نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۴۲۲-۴۰۹

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 409-422

مقاله علمی - پژوهشی

اثر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی برجمعیّت نماتدهای بیمارگر گیاهی در تناوب گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.)

رضا اقنوم[1*] و مسعود قدسی[1]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۹

اقنوم ر.، و قدسی، م.، ۱۴۰۰. اثر روش‌های خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی برجمعیّت نماتدهای بیمارگر گیاهی در تناوب گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.). بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۳): ۴۲۲-۴۰۹.

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی اثر شیوه‌های خاک‌ورزی و سطوح مختلف نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیّت نماتدهای بیمارگر گیاهی در سیستم تناوبی گندم (*Triticum aestivum* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) به‌مدت پنج سال زراعی (۳۹۵-۱۳۹۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد اجرا شد. آزمایش بر پایه کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. روش‌های خاک‌ورزی شامل، خاک‌ورزی متداول (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذرکار)، کم خاک‌ورزی (چیزل پیلر یا دیسک + کاشت با بذرکار) و بی خاک‌ورزی (کاشت مستقیم با بذرکار no till) در کرت‌های اصلی و مدیریت بقایای گیاهی شامل تیمار بدون بقایای گیاهی، حفظ ۳۰ درصد و حفظ ۶۰ درصد بقایای محصول سال قبل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی در هر کرت به‌روش الک و سانتریفیوژ استخراج و با استفاده از کلیدهای معتبر تا سطح جنس یا گونه تشخیص داده شدند و جمعیّت آن‌ها مورد مقایسه قرار گرفت. بر اساس نتایج، نماتدهای پارازیت شامل نماتد مولد زخم ریشه (*Pratylenchus thornei*)، نماتد سنجاقی (*Paratylenchus* spp.)، نماتد مارپیچی (*Helicotylenchus* spp.)، *Geocenamus* spp.، نماتد ساقه و پیاز، (*Ditylenchus* spp.)، *Boleodorus* spp.، *Tylenchus* spp. و *Filenchus* spp. تشخیص داده شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر تیمارهای خاک‌ورزی، نگهداری بقایا و برهم‌کنش خاک‌ورزی و نگهداری بقایا بر جمعیّت اغلب نماتدها و تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی معنی‌دار نبوده است. اثر خاک‌ورزی بر جمعیّت *Boleodorus* spp. و برهم‌کنش خاک‌ورزی و نگهداری بقایا بر جمعیّت *Tylenchus* spp. در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است. بر پایه نتایج این تحقیق، تغییر در عملیات خاک‌ورزی از متداول به کم و بی خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی روی سطح خاک در سیستم تناوب زراعی گندم، گندم، جو، پنبه و گندم خطر افزایش جمعیّت نماتدهای مهم بیمارگر گیاهی را افزایش نمی‌دهد و با توجه به مزایای کشاورزی حفاظتی، این سیستم زراعی برای این اقلیم و مناطق مشابه قابل توصیه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: بیماری‌های گیاهی، سیستم تناوبی، شخم، عامل بیماری‌زا، کشاورزی حفاظتی

مقدمه

عملیات زراعی متداول در کشاورزی پیشرفته که مستلزم استفاده از ماشین‌آلات مختلف به‌ویژه برای انجام شخم و کنترل علف‌های هرز است، توأم با حذف یا سوختن بقایای گیاهی، استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی و کشت تک‌محصولی به‌طور قابل ملاحظه‌ای باعث ایجاد فرسایش و انحطاط پارامترهای فیزیکی، شیمیایی و مواد آلی خاک شده است. در دهه‌های اخیر روش کشاورزی حفاظتی[3] با هدف حفظ، اصلاح و افزایش راندمان استفاده از منابع و نهاده‌های طبیعی و

۱- دانشیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: r.aghnoum@areeo.ac.ir
DOI: 10.22067/jag.v13i3.85269

3- Conservation agriculture

به حداقل رساندن آسیب‌های زیست‌محیطی ناشی از کشاورزی پیشرفته در مناطق مختلف دنیا مورد پذیرش قرار گرفته است. کشاورزی حفاظتی بر پایه سه رکن اصلی شامل کاهش دفعات خاک‌ورزی (و یا بی خاک‌ورزی)، نگهداری بقایای در سطح خاک و استفاده از تناوب زراعی استوار است (Hobbs et al., 2008; Verhulst et al., 2010). مزایای تناوب زراعی در کنترل بعضی بیماری‌های گیاهی، به‌ویژه بیماری‌های خاک‌زاد، در تحقیقات مختلف نشان داده شده است (Turkington & Clayton, 2000; Verhulst et al., 2010; López-Fando & Bello, 1995)، در عین حال، اثرات متقابل سه رکن اصلی کشاورزی حفاظتی یعنی خاک‌ورزی حداقل، نگهداری بقایای گیاهی و تناوب زراعی بر ظهور و گسترش بیماری‌های گیاهی به‌خوبی بررسی نشده است. تاکنون تحقیقات متعددی در مورد تأثیر روش‌های خاک‌ورزی بر بیماری‌های ریشه گندم (*Triticum aestivum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) انجام شده است. در عین حال، این تحقیقات بعضاً منجر به نتایج ضد و نقیضی شده است (Schroeder & Paulitz, 2006). بر اساس گزارش کوک (Cook, 2006) پتانسیل آلودگی گندم به بیماری‌های پاخوره (*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*)، پوسیدگی‌های پتیومی (*Pythium* spp.) و ریزوکتونیایی ریشه *(Rhizoctonia solani)* در شرایط بدون خاک‌ورزی به‌علت فراهم شدن شرایط محیطی مرطوب‌تر و خنک‌تر در سطح خاک، افزایش می‌یابد. نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که پوسیدگی ریزوکتونیایی ریشه گندم و جو با کاشت بدون خاک‌ورزی همبستگی دارد (Verhulst et al., 2010). نتایج تحقیقات نشان داده است که جمعّیت فون خاک در سیستم‌های بدون خاک‌ورزی همراه با نگهداری بقایای گیاهی در مقایسه با سیستم‌های متعارف خاک‌ورزی بیشتر بوده و این سیستم‌ها منجر به تعادل بهتر جمعیّت میکروبی و سایر ارگانیزم‌های خاک می‌شوند (Hobbs et al., 2008; Page et al., 2020; Zhang et al., 2018). نماتدها بخش مهمی از فون بیولوژیکی خاک را تشکیل می‌دهند که از طریق تغذیه از قارچ‌ها، باکتری‌ها و سایر فون میکروبی خاک نقش مؤثری در چرخه عناصر غذایی خاک ایفا می‌کنند. در بین گروه‌های مختلف نماتدها، نماتدهای آزادزی ساکن خاک[1] و نماتدهای بیمارگر گیاهی از نظر کشاورزی از اهمیت خاصی برخوردار هستند. با توجه به اینکه نماتدها از طیف وسیعی از ریزجانداران خاکزی تغذیه می‌کنند و برای حرکت در خاک به وجود لایه دائمی آب وابسته می‌باشند، فعالیت آن‌ها تا حد زیادی به‌وسیله شرایط فیزیکی و بیولوژیکی خاک کنترل می‌شود. نماتدهای خاک می‌توانند به‌علت داشتن عادت‌های تغذیه‌ای متنوع و اینکه ترکیب جمعیتی آن‌ها منعکس‌کننده شرایط محیطی خاک است، به‌عنوان شاخص خوبی برای تعیین وضعیت کلی اکوسیستم خاک به‌شمار آیند (Neher, 2001). هر چند تعداد معدوی از حدود ۴۱۰۰ گونه نماتد پارازیت گیاهی شناسایی شده در سطح وسیع انتشار داشته و از نظر اقتصادی اهمیت دارند (Abd-Elgawad & Askary, 2015; Decraemer & Hunt, 2006)، در عین حال در مقیاس جهانی، خسارت ناشی از این گروه از عوامل بیماریزا حدود ۱۲۵ میلیارد دلار تخمین زده شده است. در اقلیم‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری خسارت ناشی از نماتدهای بیمارگر گیاهی حدود ۱۴/۶ درصد و در کشورهای توسعه یافته حدود ۸/۸ درصد برآورد شده است(Nicol et al., 2011). کاهش عملکرد ناشی از نماتد مولد زخم ریشه (گونه *Pratylenchus thornei*) در کمربند غله‌خیز مناطق شمالی استرالیا بر روی ارقام گندم حساس می‌تواند تا ۷۰ درصد نیز برسد (Thompson et al., 2008).

بر اساس تحقیقات انجام شده، در شرایط خاک‌ورزی حداقل، ممکن است جمعیت دشمنان طبیعی نماتدهای پارازیت گیاهی افزایش یابد. علاوه‌براین، نگهداری بقایای گیاهی نیز ممکن است باعث افزایش جمعیت باکتری‌های خاک و فراهم کردن منابع غذایی برای نماتدهای غیرپارازیت گیاهی شود (Verhulst et al., 2010). بر اساس نتایج تحقیقات متعدد در زمینه اثر نوع خاک‌ورزی (خاک‌ورزی متداول و یا بدون خاک‌ورزی) و نگهداری (و یا سوزاندن) بقایای گیاهی در پلات‌های آزمایشی طولانی‌مدت در استرالیا، کاهش میزان خاک‌ورزی و نگهداری بقایای گیاهی از طریق افزایش ذخیره رطوبتی آب در خاک، باعث افزایش زیست‌توده ریشه و افزایش جمعیّت نماتد مولد زخم ریشه می‌شوند (Thompson et al., 2008). با توجه به اینکه به‌علت خاکزی بودن، جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی علاوه‌بر نوع گیاه میزبان تحت تأثیر نوع خاک و شرایط محیطی و اقلیمی قرار می‌گیرد، هر گونه تغییر در روش‌های مدیریت زراعی ممکن است اثر افزایش‌دهنده و یا کاهش‌دهنده بر جمعیّت این گروه از عوامل بیماریزای گیاهی داشته باشد. این مسئله توصیه و کاربرد

1- Soil-inhabiting

کشاورزی حفاظتی را بدون انجام مطالعات محلی با مشکل روبرو می‌کند. این تحقیق به‌منظور بررسی اثر شیوه‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح مختلف نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی در سیستم تناوب زراعی گندم، گندم، جو، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و گندم به‌مدت پنج سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۰) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد (منطقه معتدل استان خراسان رضوی) اجرا شد.

جدول ۱- اطلاعات مربوط به سیستم تناوب زراعی مورد بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد

Table 1- Details of the crop rotation system used in this study at the Gonabad Agricultural Research Station

فصل زراعی Growing season	گیاه زراعی Crop	میانگین عملکرد Average yield (T.ha^{-1})	تیپ رشد Growth habit	رقم Cultivar
آبان ۱۳۹۰ تا خرداد ۱۳۹۱ Oct. 2011-June 2012	گندم نان Bread wheat	8580	بهاره Spring	پارسی Parsi
آبان ۱۳۹۱ تا خرداد ۱۳۹۲ Oct. 2012-June 2013	گندم نان Bread wheat	-	-	پارسی Parsi
آبان ۱۳۹۲ تا خرداد ۱۳۹۳ Oct. 2013-June 2014	جو Barley	6960	بینابین Facultative	نصرت Nosrat
اردیبهشت ۱۳۹۳ تا آبان ۱۳۹۳ June 2014- Oct. 2014	پنبه Cotton	5800	زود رس- آپلند Short-season, Upland	خرداد Khordad
آبان ۱۳۹۴ تا خرداد ۱۳۹۵ Oct. 2015-June 2016	گندم نان Bread wheat	-	-	پارسی Parsi

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌مدت پنج سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۰) در شرایط ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی اجرا شد. این ایستگاه در ۲۳۵ کیلومتری جنوب شرقی مشهد قرار داشته و دارای زمستان‌های سرد (با میانگین ۴۷ روز یخبندان در طی سال)، بهار خشک و تابستان‌های معتدل می‌باشد. ارتفاع ایستگاه ۱۰۶۰ متر از سطح دریا و با میانگین بارندگی منطقه در دوره آماری ۱۳۳/۵ میلی‌متر در سال می‌باشد. حداکثر مطلق دمای منطقه ۴۴/۶ درجه سانتی‌گراد، حداقل دمای مطلق ۱۹/۵- بوده و بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن گسترش یافته، این ایستگاه در شرایط اقلیمی فراخشک قرار دارد.

سیستم تناوب زراعی

سیستم تناوب زراعی شامل گندم، گندم، جو، پنبه و گندم بود. جزئیات اطلاعات مربوط به گیاهان مورد استفاده در این سیستم تناوب زراعی در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش با استفاده از کرت‌های خرد شده[1] بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش عبارت بودند از روش‌های مختلف خاکورزی در سه سطح شامل: خاک‌ورزی متداول (شخم + دیسک + تسطیح + کاشت با بذرکار)، کم خاک‌ورزی (چیزل پیلر یا دیسک + کاشت با بذرکار) و بی خاک‌ورزی (کاشت مستقیم با بذرکار no till) که در کرت‌های اصلی قرار گرفتند. همچنین مدیریت بقایای گیاهی در سه سطح شامل بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی سال زراعی قبل که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. طول هرکرت فرعی ۳۰ متر و عرض آن ۱۵ بود. مساحت کاشت هر کرت فرعی ۴۵۰ مترمربع (۱۵ × ۳۰) و مساحت هر کرت اصلی ۴۰۵۰ مترمربع (۴۵۰ × ۹) بود. در روش کشت مستقیم (بی-خاک‌ورزی) در زمینی که سال قبل گندم کشت شده بود و قبل از کشت هیچ‌گونه عملیات خاک‌ورزی صورت نگرفته بود، با یک بار حرکت مستقیم بذرکار کشت مستقیم خطی کار (برزگر همدانی) عملیات کشت انجام گردید. در روش کم خاک‌ورزی از یک دستگاه دیسک استفاده شد و پس از تسطیح زمین برای کشت جو از بذرکار خطی‌کار استفاده شد. در روش مرسوم، شخم توسط گاوآهن برگردان-دار انجام شد و سپس زمین دیسک زده شد و تسطیح گردید و سپس توسط بذرکار خطی‌کار (مدل همدانی) کشت انجام شد. در تیمار میزان بقایا بر اساس تیمارهای تعریف شده ۳۰ درصد و یا ۶۰ درصد بقایای

1- Split plot

گیاه زراعی قبلی (گندم) بر روی سطح خاک حفظ شد. بدین صورت که با محاسبه میزان عملکرد بیولوژیک گیاه زراعی قبلی، مقادیر متناسب بقایا با اعمال تیمارهای میزان بقایا بر روی سطح خاک به‌صورت ایستاده و پخش شده حفظ شدند. برای این منظور از طریق نمونه‌برداری (پنج کوادرات یک مترمربعی) از هر یک از کرت‌های اصلی مقدار بقایا تعیین و سپس برای تیمارهای مورد مطالعه بقایای اضافی از کرت‌های فرعی حذف شد. همچنین از رقم رایج و تجارتی هر محصول زراعی استفاده شده که نام رقم هر گیاه زراعی در جدول ۱ آورده شده است.

میزان کود مصرفی بر اساس فرمول کودی ایستگاه و بر اساس نتایج تجزیه خاک و مطابق توصیه‌های بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی و به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم اوره (نیتروژن)، ۲۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیم (فسفر) و۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم هم‌زمان با کاشت مصرف شد.

روش نمونه‌برداری، استخراج، شناسایی و تعین جمعیت نماتدها

به‌منظور استخراج و تعیین جمعیت نماتدهای پارازیت گیاهی، نمونه‌برداری از خاک در تابستان ۱۳۹۵ از ۱۰ نقطه هر کرت آزمایشی با استفاده از اُگر[1] به قطر ۲/۵ سانتی‌متر انجام شد. ریزنمونه‌ها[2] با هم مخلوط و یک نمونه مرکب به وزن تقریبی یک کیلوگرم به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه مقدار ۲۵۰ میلی‌لیتر خاک از نمونه مرکب تهیه شده، انتخاب و نماتدها با استفاده از روش الک و سانتریفیوژ (Jenkins, 1964) استخراج گردید. شناسایی نماتدها با استفاده از کلیدهای معتبر (Loof, 1978; Siddiqi, 1987; Handoo & Golden, 1989; Nickle, 1991; Hunt, 1993) انجام شد. برای تعیین میزان جمعیّت نماتدها، مقدار یک میلی‌لیتر از ۱۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون حاوی نماتد مربوط به هر نمونه، به‌وسیله پی‌پت در اسلاید شمارش (Counting slide) ریخته شد و به‌وسیله میکروسکوپ نوری تعداد نماتد به‌تفکیک جنس و یا گونه شمارش گردید. تجزیه آماری با استفاده از نرم‌افزار MSTAC انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

1- Auger
2- Subsamples

نتایج و بحث

بر اساس نتایج بررسی میکروسکوپی نماتدهای استخراج شده از نمونه‌های خاک، نماتدهای پارازیت گیاهی شامل نماتد مولد زخم ریشه (*Pratylenchus thornei*)، نماتد سنجاقی (*Paratylenchus* spp)، نماتد مارپیچی (*Helicotylenchus* spp.)، *Geocenamus*، نماتد ساقه و پیاز (*Ditylenchus* spp.)، *Boleodorus* spp.، *Tylenchus* spp. و *Filenchus* spp. جداسازی و تشخیص داده شدند و جمعیّت آن‌ها در نمونه‌های خاک هر تیمار تعیین شد. خلاصه نتایج تجزیه واریانس جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی در تیمارهای مختلف در جدول ۲ آمده است.

همان‌طور که جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد، اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (خاک‌ورزی متداول، کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی)، سطوح مختلف نگهداری بقایای گیاهی (بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی) و برهم‌کنش خاک‌ورزی و نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیت اغلب نماتدهای پارازیت گیاهی تشخیص داده شده و تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی معنی‌دار نبوده است. البته اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر جمعیّت *Boleodorus* spp. و برهم‌کنش خاک‌ورزی و نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیت *Tylenchus* spp. در سطح پنج درصد معنی‌دار بوده است.

اثر تیمارهای مختلف خاک‌ورزی بر جمعیت گونه‌های مختلف نماتد و تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی به‌ترتیب در جدول ۳ و شکل ۱ آمده است. همانطور که نتایج نشان می‌دهد، تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی در تیمار بی خاک‌ورزی از خاک‌ورزی متداول و کم خاک‌ورزی بالاتر بوده است، در عین حال اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر جمعیّت گونه‌های مختلف نماتد پارازیت گیاهی، تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی و تعداد کل نماتد از نظر آماری در سطح پنج درصد معنی‌دار نبوده است.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تیمارهای خاک‌ورزی و نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی در تناوب گندم، جو، پنبه، آیش و گندم

Table 2– Analysis of variance (mean of squares) for the effects of tillage and plant residue retention on the population of plant pathogenic nematodes under the wheat, barley, cotton, fallow and wheat rotation system

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	فیلنکوس *Filenchus* spp.	تیلنکوس *Tylenchus* spp.	بولئودوروس *Boleodorus* spp.	نماتد ساقه و پیاز *Ditylenchus* spp.	ژئوسناموس *Geocenamus* spp.	نماتد مارپیچی *Helicotylenchus* spp.	نماتد سنجاقی *Paratylenchus* spp.	نماتد مولد زخم ریشه *Pratylenchus thornei*	مجموع Total
تکرار Replication	2	25.55 $^{n.s}$	47.26 $^{n.s}$	47.52 $^{n.s}$	1492.77 $^{n.s}$	454577.77 $^{n.s}$	475.78 $^{n.s}$	132.22 $^{n.s}$	1784.45 $^{n.s}$	437826.47$^{n.s}$
خاک‌ورزی Tillage (A)	2	25.55 $^{n.s}$	47.70 $^{n.s}$	245.96*	15.11 $^{n.s}$	135633.33 $^{n.s}$	177.33 $^{n.s}$	44.00 $^{n.s}$	1156.33 $^{n.s}$	144022.01$^{n.s}$
خطا (الف) Error a	4	9.16	19.98	31.18	681.44	157427.77	386.94	110.33	1156.33	178197.62
بقایا Residue (B)	2	47.44 $^{n.s}$	47.70 $^{n.s}$	102.96 $^{n.s}$	548.88 $^{n.s}$	125144.44 $^{n.s}$	99.33 $^{n.s}$	11.11 $^{n.s}$	669.66 $^{n.s}$	120037.77$^{n.s}$
خاک‌ورزی × بقایا A×B	4	14.55 $^{n.s}$	102.26*	36.79 $^{n.s}$	2136.38 $^{n.s}$	167694.44 $^{n.s}$	144.00 $^{n.s}$	220.72 $^{n.s}$	637.22 $^{n.s}$	189623.78$^{n.s}$
خطا (ب) Error b	12	25.57	23.68	124.91	1893.94	98755.55	178.61	95.68	648.03	92008.34

n.s: غیرمعنی‌دار

*: معنی‌دار در سطح پنج درصد

ns, and *: represent non- significance and significances at 5 % probability levels, respectively.

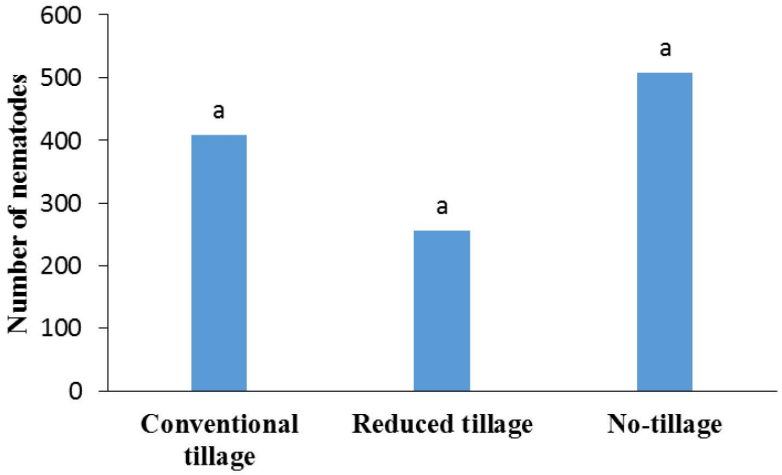
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر جمعیت نماتدهای پارازیت گیاهی در ایستگاه تحقیقات گناباد

Table 3 –Mean comparisons for the effects of tillage treatments on the population of plant pathogenic nematodes at Gonabad Agricultural Research station

نماتد Nematodes	بی خاک‌ورزی No-till	کم خاک‌ورزی Reduced tillage	خاک‌ورزی متداول Conventional tillage
Pratylenchus thornei	2.18[a*]	1.00[a]	3.41[a]
Paratylenchus spp.	2.31[a]	4.53[a]	6.73[a]
Helicotylenchus spp.	6.73[a]	11.19[a]	2.31[a]
Geocenamus spp.	436.70[a]	193.30[a]	343.30[a]
Ditylenchus spp.	30.03[a]	27.80[a]	27.78[a]
Boleodorus spp.	6.72[a]	8.93[a]	16.68[a]
Tylenchus spp.	3.40[a]	7.82[a]	4.50[a]
Filenchus spp.	1.00[a]	2.30[a]	3.41[a]

* در هر ردیف اعدادی که با حروف مشابه نشان داده شده‌اند در سطح پنج درصد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* In each row means showed with the same letter are not significantly different at 5% level based on the Duncan's Multiple Range Test.



شکل ۱- اثر تیمارهای خاک‌ورزی بر جمعیّت کل نماتدهای بیمارگر گیاهی در سیستم تناوب زراعی گندم، جو، پنبه، آیش وگندم

Fig. 1- The effect of tillage treatments on the total number of plant pathogenic nematodes in the wheat, barley, cotton, fallow and wheat rotation system

* میانگین‌های که با حروف مشابه نشان داده شده‌اند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means showed with same letter are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test at 5% probability level.

جدول ٤- اثر تیمارهای حفظ بقایای گیاهی بر جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی در ایستگاه تحقیقات گناباد

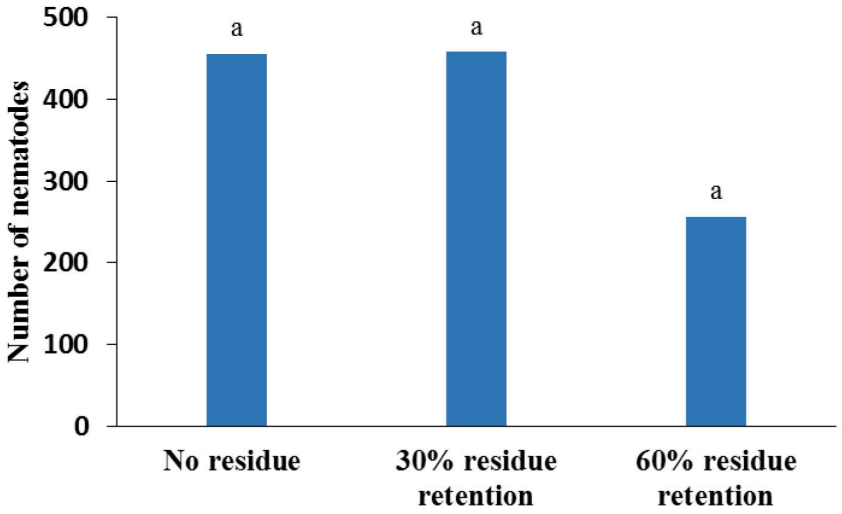
Table 4- The effect of crop residue retention on the population of plant parasitic nematodes at Gonabad agricultural research station

نماتد Nematode	حفظ ٦٠٪ بقایا 60% residue retention	حفظ ۳۰٪ بقایا 30% residue retention	بدون حفظ بقایا No residue retention
Pratylenchus thornei	17.86[a*]	1.20[a]	5.63[a]
Paratylenchus spp.	5.63[a]	3.41[a]	4.53[a]
Helicotylenchus spp.	3.42[a]	6.74[a]	10.07[a]
Geocenamus spp.	188.90[a]	403.30[a]	381.10[a]
Ditylenchus spp.	21.12[a]	27.80[a]	36.69[a]
Boleodorus spp.	14.47[a]	7.82[a]	10.04[a]
Tylenchus spp.	4.50[a]	3.40[a]	7.82[a]
Filenchus spp.	1.20[a]	4.51[a]	1.20[a]

* در هر ردیف اعدادی که با حروف مشابه نشان داده شده‌اند در سطح پنج درصد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

* In each row means showed with the same letter are not significantly different at 5% level based on the Duncan's Multiple Range Test.

تأثیر تیمارهای مختلف نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیّت گونه‌های مختلف نماتدهای پارازیت گیاهی و تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی به‌ترتیب در جدول ۴ و شکل ۲ آمده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، اثر سطوح مختلف نگهداری بقایای گیاهی بر جمعیّت هیچکدام از نماتدهای پارازیت گیاهی و تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی از نظر آماری معنی‌دار نبوده است.



شکل ۲- اثر تیمارهای مدیریت بقایای گیاهی بر جمعیّت کل نماتدهای بیمارگر گیاهی در سیستم تناوب زراعی گندم، جو، پنبه، آیش و گندم
Fig. 2- The effect of crop residue retention on the total number of plant pathogenic nematodes in the wheat, barley, cotton, fallow and wheat rotation system

* میانگین‌های که با حروف مشابه نشان داده شده‌اند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
* Means showed with same letter are not significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test at 5% probability level.

اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر جمعیّت نماتدهای مختلف بیمارگر گیاهی در ایستگاه تحقیقات گناباد در جدول ۵ آورده شده است. بر اساس نتایج، جمعیّت نماتد *Geocenamus* spp. در تیمار کم خاک‌ورزی و نگهداری ۳۰ درصد بقایای گیاهی و تیمار بی خاک‌ورزی و نگهداری ۶۰ درصد بقایای گیاهی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشته است، ولی بین این دو تیمار با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نبوده است. همچنین جمعیت نماتد *Tylenchus* spp.، در تیمار کم خاک‌ورزی و بدون بقایای گیاهی اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشته است. اثر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر جمعیّت سایر نماتدهای پارازیت گیاهی مورد بررسی، معنی‌دار نبوده است. همان‌طور که نتایج نشان می‌دهد، برهم‌کنش روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مدیریت بقایای گیاهی بر تعداد کل نماتدهای پارازیت گیاهی معنی‌دار بوده است. بیشترین تعداد نماتد پارازیت گیاهی مربوط به تیمار بی خاک‌ورزی و نگهداری ۳۰ درصد بقایای گیاهی و کمترین تعداد نماتد پارازیت گیاهی مربوط به تیمار کم خاک‌ورزی و نگهداری ۳۰ درصد بقایای گیاهی بوده است.

بر اساس نتایج این بررسی، اعمال تیمارهای مختلف خاک‌ورزی (شامل شیوه متداول خاک‌ورزی، کم خاک‌ورزی و بی خاک‌ورزی)، سطوح مختلف نگهداری بقایای گیاهی (بدون بقایا، حفظ ۳۰ درصد بقایا و حفظ ۶۰ درصد بقایای گیاهی) در سیستم تناوب زراعی گندم، جو، پنبه و گندم در ایستگاه تحقیقات گناباد، بر جمعیّت اغلب نماتدهای مهم بیمارگر گیاهی تأثیر معنی‌داری نداشته است، هر چند عکس‌العمل گونه‌های مختلف نماتد، نسبت به اعمال تیمارها، متفاوت بوده است. بر اساس نتایج این تحقیق، عکس‌العمل نماتدهای مختلف به نوع عملیات زراعی (متداول یا حفاظتی) متفاوت بوده است.

جدول ۵- اثر متقابل روش‌های مختلف خاک‌ورزی و مقادیر مختلف بقایای گیاهی بر جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی

Table 5- Interaction effect of tillage and residue retention on the population of plant pathogenic nematodes

خاک‌ورزی Tillage	بقایای گیاهی Crop residue	فیلنخوس *Filenchu* spp.	تیلنکوس *Tylenchus* spp.	بولئودوروس *Boleodorus* spp.	نماتد ساقه و پیاز *Ditylenchus* spp.	ژئوسناموس *Geocenamus* spp.	نماتد مارپیچی *Helico.* spp.	نماتد سنجاقی *Para.* spp.	نماتد مولد زخم ریشه *P. thornei*	مجموع Total
متداول Conventional	0	1.00^{a*}	6.700^{b}	16.67^{a}	53.33^{a}	546.70^{ab}	6.733^{a}	1.00^{a}	17.84a	649.97^{ab}
	30%	6.73^{a}	1.00^{b}	10.03^{a}	10.00^{a}	296.70^{ab}	1.00^{a}	3.400^{a}	1.00^{a}	327.1^{ab}
	60%	3.40^{a}	6.70^{b}	23.33^{a}	20.00^{a}	186.70^{ab}	1.00^{a}	16.70^{a}	3.400^{a}	260.3^{b}
کم خاک‌ورزی Reduced tillage	0	1.00^{a}	16.67^{a}	6.733^{a}	40.03^{a}	200.00^{ab}	20.07^{a}	13.40^{a}	1.00^{a}	297.1^{ab}
	30%	6.70^{a}	3.40^{b}	10.03^{a}	10.03^{a}	120.00^{b}	13.40^{a}	1.00^{a}	1.00^{a}	163.8^{b}
	60%	1.00^{a}	3.40^{b}	10.03^{a}	33.33^{a}	260.00^{ab}	1.00^{a}	1.00^{a}	1.00^{a}	307.2^{ab}
بی خاک‌ورزی No-till	0	1.00^{a}	1.00^{b}	6.73^{a}	16.70^{a}	396.70^{ab}	3.40^{a}	1.00^{a}	10.07^{a}	433.9^{ab}
	30%	1.00^{a}	6.700^{b}	3.40^{a}	63.37^{a}	793.30^{a}	6.73^{a}	6.73^{a}	3.40^{a}	883.8^{a}
	60%	1.00^{a}	3.40^{b}	10.03^{a}	10.03^{a}	120.00^{b}	10.07^{a}	1.00^{a}	50.07^{a}	203.8^{b}

* اعدادی که با حروف متفاوت نشان داده شده‌اند در سطح پنج درصد اختلاف آماری معنی‌داری بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن دارند.

* Means showed with different letter are significantly different based on the Duncan's Multiple Range Test at 5% probability level.

بر اساس نتایج، بالاترین جمعیّت کل نماتدهای پارازیت گیاهی مربوط به تیمار بی خاک‌ورزی بوده است، هر چند اثر هیچکدام از این تیمارهای خاک‌ورزی از نظر آماری معنی‌دار نبوده است. نتایج همچنین نشان داده است که ترکیب نوع خاک‌ورزی و میزان نگهداری بقایای گیاهی به‌صورت هم‌زمان نسبت به اعمال انفرادی این عملیات زراعی، تأثیر بیشتری بر جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی داشته است.

نتایج تحقیقات مختلف نشان داده است که تنوّع فون خاک شامل ریزجانداران مختلف از جمله باکتری‌ها، اکتینومیست‌ها، قارچ‌ها، کرم‌های خاکی و نماتدها و فعالیت بیولوژیکی آن‌ها در شرایط عملیات بدون خاک‌ورزی و نگهداری بقایای گیاهی در مقایسه با عملیات خاک‌ورزی متداول بیشتر بوده است (Lupwayi et al., 2001; Spedding et al., 2004). همچنین افزایش تعداد و تنوّع ریزجانداران مفید خاک که می‌توانند با عوامل میکروبی مولد بیماری‌های گیاهی رقابت کرده و باعث افزایش عملکرد شوند، در سیستم‌های بی خاک‌ورزی گزارش شده است. بر اساس گزارش گوارتز و همکاران (Govaerts et al., 2007 b)، افزایش تعداد و تنوّع جمعیّت میکروبی خاک در سیستم‌های کشاورزی حفاظتی در کاهش جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی از جمله نماتد مولد زخم ریشه (*Pratylenchus thornei*) مؤثر گزارش شده است. همچنین اثر گیاهان مورد استفاده در تناوب بر جمعیّت بعضی نماتدهای پارازیت گیاهی در منابع علمی گزارش شده است. بررسی اثر تناوب زراعی گندم، پنبه و بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L.)در سیستم کشاورزی حفاظتی نشان داده است که جمعیت نماتد *Meloidogyne incognita* در پنبه افزایش و در بادام زمینی کاهش داشته است، در حالی‌که جمعیت گونه *M. arenaria* در بادام زمینی افزایش و در پنبه کاهش نشان داده است. در عین حال، در کرت‌های آزمایشی گندم جمعیّت هر دو گونه نماتد در حد متوسط تا بالا باقی مانده است (Johnson et al., 2000). همچنین افزایش جمعیّت نماتدها در مناطقی که سیستم‌های خاک‌ورزی بدون شخم در تناوب زراعی گندم – برنج مورد استفاده قرار گرفته‌اند، گزارش شده است (Duveiller et al., 2004). اساساً پاتوژن‌های گیاهی خاکزاد[1] و پاتوژن‌های گیاهی بقایا زاد[2] به‌عنوان بیماری‌های گیاهی شناخته می‌شوند که تحت تأثیر ارکان اصلی کشاورزی حفاظتی یعنی تناوب زراعی، نگهداری بقایای گیاهی و نوع عملیات خاک‌ورزی قرار می‌گیرند. در عین حال، به‌جز تناوب زراعی که اثر آن در کنترل تعداد زیادی از بیماری‌های گیاهی خاکزاد در تحقیقات مختلف گزارش شده است، در مورد تأثیر نگهداری بقایای گیاهی و عملیات خاک‌ورزی بر بیماری‌های گیاهی اتفاق نظری بین محققان وجود ندارد.

نتایج بعضی تحقیقات نشان داده است که خاک‌ورزی حفاظتی باعث افزایش وقوع بیماری‌های گیاهی می‌شود، در حالی‌که بعضی تحقیقات دیگر نشان‌دهنده است که این روش خاک‌ورزی تأثیری بر وقوع بیماری‌های گیاهی ندارد (Hobbs et al., 2008; Raaijmakers et al., 2009; Kassam et al., 2009). افزایش فشار آفات و عوامل بیماریزا در شرایط کشاورزی حفاظتی در بعضی منابع علمی گزارش شده است. در عین حال، عملیات زراعی مناسب، استفاده از ارقام گیاهی توصیه شده، بهداشت زراعی و سایر عوامل مؤثر در سلامت خاک می‌توانند تا حدود زیادی به کاهش فشار آفات و عوامل بیماریزا کمک کنند (Bailey & Lazarovits, 2003; Twomlow et al., 2008). نتایج تحقیقات طولانی‌مدت در ایکاردا در مورد اثرات روش‌های خاک‌ورزی و بقایای گیاهی بر نماتدها و بیماری‌های قارچی در محصولات مختلف نشان داده است که به‌جز بیماری برق‌زدگی نخود[3] که در سیستم بی خاک‌ورزی نسبت به شخم متداول به‌ویژه در کشت زود هنگام، شیوع بیشتری داشته است، این عملیات بر سایر بیماری‌ها بی تأثیر بوده است (Seid et al., 2012). بر اساس نتایج یک بررسی طولانی‌مدت در زمینه مقایسه جمعیّت نماتد مولد سیست سویا (*Heterodera glycines*) در سیستم تناوب زراعی ذرت – سویا نشان داده است که با کاهش شدت خاک‌ورزی، جمعیت این نماتد در پلات‌های مورد تناوب، نسبت به سیستم تک‌کشتی کاهش یافته است (Westphal et al., 2009). نتایج بعضی از تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان می‌دهد که در سیستم‌های خاک‌ورزی بدون شخم و شخم حفاظتی نسبت به سیستم‌های شخم متداول، کنترل بیماری‌های گیاهی بهتر انجام می‌شود (Govaerts et al., 2007 a)

1- Soil-borne plant pathogens

2- Residue-borne diseases

3- Ascochyta blight

پاتوژن‌های موجود در بقایای گیاهی ممکن است خطر آلودگی محصول بعدی به بیماری‌ها، به‌ویژه در سیستم‌های تک‌کشتی را افزایش دهند. در عین حال، تحقیقات معدود انجام شده در اروپا در مورد اثر سیستم‌های کشت متداول و حفاظتی بر وقوع بیماری‌ها، شواهد آشکاری در مورد اثر این گونه عملیات زراعی در جهت افزایش و یا کاهش وقوع بیماری‌ها فراهم نکرده است. بقایای گیاهی منبع غذایی برای باکتری‌ها، قارچ‌ها، نماتدها، کرم‌های خاکی و بندپایان می‌باشند که می‌توانند در شرایط کشاورزی حفاظتی باعث تغییرات قابل ملاحظه‌ای بر فشار بیماری‌ها شوند (Hobbs & Govaerts, 2010).افزایش زیست‌توده میکروبی خاک به‌علت افزایش تعداد ریز جانداران رقابت‌کننده بر سر منابع غذایی و یا از طریق فعالیت‌های آنتاگونیستی یا رهاسازی ترکیبات آنتی بیوتیکی می‌توانند باعث کاهش فعالیت عوامل بیماریزای گیاهی شوند (Weller et al., 2002).

تراکم جمعیت نماتدها در خاک از ۲×۱۰^{۵} نماتد در مترمربع در خاک‌های مناطق خشک تا ۳×۱۰^{۷} نماتد در مترمر بع در خاک‌های مناطق مرطوب متفاوت می‌باشد. نماتدهای پارازیت گیاهی در نظام‌های زراعی متداول در شرایط نیمه‌خشک و یا شرایط آبیاری کمتر از حد مطلوب می‌توانند باعث کاهش عملکرد شوند، هر چند حضور نماتدهای پارازیت گیاهی در خاک لزوماً به‌معنی کاهش عملکرد محصول نخواهد بود، زیرا جمعیّت نماتدها ممکن است پائین‌تر از حد آستانه خسارت باشد (Verhulst et al., 2010). بر اساس نتایج تحقیقات انجام شده در استرالیا، کاشت گندم، نخود (*Cicer arietinum* L.)، ماش (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek)، تریتیکاله (x Triticosecale wittmack)، ذرت (*Zea mays* L.) و جو باعث افزایش جمعیّت *Pratylenchus thornei* در خاک می‌شود، در حالی‌که کاشت سورگوم (*Sorghum bicolour* L.)، آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، نخود سودانی (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.)، کتان (*Linum usitatissimum* L.) و ارزن (*Panicum miliaceum* L.) قبل از کشت بعدی گندم، باعث کاهش جمعیّت این نماتد در خاک نمونه‌برداری شده تا عمق ۹۰ سانتی‌متری شده است (Thompson et al., 2008). نتایج تحقیقات طولانی‌مدت همچنین نشان داده است هنگامی‌که جمعیّت بالایی از نماتد مولد زخم ریشه (*Pratylenchus thornei*) در خاک شکل گیرد، این نماتد قادر است در شرایط آیش طولانی‌مدت در خاک باقی مانده و جمعیت آن پس از کاشت میزبان حساس به‌سرعت تا حد خسارت زا افزایش یابد (Thompson et al., 2008).

بر اساس نتایج تحقیقات، تغییر در عملیات زراعی شامل خاک‌ورزی، نگهداری بقایای گیاهی و تناوب، باعث ایجاد تغییرات عمده در تعداد و نوع عوامل خسارت زا و عوامل مفید فون خاک می‌شود (Govaerts el al., 2006; Okada & Harada, 2007). کاهش میزان خاک‌ورزی، عوامل خسارت‌زای مختلف را بسته استراتژی بقا و چرخه زندگی آن‌ها، به روش‌های متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهد، به‌طوری‌که گونه‌هایی که یک یا چند مرحله از زندگی خود را در خاک سپری می‌کنند، به‌میزان بیشتری به‌صورت مستقیم تحت تأثیر میزان خاک‌ورزی قرار می‌گیرند. هنگامی‌که کاهش میزان خاک‌ورزی با نگهداری بقایای گیاهی در سطح خاک همراه می‌شود، بستر غذایی مناسبی برای رشد عوامل بیماریزای گیاهی بقایا زاد و همچنین برای ریزجانداران مفید خاک فراهم می‌کند. در عین حال، تناوب زراعی ممکن است بقا و ماندگاری عوامل بیماریزا در بقایای گیاهی و خاک را کاهش دهد. کاهش میزان خاک‌ورزی به‌طور غیرمستقیم می‌تواند بر تنوع جامعه میکروبی خاک از طریق نگهداری رطوبت خاک و تغییر درجه حرارت خاک تأثیر بگذارد (Krupinsky et al., 2002) و افزایش فعالیت جامعه میکروبی خاک در اثر کاهش خاک‌ورزی می‌تواند از طریق رقابت و اثرات آنتی بیوتیکی باعث ایجاد شرایط محیطی با خاصیت آنتاگونیستی برای عوامل بیماریزا شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق، در سیستم تناوب زراعی گندم، جو، پنبه (آیش) و گندم در شرایط اقلیمی ایستگاه تحقیقات گناباد اعمال روش‌های مختلف خاک‌ورزی و سطوح مختلف مدیریت بقایای گیاهی تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر جمعیّت نماتدهای پارازیت گیاهی نداشته است. بنابراین، بر پایه نتایجای تحقیق، تغییر در عملیات خاک‌ورزی از متداول به کم و بی خاک‌ورزی و حفظ بقایای گیاهی در طی زمان بر روی سطح خاک و با رعایت تناوب زراعی ضمن کاهش هزینه‌های تهیه بستر بذر و بهبود خصوصیات ساختار خاک، می‌تواند موجب پایداری تولید محصولات زراعی شود، در حالی‌که خطر افزایش جمعیّت پاتوژن‌های گیاهی از جمله نماتدها را افزایش ندهد. بر این

اساس، تغییر از سیستم کشاورزی رایج به حفاظتی (بی خاک‌ورزی و کم خاک‌ورزی با حفظ بقایای گیاهی) برای این اقلیم و مناطق مشابه قابل توصیه می‌باشد.

سپاسگزاری

این مقاله از گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی تحت عنوان"بررسی اثرات نظام‌های زراعی مبتنی بر کشاورزی حفاظتی بر وقوع بیماری‌های مهم گیاهی در اقلیم معتدل استان خراسان رضوی" با شماره مصوب ۹۱۰۰۲-۹۱۵۴-۰۳-۴۳-۱۷ استخراج شده است. نویسندگان از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به‌خاطر فراهم کردن شرایط اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایند. نویسندگان همچنین از همکاری صمیمانه پرسنل ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد در اجرای پروژه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References

Abd-Elgawad, M., and Askary, T.H., 2015. Impact of Phytonematodes on Agriculture Economy. In: T.H. Askary and P.R.P. Martinelli (Eds.). Biocontrol Agents of Phytonematodes. CABI Publishing, Wallingford, UK. p. 3-49.

Bailey, K.L., and Lazarovits, G., 2003.Suppressing soil-borne diseases with residue management and organic amendments. Soil Tillage Reserch 72: 169–180.

Cook, R.J., 2006.Toward cropping systems that enhance productivity and sustainability. Proceedings of the National Academy of Sciences 103: 18389-18394.

Decraemer, W., and Hunt, D.J., 2006. Structure and classification. In: R.N. Perry and M. Moens (Eds.) Plant Nematology. CABI Publishing, Wallingford, p. 3–32.

Duveiller, E., Bridge, J., Rutherford, M., and Keeling, S., 2004. Soil health and sustainability of the rice wheat systems of the Indo Gangetic plains. Rice-Wheat Consortium Paper Series 16. RWC, New Delhi.

Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers, J., Etchevers, J.D., Figueroa-Sandoval, B., and Sayre, K.D., 2007 a. Infiltration, soil moisture, root rot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. Soil Tillage Research 94: 209-219.

Govaerts, B., Mezzalama, M., Sayre, K.D., Crossa, J., Nicol, J.M., and Deckers, J., 2006. Long-term consequences of tillage, residue management, and crop rotation on maize/wheat root rot and nematode populations in subtropical highlands. Applied Soil Ecology 32: 305-315.

Govaerts, B., Mezzalama, M., Unno, Y., Sayre, K., Luna-Guido, M., Vanherck, M., Dendooven, L., and Deckers, J., 2007 b. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. Applied Soil Ecology 37: 18–30.

Handoo, Z.A., and Golden, A.M., 1989. A key and compendium to the species of *Pratylenchus Filipjev*, 1936 (lesion nematodes). Journal of Nematology 21: 202-218.

Hobbs, P.R., and Govaerts, B., 2010. How conservation agriculture can contribute to buffering climate change. In: M.P. Reynolds (Ed.) Climate Change and Crop Production. CAB International, Cambridge, USA, p. 177–199.

Hobbs, P.R., Sayre, K., and Gupta, R., 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B 363: 543–555.

Hunt, D.J., 1993. Aphelenchida, Longidoridae, and Trichodoridae: Their Systematics and Bionomics. CAB International, Hertfordshire, UK. 352 pp.

Jenkins, W.R., 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. Plant Disease Reporter 48: 692.

Johnson, A.W., Dowler, C.C., and Handoo, Z.A., 2000. Population dynamics of *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, and other nematodes and crop yields in rotations of cotton, peanut, and wheat under minimum tillage. Journal of Nematology 32: 52–61.

Kassam, A.H., Friedrich, T., Shaxson, F., and Pretty, J., 2009. The spread of conservation agriculture: Justification, sustainability and uptake. International Journal of Agricultural Sustainability 7: 1–29.

Krupinsky, J.M., Bailey, K.L., McMullen, M.P., Gossen, B.D., and Turkingtond, T.K., 2002. Managing plant disease risk in diversified cropping systems. Agronomy Journal 94: 198–209.

Loof, P.A.A., 1978. The genus *Pratylenchus Filipjev*, 1936 (Nematoda: Pratylenchidae): A review of its anatomy, morphology, distribution, systematics and identification. Landbowhoge School, Wageningen, the Netherlands.

López-Fando, C., and Bello, A., 1995.Variability in soil nematode populations due to tillage and crop rotation in semi-arid mediterranean agrosystems. Soil and Tillage Research. 36: 59-72.

Lupwayi, N.Z., Monreal, M.A., Clayton, G.W., Grant, C.A., Johnston, A.M., and Rice, W.A., 2001. Soil microbial biomass and diversity respond to tillage and sulphur fertilizers. Canadian Journal of Soil Science 81: 577–589.

Neher, D.A., 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. Journal of Nematology 33: 161-168.

Nickle, W.R., 1991. Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, Inc, New York. 1035 pp.

Raaijmakers, J.M., Paulitz, T.C., Steinberg, C., Alabouvette, C., and Moënne-Loccoz, Y., 2009.The rhizosphere: A playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. Plant Soil 321: 341–361.

Nicol, J.M., Turner, S.J., Coyne, D.L., den Nijs, L., Hockland, S., and Maafi, Z.T., 2011. Current nematode threats to world agriculture. Genomics and Molecular Genetics of Plant-nematode Interactions. In: J.T. Jones, G. Gheysen, and C. Fenoll (Eds.). Springer, Dordrecht, the Netherlands p. 21-43.

Okada, H., and Harada, H., 2007. Effects of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. Applied Soil Ecology 35: 582–598.

Overstreet, L.F., Hoyt, G.D., and Imbriani, J., 2010.Comparing nematode and earthworm communities under combinations of conventional and conservation vegetable production practices. Soil and Tillage Research 110: 42–50.

Page, K.L. Dang, Y.P. and Dalal, R.C.2020. The ability of conservation agriculture toconservesoil organic carbon and the subsequent impact on soil physical, chemical, and biological properties and yield. Frontiers in Sustainable Food Systems. 4: 1-17.

Raaijmakers, J.M., Paulitz, T.C., Steinberg, C., Alabouvette, C., and Moënne-Loccoz, Y., 2009. The Rhizosphere: A playground and battlefield for soilborne pathogens and beneficial microorganisms. Plant and Soil 321: 341–361.

Schroeder, K.L. and Paulitz, T.C., 2006. Root diseases of wheat and barley during the transition from conventional tillage to direct seeding. Plant Disease 90: 1247-1253.

Seid, A., Piggin, C., Haddad, A., Kumar, S., Khalil, K., and Geletu, B., 2012. Nematode and fungal diseases of food legumes under conservation cropping systems in northern Syria. Soil and Tillage Research 121: 68–73.

Siddiqi, M.R., 1986. Tylenchida, Parasites of Plants and Insects. CAB International, UK.833 pp.

Spedding, T.A., Hamel, C., Mehuys, G.R., and Madramootoo, C.A., 2004.Soil microbial dynamics in maizegrowing soil under different tillage and residue management systems. Soil Biology and Biochemistry 36: 499–512.

Thompson, J.P., Owen, K.J., Stirling, G.R. and Bell, M.J., 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.

Turkington, T.K. and Clayton, G.W., 2000. Crop Rotation and Plant Disease Management. Available at: http://www.ssca.ca/conference/2000proceedings/Turkington.html

Twomlow, S., Urolov, J.C., Jenrich, M., and Oldrieve, B., 2008. Lessons from the field-Zimbabw, s conservation agriculture task force. The Journal of Semi-Arid Tropical Agricultural Research 6: 1–11.

Verhulst, N., Govaerts, B., Verachtert, E., Castellanos-Navarrete, A., Mezzalama, M., Wall, P., Deckers, J., and Sayre, K.D., 2010. Conservation Agriculture, Improving Soil Quality for Sustainable Production Systems? In: R. Lal and B.A. Stewart (Eds.).Advances in Soil Science: Food Security and Soil Quality. CRC Press, Boca Raton, USA. pp. 137-208.

Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., Gardener, B.B.M., and Thomashow, L.S., 2002. Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. Annual Review of Phytopathology 40: 309–348.

Westphal, A., Xing, L.J., Pillsbury, R., and Vyn, T.J., 2009. Effects of tillage on population densities of *Heterodera glycines*. Field Crops Research 113: 218–226.

Zhang, X., Xin, X., Zhu, A., Yang, W., Zhang, J., Ding, S., Muc, L., and Shaoa, L., 2018. Linking macroaggregation to soil microbial community and organic carbon accumulation under different tillage and residue managements. Soil and Tillage Research 178: 99-107.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.3, Fall 2021, p. 409-422

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۴۰۰، ص ۴۲۲-۴۰۹

The Effect of Different Tillage Methods and Crop Residue Management on the Population of Plant Parasitic Nematodes in the Wheat (*Triticum aestivum* L.), Barley (*Hordeum vulgare* L.), and Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Rotation System

R. Aghnoum[1*] and M. Ghodsi[2]
Submitted: 25-01-2020
Accepted: 30-09-2020

Aghnoum, R., and Ghodsi, M., 2021. The effect of different tillage methods and crop residue management on the population of plant parasitic nematodes in the wheat (*Triticum aestivum* L.), barley (*Hordeum vulgare* L.), and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) rotation system. Journal of Agroecology 13(3):409-422.

Introduction

Conventional tillage-based farming systems had negative effects on the quality of essential natural resources including soil, water, and plant biodiversity. In the recent decades, Conservation Agriculture (CA) farming systems based on the three interlinked principles, namely: no or minimum mechanical soil disturbance, crop residue retention and crop rotation introduced and adopted as an alternative to conventional agriculture. However, the influence of conservation agriculture practices on the population of soil-borne plant pathogens including plant parasitic nematodes is not well studied. This study was performed to determine the effect of different tillage methods and different levels of residue management on the population of plant parasitic nematodes in the wheat-barley-cotton-wheat rotation system during five consecutive cropping seasons (2012-2017) at the Gonabad Agricultural Research and Education Organization.

Materials and Methods

The experimental design was split-plot layout based on a randomized complete block design with three replications. Three tillage methods (such as conventional tillage, minimum tillage, and no-tillage) were assigned to main plots and three levels of residue retention (no residue retention, 30% of residue retention, and 60% of residue retention) were assigned to sub plots. The planting area of each subplot was 450 m^2 (30 m length and 15 m width) and the total are of each main plot was 4050 m^2 (9×450 m). To compare the population density of plant pathogenic nematodes in different crops, a combined soil sample from each experimental plot was collected. The nematodes were extracted from soil samples using sieving and centrifugal-flotation technique and were identified to genus or species level using relevant systematic references. The data were analyzed using MSTAT-C statistical software package. The Duncan multiple range tests were applied to separate the differences between means.

Results and Discussion

Plant pathogenic nematodes including root lesion nematode (*Pratylenchus thornei*), pin nematode (*Paratylenchus* spp.), spiral nematode (*Helicotylenchus* spp.), *Geocenamus* spp., stem and bulb nematode (*Ditylenchus* spp.), *Boleodorus* spp., *Tylenchus* spp. and *Filenchus* spp. were identified in different treatments. Based on the results of analysis of variance, the effect of tillage methods, residue retention, and the interaction between tillage × residue retention was not statistically significant on the population of most plant parasitic nematodes but the interaction between tillage × residue retention was significant on the total number of plant parasitic nematodes and the population of *Tylenchus* spp. and *Geocenamus* spp. In average the highest density of

1- Associate Professor, Seed and Plant Improvement Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Mashhad, Iran
(*- Corresponding Author Email: r.aghnoum@areeo.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v13i3.85269

plant pathogenic nematodes was related to the no-tillage system with 30% of residue retention and the lowest density was related to the minimum tillage system with 30% of residue retention. The results of this study indicated that different tillage systems and different levels of residue retention under the wheat-barley-cotton-wheat rotation system do not affect dramatically the population density of important species of plant pathogenic nematodes including the root lesion nematode (*Pratylenchus thornei*). Some other studies reported that reducing tillage intensity was associated with reducing population densities of plant pathogenic nematodes, which was contrary to the results of this study.

Conclusion

The results of this study indicated that conservation agriculture under the wheat-barley-cotton-wheat rotation system in temperate climatic zone of Khorasan Razavi (Gonabad) does not significantly affect the population of plant pathogenic nematodes and increases the risk of crop damage by this group of plan pathogens.

Acknowledgements

This study has been financially supported by the Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO) and the Seed and Plant Improvement Institute (SPII) (project number 17-43-03-9154-91002).The authors would like to thank AREEO and SPII for their financial and administrative supports. The excellent technical and laboratory assistance of A. Rastegar Paymani and A. Ahmadian Yazdi from the department of plant protection is acknowledged.

Keywords: Conservation agriculture, nematode, plant disease, rotation system, tillage