بررسی ترجیح میزبانی و تأثیر سطوح مختلف جمعیّت *Helicotylenchus digitiformis* بر برخی از گیاهان زراعی*

Host preference and effect of different population levels of *Helicotylenchus digitiformis* on some field crops

لیلا کاشی نهنجی، اکبر کارگربیده** و حبیب‌الله حمزه‌زرقانی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۳/۳۰)

چکیده

ترجیح میزبانی نماتد *Helicotylenchus digitiformis* Ivanova, 1967، در دو آزمون مجزا، با جمعیت‌های اولیه ۱/۴۹ و ۴/۳۳ نماتد در گرم خاک، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط گلخانه انجام شد. نتایج نشان داد که همه گیاهان مورد آزمایش، شامل پنبه (دلتاپاین ۱۶)، چغندرقند (Pb8)، چمن (اسپورت)، ذرت (هیبرید ۷۰۴)، شبدر (ایرانی)، طالبی (سمسوری)، کلزا (طلایی)، گندم (شیراز)، گوجه‌فرنگی (راتگرز) و یونجه (همدانی)، میزبان این نماتد هستند، اما بالاترین فاکتور تولیدمثل و جمعیت نهایی نماتد مربوط به پنبه و ذرت بود. همچنین به منظور تعیین سطوح جمعیت خسارت‌زای گونه *H. digitiformis* روی هر یک از گیاهان ذرت (هیبرید ۷۰۴) و پنبه (رقم دلتاپاین ۱۶) دو آزمون جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، با جمعیت مزرعه‌ای، نصف جمعیت مزرعه‌ای و شاهد، به ترتیب با ۴/۳۳، ۲/۱۶ و صفر نماتد در گرم خاک، با شش تکرار در شرایط گلخانه و میکروپلات انجام شد. نتایج نشان داد که تیمارهای جمعیت مزرعه‌ای و نصف جمعیت مزرعه‌ای در شرایط میکروپلات و تیمار جمعیت مزرعه‌ای در شرایط گلخانه باعث کاهش معنی‌دار اکثر شاخص‌های رشدی گیاه ذرت نسبت به شاهد گردیدند. با وجود تکثیر نماتد بر روی رقم دلتاپاین ۱۶ پنبه و داشتن فاکتور تولیدمثل بالاتر از یک در تیمارهای دارای نماتد، هیچ‌یک از سطوح جمعیتی در شرایط گلخانه و میکروپلات کاهش معنی‌داری بر روی شاخص‌های رشدی گیاه نسبت به شاهد ایجاد نکرده و به نظر می‌رسد رقم مذکور در شرایط آزمون‌های انجام شده نسبت به سطوح جمعیتی نماتد متحمل باشد. همچنین آزمون مشابهی روی دو رقم گندم پیشتاز و شیراز، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار در شرایط میکروپلات انجام گردید. از بین چهار سطوح جمعیت ۱/۴۹، ۰/۷۵، ۰/۵۰ و صفر نماتد در گرم خاک تنها تیمار دارای ۱/۴۹ نماتد در گرم خاک روی اکثر شاخص‌های رشدی رقم پیشتاز مؤثر بوده و کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد ایجاد نمود.

کلیدواژه: نماتد انگل گیاهی، دامنه میزبانی، فاکتور تولیدمثل، گندم، ذرت، پنبه

---

* بخشی از پایان‌نامه دکتری نگارنده اول، ارائه شده به دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

** مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: karegar@shirazu.ac.ir

۱ - به ترتیب دانش‌آموخته دکتری، استاد و استادیار بیماری‌شناسی گیاهی بخش گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

Host preference and effect of different population levels of *Helicotylenchus digitiformis* on some field crops*

L. KASHI, A. KAREGAR and H. HAMZEH-ZARGHANI[1]**

(Received: 20.12.2014; Accepted: 20.6.2015)

Abstract

Host preference of *Helicotylenchus digitiformis* Ivanova, 1967 on 10 common field crops including cantaloupe (Samsuri), canola (Golden), clover, corn (704-Hybrid), cotton (Deltapine 16), lucerne (Hamedani), sugar beet (Pb8), tomato (Rutgers), turf grass (Sport) and wheat (Shiraz) was studied in two separate trials. Tests were performed in randomized complete block designs, with initial field populations of 1.49 and 4.33 nematodes/g of soil, under greenhouse conditions. The results showed that all plants are hosts for the nematode but the highest final population and reproduction factor were happened on the cotton (Deltapine 16) and corn (hybrid 704). In addition, to determine the damaging levels of the nematode on corn (hybrid 704) and cotton (Deltapine 16), two tests were conducted in randomized complete block designs with initial field population, ½ field population and control (4.33, 2.16 and Zero nematodes/g of soil, respectively) and six replicates, under greenhouse and microplot conditions. The results showed that all of the field populations under greenhouse conditions and treatments with nematode under microplot conditions caused significantly decreases in most of growth indices of corn plants. Nevertheless, the nematode population has not any significant effect on the growth indices of cotton, although the nematode multiplied on it and reproduction factor was more than one. Also, similar tests were carried out on two local wheat cultivars (Shiraz and Pishtaz), with field population, ½ field population, 1/3 field population and control (1.49, 0.75, 0.50 and Zero nematodes/g of soil, respectively) in a randomized complete block design with five replicates, under microplot conditions. Results showed that only the field population significantly caused decreases in most of growth indices of wheat (Pishtaz).

Keywords: Plant parasitic nematode, host range, reproduction factor, cotton, corn, wheat

---

* Part of Ph.D. Thesis of The First Author Submitted to College of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

**Corresponding author's E-mail: karegar@shirazu.ac.ir

1. Former Ph.D. Student, Prof. and Assis. Prof. of Plant Pathol., College of Agric., Shiraz Univ., Shiraz, Iran.

مقدمه

نماتدهای جنس *Helicotylenchus* که به آن‌ها نماتدهای مارپیچی نیز اطلاق می‌شود، از نظر اهمیت و میزان خسارت وارده به گیاهان پس از نماتدهای مهمی از قبیل *Meloidogyne*، *Pratylenchus* و *Heterodera* رتبه دهم جهانی را به خود اختصاص داده است (Sasser 1989). اکثر گونه‌های این جنس انگل سطحی ساکن ریشه بوده و می‌توانند از یک سلول منفرد بخش‌های عمیق بافت کورتکس گیاه میزبان، به مدت طولانی از چند دقیقه تا چند روز تغذیه کرده و ایجاد نکروز نمایند. برخی از آن‌ها انگل داخلی بوده و درون ریشه فعالیت می‌کنند. تعدادی نیز انگل سطحی مهاجر هستند. گونه *H. multicinctus* پس از *Radophulus similis* یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش محصول موز محسوب شده و خسارتی در حدود ۱۹ تا ۳۴ درصد وارد می‌کند (Krall 1990, Siddiqi 1972, 2000).

نماتدهای مارپیچی یکی از عوامل اصلی زردی و کاهش رشد چمن در فضای سبز و زمین‌های ورزشی هستند. گزارشات متعددی از زردی چمن و ارتباط آن با گونه‌هایی نظیر *H. pseudorobustus*، *H. digonicus*، *H. erythrinae*، *H. dihystera*، *H. varicaudatus* و *H. jojutlensis* در نقاط مختلف دنیا وجود دارد (Zavaleta-Mejia & Sosa-Moss 1979, Krall 1990, Sikora *et al.* 1999). رایج‌ترین گونه این جنس *H. dihystera* است که از طیف وسیعی از گیاهان زراعی، باغی، سبزی، صیفی، زینتی و غیرمثمر به صورت سطحی ساکن تغذیه کرده و خسارت وارد می کند. *H. pseudorobustus* به عنوان دومین گونه رایج این جنس یکی از عوامل کاهش محصول ذرت در ایالت ایوای آمریکا محسوب می‌گردد. حساسیت ارقام مختلف ذرت نسبت به این نماتد متفاوت است. اما هیچ یک از ارقام نسبت به این نماتد کاملاً مقاوم نیستند و بیشتر از یک نماتد در گرم خاک باعث توقف رشد ذرت می‌شود (Norton & Nyvall 2011). در آزمایشی که جهت تعیین دامنه میزبانی این گونه در بین ۱۵ گونه از گیاهان مرتعی صورت گرفت، مشخص گردید که این نماتد تنها روی Schreb *Festuca arundinacea* تکثیر شده و فاکتور تولیدمثل در آن بیشتر از یک بود (Davis *et al.* 2004). همچنین با وجود پلی‌فاژ بودن این گونه، گزارشاتی از مقاومت دو رقم وحشی ذرت (*Zea diplopernnis* و *Z. mexicana*) نسبت به *H. pseudorobustus* و *Pratylenchus brachyorus* وجود دارد (McDonald & Nicol 2005).

در حال حاضر تنها ۳۳ گونه از این جنس از مزارع و باغ‌ها در مناطق مختلف ایران گزارش شده است (Ghaderi *et al.* 2012, Kashi & Karegar 2014a, 2014b, 2014c). وجود گونه‌های جنس *Helicotylenchus* در کشور اکثراً از طریق گزارشات کوتاه علمی مشخص شده و مطالعه‌ای در مورد بیماری‌زایی، سطح جمعیت‌های بیماری‌زا و میزان خسارت آن‌ها صورت نگرفته است. از طرف دیگر مطالعات کمی در مورد بیماری‌زایی گونه‌های این جنس در جهان صورت گرفته است. لذا با توجه به دامنه وسیع میزبانی، نحوه تغذیه و خسارت این گروه از نماتدها، در این تحقیق ترجیح میزبانی و تأثیر سطوح مختلف جمعیّت *H. digitiformis*، بر شاخص‌های رشدی گیاهان مهم زراعی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه گونه یاد شده از مناطق مختلف کشور و از میزبان‌های متفاوت از قبیل چمن (شیراز-باجگاه، تفت، تهران، اهواز، داراب، ایوانکی)، یونجه (میبد)، خرما (زاهدان)، مو (میمند)، زالزالک (یاسوج)، گز (میبد)، سرو نقره‌ای (تفت)، شاه‌پسند (داراب)، کاردی (میبد) و برخی علف‌های هرز گرامینه

(نمک‌آبرود، میمند) جمع‌آوری گردید.

مواد و روش‌های بررسی

استخراج و تعیین جمعیّت اولیه نماتد

پس از انجام آزمون‌های متفاوت جهت تأمین جمعیت خالص نماتد با استفاده از دیسک هویج و ریشه ذرت و چمن و عدم تکثیر آن به مقدار مورد نیاز، از خاک سیلتی-رسی (۴۶/۴٪ رس، ۴۶٪ شن و ۹/۶٪ سیلت) دو محل مختلف از چمن فضای سبز دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز (خاک شماره ۱ و ۲)، که حاوی جمعیت نسبتاً بالایی از گونه *H. digitiformis* بود استفاده گردید. برای تعیین جمعیّت اولیه، سه نمونه‌ی ۱۰۰ میلی‌لیتری از کل خاک مورد نظر پس از چندین بار مخلوط کردن، انتخاب شده و نماتدهای هر نمونه با استفاده از روش سینی (Whithead & Hemming 1965) و در دمای آزمایشگاه (۲۳-۲۶°C) استخراج گردید. سپس نماتدها با استفاده از استرئومیکروسکپ در سه تکرار شمارش شده و میانگین آن‌ها به عنوان جمعیّت اولیه در نظر گرفته شد. برای تعیین نرخ استخراج نماتد از خاک مورد نظر به روش سینی، ۱۰۰ نماتد از *Helicotylenchus* به ۱۰۰ سانتی متر مکعب خاک اتوکلاو شده که عاری از هر گونه نماتد زنده بود اضافه شده و ۴۸ ساعت پس از نگهداری در دمای آزمایشگاه، نماتدهای استخراج شده شمارش گردید. این آزمون در سه تکرار انجام شده و میانگین درصد آن‌ها به عنوان نرخ استخراج در نظر گرفته شد. نماتدهای استخراج شده به روش تکمیل شده دگریسه (de Grisse 1969) به گلیسیرین رسانیده شده، سپس به طور تصادفی از ۱۰۰ عدد نماتد اسلاید میکروسکوپی تهیه گردید. برای شناسایی گونه‌ها از میکروسکوپ مجهز به دوربین دیجیتالی و منابع علمی استفاده شد.

تعیین مشخصات میکروبی خاک

ویژگی‌های میکروبی خاک مورد استفاده برای آزمون‌های بیماری‌زایی از نظر وجود سایر نماتدها (غیر از *H. digitiformis*)، قارچ‌ها و باکتری‌ها در آزمایشگاه‌های بخش گیاه‌پزشکی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز و مقدار عناصر غذایی میکرو و ماکرو آن در آزمایشگاه بخش خاکشناسی تعیین گردیده و طی مراحل کاشت و داشت گیاهان، از عناصر مورد نیاز توصیه شده استفاده شد.

آزمون‌های ترجیح میزبانی *H. digitiformis*

جهت تعیین ترجیح میزبانی *H. digitiformis*، ده گیاه مختلف که در منابع به عنوان میزبان از آن‌ها یاد شده بود (Krall 1990, Siddiqi 1972, 1973, Fortuner 1987, 1991, Fortuner *et al.* 1981, 1984)، شامل پنبه (دلتاپاین ۱۶)، چغندرقند (Pb8)، چمن (اسپورت)، ذرت (هیبرید ۷۰۴)، شبدر (ایرانی)، طالبی (سمسوری)، کلزا (طلایی)، گندم (شیراز)، گوجه‌فرنگی (راتگرز) و یونجه (همدانی) انتخاب گردید. آزمون در دو سال متوالی، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط گلخانه و با استفاده از گلدان‌های ۲/۵ کیلوگرمی انجام گردید.

آزمون نوبت اول با شش تکرار و جمعیت اولیه ۱/۴۹ نماتد در گرم خاک (خاک شماره ۱)، در فاصله زمانی ۹۰/۰۸/۲۰ تا ۹۰/۱۱/۲۰ (به مدت ۹۳ روز) و آزمون دوم با پنج تکرار و جمعیت اولیه ۴/۳۳ نماتد در گرم خاک (خاک شماره ۲)، در فاصله زمانی ۹۱/۰۴/۱۸ تا ۹۱/۰۸/۲۰ (به مدت ۱۲۶ روز) انجام شد. میانگین دمایی دو آزمایش به ترتیب ۲۴/۵°C (با مینیمم ۱۹/۵ و ماکزیمم ۳۰) و ۲۴/۰°C (با مینیمم ۱۹/۵ و ماکزیمم ۲۹) بود و گلدان‌ها متناسب با

نیاز آبی، آبیاری شدند.

آزمون‌های بررسی اثر جمعیّت‌های مختلف *H. digitiformis* بر فاکتورهای مختلف رشدی گیاهان زراعی رایج در شرایط گلخانه و میکروپلات

از بین گیاهان مورد استفاده در آزمون‌های ترجیح میزبانی نماتد، سه گیاه ذرت، پنبه و گندم که هم جزء گیاهان رایج زراعی محسوب شده و هم *H. digitiformis* به خوبی روی آن‌ها تکثیر شده بود، جهت انجام آزمون‌های تأثیر سطوح مختلف جمعیّت نماتد بر شاخص‌های گیاهی انتخاب گردید.

الف) ذرت (هیبرید ۷۰۴): در دو آزمون جداگانه که در شرایط گلخانه و میکروپلات به طور همزمان در فاصله زمانی ۹۱/۰۴/۱۸ تا ۹۱/۰۸/۲۰ (به مدت ۱۲۵ روز) انجام شد، اثر سه سطح جمعیّتی نماتد (جمعیّت مزرعه‌ای با ۴/۳۳، نصف جمعیّت مزرعه با ۲/۱۶ نماتد در هر گرم خاک و تیمار بدون نماتد به عنوان شاهد)، بر روی شاخص‌های مختلف رشدی و زایشی ذرت (هیبرید ۷۰۴) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شش تکرار مورد بررسی قرار گرفت. جهت تهیه نصف جمعیت مزرعه، بخشی از خاک آلوده مورد استفاده، سترون شده و به نسبت مساوی با خاک آلوده غیرسترون مخلوط گردید. در مورد شاهد از خاک سترون شده استفاده گردید. ابتدا در هر گلدان سه عدد بذر کشت شد و پس از سبزشدن، دو عدد از آن‌ها در مرحله گیاهچه حذف گردید. گلدان‌های مورد استفاده ۱۲ کیلویی بوده و متناسب با نیاز آبی به ترتیب در شرایط میکروپلات و گلخانه هفته‌ای یک‌بار و هر سه روز یک‌بار آبیاری شدند. میانگین دما در مدت زمان اجرای آزمون‌ها برای شرایط گلخانه ۲۴/۰°C و میکروپلات ۲۰/۴°C ثبت گردید. گلدان‌ها در آزمون میکروپلات درون خاک قرار داده شدند. در پایان علاوه بر فاکتور تولیدمثل و جمعیّت نهایی نماتد، شاخص‌های طول بوته، وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه، طول، وزن تر و خشک و تعداد دانه در بلال و نیز وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد.

ب) پنبه (رقم دلتاپاین ۱۶): دو آزمون مجزا، مشابه با آزمون‌های انجام شده روی ذرت (هیبرید ۷۰۴)، بر روی پنبه انجام شد با این تفاوت که مدت زمان اجرای آزمون ۱۳۶ روز (۹۱/۰۴/۱۸ تا ۹۱/۰۹/۱) و میانگین دما در مدت زمان اجرای آزمون، ۲۳/۸°C و ۱۹/۵°C به ترتیب برای شرایط گلخانه و میکروپلات بود. نهایتاً علاوه بر فاکتور تولیدمثل و جمعیّت نهایی نماتد، شاخص‌های طول بوته، وزن خشک بخش‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه و تعداد و وزن خشک غوزه‌ها اندازه‌گیری شد. از آنجا که به هنگام برداشت، همه غوزه‌ها باز نشده بودند و اختلاف وزن غوزه‌های باز شده و باز نشده زیاد بوده و خطا ایجاد می‌کرد از محاسبه وزن تر غوزه‌ها صرف نظر گردید.

ج) گندم (رقم‌های شیراز و مرودشت): این آزمون در شرایط میکروپلات در فاصله زمانی ۹۰/۰۸/۲۰ تا ۹۱/۰۴/۲۰ (به مدت هشت ماه)، انجام شده و اثر چهار سطح جمعیّتی نماتد (جمعیّت مزرعه‌ای با ۱/۴۹، نصف جمعیت مزرعه‌ای با ۰/۷۵، یک سوم جمعیّت مزرعه‌ای با ۰/۵ نماتد در هر گرم خاک و تیمار بدون نماتد به عنوان شاهد)، بر روی شاخص‌های مختلف رویشی و زایشی دو رقم گندم در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و آزمایش فاکتوریل در پنج تکرار مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا در هر گلدان سه عدد بذر کشت شد و پس از اطمینان از رشد خوب و سالم بودن گیاه، دو عدد از آن‌ها در مرحله گیاهچه حذف گردید. گلدان‌های مورد استفاده ۱۲ کیلویی بوده و متناسب با نیاز آبی آبیاری شدند. پس از

برداشت، فاکتور تولیدمثل و جمعیّت نهایی نماتد و نیز شاخص‌های طول بوته، وزن خشک بخش هوایی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه و پنجه در هر بوته اندازه‌گیری شد. به دلیل افشان بودن ریشه و قطع شدن ریشه‌های مویین به هنگام خارج کردن بوته‌ها از خاک از اندازه‌گیری شاخص‌های مربوط به بخش زیرزمینی صرف نظر گردید.

آنالیز آماری داده‌های جمع‌آوری شده از آزمون‌های بیماری‌زایی: نتایج همه آزمایش‌های گلخانه‌ای و میکروپلات با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.0 و بر اساس آزمون‌های Duncan و T بررسی شد. برای تجزیه واریانس داده‌های اندازه‌گیری شده از proc GLM استفاده شد. علاوه بر آن برای آنالیز داده‌های ناپارامتریک (متغیرهای ناپیوسته از قبیل تعداد نماتد و تعداد پنجه‌های گندم) از proc rank نیز استفاده گردید.

نتایج

مشخصات میکروبی خاک

در خاک شماره یک (خاک مورد استفاده در آزمون نوبت اول ترجیح میزبانی و نیز آزمون‌های مربوط به تعیین سطوح جمعیت بیماریزای *H. digitiformis* روی ارقام گندم)، گونه‌های *Helicotylenchus* ۹۵٪ از جمعیت نماتدهای موجود را تشکیل می‌دادند که ۷۵/۸٪ آن‌ها مربوط به گونه *H. digitiformis* و ۱۴/۷٪ و ۹/۵٪ به ترتیب متعلق به گونه‌های *H. digonicus* و *H. vulgaris* بود. علاوه بر آن‌ها، گونه‌هایی از هر یک از جنس‌های *Filenchus*، *Aphlenchus* و نماتدهای باکتری‌خوار زیرراسته Cephalobina به میزان ۱٪، *Ditylenchus* ۲٪ وجود داشت. همچنین در خاک شماره دو (خاک مورد استفاده در آزمون نوبت دوم ترجیح میزبانی و آزمون تعیین سطوح جمعیت بیماری‌زا روی ذرت و پنبه)، گونه‌های *Helicotylenchus* ۸۵٪ از جمعیت نماتدهای موجود را تشکیل می‌دادند که ۸۴٪ آن گونه *H. digitiformis* و ۶/۷٪ و ۹/۳٪ به ترتیب متعلق به گونه‌های *H. digonicus* و *H. vulgaris* بود. علاوه بر آن‌ها، گونه‌هایی از هر یک از جنس‌های *Basiria*، *Filenchus*، *Tylenchorhynchus* و *Pratylenchus* به میزان ۱٪، *Aphlenchus* و *Ditylenchus* ۳٪، نماتدهای باکتری‌خوار زیرراسته Cephalobina ۵٪ وجود داشت. همچنین گونه‌هایی از قارچ‌های *Penicillium*، *Aspergillus*، *Fusarium*، *Mucor* و باکتری‌های *Pseudomonas fluorescens*، *Bacillus subtilis* و *Stereptomyces* sp. در خاک شماره یک و *Rhizopus*، *Alternaria*، *Penicillium* و *Pseudomonas fluorescens*، *Bacillus subtilis*، *Erwinia* sp.، *Stereptomyces* sp. و *Pectobacterium* در خاک شماره دو وجود داشت. جهت اطمینان از غیر بیماری‌زا بودن قارچ‌ها و باکتری‌های موجود در خاک، قبل از شروع آزمون بذر گیاهان مختلف درون گلدان‌های کوچک حاوی خاک مورد نظر کشت شده و به مدت یک ماه نگهداری شد. سپس با کشت ریشه از عدم آلودگی قارچی و باکتریایی اطمینان حاصل گردید. در مورد گونه‌های *Helicotylenchus* نیز تنها نماتدهای متعلق به گونه *H. digitiformis* شمارش شد.

آزمون‌های ترجیح میزبانی *H. digitiformis* در شرایط گلخانه

مرحله اول: نتایج مرحله اول آزمون تأثیر گیاهان مختلف بر فاکتور تولیدمثل *H. digitiformis* در شرایط گلخانه نشان داد که این نماتد بر روی تمام گیاهان مورد

آزمایش تکثیر گردید. بیشترین فاکتور تولیدمثل مربوط به پنبه-رقم دلتاپاین ۱۶ (۹/۴۱) و ذرت-هیبرید ۷۰۴ (۷/۲۰) بود که با فاکتور تولیدمثل مربوط به کلزا، شبدر، گندم و چغندرقند اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین آن مربوط به چمن (۱/۴) بود که با یونجه و گوجه‌فرنگی در یک سطح آماری قرار داشت. همچنین پنبه با ۱۴/۰۱ نماتد در گرم خاک بالاترین و چمن با ۲/۰۸ نماتد در گرم خاک کمترین جمعیّت نهایی را داشت. در این آزمون به دلیل نامعلومی تیمارهای مربوط به طالبی از بین رفته و از نتایج آزمون حذف گردید (جدول ۱).

مرحله دوم: نتایج نوبت دوم آزمون ترجیح میزبانی، نشان داد که *H. digitiformis* با میانگین جمعیّت اولیه ۴/۳۳ عدد در گرم خاک، تنها بر روی ارقام دلتاپاین ۱۶ پنبه، هیبرید ۷۰۴ ذرت، Pb8 چغندرقند و چمن اسپورت تکثیر شده، فاکتور تولیدمثل و جمعیّت نهایی آن‌ها، بر اساس آزمون دانکن اختلاف بسیار معنی‌داری با سایر گیاهان نشان دادند. فاکتور تولیدمثل نماتد در سایر گیاهان مورد آزمون کمتر از یک بود (جدول ۲).

با مقایسه میانگین‌های وزن تر و خشک تیمارهای دارای نماتد در هر گیاه با شاهد بر اساس آزمون T مشخص شد که در مجموع اختلاف معنی‌داری بین گیاهان آلوده و شاهد در شاخص‌های مذکور وجود ندارد. از بین ۳۸ مورد، تنها وزن تر و خشک پنبه، ذرت، یونجه, وزن تر شبدر و وزن خشک گوجه‌فرنگی در آزمون اول و وزن تر گوجه‌فرنگی در آزمون دوم اختلاف معنی‌دار با شاهد نشان دادند (جدول‌های ۱ و ۲). در هیچ‌یک از دو آزمون ترجیح میزبانی، اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ آزمون چند دامنه‌ای دانکن، بین بلوک‌ها مشاهده نگردید، بدین معنی که شرایط گلخانه برای تمام گلدان‌های مورد آزمایش یکسان بوده است.

آزمون‌های بررسی اثر جمعیّت‌های مختلف *H. digitiformis* بر فاکتورهای مختلف رشدی گیاهان مهم زراعی در شرایط گلخانه و میکروپلات

الف) ذرت (هیبرید ۷۰۴): بررسی نتایج آزمون نشان داد که بیشترین فاکتور تولیدمثل نماتد در هر دو آزمون گلخانه و میکروپلات، به ترتیب با مقادیر ۳/۵۶ و ۴/۷۰، مربوط به تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای (با جمعیت اولیه ۲/۱۶ نماتد در گرم خاک) بوده است، که در سطح ۱٪ آزمون دانکن با دو تیمار جمعیّت مزرعه‌ای و شاهد اختلاف بسیار معنی‌دار نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان جمعیّت نهایی با ۱۳/۵۸ عدد نماتد در گرم خاک، متعلق به تیمار جمعیّت مزرعه‌ای در شرایط میکروپلات بود که اختلاف بسیار معنی‌داری با تیمار دیگر و شاهد داشت. در حالی‌که در شرایط گلخانه، هرچند تیمار جمعیّت مزرعه‌ای در مقایسه با تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای، جمعیّت نهایی بیشتری را به خود اختصاص داده بود، اما اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نگردید. هر دو تیمار دارای نماتد، در شرایط گلخانه اختلاف بسیار معنی‌دار با شاهد داشتند (جدول ۳).

در شرایط میکروپلات، میزان کاهش وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، وزن تر و خشک ریشه و بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه، در تیمار جمعیّت مزرعه‌ای بیشتر از تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای بوده و اختلاف بسیار معنی‌دار یا معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن نشان داد. همچنین مقدار کاهش شاخص‌های مذکور در تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای با تیمار شاهد، بر اساس آزمون دانکن، مشهود بوده و اختلاف بسیار معنی‌دار یا معنی‌دار نشان داد. تأثیر دو تیمار جمعیّت مزرعه‌ای و نصف جمعیّت مزرعه‌ای بر شاخص طول بوته چندان مشخص نبوده و

جدول ۱. مقایسه میانگین فاکتورهای ***Helicotylenchus digitiformis*** و گیاهان مورد آزمایش در آزمون اول ترجیح میزبانی، در شرایط گلخانه (جمعیت اولیه = ۱/۴۹ نماتد در گرم خاک).

Table 1. Comparison of the means of indices of *Helicotylenchus digitiformis* and infected plants in the first host preference test, under greenhouse conditions (initial population, Pi = 1.49 nematodes/gram of soil).

Host	Nematode indices †		Shoot fresh weight of plants (g)			Shoot dry weight of plants (g)		
	Rf = Pf/Pi	Pf	Infected	Control	P-value ††	Infected	Control	P-value ††
Canola (Golden)	3.53^{abc}	5.75^{ab}	48.8	56.9	0.3915 ^{ns}	11.0	11.7	0.8396 ^{ns}
Clover (local)	4.13^{ab}	6.15^{ab}	17.5	6.1	0.0329*	3.6	0.9	0.0507 ^{ns}
Corn (704-Hybrid)	7.20^{a}	10.72^{ab}	65.7	33.2	0.0042*	28.1	14.3	0.0412*
Cotton (Deltapine 16)	9.41^{a}	14.01^{a}	19.0	3.7	<0.001**	6.1	1.5	0.0045*
Lucerne (Hamedani)	1.70^{d}	2.53^{b}	6.2	1.4	0.0286*	1.8	0.3	0.0064*
Sugar beet (Pb8)	3.27^{ab}	4.87^{ab}	35.0	33.6	0.7726 ^{ns}	9.9	9.6	0.9343 ^{ns}
Tomato (Rutgers)	2.44^{bcd}	3.64^{ab}	32.4	21.8	0.2294 ^{ns}	12.3	3.8	0.0209*
Turfgrass (Sport)	1.40^{d}	2.08^{b}	24.4	25.5	0.07546 ^{ns}	5.8	5.7	0.8963 ^{ns}
Wheat (Shiraz)	3.87^{ab}	5.75^{ab}	10.7	7.8	0.0771 ^{ns}	3.0	2.2	0.3128 ^{ns}

اعداد میانگین شش تکرار است.

† اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر حسب آزمون دانکن در سطح ۱٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

†† آزمون T؛ **: معنی‌دار در سطح ۱٪، *: معنی‌دار در سطح ۵٪، ns: بدون اختلاف معنی‌دار،

Data are means of six replicates.

† Values with similar letters in each column are not significantly different when subjected to Duncan Test ($P \leq 0.01$)

†† T-Test; **: Significantly different at $P \leq 0.01$, *: Significantly different at $P \leq 0.05$, ns: Not significant

جدول ۲. مقایسه میانگین فاکتورهای ***Helicotylenchus digitiformis*** و گیاهان مورد آزمایش در آزمون دوم ترجیح میزبانی در شرایط گلخانه (جمعیت اولیه = ۴/۳۳ نماتد در گرم خاک).

Table 2. Comparison of the means of indices of *Helicotylenchus digitiformis* and infected plants in the second host preference test, under greenhouse conditions (initial population, Pi = 4.33 nematodes/gram of soil).

Host	Nematode indices †		Shoot fresh weight of plants (g)			Shoot dry weight of plants (g)		
	Rf = Pf/Pi	Pf	Infected	Control	P-value ††	Infected	Control	P-value ††
Canola (Golden)	0.79^{cd}	3.40^{bc}	48.5	61.2	0.0726 ^{ns}	11.2	11.7	0.8338 ^{ns}
Cantaloupe (Samsuri)	0.66^{cd}	2.87^{bc}	19.3	24.9	0.4769 ^{ns}	2.0	5.0	0.1400 ^{ns}
Clover (local)	0.56^{d}	2.40^{c}	9.2	21.5	0.2743 ^{ns}	1.1	2.9	0.2517 ^{ns}
Corn (704-Hybrid)	2.19^{a}	9.47^{a}	72.9	72.5	0.9569 ^{ns}	28.5	33.4	0.5083 ^{ns}
Cotton (Deltapine 16)	2.25^{a}	9.76^{a}	22.1	21.5	0.8844 ^{ns}	7.5	7.1	0.8849 ^{ns}
Lucerne (Hamedani)	0.96^{bcd}	4.13^{bc}	22.4	21.9	0.9338 ^{ns}	3.9	4.5	0.5706 ^{ns}
Sugar beet (Pb8)	1.63^{ab}	7.07^{ab}	25.2	31.9	0.4375 ^{ns}	10.1	11.2	0.8211 ^{ns}
Tomato (Rutgers)	0.85^{bcd}	3.67^{bc}	3.8	8.6	0.0128 *	0.3	1.0	0.0654 ^{ns}
Turfgrass (Sport)	1.27^{abc}	5.57^{abc}	40.9	46.0	0.1041 ^{ns}	11.7	12.0	0.9211 ^{ns}
Wheat (Shiraz)	0.62^{cd}	2.70^{bc}	5.8	6.3	0.8429 ^{ns}	2.1	2.5	0.6619 ^{ns}

اعداد میانگین پنج تکرار است.

† اعداد دارای حروف مشابه در هر ستون بر حسب آزمون دانکن در سطح ۱٪ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

†† آزمون T؛ *: معنی‌دار در سطح ۵٪، ns: بدون اختلاف معنی‌دار،

Data are means of five replicates.

† Values with similar letters in each column are not significantly different when subjected to Duncan Test ($P \leq 0.01$)

†† T-Test; *: Significantly different at $P \leq 0.05$, ns: Not significant

جدول ۳. تأثیر سطوح مختلف جمعیّت ***Helicotylenchus digitiformis*** بر شاخص‌های رشدی ذرت (هیبرید ۷۰۴) و تاثیر آن بر فاکتور های نماتد در شرایط گلخانه و میکروپلات (جمعیت اولیه مزرعه‌ای = ۴/۳۳ نماتد در گرم خاک).

Table 3. Effect of different levels of field population of *Helicotylenchus digitiformis* on the growth indices of corn (hybrid 704) and its effect on the nematode indices under greenhouse and microplot conditions (initial field population, Pi = 4.33 nematodes/gram of soil)

Treatment	Reproduction factor Rf = Pf/Pi	Final Population (Pf)	Weight of 1000 kernels (g)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Ear fresh weight (g)	Ear dry weight (g)	Ear seeds No.	Plant height (cm)
Greenhouse											
Field population (Pi = 4.33)	1.81^{C}	7.86^{A}	36.7^{B}*	134.1^{C}	78.6^{B}	61.6^{B}*	19.05^{B}*	15.4^{B}*	8.9^{B}*	30.0^{B}*	166^{B}*
½ of field population (Pi = 2.16)	3.56^{B}	7.67^{A}	161.7^{AB}*	182.4^{B}	93.7^{B}	124.7^{A}*	42.5^{A}*	31.5^{AB}*	15.2^{AB}*	51.5^{B}*	202.2^{A}*
Control (Pi = 0)	0.00^{C}	0.00^{B}	210.0^{A}*	232.6^{A}	125.5^{A}	130.4^{A}*	43.9^{A}*	46.8^{A}*	30.3^{A}*	188.5^{A}*	203.2^{A}*
Microplot											
Field population (Pi = 4.33)	3.40^{b}	13.58^{a}	295.3^{c}*	257.8^{c}	114.1^{c}	109.8^{c}*	42.8^{c}*	104.0^{c}*	48.6^{c}*	148.8^{c}*	153.2^{b}*
½ of field population (Pi = 2.16)	4.70^{a}	10.22^{b}	419.8^{b}*	367.0^{b}	173.3^{b}	193.1^{b}*	93.6^{b}*	161.6^{b}*	80.9^{b}*	305.7^{b}*	171.6^{b}*
Control (Pi = 0)	0.00^{c}	0.00^{c}	508.3^{a}*	487.1^{a}	281.3^{a}	288.3^{a}*	144.8^{a}*	230.7^{a}*	157.7^{a}*	464.7^{a}*	195.5^{a}*

اعداد میانگین شش تکرار است.

اعداد دارای حروف مشابه بدون ستاره در سطح ۱٪ و با ستاره (*) در سطح ۵٪ در هر ستون بر حسب آزمون دانکن، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

- Data are means of six replicates.
- Values with similar letters in each column without star and with star (*) at level 1% and 5% , respectively are not significantly different , when subjected to Duncan Test.

اختلاف معنی‌داری در سطح ۵٪ آزمون دانکن بین آن‌ها مشاهده نگردید. اما هر دو تیمار با شاهد تفاوت معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

در آزمایش گلخانه‌ای، میزان کاهش بیشتر شاخص‌های رشدی ذرت (وزن تر و خشک اندام‌های هوایی، ریشه و بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه و طول بوته) تحت تأثیر تیمار جمعیّت مزرعه‌ای نسبت به شاهد، کاملاً مشهود بوده و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، اختلاف بسیار معنی‌دار یا معنی‌دار بین آن‌ها مشاهده گردید. اما تأثیر تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای بر شاخص‌های وزن خشک اندام‌های هوایی و وزن تر و خشک بلال و وزن هزار دانه، با شاهد و تیمار جمعیّت مزرعه‌ای، اختلاف معنی‌داری نداشته و حد واسط آن‌ها بود. مقدار کاهش وزن تر و خشک ریشه و ارتفاع بوته در تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای نسبت به شاهد، مشهود نبوده و اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نگردید، در حالی‌که میزان کاهش شاخص‌های مذکور در تیمار جمعیّت مزرعه‌ای نسبت به دو تیمار دیگر (شاهد و نصف جمعیّت مزرعه‌ای) کاملاً مشخص بوده و تفاوت معنی‌دار یا بسیار معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده شد. در مورد میانگین تعداد دانه در بلال، تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار دارای نماتد وجود نداشت، اما هر دو تیمار با شاهد اختلاف معنی‌دار نشان دادند (جدول ۳).

ب) پنبه رقم دلتاپاین ۱۶: بررسی نتایج نشان داد که بیشترین مقدار فاکتور تولیدمثل در هر دو آزمون میکروپلات و گلخانه، مربوط به تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای با جمعیّت اولیه ۲/۱۶ عدد نماتد در گرم خاک بوده است. به طوریکه این تیمار در شرایط میکروپلات با دو تیمار دیگر (جمعیّت مزرعه‌ای و شاهد) اختلاف بسیار معنی‌دار نشان داد، در حالی‌که همین تیمار در آزمون گلخانه‌ای تفاوت معنی‌داری با تیمار جمعیّت مزرعه‌ای نداشته اما با شاهد تفاوت بسیار معنی‌دار داشت (جدول ۴). بیشترین میزان جمعیّت نهایی به ترتیب با ۷/۹۸ و ۷/۰۴ نماتد در گرم خاک، متعلق به تیمار جمعیّت مزرعه‌ای در شرایط گلخانه و میکروپلات بود. جمعیّت نهایی در شرایط میکروپلات اختلاف بسیار معنی‌داری با تیمار دیگر و شاهد خود نشان داد، در حالی‌که در شرایط گلخانه، هر چند تیمار جمعیّت مزرعه‌ای در مقایسه با سایر تیمارها، بیشترین مقدار جمعیّت نهایی را به خود اختصاص داده بود، اما اختلاف معنی‌داری با تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای نداشت. البته تفاوت بسیار معنی‌داری بین جمعیّت نهایی تیمار جمعیت مزرعه‌ای و شاهد مشاهده گردید. بررسی داده‌های آزمون‌های میکروپلات و گلخانه حاکی از این است که هیچ یک از شاخص‌های رشدی پنبه رقم دلتاپاین ۱۶ تحت تأثیر سطوح مختلف جمعیّت *H. digitiformis* قرار نگرفته و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، اختلاف معنی‌داری بین دو سطح جمعیّتی دارای نماتد و حتی بین تیمارهای دارای نماتد و کنترل مشاهده نگردید (جدول ۴).

ج) گندم (رقم‌های شیراز و پیشتاز): بررسی نتایج آزمون پس از هشت ماه در شرایط میکروپلات، نشان داد که بالاترین فاکتور تولیدمثل با مقادیر ۵/۰ و ۴/۶ عدد نماتد در گرم خاک، به ترتیب در ارقام شیراز و پیشتاز، به تیمار یک سوم جمعیّت مزرعه‌ای با جمعیت اولیه ۰/۴۹ نماتد در گرم خاک، تعلق دارد. بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، بین تیمار دارای کمترین جمعیّت اولیه نماتد (یک سوم جمعیّت مزرعه‌ای) از نظر فاکتور تولیدمثل با سایر تیمارهای مورد آزمایش در رقم شیراز اختلاف

جدول ۴. تأثیر سطوح مختلف جمعیّت ***Helicotylenchus digitiformis*** بر شاخص‌های رشدی پنبه (دلتاپاین ۱۶) و تاثیر آن بر فاکتورهای نماتد در شرایط گلخانه و میکروپلات (جمعیت اولیه مزرعه‌ای = ۴/۳۳ نماتد در گرم خاک).

Table 4. Effect of different levels of field population of Helicotylenchus digitiformis, on the growth indices of cotton (Deltapine 16) and its effect on the nematode indices under greenhouse and microplot conditions (initial field population, Pi = 4.33 nematodes/gram of soil).

Treatment	Reproduction factor Rf = Pf/Pi	Final population (Pf)	Shoot dry weight (g)	Root fresh weight (g)	Root dry weight (g)	Boll No.	Boll dry weight (g)	Plant height (cm)
Greenhouse								
Field population (Pi = 4.33)	1.8^{A}	7.98^{A}	43.8^{A}*	7.4^{A}*	2.2^{A}	4.5^{A}	24.7^{A}*	66.8^{A}
½ of field population (Pi = 2.16)	2.4^{A}	5.31^{A}	44.5^{A}*	5.2^{B}*	1.6^{A}	3.3^{A}	30.6^{A}*	60.3^{A}
Control (Pi = 0)	0.0^{B}	0.00^{B}	44.0^{A}*	7.9^{A}*	1.9^{A}	3.7^{A}	31.1^{A}*	70.8^{A}
Microplot								
Field population (Pi = 4.33)	1.6^{b}	7.04^{a}	34.7^{a}*	13.4^{a}*	4.0^{a}	4.7^{a}	15.9^{a}*	56.0^{a}
½ of field population (Pi = 2.16)	2.3^{a}	4.97^{b}	42.8^{a}*	11.8^{a}*	3.1^{a}	2.8^{a}	27.7^{a}*	52.0^{a}
Control (Pi = 0)	0.0^{c}	0.00^{c}	28.2^{a}*	10.8^{a}*	3.1^{a}	4.2^{a}	12.5^{a}*	50.0^{a}

اعداد میانگین شش تکرار است.

اعداد دارای حروف مشابه بدون ستاره در سطح ۱٪ و با ستاره (*) در سطح ۵٪ در هر ستون بر حسب آزمون دانکن، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

- Data are means of six replicates.
- Values with similar letters in each column without star and with star (*) at level 1% and 5% , respectively are not significantly different , when subjected to Duncan Test.

معنی‌داری وجود داشت ($Pr_{treatment} < 0.0001$)، هرچند تفاوت معنی‌داری بین دو رقم گندم، از این نظر مشاهده نگردید ($Pr_{treatment* Cultivar} = 0.8653$) ولی در هر دو رقم گندم مقدار عددی فاکتور تولیدمثل در همه تیمارهای دارای نماتد، بیشتر از یک بوده که نشان‌دهنده تکثیر نماتد روی ریشه دو رقم بود (جدول ۵). بیشترین میزان جمعیّت نهایی با ۵/۴۸ عدد نماتد در گرم خاک، متعلق به تیمار جمعیّت مزرعه‌ای (با جمعیت اولیه ۱/۴۹ نماتد در گرم خاک) در رقم پیشتاز بود که اختلاف بسیار معنی‌داری با دو تیمار دیگر مربوط به همین رقم نشان داد ($Pr_{treatment} < 0.0001$)، همچنین در رقم شیراز، تیمار جمعیّت مزرعه‌ای بیشترین مقدار جمعیّت نهایی (۳/۲ عدد نماتد در گرم خاک) را به خود اختصاص داده و بر اساس آزمون دانکن، اختلاف معنی‌داری با دو تیمار دیگر دارای نماتد و نیز شاهد داشت. بین دو رقم تفاوت معنی‌داری از این نظر مشاهده نگردید ($Pr_{treatment * cultivar} = 0.3090$) (جدول ۵). بیشترین مقدار کاهش در شاخص‌های طول بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی، تعداد خوشه در هر بوته، تعداد دانه در خوشه، تعداد کل دانه‌ها و وزن هزار دانه مربوط به تیمار جمعیّت مزرعه‌ای رقم پیشتاز بود که با شاهد اختلاف معنی‌دار یا بسیار معنی‌داری نشان داد. اما میزان کاهش شاخص‌های نامبرده در همین تیمار در اکثر موارد، با سایر تیمارهای دارای نماتد رقم پیشتاز تفاوت معنی‌داری نداشت، همچنین سطوح مختلف جمعیّت نماتد تأثیر معنی‌داری روی شاخص‌های مذکور در رقم شیراز نداشتند (جدول ۵). تعداد پنجه‌ها در همه تیمارهای مورد آزمایش و در هر دو رقم بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن، در یک رده قرار داشته و تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند ($Pr\text{-}Ti_{treatment *cultivar} = 0.8420$; $Pr\text{-}Ti_{treatment} = 0.3813$)(جدول ۵).

بحث

ترجیح میزبانی H. digitiformis

گونه‌های *Helicotylenchus* بر روی برخی از گونه‌های گیاهی ترجیح میزبانی داشته و به راحتی تکثیر می‌شوند. مشاهده شده است که *H. digonicus* به راحتی بر روی یونجه، شبدر سفید و قرمز، شبدر شیرین سفید و شبدر شیرین وحشی تکثیر شده ولی بر روی اسپرس و برموداگراس تکثیر نشده و یا این‌که تکثیر کمی دارد (Krall 1990). در مورد ترجیح میزبانی *H. digitiformis* تاکنون آزمایش مجزایی صورت نگرفته است. فاکتور تولیدمثل *H. digitiformis* در آزمون مرحله اول ترجیح میزبانی در همه گیاهان مورد آزمایش بیشتر از یک بود، اما در آزمون مرحله دوم فاکتور تولیدمثل نماتد تنها در پنبه رقم دلتاپاین ۱۶، ذرت هیبرید ۷۰۴، چغندرقند رقم pb8 و چمن اسپورت بیش از یک و در شش گیاه دیگر بین ۰/۵ و یک بود. طبق نظر *تایلور* و همکاران (Taylor *et al.* 2000) اگر فاکتور تولیدمثل کمتر از ۰/۱ باشد گیاه غیرمیزبان، اگر بین ۰/۱ و یک باشد میزبان ضعیف و در صورتی‌که بیش از یک باشد میزبان خوب (مناسب) است. بر این اساس همه گیاهان مورد آزمایش میزبان هستند. به عبارت دیگر می‌توان گفت گونه *H. digitiformis* پلی‌فاژ بوده و می‌تواند از تعداد زیادی گیاهان تغذیه کند.

در آزمون اول، با وجود جمعیّت اولیه کمتر نسبت به آزمون دوم، فاکتور تولیدمثل در همه گیاهان مورد آزمایش، بیشتر بود. رابطه معکوس بین فاکتور تولیدمثل و جمعیّت اولیه، در آزمایشاتی که روی نماتدهای جنس‌های دیگر و نیز گونه‌های دیگر این جنس از جمله *H. varicaudatus* و *H. pseudorobustus* انجام شده است نیز مشاهده گردیده است. به عبارت دیگر فاکتور تولیدمثل تحت تأثیر جمعیّت

جدول ۵. تأثیر سطوح مختلف جمعیّت ***Helicotylenchus digitiformis*** بر شاخص‌های رشدی ارقام شیراز و پیشتاز گندم و تاثیر آن‌ها بر فاکتورهای نماتد در میکروپلات (جمعیت اولیه مزرعه‌ای = ۱/۵ نماتد در گرم خاک).

Table 5. Effect of different levels of field population of *Helicotylenchus digitiformis*, on the growth indices of wheat (Pishtaz, Shiraz) and its effects on the nematode index under and microplot conditions (initial field population, Pi = 1.5 nematodes/gram of soil).

Treatment	Reproduction factor Rf = Pf/Pi	Final population (Pf)	Weight of 1000 kernels (g)	Shoot dry weight (g)	Tiller No.	Total kernel No.	Kernels/spike	Spikes/plant	Height (cm)
cv. Pishtaz									
Field population (Pi = 1.50)	3.7^{ab}	5.48^{a}	25.8^{c}	23.97^{b}	11.8^{a}	120.8^{b}	14.4^{c}	6.6^{c}	31.0^{d}*
½ of field population (Pi = 0.75)	3.5^{ab}	2.65^{b}	39.0^{ab}	35.4^{b}	10.6^{a}	191.0^{ab}	19.8^{bc}	11.4^{ab}	49.8^{bc}*
1/3 of field population (Pi = 0.5)	4.6^{a}	2.38^{b}	39.0^{ab}	42.0^{ab}	11.6^{a}	192.7^{ab}	18.3^{bc}	$8.2b^{c}$	48.0^{b}*
Control	0.0^{c}	0.00^{c}	47.0^{a}	68.9^{a}	14.8^{a}	247.6^{a}	28.6^{a}	14.2^{a}	64.7^{a}*
cv. Shiraz									
Field population (Pi = 1.50)	2.1^{b}	3.20^{a}	31.4^{bc}	41.21^{ab}	14.6^{a}	158.4^{ab}	19.4^{bc}	8.2^{bc}	51.0^{bc}*
½ of field population (Pi = 0.75)	2.5^{b}	1.90^{b}	41.0^{ab}	51.9^{ab}	18.0^{a}	241.6^{a}	22.8^{b}	10.6^{b}	59.1^{abc}*
1/3 of field population (Pi = 0.5)	5.0^{a}	2.50^{b}	39.0^{ab}	49.7^{ab}	14.8^{a}	223.2^{a}	21.8^{b}	10.6^{b}	55.4^{abc}*
Control	0.0^{c}	0.00^{c}	43.0^{ab}	49.3^{ab}	19.4^{a}	204.4^{ab}	21.6^{b}	9.2^{bc}	61.8^{ab}*

اعداد میانگین پنج تکرار است.

اعداد دارای حروف مشابه بدون ستاره در سطح ۱٪ و با ستاره (*) در سطح ۵٪ هر ستون بر حسب آزمون دانکن، با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

- Data are means of five replicates.
- Values with similar letters in each column without star and with star (*) at level 1% and 5% , respectively, are not significantly different when subjected to Duncan Test.

اولیه نماتد بوده و تیمارهای با جمعیّت اولیه کمتر، فاکتور تولیدمثل بیشتری نسبت به تیمارهای با جمعیّت اولیه بالاتر دارند (Seinhorst 1966, Onapitan & Amosu 1982, Haseeb *et al.* 1998, Taylor *et al.* 2000, Khanna & Jyot 2002). با توجه به کوچک بودن گلدان‌های مورد استفاده (۲/۵ کیلویی) در هر دو آزمون، احتمال دارد جمعیّت اولیه بیشتر در آزمون دوم باعث ایجاد رقابت برای فضا و میزبان شده، در نتیجه نماتد نتوانسته است به خوبی تکثیر یافته و یا این‌که از بین رفته باشد. در آزمون اول با جمعیّت اولیه کمتر، غذا و فضای کافی فراهم بوده و نماتد توانسته است با محدودیت کمتری نسبت به آزمون دوم تکثیر یافته و فاکتور تولیدمثل بیشتری داشته باشد. علاوه بر آن، کوچک بودن گلدان خود، عامل محدودکننده‌ای برای رشد گیاه محسوب می‌گردد. در آزمون‌های ترجیح میزبانی نیز به دلیل کشت گیاهان در گلدان‌های کوچک، وزن تر و خشک گیاهان اختلاف معنی‌داری با تیمارهای شاهد نشان ندادند و این مورد در تائید نتایج تحقیقات قبلی می‌باشد (Schomaker & Been 2006). با وجود این‌که فاکتور تولیدمثل و جمعیّت نهایی پنبه (رقم دلتاپاین ۱۶)و ذرت (هیبرید ۷۰۴) در هر دو نوبت آزمایش ترجیح میزبانی، نسبت به سایر گیاهان بیشتر بود و حتی اختلاف معنی‌داری نیز با آنها داشت، بدون مشاهده علائم بیماری، نمی‌توان در مورد حساسیت یا تحمل این گیاهان نسبت به *H. digitiformis* اظهار نظر کرد.

بررسی‌های انجام شده روی نماتدهای دیگر نشان می‌دهد، فاکتور تولیدمثل تحت تأثیر عوامل زیادی از جمله بافت، رطوبت، دما و مواد غذایی موجود در خاک است. این عوامل بر میزبان و نماتد نیز مؤثر هستند. حتی سایر میکروارگانیسم‌های خاک نیز ممکن است بر فاکتور تولیدمثل، مقدار و شدت خسارت وارده به گیاه مؤثر باشند (Mani & Hinai 1997, Taylor *et al.* 2000). با توجه به متفاوت بودن جمعیّت میکروبی خاک و تفاوت در مدت زمان اجرای دو آزمون و بالطبع نیاز آبی متفاوت گیاهان، شاید بتوان تفاوت در موقعیت گیاهان در دو آزمون را به این عوامل مربوط دانست. البته ویژگی‌های گیاهان از قبیل گرما دوست یا سرما دوست بودن، رقم گیاه، میزان حساسیت نسبت به نماتد نیز هر یک به نوبه خود می‌توانند در نتایج آزمون‌های مذکور مؤثر باشند. طبق مطالعات انجام شده گیاه به عنوان عاملی مستقل از جمعیّت اولیه و فاکتور تولیدمثل در بیماری‌های ایجاد شده توسط نماتدهای انگل گیاهی محسوب می‌گردد (Schomaker & Been 2006). به عنوان مثال ممکن است هیبرید ۷۰۴ ذرت نسبت به سایر ارقام و هیبریدهای این گیاه نسبت به *H. digitiformis* حساس‌تر باشد. یا این‌که شرایط دمایی در مدت زمان اجرای آزمون برای هیبرید ۷۰۴ ذرت، نسبت به رقم pb8 چغندر قند مناسب‌تر بوده، به همین دلیل چغندرقند به خوبی رشد نکرده و در مقایسه با ذرت، فاکتور تولیدمثل و جمعیّت نهایی نماتد در آن کمتر بوده باشد.

اثر جمعیّت‌های مختلف *H. digitiformis* بر فاکتورهای رشدی ذرت، پنبه و گندم در شرایط گلخانه و میکروپلات

ذرت (هیبرید ۷۰۴): طبق نتایج مطالعه حاضر، تقریباً همه شاخص‌های رشدی ذرت در شرایط میکروپلات بهتر از گلخانه بود. احتمالاً دلیل این امر نزدیک‌تر بودن شرایط میکروپلات به شرایط مزرعه‌ای است.

از آنجا که در آزمون میکروپلات گلدان‌ها درون خاک قرار داده می‌شوند، اختلاف دمای روز و شب، باعث ایجاد

نوسانات زیاد روی دما و رطوبت خاک و در نتیجه نماتد نمی‌شود. در حالی‌که در شرایط گلخانه این نوسانات دمایی، باعث تغییرات سریع‌تر دما و نیز رطوبت خاک درون گلدان‌ها می‌گردد. به طوریکه در تحقیق حاضر با توجه به نیاز آبی، آبیاری در شرایط میکروپلات هفته‌ای یک‌بار و در شرایط گلخانه هر سه روز یک‌بار انجام می‌شد. با توجه به این‌که نماتدها به دما و رطوبت وابسته هستند، می‌توان گفت یکی از دلایل رشد و تکثیر بهتر این نماتد در شرایط میکروپلات نسبت به گلخانه متعادل بودن این دو فاکتور محیطی در شرایط نزدیک‌تر به حالت طبیعی (میکروپلات) است. به طوری که جمعیّت نهایی نماتد مربوط به تیمار جمعیّت مزرعه‌ای، در شرایط میکروپلات بیش از ۱/۴۹ برابر شرایط گلخانه بود.

گونه *H. digitiformis* مانند بسیاری نماتدهای انگل گیاهی که به قسمت‌های زیرزمینی گیاهان حمله می‌کنند، چند نسلی است. طبق نتایج بدست آمده از تحقیقات قبلی (Schomaker & Been 2006) به جز نماتدهایی که چرخه زندگی کوتاهی دارند و عمدتاً به بخش‌های هوایی گیاهان حمله می‌کنند، سایر نماتدهای چندنسلی زمانی می‌توانند در گیاه ایجاد خسارت کنند که در زمان کشت جمعیّت بالایی از نماتد که بتواند ایجاد خسارت نماید در کنار ریشه وجود داشته باشد، با توجه به این نکات و این‌که تیمار جمعیّت مزرعه‌ای در هر دو آزمون میکروپلات و گلخانه‌ای منجر به کاهش بیشتر شاخص‌های رشدی گیاه شد، بنابراین تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای، تحت شرایط این آزمایش، به عنوان حداقل سطح جمعیّت خسارت‌زا در نظر گرفته می‌شود. با مقایسه دو تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای در شرایط گلخانه و میکروپلات می‌توان گفت، جمعیّت اولیه کافی برای ایجاد خسارت در هر دو آزمون وجود داشته، منتها شرایط مناسب‌تر برای رشد و تکثیر نماتد در آزمون میکروپلات منجر به کاهش معنی‌دار اکثر شاخص‌های رشدی ذرت هیبرید ۷۰۴ در تیمار نصف جمعیّت مزرعه‌ای نسبت به شاهد شده است. در حالی‌که چنین کاهشی در شرایط گلخانه مشاهده نگردید. طبق بررسی‌های انجام شده، تاکنون تقریباً هیچ تحقیق مجزایی در مورد بیماری‌زایی *H. digitiformis* روی ذرت صورت نگرفته است تا نتایج آزمون‌های انجام شده در این تحقیق با آن مقایسه گردد.

پنبه (رقم دلتاپاین ۱۶): نتایج آزمون‌ها بر روی پنبه نشان داد که گونه *H. digitiformis* با فاکتور تولیدمثلی بالایی تکثیر یافته اما هیچ نوع کاهشی در شاخص‌های رشدی گیاه مشاهده نگردید. به همین دلیل به نظر می‌رسد رقم دلتاپاین ۱۶ پنبه میزبان متحمل برای *H. digitiformis* باشد. نتایج تحقیقی که بر روی جمعیتی از گونه *H. dihystera* روی پنبه صورت گرفته است نشان می‌دهد که پس از پنج سال جمعیت نماتد ۱۵۰ برابر شده است (Krall 1990)، هرچند از رقم پنبه استفاده شده و نیز میزان خسارت ایجاد شده اطلاعات بیشتری در دسترس نیست.

گندم (رقم‌های شیراز و پیشتاز): از آنجا که فاکتور تولیدمثل در همه تیمارهای دارای نماتد، در هر دو رقم بیشتر از یک بود، می‌توان گفت ارقام شیراز و پیشتاز میزبان *H. digitiformis* هستند. اما شاخص‌های رشدی رقم پیشتاز گندم تنها در تیمار جمعیّت مزرعه‌ای که بالاترین مقدار جمعیّت نهایی را داشت، کاهش معنی‌دار با شاهد نشان داد. بدین معنی که جمعیّت اولیه ۱/۴۹ عدد نماتد در گرم خاک توانسته است در رقم پیشتاز ایجاد خسارت نماید. در حالی‌که بر روی شاخص‌های رشدی رقم شیراز تأثیری نداشته است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت تحت شرایط میکروپلات با جمعیّت اولیه ۱/۴۹ عدد نماتد در گرم خاک، رقم پیشتاز نسبت به شیراز نسبت

به *H. digitiformis* حساس‌تر است. با این حال در مورد مقاومت رقم شیراز نسبت به جمعیّت‌های اولیه بالاتر نماتد مذکور، نمی‌توان نظر قطعی داد و نیاز به انجام آزمون‌های تکمیلی دارد. از آنجا که همه پنجه‌ها، حتی آنهایی که کوتاه‌تر از یک سانتی‌متر بودند نیز شمارش شدند، کاهش معنی‌داری در تعداد پنجه‌های هر بوته که از شاخص‌های مهم تعیین خسارت محسوب می‌گردد، بین تیمارهای مختلف هیچ یک از دو رقم، مشاهده نگردید. طبق بررسی‌های انجام شده تاکنون تحقیقی در مورد بیماری‌زایی و تأثیر سطوح مختلف جمعیّت *H. digitiformis* روی ارقام گندم صورت نگرفته است تا بتوان نتایج این تحقیق با آن‌ها مقایسه کرد.

منابع

De Grisse A. 1969. Redescription ou modifications de quelques techniques utilisees dans l'etude des nematodes phytoparasitaires. Mededelingen Rijksfaculteit der landbouwwetenschappen Gent 34: 351-369.

Fortuner R. 1987. A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 8. The family Hoplolaimidae Filipev, 1934. Revue de Nematologie 10: 219-232.

Fortuner R. 1991. The Hoplolaiminae, pp: 669-720. In: W. R. Nickle (Ed.). Manual of agricultural nematology. Marcel Dekker, Inc. USA.

Fortuner R., Maggenti A. R. and Whittaker L. M. 1984. Morphometrical variability in *Helicotylenchus* Steiner, 1945. 4: Study of field populations of *H. pseudorobustus* and related species. Revue de Nematologie 7: 121-135.

Fortuner R., Merny G. and Roux C. 1981. Morphometrical variability in *Helicotylenchus* Steiner, 1945. 3. Observations on African populations of *Helicotylenchus dihystera* and considerations on related species. Revue de Nematologie 4: 235-260.

Ghaderi R., Kashi L. and Karegar A. 2012. The Nematodes of Iran based on the published reports until 2011. Education and Agricultural Promotion Publisher, Tehran, Iran. 379 p.

Haseeb A., Butool F. and Shukla K. 1998. Relationship between initial inoculum density of *Meloidogyne incognita* and growth, physiology and oil yield of *Ocimum kilimandscharicum*. Nematologia Mediterranea 26: 19-22.

Kashi L. and Karegar A. 2014a. Some species of *Helicotylenchus* (Nematoda: Hoplolaimidae) from Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 49: 297-315. [In Persian with English abstract].

Kashi L. and Karegar A. 2014b. Description of *Helicotylenchus persiaensis* sp. n. (Nematoda: Hoplolaimidae) from Iran. Zootaxa 3785: 575-588.

Kashi L. and Karegar A. 2014c. Three new records of *Helicotylenchus* species from Iran. 21th Iranian Plant Protection Congress, Urmia, Iran, p: 325.

Khanna A. S. and Jyot J. 2002. Pathogenic potential of *Helicotylenchus varicaudatus* and *Paratylenchus curvatus* on *Dianthus caryophilus*. Nematologia Mediterranea 30: 201-202.

Krall E. L. 1990. Root parasitic nematodes family Hoplolaimidae. E. J. Brill Publishing Company, Leiden. 580 p.

Mani A. and Hinai M. S. 1997. Plant-parasitic nematodes associated with alfalfa and fluctuations of *Pratylenchus jordanensis* population in the Sultanate of Oman. Fundamental and Applied Nematology 20: 443-448.

Mcdonald A. H. and Nicol J. M. 2005. Nematode parasites of cereals, pp: 131-192. In: M. Luc, R. A. Sikora & J. Birdge (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2nd Edition. CABI Publishing, UK.

Norton D. C. and Nyvall R. F. 2011. Nematodes that attack corn in Iowa. [Online] http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1027.pdf at 2013-05-10.

Onapitan J. A. and Amosu J. O. 1982. Pathogenicity and histopathlogy of *Pratylenchus brachyurus* and *Helicotylenchus pseudorobustus* on sugarcane. Nematropica 12: 51-60.

Sasser J. N. 1989. Plant parasitic nematodes: The farmer's hidden enemy. Department of plant pathology and the consortium for international crop protection. 115 p.

Schomaker C. H. and Been T. H. 2006. Plant growth and population dynamics, pp: 275-301. In: R. N. Perry & M. Moens (Eds). Plant Nematology. CABI Publishing, UK.

Seinhorst J. W. 1966. The relationships between population increase and population density in plant parasitic nematodes I. Introduction and migratory nematodes. Nematologica, 12: 157-169.

Siddiqi M. R. 2000. Tylenchida Parasites of plants and insects, 2nd edition. CABI Publishing, UK. 833 p.

Siddiqi M. R. 1972. *Helicotylenchus dihystera*. C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. Set 1, No. 9. Commonwealth Agricultural Bureux, Farnham Royal, UK.

Siddiqi M. R. 1973. *Helicotylenchus multicinctus*. C.I.H. Descriptions of plant-parasitic nematodes. Set 2, No. 23: Commonwealth Agricultural Bureux, Farnham Royal UK.

Taylor S. P., Hollaway G. J. and Hunt C. H. 2000. Effect of field crops on population densities of *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei* in southeastern Australia. Part 1: *P. neglectus*. Journal of Nematology 32: 591-599.

Zavaleta-Mejia E. and Sosa-Moss C. 1979. Effect of *Helicotylenchus jojutlensis* on Honduras grass and corn. Nematropica 9: 172-180.