ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های مختلف گندم نان نسبت به نماتد سیستی غلات (*Heterodera filipjevi*) در شرایط گلخانه

هادی کریمی‌پور فرد[۱]، ابراهیم پورجم [۲*]، زهرا تنها معافی [۳] و ناصر صفایی [۴]

۱- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، یاسوج، ایران

۲- ***نویسنده مسوول:** استاد گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدس، تهران، ایران (pourjame@modares.ac.ir)

۳- استاد پژوهش، بخش تحقیقات نماتدشناسی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، تهران، ایران

۴- دانشیار، گروه بیماری شناسی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۲/۲۲

چکیده

نماتدهای سیستی غلات یکی از عوامل زنده تهدیدکننده تولید گندم مخصوصاً در شرایط دیم و استرس‌های ناشی از خشکی در بیشتر کشورهای تولیدکننده گندم در جهان به شمار می‌روند. از بین گونه‌های نماتد سیستی غلات، *Heterodera filipjevi* گونه غالب و شایع در مزارع غلات ایران است. در این مطالعه واکنش ژنوتیپ‌های رایج گندم نان شامل چندین رقم و لاین نسبت به *H. filipjevi* در شرایط گلخانه، برمبنای روش ارایه شده جهت غربالگری ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط کنترل شده، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد ارقام بک کراس روشن با میانگین جمعیت ۳۰/۲ و سیلور استار با میانگین جمعیت ۶/۸ سیست و ماده بالغ، به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین جمعیت را به خود اختصاص دادند. تجزیه خوشه‌ای داده‌ها، کلیه ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه تقسیم‌بندی نمود. سه رقم بک کراس روشن، پیشتاز و پیشگام با توجه به بالاتر بودن میانگین تعداد سیست‌های موجود در خاک و ریشه نسبت به رقم حساس بزوستایا (شاهد حساس) به عنوان ژنوتیپ‌های بسیار حساس (HS) گروه‌بندی شدند. ارقام مهدوی، بم، دنا، بهار، سیوند، افق، ارگ و بزوستایا در گروه ژنوتیپ‌های حساس (S) قرار گرفتند. ژنوتیپ‌های روشن، الوند، پارسی، ES-93-95 و مرودشت به عنوان ژنوتیپ‌های نسبتاً حساس (MS) و ژنوتیپ‌های سیروان، M-90-9 و M-90-7 به همراه ژنوتیپ سیلور استار (شاهد نسبتاً مقاوم)، در گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم (MR) قرار گرفتند.

کلیدواژه‌ها: نماتدهای غلات، *Heterodera filipjevi*، ارقام گندم، مقاومت

مقدمه

نماتدهای زخم ریشه و نماتدهای سیستی از مهم ترین نماتدهای خاکزاد گندم در دنیا محسوب می شوند (Rivoal and Cook, 1993). گسترش جهانی گونه‌های نماتدهای سیستی غلات و پاتوتیپ‌های آن‌ها، این نماتدها را به عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل تهدیدکننده تولید گندم مخصوصاً در کشت‌های دیم و به ویژه سیستم‌های تک کشتی مطرح می‌نماید (Smiley and Nicol, 2009).

مجموعاً ۱۲ گونه در گروه نماتدهای سیستی غلات قرار می‌گیرند (Smiley et al., 2017). شایع‌ترین گونه گزارش شده از گروه نماتدهای سیستی غلات

(*Heterodera* spp.)، گونه *H. avenae* بوده که از بسیاری از کشورها از جمله استرالیا، کانادا، آفریقای جنوبی، ژاپن، اکثر کشورهای اروپائی، و هم چنین هندوستان، کشورهای شمال آفریقا و غرب آسیا شامل مراکش، تونس، پاکستان و لیبی گزارش شده است (Evans and Rowe, 1998). این گونه عمده ترین گونه نماتد سیستی غلات در مناطق معتدله است (Rivoal and Cook, 1993).

در مطالعات اخیر پراکنش و خسارت *H. filipjevi* بیشتر از قبل برآورد شده است؛ به طوری که میانگین خسارت این گونه در محصول گندم در ترکیه ۴۰ درصد تعیین گردیده است (Rivoal and Nicol, 2009). گزارش این گونه از شمال آمریکا و همچنین گزارش‌های اخیر آن از شمال اروپا و اقلیم‌های مدیترانه‌ای مناطق مرکزی و شرق آسیا و همچنین خاورمیانه، نشان‌دهنده گسترش زیاد آن در این مناطق است (Smiley and Nicol, 2009). همچنین در منابع دیگر نیز این گونه به عنوان یکی از عوامل کاهش تولید غلات در روسیه، سوئد، اکراین، آلمان، انگلیس، لهستان، اسپانیا، بلغارستان، نروژ، آمریکا، هند، ترکیه، سوریه و ایران ذکر شده است (Sturhan, 1996; Subbotin et al., 2003; Holgado et al., 2004; Nicol et al., 2003; Abidou et al., 2005; Smiley et al., 2008; Yan and Smiley, 2008).

چهار گونه از نماتدهای تشکیل دهنده سیست شامل گونه های *H. avenae*، *H. filipjevi*، *H. latipons* و *H. hordecalis* از ایران گزارش گردیده و از بین آنها *H. filipjevi* و *H. latipons* شایع ترین گونه ها در مزارع غلات ایران بوده‌اند (Tanha Maafi et al., 2007). در مطالعات صورت گرفته پیرامون شناسایی و پراکنش نماتدهای سیستی غلات مزارع گندم استان اصفهان، آلودگی به گونه *H. filipjevi* در ۵۶ درصد نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده از مزارع مذکور با میانگین جمعیت ۶ تخم و لارو سن دوم در یک گرم خاک، وجود داشت (Karimipour Fard et al., 2016). همچنین در مطالعه مشابهی در استان چهارمحال و بختیاری، ۴۲ درصد مزارع گندم نمونه برداری شده با میانگین ۹۹۴ تخم و لارو سن دوم به نماتد مذکور آلوده بودند (Karimipour Fard et al., 2017a). در مطالعه صورت گرفته پیرامون ارزیابی کاهش عملکرد دانه ناشی از *H. filipjevi* تحت شرایط مزرعه در سه رقم گندم متداول استان اصفهان، درصد کاهش عملکرد دانه ارقام بک کراس روشن و پیشتاز ۲۴/۸ و در رقم پارسی ۲۰/۴ برآورد گردید (Karimipour Fard et al., 2017b).

استفاده از مقاومت ژنتیکی میزبان جهت کنترل نماتد سیستی غلات یکی از باصرفه‌ترین روش‌هایی است که با محیط زیست سازگار بوده و به آسانی به عنوان یک ابزار کنترل مورد پذیرش واقع می‌شود، (Nicol et al., 2009a). شناسایی و تولید ژرم پلاسم‌های مقاوم، می‌تواند منجر به کاهش جمعیت نماتد به زیر آستانه خسارت اقتصادی گردد (Toktay et al., 2006; Nicol et al., 2009a; Dababat et al., 2011).

در طی همکاری‌های بین المللی مرکز بین‌المللی توسعه و بهبود ذرت و گندم (سیمیت[1]) و کشور ترکیه، بیش از ۱۰۰۰ ژنوتیپ گندم که شامل منابعی از ارقام و لاین‌های گندم بهاره و زمستانه مربوط به کشور ترکیه و منابع بین‌المللی بوده‌اند، جهت تشخیص و شناسایی ژنوتیپ های مقاوم به گونه *H. filipjevi* غربال شده‌اند و ۲۷ مورد از منابع مذکور سطوح مفیدی از مقاومت ژنتیکی را در مقابل جمعیت TK1 گونه مذکور که مربوط به منطقه Haymana ترکیه بوده، نشان داده‌اند (Nicol et al., 2009b).

در مطالعات صورت گرفته جهت غربالگری مقاومت به جدایه‌های مربوط به ترکیه از گونه‌های *H. avenae* و *H. filipjevi* در بین لاین‌های گندم بهاره تحت شرایط کنترل شده و با استفاده از ۴۲ لاین تولید شده در سیمیت

1- International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT)

مکزیک که از تلاقی والد مقاوم مربوط به خاورمیانه با نام US49307.2 و والد حساس (لاین پرمحصول Pastor) بدست آمده بودند، پنج لاین به *H. filipjevi* مقاوم و ۹ لاین نسبتاً مقاوم بودند. از بین لاین‌های آزمایش شده یکی از لاین‌ها با میانگین ۰/۴۳ سیست در هر گیاه، مقاوم‌ترین لاین به گونه مذکور تشخیص داده شد (Toktay et al., 2012). همچنین در این مطالعات مشخص گردید که از پنج لاین مقاوم به *H. filipjevi*، چهار لاین حاوی ژن *Cre1* بودند.

بر اساس مطالعه‌ی فشرده جهت غربالگری مقاومت نسبت به *H. filipjevi* تعداد زیادی لاین‌های امید بخش گندم از کشورهای مختلف و با استفاده از خزانه‌های مربوط به برنامه بین المللی بهبود گندم زمستانه[1] (IWWIP) که تحت شرایط اتاق‌های رشد صورت پذیرفته، ۱۰ لاین مقاوم و نسبتاً مقاوم به گونه مذکور شناسایی گردیده که از بین لاین‌های مذکور، لاین Cross-name: Passarinho//vee/nac از ایران به عنوان لاین نسبتاً مقاوم[2] (MR) معرفی گردیده است (Dababat et al., 2015).

در مطالعه‌ای که پیرامون ارزیابی مقاومت به *H. filipjevi* در بین ۷۱۹ واریته و لاین‌های اصلاحی گندم زمستانه از چند کشور دنیا صورت پذیرفته، از بین ژرم پلاسم‌های ایران، ۱۲ مورد دارای مقاومت بالا، ۱۱ مورد مقاوم و ۶ مورد با حساسیت بالا گزارش گردیده‌اند (Dababat et al., 2014). هدف از انجام این تحقیق، بررسی عکس العمل ژنوتیپ‌های رایج گندم نان شامل چندین رقم و لاین نسبت به *H. filipjevi* در شرایط گلخانه بود.

مواد و روش ها

برای انجام این بررسی از روش Dababat et al. (2014) که برمبنای پروتکل ارایه شده توسط CIMMYT ترکیه می‌باشد (Dababat, 2012) جهت غربالگری ارقام برای دستیابی به منابع مقاومت به بیمارگرهای خاکزاد، استفاده گردید.

تهیه مایه تلقیح

جهت دستیابی به جمعیت مورد نیاز گونه *H. filipjevi*، از جمعیت یکی از مزارع آلوده به این نماتد واقع در کبوتر آباد اصفهان استفاده شد. استخراج سیست‌ها به روش فنویک (Fenwick, 1940) انجام شد. در تحقیقات قبلی صورت گرفته در استان اصفهان و از جمله مزرعه مذکور فقط گونه *H. filipjevi* ردیابی و شناسایی گردید (Karimipour Fard et al., 2016). جهت حصول اطمینان از خالص بودن جمعیت و عدم اختلاط با سایر گونه‌های نماتدهای سیستی غلات مجددا نمونه برداری از نقاط مختلف مزرعه مذکور انجام و با استخراج سیست‌ها، با انتخاب ۱۰ عدد سیست به طور تصادفی، با استفاده از مشخصات ریخت‌شناسی، ریخت سنجی سیست‌ها و لاروهای سن دوم (Handoo, 2002) و بررسی مشخصات مولکولی (Subbotin et al., 2000) با استخراج DNA از تک لاروهای سن دوم موجود در سیست‌ها و تکثیر ناحیه ITS-rDNA و برش آن به وسیله آنزیم‌های *HinfI*، *PstI* و *RsaI* مجددا شناسایی گردید.

سیست‌های بدست‌آمده، با قرار دادن در هیپوکلریت سدیم Naocl (۰/۵ درصد) به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی سطحی و سپس با آب مقطر سترون شستشو شدند. سپس سیست ها در دمای ۱۰–۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا شرایط برای تفریخ لاروها فراهم گردد. لاروهای سن دوم تفریخ شده جمع آوری و جهت مایه زنی مورد استفاده قرار گرفتند. سوسپانسیون حاوی لاروهای سن دوم تا زمان مایه زنی در یخچال نگهداری شدند. جهت تعیین تعداد لاروهای سن دوم موجود در سوسپانسیون، تعداد لاروهای سن دوم موجود در یک میلی لیتر از سوسپانسیون مذکور شمارش و بر همین مبنا حجم سوسپانسیون با تعداد مورد نیاز جهت مایه زنی محاسبه و تهیه گردید.

1- International Winter Wheat Improvement Program
2- Moderately Resistance

خاک مورد استفاده در آزمایش از ترکیب ماسه (۷۰ درصد)، خاک مزرعه (۲۹ درصد) و کود آلی (۱ درصد) بر اساس نسبت (70:29:1 v/v) پیشنهاد شده در پروتکل ارایه شده توسط CIMMYT ترکیه (Dababat, 2012) تهیه گردید. دو بار ضدعفونی خاک با اتو کلاو و هر بار در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت انجام گرفت.

ضدعفونی و جوانه‌دار کردن بذرها

ضدعفونی و جوانه‌دار کردن بذرها پیش از کاشت، با شستشو توسط الکل اتانول ۹۶ درصد به مدت ۶ دقیقه و سپس شستشو در هیپو کلریت سدیم ۴/۵ درصد برای ۱۰ دقیقه و آبکشی با آب مقطر سترون صورت پذیرفت. سپس بذرها در آب مقطر سترون به مدت ۴۸ ساعت خیسانده شدند و به روی کاغذ صافی ضدعفونی شده با الکل منتقل و تا زمان جوانه زنی و تولید ریشه، رطوبت آنها تامین شد.

بذرهای جوانه‌دارشده در گلدان‌های لوله‌ای پلی اتیلنی به ارتفاع ۱۳/۵ سانتی متر و قطر دهانه ۴ سانتی‌متر کاشته شدند. گلدان‌ها در محفظه‌های فلزی بطوری که قسمت انتهایی آنها در تماس با آب باشد، قرار داده شدند.

گلدان‌های لوله‌ای حاوی بذرهای مختلف به صورت تصادفی در هر بلوک چیده شدند و آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با ۲۰ تیمار و ۵ تکرار به اجرا در آمد. ۲۰ تیمار این آزمایش شامل ۱۸ رقم و لاین رایج در استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری و دیگر مناطق ایران و همچنین دو رقم شناخته شده بزوستایا (Bezostaya) به عنوان رقم شاهد حساس و سیلور استار[1] (Saglem et al., 2009; Dababat et al., 2014) به عنوان رقم شاهد نسبتاً مقاوم بود.

جهت مایه‌زنی، بعد از ظهور گیاهچه ها، با ایجاد ۳ سوراخ در اطراف ساقه گیاهچه‌ها، ۳۰۰ لارو سن دوم تازه تفریخ شده در حجم سه میلی لیتر، به داخل سوراخ‌های ایجاد شده اضافه شد. تا چند روز پس از کاشت و همچنین هفته اول پس از مایه زنی آبیاری از قسمت بالای گلدان‌های لوله‌ای جهت افزایش کارایی نفوذ لاروها انجام گردید.

گلدان‌های لوله‌ای حاوی گیاهچه‌ها در گلخانه با دمای حداکثر ۲۰ درجه سانتی گراد، بدون وسایل گرم کننده و با کدر کردن شیشه‌های گلخانه جهت جلوگیری از افزایش دما نگهداری شدند.

۶۰ روز پس از اضافه کردن نماتدها، ابتدا قسمت‌های هوایی گیاهچه قطع شدند و ریشه‌ها جهت شمارش نماتدهای بالغ شیری رنگ و یا سیست با استفاده از استریومیکروسکوپ بررسی شدند. سپس سیست‌های موجود در خاک به روش فنویک استخراج و تعداد سیست‌های استخراج شده از هر گلدان با استفاده از استریومیکروسکوپ شمارش گردید.

داده‌ها با استفاده از نرم افزارهای MSTATC 1.42 مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری[2] (LSD) مقایسه و بر اساس میانگین مجموع تعداد ماده‌ها و سیست‌های استخراج‌شده از هر یک از واحدهای آزمایشی و همچنین ژنوتیپ‌های حساس و نسبتاً مقاوم، بر مبنای گروه‌بندی ارایه شده توسط (Sharma et al. 2013) که بر مبنای گروه‌بندی Kaur et al. (2008) جهت ارزیابی مقاومت ژنوتیپ‌های گندم به *H.avenae* بود، به صورت زیر درجه‌بندی شدند:

ژنوتیپ‌های مقاوم[3] (R): تا چهار سیست در هر گیاه

ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم[4] (MR): بین ۴-۹ سیست در هر گیاه

ژنوتیپ‌های حساس[5] (S): بین ۹-۲۰ سیست در هر گیاه

ژنوتیپ‌های بسیار حساس[1] (HS): بیش از ۲۰ سیست در هر گیاه

1- Silverstar

2- Least Significant Difference
3- Resistance
4- Moderately Resistance
5- Susceptible

علاوه بر مقایسه میانگین‌ها و گروه‌بندی آنها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس روش تجزیه خوشه‌ای[2] با استفاده از روش Ward (Morrison, 1990) و معیار عدم تشابه فاصله اقلیدوسی[3] نیز انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

در مشاهدات میکروسکوپی مخروط انتهایی سیست‌های جمع‌آوری‌شده از مزرعه کبوتر آباد اصفهان، دریچه‌های خروجی لارو بصورت نیم دایره و جفت، باندهای ماهیچه‌ای نگهدارنده واژن به موازات پل فرج با انتهای دندانه‌ای شکل به دیواره‌های سیست اتصال یافته‌اند، شکاف فرج کوتاه و برجستگی‌های تاول مانند به تعداد زیاد در مخروط انتهایی سیست پراکنده شده بودند (شکل ۱). تکثیر نواحی ITS- rDNA لاروهای سن دوم تولید یک قطعه به اندازه تقریباً ۱۱۰۰ جفت باز نمود. برش آنزیمی با آنزیم *Hinf I* دو قطعه ۸۰۰ جفت بازی و کمی بیش‌تر از ۲۰۰ جفت باز، با آنزیم *PstI* سه قطعه ۷۰۰، کمی بیش از ۲۰۰ و ۱۰۰ جفت باز و آنزیم *RsaI* دو قطعه ۷۰۰ و کمی بیش از ۳۰۰ جفت باز تولید نمود که با مشخصات ارائه شده برای گونه *H. filipjevi* مطابقت داشت (Subbotin et al., 2003; Handoo, 2002).

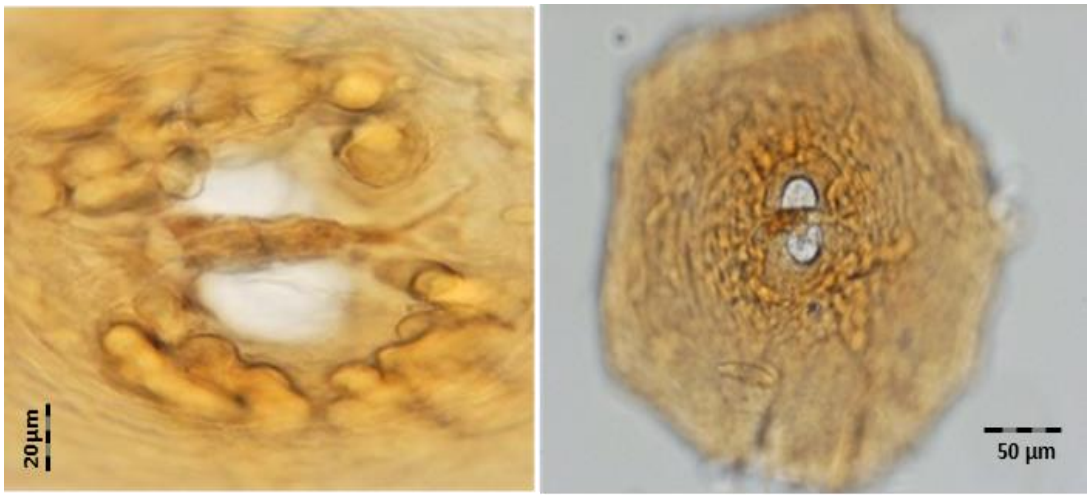
نتایج تجزیه آماری با نرم افزارMSTATC 1.42 نشان داد، ژنوتیپ‌های رایج گندم نان که در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفتند از لحاظ مجموع جمعیت سیست و ماده بالغ در سطح یک درصد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۱).

همان گونه که در جدول ۱ ملاحظه می‌گردد، رقم بک کراس روشن با میانگین جمعیت ۳۰/۲ و ژنوتیپ سیلور استار[4] با میانگین جمعیت ۶/۸ سیست به علاوه ماده بالغ، به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین مجموع سیست های موجود در خاک و ماده‌های بالغ روی ریشه را به خود اختصاص دادند.

بر مبنای گروه‌بندی Sharma et al. (2013)، ارقام بک کراس روشن، پیشگام، پیشتاز، مهدوی، بم، دنا، بهار، سیوند، افق، ارگ به همراه رقم حساس استاندارد بزوستایا[5]، به عنوان ژنوتیپ‌های بسیار حساس و ژنوتیپ‌های پارسی، روشن، الوند، Es-93-95 و مرودشت به عنوان ژنوتیپ‌های حساس طبقه‌بندی شدند. این در حالی است که بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، علی رغم اینکه ژنوتیپ بک کراس روشن با ژنوتیپ‌های پیشگام و پیشتاز در یک گروه قرار گرفتند و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد نداشتند ولی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در گروه جداگانه‌ای قرار گرفت. از طرفی ژنوتیپ‌های پیشگام، پیشتاز، بزوستایا، مهدوی و بم با یکدیگر همپوشانی داشتند و در سطح یک درصد تفاوت معنی‌داری نداشتند. هر چند سایر ژنوتیپ‌هایی که در گروه بسیار حساس طبقه‌بندی شدند، در یک گروه قرار گرفتند ولی با سایر ژنوتیپ‌های گروه حساس نیز همپوشانی داشتند. اگر چه رقم مرودشت در گروه حساس طبقه‌بندی شد، ولی میانگین مجموع سیست‌های موجود در خاک و ماده‌های بالغ روی ریشه این ژنوتیپ، از سایر ژنوتیپ‌های گروه حساس کمتر و با ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم نیز همپوشانی داشت (جدول ۱).

ژنوتیپ‌های سیروان، M-90-9 و M-90-7 به همراه رقم نسبتاً مقاوم استاندارد سیلور استار (Silverstar) در گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم قرار گرفتند و همان گونه که در جدول ۱ نیز ملاحظه می‌گردد، این چهار ژنوتیپ بر اساس مقایسه میانگین مجموع سیست‌های موجود در خاک و ماده‌های بالغ روی ریشه، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار نیز در یک گروه قرار گرفتند و از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد نداشتند.

1- Highly Susceptible
2- Cluster analysis
3- Euclidean distance criterion of dissimilarity
4- Silverstar
5- Bezostaya



شکل ۱- مخروط انتهایی *Heterodera filipjevi*: پنجره خروجی لارو (سمت راست) و ماهیچه‌های نگهدارنده واژن (سمت چپ).

Figure 1- Vulval cone region of *Heterodera filipjevi*: Fenestration (right) and underbridge (left).

جدول ۱- میانگین (± خطای معیار) تعداد سیست و ماده بالغ *Heterodera filipjevi* (جمعیت کبوتر آباد اصفهان) در ژنوتیپ‌های مختلف گندم و عکس العمل آنها بر اساس مقاومت یا حساسیت در گلخانه

Table 1- Mean (±SE) number of cysts and females of *Heterodera filipjevi* (Isfahan-Kabotarabad population) and the resistance or susceptible reaction of wheat accessions in green house conditions

Accessions	Mean of cysts and females per plant**	Reaction*	Accessions	Mean of number cysts and females per plant	Reaction
Back-cross Rowshan	30.2 ± 2.7 a	HS	Arg	20.8 ± 1.7 cd	HS
Pishgam	28.8 ± 1.9 ab	HS	Parsi	19.6 ± 1.3 d	S
Pishtaz	27.8 ± 2.9 abc	HS	Rowshan	18.8 ± 1.1 de	S
Bezostaya	22.4 ± 1.8 bcd	HS	Alvand	18.8 ± 2.2 de	S
Mahdavi	22 ± 2.1 bcd	HS	Es-93-95	17.6 ± 1.6 de	S
Bam	21.8 ± 2.6 bcd	HS	Marvdasht	11.8 ± 1 ef	(S)
Dena	21.6 ± 1.6 cd	HS	Sirvan	8.4 ± 0.5 f	MR
Bahar	21.4 ± 3 cd	HS	M-90-9	8 ± 0.3 f	MR
Sivand	21 ± 1.5 cd	HS	M-90-7	7.4 ± 0.5 f	MR
Ofogh	21 ± 2.5 cd	HS	Silverstar	6.8 ± 0.7 f	MR

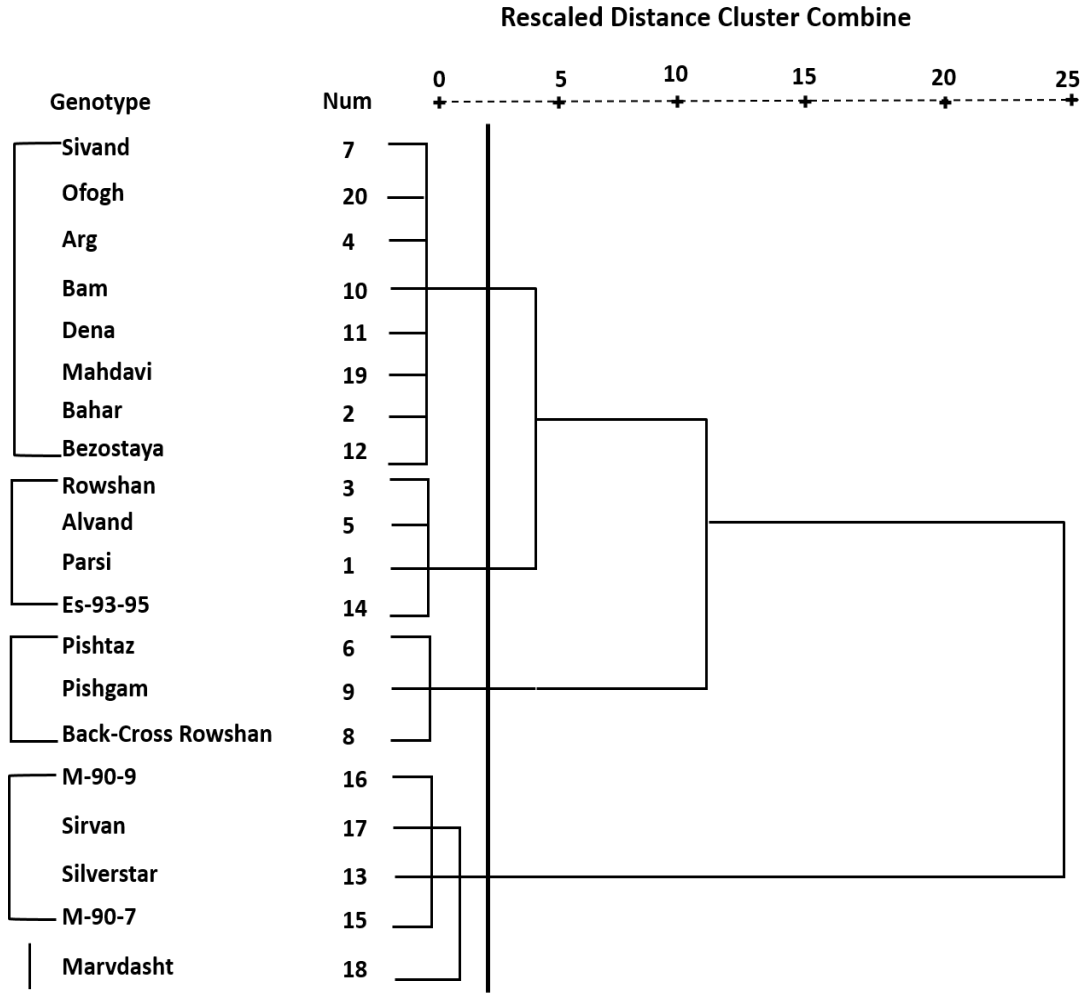
*Resistant (R), moderately resistant (MR), Moderately susceptible (MS), Susceptible (S), Highly susceptible (HS)
**Means followed by the same letters are not significantly different at $P \leq 0.01$ using the least significant difference test

همان گونه که اشاره‌گردید، در این مطالعه رقم بزوستایا به عنوان رقم حساس استاندارد در کنار سایر ژنوتیپ‌ها قرار گرفت، اما بر اساس گروه‌بندی Sharma et al. (2013) به عنوان رقم بسیار حساس طبقه‌بندی شد. از طرفی در گروه‌بندی مذکور گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً حساس نیز تعریف نشده است. بنابراین با تجزیه خوشه‌ای با استفاده از روش Ward (Morrison,1990) و معیار عدم تشابه فاصله اقلیدوسی[1]، و با ترسیم نمودار درختی قرابت و فواصل بین ژنوتیپ‌ها با طیف متنوع‌تری از واکنش حساسیت یا مقاومت آنها به *H. filipjevi*، مشخص و

1- Euclidean distance criterion of dissimilarity

مورد مقایسه قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای[1] با ترسیم نمودار درختی (شکل ۲) و با دخالت دادن گروه‌بندی ارایه شده توسط Dababat et al. (2014)، سه رقم پیشتاز، پیشگام و بک کراس روشن در یک گروه مجزا قرار داد و سایر ژنوتیپ‌هایی که میانگین تعداد سیست و ماده بالغ آنها کمتر از سه ژنوتیپ مذکور بود و در گروه‌بندی Sharma et al. (2013)، در گروه بسیار حساس قرار گرفتند (شامل ارقام بزوستایا، بهار، مهدوی، دنا، بم، ارگ، افق و سیروان) نیز در گروهی جداگانه قرار گرفتند. بنابراین برای تفکیک بهتر و با توجه به گروه‌بندی Dababat et al. (2014)، که در آن ژنوتیپ‌هایی که میانگین تعداد سیست آنها بالاتر از رقم حساس شناخته شده باشد را در گروه بسیار حساس قرار می‌دهد، سه رقم بک کراس روشن، پیشگام و پیشتاز به عنوان ارقام بسیار حساس و سایر ارقام شامل بزوستایا، بهار، مهدوی، دنا، بم، ارگ، افق و سیروان را که قبلاً در گروه بسیار حساس قرار داشتند، به عنوان ژنوتیپ‌های حساس گروه‌بندی شدند. با توجه به اینکه در گروه حساس حاصل از تجزیه خوشه‌ای، اختلاف بین ژنوتیپ‌هایی که بیشترین (بزوستایا) و کمترین (ارگ) میانگین مجموع تعداد سیست و ماده بالغ داشتند، کم بود (۱/۶ سیست به علاوه ماده بالغ) ، جدا شدن هشت ژنوتیپ مذکور از گروه بسیار حساس و قرار گرفتن آنها در گروه حساس منطقی به نظر می‌رسد. همان گونه که اشاره گردید، ژنوتیپ‌های پارسی، روشن، الوند و ES-93-95 و مرودشت بر اساس گروه‌بندی Sharma et al. (2013)، در یک گروه قرار گرفتند. در نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز ژنوتیپ‌های مذکور به غیر از ژنوتیپ مرودشت، در یک گروه قرار گرفتند. با توجه به کمتر بودن میانگین تعداد سیست و ماده بالغ این گروه از گروه حساس و با توجه به گروه‌بندی Dababat et al. (2014) که ژنوتیپ‌هایی را که میانگین تعداد سیست‌های آنها به طور معناداری بیشتر از رقم مقاوم ولی کمتر از رقم حساس باشد را در گروه نسبتاً حساس قرار می‌دهد، ژنوتیپ‌های مذکور در گروه نسبتاً حساس قرار گرفتند. علی رغم اینکه در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ مرودشت در گروه نسبتاً مقاوم قرار گرفت ولی قرابت آن نسبت به سایر ژنوتیپ‌های این گروه کمتر و از طرفی این ژنوتیپ بر اساس گروه‌بندی حاصل از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار، با هر دو گروه حساس و نسبتاً مقاوم همپوشانی داشت. بنابراین با توجه به اینکه میانگین مجموع تعداد سیست و ماده بالغ در این ژنوتیپ ۱۱/۸ و نسبت به رقم استاندارد نسبتاً مقاوم سیلور استار که ۶/۸ بود، اختلاف قابل توجهی داشت، رقم مرودشت ترجیحاً در گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً حساس، گروه‌بندی شد. گروه‌بندی ژنوتیپ‌های M-90-9، M-90-7، سیروان به همراه رقم سیلور استار (رقم استاندارد نسبتاً مقاوم)، بر اساس تجزیه خوشه‌ای، با نتایج حاصل از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار و طبقه‌بندی Sharma et al. (2013)، همخوانی داشت و در گروه ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم طبقه‌بندی شدند (شکل۲). لازم بذکر است جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم از لحاظ درجه مقاومت یا حساسیت به نماتد سیستی غلات از مقیاس‌های دیگری نیز توسط سایر محققین استفاده شده که از آن جمله می‌توان به مطالعه انجام شده در ترکیه (Yavuzaslanoglo et al., 2015) اشاره نمود که با مایه زنی ۲۰۰ لارو سن دوم *H. filipjevi* و ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم مانند روش Dababat et al. (2014)، ژنوتیپ‌ها را در پنج گروه مقاوم (تا دو سیست در هر گیاه)، نسبتاً مقاوم (سه تا چهار سیست در هر گیاه)، نسبتاً حساس (چهار تا شش سیست)، حساس (۶/۵ تا ۸/۵ سیست در هر گیاه) و بسیار حساس (۸/۵ تا ۱۶ سیست در هرگیاه) قرار داده است. به علت اینکه در طبقه‌بندی Sharma et al. (2013)، از اعداد کمی برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شده بود و همچنین با توجه به یکسانی تعداد لارو سن دوم مایه‌زنی شده در تحقیق حاضر (۳۰۰ لارو سن دوم) با مطالعه Dababat et al. (2014)، در مطالعه حاضر از این دو گروه‌بندی استفاده گردید.

1- Cluster analysis



شکل۲- نمودار درختی گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف گندم بر اساس میانگین مجموع تعداد سیست و ماده بالغ *Heterodera filipjevi* (جمعیت کبوتر آباد اصفهان) به همراه درجه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس مقاومت یا حساسیت

Figure 2- Tree diagram of cluster analysis of different wheat accessions based on mean of cysts and females of *Heterodera filipjevi* (Isfahan-Kabotarabad population) and grading based on their reaction (Moderately resistant (MR), Moderately susceptible (MS), Susceptible (S), Highly susceptible (HS)

همان طور که اشاره گردید رقم بک کراس روشن دارای بیشترین جمعیت سیست و ماده بالغ بود و در گروه ژنوتیپ‌های بسیار حساس قرار گرفت. لازم بذکر است رقم بک کراس روشن از ارقامی است که کشت آن در کشور و بخصوص استان اصفهان رایج بوده، که با توجه به حساسیت بالای آن به این نماتد، لازم است بررسی بیشتری برای کشت در مناطق آلوده انجام شود. در رابطه با بررسی عکس‌العمل ارقام نسبت به *H. filipjevi* در ایران، گزارش مدونی موجود نیست. مطالعات اخیر نشان می‌دهد تعدادی از ژرم پلاسم‌های مربوط به ایران در قالب مطالعه‌ای توسط Dababat et al. (2014) پیرامون ارزیابی مقاومت به *H. filipjevi* (جمعیت Haymana ترکیه) تحت شرایط کنترل شده مورد ارزیابی قرار گرفتند و از بین ژرم پلاسم‌های ایران (مجموعاً ۴۹ ژرم پلاسم)، ۱۲ مورد (۲۴/۵ درصد) در گروه بسیار مقاوم، ۱۱ مورد (۲۲/۴ درصد) مقاوم و ۶ مورد (۱۲/۲ درصد) در گروه با حساسیت بالا به *H. filipjevi* گزارش گردیده‌اند. در بررسی تکمیلی پیرامون وجود ژن مقاومت *Cre5* در ژنوتیپ‌های مقاوم و بسیار مقاوم، ژنوتیپ‌هایی مقاوم و بسیار مقاوم گندم زمستانه ایران فاقد ژن مذکور بودند.

کلیه منابع مقاومت گزارش شده در مقابل نماتدهای سیستی غلات توسط یک ژن منفرد ایجاد می‌گردد (Smiley and Nicol, 2009). در ترکیه ژن *Cre1* در مقابل *H. filipjevi* موثر ولی ژن *Cre3* در مقابل این گونه تاثیری ندارد (Smiley and Nicol, 2009) . ژن *Cre3* در مقابل جمعیت‌های استرالیایی *H. avenae* موثر (Vanstone et al., 2008) ولی در مقابل جمعیت اروپایی این گونه (De Magnik *et al*., 2003; Safari et al., 2005) و یا گونه *H. filipjevi* در ترکیه بی تاثیر بوده است (Nicol et al., 2003). در مطالعه‌ای که جهت شناسایی مقاومت ژنتیکی به نماتد سیستی غلات صورت پذیرفته ، ژن‌های *Cre1* ، *Cre 3* و *Cre7* به عنوان ژن‌های مسئول ایجاد مقاومت به هر دو گونه *H. avenae* و *H. latipons* شناسایی شده‌اند؛ در صورتی که ژن‌های *Cre8* و *CreR* فقط مسئول مقاومت در مقابل گونه *H. filipjevi* تشخیص داده شدند (Imren et al., 2013). این در حالی است که بر اساس تحقیقات Dababat et al. (2014) هیچ کدام از ژن‌های *Cre* شناخته شده در گندم‌های زمستانه و بهاره مقاومت کاملی را در مقابل جمعیت ترکیه‌ای *H. filipjevi* ایجاد نکردند.

یکی از باصرفه‌ترین روش‌هایی که با محیط زیست سازگار بوده و به آسانی به عنوان یک ابزار کنترل مورد پذیرش واقع می‌شود، استفاده از مقاومت ژنتیکی میزبان از طریق شناسایی و تولید ژرم پلاسم‌های مقاوم است که می‌تواند منجر به کاهش جمعیت نماتد در زیر سطح آستانه اقتصادی گردد. استفاده از این روش امیدواری زیادی برای کنترل نماتدهای سیستی غلات بوجود آورده است (Toktay et al., 2006; Nicol et al., 2009a; Dababat et al., 2011). بنابراین با توجه به نتایج این تحقیقات و همچنین با توجه به اینکه پنج ژنوتیپ از ۲۰ ژنوتیپ بررسی شده در تحقیق حاضر به عنوان ژنوتیپ‌های نسبتاً مقاوم شناسایی شده‌اند، انجام تحقیقات تکمیلی در زمینه شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و نسبتاً مقاوم با ارزیابی جامع ارقام و لاین‌های موجود در کشور در مقابل *H. filipjevi* می‌تواند به کنترل این نماتد در مناطق آلوده منجر شود. منابع موثری از مقاومت به نماتدهای سیستی غلات در غلات شناسایی شده‌اند، اما تاثیر پذیری و قابلیت استفاده از آنها به چگونگی تعامل بین مقاومت ژنوتیپ و پاتوتیپ هر منطقه وابسته است. بنابراین در برنامه ارزیابی ژنوتیپ‌های گندم کشور ارزیابی مقاومت در مقابل جمعیت‌های مختلف *H. filipjevi* می‌بایست مد نظر قرار گیرد. لاین‌های گندم که دارای سطح قابل قبولی از مقاومت (مقاوم یا نسبتاً مقاوم) به نماتد سیستی غلات هستند، می‌بایست با ارقام پر محصول گندم تلاقی داده شوند؛ در این راستا تلاقی واریته‌های گندم حساس در هر منطقه که با آن منطقه سازگاری دارند با ژرم پلاسم‌های جدید مقاوم به نماتدهای سیستی غلات، می‌تواند منجر به تولید واریته‌های سازگار محلی گردد که مقاومت ژنتیکی آنها به نماتدهای سیستی غلات بهبود یافته است.

سپاس‌گزاری

از بخش تحقیقات گیاهپزشکی و همچنین بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان به لحاظ فراهم آوردن امکانات و شرایط انجام مراحل مختلف آزمایش و در اختیار گذاشتن ارقام و لاین‌های گندم تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

Abidou, H., El-Ahmad, A., Nicol, J.M., Bolat, N., Rivoal, R. and Yahyaoui, A. 2005. Occurrence and distribution of species of the *Heterodera avenae* group in Syria and Turkey. Nematologia Mediterranea, 33: 195-201.

Dababat, A., Pariyar, S., Nicol, J. M. and Duveiller, E. 2011. Cereal cyst nematodes: An unnoticed threat to global cereal production. CGIAR SP-IPM Technical Innovation Brief 11SP-IPM Secretariat, (Web page: www.spimp.cgiar.org.) (Date accessed: January, 2015).

Dababat, A. 2012. Protocols for cereal cyst nematode (CCN), Root lesion nematode (RLN) and crown rot (CR) screening implemented by SBP program CIMMYT-TURKEY. Soil borne pathogens group, CIMMYT, Turkey.

Dababat A.A., Erginbas-Orakçı, G., Toktay, H., Imren, M., Akin, B., Braun, H.J., Dreisigacker, S., Elekcioğlu, I.H., and Morgounov, A. 2014. Resistance of winter wheat to *Heterodera filipjevi* in Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 38:180-186.

Dababat, A.A., Erginbas-Orakci, G., İmren, M., Braun, H.J., Morgounov, A., Ammar, K., and Watrin, C. 2015. Cereal nematodes management strategies in wheat. In: A.A. Dababat, H. Muminjanov, and R.W. Smiley (eds.). Nematodes of small grain cereals: Current status and research. FAO: Ankara, Turkey. pp. 221-232.

De Majnik, J., Ogbonnaya, F.C., Moullet, O. and Lagudah, E.S. 2003. The *Cre1* and *Cre3* nematode resistance genes are located at homeologous loci in the wheat genome. Molecular Plant-Microbe Interaction, 16: 1129-1134.

Evans, K. and Rowe, J.A. 1998. Distribution and economic importance. In: S. B. Sharma (ed.). The cyst nematodes, Kluwer Academic Publishers. Dordrecht. pp. 1-30.

Fenwick, D.W. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. Journal of Helminthology, 18: 155-172.

Handoo Z. A. 2002. A key and compendium to species of *Heterodera avenae* group (Nematoda: Heteroderidae). Journal of Nematology, 34: 250-262.

Holgado, R., Rowe, J., Anderson, S. and Magnusson, C. 2004. Electrophoresis and biotest studies on some populations of cereal cyst nematode, *Heterodera* spp. (Tylenchida: Heteroderidae). Nematology, 6: 857-865.

İmren, M., Toktay, H., Bozbuga, R., Erginbas-Orakci, G., Dababat, A.A., and Elekcioglu I.H. 2013. Identification of genetic resistance to cereal cyst nematodes; *Heterodera avenae* (Wollenweber), *H. filipjevi* (Madzhidov) Stelter and *H. latipons* (Franklin) in some international bread wheat germplasms. Turkish Journal of Entomology, 37(3): 277-282.

Karimipour Fard, H., Pourjam, E., Tanha Maafi, Z., and Safaie, N. 2016. Distribution of cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi*, in wheat fields of Isfahan province based on interpolation and relationship of climatic factors with its population densities. Iranian Journal of Plant Pathology, 52(3): 399-413. (In Farsi with English abstract).

Karimipour Fard, H., Pourjam, E., Tanha Maafi, Z., and Safaie, N. 2017a. Cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) in wheat fields of Chaharmahal and Bakhtiari province, Iran and its distribution based on interpolation by geographic information system. Journal of Agricultural Science and Technology, 19: 1185-1196.

Karimipour Fard, H., Pourjam, E., Tanha Maafi, Z., and Safaie, N . 2017b. Assessment of yield loss of wheat cultivars caused by *Heterodera filipjevi* under field conditions. Journal of Phytopathology, 166 (5): 299-304.

Kaur, D.J., Sharma, V.S., Sohu, V.S., and Bains, N.S. 2008. Reaction of wheat genotypes to a population of *Heterodera avenae* from Punjab, India. Nematologia Mediterranea, 36: 157-160.

Morrison, D.F.1990. Multivariate statistical method. Mc Graw-Hill Publications, New York.

Nicol, J.M., Rivoal, R., Taylor, S., and Zaharieva, M. 2003. Global importance of cyst (*Heterodera* spp.) and lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) on cereals: Distribution, yield loss, use of host resistance and integration of molecular tools. Nematology Monographs and Perspectives, 2: 1-19.

Nicol, J.M., Ogbonnaya, F., Singh, A. K., Bishnoi, S.P., Kanvar R.S., Li, H.L., Chen, S.L., Peng, D.L., Bolat, N., Şahin, E. and Elekcioğlu, İ.H. 2009a. Current global knowledge of The usability of the cereal cyst nematode resistant bread wheat germplasm through international germplasm exchange an evaluation. In: I.T. Riley, J.M. Nicol, and A.A. Dababat (eds.). Cereal cyst nematodes: Status, research and outlook. CIMMYT. Ankara, Turkey. pp. 149-153.

Nicol, J.M, Bolat, N., Yıldırım, A.F, Yorgancılar, A., Kılınç, A.T., Elekçioğlu, H.İ., Şahin, E., Erginbaş-Orakcı, G., and Braun, H.J. 2009b. Identification of genetic resistance to cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) for international bread wheat improvement. In: I.T. Riley, J.M. Nicol, and A.A. Dababat (eds.). Cereal cyst nematodes: Status, research and outlook. CIMMYT. Ankara, Turkey. pp. 160-165.

Rivoal, R. and Cook, R. 1993. Nematode pests of cereals. In: K. Evans, D.L. Trudgill. and J.M. Webster (eds.). Plant parasitic nematodes in temperate agriculture. CAB International., Wallingford, UK. pp. 259-303.

Rivoal, R. and Nicol, J.M. 2009. Past research on the cereal cyst nematode complex and future needs. In: I.T. Riley, J.M. Nicol, and A.A. Dababat (eds.). Cereal cyst nematodes: Status, research and outlook. CIMMYT. Ankara, Turkey. pp. 3-10.

Safari, E., Gororo, N.N., Eastwood, R.F., Lewis, J., Eagles, H.A., and Ogbonayya, F.C. 2005. Impact of *Cre1*, *Cre8* and *Cre3* genes on cereal cyst nematode resistance in wheat. Theoretical and Applied Genetics, 110: 567-572.

Sağlam, H.D., Çobanoğlu, S., Wesemael, W., Nicol, J.M., Viaene, N., and Dababat, A.A. 2009. Preliminary investigation of resistance of winter wheat to *Heterodera filipjevi* under controlled conditions. In: I.T. Riley, J.M. Nicol, and A.A. Dababat (eds.). Cereal cyst nematodes: Status, research and outlook. CIMMYT. Ankara, Turkey. pp. 172-176.

Sharma, P., Saini, M., Gupta, O.P., Gupta, N., Singh, A.K., Selvakumar, R., Tiwari, V., and Sharma, I. 2013. Tracking of cereal cyst nematode resistance genes in wheat using diagnostic markers. Journal of Wheat Research, 5(1): 35-40.

Smiley, R.W., Yan, G.P., and Handoo, Z.A. 2008. First record of the cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* in Oregon. Plant Disease, 92: 1136.

Smiley, R.W., and Nicol, G.M. 2009. Nematodes which challenge global Wheat production. In: B.F. Carver (ed.). Wheat: Science and trade. Wiley–Blakwell: Ames, Iowa, USA. pp. 171-187.

Smiley, R. W., Dababat, A. A., Iqbal, S., Jones, M. G. K., Tanha Maafi, Z., Peng, D., Subbotin, S.A., and Waeyenberge, L. 2017. Cereal cyst nematodes: A complex and destructive group of *Heterodera* species. Plant Disease, 101: 1692-1720.

Sturhan, D. 1996. Occurrence of *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter, 1984 in Iran. Pakistan Journal of Nematology, 14: 89-93.

Subbotin S. A., Waeyenberg, L., and Moens, M. 2000. Identification of cyst forming nematodes of the genus *Heterodera* (Nematoda: Heteroderidae) based on the ribosomal DNA RFLP. Nematology, 2: 153-164.

Subbotin, S.A., Sturhan, D., Rumpenhorst, H.J., and Moens, M. 2003. Molecular and morphological characterisation of the *Heterodera avenae* species complex (Tylenchida: Heteroderidae). Nematology, 5: 515-538.

Tanha Maafi, Z., Sturhan, D., Kheiri, A., and Geraert, E. 2007. Species of the *Heterodera avenae* group (Nematoda: Heteroderidae) from Iran. Russian Journal of Nematology, 15(1): 49-58.

Toktay, H., McIntyre, L., Nicol, J.M., Ozkan, H., and Elekcioglu, H.I. 2006. Identification of common root lesion nematode (*Pratylenchus thornei* Sheret Allen) loci in bread wheat. Genome, 49(10): 1319-1323.

Toktay, H., Yavuzaslanoglu, E., Imren, M., Nicol, J.M., Elekcioglu , H., and Dababat, A.A. 2012. Screening for resistance to *Heterodera filipjevi* (Madzhidov) Stelter (Tylenchida: Heteroderidae) and *Pratylenchus thornei* (Sher& Allen) (Tylenchida: Pratylenchidae) sister lines of spring wheat. Turkish Journal of Entomology, 36(4): 455-461.

Vanstone, V.A., Hollaway, G.J., and Stirling, G.R. 2008. Managing nematode pests in the southern and western regions of the Australian cereal industry: Continuing progress in a challenging environment. Australasian Plant Pathology, 37: 220-234.

YAN, G.P., and SMILEY, R.W. 2008. First detection of the cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* in North America. Phytopathology, 98: 176.

Yavuzaslanoğlu, E., Elekçioğlu, I.H., and Nicol, J.M. 2015. Resistance screening of wheat accessions characterized for *Cre1* and *Cre3* against *Heterodera filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter (Tylenchida: Heteroderidae). *In*: A.A. Dababat, H. Muminjanov, and R.W. Smiley (eds.). Nematodes of small grain cereals: Current status and research. FAO: Ankara, Turkey. pp. 257-264.

© 2019 by the authors. Licensee SCU, Ahvaz, Iran. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0 license) (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Assessment of reaction to cereal cyst nematodes (*Heterodear filipjevi*) to different bread wheat accessions under greenhouse conditions

H. Karimipour Fard[1], E. Pourjam[2], Z. Tanha Maafi[3] and N. Safaie[4]

1. Assistant Professor, Plant Protection Research Department, Kohgiluyeh and Boyerahmad Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Yasouj, Iran
2. ***Corresponding Author:** Professor, Plant Pathology Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran (pourjame@modares.ac.ir)
3. Research Professor, Nematology Department, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
4. Associate Professor, Plant Pathology Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(DOI): 10.22055/ppr.2019.14458

Received: 8 August 2018 Accepted: 12 May 2019

Abstract

Background and Objectives

Cereal cyst nematodes (CCNs) are acknowledged globally as a biotic constraint for wheat production, particularly under rain-fed conditions and drought stress. Among species of CCNs, *Heterodear filipjevi* is the dominant species in most cereal growing areas of Iran and is widespread in different regions of the country. The use of resistant wheat cultivars is considered the most effective and economical method for managing cereal cyst nematodes. The effectiveness of resistance to CCNs depends on the efficiency and durability of the sources of resistance, and on the correct identification of the nematode species and pathotype(s) present in each region. The objective of this study was to assess the reaction of common accessions of bread wheat to *H. filipjevi* under greenhouse conditions.

Materials and Methods

The reaction of common accessions of bread wheat, including some cultivars and lines (20 accessions) to *H. filipjevi* was assessed according to used method for screening of wheat accessions under controlled conditions. Single wheat seeds were planted in standard small tubes. After plant emergence, tubes were inoculated with 300 freshly hatched J2 in 3 holes around the stem base. Experimental units were arranged in a randomized complete block design with 5 replicates. Plants were harvested 8 weeks after juvenile inoculation. Extracted Cysts from both root and soil counted under a stereomicroscope. The data were analyzed and the genotypes were divided into different groups based on their reactions.

Results

The results showed that Back-cross Rowshan cultivar with mean 30.2 and Silverstar cultivar with mean 6.8 had the most and the least number of cysts in soil and root of each plant, respectively. Cluster analysis divided all accessions into 4 groups. Back-cross Rowshan, Pishtaz and Pishgam cultivars were identified as highly susceptible according to higher mean of the cyst number in soil and root, in comparison to Bezostaya cultivar (Susceptible check). Mahdavi, Bam, Dena, Bahar, Sivand, Ofogh, Arg and Bezostaya cultivars were categorized as susceptible. Rowshan, Alvand, Parsi, Es-93-95 and Marvdasht accessions were grouped as moderately susceptible, and, Sirvan, M-90-9, M-

90-7 and Silverstar (Moderately resistant check) accessions were identified as moderately resistant.

Discussion

This study revealed that Back-cross Rowshan, Pishtaz and Pishgam are highly susceptible cultivars to *H. filipjevi*. However, the cultivation of these wheat cultivars is common in the country. In order to impede the damage of this nematode, it is essential to avoid cultivating these cultivars and other susceptible cultivars in infested fields to *H. filipjevi*.

Keywords: Cereal nematodes, Heterodera filipjevi, genotype, resistance