ارزیابی مقاومت چند ژنوتیپ چغندرقند نسبت به نماتد مولد سیست در شرایط گلخانه

Evaluation of resistance of some sugar beet genotypes to beet cyst nematode under greenhouse conditions

نسیم رحمانی*[1]، محمود مصباح[2]، پیمان نوروزی[3] و سیدباقر محمودی[3]

تاریخ دریافت: ۸۵/۲/۳ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۸/۴/۲۴

ن. رحمانی، م. مصباح، پ. نوروزی و س.ب. محمودی. ۱۳۸۸. ارزیابی مقاومت چند ژنوتیپ چغندرقند نسبت به نماتد مولد سیست در شرایط گلخانه. **مجله چغندرقند ۲۵(۱): ۲۲-۱۳.**

چکیده

مقاومت ۱۱ ژنوتیپ چغندرقند نسبت به نماتد مولد سیست در دو آزمایش جداگانه (در سال ۱۳۸٤) در قالب طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه بررسی شد. در هر آزمایش از هر ژنوتیپ۵۰ گیاه‌چه توسط لاروهای فعال سن دوم نماتد مایه‌زنی شد. به هر گیاه‌چه ۱۰۰۰ لارو نماتد در چند نوبت مایه‌زنی شد. نه هفته پس از آخرین مایه‌زنی لارو، تعداد سیست‌های تشکیل شده روی ریشه و درون ماسه اطراف هر گیاه‌چه شمارش و مبنای مقایسه مقاومت ژنوتیپ‌ها قرار گرفت. داده‌های به‌دست آمده با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد در هر دو آزمایش ژنوتیپ‌ها از نظر درصد مقاومت اختلاف معنی‌داری با یکدیگر دارند. آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد ژنوتیپ‌ها را در سه گروه مقاوم، حساس و بسیارحساس دسته‌بندی کرد. منابع مقاوم W-1009، W-1010 و رقم تجاری مقاوم نماکیل با کم‌ترین تعداد سیست در گروه مقاوم و رقم تجاری رسول با برخی هیبریدهای مورد بررسی جزو حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها دسته‌بندی شدند. هم‌چنین مشخص شد که ارزیابی در شرایط گلخانه روشی ساده و مؤثر برای انتخاب ژنوتیپ‌ها و لاین‌های مقاوم است و می‌توان در هر سال دو تا سه مرتبه در شرایط گلخانه توده‌های اصلاحی زیادی را ارزیابی کرد.

واژه‌های کلیدی: ارزیابی گلخانه‌ای، چغندرقند، مقاومت، نماتد مولد سیست

۱- کارشناس ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی *- نویسنده مسئول rahmani_nassim@yahoo.com

۲- استاد مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج

۳- استادیار مؤسسه تحقیقات چغندرقند- کرج

مقدمه

نماتـــد سیـــستی چغندرقنـــد (*Heterodera schachtii* Schmidt) مهـم‌تـرین نماتـد چغندرقنـد است (بی‌نام ۱۳۷۷) که به‌طور وسیعی در اکثر منـاطق چغندرکاری دنیا گـسترش دارد و باعـث ضـعف، زردی، کاهش عملکرد و کیفیت محصول در چغندرقند می‌شود (احمـدی و همکـاران ۱۳۷۷؛ بهـداد ۱۳۷۷). خـسارت محصول در قسمت‌هایی از مزرعه کـه آلـودگی بـالایی دارند به صورت پژمردگـی در اوقـات گـرم روز نمایـان مـی‌شـود. در گیاهـان مبـتلا، ریـشه اصـلی کوتـاه و ریشه‌های فرعی متعددی ایجاد می‌شـود. سیـست‌هـای سفید یا شیری رنگ روی ریشه‌هـای فرعـی بـا چـشم غیرمسلح قابل رؤیت است. کاهش خلوص شربت خـام با افزایش املاح معدنی در ریشه از دیگر مکانیسم‌هـای خسارت نماتد سیستی اسـت کـه در نهایـت منجـر بـه کاهش کیفیت محصول می‌شود (پرویـزی و همکـاران ۱۳۷۲).

روش‌هـای مختلفـی ازجملـه تنـاوب، کاشـت زودهنگام، اسـتفاده از گیاهـان تلـه و اسـتفاده از ارقـام مقاوم چغندرقند برای کـاهش خـسارت کمـی و کیفـی توصیه شده است (بـی‌نـام ۱۳۷۷). ضـدعفونی خـاک و کاربرد نماتدکش‌ها در برخـی از کـشورها و در سـطوح کوچک کاربرد دارد (احمدی و همکاران ۱۳۷۷). تنـاوب زراعی یکی از راه‌های مؤثر مبارزه بـا ایـن بیمـاری بـه حساب می‌آید. در هر سال تنـاوب و در غیـاب میزبـان حدود ۵۰ درصد تخم‌های نماتد تفریخ می‌شوند (بی‌نـام ۱۳۷۷). تناوب مناسب مـی‌توانـد میـزان خـسارت وارده توسط سایر نماتدها را نیز به حداقل برساند.

استفاده از ارقام مقاوم، ساده‌ترین، بهتـرین و در عین حال ایمن‌ترین روش مبارزه با بیماری‌های خاکزاد و ازجمله نماتد سیستی چغندرقنـد محـسوب مـی‌شـود. سایر روش‌هایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته‌انـد کارآیی چنـدانی ندارنـد (Muller 1998). مقاومـت بـه نماتد در چغندر زراعی (*B.vulguris*) یافت نشده است حال آن‌کـه در گونـه‌های وحشـی *B. procumbens*، *B. webbiana* و *B. pattelaris* مقاومت به صـورت کامـل و غالـب و در گونـه *B. maritima* بـه‌صـورت مغلوب به ارث می‌رسد (Muller 1998).

ارزیابی مقاومت به نماتد در شرایط گلخانه و بـا مایه‌زنی لاروهای سن دوم زنده و فعال انجام شده است (Muller 1998; Mesbah et al.1997; Mahfoud et al.1996; Kim and Riggs 1995, Baum et al. 2000). در این روش، گیاه‌چه‌های چغندرقند با ۳۰۰ لارو سن دوم نماتد سیستی چغندرقند مایه‌زنـی و یـک ماه بعد تعداد سیست تشکیل شـده روی ریـشه مبنـای مقایسه مقاومت بوته‌ها قرار گرفته است. معمولاً گیاهان دارای کمتراز ۱۰ سیست، مقاوم در نظر گرفته می‌شوند (Mesbah et al.1997). با توجه به گسترش روزافزون سطح آلوده به نماتد سیستی چغندرقند در کشور (اخیانی و همکاران ۱۳۷۴؛ اولیـا و همکـاران ۱۳۸۴؛ پرویـزی و همکاران ۱۳۷۲) و ضرورت استفاده از ارقـام مقـاوم بـه عنوان یکی‌از بهترین روش‌های کـاهش خـسارت ایـن بیمـارگر، ایـن بررسـی انجـام و سـعی شـد تـا ضـمن بهینـه‌سـازی روش ارزیـابی گلخانـه‌ای مقاومـت چنـد ژنوتیپ انتخاب شده چغندرقند ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مشخصات مواد گیاهی مورد استفاده در این بررسی در جدول یک آمده است. ژنوتیپ W1009 که به عنوان منبع مقاومت به این نماتد معرفی شده، یک لاین جابجایی (Translocation line) با منشاء *B. procumbens* است که دارای مقاومت عمودی نسبت به نماتد مولد سیست است. ژنوتیپ W1010 گونه وحشی *B. maritima* دارای مقاومت افقی نسبت به نماتد مولد سیست است (بی‌نام ۱۳۷۷؛ Yu and steele 1981; Muller 1998, Evan et al.1993). هیبریدهای حاصل‌از تلاقی لاین جابجایی W1009 با ارقام اصلاحی چغندرقند، 231*(MSC2*W1009)-1، 231*(9801*W1009)، 231*(20447*W1009)، 231*(20314*W1009)، سه تلاقی برگشتی حاصل‌از تلاقی با گونه وحشی *B. maritima*، 231*(MSR*W1010)، 231*(MSNB1*W1010)، 231*(MS261*W1010) و ارقام تجاری نماکیل (NEMAKIL) و رسول (RASOUL) به‌ترتیب به عنوان شاهد مقاوم و حساس استفاده شدند. این آزمایش در شرایط گلخانه با دمای حدود ۳۲ درجه سانتی‌گراد انجام شد.

جدول ۱ ژنوتیپ‌های چغندرقند ارزیابی شده در برابر نماتد مولد سیست

شماره	ژنوتیپ‌ها	مشخصات
1	231*(MSC2*W1009)-1	BC*
2	231*(MSR*W1010)	BC
3	231*(MSNB1*W1010)	BC
4	231*(MS261*W1010)	BC
5	231*(9801*W1009)	BC
6	231*(20447*W1009)	BC
7	231*(20314*W1009)	BC
8	RASOUL	Susceptible cultivar
9	NEMAKIL	Resistant cultivar
10	W-1009	Translocation line
11	W-1010	*B.maritima*

BC*- Back Cross

برای انجام این تحقیق از گلدان‌های طلقی شفاف به ابعاد ۴×۴×۱۵ سانتی‌متر که با وایتکس ضدعفونی شده بودند، استفاده شد. این گلدان‌ها با ماسه (براساس طبقه‌بندی اندازه ذرات آن شماره ۱۱ نامیده

می‌شود) استریل، پر و اطلاعات لازم برای هر ژنوتیپ روی اتیکت‌های مربوطه یادداشت شد. در هر گلدان یک بوته نگه‌داری شد. گیاه‌چه‌ها با محلول غذایی هوگلند با فاصله زمانی هر هفت روز یکبار آبیاری شدند. از کود مایع زربار نیز به صورت پاشش روی برگ‌ها با غلظت دو در هزار استفاده شد.

تهیه لارو نماتد جهت مایه‌زنی

جهت تهیه لارو، بوته‌های آلوده دارای سیست به همراه خاک اطراف بوته از مزارع چغندرقند ارومیه (اواخر مهر ماه) جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. برای جدا کردن سیست از خاک از روش استخراج مرطوب استفاده شد. بدین منظور حدود ۲۰۰ گرم خاک آلوده به نماتد را داخل تشت ریخته و به میزان پنج برابر حجم خاک، آب اضافه و کاملاً مخلوط شد. سپس مخلوط را به مدت۱۰ ثانیه به حال خود رها شد تا ذرات سنگین ته‌نشین شوند. پس‌از آن، آب داخل تشت از الک‌های با قطر منافذ ۲۰۰۰، ۸۵۰ و ۲۵۰ میکرون که به‌طور عمودی روی هم قرار داده شده بودند، عبور داده شد. سیست‌ها روی الک ۲۵۰ میکرون جمع‌آوری شدند.

جهت تفریخ سیست و تولید لارو از محلول کلرید روی ($ZnCl_2$) ۰/۵ در هزار استفاده شد. بدین منظور سیست‌های استخراج شده درون سبدهای پلاستیکی با قطر ۱۵ سانتی‌متر که با پارچه تنظیف پوشانده شده بودند، گذاشته شدند. این سبدها درون ظروف پلاستیکی حاوی محلول ۰/۵ گرم در لیتر کلرید روی قرار داده شدند. برای شمارش جمعیت لاروها، لاروهای تفریخ شده توسط الک ۳۷ میکرون جدا شدند و پس‌از شمارش، توسط سرنگ مخصوص به هر گلدان در مرحله چهار تا شش برگی مایه‌زنی شد. درنهایت، هر گیاه با حدود ۱۰۰۰ لارونماتد مایه‌زنی شد.

پس‌از گذشت نه هفته از آخرین مایه‌زنی، سیست سفید (بیش‌از ۴۰ عدد روی ریشه هر گیاه حساس) دیده شد، لذا به شمارش سیست ریشه و ماسه تیمارهای آزمایش اقدام شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی طی دو آزمایش جداگانه (که در آن هر ژنوتیپ دارای ۵۰ بوته بود) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در نهایت، گیاهانی که بیش از ۱۰ عدد سیست روی آن‌ها مشاهده شد، حساس و گیاهانی که کمتر از ۱۰ عدد سیست روی آن‌ها وجود داشت، مقاوم درنظر گرفته شد (Mesbah et al. 1977).

محاسبات آماری

آزمایش‌های اول و دوم هر کدام به‌طور جداگانه با ۱۱ ژنوتیپ در قالب طرح کاملاً تصادفی با تکرار نامساوی مورد ارزیابی قرار گرفت (برخی از گیاه‌چه‌های هرکدام از گیاهان طی مراحل مختلف از بین رفتند و یا رشد کافی نداشتند، لذا داده‌ها با ملحوظ داشتن تکرار نامساوی تجزیه شدند). بدین منظور، ابتدا با استفاده از نرم‌افزار SAS آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها بررسی شد. یکنواختی واریانس‌های درون تیمار نیز با استفاده از آزمون بارتلت تعیین شد. با توجه به یکنواخت نبودن واریانس‌های درون تیمار تبدیل زاویه‌ای ($Arc\ Sin\sqrt{x}$) انجام شد و داده‌های تبدیل شده جهت تست نرمال بودن با استفاده از نرم‌افزار SAS مجدداً مورد آزمون قرار گرفت. در نهایت، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با روش دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه در جدول‌های دو و سه نشان داده شده‌اند. همان‌گونه که در این جدول‌ها دیده می‌شود تفاوت آماری معنی‌داری از نظر تعداد سیست بین تیمارهای مورد آزمایش در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. در آزمایش اول، رقم نماکیل با کم‌ترین میانگین تعداد سیست و ژنوتیپ W-1010 با بیش‌ترین درصد بوته‌های مقاوم (بوته‌هایی که کمتر از ۱۰ سیست روی آن‌ها تشکیل شده است) مقاوم‌ترین و رقم رسول با کم‌ترین درصد گیاهان مقاوم، حساس‌ترین آن‌ها بود. حال آن‌که در آزمایش دوم ژنوتیپ W-1010 با کم‌ترین میانگین تعداد سیست و بیشترین درصد بوته‌های مقاوم، مقاوم‌ترین و ژنوتیپ 231*(9801*W1009) با کم‌ترین درصد گیاهان مقاوم، حساس‌ترین آن‌ها بود.

جدول۲ نتایج ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های چغندرقند نسبت به نماتد مولد سیست در شرایط گلخانه (آزمایش اول)

شماره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	تعداد بوته موردآزمایش	میانگین تعداد سیست در ریشه	ماسه	تعداد کل	درصد بوته‌های مقاوم	گروه آماری*
۱	231*(MSC2*W1009)-1	۳۰	۴۸/۹۲	۱۶/۰۳	۶۴/۹۶	۱۶/۶۶	bc
۲	231*(MSR*W1010)	۴۰	۶۱/۰۰	۲۱/۲۲	۸۲/۱۹	۱۲/۵	c
۳	231*(MSNB1*W1010)	۳۰	۵۵/۶۵	۱۷/۱۳	۷۲/۷۹	۲۳/۳۳	bc
۴	231*(MS261*W1010)	۴۰	۷۷/۰۳	۱۵/۶۴	۹۲/۶۸	۱۰/۰۰	c
۵	231*(9801*W1009)	۴۶	۶۵/۹۲	۱۷/۶۳	۸۳/۵۲	۳/۵۷	c
۶	231*(20447*W1009)	۴۱	۳۷/۶۴	۷/۹۶	۴۵/۶۱	۱۷/۰۷	b
۷	231*(20314*W1009)	۴۵	۳۴/۹۰	۸/۹۳	۴۳/۷۴	۲۶/۶۶	b
۸	RASOUL	۴۵	۶۴/۷۹	۱۸/۴۲	۸۳/۳۵	۲/۲۲	c
۹	NEMAKIL	۴۶	۱/۱۰	۰/۴۴	۱/۵۵	۸۴/۷۸	a
۱۰	W-1009	۴۵	۱/۹۲	۰/۳۰	۲/۲۳	۸۴/۴۴	a
۱۱	W-1010	۳۴	۲/۳۳	۲/۴۸	۴/۸۲	۸۸/۲۰	a

*میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک در صد ندارند

در آزمایش اول، گیاهان بسیار حساس (c) دارای میانگین بیش از ۸۲/۱۹ سیست، گیاهان حساس (b) دارای میانگین بیش از ۴۳/۷۴ سیست و گیاهان مقاوم (a) میانگین‌های حداکثر ۴/۸۲ و حداقل ۱/۵۵ سیست بودند. تعداد بوته‌های مورد آزمایش در آزمایش اول بین ۳۰ تا ۴۶ بوته متغیر بود. کم‌ترین تعداد بوته مربوط به ژنوتیپ‌های یک و سه و بیشترین آن مربوط به ژنوتیپ‌های پنج و نه بود، کم‌ترین میانگین تعداد سیست در ریشه ۱/۱۰ مربوط به رقم نماکیل و بیشترین میانگین تعداد سیست در ریشه متعلق به ژنوتیپ شماره 231*(MS261*W1010) معادل ۷۷/۰۳ بود. کم‌ترین میانگین تعداد کل سیست با تعداد ۱/۵۵ مربوط به رقم نماکیل و بیشترین میانگین تعداد کل سیست با تعداد ۹۲/۶۸ متعلق به رقم شماره چهار بود. کم‌ترین درصد بوته‌های مقاوم مربوط به رقم

شماره هشت و بیش‌ترین درصد بوته‌های مقاوم، مربوط به رقم شماره ۱۱ بود.

در جدول۳ تعداد بوته مورد آزمایش، میانگین تعداد سیست در ریشه، میانگین تعداد سیست در ماسه، میانگین تعداد کل سیست، درصد بوته‌های مقاوم و گروه‌بندی هر ژنوتیپ در آزمایش دوم بیان شده است.

جدول۳ نتایج ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های چغندرقند نسبت به نماتد مولد سیست در شرایط گلخانه (آزمایش دوم)

شماره ژنوتیپ	ژنوتیپ	تعداد بوته موردآزمایش	میانگین تعداد سیست در			درصد بوته‌های مقاوم	گروه آماری*
			ریشه	ماسه	تعداد کل		
۱	231*(MSC2*W1009)-1	۳۵	۳۹/۳۸	۱۵/۸۸	۵۰/۲۶	۲/۸۵	bc
۲	231*(MSR*W1010)	۴۳	۴۶/۱۲	۱۳/۴۰	۵۹/۵۲	۲/۳۲	bc
۳	231*(MSNB1*W1010)	۲۶	۱۷/۰۳	۵/۵۰	۲۲/۵۳	۲۶/۹۲	a
۴	231*(MS261*W1010)	۳۵	۳۸/۱۶	۶/۵۶	۴۴/۷۲	۸/۵۷	b
۵	231*(9801*W1009)	۳۷	۶۷/۶۴	۸/۶۸	۷۶/۳۲	۰	c
۶	231*(20447*W1009)	۴۱	۴۴/۰۳	۷/۷۸	۵۱/۸۲	۷/۳۱	b
۷	231*(20314*W1009)	۳۹	۱۷/۲۶	۵/۷۰	۲۲/۹۶	۳۳/۳۳	a
۸	RASOUL	۴۶	۵۱/۴۴	۷/۱۸	۵۸/۶۳	۴/۳۴	bc
۹	NEMAKIL	۴۰	۶/۹۲	۱/۷۱	۸/۶۴	۶۰	a
۱۰	W-1009	۴۴	۱۰/۵۴	۲/۴۸	۱۳/۰۳	۵۷/۵۲	a
۱۱	W-1010	۳۴	۴/۷۹	۰/۹۱	۵/۷۰	۸۲/۳۵	a

*میانگین‌های دارای حروف مشترک تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد ندارند.

در آزمایش دوم، گیاهان بسیار حساس دارای میانگین حداقل ۷۶/۳۲ سیست، گیاهان حساس دارای میانگین حداقل ۴۴/۷۲ سیست و گیاهان مقاوم دارای میانگین‌های حداکثر۱۳/۰۳ و حداقل۷ /۵ سیست، بودند.

تعداد بوته‌های مورد آزمایش در آزمایش دوم بین ۲۶ تا ۴۶ متغیر بود که کم‌ترین آن مربوط به ژنوتیپ شماره سه و بیشترین آن مربوط به ژنوتیپ شماره هشت بود. کم‌ترین میانگین تعداد سیست در ریشه ۴/۷۹ مربوط به ژنوتیپ ۱۱ و بیشترین میانگین تعداد سیست در ریشه متعلق به ژنوتیپ شماره پنج بود.

در تیمار شاهد مقاوم (رقم نماکیل)، ۴۰ درصد بوته‌ها فنوتیپ رقم حساس و در شاهد حساس نیز ۴/۳۴ درصد بوته‌ها فنوتیپ رقم مقاوم را از خود بروز دادند. بین گیاهان تلاقی برگشتی حاصل از لاین جابجایی 231*(20447*W1009) و 231*(20314*W1009) و تیمارهای مقاوم و حساس در آزمایش اول تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. در آزمایش دوم ژنوتیپ 231*(20314*W1009) و ارقام مقاوم در یک گروه قرار گرفتند. ولی ژنوتیپ 231*(20447*W1009) مجدداً با ارقام مقاوم و حساس تفاوت معنی‌داری داشت. ژنوتیپ 231*(MSC2*W1009)-1 و 231*(9801*W1009)

در هر دو آزمایش با ارقام حساس تفاوت معنی‌داری نداشتند. ارقام NEMAKIL، W-1009 و W-1010 در هر دو آزمایش در یک گروه آماری قرار گرفتند.

بحث

نتایج حاصل‌از آزمایش‌ها نشان داد که با استفاده از ارزیابی گلخانه‌ای می‌توان ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به نماتد مولد سیست را تفکیک کرد. در این آزمایش، ارقام تجاری نماکیل و رسول به‌ترتیب به عنوان ارقام شاهد مقاوم و حساس استفاده شده بودند و در هر دو آزمایش، میانگین تعداد سیست تشکیل شده روی آن‌ها (جداول دو و سه) موضوع مقاوم یا حساس بودن آن‌ها را تأیید کرد. به این ترتیب به نظر می‌رسد می‌توان با این روش و در مدت حدود چهار ماه ژنوتیپ‌های زیادی را در شرایط گلخانه ارزیابی کرد.

مک فارلن و همکاران (Mc Farlane et al. 1982) و مولر (Muller 1998) نیز با استفاده از روش گلخانه‌ای توانستند گیاهان حساس و مقاوم را از هم تشخیص دهند. در آزمایش مک فارلن و همکاران جهت تمایز گیاهان حساس و مقاوم، از گیاهانی که دارای رشد مناسب و خوبی بودند استفاده شد، زیرا گیاهانی که ضعیف بودند، بعداز آلودگی مصنوعی به شدت بیمار شده و غالباً قبل از اتمام آزمایش می‌مردند و یا این‌که به دلیل ضعیف بودن ریشه، لاروها نمی‌توانستند چرخه‌ی زندگی‌شان را کامل کنند و این موضوع باعث ایجاد خطا در آزمایش می‌شد. در تحقیق حاضر نیز جهت پیش‌گیری از چنین خطایی، در آزمایش‌های اول و دوم از گیاهانی که از نظر ظاهری رشد خوب و یکسانی داشتند، استفاده شد. به همین دلیل، تعداد گیاهانی که در تجزیه آماری شرکت کردند در تیمارهای مختلف متفاوت بودند.

دلیل استفاده از گیاهان حساس در این تحقیق و هم‌چنین آزمایش مولر (1998) افزایش اطمینان در صحت مراحل کار بود. در تحقیقات مولر (1998) آلوده‌سازی گیاهان توسط ۱۰۰۰ لارو نماتد صورت گرفت و پس از مدت حدود شش هفته تشکیل سیست‌ها روی گیاهان مشاهده شد. در آزمایش وی مشخص شد که بهترین زمان شروع شمارش و مقایسهٔ تعداد سیست‌های تشکیل شده روی ریشهٔ گیاهان حساس و مقاوم، زمانی است که روی ریشهٔ گیاهان حساس حداقل ۴۰ سیست تشکیل شده باشد، در غیر این صورت ممکن است در تعیین گیاهان حساس و مقاوم خطا صورت گیرد. وی در آزمایش مکرر انجام شده دریافت که تعداد سیست‌های تشکیل شده روی گیاهان مقاوم معمولاً کمتراز ۳۰ سیست است. ساندل و همکاران (Sandal et al. 1997) نیز در تحقیقات مشابه، بوته‌های چغندرقند را در گلخانه با ۹۰۰ لارو نماتد آلوده کردند و معیار آن‌ها در انتخاب گیاهان مقاوم وجود حداکثر ۱۰ سیست بود. مصباح و همکاران (Mesbah et al.1997) نیز در شناسایی گیاهان مقاوم دارای یک کروموزوم اضافه، وجود حداکثر ۱۰ سیست را مبنای مقاومت قرار دادند. گیاهان حساس معمولاً

بیش از ۵۰ سیست داشتند. درتحقیق حاضرگیاهان توسط ۱۰۰۰ لارو نماتد آلوده شدند و پس از نه هفته، روی گیاهان حساس بیش از ۴۰ سیست مشاهده شد، در همین زمان شمارش سیست ریشه تمام گیاهان آغاز شد. معیار طبقه‌بندی گیاهان از نظر مقاومت و حساسیت به این صورت بود که گیاهانی که بیش از ۱۰ سیست روی آن‌ها تشکیل شده بود، حساس و گیاهانی که کم‌تر از ۱۰ سیست روی آن‌ها تشکیل شده بود به عنوان مقاوم دسته‌بندی شدند. در آزمایش اول و دوم معمولاً تعداد سیست‌های تشکیل شده روی گیاهان حساس بیش از ۵۰ عدد بود که با نتایج ساندل و همکاران (Sandal et al. 1997) مشابهت داشت. هم‌چنین در این تحقیق به جز چند مورد روی گیاهان مربوط به ارقام مقاوم، حداکثر ۳۰ سیست و اغلب کم‌تر از ۱۰ سیست مشاهده شد که با نتایج مک‌فارلن مطابقت داشت. دلیل تشکیل سیست روی گیاهان مقاوم توسط دانشمندان مورد بررسی قرار گرفته است. در این راستا استیل و ساوتیسکی (Steele and Savitsky 1981) نشان دادند که گیاهان مقاوم مانع از نفوذ لارو به ریشه نمی‌شوند، هم‌چنین یو و استیل (Yu and Steele 1981) بیان کردند که لاروهای سن دوم نماتد به ریشهٔ گیاهان نفوذ و تغذیه می‌کنند؛ اما اغلب در گیاهان مقاوم نمی‌توانند چرخه‌ی زندگی را کامل کنند و به مرحلهٔ بلوغ برسند. در تحقیقات مک‌فارلن و همکاران (Mc Farlane et al. 1982) مشخص شد که ریشهٔ گیاهان حساس و مقاوم، ماده یا موادی را ترشح می‌کنند که باعث جذب لاروهای نماتد و تفریخ لاروها از سیست می‌شود، اما به‌دلیل عدم افزایش تعداد سیست‌ها روی گیاهان مقاوم، خسارت ناشی‌از نماتد در این گیاهان، کم‌تر از گیاهان حساس است.

در آزمایش‌های اول و دوم گلخانه‌ای روی برخی ریشه‌های گیاهان مقاوم، تعدادی سیست تشکیل شده بود که اغلب کم‌تر از ۱۰ بودند. هاینر (Hijner 1951) بیان کرد که رشد گیاه مقاوم *B. patellaris* بعداز دو ماه باعث کاهش ۵۰ درصد جمعیت نماتد و بعداز یک دوره رشد پنج ماهه باعث کاهش جمعیت نماتد به میزان ۹۰ درصد شده است. این کاهش جمعیت سیست‌های تشکیل شده روی گیاهان مقاوم در جمعیت گیاهان مقاوم شماره‌های ۱۰،۹ و ۱۱ بعد از گذشت دو ماه از زمان تلقیح لارو نمایان شد، به‌طوری که تعداد سیست‌های تشکیل شده نصف میانگین جمعیت سیست‌های تشکیل شده روی گیاهان حساس بود.

با شمارش سیست مشاهده شد که در برخی گیاهان رقم مقاوم، سیست‌های بسیاری مانند گیاهان حساس تشکیل شده است. در آزمایش هایبروک (Heijbrock 1977) نیز چنین مواردی مشاهده شد که می‌تواند به علت فشار زیاد عامل بیماری و یا عدم حضور ژن(های) مقاومت در اثر شکستگی DNA باشد. هم‌چنین در ارقام حساس نیز گیاهانی مشاهده شدند که هیچ سیستی روی آن‌ها تشکیل نشده بود و یا

تعدادکمی تشکیل شده بود که آن هم می‌تواند به علت فرار گیاه از بیماری باشد.

در نهایت، مشخص شد که ارزیابی در شرایط گلخانه روشی ساده و مؤثر جهت ردیابی اولیه و حذف ارقام حساس است و مزیت مهم آن قابلیت تشخیص گیاهان حساس و مقاوم به میزان دو تا سه مرتبه در سال است.

منابع مورد استفاده: References:

احمدی، ع. شریفی تهرانی، ع. خیری، ا و حجارود، ق. ۱۳۷۷. جداسازی قارچهای *Paecilomyces* spp. و *Fusarium solani* از *Heterodera schachtii* و کارایی آن‌ها در کنترل بیولوژیکی تخم‌های نماتد در شرایط آزمایشگاه. بیماری‌های گیاهی. ۳۴ : ۱۹۷– ۱۸۶

اخیانی، ا. دامادزاده، م و احمدی، ع. ۱۳۷۴. بررسی پراکندگی و شدت آلودگی نماتد چغندرقند در مزارع چغندرقند استان اصفهان. خلاصه مقالات دوازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، آموزشکده کشاورزی کرج، صفحه ۱۲۳

اولیا، م و معتمدی، ع. ۱۳۸۴. اولین گزارش وجود نماتد سیست چغندرقند *Heterodera schachtii* در استان چهارمحال و بختیاری. خلاصه مقالات شانزدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه تبریز، صفحه ۱۶۱

بی‌نام. ۱۳۷۷ . چغندرقند از علم تا عمل. (ترجمه) . مؤسسه تحقیقات اصلاح وتهیه بذر چغندرقند. نشر علوم کشاورزی. ۷۳۱ صفحه

بهداد، ا. ۱۳۷۷. عوامل بیماری‌زا و بیماری‌های مهم گیاهان ایران. نشر یادبود.

پرویزی، ر. اشتیاقی، ح و خیری، م. ۱۳۷۲. اثر تراکم جمعیت نماتد چغندر قند بر عملکرد محصول و عناصر غذایی ریشه و برگ چغندرقند در آذربایجان. خلاصه مقالات یازدهمین کنگره گیاهپزشکی ایران، دانشگاه گیلان، رشت، صفحه۱۲۹.

Baum TJ, Wubben II MJE, Hardy KA, Su H, Rodermel SR (2000) A screen for *Arabidopsis thaliana* mutant with altered susceptibility to *Heterodera schchtii.* Journal of Nematology. 32(2):166-173.

Evans KDL, Trudigll A. and Webster JM (1993) Plant Parasitic Nematodes in Temperate Agriculture. CAB Intrernational 648 pp.

Heijbrock W (1977) Partial resistance of sugar beet to beet cyst eelworm (*Heterodtra schachtii).* Euphytica. 26:257-262

Hijner JA (1951) De gevoe ligheid van wilde bieten voor het bietecysteaaltje (*Heterodera schachtii*). Meded. Inst. Rat. Suikerprod. 21:1-13.

Kim DG and Riggs RD (1995) Detecting cyst nematodes in the field. Journal of Nematology.

Mc Farlane JS, Savitsky H and Steele AE (1982) Breeding for resistance to the sugar beet nematode. Journal of the a.s.sb.t.vol.21, no.4 Pp 311-323.

Mesbah M, Bock TSM, Sandbrink JM, Lankhorst RMK and Lang W (1997) Molecular and morphological characterization of monosomic additions in *Beta vulgaris,*carrying extra chromosomes of *B. procumbens* or *B .patellaris.* Molecular Breeding.3:147-157.

Muller J (1998)New pathothypes of the beet cyst nematode (*Heterodera schachtii*) differentiated on alien genes for resistance in beet (*Beta vulgaris*). fundam. Appl. Nematol.21(5): 519-526.

Sandal NN, Salentijn EMJ, Kleine M, Cai D, Reuver MR, Druten MV, Bock TSM, Lange W, Steen P, Jung C, Marcker K, Stiekema WJ, Lankhorst RMK (1997) Backcrossing of nematode-resistant sugarbeet: A second nematode resistance gene at the locus containing $Hs1^{pro-1}$. Molecular Breeding 3: 471-480.

Steele AE, Savitsky H (1981) Resistance of trisomic and diploid hybrids of *Beta vulgaris* and *B. procumbens* to the sugarbeet nematode, *Heterodera schachtii* J. Nematology. 13:352-257.

Yu MH, steele AE (1981) Host-parasite interaction of resistant sugar beet and *Heterodera schachtii.* J.Nematology.13:206-212.