پژوهش‌های کاربردی در گیاه‌پزشکی ۱۱ (۳): ۷۵-۶۵ (۱۴۰۱)- مقاله پژوهشی
Journal of Applied Research in Plant Protection 11(3): 65-75 (2022)-Research Article
Archive of SID

DOI: https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2021.13807

ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های سویا در مقابل نماتد سیستی سویا *Heterodera glycines*

ابوالفضل کی‌پور[۱]، حمید نجفی زرینی[۱]✉، رامین حیدری[۲]، علی پاکدین پاریزی[۳]، غلامعلی رنجبر[۱]

[۱]دانشکده زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ساری، ایران. [۳]پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج، ایران.
[۳]پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ساری، ایران.✉najafi316@yahoo.com

دریافت: ۱۴۰۰/۴/۲۷ بازنگری: ۱۴۰۰/۶/۲۸ پذیرش: ۱۴۰۰/۷/۳۰

چکیده

نماتد سیستی سویا *Heterodera glycines*، مهم‌ترین عامل کاهش محصول سویا *Glycine max* در اکثر مناطق زیر کشت آن در دنیا بوده و در ایران نیز در استان مازندران و گلستان گسترش دارد. در تحقیق حاضر واکنش تعداد ۱۰۰ ژنوتیپ و رقم سویا موجود در بانک بذر مرکز تحقیقات کاربردی شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی نسبت به نماتد سیستی سویا مورد ارزیابی قرار گرفت. ژنوتیپ‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط دمای ثابت گلخانه بررسی شدند. نژاد جمعیت مورد بررسی نماتد سیستی سویا نیز با استفاده از ارقام افتراقی سویا تعیین و شناسایی شد. نتایج نشان داد که ۱۲ ژنوتیپ از جمله Leflor، Bedford وForrest به‌عنوان مقاوم، سه ژنوتیپ Chiquita، Centennial و Cloud به‌عنوان نسبتا مقاوم، ۲۶ ژنوتیپ به‌عنوان نسبتا حساس و ۵۹ ژنوتیپ نیز از جمله Essex، Faur، Clark و رقم جی کا (Jk) به‌عنوان ژنوتیپ کاملا حساس نسبت به نژاد شماره سه نماتد سیستی سویا شناسایی شدند. نتایج تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها را براساس صفات مقاومت به نماتد، دوره رسیدگی سویا، رنگ بذر و رنگ ناف به پنج گروه تقسیم کرد. بیشترین ژنوتیپ‌های حساس در گروه دوم و بیشترین ژنوتیپ‌های مقاوم در گروه سوم کلاستر قرار گرفتند. همچنین اکثر ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی شده از نظر دوره رسیدگی سویا در گروه‌های V و VI دوره رسیدگی قرار داشتند.

واژه‌های کلیدی: ارقام افتراقی، حساسیت، دوره رسیدگی، نژاد، *Heterodera glycines*

Evaluation of soybean genotypes for resistance against soybean cyst nematode *Heterodera glycines*

Abolfazl Keipoor[1], Hamid Najafi zarini[1]✉, Ramin Heydari[2], Ali-Pakdin parizi[3], Gholam Ali-Ranjbar[1]

[1]Faculty of Plant Breeding, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, sari, Iran. [2]Department of Plant Protection, Agricultural Campus, University of Tehran, Karaj, Iran. [3]Tabarestan Institute of Genetics and Biotechnology, Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources, sari, Iran. ✉ najafi316@yahoo.com

Received: 18 Jul 2021 Revised: 19 Sep 2021 Accepted: 22 Oct 2021

Abstract

Soybean cyst nematode *Heterodera glycines* is the most important factor in reducing the yield of soybean crop (*Glycine max)* in most of its cultivated areas in the world and is also spread in Iran in Mazandaran and Golestan provinces. In the present study, the reaction of 100 genotypes and soybean cultivars in the seed bank of Oilseeds Research and Development Company to soybean cyst nematode was evaluated. Genotypes were studied in a randomized complete block design with three replications under constant greenhouse temperature conditions. The race of soybean cyst nematode population was determined and identified using differential soybean cultivars. The results showed that 12 genotypes among Leflor, Bedford and Forrest as resistant; three genotypes including Chiquita, Centennial and Cloud as moderately resistant; 26 genotypes as moderately sensitive and 59 genotypes namely Essex, Faur and Clark with susceptible check (Jk cultivar) as highly sensitive genotype to race 3 of soybean cyst nematode were identified. The results of cluster analysis based on nematode resistance, maturity group, seed color and umbilical color divided the genotypes into five groups. The most susceptible genotypes were in the second cluster group and the most resistant genotypes were in the third cluster group. Also, most of the resistant genotypes in terms of soybean maturity group belonged to groups V and VI of the maturity group.

Keywords: Differential cultivars, *Heterodera glycines*, Maturity group, *Susceptibility*, *Race*

How to cite:
Keipoor A, Najafi zarini H, Heydari R, Pakdin A, Ranjbar GA, 2022. Evaluation of soybean genotypes for resistance against soybean cyst nematode *Heterodera glycines*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 11 (3): 65-75.
www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

سویا بزرگ‌ترین منبع تامین کننده پروتئین و روغن در دنیا بوده و بیشترین سطح زیر کشت و تولید را در بین دانه‌های روغنی به خود اختصاص داده است (Asadi *et al*. 2020). در بین گیاهان زراعی نیز بیشترین میزان پروتئین و روغن دانه را دارا می‌باشد (Sugano 2006; Kumudini 2010). گیاه سویا از نظر سطح اراضی زراعی دربین حبوبات، در مقام اول قرار دارد که سطح زیر کشت و میزان تولید آن در دنیا و در ایران در حال افزایش است (Latifi 1993). نماتد سیستی سویا از مهم‌ترین عوامل محدود کننده کشت سویا در دنیاست (Han *et al*. 2015; Jiao *et al*. 2015). نماتد سیستی در اکثر کشورهای اصلی تولید کننده سویا در دنیا در حال گسترش بوده و گاهی تا ۷۰ درصد سبب کاهش محصول در ارقام حساس می‌گردد (Niblack *et al*. 2003). در ایالات متحده آمریکا، به‌عنوان بزرگترین کشور تولید کننده سویای جهان، نماتد سیستی سویا به‌عنوان مهم‌ترین بیمارگر کاهش دهنده میزان تولید سویا طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۵ معرفی شده است (Wrather & Koening 2006). کاهش عملکرد سویا در ایالات متحده آمریکا طی سال‌های ۲۰۰۶ تا ۲۰۰۹، بررسی و میزان خسارت آن ۱۰۲ میلیارد دلار تخمین زده شده است (Koening & Wrather 2009). نماتد سیستی سویا علاوه بر تغذیه مستقیم از گیاه، منجر به کوتاه شدن ریشه و کاهش میزان جذب آب و مواد معدنی از خاک می‌شود. محل استقرار و تغذیه لاروهای مهاجم در بافت‌های آوندی ریشه واقع بوده و بدین ترتیب در انتقال آب و مواد غذایی گیاه اختلال ایجاد می‌کند. آلودگی به این نماتد سبب کاهش تعداد و اندازه گره‌های تثبیت کننده نیتروژن در ریشه شده که بر متابولیسم نیتروژن در گیاه اثر می‌گذارد (Ghafari *et al*. 2012). همچنین گیاهان را در برابر آلودگی به بیمارگرهای مختلف قارچی و باکتریایی مستعد می‌سازد (Noel 1992). این نماتد برای اولین بار در ۱۳۷۸ از مزارع دشت‌ناز ساری گزارش شد (Tanha Maafi *et al*. 1999). علائم آلودگی به‌صورت کاهش رشد و بروز زردی در اندام‌های هوائی است و شناسایی مزارع آلوده با توجه به علایم ظاهری مشکل می‌باشد، زیرا گزارش‌های زیادی مبنی بر آلودگی بدون بروز علائم هوایی وجود دارد (Niblack *et al*. 1992; Young 1996; Noel & Edwards 1996; Wang *et al*. 2003).

مناسب‌ترین روش جهت افزایش عملکرد در مزارع آلوده اجرای تناوب زراعی و استفاده از ارقام مقاوم می‌باشد. کشت ارقام مقاوم سبب کاهش جمعیت نماتد درخاک مزرعه شده و اهمیت این موضوع از آنجاست که میزان جمعیت اولیه نماتد در مزرعه در میزان خسارت نقش تعیین کننده‌ای دارد (Niblack *et al*. 2006). با استفاده از ارقام مقاوم، افزایش محصول تا ۵۰٪ بیشتر از ارقام حساس در مزارع آلوده گزارش شده است (Macguidwin *et al*. 1995, Wang *et al*. 2003). تنوع موجود در نماتد به‌صورت تیپ یا نژادهای مختلف ظاهر شده و واکنش‌های متفاوت ارقام سویا به تیپ‌های مختلف نماتد از خیلی حساس تا مقاوم را سبب می‌شود (Noel 1992). Golden *et al*. (1970) به منظور تعیین نژاد، چهار لاین سویا (Pickett, Peking, PI88788, PI9076) را مورد استفاده قرار داده و تمایز وضعیت مقاومت یا حساسیت بین آن‌ها را مطالعه و در نهایت جمعیت‌های نماتد به ۱۶ نژاد فهرست‌بندی گردید. Niblack *et al*. (2002) به جای واژه نژاد عنوان تیپ را پیشنهاد دادند که نماتدها را به هفت تیپ مختلف تقسیم می‌نمود. بیشترین تعداد نژاد در ایالات متحده وجود دارد. این امر احتمالاً به‌دلیل کاشت وسیع کولتیوارهای مقاوم در این کشور است (Riggs & Schmitt 1988). نژاد سه به‌عنوان نژاد غالب در اکثر مناطق زیر کشت سویا معرفی شده است (Sikora & Noel 1991). Tanha Maafi *et al*. (2008) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که نژاد سه در ۹۴/۶ درصد جمعیت مزارع مورد آزمایش وجود دارد. واکنش ارقام سویا به نژادهای مختلف نماتد سیستی در مطالعات متعددی ارزیابی و برخی ارقام مقاوم معرفی شده است (Hussey *et al*. 1991; Schmitt & Shannon 1992; Riggs *et al*. 1995; Tylka *et al*. 2002; Tanha Maafi *et al*. 2008; Heydari *et al*. 2008; Heydari *et al*. 2010; Dehghanzadeh *et al*. 2016) و Nelson *et al*. (1987, 1988) در Peregrine *et al*. (2008) تحقیقات خود دوره‌های رسیدگی را با رنگ بذر، رنگ ناف، مقاومت در مقابل بیماری، ترکیبات بذر و برخی دیگر از خصوصیات توصیفی و عملکرد زراعی ژنوتیپ‌های مختلف سویا بررسی و مقایسه نمودند. بسیاری از ارقام سویای موجود در ایران نسبت به نماتد سیستی سویا حساس بوده و انجام غربالگری تعداد زیادی از آنها و تعیین ارقام متحمل و یا مقاوم کمک شایانی به کشاورزان درجهت انتخاب رقم مورد کاشت خواهد نمود. هدف از این تحقیق شناسایی و ارزیابی مقاومت و حساسیت تعدادی از ژنوتیپ های سویا نسبت به نماتد سیستی سویا بود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

بذور ۱۰۰ ژنوتیپ سویا و همچنین بذور چهار رقم Pickett، Peking، PI88788 و PI90763 به‌عنوان ارقام افتراقی از بانک بذر مرکز تحقیقات کاربردی شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی

www.SID.ir

Archive of SID

تهیه و در سال زراعی ۹۸-۹۷ به منظور تهیه بذر کافی در مزرعه پژوهشی این مرکز در شهرستان ساری و در شرایط گلدانی کشت شد. سویا از نظر دوره رشد به ۱۳ گروه رسیدگی (000 تا X) تقسیم می‌گردد. گروه 000 زودرس‌ترین رقم بوده و در شمالی‌ترین مناطق دنیا کشت می‌شوند. گروه‌های بعدی به‌ترتیب دیررس‌تر شده به طوری که گروه‌های رسیدگی IX و X دیررس‌ترین ارقام و سازگارتر با مناطق گرم می‌باشند (Scott & Aldrich 1983) (جدول ۱).

جدول ۱. ژنوتیپ‌های مورد آزمایش سویا بر اساس گروه‌های مختلف رسیدگی.

Table 1. Soybean genotypes tested based on different maturity groups in this study.

Genotypes	Maturity groups
Sioux-Secca - Grignon 19 - Sango Waso -Vajva - Zeja 2 - Bravalla - Ronset	000
Brunatna – Halton – Crusulea – Praemata – Morsoy – Smena - Vilnesis –Adepta – Altona – Hidatsa – Reatz – Agata	00
Faur – Nigra – Corona – Terrasol - Halfon 502 – Capital - Pravda – DPX - Riede	0
Violeta – Flora - Ontario – Cayuga – Elton early – Shika - Primorskaja - Sac	I
Chiquita - Peking – Jack - KP 3025 - Mukden - Kingen - Rasuto san -illinois - Colnon	II
Harman – Dunfield - Fifth moon – Petten – Cloud - Williams 82 - Erhejjan – Anderson - Aka saya	III
Pershing – Clark - Avery – Kings ton – Perry – Kent – Mansoy - patten	IV
Hill – Essex – Bedford – Forrest – Dyer – Mack - Black bean – Taiwan - Tomo	V
Sharkey – Laredo – Jeff – Leflor – Centennial - pickett - Hood – Ogden	VI
Bragg – Palmetto – Tanner – Kotane – Centenaria – Semmes – Buffalo – Libi	VII
Cobb – Cherokee - Ankur - Perfume - Amarilla - Kedelee - Java 29 – Otootan	VIII
Jupiter - Aracatuba – Pallel	IX

از خاک شنی لومی (۷۵ درصد ماسه، ۲۵ درصد لوم) که به مدت یک ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ اتمسفر با دستگاه اتوکلاو استریل شده بود برای پر کردن گلدان‌های با گنجایش ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب استفاده شد.

پس از تست جوانه زنی و تایید قوه نامیه، بذور در گلدان‌ها کشت شدند. برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های سویا نسبت به نماتد از طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار استفاده شد. در هر گلدان یک بذر با قوه نامیه بالای ۸۵٪ کاشته شد.

جداسازی سیست‌ها از خاک مزرعه آلوده و تهیه اینوکولوم نماتد

جهت استخراج نماتد سیستی سویا از یک مزرعه آلوده خاک لازم تهیه و مقدار ۲۵۰ تا ۵۰۰ گرم از خاک در آب معلق شد تا سیست‌ها در آب شناور شوند. در ادامه با روش تکمیلی الک و سانتریفیوژ سیست‌های شناور شده در مخلوط آب و خاک جداسازی شدند (Dunn 1969). به‌منظور تهیه سوسپانسیون تخم و لارو جهت ایجاد آلودگی مصنوعی، پوسته سخت سیست‌های استخراجی را با سیست خردکن شکسته و تخم یا لارو درون آن آزاد شد (Heydari *et al*. 2008). شمارش نماتدها با کمک پتری مدرج انجام گرفت.

تعیین نژاد نماتد با استفاده از واکنش ارقام افتراقی

جهت تعیین نژاد جمعیت مورد بررسی نماتد سیستی سویا از واکنش چهار رقم افتراقی Pickett، Peking، PI88788 و PI90763 استفاده گردید. بذر این لاین‌ها به همراه شاهد حساس (جی کا) در گلدان‌های بزرگ حاوی خاک سبک شنی سترون کاشت شد. پس از جوانه زنی و رشد، گیاهچه‌های مناسب با اندازه مشابه انتخاب و بطور جداگانه به گلدان‌های محتوی ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب خاک شنی لومی سترون منتقل شده و در اتاقک رشد تحت دمای ثابت ۲۸ درجه سانتی‌گراد، رطوبت ۷۰٪ و ۱۶ ساعت روشنایی روزانه نگهداری شد. یک تا دو روز بعد از انتقال نشاها و در مرحله سه تا چهار برگچه‌ای، گیاهچه‌ها با ۳۰-۲۰ تخم و لارو نماتد در گرم خاک تلقیح شدند. روش کار مطابق Heydari *et al*. (2008) بود با این تفاوت که از رقم جی کا (ساری گل) به عنوان رقم کاملا حساس استفاده شد.

سی روز پس از تلقیح، گیاهان از خاک خارج شده و پس از جداسازی خاک و گل از ریشه گیاه، نماتدهای ماده جوان روی ریشه‌ها با فشار آب شستشو و جدا و توسط الک ۳۸ میکرومتر جمع‌آوری گردید (Riggs & Schmitt 1991). سپس نماتدهای جمع‌آوری شده با روش پتری مدرج شمارش شدند (Smith & Young 2003). تعداد ماده‌های بالغ روی ریشه هر گیاه جداگانه

www.SID.ir

Archive of SID

شمارش و ثبت شده و جهت مقایسه مقاومت ارقام، شاخص ماده (Female Index) برای هر لاین جداگانه محاسبه گردید (Niblack *et al*. 2002). شاخص ماده (FI٪) شامل درصد تعداد نماتدهای ماده بالغ موجود روی ریشه هر رقم تقسیم بر تعداد ماده های موجود روی ریشه رقم حساس به دست آمد (Schmitt & Shannon 1992).

تعیین مقاومت ژنوتیپ‌های سویا

پس از جداسازی سیست‌ها از خاک، سوسپانسیون با غلظت ۳۰-۲۰ تخم و لارو نماتد در گرم خاک آماده و با سرنگ در اطراف ریشه گیاهچه‌ها که در مرحله چهار برگچه‌ای بودند تزریق شد (Heydari *et al*. 2008). گلدان‌ها در دمای حداقل ۲۳ تا حداکثر ۳۴ درجه سانتی‌گراد و رطوبت بین ۶۰ الی ۷۰ درصد و با رعایت ۱۶ ساعت روشنایی روزانه نگه‌داری و مرتب بازدید و درصورت نیاز به آرامی آبیاری می‌شدند. سی روز پس از تلقیح، گیاهان از خاک خارج شده و پس از جداسازی خاک و گل از ریشه گیاه، نماتدهای ماده جوان روی ریشه‌ها جداسازی و سپس شاخص ماده (FI٪) محاسبه گردید (Cook & Noel 2002). در مرحله بعد گروه‌بندی واکنش لاین‌ها انجام شد و لاین‌های با شاخص ماده کمتر از ۱۰ درصد به‌عنوان مقاوم، بین ۱۰ تا ۳۰ درصد نسبتا مقاوم، بین ۳۰ تا ۶۰ درصد نسبتا حساس و ارقام دارای شاخص ماده بیشتر از ۶۰ درصد به‌عنوان کاملا حساس معرفی شدند (Schmitt & Shannon 1992). تجزیه واریانس برای صفات انجام گرفت و پس از اطمینان از معنی‌دار بودن اختلاف صفات بین ژنوتیپ‌ها مقایسه میانگین براساس روش دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد. ژنوتیپ‌ها براساس صفات دوره رسیدگی، رنگ بذر، رنگ ناف و میزان مقاومت نسبت به نماتد سیستی نیز با تجزیه کلاستر گروه‌بندی شدند. محاسبات با ضریب مربع فاصله اقلیدسی و الگوریتم WARD و با نرم‌افزار SPSS انجام شد. Bernard *et al*. (1995)

نتایج و بحث

بررسی واکنش ارقام افتراقی نشان داد شاخص ماده هر چهار رقم از ۱۰ کمتر بوده لذا به عنوان ارقام مقاوم شناسایی شدند و از مقایسه این نتایج با جدول گلدن جمعیت نماتد سیستی مورد بررسی نژاد سه تعیین شد (Golden *et al*. 1970). غالب و شایع بودن نژاد سه در مازندران توسط Tanha Maafi & Heydari (2015) گزارش شده است. همچنین نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد ژنوتیپ‌های مورد آزمایش از نظر تشکیل تعداد نماتد ماده و سیست روی ریشه با یکدیگر اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد داشته که نشان دهنده تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌ها از نظر مقاومت و یا حساسیت آنها به نماتد می‌باشد (جدول ۲).

جدول ۲. تجزیه واریانس تعداد ماده‌های بالغ *Heterodera glycines* روی ریشه ژنوتیپ‌های سویای مورد بررسی.

Table 2. Analysis of variance of adult females of *Heterodera glycines* on the roots of the tested soybean genotypes.

Sig	F	Ms	SS	df	Variation Resources
0/069	2/705^{ns}	59/08	118/16	2	Replication
0/000	180/986**	3952/298	391277/530	99	Treatment
		21530/838	4323/840	198	Error

ns=non-significant difference, * and** are significant at %5 and %1 probability levels, respectively.

Heydari *et al*. (2010) در بررسی ارقام رایج سویای کشور این تنوع مقاومت را در ۱۷ رقم مورد بررسی نشان دادند. نتایج مقایسه میانگین میزان مقاومت به نماتد سیستی در ژنوتیپ‌های مختلف سویا نشان داد که ۱۲ ژنوتیپ Leflor، Bedford، Forrest، Pickett، Jeff، DPX، Peking، Jack، Dyer، Mack، Avery و Er-hej-jan با میانگین تعداد نماتد کمتر از ۱۰ و همچنین شاخص ماده کمتر از ۹/۲ درصد بیشترین میزان مقاومت به نماتد را نشان دادند (جدول ۳).

براساس نتایج به‌دست آمده و مقایسه اطلاعات جدول (۳) بیش از ۶۶ درصد ژنوتیپ‌های مقاوم دارای بذر زرد رنگ و بیش از ۷۵ درصد آن‌ها دارای رنگ ناف سیاه بودند. ژنوتیپ‌های مقاوم

این تحقیق در سایر مطالعه‌های انجام شده نیز با شاخص ماده بسیار کم به‌عنوان ارقام مقاوم شناسایی شده بودند (Riggs *et al*. 1991, 1998; Robbins *et al*. 1994; Dong *et al*. 1997).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین تعداد نماتد ماده بالغ روی ریشه، نوع واکنش مقاومت و برخی مشخصات ظاهری ژنوتیپ‌های مورد بررسی.

Table 3. Mean comparisons of the number of females nematode, reaction of the genotypes and some characters of the tested genotypes.

Genotypes number	Genotypes name	Maturity group	Seed color	Umbilical color	Female Index FI%	Nematode reaction	Duncan test result
48	Leflor	VI	yellow	black	0.62	R	a
52	Bedford	V	yellow	black	1.23	R	ab
53	Forrest	V	green	black	1.54	R	ab
55	pickett	VI	yellow	black	2.15	R	ab
47	Jeff	VI	yellow	brown	2.46	R	ab
7	DPX	0	yellow	brown	3.08	R	ab
38	Peking	II	black	black	3.38	R	ab
40	Jack	II	yellow	yellow	4.92	R	ab
56	Dyer	V	green	black	5.23	R	ab
57	Mack	V	yellow	bro-black	7.69	R	abc
69	Avery	IV	yellow	black	7.69	R	abc
46	Er-hej-jan	III	black	black	9.23	R	acd
33	Chiquita	II	black	black	14.77	MR	cde
54	Centennial	VI	yellow	black	15.69	MR	de
51	Cloud	III	black	black	18.46	MR	e
43	Ontario	I	yellow	black	32.00	MS	f
37	Riede	0	yellow	black	35.39	MS	fg
62	Sioux	000	yellow	black	36.92	MS	fgh
58	Hood	VI	yellow	buff	37.23	MS	fgh
77	Cayuga	I	black	black	37.23	MS	fgh
14	Mansoy	IV	yellow	black	37.54	MS	f..i
17	Crusulea	00	cream	brown	38.16	MS	f..i
18	Shika	I	yellow	buff	38.77	MS	f..i
67	Semmes	VII	yellow	black	39.39	MS	f..i
21	Laredo	VI	black	black	40.92	MS	g..j
4	Pravda	0	yellow	yellow	41.85	MS	g..j
23	Praemata	00	yellow	brown	42.16	MS	g..j

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳.

Con. Table 3.

32	Adepta	00	yellow	brown	42.46	MS	g..j
64	Sac	I	green	black	43.39	MS	g..k
13	Brunatna	00	yellow	yellow	44.00	MS	h…l
45	Petten	III	green	buff	44.62	MS	h…l
39	Dunfield	III	yellow	buff	45.85	MS	i...m
90	Elton early	I	yellow	yellow	47.69	MS	j..m
10	Vajva	000	brown	brown	48.92	MS	j..m
66	Centenaria	VII	yellow	yellow	48.92	MS	j..m
65	Anderson	III	yellow	yellow	50.77	MS	k..m
44	Fifth moon	III	yellow	brown	51.69	MS	lm
63	Pallel	IX	red brown	red brown	52.00	MS	lm
68	Primorskaja	I	yellow	yellow	52.00	MS	lm
26	Smena	00	yellow	yellow	53.23	MS	m
82	Aka saya	III	yellow	buff	53.23	MS	m
99	Tanner	VII	red brown	red brown	64.00	S	n
34	Taiwan	V	green	brown	64.31	S	n
83	Rasuto san	II	yellow	brown	64.31	S	n
41	Kingston	IV	black	black	67.39	S	no
49	Jupiter	IX	yellow	brown	67.39	S	no
9	Sharkey	VI	yellow	black	67.69	S	no
25	Cherokee	VIII	green	buff	68.31	S	nop
59	Perry	IV	yellow	black	68.62	S	nop
28	Aracatuba	IX	yellow	buff	70.77	S	n..q
15	Halton	00	cream	black	71.39	S	n…r
98	Colnon	II	yellow	black	72.00	S	n…r
80	Kedelee	VIII	yellow	buff	72.31	S	n…r
31	Harman	III	cream	black	73.23	S	o..r
93	Illinois	II	yellow	black	73.54	S	o…s
95	Sango Waso	000	black	black	74.46	S	o…t
24	Morsoy	00	yellow	black	75.69	S	o…u
75	Bravalla	000	gray	black	76.31	S	p…u
96	Otootan	VIII	black	black	76.93	S	q..u
85	Patten	IV	green	light buff	77.23	S	q…u

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳.

Con. Table 3.

92	Terrasol	0	yellow	gray	77.85	S	q…v
89	Java 29	VIII	light green	brown	78.46	S	q…v
81	Kingen	II	yellow	yellow	78.77	S	q…v
1	Violeta	I	brown	tawny	79.08	S	q…v
16	Cobb	VIII	yellow	buff	79.39	S	r..v
79	Hidatsa	00	green	black	79.39	S	r..v
22	Palmetto	VII	yellow	black	79.69	S	r…w
72	Capital	0	yellow	tan	81.85	S	s…w
3	Hill	V	yellow	brown	82.16	S	t..w
12	Nigra	0	black	black	83.08	S	u..x
42	Mukden	II	yellow	buff	83.39	S	u…y
61	Williams 82	III	yellow	black	83.69	S	u…y
74	Zeja 2	000	yellow	buff	86.16	S	v…z
35	Altona	00	yellow	black	87.70	S	w..zA
60	Kent	IV	yellow	black	90.16	S	x..zAB
6	Pershing	IV	yellow	buff	91.08	S	yzABC
30	Ankur	VIII	yellow	brown	91.70	S	zABC
71	Perfume	VIII	red brown	red brown	92.00	S	zABC
19	Flora	I	yellow	gray	92.31	S	zA..D
84	Secca	000	yellow	yellow	95.08	S	A..DE
76	Libi	VII	greenish brown	greenish brown	96.31	S	B..EF
87	Agata	00	yellow	red brown	97.54	S	B..EF
73	Amarilla	VIII	light green	black	98.77	S	C..F
100	Jk	V	yellow	brown	100.00	S	DEF
36	Tomo	V	green	brown	100.31	S	EF
86	Reatz	00	yellow	black	101.23	S	EF
20	Corona	0	yellow	gray	102.16	S	EF
94	Ronset	000	light green	black	103.08	S	EF
29	Black bean	V	yellow	buff	103.70	S	FG
91	Grignon 19	000	red brown	red brown	104.31	S	FGH
78	Ogden	VI	green	black	104.62	S	FGH
97	Halfon 502	0	yellow	black	104.62	S	FGH
27	Vilnesis	00	red brown	red brown	111.08	S	GHI

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳.

Con. Table 3.

0	Buffalo	VII	yellow	buff	111.70	S	HI
88	KP 3025	II	brown	brown	112.93	S	I
8	Bragg	VII	yellow	black	114.77	S	I
5	Kotane	VII	yellow	brown	115.70	S	I
11	Faur	0	gray	black	116.00	S	I
2	Clark	IV	Yellow	black	123.08	S	J
50	Essex	V	Yellow	black	126.77	S	J

R = Resistance MR = Moderate Resistance MS = Moderate Susceptible S = Susceptible

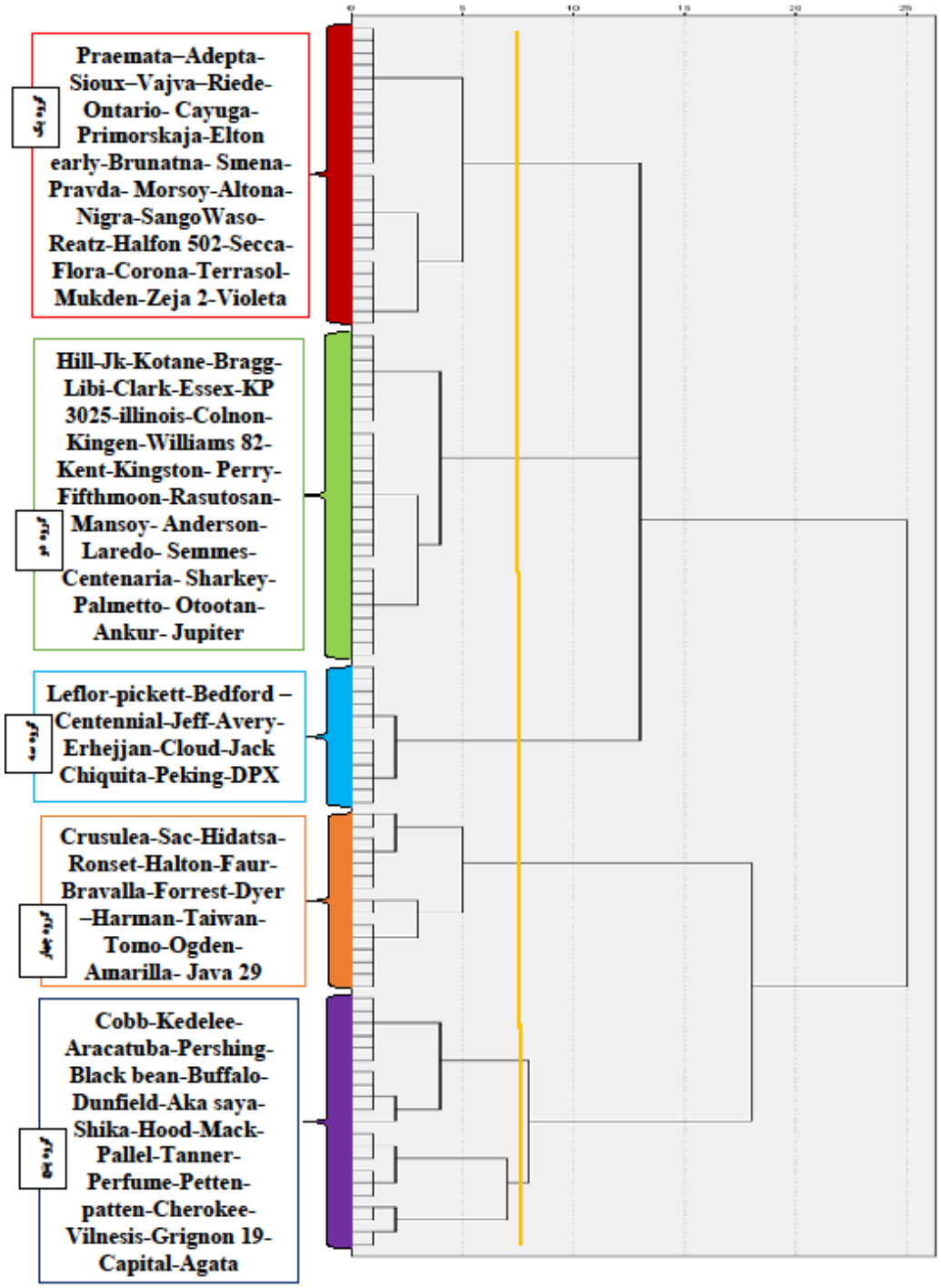
از میان ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی شده ژنوتیپ Leflor که از نظر دوره رسیدگی در گروه VI قرار داشت کمترین میزان میانگین نماتد (۰/۶۷) در ریشه را دارا بوده و همچنین بذر زرد رنگ و ناف سیاه رنگ داشته است. بیشترین ژنوتیپ‌های مقاوم شناسایی شده متعلق به گروه‌های V و VI دوره رسیدگی بوده‌اند. ازمیان ژنوتیپ‌های مقاوم، رقم کتول (DPX) در تحقیقات مشابه نیز بعنوان رقم بسیار مقاوم گزارش شده است که دارای بذر زرد رنگ و ناف قهوه‌ای بوده و در استان‌های گلستان و مازندران و اردبیل بطور گسترده کشت می شود (Tanha Maafi *et al.* 2008, 2015). رقم کتول (DPX) در مطالعات Ghafari *et al.* (2012) نیز به عنوان رقم مقاوم بکار برده شده است. براساس آمارنامه سال ۱۳۹۹ شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی مجموعاً در سه استان گلستان و مازندران و اردبیل بیش از ۱۸۰۰۰ هکتار جهت کشت رقم کتول اختصاص یافته است. ارقام مقاوم مشخص شده در تحقیق حاضر بعد از بررسی واکنش آنها به نماتد سیستی سویا در شرایط مزرعه آلوده و بررسی سازگاری و پایداری می‌توانند به‌عنوان منابع مقاومت پیشنهاد شوند. درمورد ژنوتیپ‌های نسبتا مقاوم، سه ژنوتیپ Chiquita، Centennial و Cloud با تعداد نماتد ۲۰-۱۶ عدد و شاخص ماده ۱۸/۴-۱۴/۷درصد دارای مقاومت نسبی بودند. همچنین تعداد ۲۶ ژنوتیپ مورد مطالعه مانند Hood، Laredo و Ontario با تعداد ۵۷-۳۴ عدد نماتد و شاخص ماده ۵۳-۳۲ درصد بعنوان نسبتا حساس معرفی شدند. و در نهایت ۵۹ ژنوتیپ باقی مانده با تعداد ۱۳۷-۶۹ نماتد و شاخص ماده ۱۲۶-۶۴ درصد از قبیل Flora، Secca، Violeta و Williams به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس شناسایی شدند. ژنوتیپ‌های حساس برخلاف ژنوتیپ‌های مقاوم که غالبا بذر زرد رنگ و ناف سیاه رنگ داشتند، دارای تنوع در رنگ بذر و ناف بودند. با توجه به نتایج تحقیق و مقایسه ژنوتیپ‌ها مشاهده می‌شود اغلب آنها حساس یا نیمه حساس بوده و تعداد کم‌تری مقاوم می‌باشند. تعداد ۱۶ ژنوتیپ از جمله Essex، Clark، Faur و Bragg از رقم شاهد حساس نیز حساسیت بیشتری به نماتد نشان دادند.

بر اساس نتایج مطالعات انجام شده (Hussey *et al*. 1991; Riggs *et al*. 1988; Heydari *et al*. 2008; Dehghanzadeh *et al*. 2016) تعدادی از ژنوتیپ‌های حساس شناسایی شده در این تحقیق قبلا نیز به‌عنوان ژنوتیپ ح ساس معرفی شده بودند که بیانگر تایید نتایج پژوهش حاضر است.

نتایج دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها در شرایط تلقیح با اینوکولوم نماتد نشان داد که ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس صفات مقاومت به نماتد، رنگ بذر، رنگ ناف و دوره رسیدگی در پنج گروه قرار گرفتند (شکل ۱). گروه اول شامل ۲۵ درصد ژنوتیپ‌ها بوده که غالبا از نظر تحمل به نماتد نسبتا حساس تشخیص داده شدند. بیشترین تعداد ژنوتیپ‌ها در گروه دوم قرار داشتند و به‌عنوان گروه حساس معرفی شدند. گروه سوم دارای ژنوتیپ‌های مقاوم و نسبتا مقاوم به نماتد بوده که به‌عنوان گروه مقاوم معرفی گردید. نکته مهم اینکه حدود ۶۰ درصد از ارقام مقاوم شناسایی شده متعلق به گروه‌های V و VI دوره رسیدگی سویا بودند و احتمالا رابطه ای بین مقاومت و طول دوره رشدی سویا وجود دارد. همچنین باتوجه به اینکه تعداد زیادی از ژنوتیپ‌های مقاوم (۶۶٪) دارای بذر زرد رنگ و بیش از ۷۵ درصد آن‌ها دارای رنگ ناف سیاه بودند وجود نوعی ارتباط بین مقاومت به نماتد با رنگ پوسته و ناف بذر به نظر می‌رسد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. گروه بندی ژنوتیپ‌های سویا بر اساس واکنش به نماتد سیستی و گروه‌های رسیدگی.

Figure 1. Clustering of soybean genotypes based on the reaction to the soybean cyst nematodes and maturity groups.

سپاسگزاری

از مدیریت محترم و پرسنل زحمت کش مرکز تحقیقات و آموزش شرکت توسعه کشت دانه‌های روغنی به جهت همکاری و فراهم نمودن امکانات صمیمانه سپاسگزاریم.

www.SID.ir

Archive of SID

References

Acharya K, 2016. Distribution and Characterization of the Soybean Cyst Nematode, *H. glycines* (HG) Types in South Dakota. Theses and Dissertations. 967 pp.

Asadi M, Sadeghnezhad H, 2020. Investigation of Soybean Irrigation Water Productivity and Yield in Different Systems of Tillage and Crop Residues. *Agricultural Mechanization and Systems Research* 21 (74): 83–96.

Bernard RL, Creineens CR, Cooper RL, Collins FI, Krober OA, *et al*. 1995. Evaluation of the USDA Soybean Germplasm Collection: Maturity Groups 000-IV (PC 01.547-PI 266.807). U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin No 1844. 178 pp.

Cook R, Noel GR, 2002. Cyst Nematodes: Globodera and Heterodera Species. In Starr J, Cook R, Bridge J, (eds) CAB Plant Resistance to Parasitic Nematodes. International Publishing, Wallingford, UK. 71–105.

De Grisse AT, 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utilisees dans l'etude des nematodes phyto-parasitaires. *Mededlingen van de Rijks fakulteit Landbowwetenschappen Gent* 34: 351–369.

Dehghanzadeh S, Tanha Maafi Z, Rahnama K, Zaman Mirabadi A, Heydari R, 2016. Evaluation of some soybean lines to soybean cyst nematode (*Heterodera glycines*) under control conditions and field. *Iranian Journal of Plant Protection Science* 47 (1): 1–10.

Dong K, Barker KR, Opperman CH, 1997. Genetics of Soybean-*H. glycines* Interactions. *Journal of Nematology* 29 (4): 509–522.

Dunn RA, 1969. Extraction of cysts of Heterodera species from soils by centrifugation in high density solutions. *Journal of Nematology* 1: 7

Ghafari S, Tanha Maafi Z, Heydari R, Eskandari A, 2012. Investigating the interaction of *Heterodera glycines* soybean nematode and *Bradyrhizobium japonicum* on a soybean sensitive and resistant cultivar. *Pests and Plant Pathology* 80 (1): 39–33. (In Persian).

Golden AM, Epps JM, Riggs, RD, Duclos, LA, Fox, JA, *et al*., 1970. Terminology and identity of intraspecific forms of the soybean cyst nematode *(H. glycines)*. *Plant D*isease 54: 544–546.

Han Y, Zhao X, Cao G, Wang Y, Li Y, *et al*., 2015. Genetic characteristics of soybean resistance to HG type 0 and HG type 1.2.3.5.7 of the cyst nematode analyzed by genome-wide association mapping. *BMC Genomics* 16 (1): 598–610.

Heydari R, Pourjam E, Tanha Maafi Z, Safaie N, 2008. Determining the degree of hostility of some soybean cultivars to the dominant type of cyst nematode in Iran. *H. glycines* HG Type 0. *Plant Pathology* 44: 319–329.

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.

Hussey RS, Boerma HR, Raymer PL, Luzzi BM, 1991. Resistance in soybean cultivars from maturity groups V-VIII to soybean cyst and root-knot nematodes. *Supplement to the Journal of Nematology* 23: 576–583.

Jiao Y, Vuong T, Liu Y, Meinhardt C, Liu Y, *et al.* 2015. Identification and evaluation of quantitative trait loci underlying resistance to multiple H.G types of soybean cyst nematode in soybean PI 437655. *Theoretical and Applied Genetics* 128 (1): 15–23.

Kumundini S, 2010. Soybean growth and development. in: Singh G, (eds). The soybean: botany, production and uses. CAB International, Oxfordshire, UK. 48–73.

Latifi N, 1993. Soybean agriculture (cultivation-Physiology-usages). Jahad daneshgahi Mashhad .pub. 282pp. (In Persian)

MacGuidwin AE, Grau CR, Oplinger ES, 1995. Impact of planting 'Bell,' a soybean cultivar resistant to *H. glycines* in Wisconsin. *Journal of Nematology* 27: 78–85.

Nelson RL, Amdor PJ, Orf JH, 1987. Evaluation of the USDA Soybean Germplasm Collection: Maturity Groups 000 to IV (PI 273.483 to PI 427.107). U.S.Department of Agriculture, Technical Bulletin No 1718. 267 pp.

Nelson RL, Amdor PJ, Orf JH, Cavins JF, 1988. Evaluation of the USDA Soybean Germplasm Collection: Maturity Groups 000 to IV (PI 427.136 to PI 445.845). U.S.Department of Agriculture Technical Bulletin No 1726. 188 pp.

Niblack TL, Arelli PR, Noel GR, Opperman CH, Orf JH, *et al.*, 2002. A revised classification scheme for genetically diverse populations of *H. glycines*. *Journal of Nematology* 34: 279–288

Niblack TL, Wrather JA, Heinz RD, Donald PA, 2003. Distribution and virulence phenotypes of *H. glycines* in Missouri. *Plant Disease* 87: 929–932.

Niblack TL, Baker NK, Norton DC, 1992. Soybean yield losses due to *H. glycines* in Iowa. *Plant Disease* 76: 943–948.

Niblack TL, Colgrove KB, Colgrove AC, 2006. Soybean cyst nematode in Illinois from 1990: Shift in virulence phenotype of field populations. *Journal of Nematology* 38: 285.

www.SID.ir

Archive of SID

Noel GR, Edwards DI, 1996. Population development of *H. glycines* and soybean yield in soybean-maize rotations following introduction into a noninfested field. *Journal of Nematology* 28: 335–342.

Noel GR, 1992. History, distribution, and economics. In: Riggs RD, Wrather JA (eds). Biology and management of the soybean cyst nematode. St. Paul, MN, APS Press. 1–13.

Peregrine EK, Sprau GL, Cremeens CR, Nelson RL, Orf JH *et al*. 2008. Evaluation of the USDA Soybean Germplasm Collection Maturity Groups 000-IV (PI 578371-PI 612761) U.S. Department of Agriculture, Technical Bulletin No 1919: 155 pp.

Riggs RD, Schmitt DP, 1991. Optimization of the *H. glycines* race test procedure. *Journal of Nematology* 23: 149–154.

Riggs RD, Rakes L, Dombek D, 1995. Responses of soybean rhizocultivars and breeding lines to races of *H. glycines*. *Journal of Nematology* 27: 592–601.

Riggs RD, Schmitt DP, 1988. Complete characterization of the race scheme for *H. glycines*. *Journal of Nematology* 20: 392–395.

Riggs RD, Rakes L, Elkins R, 1991. Soybean cultivars resistant and susceptible to *H. Glycines*. *Journal of Nematology* 23: 584–592.

Riggs RD, Hamblen ML, Rakes L, 1988. Resistance in commercial soybean cultivars to six races of *H. glycines* and to *Meloidogyne incognita*. *Supplement to the Journal of Nematology* 2: 70–76.

Robbins RT, Rakes L, Elkins CR, 1994. Reproduction of the Reniform Nematode on Thirty Soybean Cultivars. *Supplement to Journal of Nematology* 26 (4S): 659–664.

Schmitt DP, Shannon G, 1992. Differentiating soybean responses to *H. glycines* races. *Crop Science* 32: 275–277.

Scott WO, Aldrich SR, 1983. Modern Soybean Production. 2th edition, S & A Publication, Champaign, Illinois. 209 pp.

Sugano M, 2006. Nutritional implications of soy. In: Sugano M, (eds) Soy in health and disease prevention. CRC Press, Boca Raton. 1–16. Smith JR, Young LD, 2003. Host Suitability of Diverse Lines of *Phaseolus vulgaris* to Multiple Populations of *H. glycines*. *Journal of Nematology* 35: 23–28.

Sikora EJ, Noel GR, 1991. Distribution of *H. glycines* races in Illinois. *Journal of Nematology* 23 (4S): 624.

Tanha Maafi Z, Geraert E, Kheiri A, Sturhan D, 1999. Occurrence of soybean cyst nematode *H. glycines Ichinohe*, 1952 in Iran. *Iranian Journal of Plant Pathology* 35: (1/4).

Tanha Maafi Z, Salati M, Riggs RD, 2008. Distribution, population density, race and type determination of soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, in Iran. *Nematology* 10: 919–924.

Tanha Maafi Z, Heydari R, 2015. Review on Incidence of Soybean Cyst Nematode in Iran. *Yasouj Plant Pathology Sci* 4 (2): 1–16.

Tylka GL, Gebhart GD, Marett CC, 2002. Evaluation of soybean varieties resistant to soybean cyst nematode in Iowa. Ames, IA: Iowa State University IPM Bulletin 52.

Wang J, Niblack TL, Tremain JA, Wiebold WJ, Tylka, GL, *et al*. 2003. Soybean cyst nematode reduces soybean yield without causing obvious aboveground symptoms. *Plant Disease* 87(6): 623–628.

Wrather JA, Anderson TR, Arsyad DM, Tan Y, Ploper LD, *et al*. 2001. Soybean disease loss estimates for the top ten soybean-producing countries in 1998. *Canadian Journal of Plant Pathology* 23: 115–121.

Wrather JA, Anderson TR, Arsyad DM, Gai J, Ploper LD, *et al*. 1997. Soybean disease loss estimates for the top 10 soybean-producing countries in 1994. *Plant Disease* 81: 107–110.

Wrather JA, Koenning SR, 2006. Estimates of disease effects on soybean yields in the United States 2003 to 2005. *Journal of Nematology* 38: 173–180.

Wrather JA, Koenning SR, 2009. Effects of diseases on soybean yields in the United States 1996 to 2007. Online. *Plant Health Progress*.

Young LD, 1996. Yield loss in soybean caused by *H. glycines*. *Journal of Nematology* 28: 604–607.

This is an open access article under the CC BY NC license (https://creativecommons.org/ licenses/ by-nc/2.0/)

www.SID.ir