید پلاتو (۳۵/۳۳)، هیبرید ویزارد (۳۳/۳۶)، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ (۲۸/۶۶)، هیبرید باونتی (۲۸/۳۳)، مرکوری (۲۳) و هیبرید کاملوت (۱۶) درصد ثبت شد. می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید عزیز، هیبرید کینگ آرتور، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ و هیبرید آریستوتل با هم و بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). همچنین، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که افزایش وزن خشک ریشه در رقم‌های هیبرید عزیز (۷۵)، هیبرید آریستوتل (۵۳/۳۳)، هیبرید کینگ آرتور (۴۳/۳۳)، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ (۲۹/۲۲)، هیبرید کویامی (۱۸/۵۱)، هیبرید پلاتو (۱۸/۱۸)، هیبرید ویزارد (۱۴/۸۱)، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ (۱۲/۵۰)، هیبرید باونتی (۱۱/۱۱)، مرکوری (۹/۵۲) و هیبرید کاملوت (۷/۴۰) درصد بود. می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید آریستوتل و هیبرید کینگ آرتور با هم و بین رقم‌های هیبرید ویزارد، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). افزایش وزن تر و خشک ریشه ناشی از پُرازدیادی و افزایش رشد است که سبب رشد غیرعادی و افزایش وزن آن می‌شود.

افزایش حجم ریشه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که درصد افزایش حجم ریشه در رقم‌های هیبرید عزیز (۶۶/۶۶)، هیبرید کینگ آرتور (۵۰)، هیبرید آریستوتل (۵۰)، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ (۳۹/۵۸)، هیبرید پلاتو (۳۳/۳۳)، هیبرید ویزارد (۳۳/۳۰)، هیبرید کویامی (۲۸/۶۶)، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ (۲۰/۸۳)، مرکوری (۱۳/۰۳)، هیبرید باونتی (۱۲/۵۰) و هیبرید کاملوت (۷/۳۸) می‌باشد.

جدول ۲. مقایسه میانگین درصد کاهش میزان طول ریشه و تعداد برگ سالم و درصد افزایش میزان حجم و وزن تر و خشک ریشه نسبت به

شاهد در ۱۱ رقم فلفل

رقم	وزن خشک ریشه	وزن تر ریشه	حجم ریشه	طول ریشه	تعداد برگ
هیبرید باونتی	۱۱/۱۱۰de	۲۸/۳۳۳cde	۱۲/۵۰۰de	۱۳/۳۳۳cd	۷/۴۰۳e
مرکوری	۹/۵۲۰de	۲۳de	۱۳/۰۳۳de	۱۱/۱۰۳d	۹/۵۲e
هیبرید کویامی	۱۸/۵۱۷d	۳۷/۶۶۷bcd	۲۸/۶۶۷bcde	۲۴/۲۴۰b	۱۷/۲۲۷c
هیبرید پلاتو	۱۸/۱۸۰d	۳۵/۳۳۳cd	۳۳/۳۳۳bcd	۲۲/۲۱۰b	۱۶/۶۶۷cd
هیبرید آریستوتل	۵۳/۳۳۳b	۴۰/۹۳۳abc	۵۰ab	۴۱/۶۳۳a	۲۵/۷۱۰b
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۲۹/۲۲۰c	۴۱/۳۳۳abc	۳۹/۵۸۳bc	۲۵/۸۷۳b	۲۴/۹۹۷b
هیبرید ویزارد	۱۴/۸۱۳de	۳۳/۳۶۷cd	۳۳/۳۰۰bcd	۲۲/۲۲۰b	۲۳/۸۰۳b
هیبرید کینگ آرتور	۴۳/۳۳۳b	۵۱ab	۵۰ab	۲۹/۰۸۰b	۵۵/۵۵۳a
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۱۲/۵۰۰de	۲۸/۶۶۷cde	۲۰/۸۳۳cde	۲۱/۵۴۷bc	۱۱/۰۸۷de
هیبرید کاملوت	۷/۴۰۷e	۱۶e	۷/۳۸۳e	۶/۰۶۷d	۷/۲۴۰e
هیبرید عزیز	۷۵a	۵۳/۶۶۷a	۶۶/۶۶۷a	۲۵/۲۴۰b	۲۶/۳۷۳b

می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید عزیز، هیبرید کینگ آرتور و هیبرید آریستوتل با هم و بین رقم‌های هیبرید کویامی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری، هیبرید باونتی و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). افزایش حجم ریشه نیز به گونه‌ای مشابه، ناشی از افزایش رشد است. نماتد ریشه‌گرهی در خلال تغذیه با تولید مواد تحریک کننده سبب رخ دادن این عارضه می‌شود.

کاهش طول ساقه و ریشه

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که درصد کاهش طول ساقه در رقم‌های هیبرید کینگ آرتور، هیبرید عزیز، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کویامی، هیبرید ویزارد، هیبرید پلاتو، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، هیبرید کاملوت و مرکوری به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار ثبت شد. می‌توان رقم هیبرید کینگ آرتور (۳۳/۳۳ درصد) را به

عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم مرکوری (۳/۰۲ درصد) را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید عزیز و هیبرید آریستوتل با هم، بین رقم‌های هیبرید پلاتو، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، هیبرید کاملوت و مرکوری با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). همچنین، نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد کاهش طول ریشه در رقم‌های هیبرید آریستوتل، هیبرید کینگ آرتور، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید عزیز، هیبرید کویامی، هیبرید ویزارد، هیبرید پلاتو، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت به ترتیب ۴۱/۶۳، ۲۹/۰۸، ۲۵/۸۷، ۲۵/۲۴، ۲۴/۲۴، ۲۲/۲۲، ۲۲/۲۱، ۲۱/۵۴، ۱۳/۳۳، ۱۱/۱۰ و ۶/۰۶ مشاهده شد. می‌توان رقم هیبرید آریستوتل را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید کینگ آرتور، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید عزیز، هیبرید کویامی، هیبرید ویزارد، هیبرید پلاتو و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با هم و بین رقم‌های هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری

مشاهده نشد (جدول ۲). کاهش طول ساقه و ریشه و به تبع آن کاهش رشد گیاه در حمله بیمارگرهای متعدد قابل رؤیت است. نماتد با توجه به اختلالاتی که در فیزیولوژی طبیعی میزبان به وجود می‌آورد، سبب کاهش صفات رشدی گیاه می‌شود. نتایج به دست آمده با نتایج کارهای انجام شده روی لوبیا و گوجه‌فرنگی هم‌خوانی دارد (۴، ۶ و ۱۰).

کاهش قطر ساقه و تعداد برگ سالم

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که درصد کاهش قطر ساقه در رقم‌های هیبرید عزیز، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل، هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت به ترتیب از بیشترین به کمترین مقدار ثبت شد. می‌توان رقم هیبرید عزیز (۶۸/۱۱ درصد) را به عنوان رقمی با بیشترین میزان تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت (۳/۹۱ درصد) را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱ و هیبرید کینگ آرتور با هم و بین رقم‌های هیبرید ویزارد، هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان داد که درصد کاهش تعداد برگ سالم در رقم‌های هیبرید کینگ آرتور، هیبرید عزیز، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری، هیبرید باونتی و هیبرید کاملوت به ترتیب از بیشترین به کمترین میزان ثبت شد. می‌توان رقم هیبرید کینگ آرتور (۵۵/۵۵ درصد) را به عنوان رقمی با بیشترین میزان تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت (۷/۲۴ درصد) را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید عزیز، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ و هیبرید ویزارد با هم و بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری، هیبرید باونتی و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). کاهش میزان قطر ساقه و تعداد برگ نشان از خسارت ایجاد شده

توسط بیمارگر در گیاه دارد. تفاوت بین رقم‌ها در واقع منعکس کننده میزان تأثیرپذیری گیاه از نماتد است که در رقم‌های حساس، این میزان بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد.

صفات تولیدمثلی نماتد

تعداد گره و تعداد توده تخم

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد گره در رقم‌های هیبرید عزیز، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید پلاتو، هیبرید کویامی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت به ترتیب ۱۵۳/۳۳، ۱۳۳/۳۳، ۴۶/۶۶، ۳۱/۶۶، ۲۲، ۲۲، ۱۹، ۱۰، ۵ و ۵ عدد می‌باشد. می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد معرفی نمود. همچنین، بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید ویزارد، هیبرید پلاتو و هیبرید کویامی با هم و بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱ و هیبرید باونتی و بین رقم‌های هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). همچنین نتایج مقایسه میانگین تعداد توده تخم مشابه نتایج مقایسه میانگین تعداد گره بود و در این صفت نیز بین رقم‌های هیبرید کینگ آرتور و هیبرید آریستوتل با هم و بین رقم‌های هیبرید کویامی و هیبرید پلاتو با هم و بین رقم‌های هیبرید ویزارد و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با هم و بین مرکوری و هیبرید کاملوت با هم تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). این صفات به عنوان صفات پایه در ارزیابی مقاومت رقم‌های نسبت به نماتد به کار گرفته می‌شود. افزایش آنها از مساعد بودن فیزیولوژی میزبان برای خسارت نماتد حکایت دارد. نتایج این بخش از تحقیق، با نتایج تحقیقات انجام شده روی لوبیا، خیار و فلفل تطابق نشان می‌دهد (۳، ۶، ۷ و ۲۲). بالا بودن سطح تحمل رقم کالیفرنیا واندر در کارهایی مشابه این کار در آزمایش‌های مختلفی که محققین در نقاط مختلف جهان انجام داده‌اند، تأیید شده است (۸، ۱۰ و ۱۹).

جدول ۳. مقایسه میانگین تعداد گره، توده تخم، لارو سن دوم و فاکتور تولیدمثلی نماتد در ۱۱ رقم فلفل

رقم	تعداد گره	تعداد کیسه تخم	تعداد لارو سن دوم	RF
هیبرید باونتی	۱۰fg	۱۴/۶۶۷f	۹۴۴۴de	۴/۷۲۲de
مرکوری	۵g	۶g	۸۳۳۲/۷ef	۴/۱۶۶ef
هیبرید کویامی	۲۲de	۳۶/۳۳۳d	۱۳۳۳۲/۷c	۶/۶۶۶c
هیبرید پلاتو	۲۲de	۳۶/۳۳۳d	۱۰۶۶۶/۳d	۵/۳۳۳d
هیبرید آریستوتل	۴۶/۶۶۷c	۶۴/۶۶۷b	۱۷۷۷۷/۳b	۸/۸۸۸b
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۳۱/۶۶۷d	۵۵c	۱۲۸۸۸/۷c	۶/۴۴۴c
هیبرید ویزارد	۲۲de	۲۴e	۱۰۵۵۵/۳d	۵/۲۷۷d
هیبرید کینگ آرتور	۱۳۳/۳۳۳b	۶۶/۶۶۷b	۱۷۲۲۲b	۸/۶۱۱b
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۱۹ef	۱۶/۶۶۷ef	۸۳۳۳/۳ef	۴/۱۶۶ef
هیبرید کاملوت	۵g	۳/۶۶۷g	۶۹۹۹/۷f	۳/۴۹۹f
هیبرید عزیز	۱۵۳/۳۳۳a	۹۴/۶۶۷a	۴۱۱۱۰/۷a	۲۰/۵۵۵a

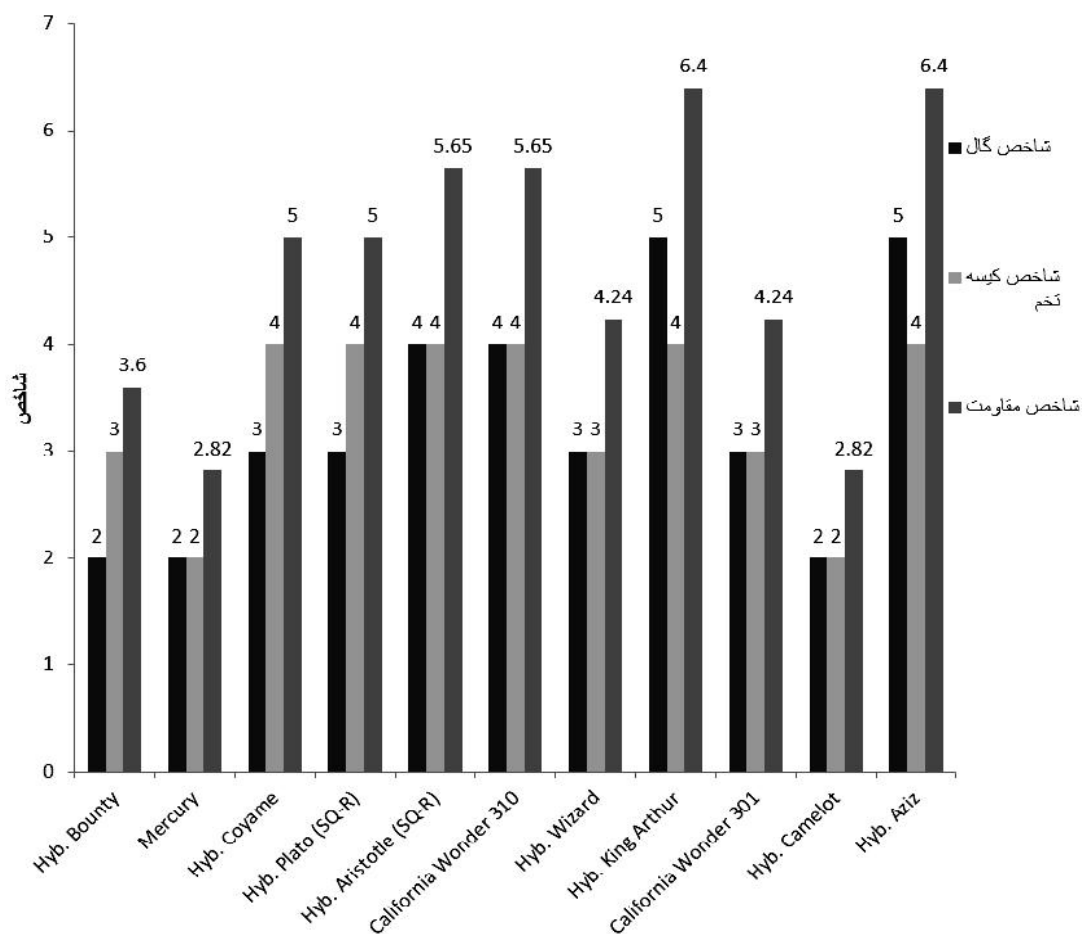
تعداد لارو سن دوم و فاکتور تولیدمثلی نماتد (RF)

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تعداد لارو سن دوم و فاکتور تولیدمثلی نماتد از بیشترین به کمترین تعداد به ترتیب در رقم‌های هیبرید عزیز، هیبرید آریستوتل، هیبرید کینگ آرتور، هیبرید کویامی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، هیبرید پلاتو، هیبرید ویزارد، هیبرید باونتی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری و هیبرید کاملوت ثبت شد. می‌توان رقم هیبرید عزیز را به عنوان رقمی با بیشترین تأثیرپذیری و رقم هیبرید کاملوت را با کمترین میزان تأثیرپذیری از نماتد در نظر گرفت. همچنین، بین رقم‌های هیبرید آریستوتل و هیبرید کینگ آرتور با هم، بین رقم‌های هیبرید کویامی و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با هم، بین رقم‌های هیبرید پلاتو، هیبرید ویزارد و هیبرید باونتی با هم، بین رقم‌های کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری و هیبرید کاملوت با هم، و بین رقم‌های هیبرید باونتی، کالیفرنیا واندر ۳۰۱، مرکوری با هم، تفاوت آماری معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). فاکتور تولیدمثلی نماتد به عنوان پارامتری مهم در ارزیابی مقاومت استفاده می‌شود. با توجه به روش محاسبه آن، می‌توان این‌گونه اظهار داشت که افزایش آن در یک رقم خاص نشان دهنده حساسیت بیشتر آن رقم خواهد بود. این نتایج با نتایج کارهای انجام گرفته روی لوبیا، خیار، گوجه‌فرنگی و فلفل مشابهت نشان

داد (۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۲۲). در کارهای ارزیابی مقاومت رقم‌های فلفل که روی رقم‌های مختلفی انجام شده است، همانند نتایج این آزمایش، سطح زیاد تحمل برای رقم کالیفرنیا واندر ثبت شده است (۸، ۱۰ و ۱۹).

شاخص گال و توده تخم

تعیین واکنش نهایی رقم‌ها براساس شاخص گال نشان داد که رقم‌های هیبرید باونتی، مرکوری و هیبرید کاملوت به عنوان متحمل‌ترین رقم‌های شاخص ۲، رقم‌های هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید ویزارد، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ شاخص ۳، رقم‌های هیبرید آریستوتل و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ شاخص ۴ و رقم‌های هیبرید کینگ آرتور و هیبرید عزیز به عنوان حساس‌ترین رقم‌ها شاخص ۵ را به خود اختصاص دادند (شکل ۱ و جدول ۴). همچنین، تعیین این شاخص براساس توده تخم نشان داد که رقم‌های مرکوری و هیبرید کاملوت به عنوان متحمل‌ترین رقم‌ها شاخص ۲، رقم‌های هیبرید باونتی، هیبرید ویزارد و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ شاخص ۳، رقم‌های هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید آریستوتل، کالیفرنیا واندر ۳۰۱ و هیبرید کینگ آرتور و هیبرید عزیز به عنوان حساس‌ترین رقم‌ها شاخص ۴ را به خود اختصاص دادند (شکل ۱ و جدول ۴).

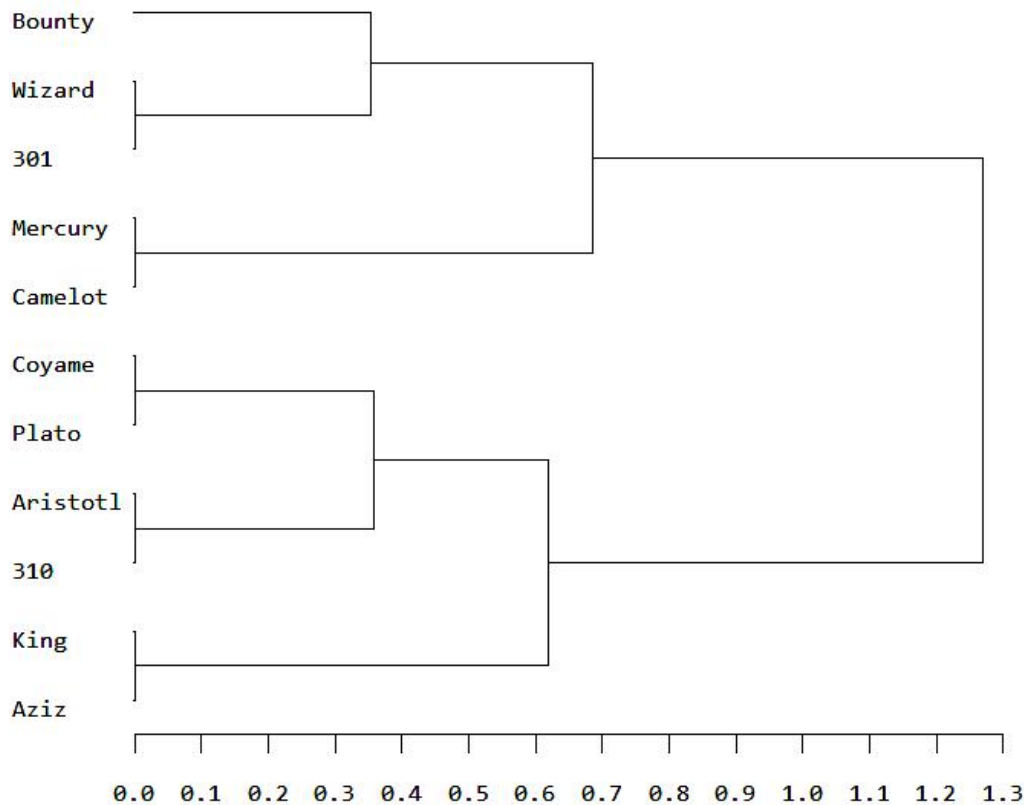


شکل ۱. بررسی مقاومت ۱۱ رقم مختلف فلفل نسبت به نماتد ریشه‌گرهی براساس شاخص گال، توده تخم و مقاومت

جدول ۴. بررسی مقاومت ۱۱ رقم مختلف فلفل نسبت به نماتد ریشه‌گرهی براساس شاخص گال، توده تخم و مقاومت و گروه‌بندی نهایی

براساس شاخص مقاومت

رقم	شاخص گال	شاخص توده تخم	شاخص مقاومت	گروه‌بندی
هیبرید باونتی	۲	۳	۳/۶	نسبتاً مقاوم
مرکوری	۲	۲	۲/۸۲	مقاوم
هیبرید کویامی	۳	۴	۵	نسبتاً حساس
هیبرید پلاتو	۳	۴	۵	نسبتاً حساس
هیبرید آریستوتل	۴	۴	۵/۶۵	نسبتاً حساس
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۴	۴	۵/۶۵	نسبتاً حساس
هیبرید ویزارد	۳	۳	۴/۲۴	مقاومت متوسط
هیبرید کینگ آرتور	۵	۴	۶/۴۰	حساس
کالیفرنیا واندر ۳۰۱	۳	۳	۴/۲۴	مقاومت متوسط
هیبرید کاملوت	۲	۲	۲/۸۲	مقاوم
هیبرید عزیز	۵	۴	۶/۴۰	حساس



شکل ۲. رسم دندروگرام (تجزیه خوشه‌ای آماری) ۱۱ رقم مختلف فلفل براساس شاخص مقاومت

متوسط، رقم‌های هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید آریستوتل و کالیفرنیا و اندر ۳۰۱ رقم‌های نسبتاً حساس و رقم‌های هیبرید کینگ آرتور و هیبرید عزیز به عنوان رقم‌های حساس معرفی می‌شوند (شکل ۱ و جدول ۴). زیاد بودن سطح تحمل رقم کالیفرنیا و اندر در بررسی‌های صورت گرفته در کالیفرنیا، نیجریه و پاکستان، گزارش شده است (۸ و ۱۹).

آنالیز خوشه‌ای رقم‌ها براساس شاخص مقاومت نیز حکایت از آن داشت که رقم‌های هیبرید کینگ آرتور و هیبرید عزیز با بیشترین تفاوت از سایر رقم‌ها، به عنوان حساسترین رقم‌ها در قاعده دندروگرام قرار می‌گیرند که با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند. همچنین، رقم‌های هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید آریستوتل و کالیفرنیا و اندر ۳۰۱ با بیشترین شباهت به هم در گروه رقم‌های نسبتاً حساس قرار می‌گیرند.

محاسبه شاخص گال و توده تخم که جزو شاخص‌های مهم رشد نماتد محسوب می‌شود، جهت تصمیم‌گیری نهایی در مورد عکس‌العمل رقم‌ها، تعیین‌کننده خواهد بود. این شاخص‌ها در کارهای انجام شده روی گوجه‌فرنگی، خیار، فلفل و لوبیا جهت سنجش به کار گرفته شده است (۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۲۲). نتایج این تحقیق در مورد سطح تحمل رقم کالیفرنیا و اندر با نتایج محققین مختلف هم‌خوانی دارد (۸، ۱۰ و ۱۹).

شاخص مقاومت

تعیین واکنش نهایی رقم‌ها براساس شاخص مقاومت نشان داد که رقم‌های مرکوری و هیبرید کاملوت به عنوان رقم‌های مقاوم، رقم هیبرید باونتی به عنوان رقم نسبتاً مقاوم، رقم‌های هیبرید ویزارد و کالیفرنیا و اندر ۳۰۱ به عنوان رقم‌هایی با مقاومت

رقم‌های مرکوری و هیبرید کاملوت با بیشترین شباهت به همدیگر در گروه رقم‌های مقاوم قرار گرفتند و رقم‌های هیبرید ویزارد و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با بیشترین شباهت به رقم هیبرید باونتی به ترتیب جزو گروه مقاومت متوسط، مقاومت متوسط و نسبتاً مقاوم دسته‌بندی شدند (شکل ۲).

نتیجه‌گیری

نتایج کلی حاکی از آن است که بین ۱۱ رقم فلفل تحت تأثیر قرار گرفته از تنش نماتدی، تفاوت آماری معنی‌داری از لحاظ صفات رویشی گیاه و صفات تولیدمثلی نماتد وجود دارد. در بین این رقم‌ها، هیبرید عزیز و هیبرید کینگ آرتور به عنوان رقم‌های حساس و رقم‌های هیبرید کویامی، هیبرید پلاتو، هیبرید آریستوتل و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ به عنوان رقم‌های نسبتاً حساس و رقم‌های هیبرید ویزارد و کالیفرنیا واندر ۳۰۱ با

مقاومت متوسط شناسایی شدند. همچنین، رقم باونتی به عنوان رقم نسبتاً مقاوم شناخته شد. رقم‌های هیبرید کاملوت و مرکوری به عنوان رقم‌های مقاوم معرفی شدند. در تمامی تحقیقات انجام شده، همانند مطالعه حال حاضر، صفات رشدی گیاه شامل طول اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه و اندام‌های هوایی کاهش نشان می‌دهند و این کاهش در رقم‌های حساس مشهودتر است. همچنین، صفات تولیدمثلی نماتد شامل تعداد گال، کیسه تخم و فاکتور تولیدمثلی نیز در رقم‌های حساس به مراتب بیشتر از رقم‌های مقاوم یا متحمل بوده است. پیشنهاد می‌شود در مطالعات آینده، آزمون در شرایط مزرعه نیز تکرار شود تا با مقایسه نتایج، بتوان توصیه مناسبی را در جهت کاربرد رقم‌های مطلوب ارائه نمود.

منابع مورد استفاده

۱. اخیانی، آ.، ح. مجتهدی و آ. نادری. ۱۳۷۳. گونه‌ها و نژادهای فیزیولوژیکی نماتد ریشه‌گرهی در ایران. مجله بیماری‌های گیاهی ۲۰: ۵۷-۷۰.
۲. حسندخت، م. ر. ۱۳۹۱. تکنولوژی تولید سبزی‌ها. انتشارات سلسله، گیلان.
۳. خدائی اربط، ع.، ع. طاهری، م. ه. پهلوانی و غ. نیکنام. ۱۳۸۸. ارزیابی مقاومت چهار رقم گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد مولد گره ریشه (*Meloidogyne javanica*). مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۱۶(۱): ۴۵-۵۵.
۴. رضایی، ب.، ع. مهدیخانی مقدم و ح. روحانی. ۱۳۹۲. ارزیابی مقاومت برخی از ارقام گوجه‌فرنگی نسبت به نماتد ریشه‌گرهی (*Meloidogyne javanica*) در شرایط گلخانه. نشریه حفاظت گیاهان (علوم و صنایع کشاورزی) ۳: ۲۷۶-۲۸۵.
۵. صادق موسوی، ش.، ا. کارگربیده و ع. دلجو. ۱۳۸۵. بررسی عکس‌العمل تعدادی از ارقام خیار گلخانه‌ای رایج در ایران نسبت به نماتد ریشه‌گرهی، *Meloidogyne incognita*. نشریه بیماری‌های گیاهی ۴۲: ۲۴۲-۲۴۹.
۶. قایدی، س. و م. عبدالهی. ۱۳۹۳. ارزیابی مقاومت هشت رقم لوبیا نسبت به نماتد گره ریشه (*Meloidogyne incognita*). مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱: ۱۷-۳۶.
۷. میره‌کی، ک.، م. عبدالهی و ا. دهداری. ۱۳۹۲. واکنش هشت رقم گوجه‌فرنگی به نماتد مولد گره ریشه (*Meloidogyne incognita*) در شرایط گلخانه. نشریه دانش گیاه‌پزشکی ایران ۴۴: ۲۹۱-۲۹۸.
8. Anwar, S.A., M.M. Mahdi, and F.A. Chaudhry. 2013. Evaluation of two vegetables against *Meloidogyne incognita* infection. Pak. J. Zool. 45(5): 1285-1290.
9. Barker, K.R., C.C. Carter and J.N. Sasser. 1985. An advanced treatise on *Meloidogyne*, Vol. II: Methodology, Conference proceedings, pp. 212-233.

10. Bello, T. Tesleem, B. Fawole, and A. Claudius-Cole. 2015. Suceptibility of seven varieties of pepper and tomato to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Ibadan, Nigeria. IOSR J. Agric. Vet. Sci. 8(10): 79-82.
11. Chen, Z.X., S.Y. Chen and D.W. Dickson. 2003. Nematology- Advances and Perspectives. Vol. 2, pp. 637-744.
12. Davis, R.F. and O.L. May. 2003. Relationship between tolerance and resistance to *Meloidogyne incognita* in cotton. J. Nematol. 35(4): 411-416.
13. Devran, Z. and I.H. Elekcioglu. 2004. The screening of F₂ plants for the root knot nematode resistance gene mi by PCR in tomato. Turk. J. Agric. For. 28(4): 253-257.
14. Eisenback, J.D. 1985. Techniques for preparing nematodes for scanning electron microscopy. PP. 79-105. In: Barker, K.R., C.C. Carter and J.N. Sasser (Eds.), An Advanced Tretise on *Meloidogyne*, Methodology, NCSU.
15. Hartman, K.M. and J.N. Sasser. 1985. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host test and perineal pattern morphology. PP. 69-77. In: Barker, K.R., C.C. Carter and J.N. Sasser (Eds.), An Advanced Tretise on *Meloidogyne*, Methodology, NCSU.
16. Howard, L.R., S.T. Talcott, C.H. Brenes and B. Villalon. 2000. Changess in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars as influenced by maturity. J. Agric. 48: 1713-1720.
17. Hussey, R.S. and K.R. Barker. 1973. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. Plant Dis. Reporter 57: 1025-1028.
18. Jepson, S.B. 1987. Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* spp.). CAB International, Wallingford, UK.
19. Joseluis, A.O. Bachie, and A. Ploeg. 2014. Response of resistant and susceptible bell pepper (*Capsicum annum*) to a southern California *Meloidogyne incognita* population from a commercial bell pepper field. J. Nematol. 46(4): 346-351.
20. Kamalwanshi, R.S., A. Khan and A.S. Srivastava. 2004. Reaction of tomato germplasm against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. J. Nematol. 34(1): 94-95.
21. Nass, L.L., A.C.C. Valois, I.S. Melo and M.C. Valadares-Inglis. 2001. Recursos e Melhoramento: Plantas. Rondonopolis. Fundacao, pp. 1109-1183.
22. Nwanguma, E.I., O.O. Idowu-Agida and A.A. Oladigbola. 2013. Susceptibility of elite cultivars of pepper *Capsicum fruitisens* to the root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita* Race 2, in parts of Southwestern Nigeria. Int. J. Dev. Sustain. 2(4): 2248-2255.
23. Oostenbrink, M. 1966. Major characteristics of the relationships between nematodes and plants. Mededelingen Landbouwhogeschool 66: 1-46.
24. Pedrosa, E.M.R., R.S. Hussey and H.R. Boerma. 1996. Cellular responses of resistant and susceptible soybean genotypes infected with *Meloidogyne arenaria* race 1 and 2. J. Nematol. 28: 225-232.
25. Perry, R.N., M. Maurice and J.L. Starr. 2010. Root-Knot Nematodes. CABI Head Office, UK, 531 p.
26. Quesenberry, K.H., D.D. Baltensperger, R.A. Dunn, C.J. Wilcox and S.R. Hardy. 1989. Selection for tolerance to root-knot nematodes in red clover. C. Sci. 29: 62-65.
27. Starr, J.L., J. Bridge and R. Cook. 2002. Resistance to plant-parasitic nematodes. History, current use and future potential. PP. 1-22. In: Starr, J.L., J. Bridge and R. Cook (Eds.), Plant Resistance to Parasitic Nematodes, CAB International Publishing, Wallingford, UK.
28. Taylor, D.P. and C. Netscher. 1974. An improved technique for preparing perennial pattern of *Meloidogyne* spp. Nematol. 20: 251-268.
29. Topuz, A. and N. Ozdem. 2007. Assessment of carotenoids, capsaicinoids ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey. J. Food Comp. 20: 596-602.