

ارزیابی شماری از رگه‌های سویا نسبت به نماتد سیستی سویا (*Heterodera glycines*) در شرایط کنترل شده و کشتزار

سمیه دهقان‌زاده^۱، زهرا تنها معافی^{۲*}، کامران رهنما^۳، علی زمان میرآبادی^۴ و رامین حیدری^۵

۱ و ۳. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیماری‌شناسی گیاهی و دانشیار، گروه گیاهپزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲. دانشیار، بخش تحقیقات نماتدشناسی، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۴. محقق، مجتمع تکاتو شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

۵. استادیار، گروه گیاهپزشکی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۸/۱۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۱)

چکیده

نماتد سیستی سویا *Heterodera glycines* یکی از مهم‌ترین بیمارگرهای محدودکننده عملکرد سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) در بسیاری از کشورهای تولیدکننده این محصول به شمار می‌آید. کاربرد منابع مقاومت یکی از روش‌های مؤثر در کنترل نماتد سیستی سویا است. در این بررسی، به‌منظور شناسایی رگه (لاین)های مقاوم، واکنش ۶۳ رقم و رگه سویا نسبت به نماتد سیستی سویا در شرایط اتاقک رشد و کشتزار بررسی شد. حساسیت یا مقاومت رگه‌ها بر پایه شاخص نماتد ماده (Female Index) در رگه موردبررسی و رقم حساس استاندارد لی ۷۴ به‌صورت درصد تعیین شد. نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای نشان داد که از بین رگه‌های موردآزمایش، ۵ رگه به‌طور کامل مقاوم، ۱۴ رگه به نسبت مقاوم، ۲۲ رگه به نسبت حساس و ۲۲ رگه به‌طور کامل حساس بودند. بیشتر رگه‌های دارای واکنش مقاوم و به نسبت مقاوم، دورگ‌های ناشی از تلاقی رقم مقاوم کتول (DPX) نسبت به نماتد سیستی سویا با رقم‌های رایج سویا بودند. با کشت رگه‌های دارای واکنش مقاوم و به نسبت مقاوم، در اتاقک رشد و مقایسه واکنش آن‌ها نسبت به رقم حساس استاندارد، نتایج آزمایش‌های مزرعه‌ای تأیید شد.

واژه‌های کلیدی: *Heterodera glycines*، حساسیت، سویا، شاخص ماده، مقاومت.

Evaluation of some soybean lines to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) under control conditions and field

Somayeh Dehghanzadeh¹, Zahra Tanha Maafi^{2*}, Kamran Rahnama³, Alizaman Mirabadi⁴
and Ramin Heydari⁵

1, 3. Former M.Sc. Student and Associate Professor, Department of Plant Pathology, Gorgan University of Agricultural Sciences, Gorgan, Iran

2. Associate Professor, Department of Nematology, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

4. Researcher, Tekato Complex, Oilseeds Improvement Company

5. Assistant Professor, Department of Plant Protection, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Nov. 9, 2015 - Accepted: Aug. 1, 2016)

ABSTRACT

The soybean cyst nematode (*Heterodera glycine* Ichinohe, SCN) is one of the most serious yields limiting pathogen on soybean (*Glycine max* (L.) Merr) which is found in many soybean-growing regions throughout the world. Applying of resistant sources is one of the efficient measures to manage this nematode. In this study, reaction of 63 soybean lines to the soybean cyst nematode were evaluated in field and growth chamber conditions. Host resistance was determined on the basis of female index (i.e., number of female developed on the tested lines / number of female on the standard susceptible cultivar Lee 74 as percentage). The results demonstrated that five lines were defined as resistant, whereas 14 lines with FI 10 to 29 were considered as moderate resistance. Subsequently, 22 lines were demonstrated as moderately susceptible and 22 lines were characterized as susceptible lines. The lines which showed resistance and moderate resistance in field conditions were selected for assay under control conditions. The results of pot experiments conducted under control conditions verified the field findings.

Keywords: female index, *Heterodera glycines*, resistance, soybean, susceptibility.

مقدمه

نماتد سیست سویا (Soybean Cyst Nematode,) (SCN *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952) از مهم‌ترین عامل‌های بیماری‌گر سویا در مناطق کشت و تولید این محصول در جهان به شمار می‌آید. در ایران نیز این نماتد در استان‌های گلستان و مازندران گسترش دارد (Tanha Maafi *et al.*, 2008). استفاده از رقم‌های مقاوم در مدیریت نماتدها روش مؤثری است که عملکرد محصول را در حضور جمعیت بیشتر از حد آستانه آسیب اقتصادی نماتد، حفظ می‌کند. مقاومت به نماتدها به‌طور معمول با انتخاب و کشت گیاهانی انجام می‌شود که نماتد در آن‌ها میزان افزایش پایینی دارد و به همین جهت تراکم جمعیت نماتد به‌طور کلی در رقم‌های مقاوم کمتر از رقم‌های حساس است. به‌کارگیری رقم‌های مقاوم افزون بر اینکه کامل‌کننده روش تناوب زراعی در مدیریت نماتدها است، دستیابی به گردش زراعی مؤثر را بهبود بخشیده و موجب تسهیل آن می‌شود. رقم‌های مقاوم کمی نسبت به شمار ژنوتیپ‌های مقاوم شناخته‌شده وجود دارد. نزدیک به ۹۰ درصد گزارش‌ها در زمینه رقم‌های مقاوم به نماتدها، مربوط به گونه‌های نماتدهای ریشه گرهی (*Meloidogyne spp.*) و نماتدهای سیستی (*Globodera spp.*, *Heterodera spp.*) است که نشان‌دهنده اهمیت این گروه از نماتدها به‌عنوان عامل‌های مهم بیماری‌گر در محصولات کشاورزی و فراوانی نسبی مقاومت نسبت به گونه‌های این جنس‌هاست. گسترش بررسی‌ها در زمینه رقم‌های سویا به‌منظور مقاومت به نماتد سیستی سویا بیش از ۶۰ سال است که در دست انجام است. امروزه در ایالات‌متحده آمریکا، برزیل و آرژانتین برای مدیریت نماتد سیستی سویا از رقم‌های مقاوم به این نماتد استفاده می‌شود. در ایالت کارولینای شمالی ایالات‌متحده آمریکا در سال ۱۹۹۸ نزدیک به ۴۸ درصد از محصول سویای کاشته شده در ۵۷۳ هزار هکتار از رقم‌های مقاوم به نماتد سیستی سویا بوده است (Starr & Roberts, 2004).

نخستین منابع مقاوم به نماتد سیستی سویا در اواسط دهه ۱۹۵۰ (Ross & Brim, 1957) معرفی شد،

که طی آن رگه (لاین)‌های PI 90763، PI 84751، IISoy و Peking را به نام رقم (کولتیوار)‌های زراعی مقاوم به نماتد سیست سویا مطرح کردند. رقم‌های زراعی کاستر (Custer)، پیکت (Pickett) و دایر (Dyer) به‌ترتیب در سال‌های ۱۹۶۸، ۱۹۶۶ و ۱۹۸۹ معرفی شدند (Brim & Ross, 1966; Hartwig &) (Epps, 1968; Leudders, 1989). این رقم‌ها به علت داشتن عملکرد پایین در سطح بالایی کشت نمی‌شدند اما مقاومت نسبت به نژادهای یک و سه را داشتند. با انتخاب PI 88788 به‌عنوان والد مقاوم، نخستین رقم مقاوم به نژاد چهار به نام بدفرد (Bedford) معرفی شد (Anand *et al.*, 1998). تحقیقات Riggs & Schmitt (1991) نشان داد که رقم PI 437654، مقاوم به همه نژادهای SCN است. این رقم، بیشترین سطح زیر کشت را در ایالات جنوبی آمریکا در سال ۱۹۷۰ داشته است. این عمل باعث کاهش آسیب ۴۰۵ میلیون دلاری بین سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۰ در آمریکا شد (Bradly & Duffy, 1982). منبع مقاومت بیشتر از ۹۰ درصد رقم‌های مقاوم سویا، رگه PI 88788 است، استفاده از نظام تک‌کشتی مقاوم منجر به افزایش بیماریزایی جمعیت‌های نماتد سیستی سویا روی این رگه می‌شود (Mitchum *et al.*, 2007; Hershman *et al.*, 2008; Niblack *et al.*, 2008). این موضوع مهندسان ژنتیک را بر آن داشت تا منابع مقاوم دیگری را معرفی کنند. در خاک‌های آلوده، رقم‌های زراعی مقاوم می‌توانند عملکردی ۵ تا ۱۰ درصد بالاتر از رقم‌های حساس داشته باشند (Hamblen *et al.*, 1972; Epps *et al.*, 1981; Hartwig, 1981; Young & Hartwig, 1992)، گزارش کرده‌اند که با استفاده از رقم‌های مقاوم، افزایش محصول، ۵۰ درصد بیشتر از رقم‌های حساس در کشتزارهای آلوده است. در سال‌های ۱۹۷۵ تا ۱۹۸۰ استفاده از رقم مقاومی به‌نام فارست در ایالات جنوبی آمریکا ۴۰۱ میلیون دلار از کاهش عملکرد سویا پیشگیری کرده است، همچنین رقم حساس در کشتزار با سطح آلودگی بسیار پایین می‌تواند در آخر فصل جمعیتی را ایجاد کند که منجر به کاهش محصول میزبان حساس در فصل بعدی شود (MacGuidwin *et al.*, 1995; Wrather *et al.*, 2002).

عملکرد سویا، یافتن منابع سویای مقاوم به این نماتد یکی از مهم‌ترین راهکارهای مدیریت نماتد سیستی سویا است. هدف از این بررسی، ارزیابی شماری از رگه‌های سویا نسبت به تیپ غالب نماتد سیستی سویا در منطقه به‌منظور دستیابی به منابع مقاومت بود.

مواد و روش‌ها

ارزیابی رگه‌های سویا در شرایط کشتزار

بدر ۶۳ رگه (جدول ۱) سویا برای بررسی میزان حساسیت به نماتد سیست سویا از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران فراهم شد. رقم Lee 74، به‌عنوان رقم حساس استاندارد و رقم کنترل (DPX) به‌عنوان رقم مقاوم به نماتد سیستی سویا در نظر گرفته شدند (Tanha Maafi et al., 2008; Heydari et al., 2008).

در آزمایش‌های انجام‌شده در ایران در شرایط کشتزار، میزان محصول سویا در رقم مقاوم DPX (کتول) در مقایسه با رقم حساس BP (تلار) به میزان ۴۸ درصد افزایش داشته و کنترل نماتد سیستی سویا در رقم حساس با استفاده از نماتدکش ۱۶ درصد افزایش محصول را نشان داده است (Heydari et al., 2012).

بنا بر بررسی‌های انجام‌شده در ایران از بین هفده رقم از رقم‌های متداول سویا که نسبت به نژاد شماره ۳ (HG Type 0) آزمایش شدند، رقم DPX با شاخص ماده (Female Index) بسیار پایین، به‌عنوان رقم مقاوم تعیین شده است (Tanha Maafi et al., 2008; Heydari et al., 2008).

با توجه به کشت سویا در ایران و گسترش نماتد سیستی سویا در استان‌های مازندران و گلستان به‌عنوان یکی از زیانبارترین عامل‌های کاهش‌دهنده

جدول ۱. رگه‌های سویای ارزیابی‌شده نسبت به نماتد سیستی سویا، *Heterodera glycines* در این بررسی

Table 1. Soybean lines evaluated to Soybean Cyst Nematodes, *Heterodera glycines* in this study

Line Code	Genotype	Line Code	Genotype	Line code	Genotype
1	G3 × Nemaha (5)	22	DPX × Kottman (1)	(43)	Williams × DPX (9)
2	G3 × Hamilton (2)	23	DPX × Kottman (2)	44	Williams × DPX (10)
3	G3 × Hamilton (3)	(24)	DPX × Kottman (4)	45	DPX × Hamilton (3)
4	G3 × Hamilton (4)	(25)	DPX × Kottman (5)	46	Hamilton × DPX (1)
5	G3 × Hamilton (5)	(26)	DPX × Nemaha (2)	47	Hamilton × Sahar (3)
6	G3 × Hamilton (8)	27	DPX × Nemaha (3)	48	Omaha × Sahar (3)
(7)	G3 × Hamilton (9)	28	DPX × Nemaha (4)	49	Accomac × Yougetsu (3)
8	G3 × Hamilton (10)	29	DPX × Nemaha (5)	50	Accomac × Yougetsu (5)
9	Sahar × Nemaha (2)	(30)	DPX × Darby (1)	(51)	Accomac × Yougetsu (1)
10	Sahar × Nemaha (3)	31	DPX × Darby (2)	52	Accomac × Yougetsu (2)
11	Williams × Sahar (2)	32	DPX × Darby (3)	53	Accomac × Yougetsu (3)
12	Williams × Sahar (3)	33	DPX × Darby (4)	54	Hamilton × Williams (10)
13	DPX × Rend (1)	34	DPX × Darby (5)	55	Hamilton × Nemaha (6)
14	DPX × Rend (3)	(35)	Williams × DPX (1)	(56)	Nigeria × Sepideh (3)
(15)	DPX × Rend (4)	(36)	Williams × DPX (2)	57	Nigeria × Sepideh (4)
(16)	DPX × Rend (5)	37	Williams × DPX (3)	58	Nigeria × Sepideh (5)
(17)	DPX × Yougetsu (1)	38	Williams × DPX (4)	59	Nigeria × Sepideh (6)
18	DPX × Yougetsu (2)	39	Williams × DPX (5)	60	Nigeria × Sepideh (7)
(19)	DPX × Yougetsu (3)	40	Williams × DPX (6)	61	Nigeria × Sepideh (8)
20	DPX × Yougetsu (4)	(41)	Williams × DPX (7)	62	Nigeria × Sepideh (9)
21	DPX × Ypgetsu (5)	42	Williams × DPX (8)	(63)	(DPX) Katool

* شماره رگه‌های درون پرانتز در شرایط کنترل‌شده نیز بررسی شدند.

* The line codes in brackets were studied under growth chamber conditions as well.

مزرعه آلوده به HG Type 0 (نژاد ۳) نماتد سیستی سویا *H. glycines* از کشتزارهای شرکت زراعی دشت ناز در استان مازندران انتخاب شد. برای تعیین جمعیت اولیه در قطعه آزمایشی به ابعاد ۳×۷۰ متر،

انتخاب قطعه آزمایشی، تعیین جمعیت اولیه و عملیات کاشت

بر پایه بررسی‌ها و گزارش‌های پیشین (Tanha Maafi et al., 2008; Heydari et al., 2008) یک قطعه

۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۸، ۳۰، ۳۵، ۳۶، ۴۱، ۴۳، ۴۶، ۵۱، ۵۶، ۶۳) برای آزمایش در شرایط اتاقک رشد انتخاب شدند. نام این رگه‌ها در جدول ۱ در پراگتزر آمده شده است.

هریک از رگه‌ها درون گلدان‌های حاوی ترکیب یکسانی از خاک و ماسه اتوکلاو شده کشت شدند. پس از رسیدن به مرحله سه تا چهار برگی، سه گیاهچه یک شکل و اندازه از نظر طول ریشه و ساقه از هر یک از رقم‌ها انتخاب، به صورت سه تکرار در گلدان‌های حاوی خاک شنی لومی نشاء شدند. یک روز پس از کاشت، به هر یک از واحدهای آزمایشی بیست تخم و لارو در گرم خاک اضافه شد. مایه تلقیح به وسیله خرد کردن سیست‌های جداسازی شده از خاک آلوده از محل انجام آزمایش صحرائی تهیه شد. آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در اتاقک رشد با دمای ثابت ۲۸-۳۰ درجه سلسیوس ۱۶ ساعت روشنایی روزانه اجرا شد. پس از گذشت یک ماه از تلقیح، گیاهان از خاک خارج شده و پس از قطع اندام هوایی، ماده‌ها و سیست‌های متصل به ریشه با فشار آب روی الک‌های با قطر منافذ ۵۰۰ و ۱۵۰ میکرون گردآوری شد (Riggs et al., 1988). شاخص ماده FI برابر روش صحرائی تعیین شد. گروه‌بندی واکنش رگه‌ها به روش Schmitt & Shannon (1992) انجام شد. در این گروه‌بندی، رگه‌هایی با شاخص ماده کمتر از ۱۰ درصد به عنوان مقاوم، بین ۱۰ تا ۳۰ درصد به عنوان به نسبت مقاوم، ۳۰ تا ۶۰ درصد به نسبت حساس و بیشتر از ۶۰ درصد به عنوان کامل حساس معرفی می‌شوند.

محاسبه آماری

همه داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه میانگین در موارد مورد نیاز به روش کمترین اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

جمعیت اولیه خاک

بافت خاک کشتزار آزمایشی لومی سیلتی، $pH=6/2$ با ۳/۲ درصد ماده آلی بود. سیست‌های به دست آمده

هر ده خط کاشت یک قطعه در نظر گرفته شد و پنج زیر نمونه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و به طور کامل با هم مخلوط و به عنوان یک نمونه کلی در نظر گرفته شد، با توجه به وجود هفتاد خط کاشت در مجموع هفت نمونه کلی از قطعه آزمایشی گردآوری شد. از هر یک از نمونه‌های خاک ۲۵۰ گرم بنابر روش Dunn (1969) بررسی شد و پس از استخراج سیست‌ها، شمار سیست‌های هر نمونه توسط استرئومیکروسکوپ شمارش شد. سیست‌های به دست آمده با استفاده از سیست خردکن شکسته شدند و تخم و لارو موجود در هر نمونه تعیین شد. جمعیت بر پایه میانگین شمار تخم و لارو در گرم خاک محاسبه شد. به منظور شناسایی سیست‌های استخراج شده، بررسی‌های ریخت‌شناسی و ریخت‌سنجی روی شماری از سیست‌ها و لاروهای سن دوم موجود در آنها انجام شد.

برای جلوگیری از رشد علف‌های هرز، از علف‌کش ترفلان با غلظت ۲ لیتر در هکتار پیش از کاشت استفاده شد. بذر رگه‌های مورد آزمایش و رقم حساس Lee 74 با تغییرهای چندی در روش دو ردیفی (Ross & Brim, 1957) به صورت خطی به طول ۳ متر و با فاصله ۷۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت شد. مراحل داشت زراعت بنا بر عرف منطقه انجام شد.

برداشت گیاهان

یک ماه پس از کاشت، شمار شش بوته از ابتدا، اواسط و انتهای خط کاشت هر تیمار از خاک خارج شد و گیاهان گردآوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. ماده‌های جوان رشد یافته روی ریشه هر گیاه به کمک الک‌هایی با قطر منافذ ۱۵۰ و ۵۰۰ میکرومتر جداسازی و شمارش شدند (Riggs & Schmitt, 1991). شاخص ماده (Female Index, FI) بر پایه میانگین شمار ماده‌های جوان روی هر رگه نسبت به میانگین شمار ماده‌های جوان روی رقم حساس استاندارد Lee 74، به صورت درصد تعیین شد.

ارزیابی رگه‌ها در شرایط کنترل شده

رگه‌هایی که در کشتزار به عنوان رگه‌های مقاوم و به نسبت مقاوم تعیین شده بودند (رگه‌های شماره ۷،

که پنج رگه شاخص ماده کمتر از ۱۰ درصد داشتند و به‌طورکلی مقاوم به نماتد سیستی سویا تعیین شدند (جدول ۲). چهارده رگه شاخص دارای ماده بین ۱۰ تا ۳۰ درصد و به‌عنوان به نسبت مقاوم، ۲۲ رگه دارای شاخص ماده بین ۳۰ تا ۶۰ درصد و به نسبت حساس به نماتد سیستی سویا معرفی شدند. شمار ۲۲ رگه نیز شاخص ماده بیشتر از ۶۰ درصد داشتند و کامل حساس به نماتد سیستی سویا معرفی می‌شوند.

H. glycines تشخیص داده شدند. میانگین شمار سیست در ۲۵۰ گرم خاک چهل عدد تعیین شد و میانگین جمعیت تخم و لارو نماتد سیستی سویا در نمونه خاک‌های گردآوری‌شده از قطعه آزمایشی نه عدد در گرم خاک بود.

واکنش رگه‌های سویا در شرایط آلودگی طبیعی

بررسی شاخص ماده در رگه‌های آزمایشی نشان داد

جدول ۲. میانگین شمار ماده *Heterodera glycines*، شاخص ماده و گروه‌بندی واکنش رگه‌های سویا در شرایط کشتزار

Line code	Mean number of female*	Female Index	Status**	Line code	Mean number of female*	Female Index	Status**
1	90.50	88.22	S	32	35.50	34.60	MS
2	79.50	77.49	S	33	90.00	87.73	S
3	42.17	41.10	MS	34	52.17	50.85	MS
4	144.17	140.53	S	35	25.50	24.86	MR
5	42.50	41.43	MS	36	13.67	13.32	MR
6	99.00	96.50	MS	37	39.00	38.02	MS
7	20.50	19.98	MR	38	97.17	94.71	S
8	55.67	54.26	MS	39	34.00	33.14	MS
9	62.67	31.84	MS	40	61.17	59.62	MS
10	79.00	77.01	S	41	18.83	18.36	MR
11	60.83	59.30	MS	42	42.50	41.43	MS
12	32.83	32.00	MS	43	5.00	4.87	R
13	44.50	43.38	MS	44	38.83	37.85	MS
14	54.00	52.64	MS	45	52.17	50.85	MS
15	19.17	18.68	MR	46	28.00	27.29	MR
16	30.00	29.24	MR	47	48.50	47.28	MS
17	12.67	12.35	MR	48	95.00	90.60	S
18	19.67	19.17	MR	49	53.83	52.47	MS
19	3.67	3.35	R	50	33.50	32.65	MS
20	129.33	126.07	S	51	11.00	10.5	MR
21	64.00	62.38	S	52	131.00	127.69	S
22	51.50	50.20	MS	53	72.33	70.51	S
23	142.83	139.23	S	54	69.33	67.58	S
24	4.33	4.22	R	55	72.17	70.51	S
25	20.00	19.50	MR	56	15.00	14.62	MR
26	6.50	6.34	R	57	148.83	145.08	S
27	60.33	58.81	MS	58	130.67	127.37	S
28	29.17	28.43	MR	59	82.33	80.25	S
29	66.83	65.15	S	60	131.17	127.86	S
30	15.33	14.95	MR	61	147.00	143.29	S
31	39.33	38.34	MS	62	115.67	112.75	S
				63	4.00	3.90	R

*: هر عدد میانگین شش تکرار است.

S⁰⁰: کامل حساس، MS: به نسبت حساس، MR: به نسبت مقاوم، R: کامل مقاوم

* Each number is mean of six replications.

S⁰⁰: Susceptible, MS: Moderately Susceptible, MR: Moderately Resistant, R: Resistant.

تجزیه واریانس شمار سیست و شاخص نماتد ماده رگه‌های سویای مورد آزمایش در آزمایش‌های صحرایی تجزیه واریانس شمار ماده‌های بالغ‌شده روی ریشه رگه‌های موردبررسی نشان داد که در بین این رگه‌ها از نظر شمار نماتد ماده موجود و شاخص ماده، اختلاف‌های معنی‌داری وجود دارد. این موضوع نشانگر واکنش متفاوت رگه‌ها نسبت به نماتد موردبررسی بوده است (جدول ۴).

واکنش رگه‌های سویا به *H. glycines* در اتاقک رشد نتایج تحقیق در اتاقک رشد نزدیک به همسان با آزمایش‌های صحرایی بود و پنج رگه که در شرایط کشتزار مقاومت بالایی نشان داده بودند، توانستند در اتاقک رشد نیز مقاومت خود را حفظ کنند. این رگه‌ها شاخص ماده کمتر از ده و کامل مقاوم داشتند، چهارده رگه دارای شاخص ماده بین ۱۰ تا ۳۰ به‌عنوان رگه‌های به نسبت مقاوم بودند (جدول ۳).

جدول ۳. میانگین شمار نماتد ماده *Heterodera glycines*، شاخص ماده و واکنش رگه‌های سویا نسبت به نماتد سیستی سویا در شرایط کنترل شده

Table 3. Mean number of female of *Heterodera glycines*, female index and the status of soybean lines under growth chamber conditions

Line code	Mean number of female	Female Index	Status*
7	22.33	22.15	MR
15	19.00	18.84	MR
16	26.33	26.12	MR
17	11.00	10.91	MR
18	22.00	21.5	MR
19	3.66	3.63	R
24	3.33	3.30	R
25	19.00	18.84	MR
26	6.00	5.95	R
28	29.5	28.50	MR
30	14.00	13.88	MR
35	22.00	21.82	MR
36	11.00	10.91	MR
41	18.33	18.18	MR
43	4.33	4.29	R
46	26.00	25.00	MR
51	9.66	9.58	R
56	14.33	14.21	MR
63	4.00	3.96	R

* MR: Moderately Resistant, R: Resistant

MR*: به نسبت مقاوم، R: کامل مقاوم

جدول ۴. مقایسه میانگین شمار نماتد ماده تشکیل شده در رگه‌های سویای مورد بررسی در شرایط کشتزار

Table 4. Mean comparison of the number of mature female and cyst of *Heterodera glycines* developed on the soybean lines under field conditions

Line code	Mean number of female	Group	Line code	Mean number of female	Group
57	148.8	A	47	48.5	GHIJKLMNOPQ
61	147.00	AB	13	44.5	HIJKLMNOPQ
4	144.2	ABC	5	42.5	IJKLMNOPQ
23	142.8	ABC	42	42.5	IJKLMNOPQ
60	131.2	ABCD	3	42.17	IJKLMNOPQ
52	131.0	ABCD	31	39.33	IJKLMNOPQ
58	130.7	ABCD	37	39.0	IJKLMNOPQ
20	129.3	ABCD	44	38.83	IJKLMNOPQ
62	115.7	ABCDE	32	35.5	JKLMNOPQ
64	102.6	ABCDEF	39	34.0	JKLMNOPQ
6	99.0	BCDEFG	50	33.5	JKLMNOPQ
38	97.17	CDEFG	12	32.83	JKLMNOPQ
48	95.0	CDEFGH	9	32.67	JKLMNOPQ
1	90.50	DEFGHI	16	30.0	JKLMNOPQ
33	90.0	DEFGHI	28	29.17	KLMNOPQ
59	82.33	DEFGHIJ	46	28.0	KLMNOPQ
2	79.50	EFGHIJK	35	25.5	LMNOPQ
10	79.0	EFGHIJK	24	21.0	LMNOPQ
53	72.33	EFGHIJKL	7	20.5	LMNOPQ
55	72.17	EFGHIJKL	25	20.0	LMNOPQ
54	69.33	EFGHIJKLM	18	19.67	LMNOPQ
29	66.83	EFGHIJKLMN	15	19.17	LMNOPQ
21	64.0	FGHIJKLMNO	41	18.83	MNOPQ
40	61.17	FGHIJKLMNOP	30	15.33	NOPQ
11	60.83	FGHIJKLMNOP	56	15.0	NOPQ
27	60.33	FGHIJKLMNOP	36	13.67	NOPQ
8	55.67	FGHIJKLMNOPQ	17	12.67	OPQ
14	54.0	FGHIJKLMNOPQ	51	10.5	PQ
49	53.83	FGHIJKLMNOPQ	26	6.5	Q
45	52.17	FGHIJKLMNOPQ	43	5.0	Q
34	52.17	FGHIJKLMNOPQ	63	4.33	Q
22	51.5	FGHIJKLMNOPQ	19	3.66	Q

گسترش دارد. شدت آلودگی در زمان کاشت در هر دو استان بالا است (Tanha Maafi et al., 2008). بنابر

نماتد سیستی سویا در دو منطقه تحت کشت سویا در شمال کشور، استان‌های مازندران و گلستان

حساسیت بوده و بخشی از رقم‌های خارجی نیز برحسب صفات عملکردی و شرایط سازگاری آن‌ها انتخاب شده‌اند اگرچه می‌توان برای انتخاب بهترین نتایج مقاوم به نماتد، از منابع بیشتری استفاده کرد. با توجه به حضور منبع مقاوم به نماتد DPX (کتول) این رقم سهم بیشتری در انتخاب به‌عنوان والد داشته است. رقم‌های ویلیامز و سحر نیز برحسب عملکرد و سازگاریشان به‌عنوان یکی از والدین برای امکان انتقال منابع مقاومت از دیگر رقم‌ها در نظر گرفته شد.

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که بیشتر رگه‌های مورد‌آزمایش، حساسیت شدیدی به نژاد ۰ (HG Type 0) نماتد سیستی سویا داشتند. ۵ رگه مقاومت کامل نسبت به SCN نشان داده‌اند و ۱۴ رگه دارای مقاومت نسبی بوده‌اند. دیگر رگه‌ها حساس و به نسبت حساس به نماتد سیستی سویا بوده‌اند. همه بررسی‌هایی که تاکنون در زمینه تعیین نژاد غالب نماتد سیستی استان‌های مازندران و گلستان (Tanha Maafi *et al.*, 2008, Heydari *et al.*, 210) انجام شده، مشخص شد که نژاد غالب منطقه نژاد سه است و این نژاد جز نژاد غالب و خطرناک جهان نیز به شمار می‌آید (Sikora & Noel, 1991). به‌طورمعمول بیشتر نتایج تحقیقات صحرایی در مقیاس کوچک‌تر و با آزمایش‌های گلخانه‌ای تعیین می‌شود که این موضوع در زمینه نماتد سیستی سویا هم صدق می‌کند و نتایج آزمایش گلدانی نیز مؤید این موضوع است که، ۵ رگه‌ای که در آزمایش‌های صحرایی مقاوم به نماتد سیستی سویا بوده‌اند در آزمایش‌های گلدانی دوباره مقاومت داشتند.

مقاومت رگه‌های سویای مورد‌آزمایش در این تحقیق، می‌تواند راهنمایی برای مدیران و تولیدکنندگان سویا باشد. تاکنون تنها رقم کتول (DPX) که از رقم‌های جدید سویای کشور است، مقاومت شایان‌توجهی را به *H. glycines* HG Type 0 نشان داده است (Tanha Maafi *et al.*, 2008; Heydari *et al.*, 2008). اما در این تحقیق، رگه‌هایی مانند *DPX × Nemaha* و *DPX × Kottman* و *DPX × Williams* و *DPX × Yougetsu* و کتول مقاومت بالایی به *H. glycines* نشان داده‌اند، افزون بر این

آمارنامه کشاورزی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱، سطح سویای کشور بیش از ۶۶ هزار هکتار برآورد شده است، بنابراین یافتن و انتخاب رقم مقاوم نقش بسزایی در افزایش عملکرد سویا در کشور دارد.

صدها رقم مقاوم به نماتد سیستی سویا در دنیا وجود دارد که منشأ مقاومت بیشتر آن‌ها از رگه PI 88788 و معدودی از رگه‌های PI 548402 و PI 437654 است (Niblack *et al.*, 2006). بنابراین ضروری است به دلیل وجود نماتد سیستی سویا در کشور از منابع مقاوم به نماتد سیستی سویا نیز در برنامه‌های اصلاحی این محصول استفاده شود تا بتوان رقم و یا رقم‌های مقاوم را برای کاشت در مناطق آلوده معرفی کرد. شناخت درجه میزبانی رقم‌های نسبت به نماتد ارائه برنامه مدیریتی را میسر می‌سازد. کشت رقم حساس در کشتزارهای با سطح آلودگی بسیار پایین می‌تواند در آخر فصل جمعیتی را ایجاد کند که منجر به کاهش محصول میزبان حساس در فصل بعدی شود (Wrather *et al.*, 2002) و همچنین کشت پیاپی چهار ساله یک رقم مقاوم توانسته است منجر به تغییر نژاد (تیپ) نماتد شود (Young *et al.*, 1986). بنابراین، بررسی همزمان هر دو طرف رابطه یعنی شناخت واکنش رقم‌های پیش از کشت گسترده و پیگیری تغییرپذیری در جمعیت نماتد، بایستی توجه شود. بازدارندگی از کشت مداوم رقم‌های حساس در مناطق آلوده و مدیریت کشت رقم‌های مقاوم در تناوب و سعی در ایجاد رقم‌های مقاوم جدید، از اولویت‌های اجرایی مدیریت نماتد سیستی سویا در مناطق آلوده کشور است.

در این تحقیق، حساسیت ۶۳ رقم و رگه سویا نسبت به تیپ ۰ (HG Type 0 نژاد شماره ۳) نماتد سیستی سویا *H. glycines* در شرایط آلودگی طبیعی و اتافک رشد تعیین شد. رقم‌های رایج تحت کشت در کشور که در این پژوهش بررسی شدند شامل سپیده (LWK)، سحر (پرشینگ)، ویلیامز و DPX و دیگر رقم‌ها شامل G3, Rend, Nemaha, Yougetsu, Accomac, Omaha, Hamilton, Darby, Kottman و Nijeria بودند. علت انتخاب این رقم‌ها برحسب بررسی‌های انجام‌شده (Tanha Maafi *et al.*, 2008; Heydari *et al.*, 2008) برای تعیین مقاومت یا

نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق شمار ۵ رگه که حاصل تلاقی رقم مقاوم کتول و رگه‌های رقم‌های پر محصول بودند مقاومت بالایی به نماتد سیستی سویا در هر دو شرایط کشتزار و گلخانه نشان دادند، بنابراین برای برنامه‌های آینده تهیه و اصلاح بذر سویا که به‌منظور دستیابی به رقم و یا رقم‌های مقاوم سویا به نماتد سیستی سویا انجام خواهد شد، امیدبخش بوده و می‌تواند پایه‌ای برای پیش بردن برنامه اصلاحی این محصول باشد.

رگه‌هایی که حاصل تلاقی بین رقم DPX با رگه‌های Williams و Kottman، Yougetsu بودند مقاومت نشان دادند، بنابراین ژن یا ژن‌های مقاومت به نماتد سیستی سویا از رقم کتول به دورگ‌های حاصل منتقل شده است. این موضوع برای برنامه‌های آینده تهیه و اصلاح بذر سویا که به‌منظور دستیابی به رقم و یا رقم‌های مقاوم سویا به نماتد سیستی سویا انجام خواهد شد می‌تواند بسیار امیدبخش بوده و پایه‌ای برای تحقیقات آینده باشد.

REFERENCES

- Anand, S.C., Cook, R. & Dale, M.F.B. (1998). Development of resistant and tolerant varieties. In: S. B. Sharma, (ed) *The cyst nematodes* (pp. 293-321.) Kluwer Academic Publishers
- Bradley, E.B. & Duffy, M. (1982). The value of plant resistance to soybean cyst nematodes: A case study of Forrest soybeans. NRS staff report. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Brim, C. & Ross, J.P. (1966). Registration of Pickett soybeans. *Crop Science*, 6, 305.
- Dunn, R.A. (1969). Extraction of cysts of Heterodera species from soils by centrifugation in high density solutions. *Journal of Nematology*, 1, 7.
- Epps, J.M., Young, L.D. & Hartwig, E.E. (1981). Evaluation of nematocides and resistant cultivar for control of soybean cyst nematode race 4. *Plant Disease*, 65, 665-666.
- Hamblen, M.L., Slack, D.A. & Riggs, R.D. (1972). Temperature effects on penetration and reproduction of soybean cyst nematode. *Phytopathology*, 62, 762. (Abstr.)
- Hartwig, E.E. & Epps, J.M. (1968). Dyer soybeans. *Crop Science*, 8, 402.
- Heydari, R., Pourjam, E., Tanha Maafi, Z. & Safaie, N. (2008). Evaluation of some common soybean cultivars to the major type of soybean cyst nematode of Iran, *Heterodera glycines* HG Type 0. *Iranian Journal of Plant Pathology*, 44, 319-329. (In Farsi)
- Hershman, D.E., Heinz, R.D. & Kennedy, B.S. (2008). Soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, populations adapting to resistant soybean cultivars in Kentucky. *Plant Disease*, 92(10), 1475-1475.
- Heydari, R., Pourjam, E., Tanha Maafi, Z. & Safaie, N. (2010). Comparative host suitability of common bean cultivars to the soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, in Iran. *Nematology*, 12(3), 335-341.
- Heydari, R., Pourjam, E. & Tanha maafi, Z. (2012). Yield loss caused by soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, in Iran. *Nematology*, 14(5), 589-593.
- Leudders, V.D. (1989). Variable transfer of soybean genes for resistance to soybean cyst nematode. *Crop Science* 29, 933-936.
- MacGuidwin, A.E., Grau, C.R. & Oplinger, E.S. (1995). Impact of planting 'Bell,' a soybean cultivar resistant to *Heterodera glycines*, in Wisconsin. *Journal of Nematology*, 27, 78-85.
- Mitchum, M.G., Wrather, J.A., Heinz, R.D., Shannon, J.G. & Danekas, G. (2007). Variability in distribution and virulence phenotypes of *Heterodera glycines* in Missouri during 2005. *Plant Disease*, 91, 1473-1476.
- Niblack, T.L., Colgrove, A.L., Colgrove, K. & Bond, J.P. (2008). Shift in virulence of soybean cyst nematode is associated with use of resistance from PI 88788. *Plant Health Progress*, doi:10.1094/PHP-2008-0118-01-RS.
- Riggs, R.D. & Schmitt, D.P. (1991). Optimization of the *Heterodera glycines* race test procedure. *Journal of Nematology*, 23, 149-154.
- Riggs, R.D., Schmitt, D.P. & Noel, G.R. (1988). Variability in race tests with *Heterodera glycines*. *Journal of Nematology*, 20, 565-572.
- Ross, J.P. & Brim, C.A. (1957). Resistance of soybeans to the soybean cyst nematode as determined by a double-row method. *Plant Disease Reporter*, 41, 923-924.
- Schmitt, D.P. & Shannon, G. (1992). Differentiating soybean responses to *Heterodera glycines* races. *Crop Science*, 32(1), 275-277.
- Sikora, E.J. & Noel, G.R. (1991). Distribution of *Heterodera glycines* races in Illinois. *Journal of Nematology*, 23(4S), 624.

21. Starr, J.L. & Roberts, P.A. (2004). Resistance to plant-parasitic nematodes. [n: Z.X. Chen, S.Y. Chen, & D.W. Dickson, (eds) *Nematology Advances and Perspectives: Vol. II Nematode Management and Utilization*. (p. 879-907.) Oxfordshire, UK, CAB International.
22. Tanha Maafi, Z., Salati, M. & Riggs, R.D. (2008). Distribution, population density, race and type determination of soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, in Iran. *Nematology*, 10, 919-924.
23. Wrather, J.A., Anand, S.C. & Koenig, S.R. (2002). Management by cultural practices. In: R.D. Riggs and J.A. Wrather (eds), *Biology and management of the soybean cyst nematode*. (125-132.) St. Paul, MN: American Phytopathological Society.
24. Young, L.D. & Hartwig, E.E. (1992). Evaluation of soybeans resistant to *Heterodera glycines* race 5 for yield and nematode reproduction. *Journal of Nematology*, 20 (Suppl.), 38-40.
25. Young, L.D., Hartwig, E.E., Anand, S.C. & Widick, D. (1986). Responses of soybeans and soybean cyst nematodes to cropping sequences. *Plant Disease*, 70(8), 787-791.