ارزيابي عكس‌العمل تعدادي از ارقام خيار نسبت به نماتود ريشه‌گرهي، *Meloidogyne javanica* *

REACTION OF SOME CUCUMBER CULTIVARS TO ROOT-KNOT NEMATODE, *Meloidogyne javanica*

محمدرضا ابولي پور[۱]، مجيد اولياء[۱]**، علي اكبر فدايي [۱] و مهدي كديور[۲]

(تاريخ دريافت: ۱۳۸۹/۲/۶؛ تاريخ پذيرش: ۱۳۹۰/۲/۲۵)

چكيده

به منظور بررسي عكس‌العمل ۱۵ رقم خيار نسبت به نماتود ريشه‌گرهي، *Meloidogyne javanica*، ابتدا نماتود روي گوجه‌فرنگي رقم Rutgers خالص‌سازي، تكثير و با استفاده از خصوصيات ريختي و پرايمرهاي اختصاصي مورد شناسايي قرار گرفت. آزمايش به صورت طرح كاملاً تصادفي در گلخانه و در خاك سترون انجام شد. در ارزيابي مقاومت ارقام گوناگون خيار به نماتود به طرق مختلف از فاكتورهاي رشدي گياه ميزبان و توليدمثل نماتود استفاده شد. نتايج به دست آمده از آزمايش‌هاي انجام شده نشان‌دهنده حساسيت تمام ارقام گلخانه‌اي استفاده شده در اين بررسي نسبت به نماتود *M. javanica* بود و تنها دو رقم محلي اصفهان (چمبر و دستگردي) متحمل شناخته شدند. آلودگي به نماتود باعث كاهش ميزان ويتامين ث، شاخص سطح برگ و عناصر كلسيم و پتاسيم شد.

واژه‌هاي كليدي: خيار، مقاومت، نماتود ريشه‌گرهي، *Cucumis sativus, Meloidogyne javanica*

---

*: بخشي از پايان‌نامه كارشناسي ارشد نگارنده اول، دانشكده كشاورزي، دانشگاه شهركرد

**: مسئول مكاتبات، پست الكترونيكي: olia100@yahoo.com

۱. به ترتيب دانشجوي سابق كارشناسي ارشد و استادياران بيماري‌شناسي گياهي، دانشكده كشاورزي، دانشگاه شهركرد

۲. دانشيار صنايع غذايي، دانشكده كشاورزي، دانشگاه صنعتي اصفهان

مقدمه

خيار *Cucumis sativus* L. گياهي است يك ساله، از تيره كدوئيان و از نظر اقتصادي در بين سبزي‌هاي مهم مقام چهارم را بعد از گوجه فرنگي، كلم‌پيچ و پياز داراست (Peyvast 2007). طبق آمار سازمان خواروبار جهاني فائو (FAO 2008) در ايران در سال ۲۰۰۷ در سطح ۷۸۰۰۰ هكتار ۱۷۲۰۰۰۰ تن و در سال ۲۰۰۸ در سطح ۸۲۰۰۰ هكتار ۱۸۰۰۰۰۰ تن محصول برداشت شده است. با توجه به سطح زيركشت وسيع خيار در ايران كه هم در فضاي آزاد و هم در زير انواع پوشش‌ها و تحت شرايط مختلف آب و هوايي انجام مي‌گيرد، آفات و بيماري‌هاي زيادي آن را مورد حمله قرار مي‌دهد. از جمله اين بيماري‌ها مي‌توان به ويروس موزائيک خيار، سفيدک حقيقي، بوته‌ميري و نماتود ريشه‌گرهي اشاره كرد. در بين اين بيماري‌ها، نماتود ريشه‌گرهي يكي از مهم‌ترين آنها محسوب شده (Peyvast 2007)، و هر ساله خساراتي را به كشاورزان و توليدكنندگان اين محصول، خصوصاً در مناطق گرمسيري و نيمه‌گرمسيري وارد مي‌سازد، بنابراين كنترل اين بيماري امري اجتناب ناپذير است.

نماتودهاي ريشه‌گرهي (*Meloidogyne* spp.) از نظر اقتصادي مهم‌ترين نماتودهاي انگل گياهي در سطح جهان هستند كه به اغلب محصولات زراعي حمله كرده و عمده‌ترين عامل كاهش محصول در اثر آلودگي به نماتودهاي انگل گياهي محسوب مي‌شوند (Chen & Robert 2003). پراكنش جهاني، وسعت دامنه ميزباني و تعامل با ساير بيمارگرهاي گياهي در كمپلكس بيماري، آنها را به عنوان يكي از پنج عامل درجه اول بيماري‌زا، در رده مهم‌ترين بيمارگرهاي گياهي، كه تأمين منابع غذايي جهان را تهديد مي‌كند، قرار داده است. اين موفقيت چشمگير بيمارگر، باعث كاهش حدود ۵% در توليد محصولات كشاورزي در سطح جهان شده و يكي از عمده‌ترين موانع توليد غذاي مناسب در بسياري از كشورهاي در حال توسعه به شمار مي‌آيد (Sadegh Mousavi *et al.* 2007). گونه *M. javanica* در سرتاسر جهان پراكنده است و بعد از *M. incognita* دومين گونه مهم نماتود گره ريشه در جهان است و در ايران مهم‌ترين گونه اين نماتود به شمار مي‌رود (Akhiani *et al.* 1986). دامنه پراكندگي جغرافيايي اين گونه بين ۳۳ درجه عرض شمالي تا ۳۳ درجه عرض جنوبي است (Eisenback & Triantaphyllou 1991). با توجه به اين‌كه اغلب روش‌هاي كنترل كارآيي لازم را نداشته و يا در برخي موارد مانند مبارزه شيميايي براي سلامتي انسان و محيط زيست مضر شناخته شده‌اند بنابراين شناسايي و استفاده از ارقام مقاوم به عنوان يكي از اقتصادي‌ترين و بي‌خطرترين روش‌هاي مديريتي امري لازم و ضروري است (Sadegh Mousavi *et al.* 2007). طبق مطالعات انجام شده در كشورهاي ديگر، برخي از ارقام خيار درجاتي از مقاومت نسبت به نماتود گره ريشه از خود نشان داده‌اند (Wehner *et al*. 1991).

در ايران عكس‌العمل ۱۳ رقم و لاين خيار گلخانه‌اي رايج، يک رقم مزرعه‌اي و يک توده بذر محلي همداني نسبت به نماتود ريشه‌گرهي بررسي شد و نتايج آزمايش‌ها نشان داد كه همه ارقام گلخانه‌اي مورد آزمايش نسبت به نژاد يك گونه *M. incognita* حساس مي‌باشند و فقط رقم سوپردوماين كه يك رقم مزرعه‌اي بود متحمل شناخته شد(Sadegh Mousavi *et al*. 2007).

نياز توليدكنندگان خيار در راستاي كاهش ميزان خسارت نماتود ريشه گرهي و محدويت استفاده از مبارزه شيميايي از يك طرف، و طيف وسيع ارقام مورد استفاده براي كاشت اين محصول، جستجوي دقيق‌تر منابع مقاومت براي

شناسـايي و معرفـي ارقـام مقـاوم بـه ايـن نمـاتود را ضـروري مـي‌سـازد. هـدف از ايـن پـژوهش ارزيـابي عكس‌العمل ۱۵ رقم خيار نسبت به نمـاتود گـره ريـشه *M. javanica* و معرفي ارقام مقاوم يـا متحمـل نـسبت بـه ايـن نماتود است.

مواد و روش‌ها

تهيه جمعيت نماتود و شناسايي گونه

در ارديبهـشت مـاه سـال ۱۳۸۷، نمونـه‌هـاي خيـار و گوجه‌فرنگي آلوده به نماتود گره ريـشه از منـاطق مختلـف استان يزد جمع‌آوري شد. پـس از شستـشوي ريـشه، تـک توده تخم‌ها از آن جدا شده و در روي گوجه‌فرنگـي رقـم Rutgers تكثير گرديد. تشخيص ريختي گونه نماتود، پس از تهيـه اسـلايد دائمـي، بـا اسـتفاده از نقـوش انتهـاي بدن ماده و خـصوصيات ريختـي و مورفـومتريكي مـاده و لاروهاي سن دوم (J_2) صورت پـذيرفت. بـراي شناسـايي مولكولي گونه نماتود با استفاده از پرايمرهـاي اختـصاصي، DNA به روش *سـيلوا و همكـاران* (Silva *et al.* 2000) استخراج گرديد. براي انجام واكنش زنجيـره‌اي پليمـراز، از دو جفـت آغـازگر اختـصاصي (OPAFjav/OPARjav و Mjavf/Mjavr) معرفـي شـده توسـط *زايلـسترا و همكـاران*(Zijlstra *et al.* 2000) و *عـسكريان و همكـاران* (Askarian *et al.* 2009) اسـتفاده شـد (جدول ۱). پس از شناسايي گونه مورد نظر، جهـت تكثيـر نهايي براي به دست آوردن جمعيت نمـاتود، از بوتـه‌هـاي گوجه‌فرنگي ۲۰ روزه رقم Rutgers استفاده گرديد و پس از گذشـت ۹۰ روز جمعيـت كـافي جهـت مايـه‌زنـي بـه دست آمد.

ارزيابي ارقام

به منظور ارزيابي مقاومت ارقام مختلف خيار (بهار، دانيتـو، پتوسيد، استورم، ديار ٤٦، ديار ٤٢، كولتان، جانتي، بيت‌آلفا، ميلاد، سينا، نسيم، سالار و دو توده محلي اصـفهان بـه نـام دستگردي و چمبر) به نمـاتود ريـشه‌گرهـي، آزمايـشي بـه صورت طرح كاملاً تصادفي با سه تكرار انجام شـد. ارقـام در گلدان‌هايي به قطر ۱۵ سانتي‌متري حـاوي خـاک شـني لوم (۶۰% شـن، ۲۶% سـيلت و ۱۴% رس) سـترون كـشت گرديد. پس از استخراج و ضـدعفوني تخـم‌هـا بـه وسـيله هيپوكلر سديم، تعداد ۵۰۰۰ تخم به بوته‌هاي خياري كه ۱۸ روز از كاشت آنها مي‌گذشـت مايـه‌زنـي شـده و در طـول آزمايش دماي گلخانه بين ٢٤ تا ٢٧ درجه سانتي‌گـراد نگـه داشته شد. در زمان ميوه‌دهي بخشي از ميوه توليدي جهـت اندازه‌گيري ويتـامين ث جداگانـه نگهـداري و بقيـه بـراي اندازه‌گيري كلسيم و پتاسيم در آون خشک گرديد. ۹۰ روز پـس از كاشـت، بـراي بررسـي نتـايج بـه دسـت آمـده از آزمايش، شاخص گال، تعداد كيسه تخـم، تعـداد تخـم در سيستم ريشه و تعداد لارو سن دوم (J_2) در خاک، پـس از خارج كردن بوته‌هاي خيار از گلدان با تكان دادن ريشه در يك ظرف خاك اطراف آنها جدا گرديد كه ۱۰۰ گرم از آن براي شمارش تعداد لارو سن دوم اختصاص يافت. ريشه‌ها بـا آب شستشه و آب آنها با كاغذ خشک‌كن گرفتـه شـد. پـس از توزين جداگانه ريشه و ساقه، طول ريشه، ساقه انـدازه‌گيـري و شاخص سطح برگ محاسبه شد. با در نظر گرفتن تعـداد گـال ميزان آلودگي ريشه و شاخص گال بر اسـاس روش *هاسـي و جانسون* (Hussey & Jansen 2002) تعيين شد. پس از تعيـين شاخص گال، براي شمارش كيسه‌هاي تخم، ريشه‌ها به قطعات سه تا چهار سانتي‌متري تقسيم، و تعداد كيسه‌هاي تخم در يـک گرم ريشه شمارش شد. براي تعيـين شـاخص كيـسه تخـم از سيـستم *تيلـور و ساسـر* (Taylor & Sasser 1978)

جدول ۱. آغازگرهاي اختصاصي گونه

Table 1. Species-specific primers

Primer	Nucleotide Sequences	Length (bp)
OPAFjav	5-ggTgCgCgATTgAACTgAgC-3'	670
OPARjav	5'-CAggCCCTTCAgTggAACTATAC-3'	
Mjavf	5'-CCTTAATgTCAACACTAgAgCC-3'	1650
Mjavr	5'-ggCCTTAACCgACAATTAgA-3'	

استفاده گرديد. براي محاسبه فاكتور توليدمثل، پس از استخراج تخم‌ها و شمارش آنها براي هر سيستم ريشه از فرمول $Rf = \frac{Pf}{Pi}$ استفاده شد كه در آن Rf فاكتور توليد مثل، Pf فاكتور جمعيت نهايي و Pi جمعيت اوليه است (Walters *et al*. 1999).

به منظور تعيين تعداد لارو سن دوم در ۱۰۰ گرم خاك از روش الك و سانتريفيوژ استفاده گرديد (Jenkins 1964). اندازه‌گيري ويتامين ث از طريق تيتراسيون در محلول‌هاي رنگي اسيدي و قليايي استفاده شد(Mazumdar & Majumder 2003). جهت اندازه‌گيري پتاسيم و كلسيم، پس از خشك كردن ميوه‌ها در آون يک گرم آن وزن، آسياب و در كوره ۵۰۰ درجه سانتي‌گراد قرار داده شد. به منظور اندازه‌گيري پتاسيم از دستگاه فليم‌فتومتر استفاده گرديد (Knudsen *et al*. 1982). اندازه‌گيري كلسيم با روش تيتراسيون (Lanyon & Heald 1982) با استفاده از اتيلن دي آمين ترا استيک اسيد(EDTA) صورت گرفت.

تحليل آماري داده‌ها با نرم‌افزار SAS و ميانگين‌هاي طول و وزن ريشه و ساقه و شاخص سطح برگ، مقدار ويتامين ث، كلسيم و پتاسيم با آزمون t (t استيودنت) و ساير ميانگين‌ها به وسيله آزمون دانكن مقايسه شدند. جهت ارزيابي ارقام خيار نسبت به نماتود گره ريشه كه هدف اصلي اين تحقيق بود، روش‌هاي مختلفي استفاده شد. از جمله روش‌هاي مورد بررسي روش مبتني بر تعداد و شاخص گال بود كه توسط فسوليوتيس (Fassuliotis 1985) ارائه شده و توسط محققان مختلف استفاده گرديده است. در اين تحقيق شاخص گال، تعداد كيسه تخم و تعداد تخم در هر ريشه و فاكتور توليدمثل مورد ارزيابي قرار گرفته و درجه‌بندي نهايي ميزان حساسيت يا مقاومت بر اساس شاخص گال و فاكتور توليدمثلي (Walters *et al.* 1999) انجام گرفت.

نتايج و بحث

شناسايي گونه

با استفاده از اندازه‌گيري‌هاي ريخت‌سنجي و بررسي‌هاي ريخت‌شناسي نماتودهاي ماده و لاروهاي سن دوم و مقايسه اين مشخصات با منابع (Jepson, S.B. 1987) گونه مورد نظر شناسايي شد. جهت شناسايي مولكولي، DNA از لارو سن دوم(J_2) و تخم با استفاده از روش (Silva *et al.* 2000) استخراج گرديد. جهت انجام واكنش زنجيره‌اي پليمراز از دو جفت آغازگر OPAFjav/OPARjav وMjavf /Mjavr استفاده شد. جفت آغازگرهاي(Zijlstra *et al*. 2000) OPARjav / OPAFjavيك قطعه ۶۷۰ جفت بازي و جفت آغازگر

اختصاصي Mjavr/ Mjavf يك قطعه ۱۶۰۰ جفت بازي را در گونه *M. javanica* تكثير نمود (شكل ۱) كه با نتايج به دست آمده توسط *عسكريان و همكاران* (۲۰۰۹) مطابقت دارد.

ارزيابي عكس‌العمل ارقام خيار

الف) ارزيابي بر اساس مقايسه فاكتورهاي رشدي گياه ميزبان

فاكتورهاي رشدي گياه ميزبان مانند وزن ريشه، طول ريشه، وزن تر و طول شاخساره، شاخص سطح برگ و هم‌چنين ميزان ويتامين ث و عناصر كلسيم و پتاسيم ميوه در تيمارهاي آلوده و شاهد مورد بررسي قرار گرفتند. تفاوت‌هاي موجود در اين تيمارها با استفاده از آزمون جفتي (t استيودنت) در سطح احتمال ۹۵% تجزيه شدند. نتايج به دست آمده از اين بررسي‌ها نشان داد كه قدر مطلق t محاسبه شده از t استيودنت بزرگ‌تر بوده و اين نتيجه فرض مساوي بودن ميانگين‌ها را رد كرد.

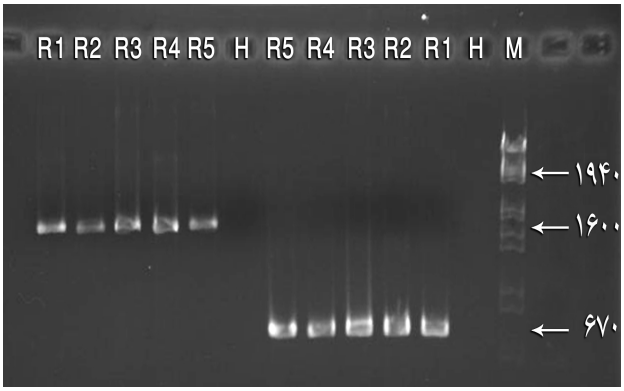
تحليل داده‌ها نشان‌دهندة افزايش وزن ريشه‌هاي آلوده نسبت به ريشه‌هاي سالم بود (شكل۲). لاروهاي سن دوم نماتود ريشه گرهي، پس از ورود پروتئاز ترشح مي‌كند كه باعث شكستن پروتئين‌هاي گياه ميزبان به اسيدهاي آمينه مي‌شود. تجمع اسيدهاي آمينه به خصوص تريپتوفان كه پيش نياز توليد ايندول استيك اسيد است، موجب افزايش اكسين و عدم تعادل هورموني در محل تغذيه‌اي نماتود و ايجاد گال يا غده در محل ورود جوان مرحله دوم (J_2) مي‌گردد (Askarian 2007). هم‌چنين افزايش ريشه‌هاي فرعي (واكنش ميزبان نسبت به وجود نماتود) توسط نماتود ريشه گرهي، عامل افزايش وزن در ريشه تيمارهاي آلوده است.

هورمون اكسين باعث القاي ريشه‌زايي مي‌شود و پس از ريشه‌زايي در صورت باقي ماندن در ريشه مانع از رشد ريشه مي‌شود. نماتود ريشه‌گرهي دائماً باعث تحريك توليد اكسين مي‌شود، در نتيجه هميشه در ريشه اكسين وجود دارد. بنابراين طول ريشه‌هاي آلوده به نماتود نسبت به ريشه‌هاي سالم كوتاه‌تر است. هم‌چنين كاهش رشد ريشه را مي‌توان به اختلالات ايجاد شده در نوك ريشه نسبت داد. به اين ترتيب كه نماتود ريشه گرهي با حمله به نوك ريشه باعث توقف رشد طولي در قسمت‌هاي مورد حمله گرديده و گياه را به توليد ريشه‌هاي فرعي تحريك مي‌كند. ولي با تشكيل ريشه‌هاي فرعي نماتود به نوك آنها نيز حمله مي‌كند و از رشد آنها ممانعت مي‌كند و به اين ترتيب باعث كوتاهي ريشه‌ها در ارقام آلوده مي‌گردد (شكل۳).

در نتيجه كاهش طول ريشه جذب مواد غذايي نيز كمتر مي‌شود. از طرف ديگر بخشي از مواد غذايي كه توسط ريشه جذب شده توسط نماتودها و قسمتي هم توسط سلول‌هاي غول‌آسا مصرف مي‌شود. وزن تر و طول شاخساره به دليل كاهش جذب مواد غذايي و كاهش ميان‌گره‌ها در تيمارهاي آلوده كاهش يافت (شكل ۴ و۵).

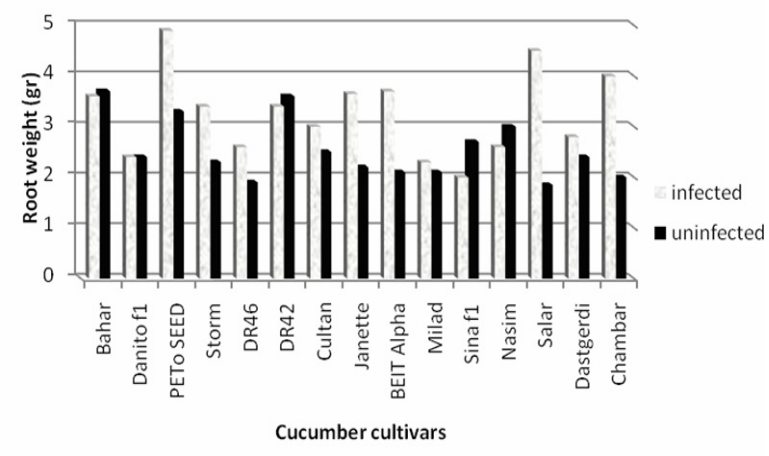
به دليل فقدان عملكرد مطلوب ريشه‌هاي آلوده، جذب پتاسيم و كلسيم نيز كاهش يافت (شكل ۶ و ۷). اين علائم توسط محققان ديگر نيز روي محصولات مختلف گزارش شده است. كاهش جذب پتاسيم در جوهاي آلوده به سيست غلات (*Heterodera avenae*) به كاهش اندازه سيستم ريشه نسبت داده شده است (Price *et al.* 1982). كمبود نيتروژن در برگ‌هاي سوياي آلوده به نماتود سيستي (Bergson 1966) و هم‌چنين علائم كمبود آهن در گل آزاله در شرايط آلودگي به نماتود ديده شده است (Barker & Worf 1966).

يكي از آثار كم آبي، كاهش رشد سلولي و بنابراين كاهش سطح برگ است (شكل ۸). وقتي گياهان



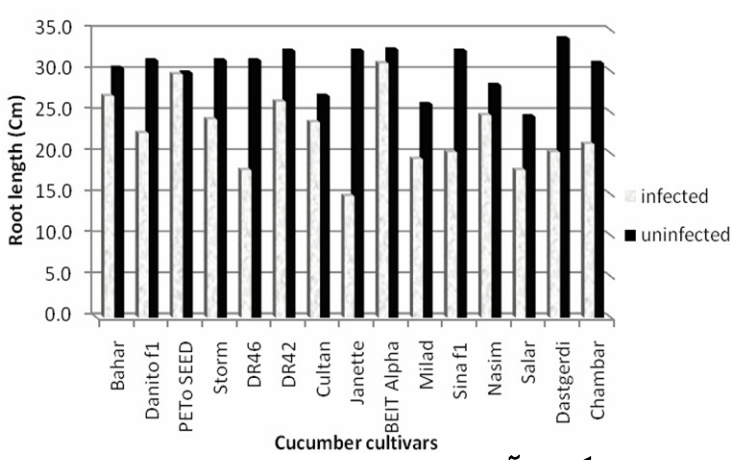
شکل ۱. قطعات تکثیر شده ۶۷۰ و ۱۶۰۰ کیلو بازي با آغازگرهاي اختصاصي، M مارکرIII H: کنترل منفي، R1-R5: تکرارهاي مختلف

Fig. 1. The amplified 670bp and 1600 bp fragments with species specific primers, M: Marker III H: Negative control (water), R1-R5: Different replications



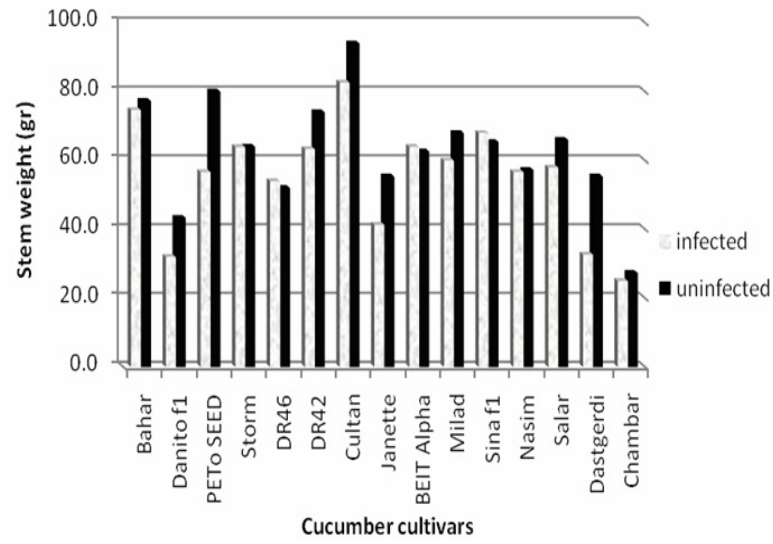
شکل۲. مقایسه میانگین‌هاي وزن ریشه در گیاهان آلوده و سالم

Fig. 2. Means comparison of root weight in infected and healthy plants



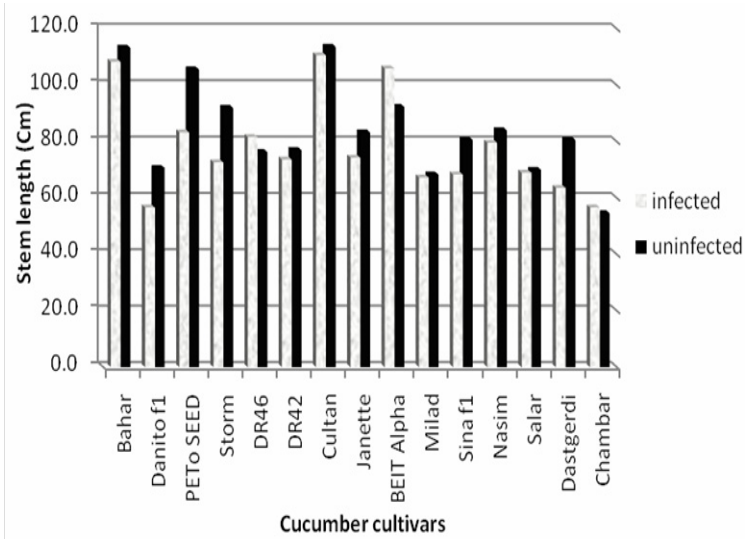
شکل۳. مقایسه میانگین‌هاي طول ریشه در گیاهان آلوده و سالم

Fig. 3. Means comparison of root length in infected and healthy plants



شكل۴. مقايسه ميانگين‌هاي وزن ساقه در گياهان آلوده و سالم

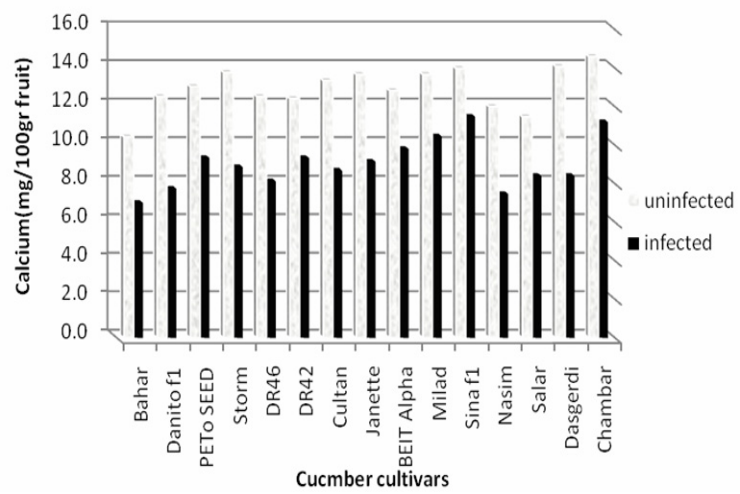
Fig. 4. Means comparison of stem length in infected and healthy plants



شكل۵. مقايسه ميانگين‌هاي طول ساقه در گياهان آلوده و سالم

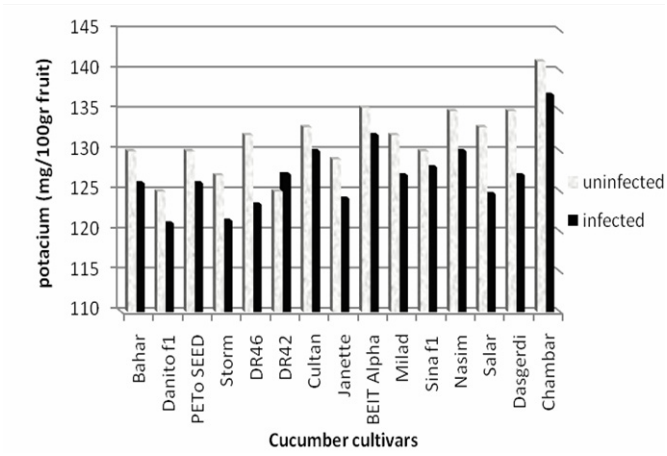
Fig. 5. Means comparison of Stem weight in infected and healthy plants

با كم آبي مواجه مي‌شوند قبل از هر گونه كاهش در تورژسانس، انعطاف‌پذيري ديواره سلول‌هاي در حال رشد برگ‌ها و ساقه‌ها عمدتاً كم شده و توسعه سلول و در نتيجه رشد برگ كاهش مي‌يابد. با توجه به اين‌كه در تيمارهايي كه نماتود تلقيح شده بود سطح برگ آنها كاهش پيدا كرده، در نتيجه ميزان سطح فتوسنتزي گياه و به دنبال آن ساخت موادغذايي و قندها كمتر مي‌شود. از طرفي چون نماتود در جذب موادغذايي كه توسط ريشه صورت گرفته، گياه را دچار مشكل مي‌كند و به دليل بالا رفتن جمعيت نماتود در مدت زمان كوتاه ميزان مواد غذايي كه در اختيار



شكل۶. مقايسه ميانگين‌هاي ميزان كلسيم در گياهان آلوده و سالم

Fig. 6. Means comparison of Calcium in infected and healthy plants



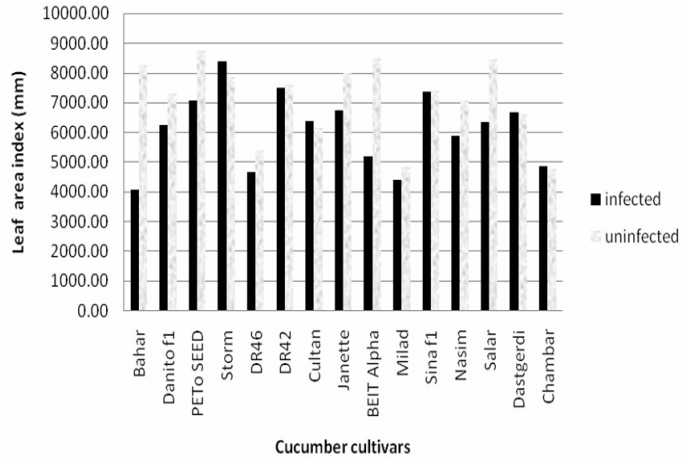
شكل۷. مقايسه ميانگين‌هاي ميزان پتاسيم در گياهان آلوده و سالم

Fig. 7. Means comparison of Potassium in infected and healthy plants

گياه قرار مي‌گيرد كمتر مي‌شود. از آنجايي كه ويتامين ث از قندها ساخته مي‌شود، در نتيجه به دليل كم شدن ساخت و هم چنين ذخيره قندها ميزان ويتامين ث نيز كاهش پيدا نمود (شكل۹).

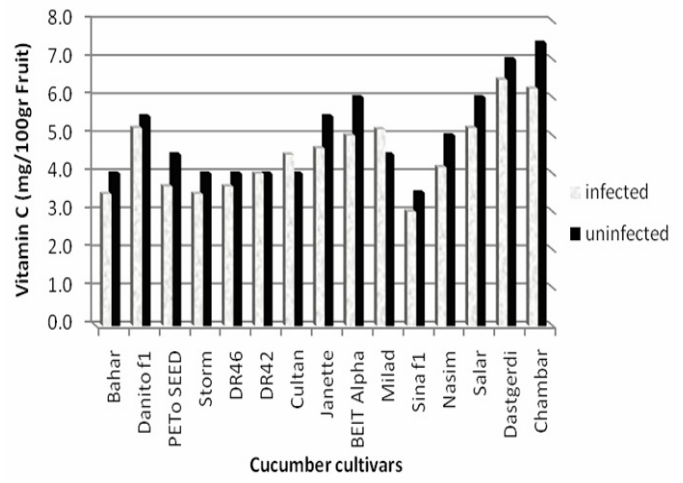
ب) ارزيابي بر اساس شاخص گال

جدول تجزيه واريانس نشان مي‌دهد كه از نظر شاخص گال بين تيمارها در سطح ۹۵% اختلاف معني‌دار وجود دارد. آزمون مقايسه ميانگين‌ها به روش دانكن نشان داد كه بر اساس سيستم ارائه شده توسط (Hussey & Janssen) 2002، تمامي ارقام به جز رقم دستگردي (با شاخص گال برابر ۱/۷) حساس مي‌باشند ولي طبق سيستم ارائه شده توسط (Fassuliotis 1985)، ارقام در دو گروه كمي مقاوم و مقاومت متوسط هستند (جدول ۲).



شكل۸ . مقايسه ميانگين‌هاي شاخص سطح برگ در گياهان آلوده و سالم

Fig.8. Means comparison of Leaf area index in infected and healthy plants



شكل ۹. مقايسه ميانگين‌هاي مقدار ويتامين ث در گياهان آلوده و سالم

Fig. 9. Mean comparison of vitamin C in infected and healthy plants

ج) ارزيابي بر اساس تعداد توده‌هاي تخم

بعد از شمارش تعداد توده‌هاي تخم در ريشه، بر اساس سيستم (Taylor & Sasser 1978)، (جدول۳) شاخص توده تخم هر يك از ارقام مشخص گرديد. جدول تجزيه واريانس نشان داد كه بين ارقام از لحاظ تعداد توده تخم اختلاف معني‌دار وجود دارد. در بررسي ميانگين‌هاي توده تخم مشخص شد كه رقم استورم با تعداد توده تخم ۱۶۶ عدد بالاترين و رقم دستگردي با ۵۴ عدد توده تخم پايين‌ترين ميزان تخم را دارا هستند. ميانگين‌ها پس از مقايسه با همديگر با سيستم (Taylor & Sasser 1978) كه عكس‌العمل ارقام را بر اساس تعداد و شاخص توده تخم بيان نموده است، مقايسه شده و بر همين اساس به آنها درجه مقاومت تعلق گرفت كه در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۲. ميانگين‌هاي شاخص گال مربوط به هر تيمار و نتايج آزمون دانكن

Table2. Mean of Gall Index to each treatment and Duncan's test results

DR	GI**	DR	GI*	Root infection (percent)	Cucumber cultivar
SR	4	S	3.3[a]	43%	DR46
SR	4	S	3[ab]	45%	Bahar
SR	4	S	3[ab]	37%	Nasim
SR	4	S	3[ab]	43%	DR42
SR	4	S	3[ab]	45%	Storm
SR	4	S	3[ab]	45%	Peto seed
SR	4	S	3[ab]	42%	Sina
SR	4	S	2.7[abc]	38%	Danito
SR	4	S	2.3[bcd]	28%	Cultan
MR	3	S	2.3[bcd]	25%	Janette
MR	3	S	2.3[bcd]	25%	Salar
MR	3	S	2.3[bcd]	25%	Milad
MR	3	S	2.3[bcd]	25%	Beit alpha
MR	3	S	2[dc]	18%	Chambar
MR	3	R	1.7[d]	15%	Dastgerdi

*: بر اساس سيستم (Hussey & Janssen 2002) و *: بر اساس سيستم (Fassuliotis 1985). (GI) نشان‌دهنده شاخص گال، (DR) درجه مقاومت، (S) حساس، (SR) كمي مقاوم و (MR) نسبتاً مقاوم مي‌باشد. تيمارهاي داراي حروف مشترك در سطح ۹۵% اختلاف معني‌داري با هم ندارند.

*: Based on system(Hussey & Janssen 2002); *: based on system (Fassuliotis 1685).(GI) Gall Index, (DR) Degree of Resistance, (S) Susceptible, (SR) Slightly Resistance, (MR) Moderately Resistance, (R) Resistance. Values followed by the same letter are not significantly different (P=95) according to Dancan's multiple-range test.

د) ارزيابي بر اساس فاكتور توليدمثل و ميزان آلودگي ريشه در هر رقم

تجزيه واريانس داده‌هاي به دست آمده از شمارش تخم‌ها نشان داد كه بين تيمارها اختلاف معني‌دار در سطح احتمال ۹۵% وجود دارد. ميانگين‌هاي به دست آمده براي هر رقم دو به دو با آزمون دانكن مقايسه شدند كه نتايج آن در جدول ۴ آمده است. همان‌طور كه در اين جدول ديده مي‌شود رقم استورم با داشتن ۶۵۳۵۰ عدد تخم بيشترين و رقم دستگردي با داشتن ۱۶۱۵۰ عدد كمترين ميزان تعداد تخم را دارا هستند. هم‌چنين براي ارزيابي ارقام از فاكتور

جدول۳. ميانگين توده‌هاي تخم به دست آمده براي هر تيمار و درجه مقاومت نسبت داده شده به آنها بر اساس سيستم ارائه شده توسط (Taylor & Sasser 1978) و نتايج آزمون دانكن

Table. 3. Means number of egg sacs* obtained for each treatment and degree of resistance been attributed to them based on data provided by the system (Taylor & Sasser 1978) and Duncans test results

ميزان آلودگي	درجه مقاومت	شاخص توده تخم	تعداد توده تخم	ارقام خيار
Infection	Degree of resistance	Egg sac index	Number of egg sac	Cucumber cultivars
high	S	5	166 [a]	Storm
high	S	5	155.3[ab]	DR42
high	S	5	142[abc]	Bahar
high	S	5	140.3[abc]	Sina
high	S	5	137.7[abcd]	Nasim
high	S	5	123.3[abcd]	Milad
high	S	5	120.7[abcd]	Salar
high	S	5	115.3[bcd]	Peto seed
high	S	5	110[bcd]	Janette
high	S	5	110[bcd]	Cultan
high	S	5	95.7[cde]	DR46
high	S	5	89.7[de]	Danito
high Moderately	SR	4	62[e]	Beit alpha
Moderately high	SR	4	60.3[e]	Chambar
high Moderately	SR	4	54[e]	Dastgerdi

*: تيمارهاي داراي حروف مشترك در سطح ۹۵% اختلاف معني‌داري با هم ندارند.

*: Values followed by the same letter are not significantly different (P=95) according to Dancans multiple-range test.

توليد مثل و شاخص گال نيز استفاده شد (جدول ٤). با توجه به اين كه شاخص گال در اكثر ارقام بزرگ‌تر از دو و فاكتور توليدمثل نيز بزرگ‌تر از يک است، اين ارقام نسبت به نماتود مورد بررسي حساس هستند. فقط رقم دستگردي با شاخص گال كوچک‌تر از دو، متحمل شناخته مي‌شود. نتايج به دست آمده از تحقيقات انجام شده در ساير كشورها نشان داده شده كه تنها برخي از كالتي‌ژن‌هاي خيار آفريقايي، گونه *Cucumis metuliferus* نسبت به *M. hapla*، *M. javanica*، نژاد يك *M. incognita* و نژاد يك *M. arenaria* از خود مقاومت نشان داده‌اند، ولي كولتيوار Sumter از خيار معمولي (*Cucumis sativus*) فقط نسبت به *M. hapla* مقاومت نشان داده است (Wehner *et al.* 1991). در آزمايشي ديگر كه توسط (Walters *et al.* 1999) صورت گرفته است، كالتي‌ژن LJ90430 واريته Hardwickii خيار معمولي نسبت به نژادهاي يك و دو *M. arenaria* و هم‌چنين *M. javanica* مقاومت نشان داده است. ولي نتايج حاصل از اين پژوهش با نتايج تحقيقات انجام شده در ساير كشورها به دليل يكي نبودن ارقام مورد بررسي مشكل است. در ايران تنها يك تحقيق در زمينه مقاومت ارقام

جدول ۴. ميانگين تعداد تخم* شمارش شده در تيمارهاي مورد بررسي و ارزيابي ارقام بر اساس سيستم(Canto-saenz 1985).

Table 4 . Mean number of eggs * counted in the study of treatments and evaluation of cultivars based on System (Canto-saenz 1985)

درجه مقاومت Degree of Resistance	شاخص گال Gall index	فاکتور توليد مثل Reproductive factor	تعداد تخم در ريشه Number eggs to root	ارقام خيار Cucumber cultivars
S	3	15.6	65350[a]	Storm
S	3	13.4	54716[ab]	DR42
S	3	11.7	47617[bc]	Bahar
S	3	10.7	43127[bcd]	Sina
S	3	10.1	39483[bcde]	Nasim
S	2.3	9.7	37916 [Cde]	Salar
S	2.3	9.6	37027[cde]	Milad
S	2.3	8.8	33794[cdef]	Cultan
S	3	8.7	33183[cdef]	Peto seed
S	2.7	9.2	32882[cdef]	Danito
S	3.3	8.4	29417[defg]	DR46
S	2.3	7.4	27383[defg]	Janette
S	2.3	6.1	23850[efg]	Beit alpha
T	2	4.8	20183[fg]	Chambar
T	۱/۷	4	16150[g]	Dastgerdi

*: **تيمارهاي داراي حروف مشترك در سطح ۹۵% اختلاف معني‌داري با هم ندارند. S: حساس و T متحمل**

*: **Values followed by the same letter are not significantly different (P=95) according to Dancans multiple-range test. (S) Susceptible & (T) Tolerance.**

خيار نسبت به نماتود ريشه‌گرهي صورت گرفت که در آن عکس‌العمل ۱۳ رقم خيار گلخانه‌اي رايج، رقم سوپردوماين و يک توده بذر محلي همداني نسبت به *M. incognita* مورد بررسي قرار گرفت که جهت ارزيابي مقاومت از فاکتورهاي رشد گياه ميزبان و توليدمثل نماتود استفاده نمودند. نتايج به دست آمده از مطالعات آنها نشان داد که وزن ريشه‌هاي آلوده افزايش و طول ريشه‌هاي آلوده کاهش يافت اما طول و وزن ساقه در سطح ۹۵% تغيير نکرد. طبق پژوهش حاصل، وزن ريشه افزايش و طول ريشه کاهش يافت. وليکن طول و وزن شاخساره هم کاهش پيدا نمود. نامبردگان فاکتورهاي توليدمثل نماتود را نيز بررسي کردند و نشان دادند که با GI>2 و RF>1 تمام ارقام گلخانه‌اي ميزبان بسيار مناسبي براي نماتود *M. incognita* مي‌باشند و فقط رقم سوپردوماين که يک رقم مزرعه‌اي بود متحمل شناخته شد. با توجه به اهميت مقاومت به نماتود ريشه‌گرهي پيشنهاد مي‌گردد که تعداد واريته‌هاي بيشتري از گياه خيار نسبت به نماتود ريشه‌گرهي مورد ارزيابي قرار گيرد تا ارقام مقاوم شناخته شده و به کشاورزان معرفي گردند ويا در برنامه‌هاي

اصلاحي به عنوان منابع مقاومت به اين نماتود استفاده مي‌شوند.

سپاسگزاري

بدين‌وسيله از آقاي دكتر بهرام شريف‌نبي، استاد دانشكده كشاورزي دانشگاه صنعتي اصفهان و خانم مهندس هما عسكريان، دانش‌آموخته دوره كارشناسي ارشد بيماري‌شناسي اين دانشگاه كه در انجام اين تحقيق كمك شاياني نمودند، تشكر و قدرداني مي‌شود.

منابع

جهت ملاحظه به صفحات (99-97) متن انگليسي مراجعه شود.