DOI: 10.22034/ijpp.2023.2001865.406

بیماری‌های گیاهی / جلد ۵۸ / شماره ۳/ سال ۱۴۰۱: ۱۵۷-۱۴۰

CC BY

مقاله پژوهشی

تأثیر نماتد نوک سفیدی برنج (*Aphelenchoides besseyi*) بر صفات رویشی و زایشی ۱۲ رقم تجاری توت‌فرنگی در شرایط گلخانه

کیومرث میره‌کی[۱*]، غلامرضا نیکنام[۲]، محمود کوشش صبا[۳]، علی بنده‌حق[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۲۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۶/۳۰)

چکیده

نماتد نوک سفیدی برنج (*Aphelenchoides besseyi*)، عامل بیماری کوتولگی تابستانه گیاه توت‌فرنگی است که سالیانه خسارت قابل‌توجهی به محصول آن در دنیا وارد می‌کند. با توجه به خطرات زیست‌محیطی کاربرد سموم شیمیایی، شناسایی منابع مقاومت در ارقام مختلف توت‌فرنگی و کاربرد آن‌ها می‌تواند یکی از راهبردهای مؤثر مهار این نماتد باشد. به این منظور جمعیتی از *A. besseyi* از یک مزرعه توت‌فرنگی در استان کردستان جمع‌آوری و با استفاده از صفات ریخت‌شناختی و توالی ناحیه D2-D3 28S rDNA شناسایی گردید. سپس عکس‌العمل ۱۲ رقم تجاری و رایج توت‌فرنگی در استان نسبت به آن در شرایط گلخانه بررسی گردید. نتایج نشان داد که تأثیر نماتد بر اکثر صفات رویشی و زایشی گیاه و جمعیت نهایی نماتد در ارقام مورد بررسی در سطح ۱٪ معنی‌دار بود و بر اساس فاکتور تولیدمثل نماتد، ۱۲ رقم در چهار گروه قرار گرفتند: رقم میشنری با فاکتور تولیدمثل ۹/۰۴ به عنوان میزبان مناسب *A. besseyi* شناخته شد. از لحاظ صفات رویشی و زایشی این رقم دارای بیشترین تأثیرپذیری نسبت به سایر ارقام بود. ارقام یالووا و چندلر با فاکتور تولیدمثل ۷/۲۰ و ۶/۷۳ به عنوان میزبان‌های نسبتاً مناسب، ارقام کردستان، آروماس و آلیسو با فاکتور تولیدمثل ۴/۲۷-۴/۷۶ به عنوان میزبان‌های نسبتاً ضعیف شناسایی شدند. این ارقام از نظر صفات رویشی و زایشی تأثیرپذیری کمتری نسبت به رقم میشنری نشان دادند. ارقام کراسنی‌برگ، سلوا، کوئین‌الیزا، کاماروسا، مرک و پاروس با فاکتور تولیدمثل ۲/۴۵-۳/۵۴، به عنوان میزبان‌های ضعیف شناخته شدند. این ارقام دارای بالاترین سطح عملکرد و سایر صفات زایشی و رویشی بودند.

واژه‌گان کلیدی: عکس‌العمل ارقام، کوتولگی تابستانه، نماتد جوانه و برگ، *Fragaria ananassa*

---

*بخشی از رساله دکتری تخصصی نگارنده اول ارائه شده به دانشکدهٔ کشاورزی، دانشگاه تبریز

** مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: kioumars.mireki@gmail.com

۱ .دانشجوی دکتری بیماری‌شناسی گیاهی- نماتدشناسی، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲. استاد گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۳. دانشیار گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان

۴. استاد گروه به‌نژادی و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

DOI: 10.22034/ijpp.2023.2001865.406

Research Article

Effect of the rice white tip nematode *Aphelenchoides besseyi* on growth and reproductive traits of 12 commercial strawberry cultivars under greenhouse conditions

Kioumars Mireki[1], Gholamreza Niknam[2], Mahmoud Kosheshsaba[3] and Ali Bandehagh[4]**

(Received: 13.05.2023; Accepted: 21.09.2023)

Abstract

The rice white tip nematode *Aphelenchoides besseyi* is the causal agent of summer dwarf disease of the strawberry plant, which causes significant crop damage worldwide each year. Considering the environmental hazards of chemical pesticides, identification of resistance sources in different strawberry cultivars and their application could be one of the effective strategies to control this nematode. To this end, a population of *A. besseyi* was collected from a strawberry field in Kurdistan province and identified based on the morphological characteristics and sequence of D2-D3 expansion segments of 28S rDNA. Then, the responses of 12 commercial and common strawberry cultivars in the province were studied under greenhouse conditions. The results showed that the effects of nematode infestation on most plant growth and reproduction traits and on the final nematode population in the cultivars were significant at the 1% level. Based on the nematode reproduction factor, 12 cultivars were divided into four groups: The cultivar Missionary with a nematode reproduction factor of 9.04 was recognized as a suitable host for *A. besseyi* and had the greatest impact on growth and reproductive traits compared to the other cultivars. The cultivars Yalova and Chandler with nematode reproduction factors of 6.73 and 7.20 were classified as relatively suitable hosts, while the cultivars Kurdistan, Aromas and Aliso with nematode reproduction factors of 4.27-4.76 were classified as relatively poor hosts. These cultivars were less affected than Missionary in terms of growth and reproductive characteristics. Krasnayy Berg, Selva, Queen Elisa, Camarosa, Mrak and Paros cultivars with nematode reproduction factors of 2.45-3.54 were classified as poor hosts. These cultivars had the highest yields and other reproductive and growth characteristics.

Keywords: Bud and leaf nematode, cultivars reactions, *Fragaria ananassa*, summer dwarf.

[*] A part of PhD thesis of the first author submitted to Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

[**] Corresponding author, e-mail: kioumars.mireki@gmail.com.

1 PhD Student of Plant Pathology-Nematology, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran.

2 Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3 Associate Professor, Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Sanandaj, Iran.

4 Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

مقدمه

گونه *Aphelenchoides besseyi*، به عنوان یکی از بیمارگرهای گیاهی مهم و محدودکننده کشت و تولید محصول توت‌فرنگی (*Fragaria ananassa* Duch) در دنیا شناخته شده است (Desaeger & Noling 2017). این نماتد دارای بیش از ۹۱ گونه گیاهی به عنوان میزبان است. از ۷۵ کشور دنیا گزارش شده است و در لیست نماتدهای بیمارگر گیاهی قرنطینه‌ای در اتحادیه اروپا قرار دارد (CABI 2020, Kepenekci 2013). این گونه در اکثر مناطق برنج‌کاری در دنیا پراکنش دارد و منجر به بیماری نوک سفیدی برگ برنج می‌شود. در توت‌فرنگی بیماری کوتولگی تابستانه را ایجاد می‌کند که در اثر تغذیه به صورت سطحی از مریستم و جوانه‌ها، باعث بدشکلی و موجی شدن برگ‌های بوته‌های جوان توت‌فرنگی می‌گردد. رشد رویشی و زایشی گیاه متوقف شده و در نهایت با تغییر فیزیولوژی و هورمونی میزبان، موجب کاهش کمی و کیفی عملکرد گیاه می‌شود (Bernard *et al.* 2017). گاهی اوقات بوته‌های توت‌فرنگی در ادامه روند آلودگی، عادت رشدی خود را تغییر داده و رشد رویشی در آن‌ها نسبت به رشد زایشی افزایش می‌یابد و عموما تولید میوه‌های بدشکل و غیرطبیعی می‌کنند. با توجه به انتشار *A. besseyi* از طریق نشاءهای آلوده توت‌فرنگی به سایر مزارع و با فراهم شدن شرایط اکولوژیک جدید برای این نماتد، امکان شیوع و ایجاد خسارت در مزارع توت‌فرنگی نیز وجود دارد. به‌طوری‌که در اثر آلودگی به این نماتد در برخی از مزارع توت‌فرنگی در فلوریدا تا ۷۵ درصد خسارت گزارش شده است (Desaeger & Noling 2017).

علائم ناشی از *A. besseyi* در توت‌فرنگی ممکن است مشابه علائم ایجاد شده توسط سایر گونه‌های انگل گیاهی *Aphelenchoides* از جمله *A. fragariae* و *A. ritzemabosi*، هم‌چنین علائم ناشی از خسارت کنه، تریپس و کمبود مواد غذایی در توت‌فرنگی باشد. این نماتد برای اولین بار در ایران از مزارع توت‌فرنگی در شهرستان جویبار شناسایی و گزارش گردید (Tanha Maafi & Mahdavian 1996). سپس شیوع آن در مزارع توت‌فرنگی استان مازندارن گزارش شد (Mahdavian & Tanha Maafi 2017). نتایج مطالعات مولکولی و فیلوژنتیک اخیر نشان داده است *A. besseyi* در واقع یک مجموعه گونه‌ای متشکل از چندین گونه با توصیف ضعیف است که در برخی از صفات دارای هم‌پوشانی هستند (Xu *et al.* 2020, Oliveira *et al.* 2019). بنابراین شناسایی دقیق *A. besseyi* بر اساس صفات مهم ریخت‌شناختی و مولکولی و هم‌چنین تفکیک جمعیت‌های آن، جهت مدیریت این نماتد و انتخاب ارقام مقاوم گیاهی نسبت به این نماتد بسیار حائز اهمیت است.

ژنوتیپ و یا ویژگی‌های ژنتیکی میزبان می‌تواند یک عامل محدودکننده در توسعه بیماری باشد. این تفاوت‌های ژنوتیپی گیاهان، امکان انتخاب ارقام مقاوم توسط محققین را تسهیل می‌کند. با وجود محدود بودن پایه ژنتیکی ارقام تجاری توت‌فرنگی، ناهمگنی ژنوتیپی کافی در این ارقام و سایر ارقام جهت غربال‌کردن آن‌ها در برابر بسیاری از بیمارگرها از جمله نماتدها وجود دارد (Sjulin & Dale 1987). علی‌رغم کارآمد بودن ارقام مقاوم در مدیریت نماتدهای انگل گیاهی، تاکنون مطالعه‌ای در رابطه با واکنش ارقام مختلف توت‌فرنگی در مقابل *A. besseyi* صورت نگرفته است. یافته‌های یک بررسی گلخانه‌ای نشان داد که بعضی از ژنوتیپ‌های ارقام تجاری و گونه وحشی توت‌فرنگی (*Fragaria vesca* L.) دارای منابع مقاومت نسبت به دو گونه *Meloidogyne hapla* و *Pratylenchus penetrans* هستند. از ۴۴ ژنوتیپ مورد مطالعه، ۱۱ ژنوتیپ نسبت به *M. hapla* و ۱۳ ژنوتیپ نسبت به *P. penetrans* مقاومت بالایی نشان دادند. علاوه بر آن ارقام تجاری دارای منابع مقاومت پایدار و بهتری نسبت به ژنوتیپ‌های وحشی

بودند (Pinkertion & Finn 2005). در بررسی دیگر وجود منبع مقاومت در ارقام تجاری آلبیون و آسوگراند توت‌فرنگی نسبت به آلودگی *M. hapla* نشان داده شد (Curi *et al.* 2016). هم‌چنین نشان داده شده است که رقم کاماروسا نسبت به دو گونه *M. enterolobii* و *M. ethiopica* دارای مقاومت نسبی (Freitas *et al.* 2016) یا مصونیت است (Somavill *et al.* 2006). در این پژوهش پس از شناسایی *A. besseyi* با استفاده از مشخصات ریخت‌شناختی و مولکولی، شاخص‌های رویشی، عملکردی و هم‌چنین جمعیت نهایی نماتد به منظور بررسی واکنش ۱۲ رقم رایج کشت توت‌فرنگی در استان کردستان نسبت به *A. besseyi* در شرایط گلخانه مورد ارزیابی قرار گرفتند.

مواد و روش‌های بررسی

جداسازی و شناسایی نماتد

به منظور جداسازی نماتد از مزارع توت‌فرنگی شهرستان‌های سنندج، کامیاران و مریوان استان کردستان، در اوایل فصل بهار، اواسط فصل تابستان و اوایل فصل پائیز سال ۱۳۹۷، با بررسی علائم احتمالی ناشی از نماتد در بوته‌ها و با توجه به وسعت هر مزرعه، تعداد ۱۰ الی ۱۵ نمونه گیاهی شامل بوته‌های مادری، ساقه‌های رونده و بقایای گیاهی ارقام کردستان، پاروس، کوئین‌الیزا و کاماروسا از هر مزرعه به صورت زیگزاگی جمع‌آوری گردید. نمونه‌های جمع‌آوری شده پس از کدگذاری به آزمایشگاه منتقل و تا زمان بررسی و استخراج نماتدها در دمای ۴°C نگه‌داری شدند. استخراج نماتدها از نمونه‌ها، با استفاده از روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) انجام گردید. پس از تثبیت نماتدهای استخراج شده و انتقال آن‌ها به گلیسرین بدون آب به روش دگریسه (de Grisse 1969)، از افراد نر و ماده اسلایدهای دائمی تهیه گردید و شناسایی اولیه گونه با بررسی صفات و شاخص‌های مهم تفکیکی بر اساس منابع و کلیدهای شناسایی معتبر (Sanwal 1961, Shahina 1996) صورت گرفت. هم‌چنین در تشخیص مولکولی گونه مورد نظر، ناحیه D2-D3 ژن 28S rDNA با استفاده از جفت پرایمرهای D2A-D3B تکثیر و مورد واکاوی قرار گرفت (Subbotin *et al.* 2021). ترسیم درخت تبارزایی نیز با استفاده از رویکرد Maximum likelihood انجام شد.

تهیه جمعیت نماتد

پس از جداسازی جمعیت اولیه از نمونه‌های گیاهی، نماتدها در شرایط آزمایشگاهی بر روی محیط کشت دکستروز-آگار-سیب‌زمینی (PDA) در تشتک‌های پتری با قطر ۹ سانتی‌متر حاوی پرگنه قارچ *Alternaria alternata* تکثیر و خالص‌سازی گردیدند. بدین منظور، یک جفت نماتد نر و ماده از جمعیت مورد نظر پس از شستشوی سطحی با آب مقطر سترون به تشتک‌های پتری حاوی کشت PDA که یک سوم محیط آن با پرگنه قارچ کلونیزه شده بود، با استفاده از سوزن سترون منتقل شدند. جهت کاهش آلودگی در محیط کشت، درب تشتک‌ها با استفاده از پارافیلم مسدود گردید. تشتک‌های پتری در انکوباتور و در دمای ۲ ± ۲۶ درجه سلسیوس (در تاریکی) به مدت ۲۵ الی ۳۰ روز نگه‌داری شدند (Jamali *et al.* 2008, Rao 1985). هم‌چنین تهیه سوسپانسیون نماتد (مراحل مختلف نشو و نمایی نماتد) جهت مایه‌زنی، همانند مرحله قبل صورت گرفت با این تفاوت که در این مرحله از ۲۵ جفت نماتد (خالص شده) جهت تکثیر نماتد استفاده شد. نماتدهای تکثیر یافته در محیط کشت حاوی قارچ *A. alternata* با روش سینی (Whitehead & Hemming 1965) استخراج و سپس سوسپانسیون مورد نیاز با غلظت ۱۰۰۰ فرد نماتد در یک میلی‌لیتر آب مقطر سترون تنظیم گردید.

تهیه و تکثیر ارقام توت‌فرنگی

نشاءهای ۱۲ رقم مورد بررسی توت‌فرنگی (جدول ۱)

از کلکسیون باغبانی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان تهیه شدند. جداسازی نشاءها از بوته‌های مادری در اواسط شهریورماه و در مرحله چهار تا شش برگی صورت گرفت. نشاءها پس از جداسازی، جهت سرمادهی تجمعی در دمای ۲°C به مدت ۱۵ روز نگه‌داری شدند. جهت کاشت نشاءها از گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۳۰ سانتی‌متر حاوی مخلوط ماسه، خاک رس و خاک برگ سترون شده (با نسبت ۱:۱:۲) استفاده گردید. با توجه به میانگین نیاز دمایی ارقام توت‌فرنگی و هم‌چنین دمای بهینه فعالیت *A. besseyi*، دمای گلخانه ۲ ± ۲۵ درجه سلسیوس در دوره نوری ۱۴ ساعت، رطوبت نسبی ۷۰ تا۸۰ درصد و دوره آبی سه روزه، در نظر گرفته شد. لازم به ذکر است جهت تامین نور مورد نیاز در گلخانه از لامپ‌های هالوژنی استفاده گردید.

جدول ۱. مشخصات ارقام توت‌فرنگی مورد استفاده در این مطالعه.

Table 1. Characteristics of strawberry cultivars used in this study.

Cultivars name	Origin and year of cultivars introduction	Photoperiodism	Pedigree
Paros	Italy-1998	Short Day	Marmolada × Irvine
Queen Elisa	Italy-2003	Short Day	Miss × USB35
Missionary	USA-1990	Short Day	a chance seedling in USA
Aliso	USA-1950	Short Day	Cal.52.16-12
Yalova	Turkey-1990	Short Day	Arnavutkoy × Aliso
Selva	USA-1983	Day-neutral	Cal70.3-117 ×Cal71.98- 605
Camarosa	USA-1993	Short Day	Douglas × cal85.218-605
Chandler	USA-1982	Short Day	Douglas × cal72-361-105
Mrak	USA-1987	Day-neutral	CN27(Ca75.34-105)
Kurdistan	Unknown	Short Day	Unknown
Aromas	USA-1998	Day-neutral	Cal 87.112-6 x Cal 88.270-1
Krasnayy berg	Belarus-2000	Short Day	Venta x Tenira

مایه‌زنی با نماتد و ارزیابی واکنش ارقام

مایه‌زنی ارقام مورد بررسی در مرحله شش برگی نشاءها صورت گرفت. بدین منظور، یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون حاوی ۱۰۰۰ فرد از مراحل مختلف زیستی نماتد *A. besseyi* با استفاده از میکروپیپت در مجاورت جوانه‌های رویشی گیاهان توت‌فرنگی به صورت مورب مایه‌زنی شد. با توجه به سن نشاءها در تمام ارقام، به‌طور میانگین در هر بوته (نشاء) دو الی سه جوانه رویشی در ناحیه طوقه وجود داشت. بنابراین یک میلی‌لیتر سوسپانسیون به‌طور مساوی میان جوانه‌ها تقسیم گردید. جهت حفظ رطوبت سطح بوته‌ها و خاک و نیز استقرار مناسب نماتدها، بوته‌ها با استفاده از یک پوشش پلاستیکی روشن به مدت ۷۲ ساعت پوشانده شدند. پس از گذشت ۱۲۰ روز از زمان مایه‌زنی بوته‌ها، ارزیابی ارقام بر اساس صفت تولیدمثل نماتد و هم‌چنین مقایسه صفات تعداد برگ، تعداد ساقه رونده، ظهور اولین ساقه رونده، ارتفاع بوته، ظهور اولین گل، تعداد گل‌آذین در بوته، تعداد گل در بوته، تعداد میوه در بوته، ضریب تبدیل گل به میوه، دوره میوه‌دهی، وزن هر میوه، عملکرد نهایی میوه اندازه‌گیری شد. پس از استخراج و تعیین جمعیت نهایی نماتد در اندام‌های هوایی بوته‌ها، فاکتور تولیدمثل نماتد بر اساس فرمول RF = Pf/Pi محاسبه گردید (Walters *et al.* 1999). هم‌چنین واکنش ارقام با توجه به فاکتور تولیدمثل نماتد و بر اساس مقیاس پیشنهادی (در این مطالعه) ۰–۱۰ ارزیابی گردید. بدین صورت ارقام با فاکتور تولیدمثل ۰–۲ به منزله غیر میزبان، ۲/۱–۴ میزبان ضعیف، ۴/۱–۶ میزبان نسبتاً ضعیف، ۶/۱–۸ میزبان نسبتاً مناسب و بیشتر از ۸ به

عنوان میزبان مناسب لحاظ گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: این آزمایش به صورت فاکتوریل (فاکتور اول شامل وجود یا عدم نماتد و فاکتور دوم ارقام مورد ارزیابی) و در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه طراحی و اجرا گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری 9.4 SAS صورت گرفت. میانگین داده‌ها بر اساس آزمون LSD مقایسه شد. هم‌چنین گروه‌بندی ارقام از طریق تجزیه خوشه‌ای و بر اساس صفات مورد ارزیابی به روش Ward و با استفاده از نرم‌افزار آماری R انجام گردید.

نتایج

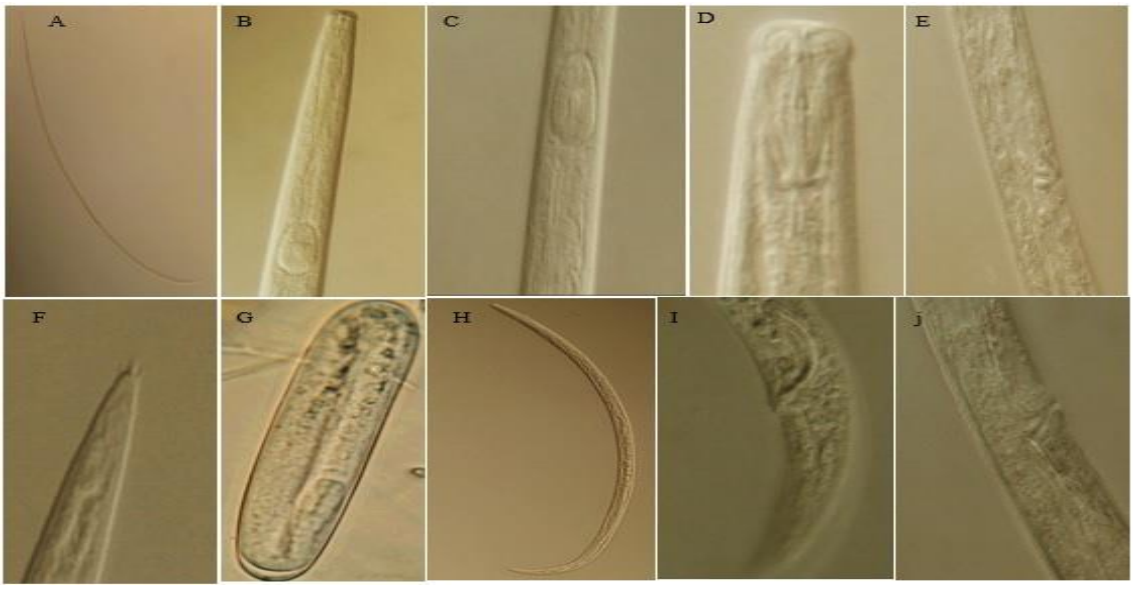
شناسایی ریخت‌شناختی و مولکولی *Aphelenchoides besseyi*

بر اساس نتایج حاصل از داده‌های ریخت‌شناختی و ریخت‌سنجی (جدول ۲) با استفاده از منابع معتبر شناسایی *Aphelenchoides* (Sanwal 1961, Shahina 1996) (شکل ۱) و نیز نتایج واکاوی مولکولی (شکل ۲) جمعیت جداسازی شده از مزارع توت‌فرنگی شهرستان‌های مریوان و سنندج به عنوان *Aphelenchoides besseyi* تشخیص داده شد.

جدول ۲. خصوصیات ریخت‌سنجی و ریخت‌شناختی جمعیت *Aphelenchoides besseyi* جمع‌آوری شده از مزارع توت‌فرنگی شهرستان سنندج استان کردستان و جمعیت تکثیر شده روی محیط کشت *Alternaria alternata* و مقایسه آن‌ها با سایر جمعیت‌ها (اندازه‌ها به میکرومتر می‌باشد).

Table 2. Morphometrics and morphological characters of *Aphelenchoides besseyi* populations collected from either the strawberry fields in Sanandaj, Kurdistan province or *Alternaria alternata* culture medium and their comparison with other populations (measurements are in µm).

Characters / Populations	Strawberry	*A. alternata* culture	Strawberry (Oliveira *et al*. 2019)	Rice (Fortuner 1970)
Females:				
n	**20**	**20**	**15**	**-**
L	580-755 (672)	806-1062 (906)	517-811 (657)	570-840 (681)
a	51-65 (57.6)	61-64 (62)	34-49.7 (41.7)	39.3-53.4 (47.7)
b	8.8-10.9 (9.9)	10-11.9 (11)	8.6-11.2 (9.8)	9.2-13.1 (11.4)
b′	4.6-4.8 (4.7)	5.3-8.1 (6.2)	4-4.6 (4.4)	4.1-5.7 (4.8)
c	14.9-15.5 (15)	15-19 (18)	14.8-19.1 (16.6)	13.8-20.4 (17.7)
c′	4.1-4.5 (4.2)	4.5	3.6-4.7 (3.9)	-
V	68-73 (70)	65-76 (69)	69-71.6 (70.5)	68.7-73.6 (71.2)
Tail length	33.1-41.2 (37)	39.4-45.6 (43)	33.6-46.5 (39)	18-21 (19.2)
Stylet length	11.3	11.2	11.5-12.5 (12)	10-12.5 (11.9)
Post-uterine sac length	38-40 (39)	33-45 (37)	33-56 (45)	-
Anterior end to excretory pore	77-83 (80)	83-90 (87)	68-93 (80)	-
Post-uterine sac	narrow	narrow	narrow and short	narrow
Males:				
n	**5**	**15**	**2**	**-**
L	503-534 (515)	690-870 (720)	449-551 (525)	530-610 (573)
a	38-44 (41)	59-61 (60)	34.8-35.6 (35.2)	40.7-46.9 (44.4)
b	7.7-8.6 (8.1)	5.9-7.3 (6.9)	8.3-9.1 (8.7)	8.8-10.7 (9.5)
b′	3.3-4.2 (3.8)	3.1-3.3 (3.2)	3.8-4.7 (4.2)	3.5-4.9 (4.1)
c	14.9-16.3 (15.5)	14.5-14.8 (15.2)	17.2-18 (17.6)	16.1-20 (17.9)
c′	2.5-3.1 (2.7)	2.6-3.1 (2.9)	2.5-2.9 (2.7)	-
Tail length	34-39 (37)	47.8-52 (51.1)	29-30 (30)	28.1-52 (40.5)
Stylet length	10.3-11 (10.9)	10.9-11.7 (11.3)	11.3-12.7 (12)	10-12.5 (11.4)
Spicules length	18.1-19.8 (18.9)	17-20 (19.1)	17.5-18.8 (18)	18-21 (19.2)
Anterior end to excretory pore	at the of level or slightly anterior to nerve ring	at level of nerve ring	at level of nerve ring	at level of nerve ring
Median oesophageal bulb valve	oval with clearly valve	oval with clearly valve	oval and developed	elongated and oval
Stylet knobs	clearly defined knobs	relatively developed knobs	relatively developed knobs	clearly defined knobs



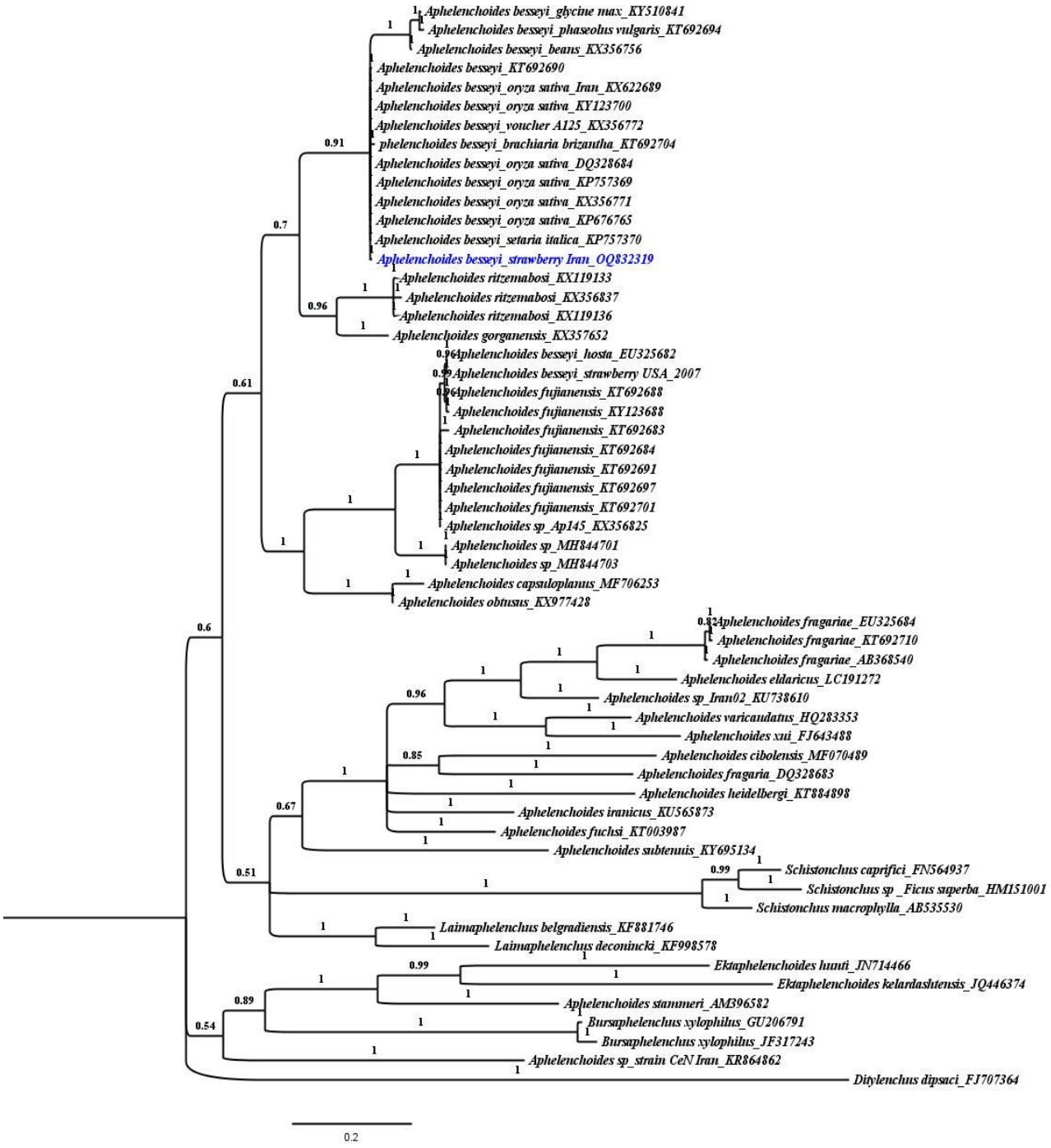
شکل ۱. ***Aphelenchoides besseyi*** **(A-F و J: ماده؛ H و I: نر) A و H: شکل عمومی بدن، B و C: ناحیه مری، D: ناحیه سر و استایلت، E و J: سیستم تناسلی، F: شکل دم و زائده انتهای در دم، G: تخم. I: اسپیکول.**

Fig 1. ***Aphelenchoides besseyi*****. (A-F & J: Females; H & I: male) A & H: General body, B and C: Oesophageal region D: Head region and stylet, E and J: Reproductive system, F: Shape of tail and tail end, G: Egg, I: Spicule.**

مشخصات: دارای زائده انتهایی ستاره‌ای در دم، استایلت به طول ۱۱/۳ میکرومتر، قسمت استوانه‌ای استایلت به وضوح قابل مشاهده و قسمت مخروطی استایلت دارای تورم‌های انتهایی ظریف، ناحیه سر گرد و هم‌طراز تا کمی فرورفته نسبت به بدن، منفذ آمفید واقع در قسمت بیرونی لب‌های جانبی، غدد مری از سطح پشتی دارای هم‌پوشانی با ابتدای روده، سطوح جانبی دارای چهار شیار طولی، طول کیسه عقبی رحم ۲/۵ برابر عرض بدن، فرج به صورت عرضی با لب‌های نسبتاً بلند، لوله جنسی منفرد و کوتاه، کیسه ذخیره اسپرم در امتداد محور لوله جنسی، دم به شکل مخروطی، افراد نر نسبت به ماده‌ها معمولا کوتاه‌تر، فاقد بورسا، اسپیکول به صورت جفت و شبیه خارگل رز، خمیده و بدون زائده پشتی در قسمت انتهایی، هم‌چنین دارای سه جفت پاپیل‌های دمی می‌باشد.

واکنش ارقام به آلودگی با *Aphelenchoides besseyi*

پس از انجام آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس داده‌های صفات مورد بررسی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات متقابل رقم و نماتد و هم‌چنین اثرات اصلی آن‌ها در صفات مورد ارزیابی (رویشی، عملکردی در گیاه و جمعیت نهایی نماتد) در این مطالعه، در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نیز نشان‌دهنده تأثیر آلودگی *A. besseyi* بر صفات مختلف مورد ارزیابی در ارقام



شکل ۲. درخت تبارزایی ناحیه D2-D3 ژن 28s rDNA *Aphelenchoides besseyi*، با استفاده از رویکرد **Maximum likelihood**.

Fig 2. Phylogenetic tree inferred from Maximum likelihood analysis of the partial sequences of D2-D3 28s rDNA gene of *Aphelenchoides besseyi*.

می‌باشد. به‌طوری‌که ارقام مورد بررسی به گروه‌های مختلف آماری تفکیک شدند (جداول ۳ و۴). نتایج کاهش میزان عملکرد در ارقام آلوده به *A. besseyi* را نشان داد اما میزان کاهش عملکرد در میان ارقام مورد بررسی متفاوت بود. بیشترین مقدار عملکرد در میان بوته‌های آلوده به نماتد در ارقام سلوا و کاماروسا با میانگین به‌ترتیب ۲۳۵/۷ و ۲۲۳/۵ گرم و کم‌ترین آن در ارقام چندلر و یالووا با میانگین به ترتیب ۵۷/۲۲ و ۷۴/۸ گرم مشاهده گردید (جدول ۳). مقدار عملکرد در بوته‌های مایه‌زنی‌شده با نماتد نسبت به بوته‌های شاهد، در تمام ارقام کاهش یافتند، به‌طوری‌که ارقام پاروس، کردستان، آلیسو، کراسنی‌برگ، سلوا، کاماروسا، آروماس، کوئین‌الیزا و مرک با ۶-۱۹/۳ درصد کم‌ترین کاهش عملکرد را نشان دادند. با توجه به نتایج گروه‌بندی ارقام بر اساس روش Ward (شکل ۳)، این ارقام در دو گروه عمده و مجزا از سایر ارقام قرار گرفتند. ارقام یالووا، چندلر و میشنری نیز با ۴۹/۴-۵۸/۶ درصد، بیشترین کاهش عملکرد را نشان دادند، هم‌چنین ارقام چندلر و یالووا در یک گروه مجزا و رقم میشنری نیز به تنهایی در یک گروه قرار گرفت. مطابق با جدول همبستگی صفات (جدول ۵)، صفت عملکرد با اکثر صفات همبستگی مثبت نشان داد و با صفات جمعیت نهایی نماتد، ظهور ساقه رونده، تعداد برگ و ظهور اولین گل همبستگی منفی داشت.

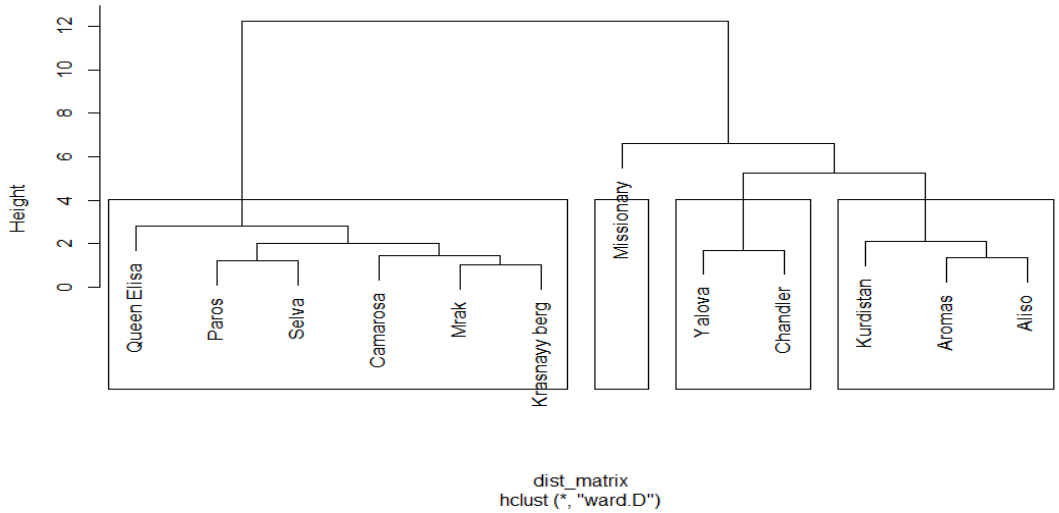
بیشترین وزن میوه در میان بوته‌های آلوده به نماتد در ارقام سلوا و کوئین‌الیزا به‌ترتیب با میانگین ۹/۷۷ و ۹/۵۱ گرم و کم‌ترین آن در ارقام کردستان و میشنری به‌ترتیب با میانگین ۳/۵۴ و ۴/۹۶ گرم مشاهده گردید (جدول ۳). هم‌چنین رقم میشنری بیشترین اختلاف معنی‌دار در بوته‌های مایه‌زنی‌شده با نماتد در مقایسه با بوته‌های شاهد را دارد به‌طوری‌که با ۳۳/۵ درصد بیشترین کاهش وزن میوه را نشان داد. بر اساس شکل ۳، این رقم به تنهایی در یک گروه قرار گرفت. ارقام آلیسو، سلوا، کراسنی‌برگ، کاماروسا، پاروس و کوئین‌الیزا نیز با ۰-۶/۸۶ درصد کمترین کاهش وزن میوه را بروز دادند. این ارقام نیز در یک گروه مجزا (به جز رقم آلیسو) جای گرفتند. سایر ارقام حدواسط این دو گروه قرار گرفتند. نتایج حاصل از همبستگی صفات (جدول ۵) نیز نشان داد که وزن میوه با صفات عملکردی دارای همبستگی مثبت بوده و با صفات رویشی و جمعیت نهایی نماتد همبستگی منفی نشان داد.

با مقایسه بوته‌های مایه‌زنی‌شده با نماتد و بوته‌های شاهد، مشخص شد که رقم میشنری با ۵۲/۲ درصد کم‌ترین ضریب تبدیل گل به میوه را دارد. با توجه به این نتیجه، صفت ضریب تبدیل گل به میوه همانند صفات وزن میوه و عملکرد، قرار گرفتن رقم میشنری به تنهایی در یک گروه مجزا را حمایت و تائید می‌کند (شکل ۳). ارقام کوئین‌الیزا، کراسنی‌برگ، سلوا، آلیسو، کاماروسا و مرک نیز با ۹۰/۸-۹۸/۹ درصد بیشترین ضریب تبدیل گل به میوه در بوته‌های آلوده نسبت به بوته‌های شاهد را نشان دادند. این ارقام نیز (به جزء رقم آلیسو) در یک گروه یکسان قرار گرفتند. سایر ارقام نیز واکنش‌های متفاوتی را نشان دادند و حدواسط این دو گروه قرار گرفتند. این صفت دارای همبستگی مثبت با صفات مهمی از جمله میزان عملکرد و وزن میوه بوده و با صفت مهم جمعیت نهایی نماتد نیز همبستگی منفی نشان داد (جدول ۵). از نظر جمعیت نهایی نماتد، ارقام کراسنی‌برگ و سلوا به ترتیب با میانگین ۲۶۲۵-۲۴۵۵ نماتد، کم‌ترین جمعیت نهایی نماتد و هم‌چنین پائین‌ترین فاکتور تولیدمثل نماتد (جدول ۶) را به خود اختصاص دادند. رقم میشنری نیز با میانگین ۹۰۳۶ فرد نماتد دارای بیشترین جمعیت نهایی نماتد و بالاترین فاکتور تولیدمثل بود. ارقام یالووا و چندلر با اختلاف کم بعد از رقم میشنری قرار گرفتند. این ارقام نیز به دو گروه مجزا تقسیم شدند به‌طوری‌که ارقام یالووا و چندلر در یک گروه و رقم میشنری نیز به تنهایی در یک گروه قرار

جدول ۳. مقایسه میانگین صفات عملکردی ۱۲ رقم توت‌فرنگی آلوده شده با ***Aphelenchoides besseyi*** و شاهد.

Table 3. Mean comparison of yield traits of 12 strawberry cultivars infected with *Aphelenchoides besseyi* and control.

Cultivars	Control/ Inoculated	Yield (g)	Fruit weight (g)	First flower	Flowers/ plant	Fruits/ plant	Fruit/Flower ratio (%)	Fruiting period (day)	Inflorescences/ plant
Selva	control	267.9 a	9.73 a	27.66 j	29.66 cde	27.88 b-e	0.94 a	25 d	5.44 c-f
	inoculated	235.7 bc	9.77 a	23.88 k	29.11 cde	24.22 fg	0.91 abc	24.55 d	5.33 d-g
Camarosa	control	256.8 ab	8.54 b	33.11 cde	33.11 bc	30 abc	0.91 abc	27.44 b	5.88 cd
	inoculated	223.5 cde	8.35 b	31 fg	32.99 bc	26.77 c-f	0.85 d-g	26.55 bc	5.55 cde
Aliso	control	224.2 cd	7.85 bcd	37.11 b	30.1 cd	28.66 a-d	0.91 abc	27.33 b	5.45 cde
	inoculated	204.1 def	7.87 bcd	34.11 cd	30.22 cde	26 d-g	0.88 a-d	24.12 de	5.55 d-g
Krasnayy berg	control	223.6 cde	8.4 b	31.88 ef	29.11 c-f	26.88 c-f	0.92 abc	24.88 d	5.66 cde
	inoculated	196.3 efg	8.43 b	30.11 hg	26 efg	23.44 f-i	0.9 a-d	25.11 cd	5.44 c-f
Paros	control	206.8 def	8.59 b	34.55 c	25.33 efg	23.88 fgh	0.94 a	25 d	4.55 hi
	inoculated	194.4 fg	8.17 bc	32.77 de	24.26 gh	24 fg	0.83 efg	22.11 fgh	4.44 hi
Queen Elisa	control	200.9 def	10.21 a	36.22 b	23 gh	19.66 kl	0.88 a-d	21.55 fgh	4.11 ijka
	inoculated	173.6 gh	9.51 a	32.55 e	26.66 efg	18.33 l	0.87 c-f	21.11 gh	4.88 fgh
Mrak	control	159 hi	8.25 b	36.11 b	28.22 def	24.77 efg	0.87 c-f	19.11 j	6.55 ab
	inoculated	128.3 j	7.12 de	30.88 fgh	23.55 gh	18.11 l	0.79 gh	17.33 k	6 bc
Kurdistan	control	139.2 ij	4.5 j	25.22 k	33.11 bc	30.88 ab	0.93 ab	19.44 ij	6.66 a
	inoculated	121.8 jk	3.54 k	21.66 l	24.77 fgh	20.33 i-l	0.82 fgh	16.88 k	5.22 efg
Aromas	control	146.5 hij	7.16 de	29.44 hi	25.88 efg	23.11 g-k	0.89 a-d	21.44 fgh	4.77 gh
	inoculated	127.6 j	6.31 efg	28.11 ij	26.55 efg	20.44 h-l	0.76 hi	19.55 ij	6 bc
Yalova	control	147.8 hij	6.43 efg	31 fg	28.22 def	23.22 g-j	0.82 efg	25 d	4.33 hij
	inoculated	74.8 lm	5.84 gh	29.44 hi	17.88 ij	12.88 m	0.73 i	22.77 ef	3.66 k
Chandler	control	121.4 jk	6.65 ef	28.44 ij	22.22 ghi	18.22 l	0.82 efg	20.7 hi	4.88 fgh
	inoculated	57.22 m	5.62 hi	34.33 c	14.22 j	10.33 m	0.72 i	16.77 k	3.87 jk
Missionary	control	236.4 bc	7.46 cd	30 hg	34.5 b	31.77 a	0.92 abc	22.44 fg	6 bc
	inoculated	97.9 kl	4.96 ij	43.66 a	41.22 a	19.77 jkl	0.48 j	29.22 a	4.55 hi



شکل ۳. گروه‌بندی ۱۲ رقم توت‌فرنگی در واکنش به آلودگی با ***Aphelenchoides besseyi***، بر اساس عملکرد، اجزاء عملکرد و جمعیت نهایی نماتد مطابق با روش **Ward**.

Fig 3. Classification of 12 strawberry cultivars in terms of response to *Aphelenchoides besseyi*, based on yield, yield components and final population of the nematode according to Ward's method.

جدول ۴. مقایسه میانگین جمعیت نهایی ***Aphelenchoides besseyi*** در ۱۲ رقم توت‌فرنگی و صفات رویشی آن‌ها.

Table 4. Mean comparison of the final population (Pf) of *Aphelenchoides besseyi* in 12 strawberry cultivars and their vegetative traits.

Cultivars	Plant	Leaves/plant	First stolon (day)	Stolon's/plant	Plant height (cm)	Final population (Pf)
Yalova	control	10.66 ^{hi}	57.22 ^{j}	5.33 ^{a}	15.4 ^{c}	-
	inoculated	9.33 ^{ij}	58.33 ^{ij}	4.77 ^{b}	14.1 ^{ef}	6728 ^{c}
Missionary	control	17.33 ^{b}	63.22 ^{gh}	5.44 ^{a}	16.9 ^{b}	-
	inoculated	28.88 ^{a}	70.88 ^{cd}	3.88 ^{cde}	19.2 ^{a}	9036 ^{a}
Chandler	control	9.44 ^{ij}	74.77 ^{b}	2.88 $^{i-l}$	14.4 ^{e}	-
	inoculated	8.22 ^{j}	78.22 ^{a}	2.33 ^{m}	12.8 ^{hij}	7203 ^{b}
Aliso	control	11.88 $^{e-h}$	65.22 ^{fg}	4.22 ^{cd}	16.3 ^{bc}	-
	inoculated	12.66 $^{d-g}$	68.55 ^{de}	4.33 ^{bc}	15.2 ^{cd}	4761 ^{d}
Aromas	control	10.22 ^{i}	54 ^{k}	3.22 $^{g-j}$	13.7 ^{gh}	-
	inoculated	11.88 $^{e-h}$	57.88 ^{j}	2.88 $^{i-l}$	12 ^{ij}	4465 ^{de}
Kurdistan	control	14.77 ^{c}	60.88 ^{hi}	3.11 $^{h-k}$	12.2 ^{ijk}	-
	inoculated	13.22 ^{de}	65.88 ^{f}	2.77 $^{j-m}$	11.2 ^{lm}	4265 ^{e}
Paros	control	13.11 ^{def}	71.77 ^{c}	3.88 ^{cde}	17.1 ^{ab}	-
	inoculated	12.66 $^{d-g}$	79.88 ^{a}	3.33 $^{f-i}$	16.8 ^{bc}	3544 ^{f}
Mrak	control	11.66 ^{gh}	60.88 ^{hi}	2.66 ^{klm}	14.4 ^{e}	-
	inoculated	13.11 ^{def}	63 ^{gh}	2.55 ^{lm}	13 ^{hij}	3391 ^{fg}
Queen Elisa	control	17.22 ^{b}	70.22 ^{cd}	3.66 ^{efg}	16.3 ^{bc}	-
	inoculated	17.11 ^{b}	75.88 ^{ab}	3.33 $^{f-i}$	16.4 ^{bc}	2955 ^{hi}
Camarosa	control	12.66 $^{d-g}$	67.33 ^{ef}	4.22 ^{cd}	17.4 ^{ab}	-
	inoculated	11.88 $^{e-h}$	68.88 ^{de}	3.88 ^{cde}	17.3 ^{ab}	3105 ^{gh}
Selva	control	11.77 ^{fgh}	59.33 ^{ij}	3.11 $^{h-k}$	15.4 ^{c}	-
	inoculated	12.88 $^{d-g}$	60.88 ^{hi}	3 $^{h-l}$	14.2 ^{ef}	2625 ^{ij}
Krasnayy berg	control	13.55 ^{cd}	51 ^{l}	3.77 ^{def}	15.1 ^{cde}	-
	inoculated	12.77 $^{e-g}$	50.44 ^{l}	3.44 $^{e-h}$	15 ^{de}	2455 ^{j}

جدول ۵. همبستگی جمعیت نهایی ***Aphelenchoides besseyi*** با صفات رویشی و عملکردی ۱۲ رقم توت‌فرنگی آلوده به نماتد.

Table 5. Correlation of the final population (Pf) of *Aphelenchoides besseyi* with vegetative traits and yield of 12 strawberry cultivars infected with the nematode.

	Nematode Pf	Stolons/plant	First stolon	Leaves/plant	First flower	Inflorescences/plant	Flowers/plant	Fruits/plant	Fruit/flower ratio (%)	Fruiting period (day)	Fruit weight (g)	Yield/plant (g)	Plant height (cm)
Nematode Pf	1												
Stolons/plant	0.29	1											
First stolon	0.21	-0.15	1										
Leaves/plant	0.13	0.170	0.187	1									
First flower	0.41	0.299	0.488	0.619*	1								
Inflorescences/plant	-0.59	-0.257	-0.397	-0.063	-0.303	1							
Flowers/plant	-0.09	0.306	-0.009	0.75**	0.427	0.440	1						
Fruit/plant	-0.46	0.22	-0.17	0.157	-0.125	0.699*	0.667*	1					
Fruit/Flower ratio (%)	-0.75**	-0.102	-0.211	0.611*	-0.656*	0.320	-0.340	0.460	1				
Fruiting period (day)	-0.03	0.682*	-0.133	0.542	0.47	0.006	0.723**	0.521	-0.19	1			
Fruit weight (g)	-0.71**	0.100	-0.037	-0.138	-0.058	0.176	0.003	0.489	0.659*	0.333	1		
Yield/plant (g)	-0.81**	0.142	-0.127	-0.045	-0.245	0.524	0.362	0.893**	0.714**	0.434	0.795**	1	
Plant height (cm)	-0.215	0.11	0.19	0.09	0.313	0.04	0.22	0.11	0.01	0.033	0.244	0.321	1

گرفت. ارقام آلیسو، آروماس و کردستان از لحاظ جمعیت نهایی نماتد و فاکتور تولیدمثل حد واسط سایر ارقام بودند و در یک گروه یکسان قرار گرفتند. جمعیت نهایی نماتد با اکثر صفات رویشی دارای همبستگی مثبت بوده و با سایر صفات عملکردی و ارتفاع بوته همبستگی منفی بروز داد (جدول ۵).

علاوه بر تجزیه و تحلیل داده‌های عملکردی، رویشی و جمعیت نهایی نماتد، میزان شدت آلودگی و بروز علائم ظاهری در بوته‌های مایه‌زنی‌شده با *A. besseyi* در مقایسه با بوته‌های شاهد (بدون نماتد)، نیز بررسی گردید به‌طوری‌که درجات مختلفی از لحاظ بروز و شدت علائم در میان ارقام مورد بررسی مشاهده گردید (شکل‌های ۴، ۵ و ۶).

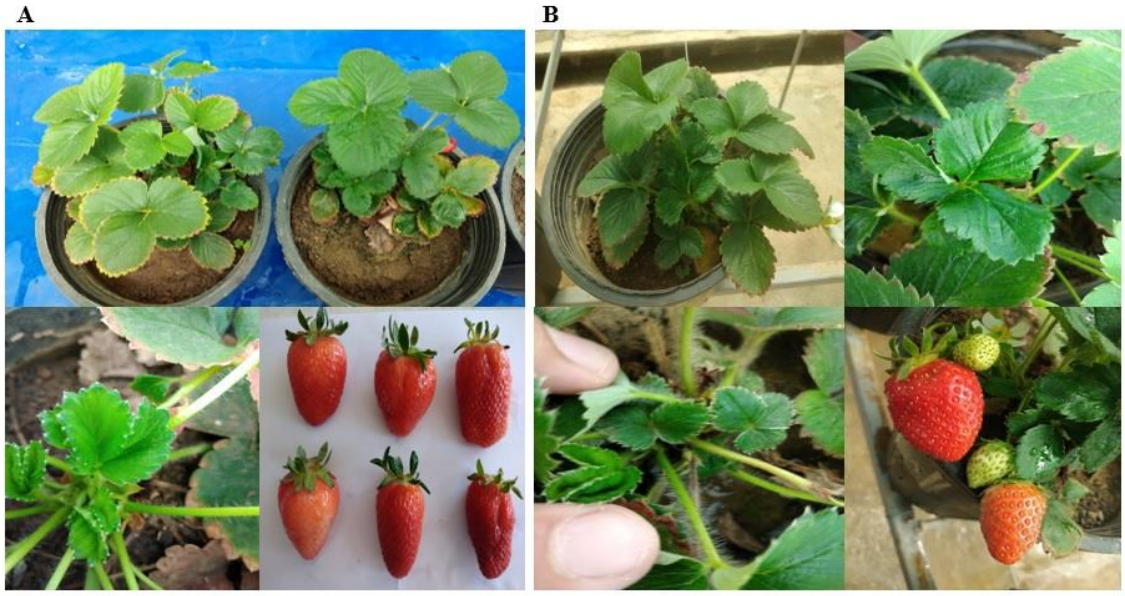
گروه‌بندی ارقام مورد بررسی در این مطالعه بر اساس صفات مهم عملکرد، اجزاء عملکرد و جمعیت نهایی نماتد توسط تجزیه خوشه‌ای به روش Ward انجام پذیرفت (شکل ۳). نتایج حاصل از گروه‌بندی با نتایج مقایسه میانگین داده‌ها هم‌خوانی قابل قبولی داشت. ارقام مورد بررسی به چهار گروه عمده تفکیک شدند، گروه اول شامل شش رقم، کوئین‌الیزا، کاماروسا، کراسنی‌برگ، سلوا، مرک و پاروس بوده که با توجه به نتایج تجزیه و تحلیل آماری، اکثر ارقام در این گروه بیشترین سطح عملکرد و اجزاء عملکرد و هم‌چنین کم‌ترین جمعیت نهایی نماتد را نسبت به سایر گروه‌ها نشان دادند، به‌طوری‌که می‌توان آن‌ها را به عنوان میزبان‌های ضعیف *A. besseyi* در نظر گرفت. ارقام کردستان، آروماس و آلیسو نیز در گروه دیگر قرار گرفتند. در این گروه نیز بیشترین میزان عملکرد و اجزاء عملکرد و هم‌چنین کم‌ترین جمعیت نهایی نماتد را نسبت به ارقام یالووا، چندلر و میشنری مشاهده گردید. ارقام یالووا و چندلر نیز در گروه یکسان قرار گرفتند. در این ارقام نیز بیشترین میزان عملکرد و اجزاء عملکرد و هم‌چنین کم‌ترین جمعیت نهایی نماتد را نسبت به سایر گروه‌های ذکر شده نشان دادند. رقم میشنری نیز در گروه جداگانه قرار گرفت و با توجه به میزان جمعیت نهایی نماتد و هم‌چنین عملکرد سایر صفات زایشی به عنوان مستعدترین میزبان *A. besseyi* شناخته شد. گروه‌بندی ارقام نیز بر

اساس صفات رویشی و جمعیت نهایی نماتد انجام پذیرفت، اما نتایج آن با نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها و هم‌چنین گروه‌بندی ارقام بر اساس صفات عملکرد، اجزاء عملکرد و جمعیت نهایی نماتد، کم‌ترین میزان هم‌خوانی را نشان داد و ارقام به خوبی تفکیک نگردیدند.

جدول ۶- ارزیابی ۱۲ رقم توت‌فرنگی مایه‌زنی شده با *Aphelenchoides besseyi* بر اساس فاکتور تولیدمثل نماتد.

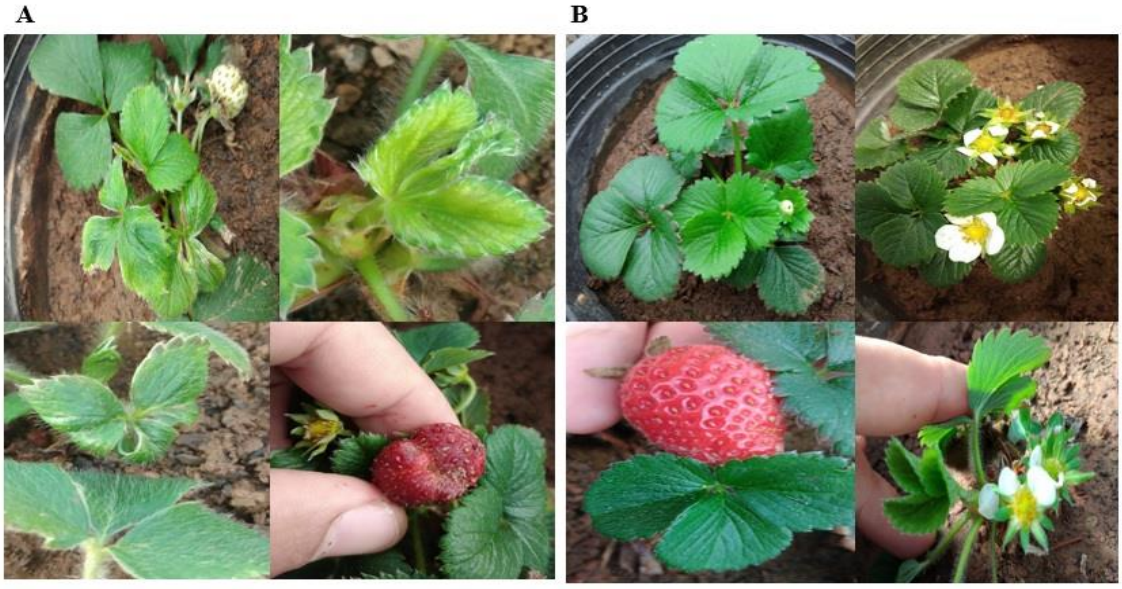
Table 6. Evaluation of 12 strawberry cultivars inoculated with *Aphelenchoides besseyi* based on reproduction factor of nematode.

Cultivars	Reproduction factor (RF = Pf/Pi)	Scale	Reaction (Host response based on RF)
Krasnayy berg	2.45 ^{j}	2.1-4	poor host
Queen Elisa	2.96 ^{hi}	2.1-4	poor host
Selva	2.62 ^{ij}	2.1-4	poor host
Camarosa	3.11 ^{gh}	2.1-4	poor host
Mrak	3.39 ^{fg}	2.1-4	poor host
Paros	3.54 ^{f}	2.1-4	poor host
Kurdistan	4.27 ^{e}	4.1-6	relatively poor host
Aromas	4.47 ^{de}	4.1-6	relatively poor host
Aliso	4.76 ^{d}	4.1-6	relatively poor host
Yalova	6.73 ^{c}	6.1-8	relatively suitable host
Chandler	7.20 ^{b}	6.1-8	relatively suitable host
Missionary	9.04 ^{a}	8.1-10	suitable host



شکل ۴. رقم کاماروسا. A: گیاه آلوده شده به *Aphelenchoides besseyi* B: شاهد (گیاه سالم).
شرح علائم: بدشکلی جزئی در میوه‌ها در مقایسه با بوته‌های شاهد.

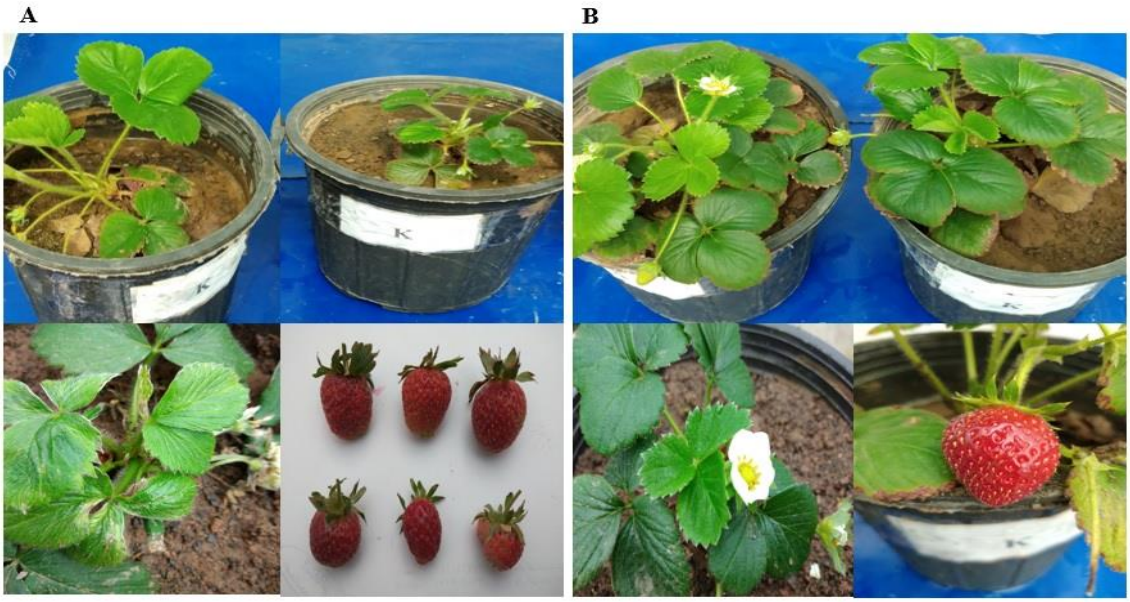
Fig 4. Camarosa cultivar. A: Plant inoculated with *Aphelenchoides besseyi*, B: Control (healthy plant). Symptoms description: Slight deformation of fruits compared to control plants.



شکل ۵. رقم کردستان. **A**: گیاه آلوده شده به ***Aphelenchoides besseyi*** **B**: شاهد (گیاه سالم).

شرح علائم: کاهش ارتفاع و رشد عمومی بوته‌ها، بدشکلی و کاهش اندازه در میوه‌ها و بد شکلی برگ‌ها در مقایسه با بوته‌های شاهد

Fig 5. Kurdistan cultivar. A: Plant inoculated with *Aphelenchoides besseyi*, B: Control (healthy plant). Symptoms description: Decrease in the height and general growth of the plants and deformity and decrease in the size of the fruits and deformity of leaves compared to the control plants.



شکل ۶. رقم چندلر. **A**: گیاه آلوده شده به ***Aphelenchoides besseyi*** **B**: شاهد (گیاه سالم).

شرح علائم: کاهش ارتفاع و رشد عمومی بوته‌ها، بدشکلی و کاهش اندازه در میوه‌ها و بد شکلی برگ‌ها در مقایسه با بوته‌های شاهد

Fig 6- Chandler cultivar. A: Plant inoculated with *Aphelenchoides besseyi*, B: Control (healthy plant). Symptoms description: Decrease in the height and general growth of the plants and deformity and decrease in the size of the fruits and deformity of leaves compared to the control plants.

بحث

به دلیل اهمیت خسارت اقتصادی ناشی از *A. besseyi* در مزارع توت‌فرنگی در دنیا (Desaeger & Noling 2017) شناسایی دقیق این نماتد بر اساس صفات ریختی و هم‌چنین روش مولکولی انجام شد. با تطبیق صفات مهم ریخت‌شناختی با منابع شناسایی معتبر، جمعیت‌های جمع‌آوری شده از مزارع توت‌فرنگی استان کردستان به عنوان *A. besseyi* شناسایی گردید، که با توصیف فورچونر (Fortuner 1970) و گزارش اولیویرا و همکاران (Oliveira *et al*. 2019) مطابقت دارد. این گونه علاوه بر داشتن زائده کوتیکولی ستاره‌ای شکل در انتهای دم، به‌واسطه سایر صفات مهم از دیگر گونه‌های بیمارگر این جنس (*A. fragariae*، *A. blastophthorus*، *A. subtenuis* و *A. ritzemabosi*) که از توت‌فرنگی گزارش شده‌اند، تفکیک گردید. به‌طوری‌که، طول کیسه عقبی رحم در *A. besseyi* همیشه کمتر از یک سوم فاصله میان فرج تا مخرج است اما در سایر گونه‌ها طول کیسه عقبی رحم از فاصله ذکر شده، بلندتر است. شکل دم در *A. besseyi* مخروطی بوده و شبیه به *A. blastophthorus* است اما نسبت به دو گونه *A. fragariae* و *A. ritzemabosi* طول دم کوتاه‌تر بوده و شکل دم در این دو گونه متمایل به مخروطی بلند است. منفذ دفعی-ترشحی در *A. besseyi* معمولاً نزدیک به لبه جلویی حلقه عصبی قرار دارد، درحالی‌که در سایر گونه‌ها، هم‌سطح یا عقب‌تر از حلقه عصبی قرار گرفته است. اسپیکول در *A. besseyi*، فاقد زائده پشتی در قسمت انتهایی است اما در سایر گونه‌ها دارای زائده پشتی یا شکمی نسبتاً توسعه یافته در قسمت انتهایی هستند. هم‌چنین *A. besseyi* با داشتن کیسه عقبی رحم کوتاه‌تر، داشتن چهار شیار طولی در سطوح جانبی، داشتن زائده کوتیکولی انتهایی ستاره‌ای شکل و ناحیه لبی کمتر گسترش یافته، از *A. fragariae* ممتایز می‌شود. هم‌چنین به‌دلیل داشتن کیسه عقبی رحم کوتاه‌تر و قرار گرفتن منفذ دفعی-ترشحی نزدیک به لبه جلوی حلقه عصبی از *A. ritzemabosi* و داشتن زائده انتهایی ستاره‌ای شکل و کوتاه بودن کیسه عقبی رحم از *A. subtenuis*، قابل تفکیک است. نتایج حاصل از واکاوی مولکولی با نتایج اولیویرا و همکاران (Oliveira *et al*. 2019) هم‌خوانی داشت.

با توجه به این که مفهوم مقاومت در تعامل گیاه با نماتد، مرتبط با توانایی گیاه در جلوگیری از توسعه و یا تولیدمثل نماتد می‌باشد (Sasser *et al*. 1984)، بنابراین با بررسی جمعیت نهایی نماتد که بیان‌گر میزان واکنش گیاه میزبان به نماتد است، می‌توان به صورت نسبی میزان حساسیت و یا مقاومت ارقام مختلف نسبت به نماتدهای بیمارگر را بررسی نمود (Luzzi *et al*. 1987). از این‌رو اظهار شده است که با افزایش نرخ تولیدمثل و یا جمعیت نهایی *A. besseyi* در ارقام حساس نسبت به ارقام دارای مقاومت بالاتر، میزان عملکرد و هم‌چنین سایر فاکتورهای مهم رویشی و عملکردی در گیاه می‌تواند به‌طور چشم‌گیری کاهش یابد (Desaeger & Noling 2017). نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که میزان تولیدمثل *A. besseyi*، به‌طور قابل‌توجهی تحت تأثیر واکنش ارقام قرار گرفته است و هم‌چنین ارقام واکنش‌های متفاوت و معنی‌داری نسبت به یکدیگر نشان دادند. ارقام با مقاومت بالاتر (سلوا، کاماروسا، کراسنی‌برگ، کوئین‌الیزا، مرک و پاروس) احتمالا با فعال شدن سازوکارهای دفاعی مختلف از توسعه و تکثیر نماتد ممانعت می‌کنند به‌طوری‌که اختلاف در واکنش آن‌ها از نظر آماری نشان‌دهنده تفاوت ژنتیکی میان ارقام مورد بررسی در آلودگی با *A. besseyi* می‌باشد. اوپادایا و همکاران (Upadhaya *et al*. 2019) و حاجی‌حسنی و همکاران (Hajihassani *et al*. 2016) در مطالعات جداگانه نشان دادند که نرخ تولیدمثل *Paratylenchus nanus* و *Ditylenchus dipsaci* در میزبان‌های خود با توجه به نوع رقم و وجود تفاوت‌های

ژنتیکی میان آن‌ها می‌تواند متفاوت باشد. نرخ تولیدمثل و یا جمعیت نهایی نماتد می‌تواند وابسته به تراکم جمعیت اولیه نماتد باشد (Upadhaya *et al*. 2019). پایین بودن جمعیت نهایی نماتد در برخی ارقام مورد بررسی در این مطالعه، ممکن است علاوه بر مکانیسم دفاعی در ارقام، به دلیل رقابت درون گونه‌ای نماتد جهت دست‌یابی به مکان تغذیه‌ای و افزایش نسبت افراد نر به ماده باشد که در نهایت می‌تواند منجر به کاهش نرخ تولیدمثل شود. هم‌چنین با توجه به سن گیاه در زمان نمونه‌داری ممکن است به دلیل تغییر در متابولیسم و یا فیزیولوژی گیاه، تکثیر نماتد محدود شده باشد (Brinkman *et al*. 2005, Duncan & Ferris 1983, Hajihassani *et al*. 2016). با توجه به انگل سطحی بودن و محل فعالیت *A. besseyi* (اندام‌های هوایی گیاه)، ممکن است نماتد تحت تأثیر تنش‌های مختلف محیطی قرار گرفته و جمعیت آن کاهش یابد.

با عنایت به این‌که عملکرد نهایی گیاه نتیجه مشارکت اجزاء عملکرد می‌باشد، بنابراین تغییرات در صفات مربوط به اجزاء عملکرد از جمله تغییر در تعداد گل‌آذین، تعداد گل و میوه در بوته و هم‌چنین وزن میوه، در شرایط تنش حاصل از آلودگی با *A. besseyi* می‌تواند میزان عملکرد نهایی گیاه را کاهش دهد. از این‌رو بررسی صفات مربوط به اجزاء عملکرد که همبستگی مثبتی با میزان عملکرد دارد، حائز اهمیت است. نتایج حاصل از این مطالعه نیز نشان‌دهنده همبستگی مثبت اجزاء عملکرد با عملکرد نهایی در ارقام مورد بررسی بوده است. نتایج نشان داد، که ارقام با حساسیت بالاتر (میشنری، چندلر و یالووا) با تأثیرپذیری منفی از تنش ایجاد شده توسط *A. besseyi*، به دلیل کاهش تعداد گل و میوه در بوته، وزن میوه، هم‌چنین ضریب تبدیل گل به میوه، از عملکرد نهایی پائین‌تری نسبت به ارقام دارای مقاومت بالاتر برخوردار بودند.

با توجه به نتایج، ارقام مورد ارزیابی از لحاظ صفات رویشی واکنش‌های متفاوتی را بروز دادند به‌طوری‌که بیشترین تأثیرپذیری در ارقام دارای حساسیت مشاهده شد. با توجه به نتایج مطالعه، به نظر می‌رسد که در رابطه با بررسی واکنش ارقام توت‌فرنگی نسبت به *A. besseyi*، می‌توان صفات عملکرد، اجزاء عملکرد گیاه و به خصوص فاکتور تولیدمثل نماتد را که نقش مهمی در فرآیندهای رشدی گیاه دارند، به عنوان معیاری مناسب جهت ارزیابی پاسخ‌های مرتبط با مقاومت و حساسیت ارقام توت‌فرنگی در برابر تهاجم این نماتد لحاظ کرد. بر این اساس می‌توان پیشنهاد داد که ارقام کوئین‌الیزا، کاماروسا، سلوا، کراسنی‌برگ، پاروس و مرک به عنوان میزبان‌های ضعیف و ارقام آروماس، آلیسو و کردستان به عنوان میزبان‌های نسبتاً ضعیف، ارقام چندلر و یالووا به عنوان میزبان‌های نسبتاً مناسب و نیز رقم میشنری به عنوان مستعدترین میزبان نسبت به *A. besseyi*، لحاظ شود. اغلب مطالعات در دنیا محدود به ارزیابی ارقام توت‌فرنگی در تعامل با گونه‌های جنس‌های *Pratylenchus*، *Meloidogyne* و *Heterodera* بوده است (Brum *et al*. 2019, Freitas *et al*. 2016, Pinkertion & Finn 2005) و در رابطه با واکنش ارقام مختلف توت‌فرنگی نسبت به *A. besseyi* مطالعه‌ای صورت نگرفته است که بتوان نتایج این پژوهش را با آن‌ها مقایسه کرد. با توجه به اختلاف در ماهیت بیماری‌زایی گونه‌های مختلف نماتدهای بیمارگر و هم‌چنین بروز سازوکار مقاومتی مختلف در ارقام توت‌فرنگی و نیز شرایط انجام آزمایش‌ها، ممکن است نتایج مطالعات مختلف متناقض باشند. به عنوان مثال، با توجه به نتایج حاصل از این بررسی رقم چندلر در واکنش به *A. besseyi* به عنوان یک رقم نسبتاً مناسب شناسایی گردید، اما در نتایج نیلام و لقمان‌خان (Neelam & Luqman Khan 2013) رقم چندلر جزء ارقام مقاوم در تعامل با *M. incognita* گزارش شده است و در یک نتیجه مشابه رقم کاماروسا به عنوان یک رقم دارای مقاومت نسبی در تعامل

با دو گونه *M. ethiopica* و *M. enterolobii* گزارش شده است (Freitas *et al*. 2016, Somavill *et al*. 2006). هم‌چنین پین‌کرتیون و فین (Pinkertion & Finn 2005)، با ارزیابی واکنش بیش از ۳۰ ژنوتیپ توت‌فرنگی در برابر *M. hapla*، مشاهده کردند که اکثر ارقام از جمله رقم کاماروسا نسبت به این نماتد مقاوم هستند که با نتایج ما در مورد این رقم در برابر *A. besseyi* مطابقت دارد. هم‌چنین بروم و همکاران (Brum *et al*. 2019) با ارزیابی واکنش هشت رقم تجاری توت‌فرنگی (فستیوال, سان‌آندرس، مونتری، آلبیون، آروماس، کامینورئال، سوگراند و کاماروسا) نسبت به گونه‌های دو جنس *Meloidogyne* و *Pratylenchus*، پس از بررسی فاکتور تولیدمثل و یا جمعیت نهایی نماتد گزارش دادند که اکثر ارقام نسبت به شش گونه *Pratylenchus brachyurus*، *P. zeae*، *M. hapla*، *M. incognita*، *M. arenaria* و *M. javanica*، مقاوم یا ایمن هستند. آن‌ها اظهار داشتند که رقم آروماس نسبت به گونه‌های مورد ارزیابی، بیشتر مقاوم بود درحالی‌که در نتایج ما به عنوان یک رقم نسبتاً ضعیف شناخته شد. هم‌چنین نتایج آن‌ها نشان داد که رقم کاماروسا دارای واکنش‌های متفاوتی نسبت به گونه‌های نماتدهای مختلف می‌باشد. بنابراین با توجه به این نتایج، بررسی شاخص‌های تولیدمثل نماتد به عنوان ارزیابی اولیه جهت دست‌یابی به ارقام مقاوم در برنامه مدیریت نماتدهای بیمارگر گیاهی از جمله *A. besseyi* از اهمیت قابل توجهی برخوردار باشد.

به دلیل کمبود اطلاعات در ارتباط با واکنش ارقام مختلف توت‌فرنگی نسبت به آلودگی با *A. besseyi* در ایران و دنیا، ادامه بررسی‌های مزرعه‌ای و سنجه‌های مولکولی از جمله ژن‌های مربوط به مقاومت در ارقامی که به عنوان میزبان‌های ضعیف شناسایی شدند، ضروری می‌باشد.

References

منابع

Bernard G. C., Egnin M. and Bosi C. 2017. The impact of plant-parasitic nematodes on agriculture and methods of control. pp. 132-162. In: S. Manjur and M. Mahamood (Eds). Nematology-concepts, diagnosis and control. Intechopen, INTECH Publisheing.

Brinkman E. P., Duyts H. and Putten W. H. 2005. Competition between endoparasitic nematodes and effect on biomass of *Ammophila arenaria* (Marram grass) as affected by timing of inoculation and plant age. Nematology 7: 169-178.

Brum D. D., Marchi P. M., Gonçalves M. A., Cruz F., Antunes L. E. C. and Gomes C. B. 2019. Reaction of strawberry cultivars to root-knot and root lesion nematodes. Horticultura Brasileira 37: 065-068.

CABI. 2020. Datasheet. *Aphelenchoides besseyi* (rice leaf nematode). CABI Compendium. CAB International, UK.

Curi P. N., Peche P. M., Pio R., Caproni C. M. and Oliveira M. S. 2016. Relationship between production, nematodes and redness; in strawberries. Ciencia Rural 46: 1309-1315.

de Grisse A. T. 1969. Redescription ou modification de quelques techniques utilisees dans etude des nematodes phytoparasitaires. Medelingen van de Rijksfaculteit Landbow Wetenschappen Gent 34: 351-369.

Desaeger J. and Noling J. W. 2017. Foliar and bud nematodes in Florida strawberries. (ENY-068). Gainesville, USA, University of Folrida Institue of Food and Agricultural Sciences. Retrieved Form https://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN118400.Pdf.

Duncan L. W. and Ferris H. 1983. Validation of a model for prediction of host damage by two nematode species. Journal of Nematololgy 15: 227-234.

Fortuner R. 1970. On the morphology of *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 and *A. siddiqii* n. sp.

(Nematoda, Aphelenchoidea). Journal of Helminthology 44: 141-152.
Freitas V. M., Silva J., Gomes C., Castro J. and Carneiro R. 2016. Host status of selected cultivated fruit crops to *Meloidogyne enterolobii*. European Journal of Plant Pathology 147: 1-13.
Hajihassani A., Tenuta M. and Gulden R. H. 2016. Host preference and seedborne transmission of *Ditylenchus weischeri* and *Ditylenchus dipsaci* on selected pulse and non-pulse crops grown in the Canadian Prairies. Plant Disease 100: 1087-1092.
Jamali S., Pourjam A., Alizade A. and Alinia F. 2008. Reproduction of the white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942) in different monoxenic cultures. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 165- 171.
Kepenekci I. 2013. Rice white tip nematode (*Aphelenchoides besseyi*) in rice growing areas of Turkey. Nematropica 43: 181-185.
Luzzi B. M., Boerma H. R. and Hussey R. S. 1987. Resistance to three species of root-knot nematode in soybean. Crop Science 27: 258-262.
Mahdavian S. E .and Tanha Maafi Z. 2017. Determine the distribution of nematode infestation bud and leaf nematode of strawberry plants in Mazandaran Province, north of Iran. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology 6: 2236-2242
Neelam T. and Luqman Khan M. 2013. Evaluation of strawberry varieties for their resistance against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita.* Indian Journal of Nematology 43: 148-151.
Oliveira C. J., Subbotin S. A., Alvarez-Ortega S., Desaeger J., Brito J. A., Xavier K. V., Freitas L. G., Vau S. and Inserra R. N. 2019. Morphological and molecular identification of two Florida populations of foliar nematodes (*Aphelenchoides* spp.) isolated from strawberry with the description of *Aphelenchoides pseudogoodeyi* sp. n. (Nematoda: Aphelenchoididae) and notes on their bionomics. Plant Disease 103: 2825-2842.
Pinkertion J. and Finn C. E. 2005. Responses of strawberry species and cultivars to the root lesion and Northern root-knot nematodes. Hortscience 40: 33-38.
Rao J. 1985. Population build-up of whitetip nematode (*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942) in different monoxenic cultures. Oryzae 22: 45-49.
Sanwal K. C. 1961. A key to species of the nematode genus *Aphelenchoides* Fischer, 1984. Canadian Journal of Zoology 43.
Sasser J. N., Carter C. C. and Hartman K. M. 1984. Standardization of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes. North Carolina State University Graphics, USA. 7 p.
Shahina F. 1996. A diagnostic compendium of the genus *Aphelenchoides* Fischer, 1894 (Nematoda: Aphelenchida) with some new records of the group from Pakistan. Pakistan Journal of Nematology 14: 1-32.
Sjulin T. M. and Dale A. 1987. Genetic diversity of North American strawberry cultivars. Journal of the American Society for Horticultural Science 112: 375-386.
Somavill A. L., Gomes C. B., Oliveira R. P. and Carneiro R. 2006. Resistance of strawberry cultivars to the nematode *Meloidogyne ethiopica*, Whitehead, 1969. Nematologia Brasileira 30: 299-301.
Subbotin S. A., Oliveira C. J., Alvarez-Ortega S., Desaeger J., Crow W., Overstreet C., Leany R., Vau S. and Inserra, R. H. 2021. The taxonomic status of *Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942 (Nematoda: Aphelenchoididae) populations from the Southeastern USA, and description of *Aphelenchoides pseudobesseyi* sp. n. Nematology 23: 381-413.
Tanha Maafi Z. and Mahdavian S. E. 1996. Occurrence of *Aphelenchoides besseyi* on strawberry in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 32: 27-27.
Upadhaya A., Yan G. P. and Pasche J. 2019. Reproduction ability and growth effect of pin nematode, *Paratylenchus nanus*, with selected field pea cultivars. Plant Disease 10: 2520-2526.
Walters S. A. Wehner T. C. and Barker K. R. 1999. Greenhouse and field resistance in cucumber to root-knot nematodes. Nematology 1: 279-284.
Whitehead A. G. and Hemming J. R. 1965. A comparison of some quantitative methods of extracting small vermiform nematodes from soil. Annals of Applied Biology 55: 25-38.
Xu X. Qing X. Xie J. L. Yang F. Peng Y. L. and Ji H. L. 2020. Population structure and species delimitation

of rice white tip nematode, *Aphelenchoides besseyi* (Nematoda: Aphelenchoididae), in China. Plant Pathology 69: 159-167.