

<https://dx.doi.org/10.22034/arpp.2022.15110>

پاسخ تعدادی از ارقام زراعی، توده‌های بومی گندم نان و دو گونه آژیلوپس به نماتد مولد زخم

ریشه *Pratylenchus neglectus*ابراهیم زاهدی اصل^۱، غلامرضا نیکنام^۱، سید ابوالقاسم محمدی^۲، مصطفی ولیزاده^۳^۱ گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ^۲ گروه به نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ^۳ قطب علمی اصلاح مولکولی غلات، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ✉ e.zahedi59@gmail.com

دریافت: ۱۴۰۱/۰۴/۰۱ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۵/۳۰ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۰۱

چکیده

نماتدهای مولد زخم جنس *Pratylenchus* بین ۱۰ نماتد مهم انگل گیاهی دنیا قرار دارند. خسارت اقتصادی آن‌ها به عنوان سومین گروه خسارت‌زا، گاهی تا ۸۵ درصد نیز می‌رسد. در این تحقیق، پاسخ ۱۰۰ توده بومی گندم نان بهاره، ۲۰ رقم زراعی و دو گونه *Aegilops tauschii* و *Ae. cylindrica* به نماتد مولد زخم *P. neglectus* تحت شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. تجزیه واریانس داده‌ها براساس مدل ریاضی تجزیه واریانس یک طرفه انجام و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. نتایج نشان داد تلقیح با نماتد منجر به کاهش معنی‌دار در شاخص‌های رشدی ژنوتیپ‌ها گردید. اثر ژنوتیپ و آلودگی با نماتد روی همه صفات فنوتیپی در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. براساس فاکتور تولیدمثل ژنوتیپ‌ها به پنج گروه با RF > ۰/۳۶ (مقاوم)، ۰/۵۸ - ۰/۳۶ (نیمه مقاوم)، ۰/۸۱ - ۰/۵۸ (متحمل)، ۰/۳ - ۰/۸۱ (نیمه حساس) و RF < ۰/۳ (حساس) تقسیم شدند. ده ژنوتیپ (۸/۲ درصد) به عنوان حساس، ۱۲ ژنوتیپ (۹/۸۳ درصد) به عنوان نیمه حساس، ۳۰ ژنوتیپ (۲۴/۵۹ درصد) به عنوان متحمل، ۴۹ ژنوتیپ (۴۰/۱۶ درصد) به عنوان نیمه مقاوم و ۲۱ ژنوتیپ (۱۷/۲۱ درصد) به عنوان مقاوم شناسایی شدند. ارتباط مستقیمی بین شاخص‌های مربوط به نماتد (RF و تعداد نماتد به ازای وزن ریشه) و شاخص‌های رشدی گیاهان بعد از آلودگی با نماتد مشاهده گردید به طوری که هر چقدر شاخص‌های نماتدی بیشتر بود، شاخص رشدی گیاهان کمتر شد، این موضوع نمایانگر تأثیر معنی‌دار نماتد بر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود.

کلمات کلیدی: آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری، حساسیت، شاخص‌های فنوتیپی، فاکتور تولیدمثل، مقاومت

Response of agricultural cultivars, breed wheat landraces and two species of *Aegilops* to root-lesion nematode *Pratylenchus neglectus*Ebrahim Zahedi Asl¹, Gholamreza Niknam¹, Seyed Abolgasem Mohammadi^{3,4}, Mostafa Valizadeh^{3,4}¹Department of plant protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. ^{2,3}Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran. ^{2,3}Center of Excellent in Cereal Molecular Breeding, University of Tabriz, Tabriz, Iran. ✉ e.zahedi59@gmail.com

Received: 22 June 2022

Revised: 21 August 2022

Accepted: 23 August 2022

Abstract

Root-lesion nematodes genus *Pratylenchus* are among the 10 most important plant parasitic nematodes in the world. Their economic damage as the third damaging group sometimes reaches 85%. In this research, the response of 100 landraces of spring bread wheat, 20 cultivars and two species *Aegilops tauschii* and *Ae. cylindrica* was evaluated to root-lesion nematode under greenhouse conditions in the form of a randomized complete block design. ANOVA analysis was done based on one-way analysis of variance and to compare the averages, the least significant difference (LSD) test was used at the probability level of 5%. The results showed that inoculation with nematodes led to a significant decrease in the growth indices. The effect of genotype and nematode inoculation on all phenotypic traits was significant at the 5% probability level. Based on the reproduction factor, the genotypes were divided into five groups with RF < 0.36 (resistant), 0.36-0.58 (semi-resistant), 0.58-0.81 (tolerant), 0.81-1.03 (semi-sensitive) and RF > 0.03 (sensitive). Ten genotypes (8.2%) as sensitive, 12 genotypes (9.83%) as semi-sensitive, 30 genotypes (24.59%) as tolerant, 49 genotypes (40.16%) as semi-resistant and 21 genotypes (17.21%) were identified as resistant. A direct relationship between the nematode-related indices (RF and the number of nematodes per root weight) and the growth indices of plants after nematode infection was observed, so that the higher the nematode indices, the lower the plant growth index. This matter showed the significant effect of nematode on the studied genotypes.

Key words: LSD test, Phenotypic characters, Resistance, RF, Susceptibility

How to cite:

Zahedi Asl E, Niknam G, Mohammadi SA, Valizadeh M, 2023. Response of agricultural cultivars, breed wheat landraces and two species of *Aegilops* to root-lesion nematode *Pratylenchus neglectus*. *Journal of Applied Research in Plant Protection* 12 (2): 179-196

مقدمه

گندم نان (*Triticum aestivum* L.) مهم‌ترین منبع غذایی در جهان است که ۲۰ درصد کالری و پروتئین مورد نیاز مردم دنیا را تأمین می‌کند. سطح زیر کشت این گیاه حدود چهار میلیون هکتار دیم و دو میلیون هکتار آبی در سال زراعی ۱۳۹۸ - ۱۳۹۹ می‌باشد که میزان تولید در سطح اراضی آبی حدود ۸/۳ میلیون تن و در اراضی دیم حدود ۵/۲ میلیون تن بوده است (Anonymous 1398).

نماتدهای انگل گیاهی به عنوان یکی از بیمارگرهای مهم غلات محسوب می‌شوند. نماتدهای مولد زخم ریشه از جنس *Pratylenchus* Filipjev, 1936 در بین ۱۰ نماتد مهم در سطوح جهانی، به عنوان سومین گروه مهم از نماتدهای انگل گیاهی به لحاظ خسارت اقتصادی در کشاورزی و گلخانه هستند (Castillo & Vovlas 2007). در برخی موارد خسارت آن‌ها تا ۸۵ درصد نیز گزارش شده است (Nicol et al. 2011). چهار گونه *P. thornei* Sher and Allen, و *P. neglectus* P. 1953، *P. penetrans* Filipjev و *P. crenatus* Loof, 1960 and Schuurmans Stekhoven, 1941 از بیمارگرهای مهم غلات در سراسر جهان به خصوص نواحی گرمسیری هستند (Smiley 2015). در استرالیا میزان خسارت سالیانه نماتدهای مولد زخم *P. neglectus* و *P. thornei* در نواحی شمالی این کشور به ترتیب ۶۹ میلیون دلار استرالیا (Thompson et al. 2008) و در نواحی جنوبی و غربی ۱۹۰ میلیون دلار (Vanstone et al. 2008) تخمین زده شده است. ارزیابی میزان خسارت نماتدهای مولد زخم روی گندم در شرایط مزرعه‌ای در استان همدان طی سال‌های زراعی ۹۱-۱۳۹۰ نشان داد که جمعیت نماتدهای مولد زخم بیشتر از سایر نماتدهای انگل گیاهی بود. (Giti et al. 2015).

توده‌های بومی گندم که در طول سالیان متمادی به شرایط محیطی محل کشت سازگار شده‌اند، منابع ژنتیکی ارزشمندی برای ژن‌های مقاومت به تنش‌های زیستی، و تحمل به تنش‌های غیر زیستی و کیفیت محصول می‌باشند. امروزه با توجه به شرایط تغییر اقلیم، استفاده از توده‌های بومی در برنامه‌های اصلاح گندم برای تولید ارقام جدید سازگار به شرایط تغییر اقلیم و مقاوم به تنش‌های مختلف، رونق گرفته است (Jaradat 1991; Strelchenko et al. 2008). علاوه بر توده‌های بومی، گونه‌های خویشاوند وحشی گندم به خصوص گونه‌های جنس *Aegilops* دارای تنوع وسیعی از ژن‌های مقاومت و تحمل به تنش‌ها و سازگاری هستند که به

طور وسیعی در برنامه‌های اصلاحی گندم مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Schneider et al. 2008). گونه دیپلوئید *Ae. tauschii* دهنده ژنوم D گندم نان دارای تنوع ژنتیکی بالایی در مقایسه با ژنوم D گندم می‌باشد و زیر گونه *Strangulata* با ژن‌های مقاومت به بیماری‌ها، به عنوان کاندیدای اصلی ژنوم D فقط در حوزه دریای خزر، در ایران و جنوب کوه‌های قفقاز رشد می‌کند (Wang et al. 2013). تاکنون صفات مختلفی مورد توجه به‌نژادگران قرار گرفته و ژن‌های متعدد و جدیدی برای بهبود عملکرد، مقاومت به آفات و بیماری‌های گیاهی، تحمل به تنش‌های محیطی در ژنوم D جمعیت‌های گونه والدی شناسایی شده است. اما بیشترین موفقیت‌ها در زمینه انتقال ژن‌های مقاومت به آفات و بیماری‌های و توسعه سازگاری گندم نان به آن‌ها حاصل شده است (Blanco et al. 2001).

زیر مجموعه‌ای از توده‌های بومی ایرانی گندم براساس صفات فنوتیپی از جهت مقاومت یا تحمل به تنش‌های زنده و غیر زنده مورد بررسی قرار گرفته‌اند. مقاومت به بیمارهای گندم مثل سیاهک معمولی، سیاهک پاکوتاه (Bonman et al. 2007) و نماتد مولد زخم گونه *P. thornei* (Sheedy & Thompson, 2009) در این مجموعه توده‌های بومی شناسایی شده است. تعداد ۷۸ توده بومی جمع‌آوری شده از ۱۲ استان کشور توسط تامسون و همکاران (Thompson et al. 2016) از نظر مقاومت به دو گونه نماتد مولد زخم (*P. thornei* و *P. neglectus*) در شرایط گلخانه بررسی شدند. ایشان دریافتند که ۹ عدد از توده‌های بومی حداقل میانگین مربعات جمعیت نماتد *P. neglectus* را کاهش دادند، در حالیکه ۲۹ توده بومی حداقل میانگین مربعات جمعیت نماتد *P. thornei* را در مقایسه با ژنوتیپ حساس Louise کاهش دادند و به عنوان مقاوم شناخته شدند. تعداد هفت عدد از این توده‌ها، به طور معنی‌داری حداقل میانگین مربعات جمعیت هر دو گونه را کاهش دادند و به عنوان مقاوم فرضی تلقی شدند. سه ژنوتیپ (IWA8607575, IWA8608010, IWA8607547) با بیشترین مقاومت به *P. neglectus* و سه ژنوتیپ (IWA8608830, IWA8608846 و IWA8609064) به *P. thornei* بودند. فقط یک ژنوتیپ (IWA8607766) دارای حداقل میانگین مربعات افزایش یافته به هر دو گونه بود و به عنوان ژنوتیپ مقاوم تلقی شد. در بررسی مقاومت ۲۷۴ توده بومی ایرانی جمع‌آوری شده از استان‌های مختلف و ۱۰ رقم مرجع (از جمله GS50a) به نماتد *P. thornei* بر مبنای فاکتور تولیدمثل

سایسوزن) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه بذر و نهال بودند.

تهیه زادمایه اولیه نماتد و شناسایی

جمعیت اولیه نماتد از یک مزرعه گندم آلوده واقع در اردبیل، که به طور متناوب زیر کشت گندم بود، تهیه گردید. برای بررسی آلودگی طبیعی ریشه‌های گندم به نماتد، تعدادی از گیاهان از مزرعه طبیعی همراه با ریشه و خاک اطراف ریشه، برداشته و به آزمایشگاه منتقل گردید. ریشه‌های گیاهان به طور کامل زیر شیر آب شسته شده و برای بررسی حضور نماتد در ریشه‌ها به قطعات کوچک خرد شده و با محلول لاکتوگلیسرین- اسید فوشین (۱۹ قسمت محلول لاکتوگلیسرین با یک قسمت اسید فوشین ۰/۵ درصد) رنگ- آمیزی شدند. برای تهیه محلول لاکتوگلیسرین، دو قسمت گلیسرین، ۱ قسمت اسید لاکتیک و یک قسمت آب مقطر با هم مخلوط شدند (Southey 1970). سپس عکس‌برداری از آن‌ها انجام گرفت.

استخراج نماتد از ریشه گیاهان با روش سینی گذاری (Whitehead and Hemming 1965) انجام گرفت. بدین ترتیب که ریشه‌ها شسته، خرد و روی سبد حاوی کاغذ صافی پخش شده و سپس به مدت چهار روز داخل تشتک آب قرار داده شدند تا نماتدها از ریشه‌ها خارج و وارد آب شوند. هم- زمان خاک اطراف ریشه با روش تغییر یافته الک-سانترفیوژ جن کینز (Jenkins 1965) شسته و نماتدهای آن استخراج گردید. نماتدها کشته شده و تثبیت شدند و اسلایدهای دائمی از آن‌ها تهیه (De Grisse 1969) و مشخصات ریخت‌شناختی و ریخت‌سنجی نماتدهای ماده بالغ نماتد با استفاده از میکروسکوپ مجهز به لوله ترسیم بررسی و از کلیدها و منابع معتبر برای شناسایی گونه نماتد استفاده گردید (Ryss 2002a; Castillo & Vovlas 2007).

آزمایش گلخانه‌ای

برای آزمایش گلخانه‌ای و اندازه‌گیری صفت‌های فنوتیپی، بذور تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ابتدا ضدعفونی سطحی شده و بعد روی کاغذ صافی مرطوب نگهداری شدند تا جوانه بزنند سپس از هر ژنوتیپ سه عدد بذر در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد ۱۵×۱۵ سانتی‌متر حاوی خاک سترون متشکل از ۳۰ درصد شن و ۷۰ درصد رس مخلوط با پرلایت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار، در شرایط گلخانه‌ای با دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی و دمای ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس کشت شدند. بعد از حصول

(RF) (Reproduction Factor) ۳۴، توده مقاوم ($RF \leq 1$)

شناسایی گردید (Sheedy & Thompson 2009)

در بررسی مقاومت و تحمل توده‌های بومی گندم در مزارع آلوده با *P. thornei* و *P. neglectus*، در سه سال زراعی در دو منطقه مختلف روی چهار ژنوتیپ بهاره در دو حالت تیمار شده با نماتدکش و بدون تیمار (Smiley et al. 2014)، مشخص گردید که اثر اصلی ژنوتیپ و نماتدکش تاثیر معنی‌داری روی تراکم جمعیت هر دو گونه نماتد مولد زخم در آخر هر فصل زراعی داشت. برهم‌کنش ژنوتیپ-منطقه در هر سه سال زراعی معنی‌دار بود. برهم‌کنش‌های نماتدکش-منطقه و نماتدکش-ژنوتیپ نیز معنی‌دار بودند. اثرات اصلی سه عامل سال زراعی، منطقه و نماتدکش روی میزان محصول معنی‌دار بود. همچنین برهم‌کنش ژنوتیپ-منطقه، نماتدکش منطقه نیز روی میزان محصول معنی‌دار بود. وقتی داده‌های سه سال زراعی باهم تلفیق شدند اثرات اصلی ژنوتیپ و نماتدکش روی میزان محصول بازهم معنی‌دار شدند. کاربرد نماتدکش به طور معنی-داری میانگین محصول را افزایش داده بود.

تعداد ۸۴ لاین و رقم تجاری گندم، همراه با چهار لاین شاهد نسبتاً مقاوم و حساس نسبت به دو گونه نماتد زخم ریشه *P. thornei* و *P. neglectus* در شرایط کنترل شده گلخانه به مدت ۹ هفته مورد بررسی قرار گرفتند (Ahmadi & Jahanshahi Afshar 2018). آن‌ها توانستند ارقام و لاین‌ها را براساس فاکتور تولیدمثل گروه‌بندی شدند.

با توجه به نقش گندم در تامین امنیت غذایی و نیز اهمیت خسارت نماتد مولد زخم روی گندم، و با عنایت به اینکه مطالعه‌های کمی روی ارزیابی عکس‌العمل توده‌های بومی ایران در مقابل نماتدهای مولد زخم انجام گرفته است، در با استفاده از داده‌های فنوتیپی و فاکتورهای رشدی نماتد، واکنش برخی از توده‌های گندم بومی ایران و دو گونه آزیلوپس در مقابل نماتد *P. neglectus* ارزیابی شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی

مواد گیاهی که در این بررسی ارزیابی شدند، شامل تعداد ۱۰۰ توده بومی گندم نان بهاره جمع‌آوری شده از مناطق مختلف، دو گونه *Ae. tauschii* Coss و *Ae. cylindrica* Host تهیه شده از قطب علمی اصلاح مولکولی غلات دانشگاه تبریز و ۲۰ رقم زراعی (سیروان، الوند، پیشتاز، گاسکوژن، گنبد، MV17، آرتا، گاسپارد، مغان ۳، میهن، تجن، پیشگام، کوه‌دشت، دریا، شیروودی، مروارید، دهدشت، کریم، زاگرس و

قسمت محلول لاکتوگلیسرین با یک قسمت اسید فوشین ۵/۰ درصد) رنگ‌آمیزی شدند و تعداد نمادهای داخل ریشه‌ها در زیر بینوکولار شمارش و عکس‌برداری از آن‌ها انجام گرفت. قبل از تجزیه و تحلیل داده‌ها، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از تست کولموگروف-اسمیرنوف بررسی شد. مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. داده‌ها با استفاده از نرم افزار IBM SPSS Statistic V24 به صورت تجزیه واریانس یک طرفه مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرهای ژنوتیپ و تیمار بر همه صفات مورد مطالعه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه شاهد و تلقیح با نماد نشان داد که تلقیح با نماد منجر به کاهش معنی‌دار در شاخص‌های رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شد (جدول ۲). اثر متقابل ژنوتیپ و تلقیح با نماد نیز برای کلیه صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۱).

اطمینان از سبز شدن گیاهچه‌ها، یک گیاهچه نگه داشته شده و بقیه حذف شدند. جهت تهیه تعداد کافی نماد، ابتدا نماد مورد مطالعه به مدت دو ماه روی رقم میهن (رایج کشت در منطقه) تکثیر داده شد. به منظور آلوده‌سازی گیاهان، سه روز پس از جوانه زنی، تعداد سه سوراخ در اطراف آن‌ها ایجاد و تعداد حدود ۷۵۰ نماد شامل نماد بالغ و مراحل لاروی که با استفاده از لام اینوکولوم شمارش شدند، به داخل سوراخ‌ها تلقیح شدند. پس از سپری شدن مدت لازم برای تکمیل یک دوره تکثیر نماد، حدود دو ماه پس از آلودگی، صفتهای فنوتیپی شامل فاکتور تولیدمثل RF، تعداد نماد در هر ۰/۵ گرم وزن ریشه، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع بوته‌های گیاهان آلوده و شاهد اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری فاکتور تولیدمثل، کلیه نمادهای خاک هر گلدان و ریشه گیاه داخل آن به روش‌هایی که قبلاً توضیح داده شد استخراج و شمارش شده و جمعیت نهایی نماد بر جمعیت اولیه تقسیم ($RF = Pf/Pi$) و محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری تعداد نماد در واحد وزن ریشه، ریشه‌های هر گیاه جداگانه شسته شده و به قطعات کوچک خرد شده و با محلول لاکتوگلیسرین- اسید فوشین (۱۹)

جدول ۱. تجزیه واریانس تاثیر ژنوتیپ و تلقیح با نماد روی صفات فنوتیپی ۱۲۲ ژنوتیپ مورد مطالعه.

Table 1. ANOVA analysis of genotype and inoculation by nematode on phenotypic characters of 122 genotypes.

Source	df	NN/RW	RF	PH	RDW	RWW	SDW	SWW
Genotype	121	1.53***	0.041***	0.154***	0.002***	179.52***	0.39***	46.96***
Nematode	1	14.35***	0.660***	1.207***	0.014***	1766.34***	240.12***	27984.5***
Genotype × Nematode	121	0.04*	0.004***	0.006***	0.001***	4.52*	0.39***	46.96***
Erro	488	0.02	0.003	0.002	0.001	3.14	0.02	6.17

Abbreviations: SWW: shoot wet weighth; SDW: shoot dry weighth; RWW: root wet weighth; RDW: root dry weighth; PH: plant height; NN/RW: nematode No/root weighth

*, ***, Indicates significance at the probability level of 5% and 1%, respectively

جدول ۲. میانگین شاخص‌های مورد مطالعه بین تیمارهای تلقیح شده و تلقیح نشده با نماد مولد زخم *Pratylenchus neglectus* برای ۱۲۲ ژنوتیپ.

Table 2. The mean of studied values between inoculated and non-inoculated treatments by root-lesion nematode *Pratylenchus neglectus* for 122 genotypes.

Source	SWW	SDW	RWW	RDW	PH	RF	NN/RW
Control	1.41 ^a	0.33 ^a	0.44 ^a	0.05 ^a	28.81 ^a	0.00 ^b	0.00 ^b
Inoculated by nematode	1.13 ^b	0.27 ^b	0.36 ^b	0.04 ^b	25.677 ^b	1.14 ^a	12.371 ^a

Abbreviations: SWW: shoot wet weighth; SDW: shoot dry weighth; RWW: root wet weighth; RDW: root dry weighth; PH: plant height; NN/RW: nematode No/root weighth

Bojnour4 و Fooman1, Ghoochan5 کمترین میزان وزن تر شاخ و برگ را داشتند. ژنوتیپ‌های Mashhad19، ارقام گاسکوژن، میهن، پیشگام و Malayer3 بیشترین ژنوتیپ‌های

تایچ مقایسه میانگین نشان داد که ارقام میهن، گاسکوژن، پیشگام و توده‌های بومی Malayer3 و Mahidasht2 به ترتیب بیشترین و توده‌های بومی Kermanshah1، Bojnour10،

دادند (جدول ۳) و Bojnour4, Bojnour10, Fooman1, Kermanshah1

Zahedan4 کمترین میزان وزن خشک شاخ و برگ را نشان

جدول ۳. میانگین شاخص‌های مورد مطالعه بین ۱۲۲ ژنوتیپ بعد از تلقیح با نماتد مولد زخم و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس فاکتور تولیدمثل (RF).

Table 3. The mean of studied values among 122 genotypes after inoculation by root-lesion nematode and the grouping of genotypes based on reproduction factor (RF).

NO	Origin/City	SWW	SDW	RWW	RDW
1	Esfahan23	0.67 ± 0.061	0.297 ± 0.031	0.217 ± 0.023	0.020 ± 0.0015
2	Birjand3	0.81 ± 0.059	0.269 ± 0.026	0.308 ± 0.021	0.042 ± 0.0041
3	Shahrud2	0.76 ± 0.051	0.207 ± 0.031	0.305 ± 0.020	0.033 ± 0.0036
4	Semirom1	0.84 ± 0.135	0.247 ± 0.033	0.451 ± 0.033	0.049 ± 0.0044
5	Fooman1	0.65 ± 0.042	0.193 ± 0.035	0.260 ± 0.017	0.024 ± 0.0016
6	Bojnour10	0.64 ± 0.021	0.196 ± 0.034	0.255 ± 0.008	0.026 ± 0.0009
7	Mashhad4	0.84 ± 0.088	0.223 ± 0.029	0.319 ± 0.036	0.027 ± 0.0030
8	Sabzvar18	0.86 ± 0.075	0.218 ± 0.029	0.282 ± 0.021	0.035 ± 0.0025
9	Gorgan3	0.75 ± 0.039	0.211 ± 0.029	0.261 ± 0.011	0.029 ± 0.0008
10	Kermanshah1	0.48 ± 0.041	0.182 ± 0.039	0.159 ± 0.012	0.016 ± 0.0012
11	Gazvin9	1.01 ± 0.059	0.274 ± 0.015	0.305 ± 0.012	0.032 ± 0.0008
12	Esfahan20	0.78 ± 0.049	0.217 ± 0.028	0.294 ± 0.013	0.034 ± 0.0018
13	Shah-Abad1	1.12 ± 0.053	0.269 ± 0.014	0.404 ± 0.026	0.041 ± 0.0028
14	Bojnour4	0.65 ± 0.029	0.196 ± 0.034	0.217 ± 0.008	0.023 ± 0.0009
15	Ghoochan5	0.64 ± 0.071	0.256 ± 0.026	0.218 ± 0.023	0.029 ± 0.0058
16	Gorgan2	0.78 ± 0.053	0.206 ± 0.032	0.275 ± 0.02	0.027 ± 0.0024
17	Koohdasht	0.75 ± 0.022	0.239 ± 0.028	0.177 ± 0.007	0.020 ± 0.0009
18	Kerman10	0.97 ± 0.054	0.255 ± 0.018	0.350 ± 0.021	0.032 ± 0.0021
19	Kerend1	0.73 ± 0.045	0.220 ± 0.028	0.272 ± 0.010	0.023 ± 0.0008
20	Sabzvar19	1.65 ± 0.131	0.338 ± 0.029	0.527 ± 0.036	0.054 ± 0.0029
21	Shiroodi	0.98 ± 0.028	0.256 ± 0.021	0.220 ± 0.004	0.026 ± 0.0006
22	Sanandaj5	0.91 ± 0.076	0.254 ± 0.025	0.353 ± 0.041	0.039 ± 0.0046
23	Ghoochan2	1.01 ± 0.041	0.248 ± 0.019	0.359 ± 0.016	0.038 ± 0.0037
24	Kashmar4	0.91 ± 0.062	0.239 ± 0.024	0.304 ± 0.025	0.032 ± 0.0026
25	Zahedan4	0.72 ± 0.039	0.199 ± 0.033	0.297 ± 0.020	0.028 ± 0.0027
26	Birjand9	1.15 ± 0.04	0.264 ± 0.013	0.328 ± 0.01	0.03 ± 0.0009
27	Mashhad19	1.72 ± 0.133	0.617 ± 0.049	0.698 ± 0.053	0.075 ± 0.0052
28	Ardabil1	1.07 ± 0.110	0.269 ± 0.012	0.429 ± 0.033	0.044 ± 0.0024
29	Ghasre-Shirin4	0.73 ± 0.041	0.225 ± 0.035	0.263 ± 0.012	0.024 ± 0.0016
30	Shiraz3	1.02 ± 0.099	0.355 ± 0.073	0.41 ± 0.037	0.037 ± 0.0034
31	Shahrud3	0.83 ± 0.078	0.236 ± 0.022	0.255 ± 0.015	0.032 ± 0.0016
32	Hasht-Rood2	1.17 ± 0.022	0.263 ± 0.014	0.355 ± 0.039	0.037 ± 0.0040
33	Morvarid	1.12 ± 0.049	0.264 ± 0.018	0.238 ± 0.006	0.029 ± 0.0007
34	Dehdasht	1.36 ± 0.100	0.273 ± 0.017	0.286 ± 0.022	0.033 ± 0.0024
35	Hamedan1	1.42 ± 0.098	0.309 ± 0.021	0.567 ± 0.039	0.067 ± 0.0047
36	Sabzvar14	0.89 ± 0.064	0.301 ± 0.012	0.381 ± 0.027	0.047 ± 0.0049
37	Bojnour5	1.08 ± 0.031	0.283 ± 0.022	0.429 ± 0.012	0.049 ± 0.0021
38	Sanandaj4	0.74 ± 0.023	0.209 ± 0.029	0.263 ± 0.007	0.029 ± 0.0012
39	Sanandaj6	0.97 ± 0.117	0.234 ± 0.029	0.279 ± 0.03	0.025 ± 0.0027
40	Torbat-Jam6	1.33 ± 0.069	0.333 ± 0.026	0.439 ± 0.021	0.045 ± 0.0016
41	Esfahan22	1.02 ± 0.163	0.260 ± 0.021	0.418 ± 0.056	0.051 ± 0.0070
42	Shiraz2	0.72 ± 0.041	0.228 ± 0.033	0.295 ± 0.019	0.027 ± 0.0014
43	Kerman8	0.83 ± 0.039	0.239 ± 0.028	0.332 ± 0.013	0.035 ± 0.0012

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continue

NO	Origin/City	PH	RF	NN/RW	Response
1	Esfahan23	20.78 ± 0.862	1.26 ± 0.562	14.33 ± 6.49	S
2	Birjand3	19.15 ± 0.769	1.23 ± 0.552	15 ± 6.95	S
3	Shahrud2	22.23 ± 0.759	1.17 ± 0.526	12 ± 5.54	S
4	Semirom1	20.73 ± 0.506	1.11 ± 0.498	9.83 ± 4.47	S
5	Foومان1	21.77 ± 0.719	1.11 ± 0.499	12 ± 5.58	S
6	Bojnourd10	23.82 ± 1.002	1.09 ± 0.490	11.33 ± 5.08	S
7	Mashhad4	22.23 ± 1.025	1.08 ± 0.487	9.67 ± 39	S
8	Sabzvar18	22.48 ± 0.595	1.06 ± 0.478	10 ± 4.59	S
9	Gorgan3	21.92 ± 0.777	1.05 ± 0.473	11.5 ± 5.19	S
10	Kermanshah1	19.7 ± 0.872	1.04 ± 0.468	9.33 ± 4.30	S
11	Gazvin9	21.92 ± 0.700	1.03 ± 0.461	9.83 ± 4.41	MS
12	Esfahan20	23.87 ± 1.074	1.03 ± 0.459	10 ± 4.59	MS
13	Shah-Abad1	25.38 ± 0.645	0.98 ± 0.441	10.67 ± 4.84	MS
14	Bojnourd4	23.02 ± 0.740	0.92 ± 0.413	8.67 ± 3.93	MS
15	Ghoochan5	19.7 ± 0.672	0.89 ± 0.405	10.5 ± 4.91	MS
16	Gorgan2	23.25 ± 0.799	0.86 ± 0.392	8.33 ± 3.87	MS
17	Koohdasht	24.42 ± 0.877	0.85 ± 0.390	7.67 ± 3.45	MS
18	Kerman10	26.97 ± 0.849	0.84 ± 0.381	7 ± 3.14	MS
19	Kerend1	25.52 ± 0.801	0.84 ± 0.387	7 ± 3.21	MS
20	Sabzvar19	27.83 ± 0.719	0.84 ± 0.376	10 ± 4.93	MS
21	Shiroodi	26.42 ± 0.611	0.84 ± 0.380	7.5 ± 3.39	MS
22	Sanandaj5	18.45 ± 0.249	0.81 ± 0.375	7.33 ± 3.37	MS
23	Ghoochan2	26.05 ± 1.065	0.79 ± 0.370	9 ± 4.31	T
24	Kashmar4	26.13 ± 0.995	0.79 ± 0.366	8 ± 3.89	T
25	Zahedan4	25.25 ± 0.989	0.77 ± 0.349	15.5 ± 7.12	T
26	Birjand9	24.82 ± 1.018	0.75 ± 0.336	7.67 ± 3.84	T
27	Mashhad19	31.47 ± 1.04	0.75 ± 0.338	8.83 ± 4.25	T
28	Ardabil1	31.38 ± 1.482	0.74 ± 0.341	12.17 ± 5.74	T
29	Ghasre-Shirin4	22.32 ± 1.222	0.74 ± 0.340	7.33 ± 3.34	T
30	Shiraz3	24.52 ± 1.281	0.74 ± 0.337	7.33 ± 3.37	T
31	Shahrud3	22.9 ± 0.477	0.72 ± 0.327	5.0 ± 2.29	T
32	Hasht-Rood2	24.07 ± 0.891	0.72 ± 0.340	5.5 ± 2.55	T
33	Morvarid	32.52 ± 0.916	0.72 ± 0.336	7.67 ± 3.59	T
34	Dehdasht	29.37 ± 1.076	0.72 ± 0.325	6.17 ± 2.78	T
35	Hamedan1	26 ± 0.827	0.69 ± 0.316	7.83 ± 3.60	T
36	Sabzvar14	23.5 ± 0.711	0.69 ± 0.311	6.83 ± 3.14	T
37	Bojnourd5	27.48 ± 0.681	0.68 ± 0.319	7.0 ± 3.27	T
38	Sanandaj4	21.92 ± 0.566	0.67 ± 0.304	6.83 ± 3.11	T
39	Sanandaj6	23.97 ± 1.412	0.67 ± 0.302	7.0 ± 3.17	T
40	Torbat-Jam6	32.7 ± 1.217	0.67 ± 0.309	11.17 ± 5.11	T
41	Esfahan22	21.93 ± 0.756	0.66 ± 0.299	6.67 ± 3.08	T
42	Shiraz2	19.78 ± 0.257	0.66 ± 0.306	7.0 ± 3.35	T
43	Kerman8	21.43 ± 0.483	0.65 ± 0.297	6.67 ± 3.03	T

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continue

NO	Origin/City	SWW	SDW	RWW	RDW
44	Hamedan6	1.29 ± 0.052	0.294 ± 0.010	0.464 ± 0.014	0.036 ± 0.0009
45	Arak3	1.13 ± 0.093	0.259 ± 0.016	0.316 ± 0.011	0.032 ± 0.0012
46	Gazvin10	1.19 ± 0.104	0.289 ± 0.019	0.407 ± 0.037	0.039 ± 0.0044
47	Arta	0.77 ± 0.057	0.241 ± 0.029	0.167 ± 0.005	0.019 ± 0.0007
48	Mashhad2	1.28 ± 0.042	0.324 ± 0.039	0.449 ± 0.012	0.049 ± 0.0018
49	Shah-Abad3	0.92 ± 0.047	0.231 ± 0.024	0.337 ± 0.016	0.026 ± 0.0014
50	Neishabour2	1.02 ± 0.113	0.253 ± 0.022	0.346 ± 0.017	0.032 ± 0.0025
51	Alvand	0.86 ± 0.084	0.248 ± 0.029	0.185 ± 0.016	0.022 ± 0.0018
52	Pishgam	2.48 ± 0.093	0.504 ± 0.019	0.483 ± 0.009	0.055 ± 0.0006
53	Zagros	1.78 ± 0.063	0.282 ± 0.051	0.355 ± 0.017	0.042 ± 0.0018
54	Gazvin1	1.59 ± 0.047	0.388 ± 0.007	0.395 ± 0.009	0.047 ± 0.0036
55	Arak2	1.15 ± 0.043	0.274 ± 0.017	0.364 ± 0.023	0.036 ± 0.00294
56	Mihan	2.84 ± 0.082	0.521 ± 0.069	0.585 ± 0.017	0.065 ± 0.0033
57	Ghoochan12	1.95 ± 0.046	0.419 ± 0.008	0.779 ± 0.017	0.074 ± 0.0024
58	Najaf-Abad2	1.11 ± 0.036	0.268 ± 0.014	0.385 ± 0.018	0.039 ± 0.0016
59	Kashmar3	1.51 ± 0.082	0.321 ± 0.015	0.548 ± 0.04	0.057 ± 0.0041
60	Sirvan	1.35 ± 0.084	0.311 ± 0.015	0.309 ± 0.020	0.032 ± 0.0021
61	Darya	0.94 ± 0.041	0.255 ± 0.022	0.207 ± 0.005	0.025 ± 0.0006
62	Tabas3	1.09 ± 0.068	0.254 ± 0.019	0.363 ± 0.021	0.042 ± 0.0020
63	Torbat-Jam8	1.11 ± 0.041	0.276 ± 0.16	0.406 ± 0.022	0.048 ± 0.0027
64	Urmia2	1.05 ± 0.096	0.347 ± 0.029	0.368 ± 0.038	0.043 ± 0.0034
65	Zahedan2	0.86 ± 0.018	0.227 ± 0.024	0.283 ± 0.007	0.036 ± 0.0008
66	Tajan	0.95 ± 0.041	0.259 ± 0.02	0.215 ± 0.005	0.026 ± 0.001
67	Sabzvar13	1.56 ± 0.079	0.332 ± 0.016	0.769 ± 0.036	0.080 ± 0.0034
68	Yazd8	2.06 ± 0.244	0.359 ± 0.049	0.688 ± 0.072	0.057 ± 0.0061
69	Shiraz7	1.33 ± 0.095	0.301 ± 0.012	0.435 ± 0.031	0.047 ± 0.0031
70	Ardakan3	1.07 ± 0.075	0.252 ± 0.022	0.275 ± 0.018	0.033 ± 0.0028
71	Mogan3	1.53 ± 0.083	0.317 ± 0.014	0.329 ± 0.014	0.038 ± 0.0019
72	Sabzvar6	0.91 ± 0.047	0.243 ± 0.019	0.304 ± 0.015	0.031 ± 0.0016
73	Ghoochan6	1.37 ± 0.087	0.293 ± 0.015	0.476 ± 0.036	0.044 ± 0.0029
74	Esfahan24	1.41 ± 0.041	0.326 ± 0.009	0.437 ± 0.006	0.046 ± 0.0008
75	Bojnourd3	0.99 ± 0.049	0.243 ± 0.019	0.321 ± 0.008	0.037 ± 0.0012
76	Saghez3	1.64 ± 0.171	0.361 ± 0.029	0.563 ± 0.039	0.051 ± 0.0036
77	Shahrud1	1.76 ± 0.078	0.389 ± 0.015	0.584 ± 0.025	0.068 ± 0.0033
78	Yazd5	1.39 ± 0.085	0.319 ± 0.018	0.535 ± 0.034	0.048 ± 0.0035
79	Karim	0.81 ± 0.051	0.232 ± 0.031	0.188 ± 0.013	0.022 ± 0.0017
80	Gazvin2	0.88 ± 0.058	0.229 ± 0.025	0.367 ± 0.013	0.033 ± 0.0013
81	Mashhad7	1.46 ± 0.093	0.319 ± 0.015	0.541 ± 0.054	0.057 ± 0.0065
82	Mashhad6	0.95 ± 0.071	0.246 ± 0.023	0.299 ± 0.029	0.035 ± 0.0049
83	Borujerd2	1.61 ± 0.089	0.329 ± 0.013	0.594 ± 0.031	0.067 ± 0.0038
84	Malayer4	1.52 ± 0.159	0.306 ± 0.032	0.378 ± 0.037	0.034 ± 0.0016
85	Sabzvar7	0.94 ± 0.067	0.242 ± 0.028	0.304 ± 0.018	0.034 ± 0.0019
86	Shiraz8	1.23 ± 0.103	0.269 ± 0.018	0.407 ± 0.028	0.041 ± 0.0029
87	Sabzvar9	1.02 ± 0.056	0.249 ± 0.019	0.338 ± 0.016	0.043 ± 0.0022

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continue

NO	Origin/City	PH	RF	NN/RW	Response
44	Hamedan6	23.88 ± 0.368	0.65 ± 0.290	6.83 ± 3.12	T
45	Arak3	28.68 ± 0.943	0.63 ± 0.286	8 ± 3.92	T
46	Gazvin10	23.33 ± 0.357	0.61 ± 0.276	8.5 ± 3.91	T
47	Arta	35.42 ± 1.350	0.6 ± 0.269	6.17 ± 2.83	T
48	Mashhad2	29.37 ± 0.816	0.59 ± 0.267	6 ± 2.84	T
49	Shah-Abad3	22.3 ± 0.781	0.58 ± 0.264	5.33 ± 2.42	T
50	Neishabour2	27.7 ± 0.589	0.58 ± 0.267	5.5 ± 2.51	T
51	Alvand	21.92 ± 0.569	0.58 ± 0.260	6.5 ± 2.95	T
52	Pishgam	41.37 ± 1.480	0.58 ± 0.259	6.33 ± 2.94	T
53	Zagros	29.87 ± 1.737	0.57 ± 0.257	6.33 ± 2.86	MR
54	Gazvin1	27.07 ± 0.736	0.57 ± 0.259	7.17 ± 3.25	MR
55	Arak2	26.68 ± 0.957	0.57 ± 0.257	6.33 ± 2.89	MR
56	Mihan	38.08 ± 1.690	0.56 ± 0.251	6.17 ± 2.82	MR
57	Ghoochan12	33.13 ± 0.948	0.55 ± 0.248	5.5 ± 2.47	MR
58	Najaf-Abad2	29.02 ± 1.502	0.55 ± 0.248	5.83 ± 2.76	MR
59	Kashmar3	25.23 ± 1.055	0.55 ± 0.247	6.17 ± 2.87	MR
60	Sirvan	25.92 ± 0.569	0.54 ± 0.247	5.5 ± 2.55	MR
61	Darya	26.73 ± 0.994	0.54 ± 0.248	5.5 ± 2.58	MR
62	Tabas3	23 ± 0.764	0.52 ± 0.234	6.17 ± 2.90	MR
63	Torbat-Jam8	28.93 ± 1.307	0.5 ± 0.224	4.83 ± 2.26	MR
64	Urmia2	27.78 ± 1.274	0.49 ± 0.222	4.67 ± 2.23	MR
65	Zahedan2	24.72 ± 0.887	0.49 ± 0.219	5.33 ± 2.51	MR
66	Tajan	22.75 ± 0.946	0.49 ± 0.218	4.83 ± 2.19	MR
67	Sabzvar13	35.92 ± 1.184	0.47 ± 0.213	4.83 ± 2.19	MR
68	Yazd8	32 ± 1.419	0.47 ± 0.212	5.17 ± 2.37	MR
69	Shiraz7	32.93 ± 0.649	0.47 ± 0.211	3.5 ± 1.71	MR
70	Ardakan3	22.68 ± 0.767	0.47 ± 0.214	3.5 ± 1.80	MR
71	Mogan3	34.63 ± 1.198	0.47 ± 0.213	5.17 ± 2.44	MR
72	Sabzvar6	25.42 ± 0.558	0.46 ± 0.211	5.33 ± 2.62	MR
73	Ghoochan6	33.03 ± 0.753	0.46 ± 0.206	6.33 ± 3.34	MR
74	Esfahan24	25.57 ± 0.625	0.45 ± 0.202	4.5 ± 2.22	MR
75	Bojnourd3	24.77 ± 0.596	0.45 ± 0.201	5 ± 2.42	MR
76	Saghez3	31.57 ± 1.414	0.44 ± 0.199	4.33 ± 2.14	MR
77	Shahrud1	32.7 ± 1.555	0.44 ± 0.206	6.67 ± 3.17	MR
78	Yazd5	29.5 ± 1.751	0.44 ± 0.197	5.33 ± 2.47	MR
79	Karim	34.18 ± 1.513	0.43 ± 0.194	5.33 ± 2.40	MR
80	Gazvin2	21.72 ± 0.659	0.43 ± 0.195	4.33 ± 2.14	MR
81	Mashhad7	27.33 ± 1.016	0.43 ± 0.192	5 ± 2.34	MR
82	Mashhad6	25.92 ± 1.010	0.42 ± 0.193	5 ± 2.50	MR
83	Borujerd2	20.5 ± 0.734	0.42 ± 0.188	5.67 ± 2.65	MR
84	Malayer4	27.48 ± 1.542	0.41 ± 0.186	5.67 ± 2.72	MR
85	Sabzvar7	21.88 ± 0.707	0.41 ± 0.188	3.5 ± 1.65	MR
86	Shiraz8	28.53 ± 0.927	0.41 ± 0.188	4.67 ± 2.33	MR
87	Sabzvar9	27.4 ± 0.957	0.39 ± 0.179	4.33 ± 1.94	MR

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continue

NO	Origin/City	SWW	SDW	RWW	RDW
88	ShahreKord7	1.14 ± 0.051	0.373 ± 0.008	0.372 ± 0.016	0.042 ± 0.0028
89	Toyserkan2	1.39 ± 0.077	0.291 ± 0.012	0.525 ± 0.024	0.062 ± 0.0053
90	Saveh1	0.68 ± 0.026	0.207 ± 0.030	0.234 ± 0.011	0.024 ± 0.0010
91	DarehGaz2	1.16 ± 0.059	0.268 ± 0.016	0.469 ± 0.034	0.052 ± 0.0051
92	GilaneGharb5	0.93 ± 0.038	0.236 ± 0.022	0.369 ± 0.015	0.037 ± 0.0028
93	Mahidasht2	2.24 ± 0.079	0.467 ± .025	0.745 ± 0.025	0.058 ± 0.0016
94	Gazvin6	2.03 ± 0.094	0.411 ± 0.017	0.665 ± 0.037	0.06 ± 0.0014
95	Varamin2	0.76 ± 0.055	0.213 ± 0.030	0.229 ± 0.015	0.023 ± 0.0015
96	Sabzvar15	2.22 ± 0.063	0.449 ± 0.035	0.705 ± 0.012	0.059 ± 0.0011
97	Sanandaj1	1.22 ± 0.158	0.279 ± 0.029	0.421 ± 0.038	0.043 ± 0.0035
98	Sabzvar4	2.08 ± 0.079	0.402 ± 0.037	0.641 ± 0.024	0.058 ± 0.0015
99	Gaspard	1.16 ± 0.052	0.244 ± 0.033	0.253 ± 0.012	0.031 ± 0.0016
100	ShahreKord8	1.86 ± 0.086	0.406 ± 0.019	0.722 ± 0.029	0.08 ± 0.0029
101	Tabas2	1.81 ± 0.156	0.359 ± 0.026	0.511 ± 0.034	0.054 ± 0.0039
102	Gorgan1	1.39 ± 0.084	0.321 ± 0.019	0.558 ± 0.034	0.062 ± 0.0028
103	Gonbad	1.11 ± 0.063	0.269 ± 0.015	0.265 ± 0.017	0.032 ± 0.0021
104	Pishtaz	1.97 ± 0.119	0.384 ± 0.019	0.453 ± 0.041	0.047 ± 0.0039
105	Ghoochan8	1.99 ± 0.082	0.419 ± 0.021	0.132 ± 0.005	0.014 ± 0.0007
106	Ghoochan9	1.59 ± 0.178	0.346 ± 0.042	0.620 ± 0.074	0.072 ± 0.0091
107	Mahabad1	1.83 ± 0.123	0.375 ± 0.024	0.645 ± 0.051	0.056 ± 0.0039
108	Mahabad2	1.89 ± 0.210	0.368 ± 0.039	0.599 ± 0.079	0.055 ± 0.0071
109	<i>Ae. cylindrica</i>	0.67 ± 0.033	0.225 ± 0.035	0.148 ± 0.006	0.017 ± 0.00054
110	ShahreKord4	1.41 ± 0.098	0.303 ± 0.015	0.419 ± 0.034	0.051 ± 0.0009
111	Esfahan15	2.19 ± 0.069	0.468 ± 0.021	0.739 ± 0.023	0.073 ± 0.0043
112	Ghoochan7	1.83 ± 0.196	0.356 ± 0.036	0.604 ± 0.062	0.065 ± 0.0056
113	DarehGaz3	2.05 ± 0.073	0.429 ± 0.016	0.527 ± 0.017	0.056 ± 0.0019
114	Gascogen	2.71 ± 0.176	0.564 ± 0.026	0.556 ± 0.03	0.063 ± 0.0041
115	Sysoz	2.17 ± 0.172	0.409 ± 0.039	0.444 ± 0.031	0.049 ± 0.0035
116	Sarakhs1	1.37 ± 0.154	0.278 ± 0.038	0.453 ± 0.057	0.039 ± 0.0042
117	MV17	2.05 ± 0.088	0.324 ± 0.009	0.423 ± 0.016	0.049 ± 0.0021
118	<i>Ae. tauschii</i>	0.67 ± 0.016	0.226 ± 0.034	0.155 ± 0.002	0.018 ± 0.00043
119	Kerman9	1.68 ± 0.091	0.331 ± 0.012	0.563 ± 0.031	0.051 ± 0.0029
120	Kerman11	1.82 ± 0.091	0.388 ± 0.018	0.640 ± 0.027	0.069 ± 0.0055
121	Malayer3	2.37 ± 0.086	0.487 ± 0.027	0.884 ± 0.015	0.095 ± 0.0029
122	Hamedan5	2.07 ± 0.086	0.429 ± 0.016	0.634 ± 0.025	0.065 ± 0.0038

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continue

NO	Origin/City	PH	RF	NN/RW	Response
88	ShahreKord7	27.62 ± 0.388	0.39 ± 0.181	3.67 ± 1.68	MR
89	Toyserkan2	23.15 ± 1.126	0.38 ± 0.179	3.83 ± 1.94	MR
90	Saveh1	21.65 ± 0.587	0.38 ± 0.179	5 ± 2.46	MR
91	DarehGaz2	28.68 ± 0.698	0.38 ± 0.173	5.17 ± 2.48	MR
92	GilaneGharb5	23.5 ± 0.719	0.38 ± 0.172	3.33 ± 1.52	MR
93	Mahidasht2	40.63 ± 2.17	0.38 ± 0.176	3.33 ± 1.67	MR
94	Gazvin6	30.7 ± 0.804	0.37 ± 0.170	4.67 ± 2.56	MR
95	Varamin2	30.65 ± 1.817	0.37 ± 0.172	3.5 ± 1.65	MR
96	Sabzvar15	38.73 ± 2.018	0.37 ± 0.171	4 ± 2.14	MR
97	Sanandaj1	25.92 ± 1.453	0.36 ± 0.168	6.17 ± 3.21	MR
98	Sabzvar4	26.98 ± 1.261	0.36 ± 0.170	5 ± 2.37	MR
99	Gaspard	36.5 ± 0.729	0.36 ± 0.166	3.67 ± 1.73	MR
100	ShahreKord8	26.33 ± 0.891	0.36 ± 0.167	4.167 ± 2.13	MR
101	Tabas2	29.2 ± 0.713	0.35 ± 0.160	4.83 ± 2.48	MR
102	Gorgan1	28.53 ± 1.035	0.35 ± 0.157	3.83 ± 1.76	R
103	Gonbad	26.57 ± 1.330	0.34 ± 0.152	2.83 ± 1.30	R
104	Pishtaz	28.08 ± 0.907	0.33 ± 0.148	2.83 ± 1.49	R
105	Ghoochan8	38.02 ± 1.200	0.32 ± 0.147	5.17 ± 2.53	R
106	Ghoochan9	27.93 ± 1.703	0.31 ± 0.141	3 ± 1.44	R
107	Mahabad1	32.98 ± 0.485	0.29 ± 0.136	4 ± 2.11	R
108	Mahabad2	32.15 ± 0.1	0.29 ± 0.131	4 ± 1.95	R
109	<i>Ae. cylindrica</i>	15.83 ± 0.667	0.28 ± 0.131	2.67 ± 1.36	R
110	ShahreKord4	26.33 ± 0.628	0.28 ± 0.128	6 ± 3	R
111	Esfahan15	34.98 ± 1.35	0.28 ± 0.127	2.5 ± 1.31	R
112	Ghoochan7	27.1 ± 0.870	0.28 ± 0.127	4 ± 2.07	R
113	DarehGaz3	32.58 ± 1.925	0.27 ± 0.123	2.33 ± 1.11	R
114	Gascogen	42.27 ± 1.071	0.27 ± 0.123	2.33 ± 1.17	R
115	Syonz	32 ± 0.749	0.25 ± 0.128	2.83 ± 1.37	R
116	Sarakhs1	26.67 ± 1.152	0.25 ± 0.112	2.67 ± 1.25	R
117	MV17	38.55 ± 0.865	0.23 ± 0.110	2.33 ± 1.31	R
118	<i>Ae. tauschii</i>	15.33 ± 0.587	0.23 ± 0.108	2 ± 1	R
119	Kerman9	24.47 ± 0.673	0.22 ± 0.102	3.17 ± 1.64	R
120	Kerman11	34 ± 0.856	0.19 ± 0.089	2 ± 0.93	R
121	Malayer3	41.58 ± 0.897	0.16 ± 0.076	2.17 ± 1.14	R
122	Hamedan5	29.13 ± 1.159	0.13 ± 0.061	2 ± 1	R

Abbreviations: SWW: shoot wet weight; SDW: shoot dry weight; RWW: root wet weight; RDW: root dry weight; PH: plant height; NN/RW: nematode No/root weight

(جدول ۳)

در رابطه با شاخص ارتفاع بوته، رقم گاسکوژن، Malayer3، رقم پیشگام، Mahidasht2 و Sabzvar15 به ترتیب بیشترین و ژنوتیپ‌های *Ae. cylindrica*، *Ae. tauschii*، Sanandaj5، Kermanshah1 و Birjand3 کمترین ارتفاع را نشان دادند (جدول ۳).

با توجه به رابطه معکوس بین میزان شاخص‌های رشدی و فاکتور تولیدمثل ژنوتیپ‌ها، میزان فاکتور تولیدمثل بالای نماتد روی یک ژنوتیپ سبب شاخص‌های رشدی پایین آن ژنوتیپ خواهد شد. این پارامتر می‌تواند به عنوان شاخص حساسیت آن

بیشترین مقدار وزن تر ریشه متعلق به ژنوتیپ‌های Mahidasht2، Sabzvar13، Ghoochan12، Malayer3 و Esfahan15 و کمترین مقدار این شاخص متعلق به ژنوتیپ‌های Kermanshah1، *Ae. tauschii*، *Ae. cylindrica*، Ghoochan8 و رقم آرتا بود در مقابل، بیشترین میزان شاخص وزن خشک ریشه متعلق به ژنوتیپ‌های Malayer3، Sabzvar13، ShahreKord8، Mashhad19 و Esfahan15 و کمترین مقدار این شاخص متعلق به ژنوتیپ‌های Ghoochan8، Kermanshah1، *Ae. tauschii*، *Ae. cylindrica* و رقم آرتا بود

(نیمه حساس) و گروه پنجم ۱/۲۶ - ۱/۰۳ (حساس) (جدول ۵). براساس این گروه‌بندی، ۱۰ ژنوتیپ (۸/۲ درصد) به عنوان حساس، ۱۲ ژنوتیپ (۹/۸۳ درصد) به عنوان نیمه حساس، ۳۰ ژنوتیپ (۲۴/۵۹ درصد) به عنوان متحمل، ۴۹ ژنوتیپ (۴۰/۱۶ درصد) به عنوان نیمه مقاوم و ۲۱ ژنوتیپ (۱۷/۲۱ درصد) به عنوان مقاوم شناسایی شدند (جدول ۳).

از بین توده‌های بومی مورد بررسی، ۱۰ ژنوتیپ حساس، ۱۰ ژنوتیپ نیمه حساس، ۲۵ ژنوتیپ متحمل، ۴۱ ژنوتیپ نیمه مقاوم و ۱۴ ژنوتیپ مقاوم شناسایی گردید. همچنین از بین ارقام مورد مطالعه، رقم شیروودی و کوهدشت به عنوان حساس، ارقام مروارید، دهدشت، آرتا، الوند و پیشگام به عنوان متحمل در مقابل نماتد مولد زخم شناسایی شدند. در گروه نیمه مقاوم ارقام زاگرس، میهن، سیروان، دریا، تجن، مغان، ۳، کریم و گاسپارد و در گروه مقاوم نیز ارقام گنبد، پیشتاز، گاسکوژن، سایسونز و MV17 قرار گرفتند.

در تحقیقی مشابه (Ahmadi & Jahanshahi Afshar, 2018) از بین ۸۴ لاین و رقم تجاری به همراه چهار لاین شاهد نسبتاً مقاوم و حساس نسبت به دو گونه نماتد زخم ریشه *P. thornei* و *P. neglectus* ۴۲ لاین و رقم تجاری گندم را براساس فاکتور تولیدمثل نسبت به *P. thornei* تقسیم‌بندی کردند. لاین‌های S-78-11، S-85-20 و رقم دنا دارای کمترین (RF=0) و رقم چمران (RF = 2.16) دارای بیشترین مقدار فاکتور تولیدمثل بودند. از بین رقم‌های مورد بررسی در مطالعه ایشان، رقم‌های بم، اکبری، کویر، بهرنگ، استار، دنا، کرخه و برخی لاین‌ها از جمله S-84-14، در گروه مقاوم و رقم‌های چمران، ویریناک، یاواروس و سیستان در گروه نسبتاً حساس نسبت به گونه *P. thornei* قرار گرفتند. در مورد *P. neglectus* نیز آزمایش ایشان نشان داد که رقم‌های کویر، سیستان، چمران، یاواروس، کرخه، بهرنگ، دنا، استار و لاین‌هایی مثل S-80-18 در گروه مقاوم و رقم‌های ویریناک، اکبری، بم و لاین-های S-84-5 و S-78-11 در گروه نسبتاً حساس قرار گرفتند.

نتایج تجزیه واریانس درصد کاهش صفات فنوتیپی در اثر تلقیح با نماتد نشان می‌دهد که به جز فاکتور ارتفاع بوته، تلقیح با نماتد منجر به کاهش معنی‌دار آماری در صفات رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه شده است (جدول ۴). مقادیر بیشترین و کمترین درصد کاهش صفات فنوتیپی در اثر آلودگی با نماتد مولد زخم در جدول ۵ نشان داده شده است.

ژنوتیپ در مقابل نماتد مورد استفاده قرار گیرد. در این راستا، ژنوتیپ‌هایی Esfahan23، Birjand3، Semirom1، Kermanshah1 دارای فاکتور تولیدمثل بالا و میزان شاخص-های رشدی پایین و ژنوتیپ‌های Malayer3، Kerman11 و Esfahan15 دارای RF پایین و شاخص‌های رشدی بالایی بودند.

برای دو شاخص مربوط به تولیدمثل نماتد و تعداد نماتد به ازای وزن ریشه، نتایج نشان داد، Esfahan23، Birjand3، Shahrud2، Semirom1 و Fooman1 به ترتیب بیشترین مقدار فاکتور تولیدمثل نماتد و ژنوتیپ‌های Hamedan5، Malayer3، Kerman11، Kerman9 و *Ae. tauschii* کمترین مقدار این فاکتور داشتند. از نظر تعداد نماتد به ازای وزن ریشه نیز، ژنوتیپ‌های Zahedan4، Birjand3، Esfahan23، Ardabil1 و Shahrud2 به ترتیب بیشترین و ژنوتیپ‌های Hamedan5، Kerman11، Malayer3 و DarehGaz3 کمترین مقادیر را دارا بودند که با نتایج فاکتور تولیدمثل هم‌خوانی زیادی دارد. میزان این شاخص (تعداد نماتد به ازای وزن ریشه) از ۲/۳۳ تا ۱۵/۵ متغیر بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که در بین ارقام مورد مطالعه، به ترتیب رقم‌های کوهدشت، مروارید، شیروودی، الوند و پیشگام بیشترین و در مقابل MV17، گاسکوژن و سایسونز کمترین تعداد نماتد به ازای وزن ریشه را داشتند که با نتایج فاکتور تولیدمثل مطابقت دارد. در کل مقدار این شاخص از ۱/۵۵ تا ۲/۰ در بین ارقام زراعی متغیر بود (جدول ۳).

از آنجایی که تعداد نماتد در واحد وزن ریشه با فاکتور تولیدمثل رابطه مستقیم دارد، در نتیجه در ژنوتیپ‌هایی که دارای مقاومت بالقوه در برابر نماتد هستند، فاکتور تولیدمثل و تعداد نماتد به ازای واحد وزن ریشه کمتر خواهد بود و با توجه به این مطلب که فاکتور تولیدمثل یکی از شاخص‌های مهم در ارزیابی مقاومت گیاهان در برابر نماتدهای انگل گیاهی بوده، و سطوح مقاومت به نماتدهای مولد زخم با فاکتور تولیدمثل در ارتباط است (Di Vito & Greco 1988; Singh et al. 1989) پس می‌توان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه را براساس این فاکتور گروه‌بندی نمود، میزان این فاکتور از ۰/۱۳ در ژنوتیپ Hamedan5s تا ۱/۲۶ در ژنوتیپ Esfahan23s متغیر بود. ژنوتیپ‌ها به ۵ گروه تقسیم بندی شدند. گروه اول: RF کمتر از ۰/۳۶ (مقاوم)، گروه دوم: ۰/۵۸ - ۰/۳۶ (نیمه مقاوم)، گروه سوم: ۰/۸۱ - ۰/۵۸ (متحمل)، گروه چهارم: ۱/۰۳ - ۰/۸۱

جدول ۴. تجزیه واریانس درصد کاهش صفات فنوتیپی ۱۲۲ ژنوتیپ بعد از تلقیح با نماتد مولد زخم.

Table 4. ANOVA analysis of phenotypic characters percentage decrease for 122 genotypes after inoculation by root-lesion nematode.

Source	df	SWW	SDW	RWW	RDW	PH
Genotype	121	253.282***	830.185***	329.036***	410.678***	76.980 ^{ns}
Error	244	152.225	287.897	148.726	150.947	66.798

*: p value= 0.05 and Abbreviations: SWW: shoot wet weighth; SDW: shoot dry weighth; RWW: root wet weighth; RDW: root dry weighth; PH: plant height; NN/RW: nematode No/root weighth

میانگین مربعات (Least squared mean) جمعیت نماتد *P. neglectus* را کاهش دادند، در حالیکه ۲۹ توده بومی حداقل میانگین مربعات جمعیت نماتد *P. thornei* را در مقایسه با ژنوتیپ حساس Louise کاهش دادند و به عنوان مقاوم شناخته شدند. هفت عدد از این توده‌ها، به طور معنی‌داری حداقل میانگین مربعات جمعیت هر دو گونه را کاهش دادند و به عنوان مقاوم فرضی تلقی شدند. سه ژنوتیپ (IWA8607575, IWA8608010, IWA8607547) با بیشترین مقاومت به *P. neglectus* و سه ژنوتیپ (IWA8608830, IWA8608846 و IWA8609064 به *P. thornei* بودند. فقط یک ژنوتیپ IWA8607766 دارای حداقل میانگین مربعات افزایش یافته به هر دو گونه بود و به عنوان ژنوتیپ حساس فرضی تلقی شد.

با توجه به اینکه نماتدهای مولد زخم با ورود به سامانه ریشه گیاهان میزبان، ایجاد نقب در ریشه و به دنبال آن، ایجاد زخم می‌شوند، همچنین از مواد غذایی جذب شده توسط گیاه استفاده می‌کنند، آلودگی گیاهان باعث بروز ضعف و کاهش رشد، کوتولگی و کاهش عملکرد گیاه میزبان خواهد شد (Taylor et al. 2000; Vanstone & Russ, 1999). از این رو می‌توان با استفاده از اندازه‌گیری شاخص‌های رشدی گیاهان میزبان، آن‌ها را به انواع مقاوم، نیمه مقاوم، متحمل، نیمه حساس و حساس گروه بندی نمود.

در بررسی ۷۸ توده بومی گندم جمع آوری شده از ۱۲ استان کشور (Thompson et al. 2016) از نظر مقاومت به دو گونه نماتد مولد زخم (*P. neglectus* و *P. thornei*) در شرایط گلخانه، در کل دوره آزمایش نه عدد از توده‌های بومی حداقل

جدول ۵. بیشترین و کمترین درصد کاهش صفات فنوتیپی بعد از آلوده‌سازی با نماتد مولد زخم در بین ۱۲۲ ژنوتیپ.

Table 5. The maximum and minimum decrease percentage of phenotypic characters after inoculation by root-lesion nematode among 122 genotypes.

	SWW	SDW	RWW	RDW	PH					
Max	Semirom1	52.40	Kermanshah1	54.19	Esfahan22	44.37	Mashhad6	47.49	Varamin2	22.82
	Esfahan22	51.76	<i>Ae. cylindrica</i>	51.10	Mahabad2	43.47	Esfahan22	46.23	Zagros	20.53
	Sanandaj1	43.75	GhasreShirin4s	51.00	Sarakhs1	40.60	Mahabad2	43.06	Yazd5	20.48
	Sanandaj6	40.10	<i>Ae. tauschii</i>	50.44	Mashhad4	39.02	Mashhad4	38.98	Sanandaj6	20.41
	Yazd8	38.45	Shiraz2	48.78	HashtRood2	38.99	Gazvin10	39.00	Sanandaj1	20.23
Min	Bojnourd5	7.40	Kerman9	-7.57	Sabzvar15	-0.27	ShahreKord8	-1.12	Shiraz2	1.48
	Zahedan2	7.03	Sysoz	-8.82	ShahreKord7	-1.5	ShahreKord7	-1.19	Kerend1	0.93
	Koohdasht	6.12	Pishgam	-10.05	Esfahan24	-2.20	ShahreKord4	-2.67	ShahreKord7	0.73
	HashtRood2	6.09	Gascogen	-10.27	Pishgam	-3.01	Esfahan24	-3.69	Sirvan	0.45
	Sabzvar9	5.56	MV 17	-10.41	ShahreKord4	-4.66	Gazvin9	-5.31	ShahreKord4	-2.83

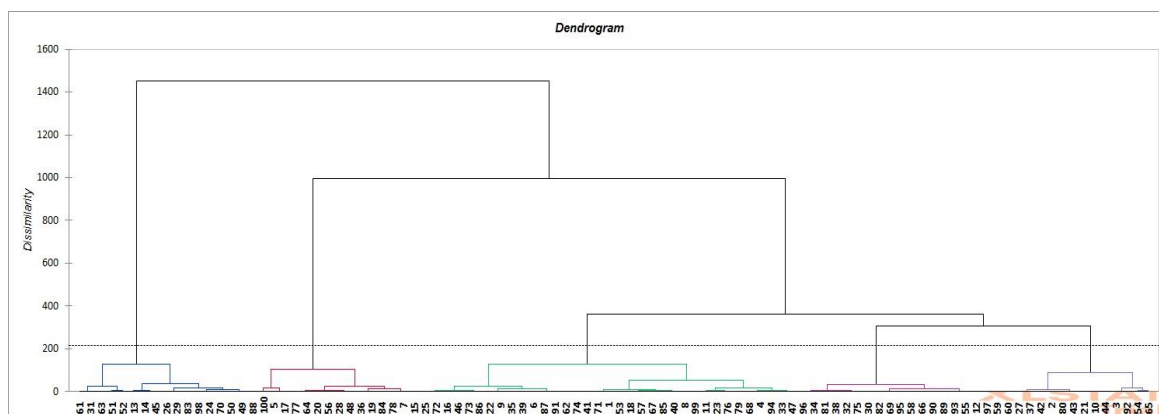
*: Abbreviations: SWW: shoot wet weighth; SDW: shoot dry weighth; RWW: root wet weighth; RDW: root dry weighth; PH: plant height; NN/RW: nematode No/root weighth

۱۹ درصد به عنوان نیمه مقاوم، ۳۰ درصد به عنوان نیمه حساس، ۲۸ درصد را به عنوان حساس و ۱۸ درصد را به عنوان خیلی حساس به این نماتد طبقه‌بندی نمودند. نتایج ایشان نشان داد که در این میان رقم الوند (نیمه مقاوم)، گنبد (حساس)، کریم (حساس)، کوهدشت (حساس)، میهن (حساس)، پیشگام (نیمه حساس)، پیشتاز (نیمه مقاوم)،

(Motamedi et al. 2018) در بررسی تنوع ژنتیکی ۴۳ رقم زراعی بهار و پاییزه گندم نان در واکنش به نماتد سیست گلات (*Heterodera filipjevi*) (Moatamedi et al. 2018) نشان دادند که در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه، اختلاف آماری معنی‌داری (در سطح احتمال یک درصد) بین ارقام وجود دارد. پنج درصد ارقام از جمله رقم بم و بهرنک را به عنوان مقاوم،

سیروان (نیمه حساس)، زاگرس (نیمه مقاوم) می‌باشند. کلاستر تقسیم می‌شوند (شکل ۱). این گروه بندی انجام شده، با گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس فاکتور تولیدمثل و تعداد نماتد به ازای وزن ریشه مطابقت دارد.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه براساس واکاوی AHC (Agglomerative Hierarchical Clustering) براساس واکاوی مذکور ۱۰۰ توده بومی مورد مطالعه به پنج

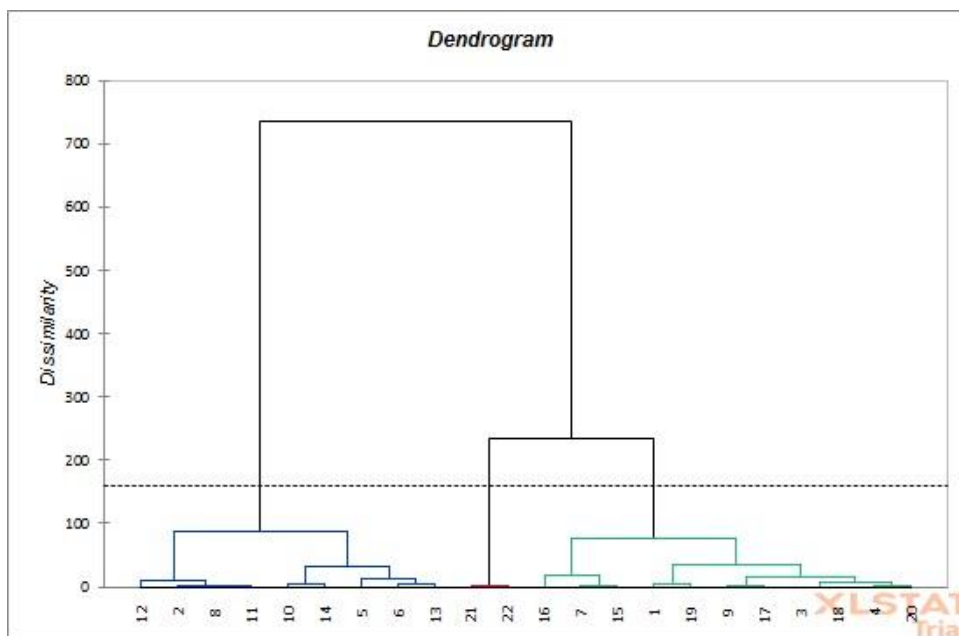


شکل ۱. دندروگرام توده‌های بومی با استفاده از داده‌های فنوتیپی براساس واکاوی AHC.

Figure 2. The dendrogram wheat landraces by phenotypic characters based on AHC analysis.

همچنین براساس واکاوی مذکور دو گونه آزیلوپس باهم اصلی تقسیم می‌شوند (شکل ۲) که این گروه بندی نیز با گروه‌بندی براساس RF مطابقت دارد.

یک گروه جداگانه را تشکیل داده و ارقام زراعی به دو گروه



شکل ۲. دندروگرام ارقام با استفاده از داده‌های فنوتیپی براساس واکاوی AHC.

Figure 2. The dendrogram of wheat cultivars by phenotypic characters based on AHC analysis.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم براساس تجزیه به بردارهای اصلی در تجزیه به مولفه‌های اصلی سه بردار اول در مجموع براساس داده‌های فنوتیپی ۹۹/۹۴ درصد از کل تغییرات فنوتیپی را تبیین کردند (جدول

تجزیه به بردارهای اصلی

بردار دوم را به خود اختصاص دادند. تجزیه به مولفه‌های اصلی دو گونه آژیلوپس را باهم گروه‌بندی کرد و این دو گونه کمترین مقادیر هر دو بردار را داشتند. همچنین اغلب ارقام زراعی گندم، مقادیر بالای بردار اول را داشتند (شکل ۳ و ۴).

۶. بردار اول ۸۲/۵۷، بردار دوم ۱۷/۰۷ و بردار سوم ۰/۲۹ درصد از کل تغییرات را شامل شدند. ژنوتیپ‌های آرتا، ملایر ۳ و الوند بیشترین مقادیر بردار اول را داشتند در حالیکه ژنوتیپ‌های زاهدان ۴، اردبیل ۱، بیرجند ۳ و اصفهان ۲۳ بالاترین مقادیر

جدول ۶. درصد واریانس تبیین شده توسط بردارهای اصلی بر اساس صفات فنوتیپی.

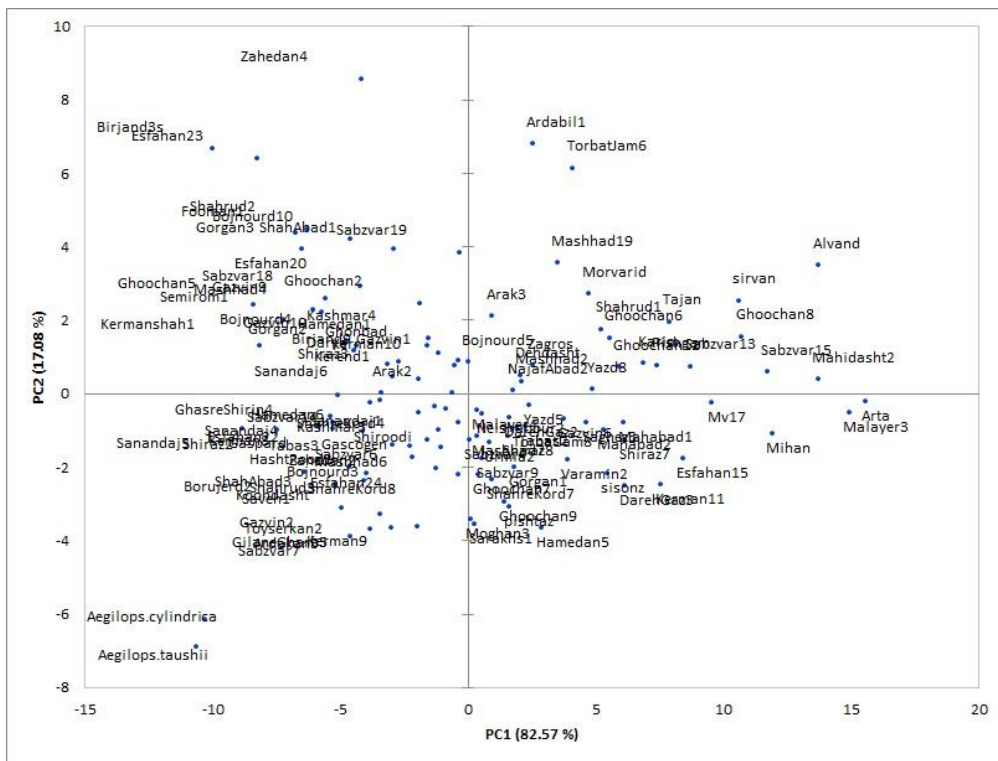
Table 6. The percentage of variance explained by the main vectors based on phenotypic traits.

	PC1	PC2	PC3
Explained variance %	82.57	17.08	0.29
Variances SUM	82.57	99.65	99.94

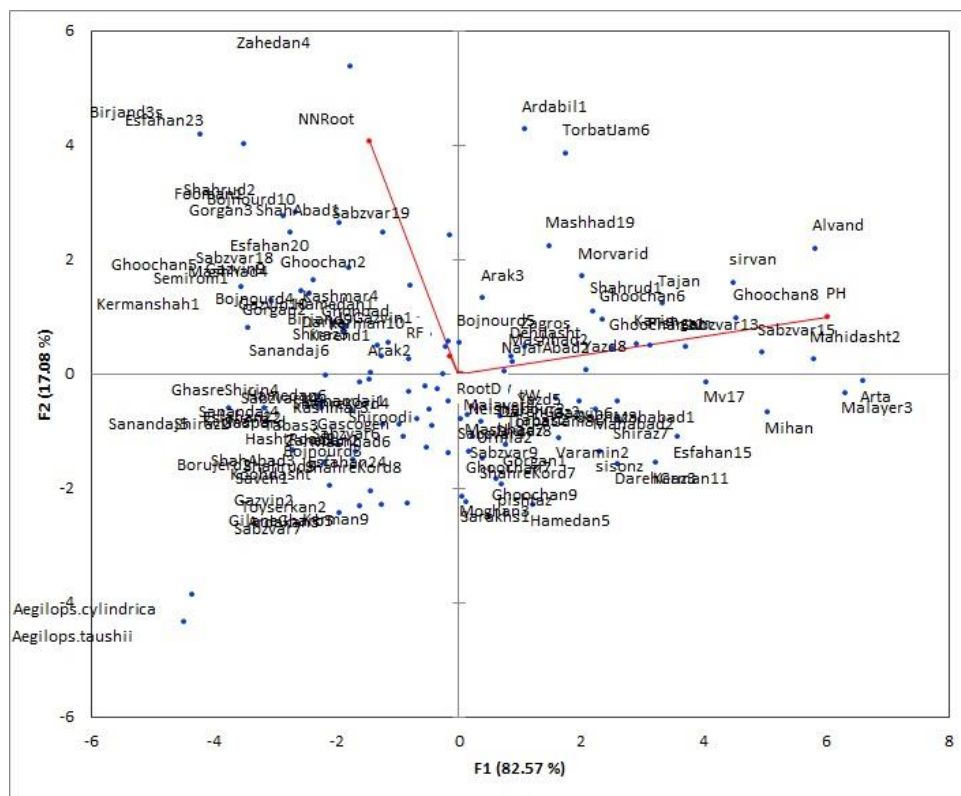
گردد.

ژنوتیپ‌های مختلف اعم از توده‌های بومی، ارقام رایج زراعی و گونه‌های آژیلوپس با توجه به منابع ژنی موجود خود، نسبت به آلودگی با نماتد واکنش‌های مختلف نشان می‌دهند. به طوری که می‌توان ژنوتیپ‌ها را براساس واکنش در برابر نماتد مولد زخم تقسیم بندی اولیه نمود.

آلودگی با نماتد منجر به تغییر (عموما کاهش) در شاخص‌های رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه گردید. در برخی ژنوتیپ‌ها کاهش شاخص‌های رشدی غیر معنی‌دار و در برخی معنی‌دار است. پس آلودگی با نماتد مولد زخم می‌تواند باعث تاثیر معنی‌داری در شاخص‌های رشدی و در نتیجه عملکرد ژنوتیپ‌های مورد مطالعه هم در شرایط گلخانه و هم در شرایط طبیعی



شکل ۳.



شکل ۴

شکل‌های ۳ و ۴. نمودار پراکنش ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با استفاده از داده‌های فنوتیپی براساس دو بردار اول حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی.

Figures 3, 4. Distribution diagram of the studied genotypes using phenotypic data based on the principal component analysis.

گندم هگزاپلوئید، (Thompson *et al.* 2008)، دریافتند که بعد از آلودگی نتاج آن‌ها با نماتد *P. thornei*، اغلب جمعیت پایین‌تری از نماتد نسبت به اجداد هگزاپلوئید مصنوعی آن‌ها مشاهده گردید. این موضوع نشان از وجود منابع ژنی مقاومت به نماتد مذکور در *Ae. tauschii* دارد.

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد ارتباط مستقیمی بین شاخص‌های مربوط به نماتد (RF) و تعداد نماتد به ازای وزن ریشه) و شاخص‌های رشدی گیاهان بعد از آلودگی با نماتد وجود دارد، به طوری که هر چقدر شاخص‌های نماتدی بیشتر بود، شاخص رشدی گیاهان کمتر شد، این موضوع نمایانگر تأثیر معنی‌دار نماتد بر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه است. با این حال، در برخی ژنوتیپ‌ها، تناقضی بین میزان فاکتور تولیدمثل و تعداد نماتد به ازای وزن ریشه با درصد کاهش شاخص‌های رشدی ژنوتیپ‌های مورد بررسی وجود داشت، یعنی هرچقدر مقدار دو فاکتور مربوط به نماتد بیشتر باشد، درصد کاهش شاخص‌های رشدی باید کمتر باشد، علت این تناقض می‌تواند مربوط به شرایط رشدی گیاهان در محیط گلخانه باشد، چرا که

همانطور که از داده‌های جدول ۳ استنباط می‌شود، ارقام زراعی عموماً بعد از آلودگی با نماتد مولد زخم دارای مقادیر بالای شاخص‌های رشدی و در مقابل مقادیر کم شاخص‌های تولیدمثل نماتد هستند، این موضوع شاید نشانگر این است که ارقام زراعی با توجه به اصلاح نژاد انجام شده روی آن‌ها ممکن است دارای مقاومت نسبت به نماتد باشند.

تجزیه به مولفه‌های اصلی، تجزیه خوشه‌ای نشان دادند که دو گونه آزیلوپس عکس عمل‌های متفاوتی از بقیه ژنوتیپ‌ها در مقابل نماتد داشتند. هر چند این دو گونه، شاخص‌های رشدی کمتری داشتند ولی شاخص‌های تولیدمثل نماتد و تعداد نماتد در واحد وزن ریشه در این دو گونه نسبتاً کمتر بود. این موضوع شاید نشانگر یک نوع مقاومت ذاتی اعضای این جنس نسبت به تنش‌های مختلف از جمله آلودگی با نماتد، باشد. اجداد وحشی گندم از جمله *Ae. tauschii* دارای منابع مهمی از مقاومت در برابر *P. thornei* هستند (Zwart *et al.* 2004, 2005). بعد از آمیزش لاین‌هایی از گندم دوروم مدرن تهیه شده از مرکز CIMMYT با *Ae. tauschii* به عنوان والد

تحت فشارهای شرایط زیست محیطی طبیعی و مزرعه‌ای تکامل یافته‌اند (Cox & Wood 1999). این توده‌های بومی به دست آمده از مراکز ژنی اولیه و ثانویه می‌توانند منابع غنی از ژن‌های مقاومت به مجموعه‌ای از بیماری‌گرها از جمله قارچ‌ها و نماتدها باشند (Leppik 1970). نماتدهای مولد زخم از جمله نماتدهای خسارت زای غلات هستند، بهترین راهکار مدیریتی این بیماری‌گرها استفاده از ارقام مقاوم از طریق مهندسی ژنتیک و انتقال ژن‌های مقاومت به ارقام زراعی است (Molinari 2011). ارزیابی توده‌های بومی گندم بیشتر از نظر سایر جنبه‌های عملکردی از جمله اندازه خوشه، تعداد دانه، وزن هزار دانه و غیره در مقابل این نماتد و یا سایر نماتدهای انگل گیاهی هم در شرایط گلخانه و هم شرایط مزرعه، با توجه به تاثیر چشمگیر شرایط محیطی از جمله شرایط خاک، عوامل آب و هوایی مثل رطوبت، درجه حرارت و اسیدیته بر شاخص‌های رشدی ژنوتیپ‌ها (Tardieu 2013) و نیز بر میزان نشوونمای نماتد (Griffiths et al 2003) اطلاعات مفیدی از پاسخ این ذخایر ژنتیکی در مقابل نماتدهای انگل گیاهی ارائه خواهد داد.

شرایط گلخانه با شرایط محیط طبیعی متفاوت بوده و گیاهان نمی‌توانند عملکرد طبیعی خود را نشان دهند (Forero et al. 2019).

از مجموع ۱۰۰ توده بومی مورد مطالعه تعداد کمی از آن‌ها (۲۰ توده بومی) در گروه حساس و نیمه حساس قرار گرفتند و بیشتر آن‌ها (۵۵ توده بومی)، در گروه نیمه مقاوم و مقاوم در برابر این نماتد قرار گرفتند، این موضوع بیانگر وجود تنوعی از ژن‌های مقاومت در ذخایر ژنتیکی بومی ایران در برابر این نماتد (Thompson et al. 2009) و سایر نماتدهای انگل گیاهی از جمله *P. thornei* (Sheedy & Thomson 2009) و نماتد سیست غلات (*H. filipjevi*) (Dababat et al. 2014) است. توده‌های بومی جمع آوری شده از مناطق مختلف کشور از نظر مقاومت و حساسیت در گروه‌های مختلف قرار گرفتند، این موضوع نشان می‌دهد از آنجایی که ایران یکی از مناطق منشأ گندم در دنیا است (Zohary et al. 1969) توده‌های بومی با منابع ژنتیکی متنوع در گستره جغرافیایی کشور پراکنده هستند که غنای ژنتیکی کشور ایران را نشان می‌دهد. توده‌های بومی گندم یک گروه متنوع ژنتیکی هستند که

References

- Ahmadi A, Jahanshahi Afshar F, 2018. Evaluation of Khuzestan wheat cultivars and lines against root lesion nematode, 16th National Congress of Agricultural Sciences and Plant Breeding of Iran, Ahvaz, <https://civilica.com/doc/1149084>
- Anonymous, 1398. Agricultural Statistics, Volume. Ministry of Jihad Agriculture, Deputy of Planning and Economy, Statistics and Information Technology Office. Available at: <http://dpe.agri-jahad.ir>
- Blanco IA, Rajaram S, Krostad WE, 2001. Agronomic potential of synthetic hexaploid wheat-derived populations. *Crop Science* 41: 670–676
- Bonman JM, Bockelman HE, Goates BJ, Obert DO, McGuire PE, et al., 2007. Geographic Distribution of Common and Dwarf Bunt Resistance in Landraces of *Triticum aestivum* subsp. *Aestivum*. *Crop Science* 46: 1622–1629.
- Castillo, P. and Vovlas, N. 2007. *Pratylenchus* (Nematoda - Pratylenchidae) diagnosis, biology, pathogenicity and management. Nematology Monographs and Perspectives 6 (Series Editors: Hunt, D. J. and Perry, R. N.). Leiden. The Netherlands, Brill.
- Cox TS, Wood D, 1999. The nature and role of crop biodiversity. Ch. 3. In 'Agrobiodiversity: characterization, utilization and management' 35–37. (CABI Publishing: Wallingford, UK).
- Dababat AA, Erginbas-Orakci G, Toktay H, Imren M, Akin B, et al, 2014. Resistance of winter wheat to *Heterodera filipjevi* in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38: 180–186. <https://doi.org/10.3906/tar-1305-47>.
- De Grisse D, 1969. Redescription and modification of some techniques used in the study of nematodes phytoparasitaires. *MEDED, Empire Ghent Faculty of Agricultural Sciences* 34: 351–369.
- Di Vito M, Greco N, 1988. Investigation on the biology of *Meloidogyne artiellia*. *Revue du Nématologie* 11: 221–225.
- Filipjev IN, 1936. On the classification of the Tylenchinae. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*. 3: 80–82.
- Filipjev IN, Schuurmans Stekhoven JH, 1941. A manual of agricultural helminthology. Leiden. 878 pp.
- Forero LE, Grenzer J, Heinze J, Schittko C, Kulmatiski A. 2019. Greenhouse-and field-measured plant-soil feedbacks are not correlated. *Frontiers in Environmental Science* 7: 1–8.
- Griffiths B, Neilson R, Bengough AG, 2003. Soil factors determined nematode community

- composition in a two year pot experiment. *Nematology* 5: 889–897.
- Jenkins WR, 1964. A rapid centrifugation flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reports* 48: 692.
- Giti M, Hoseinnejad SA, Dababat A, 2015. Evaluation of wheat yield losses caused by root-lesion nematodes in Hamadan province, Iran. In *Nematodes of small Grain cereals: current status and research*, Pp. 101–108.
- Jaradat AA. 1991. Levels of phenotypic variation for developmental traits in landrace genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* ssp. *Turgidum* L. conv. *durum* (Desf) MK) from Jordan. *Euphytica* 51: 265–271.
- Leppik, EE. 1970. Gene centers of plants as sources of disease resistance. *Annual Review of Phytopathology* 8: 323–344. doi: 10.1146/annurev.py.08.090170.001543
- Moatamedi M, Bazgir E, Nasr Esfahani M, Darvishnia M, 2018. Genetic variation of bread wheat accessions in response to the cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi*. *Nematology* (0): 1–17.
- Molinari S, 2011. Natural genetic and induced plant resistance, as a control strategy to plant-parasitic nematodes alternative to pesticides. *Plant Cell Reports* 30: 311–323.
- Nicol JM, Turner SJ, Coyne DL, Den Nijs L, Hockland S, et al, 2011. Current nematode threats to world agriculture. *Genomics and Molecular Genetics of Plant Nematode Interactions* 21–43.
- Ryss AY, 2002a. Genus *Pratylenchus* Filipjev: multientry and monoentry keys and diagnostic relationships (Nematoda: Tylenchida: Pratylenchidae). *Zoosystematica Rossica* 10: 241–255.
- Sheedy JG, Thompson JP, 2009. Resistance to the root lesion nematode *Pratylenchus thornei* of Iranian landrace wheat. *Australian Plant Pathology* 38: 478–489.
- Smiley RW, Gourlie JA, Yan G, Rhinhart KE, 2014. Resistance and tolerance of landrace wheat in fields infested with *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei*. *Plant Disease* 98(6): 797–805.
- Smiley RW, 2015. Root lesion nematodes: biology and management in Pacific Northwest wheat cropping systems. A Pacific Northwest Extension Publication 14 pp.
- Schneider A, Molnar I and Molnar ML, 2008. Utilization of the *Aegilops* (goatgrass) species to widen the genetic diversity of cultivated wheat. *Euphytica* 163: 1–19.
- Singh KB, Di Vito M, Greco N, Saxena MC, 1989. Reaction of wild *Cicer* spp. lines to *Heterodera ciceri*. *Nematologica Mediterranea* 17: 113–114.
- Strelchenko P, Street K, Mitrofanova O, Hill H, Henry R, et al, 2008. Comparative assessment of wheat landraces from AWCC, ICARDA and VIR germplasm collections based on the analysis of SSR markers. In: 11th International Wheat Genetics Symposium, 24–29 August 2008, Brisbane, Australia, Pp. 309–311.
- Southey JF, 1970. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. Technical Bulletin - Ministry of Agriculture, Fisheries and Food No. 2. 5th edition. London: Her Majesty's Stationery Office.
- Tardieu F, 2013. Plant response to environmental conditions: assessing potential production, water demand and negative effects of water deficit. *Frontiers in Physiology* 4: 1–17.
- Taylor SP, Hollaway, GJ, Hunt CH, 2000. Effect of field crops on population densities of *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei* in south eastern Australia; Part 1: *P. neglectus*. *Journal of Nematology* 32: 591–599
- Thompson JP, Owen KJ, Stirling GR, Bell MJ, 2008. Root-lesion nematodes (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*): a review of recent progress in managing a significant pest of grain crops in northern Australia. *Australasian Plant Pathology* 37: 235–242. doi: 10.1071/AP08021
- Thompson JP, O'Reilly, MM, Clewett TG, 2009. Resistance to the root-lesion nematode *Pratylenchus thornei* in wheat landraces and cultivars from the West Asia and North Africa (WANA) region. *Crop and Pasture Science* 60: 1209–1217.
- Thompson AL, Smiley RW, Paulitz TC, Garland-Campbell K, 2016. Identification of resistance to *Pratylenchus thornei* in Iranian landraces accessions of wheat. *Crop Science* 56: 654–672.
- Vanstone V, Russ, M, 1999. Root lesion nematode (*Pratylenchus neglectus*) – South Australian cereal trial observations, 1998. *Australasian nematology newsletter* 10: 1–8
- Vanstone VA, Hollaway GJ, Stirling GR. 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. doi: 10.1071/AP08020

- Wang Y, Wang C, Zhang H, Yue Z, Liu X, *et al*, 2013. Genetic analysis of wheat (*Triticum aestivum* L.) and related species with SSR markers. *Genetic Resource Crop Evolution* 60: 1105–1117.
- Whitehead AG, Hemming JR, 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting vermiform nematodes from soil. *Annals of Applied Biology* 55: 25–38.
- Zwart RS, Thompson JP, Godwin ID, 2004. Genetic analysis of resistance to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) in wheat. *Plant Breeding* 123: 209–212.
- Zwart RS, Thompson JP, Godwin ID. 2005. Identification of quantitative trait loci for resistance to species of root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei* and *P. neglectus*) in wheat. *Australian Journal of Agricultural Research* 57: 525–530.
- Zohary D, Harlan JR, Vardi A, 1969. The wild diploid progenitors of wheat and their breeding value. *Euphytica* 18: 58–65.



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