جنبه‌هایی از زیست‌شناسی دو گونه رایج نماتودهای مولد زخم (*Pratylenchus thornei* و *Pratylenchus neglectus*) در مزارع گندم آبی و ذرت مرودشت*

ASPECTS OF THE BIOLOGY OF COMMON ROOT LESION NEMATODES (*Pratylenchus thornei* AND *P. neglectus*) IN THE IRRIGATED WHEAT AND CORN FIELDS OF MARVDASHT, FARS PROVINCE

رضا قادری، اکبر کارگربیده** و ضیاءالدین بنی‌هاشمی[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۳/۲۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۸/۲۰)

چکیده

جنبه‌هایی از زیست‌شناسی نماتودهای مولد زخم، *Pratylenchus neglectus* و *Pratylenchus thornei*، به عنوان گونه‌های رایج مزارع گندم آبی و ذرت منطقه مرودشت، در شرایط آزمایشگاه، گلخانه و میکروپلات مطالعه گردید. آزمایش مقدماتی بیماری‌زایی با استفاده از خاک آلوده به دو گونه در شرایط میکروپلات روی گندم رقم فلات در شرایط آبی و دیم، با کود و بدون کود انجام شد. هم‌چنین عکس‌العمل گیاهان زراعی رایج منطقه مرودشت نسبت به نماتودهای مولد زخم، در شرایط گلخانه بررسی گردید. به علاوه مدت زمان لازم برای تکمیل چرخه زندگی و اثر دما روی تخم‌گذاری، تفریخ تخم و میزان تولیدمثل گونه *P. thornei* در شرایط آزمایشگاه و اتاقک رشد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش بیماری‌زایی نشان داد دو گونه مورد مطالعه روی برخی شاخص‌های رشدی و عملکردی گندم مانند وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک شاخساره، تعداد خوشه و پنجه در بوته تأثیر گذاشتند. تأثیر منفی نماتود روی شاخص‌های فوق در تیمارهای دیم و بدون کود به ترتیب بیشتر از تیمارهای آبی و دارای کود بود. بررسی عکس‌العمل گیاهان مختلف در شرایط گلخانه نشان داد گندم، کلزا و جو نسبت به *P. neglectus* و گندم و لوبیا نسبت به *P. thornei* حساس بوده و باعث افزایش جمعیت نماتود شدند، در حالی‌که جمعیت هر دو گونه در چغندرقند، گوجه‌فرنگی و حالت آیش کاهش یافت. مطالعه زیست‌شناسی *P. thornei* در آزمایشگاه و اتاقک رشد نیز نشان داد که بهترین دما برای تخم‌گذاری، تفریخ تخم و تکثیر این گونه دمای ۲۵°C است. چرخه زندگی نماتود در این دما در مدت ۲۵ الی ۲۶ روز تکمیل شد.

واژه‌های کلیدی: ***Pratylenchus*، چرخه زندگی نماتود، جو، کلزا، لوبیا، *Pratylenchidae***

---

*: بخشی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول، ارایه شده به دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

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

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشیار و استاد بیماری‌شناسی گیاهی، دانشگاه شیراز

مقدمه

خسارت نماتودهای مولد زخم روی گندم تا ۵٪ و ذرت تا ۱۰٪ ارزیابی گزارش شده است (Koenning *et al*. 1999). محققین زیادی، گندم را به عنوان یک میزبان مناسب برای گونه‌های *Pratylenchus* معرفی کرده‌اند (Farsi *et al*. 1995, Vanstone *et al*. 1998, Nicol et al. 1999, Taylor *et al*. 2000, Hollaway et al. 2000). بیماری‌زایی و ایجاد خسارت دو گونه رایج نماتودهای مولد زخم، *P. thornei* و *P. neglectus* روی گندم در شرایط آزمایشگاه (Baxter & Blake 1968)، گلخانه(Mojtahedi & Santo 1992) و کرت‌های مزرعه‌ای (Nicol *et al*. 1999, Nicol & Ortiz-Monasterio 2004,Orion *et al*. 1984, Smiley *et al*. 2005b) اثبات شده است. میزان خسارت گونه *P. thornei* به گندم به مراتب بیشتر از *P. neglectus* بوده است. میزان کاهش محصول ناشی از خسارت *P. thornei* و *P. neglectus*، به ترتیب تا ۷۰-۸۵٪ و ۱۶-۴۰٪ ناشی از آن گزارش شده است. همچنین در حضور جمعیت مخلوط دو گونه فوق میزان خسارت تا ۷۴٪ گزارش شده است (Nicol *et al*. 1999).

نماتودهای مولد زخم روی شاخص‌های مختلف گندم مانند تعداد خوشه، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه تأثیر می‌گذارند. بروز تنش، به خصوص تنش‌های آبی باعث ایجاد خسارت بیشتر نماتود به گندم شده است (Nicol & Ortiz-Monasterio 2004, Orion *et al*. 1984). تکثیر و تولیدمثل دو گونه رایج *Pratylenchus* عمدتاً در شرایط آزمایشگاه توسط برخی محققین مورد بررسی قرار گرفته است (Verdejo-Lucas & Pinochet 1992, Acosta & Malek, 1979). نرخ تکثیر و میزان تولیدمثل نماتودهای مولد زخم تحت تأثیر عوامل زیادی همچون جمعیت اولیه نماتود، وضعیت مواد غذایی، دما، رطوبت، بافت خاک و همکنش با سایر میکروارگانیسم‌ها قرار می‌گیرد (Taylor *et al*. 2000).

علی‌رغم پراکنش وسیع گونه‌های مختلف نماتودهای مولد زخم و گزارش ۱۶ گونه از این جنس در مناطق مختلف ایران و دامنه میزبانی وسیع آنها در بسیاری از محصولات زراعی و باغی، زیست‌شناسی نماتودهای مولد زخم و بیماری‌زایی آنها روی گندم به صورت بسیار محدودی در ایران مورد مطالعه قرار گرفته است. مطالعه تغییرات جمعیت *P. neglectus* در مزارع سیب‌زمینی استان‌های اصفهان و چهارمحال و بختیاری نشان داد که هر نسل این نماتود ۳۰ روز به طول می‌انجامد (Damadzadeh & Akhiani 1989). در مطالعه گلخانه‌ای مشاهده گردید که *P. thornei* با جمعیت اولیه ۴۰ نماتود در ۱۰۰ گرم خاک توانست در ریشه گندم رقم قدس نفوذ نموده و تکثیر یابد، به طوری‌که بعد از دو ماه جمعیت آن به ۷۵۰ عدد در هر گرم ریشه رسید (Tanhamaafi 1998). برهمکنش *P. thornei* با چندین قارچ نیز در دو مطالعه مجزا بررسی شده است (Latani *et al*. 2006, Maghsodloo *et al*. 2006).

در تحقیق حاضر بیماری‌زایی دو گونه *P. thornei* و *P. neglectus* روی گندم رقم فلات در شرایط میکروپلات، عکس‌العمل گیاهان زراعی رایج منطقه مردشت نسبت به آنها در شرایط گلخانه، چرخه زندگی و اثرات دما روی تولیدمثل گونه *P. thornei* در آزمایشگاه و اتاقک رشد بررسی شده است.

روش بررسی

۱- آزمایش مقدماتی بیماری‌زایی گونه‌های *P. neglectus* و *P. thornei* روی گندم در شرایط میکروپلات

گلدان‌های رسی با قطر ۲۵ سانتی‌متر در فضای آزاد درون گودال‌های حفر شده در زمین طوری قرار داده شدند که حدود پنج سانتی‌متر از لبه گلدان بالاتر از سطح خاک قرار گیرد. چهار لیتر خاک آلوده مزارع آلوده، بر اساس تیمار درون هر گلدان ریخته شد. این آزمایش در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در پنج تکرار و پنج تیمار به شرح زیر انجام گردید:

۱- Control-H : میزبان در خاک سترون بدون نماتود و کود (سترون شده در دمای $100^{\circ}C$ به مدت سه ساعت در دو مرحله)

۲- Nema 50%-H: میزبان در خاک سترون و آلوده مزرعه به نسبت مساوی به عنوان تیمار نصف جمعیت اولیه

۳- Nema 100%-H: میزبان در خاک آلوده مزرعه به عنوان تیمار دارای نماتود و بدون کود

۴- Nema 100%-H-F: میزبان در خاک آلوده مزرعه به عنوان تیمار دارای نماتود و کود (کود فسفات آمونیوم به میزان ۰/۵ گرم برای هر گلدان هنگام کشت، کود اوره دو نوبت در هفته اول اسفند و اردیبهشت به میزان ۰/۲ گرم برای هر گلدان)

۵- Nema 100%: خاک آلوده مزرعه به عنوان تیمار نماتود بدون میزبان

در هر گلدان، به جز تیمار بدون میزبان، پنج عدد بذر گندم رقم فلات، ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ به مدت پنج دقیقه، کاشته شده و بعد از یک هفته به دو بوته در هر گلدان تقلیل داده شدند. برای هر گونه، پنج کرت در نظر گرفته شده و ده گلدان هر کرت به دو قسمت آبی و دیم تقسیم شدند. در کشت آبی، خاک درون گلدان‌ها و اطراف آنها یک بار در هفته آبیاری گردید.

قبل از شروع آزمایش، شش نمونه خاک هر کدام به حجم ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب از خاک آلوده برداشته شده و نماتودها با روش سینی به مدت ۴۸ ساعت استخراج شدند. به سه عدد از نمونه‌ها، ده میلی‌لیتر از سوسپانسیون حاوی تعداد مشخص نماتودهای جنس *Pratylenchus* اضافه گردید. شمارش انجام شده و بر اساس تعداد نماتودهای استخراج شده و به دست آوردن راندمان استخراج، تعداد واقعی نماتود در هر خاک تعیین شد. کشت گندم در هفته اول آبان ۸۵ و برداشت در هفته اول تیر ۸۶ انجام گرفت.

شاخص‌های اندازه‌گیری شده در این بررسی شامل تعیین جمعیت نهایی نماتود در خاک و ریشه، فاکتور تولید مثل، وزن تر ریشه، وزن تر شاخساره، وزن خشک ریشه، وزن خشک شاخساره، ارتفاع بوته‌ها هنگام خوشه‌دهی، ارتفاع بوته‌ها در زمان برداشت، تعداد پنجه در هر بوته، تعداد خوشه در هر بوته، میانگین طول خوشه، تعداد دانه در هر خوشه و وزن هزار دانه بودند.

پس از قطع قسمت‌های هوایی و قرار دادن آنها درون پاکت‌های کاغذی، خاک درون هر گلدان روی الک تخلیه شد. ریشه‌های سطح الک و داخل خاک با دقت جمع‌آوری شده و درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. اندازه‌گیری وزن تر ریشه و شاخساره بلافاصله انجام گردید. سپس یک گرم ریشه به قطعات یک سانتی‌متری تقسیم شده و نماتودها با استفاده از روش سینی به مدت ۴۸ ساعت از درون بافت ریشه استخراج شدند. در هر تکرار تعداد نماتود در ۱۰۰ سی‌سی خاک تعیین گردید. تعیین تعداد نماتود در هر نمونه با انتخاب دو میلی‌لیتر از ۱۰ میلی‌لیتر سوسپانسیون حاوی نماتود که با دمیدن هوا یک‌نواخت شده بود، در سه نوبت انجام گرفت.

به منظور تعیین وزن خشک ریشه و شاخساره، نمونه‌های درون پاکت کاغذی در آون با دمای $70^{\circ}C$ به مدت ۴۸ ساعت نگه‌داری، سپس وزن آنها اندازه‌گیری گردید. طول تمام پنجه‌ها و خوشه‌ها در هر تکرار اندازه گرفته شده و میانگین به دست آمده به عنوان طول پنجه یا خوشه در آن تکرار منظور گردید. به دلیل تغذیه پرندگان از دانه‌های برخی تکرارها و ریزش دانه‌ها، شمارش تعداد دانه در خوشه و تعیین وزن هزار دانه با سه تکرار برای هر تیمار انجام گرفت.

۲- تأثیر گیاهان مختلف روی جمعیت نماتودهای مولد زخم در شرایط گلخانه

به منظور بررسی عکس‌العمل گیاهان زراعی رایج منطقه مرودشت نسبت به نماتودهای مولد زخم، یک آزمایش در دو نوبت در شرایط گلخانه طراحی گردید. خاک مورد نیاز از یک مزرعه آلوده به *P. neglectus* و یک مزرعه آلوده به *P. thornei* تهیه و جمعیت اولیه هر گونه پس از استخراج نماتودها به روش سینی به مدت ۴۸ ساعت از ۱۰۰ سی‌سی خاک در سه تکرار و محاسبه جمعیت برای کل گلدان تعیین گردید. درون هر گلدان رسی با قطر ۲۲ سانتی‌متر، سه لیتر خاک ریخته شد.

در نوبت اول گیاهان آزمایش شده شامل گندم، ذرت، کلزا، گوجه‌فرنگی، چغندرقند، لوبیا، جو، ارزن و دو حالت آیش با آبیاری و آیش بدون آبیاری بودند. در نوبت دوم تیمارهای آیش با آبیاری و بدون آبیاری را در نظر نگرفته و آزمایش با هشت گیاه فوق تکرار گردید. در هر گلدان پنج عدد بذر ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ کاشته شده و بعد از سبز شدن به دو بوته در هر گلدان تقلیل داده شد. گلدان‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار منظم شده و در گلخانه با دمای ۱۸- ۲۵°C در نوبت اول و ۲۲- ۳۰°C در نوبت دوم نگه‌داری شدند. آبیاری گلدان‌ها هر چهار روز یکبار صورت گرفت.

استخراج نماتودها از ۱۰۰ سانتیمتر مکعب خاک و یک گرم ریشه با روش سینی به مدت ۴۸ ساعت صورت گرفت. در نهایت تعداد کل نماتودهای مولد زخم در ریشه و خاک هر گلدان تعیین شده و میانگین تکرارها به عنوان جمعیت نهایی نماتود در نظر گرفته شد. فاکتور تولید مثل با تقسیم جمعیت نهایی نماتود درون ریشه و خاک گلدان بر جمعیت اولیه آن در کل خاک گلدان قبل از کشت، برای هر گیاه محاسبه و گیاهان از نظر درجه حساسیت نسبت به هر دو گونه نماتود با هم مقایسه شدند. شمارش جمعیت در نوبت اول بعد از ۱۲۰ روز و در نوبت دوم بعد از ۱۰۰ روز انجام گرفت.

۳- مطالعه جنبه‌هایی از زیست‌شناسی *P. thornei*

الف) تعیین مدت زمان لازم جهت تکمیل چرخه زندگی

جهت تعیین زمان لازم جهت انجام یک چرخه زندگی، دو سری آزمایش روی دیسک هویج در آزمایشگاه و دو سری نیز در اتاقک رشد (Growth chamber) انجام شد.

آزمایشگاه: در آزمایش اول با استفاده از سرنگ سترون حجم معینی از سوسپانسیون حاوی ۲۰ عدد تخم نماتود روی هر دیسک هویج قرار داده شد. در آزمایش دوم سوسپانسیون حاوی تخم‌های نماتود به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵°C نگه‌داری شدند. بعد از این مدت لاروهای بیرون آمده از تخم جدا شده و روی هر دیسک یک عدد لارو سن دو قرار داده شد.

تشتک‌های پتری حاوی دیسک هویج بعد از پیچیده شدن در فویل آلومنیومی و کیسه پلاستیکی در انکوباتور با دمای ۲۵°C نگه‌داری شدند. از روز پانزدهم هر روز یک دیسک بررسی شده و با خرد کردن دیسک و قرار دادن قطعات در آب به مدت چند ساعت نماتودها استخراج شدند. از نماتودهای استخراج شده از دیسک، اسلاید موقتی تهیه گردیده تا مرحله زندگی نماتود مشخص گردد. مشاهده تخم در آزمایش اول و لارو سن دو در آزمایش دوم به عنوان تکمیل چرخه زندگی نماتود در نظر گرفته شد.

اتاقک رشد: به منظور جوانه‌زنی، بذور گندم ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم ۰/۵٪ روی کاغذ صافی مرطوب سترون درون تشتک‌های پتری شیشه‌ای سترون ده سانتی‌متری در دمای ۲۵°C نگه‌داری شدند. گیاهچه‌های پنج روزه در گلدان‌های پلاستیکی کوچک حاوی ۳۰۰ سانتی‌متر مکعب خاک سترون (دو بار حرارت در آون با دمای ۱۵۰°C) کاشته شدند. بعد از سه روز دو میلی‌لیتر سوسپانسیون حاوی ۲۰۰ عدد تخم در آزمایش اول و ۵۰۰ عدد تخم در آزمایش دوم به پای بوته‌ها ریخته شد. در مدت انجام آزمایش گیاهان مایه‌زنی شده در اتاقک رشد با دو سیکل دما و دوره نوری شامل دمای ۲۵°C و ۱۳ ساعت روشنایی و دمای ۲۰°C و ۱۱ ساعت تاریکی در نظر نگهداری شدند. از روز پانزدهم هر روز یک تکرار در هر آزمایش بررسی گردید. مشاهده تخم‌های نماتود درون ریشه رنگ‌آمیزی شده گیاه به عنوان تکمیل چرخه زندگی نماتود در نظر گرفته شد.

ب) اثر دما و زمان روی تخم‌گذاری

با کمک سوزن و در زیر استرئومیکروسکوپ به هر تشتک پتری حاوی پنج میلی‌لیتر آب مقطر سترون، ۲۰ عدد نماتود ماده بالغ انتقال داده شد. تشتک‌های پتری در چهار دمای ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰°C نگه‌داری و بعد از ۴۸ و ۹۶ ساعت شمارش تعداد تخم‌ها

صورت گرفت. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تیمار و پنج تکرار انجام گردید.

ج) اثر دما و زمان روی تفریخ تخم

داخل هر تشتک پتری شش سانتی‌متری دو میلی‌لیتر از سوسپانسیون تخم نماتود اضافه گردید. به هر کدام سه میلی‌لیتر دیگر آب مقطر سترون اضافه شده تا یک لایه نازک آب ایجاد گردد. تعداد تخم‌ها در هر تشتک پتری شمارش شده و سپس در دماهای ۹، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵°C نگه‌داری شدند. بعد از ۴۸، ۹۶ و ۱۴۴ ساعت، تعداد تخم‌های تفریخ شده و لاروهای خارج شده از تخم شمارش گردید. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی و در پنج تکرار انجام شد.

د) اثر دما و زمان روی افزایش جمعیت

بعد از قرار دادن ۲۰ عدد نماتود روی هر دیسک هویج، تشتک‌های پتری حاوی دیسک به وسیله پارافیلم مسدود شده و در کیسه پلاستیکی و فویل آلومینیومی قرار گرفته و در دماهای ۹، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵°C نگه‌داری شدند. آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۱۲ تکرار انجام شد. ولی تعدادی از دیسک‌ها آلوده شده و به همین دلیل، شمارش جمعیت در سه تکرار بعد از ۴۳ روز و در سه تکرار دیگر بعد از ۱۰۰ روز انجام گرفت.

۴- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

داده‌های به دست آمده در این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن با هم مقایسه شدند. پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، در هر آزمایش تیمارها از نظر معنی‌دار بودن در سطح ۱٪ بررسی شدند. در آزمایش تأثیر دما بر روی افزایش جمعیت نماتود، داده‌ها ابتدا بر اساس فرمول $\sqrt{x}$ و در آزمایش بیماری‌زایی، داده‌های شاخص جمعیت نهایی نماتود، بر اساس فرمول $\sqrt{x}+1$ تبدیل و سپس تجزیه و تحلیل آنها صورت گرفت.

نتیجه و بحث

۱- بیماری‌زایی

نتایج آزمایش نشان می‌دهد بیشترین افزایش جمعیت نماتود در گونه *P. thornei* و در حالت دیم حاصل شده است. جمعیت نهایی این تیمار در مقایسه با جمعیت اولیه در تیمار نماتود با کود حدود ده برابر و در تیمارهای نماتود بدون کود و نصف جمعیت حدود نه برابر افزایش یافت. گونه *P. neglectus* حداکثر حدود شش برابر افزایش جمعیت نشان داد. به جز در مورد گونه *P. neglectus* در شرایط دیم، جمعیت نماتود در تیمارهای دارای کود نسبت به تیمارهای بدون کود بیشتر بود. در تیمار بدون میزبان جمعیت نماتود هر دو گونه در حالت دیم بیشتر از حالت آبی بود (جدول ۱).

گونه *P. neglectus* باعث کاهش معنی‌دار (در سطح ۱٪) شاخص‌های میانگین ارتفاع پنجه‌ها، وزن تر و خشک ریشه، در هر دو حالت آبی و دیم، در تیمارهای دارای نماتود بدون کود و نصف جمعیت اولیه، نسبت به تیمار بدون نماتود و کود، همچنین تیمار نماتود با کود گردیده است. در گونه *P. thornei* تیمارهای بیشترین سطح جمعیت نماتود بدون کود و نصف جمعیت اولیه، شاخص‌های طول خوشه و وزن خشک شاخساره را در دو حالت آبی و دیم نسبت به تیمار بدون نماتود و کود و تیمار نماتود با کود کاهش دادند. این نماتود تأثیری روی ارتفاع بوته در زمان خوشه‌دهی و برداشت، تعداد خوشه، ارتفاع پنجه‌ها، وزن تر شاخساره و تعداد دانه در خوشه در هیچ کدام از تیمارها نداشت (جداول ۲ و ۳).

خسارت بیشتر نماتودهای مولد زخم در شرایط دیم در مقایسه با شرایط آبی توسط برخی محققین اشاره شده است (Orion *et al.* 1984; Nicol & Ortiz-Monasterio 2004). در تحقیق حاضر نشان داده شد که گونه *P. neglectus* باعث کاهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ریشه و وزن هزار دانه در تیمارهای بدون کود در مقایسه با تیمار بدون نماتود و کود

جدول ۱. تغییرات جمعیت نماتودهای *Pratylenchus neglectus* و *P. thornei* در گندم آبی و دیم در شرایط میکروپلات

Table 1. Populations of *Pratylenchus neglectus* and *P. thornei* on wheat under irrigated and dry farming condition, in microplats.

گونه نماتود species	وضعیت آبیاری Irrigation condition	تیمار Treatment*	جمعیت اولیه P_i	جمعیت نهایی P_f	جمعیت نهایی $\sqrt{x}+1$ (p_f)	فاکتور تولیدمثل P_f/P_i
P. neglectus	Irrigated	Control-H	0	0	1.0 g	0.0 e
		Nema 50%-H	4997	25725	160.1 d	5.1 abc
		Nema 100%-H	9995	33780	183.4 cd	3.4 d
		Nema 100%-H-F	9995	53845	232.2 a	5.4 ab
		Nema 100%	9995	4505	67.7 f	0.5 e
	Dry farming	Control-H	0	0	1.0 g	0.0 e
		Nema 50%-H	4997	29141	171.4 d	5.8 a
		Nema 100%-H	9995	39711	199.9 bc	4.0 cd
		Nema 100%-H-F	9995	45196	213.5 ab	4.5 bcd
		Nema 100%	9995	11646	108.8 e	1.2 e
P. thornei	Irrigated	Control-H	0	0	1.0 f	0.0 b
		Nema 50%-H	2578	22479	149.7 c	8.7 a
		Nema 100%-H	5156	36945	192.6 b	7.2 a
		Nema 100%-H-F	5156	45618	210.9 ab	8.8 a
		Nema 100%	5156	4856	70.4 e	0.9 e
	Dry farming	Control-H	0	0	1.0 f	0.0 b
		Nema 50%-H	2578	23355	153.7 c	9.1 a
		Nema 100%-H	5156	45519	214.3 ab	8.8 a
		Nema 100%-H-F	5156	50903	226.4 a	9.9 a
		Nema 100%	5156	9400	97.8 d	1.8 b

* Control-H: میزبان در خاک سترون بدون نماتود و کود؛ Nema 50%-H: میزبان در خاک آلوده با نصف جمعیت اولیه؛ Nema 100%-H: میزبان در خاک آلوده بدون کود؛ Nema 100%-H-F: میزبان در خاک آلوده دارای کود (فسفات آمونیوم و اوره)؛ Nema 100%: خاک آلوده مزرعه بدون میزبان

– اعداد دارای حروف مشترک برای هر گونه بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

* Control-H: Host in sterilized soil; Nema 50%-H: Host in infested soil with one half of original nematode population; Nema 100%-H: Host in infested soil; Nema 100%-H-F: Host in infested soil with fertilizers; Nema 100%: Infested soil without host.

- Values followed by the same letter are not significantly different (P = 0.01) according to Duncan's multiple-range test

گردید ولی در تیمارهای دارای کود اثری روی این شاخص‌ها نداشت. هم‌چنین تأثیر این گونه روی شاخص‌های فوق در حالت دیم بیشتر از آبی بود. احتمالاً نماتود با تجمع در بافت کرتکس ریشه گندم روی ظرفیت جذب آب و مواد غذایی توسط سیستم ریشه تأثیر گذاشته و باعث ایجاد تنش بیشتری در گیاه می‌گردد.

کوددهی روی جمعیت نماتودهای مولد زخم اثرات متفاوتی در مطالعات مختلف داشته است. در یک بررسی کود

جدول ۲. تأثیر *Pratylenchus neglectus* روی شاخص‌های رشدی و عملکرد گندم در دو حالت آبی و دیم در شرایط میکروپلات (جمعیت اولیه نماتود ۲۵۰ عدد در ۱۰۰ سی‌سی خاک می‌باشد).

Table 2. The effect of *Pratylenchus neglectus* on wheat growth and yield parameters in dry farming and irrigated condition, in microplat (Pi is 250 nematodes in 100 cc soil).

Treatment*	Plant height at boot heading (cm)	Plant height at maturity (cm)	No of tillers Plant^{-1}	No. of heads	Tillers height (cm)	Spike lenght (cm)	Fresh shoot weight (g)	Dry shoot weight (g)	Fresh root weight (g)	Dry root weigth (g)	No. of grain spike^{-1}**	1000 grain weigth (g)**
Ir-Control	39.6 ab	69.2 ab	13.6 bc	11.0 abc	50.66 a	6.64 ab	16.16 abc	12.42 abc	3.69 a	3.29 a	12.27 a	32.02 a
Ir-Nema 50%	26.6 de	54.6 c	11.6 bcd	9.0 bcd	38.00 b	5.38 bc	9.38 bcd	6.54 bcd	1.30 c	0.96 c	8.27 ab	24.98 b
Ir-Nema 100%	23.6 e	59.0 bc	10.4 bcd	7.8 bcd	37.68 b	5.20 bc	8.10 cd	5.36 cd	1.21 c	0.89 c	5.63 b	24.71 b
Ir-Nema 100%-F	44.2 a	73.2 a	22.0 a	18.0 a	49.72 a	7.82 a	24.10 a	19.96 a	3.06 ab	2.60 ab	7.73 ab	28.90 ab
DF-Control	37.4 abc	70.6 ab	15.4 ab	14.2 ab	51.02 a	6.68 ab	19.86 ab	16.02 ab	3.40 ab	2.94 ab	10.40 ab	16.39 c
DF-Nema 50%	33.2 bcd	49.0 cd	6.0 cd	3.6 cd	36.48 bc	5.26 bc	5.60 cd	3.42 cd	1.00 c	0.76 c	8.27 ab	14.08 c
DF-Nema 100%	29.2 cde	37.6 d	4.8 d	2.2 d	27.60 c	4.44 c	2.62 d	1.30 d	0.90 c	0.64 c	4.93 b	10.89 c
DF-Nema 100%-F	36.4 abc	46.4 cd	12.8 bc	6.4 bcd	32.38 bc	5.88 bc	8.62 cd	5.76 cd	2.42 b	2.00 b	7.33 ab	12.65 c

*: تیمارها شامل: بدون نماتود و کود (Control)؛ نصف جمعیت اولیه نماتود (Nema 50%)؛ نماتود بدون کود (Nema 100%) و نماتود با کود (Nema 100%-F) در دو حالت آبی (Ir) و دیم (DF) می‌باشد.

**: داده‌های تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه که میانگین سه تکرار و سایر داده‌ها میانگین پنج تکرار است.

– بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

*Treatment includings: Control: Host without nematode and fertilizers; Nema 50%: Host in infested soil with one half of original nematode population; Nema 100%: Host in infested soil and without fertilizers; Nema 100%-F: Host in infested soil with fertilizers; under irrigated (Ir) and dry farming (DF) conditions.

**- Data presented are means of three replications, and the other five.

- Values followed by the same letter in each column are not significantly different (P = 0.01) according to Duncan's multiple-range test.

ازته تأثیری بر روی میزان جمعیت *P. thornei* در کرت‌های خشک و آبیاری شده نداشته است (Orion *et al*. 1984). آزمایش انجام گرفته دیگر در شرایط مزرعه نشان داده که جمعیت *P. scribneri* در کرت‌های بدون کود بیشتر از کرت‌های دارای کود کامل (ازت، پتاسیم، فسفر) بوده است (Rodriguez-Kabana & Collins 1980). در مطالعه دیگر استفاده از کود سوپر فسفات به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش جمعیت نماتودهای مولد زخم به میزان چهار برابر در مقایسه با ۱۲۵ کیلوگرم کود گردیده است (به نقل از Norton 1978). در تحقیق حاضر جمعیت نهایی نماتودهای مولد زخم در اغلب تیمارهای دارای کود نسبت به تیمارهای بدون کود بیشتر بوده و فقط در حالت دیم در گونه *P. neglectus* جمعیت کمتر بود. شاید تقویت رشد گیاه و توسعه سیستم ریشه در اثر کوددهی باعث شده که نماتود در تیمارهای دارای کود، از نظر تغذیه وضعیت مطلوب‌تری داشته و در نتیجه میزان تولیدمثل و جمعیت آن نیز در مقایسه با تیمارهای بدون کود بیشتر بوده است.

هر چند در این تحقیق جمعیت اولیه *P. neglectus* حدود دو برابر جمعیت اولیه *P. thornei* بوده است، ولی جمعیت نهایی دو گونه تقریباً در یک سطح بود. این نتایج و هم‌چنین نتایج مربوط به آزمایش تأثیر میزبان‌های مختلف بر روی جمعیت نماتودهای مولد زخم نشان می‌دهد که اولاً گونه *P. thornei* انگل مهم‌تری برای گندم محسوب می‌شود و ثانیاً جمعیت اولیه نماتود درون خاک در پیش‌بینی میزان خسارت و کاهش محصول اهمیت دارد.

جدول ۳. تأثیر *Pratylenchus thornei* روی شاخص‌های رشدی و عملکرد گندم در دو حالت آبی و دیم در شرایط میکروپلات (جمعیت اولیه نماتود ۱۲۹ عدد در ۱۰۰ سی‌سی خاک می‌باشد).

Table 3. The effect of *Pratylenchus thornei* on wheat growth and yield parameters in dry farming and irrigated condition, in microplat (Pi is 129 nematodes in 100 cc soil).

Treatment*	Plant height at boot heading (cm)	Plant height at maturity (cm)	No of tillers Plant^{-1}	No. of heads	Tillers height (cm)	Spike lenght (cm)	Fresh shoot weight (g)	Dry shoot weight (g)	Fresh root weight (g)	Dry root weigth (g)	No. of grain spike^{-1}**	1000 grain weigth (g)**
Ir-Control	39.0 a	65.2 a	18.8 ab	16.2 a	47.1 ab	6.86 ab	18.82 ab	14.90 abc	2.99 abc	2.63 ab	7.20 a	31.60 ab
Ir-Nema 50%	34.4 ab	63.2 a	17.4 ab	16.8 a	41.2 ab	5.74 c	12.70 b	9.54 c	1.30 d	1.06 c	6.53 a	39.68 ab
Ir-Nema 100%	31.2 ab	61.4 a	15.0 ab	13.6 a	43.4 ab	6.16 bc	15.44 ab	11.84 bc	1.50 d	1.21 c	5.93 a	28.09 abc
Ir-Nema 100%-F	31.6 ab	69.0 a	22.6 ab	20.2 a	44.7 ab	7.26 a	28.00 a	23.34 ab	1.95 cd	1.58 bc	9.00 a	30.89 ab
DF-Control	38.0 a	68.2 a	23.4 a	17.4 a	50.1 a	6.86 ab	28.34 a	24.28 a	3.88 a	3.40 a	10.67 a	18.08 cd
DF-Nema 50%	33.2 ab	59.0 a	12.8 b	10.6 a	38.6 b	6.06 bc	13.74 b	10.62 c	3.13 ab	2.64 ab	9.87 a	16.60 cd
DF-Nema 100%	27.4 b	61.0 a	13.0 b	11.4 a	43.4 ab	6.32 abc	16.94 ab	13.70 abc	2.11 bcd	1.70 bc	8.93 a	14.17 d
DF-Nema 100%-F	32.4 ab	64.0 a	18.6 ab	14.4 a	44.4 ab	6.92 ab	24.12 ab	20.36 abc	3.39 a	2.87 a	10.40 a	20.04 bcd

*تیمارها شامل: بدون نماتود و کود (Control)؛ نصف جمعیت اولیه نماتود (Nema 50%)؛ نماتود بدون کود (Nema 100%) و نماتود با کود (Nema 100%-F) در دو حالت آبی (Ir) و دیم (DF) می‌باشد

** داده‌های تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه که میانگین سه تکرار و سایر داده‌ها میانگین پنج تکرار است.

– بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

*Treatment includings: Control: Host without nematode and fertilizers; Nema 50%: Host in infested soil with one half of original nematode population; Nema 100%: Host in infested soil and without fertilizers; Nema 100%-F: Host in infested soil with fertilizers; under irrigated (Ir) and dry farming (DF) conditions.

**- Data presented are means of three replications, and the other five.

- Values followed by the same letter in each column are not significantly different (P = 0.01) according to Duncan's multiple-range test.

۲- تأثیر گیاهان مختلف روی جمعیت نماتودهای مولد زخم

در این تحقیق گیاهانی مانند گندم، کلزا و جو به عنوان میزبان حساس برای *P. neglectus* شناخته شدند که با نتایج *تایلور و همکاران* (Taylor *et al*. 2000) مطابقت دارد. این محققین لوبیا چشم بلبلی، گندم، کلزا و جو را به عنوان حساس‌ترین میزبان‌ها در تحقیق خود ذکر کرده‌اند. هم‌چنین در تحقیق حاضر گندم و لوبیا به عنوان میزبان بسیار حساس برای گونه *P. thornei* شناخته شدند که با نتایج *هولاوی و همکاران* (Hollaway *et al*. 2000) مطابقت دارد. در بررسی انجام گرفته به وسیله این محققین، لوبیا به عنوان میزبان بسیار حساس و گندم ، علی‌رغم این‌که واریته‌های مختلف آن از نظر حساسیت اختلاف زیادی با هم داشتند، به عنوان میزبان حساس شناخته شده بود. واریته‌های جو و کلزا در مقایسه با گندم حساسیت کمتری نشان داده بودند (جدول ۴).

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که جمعیت دو گونه رایج نماتود مرودشت در کشت‌های چغندرقند و گوجه‌فرنگی و حالت آیش افزایش نمی‌یابد. علاوه بر دو گیاه گوجه‌فرنگی و چغندرقند، برخی گیاهان دیگر مانند ارزن، کلزا و جو باعث افزایش جمعیت *P. thornei* و ارزن و لوبیا باعث افزایش جمعیت *P. neglectus* گردیده‌اند. ولی این افزایش جمعیت به اندازه گیاهان حساسی مانند گندم و کلزا نبوده و می‌توان این گیاهان را نیز در برنامه‌های تناوبی در مزارع مرودشت مد نظر داشت. البته ذکر این نکته ضروری است که جهت تأیید نتایج این تحقیق باید آزمایش‌های دیگری در شرایط مزرعه صورت گرفته و جمعیت این نماتودها در مزارع منطقه در گیاهان و سیستم‌های تناوبی مختلف بررسی گردد.

جدول ۴. نتایج بررسی تأثیر گیاهان مختلف بر جمعیت گونه‌های رایج *Pratylenchus* در شرایط گلخانه

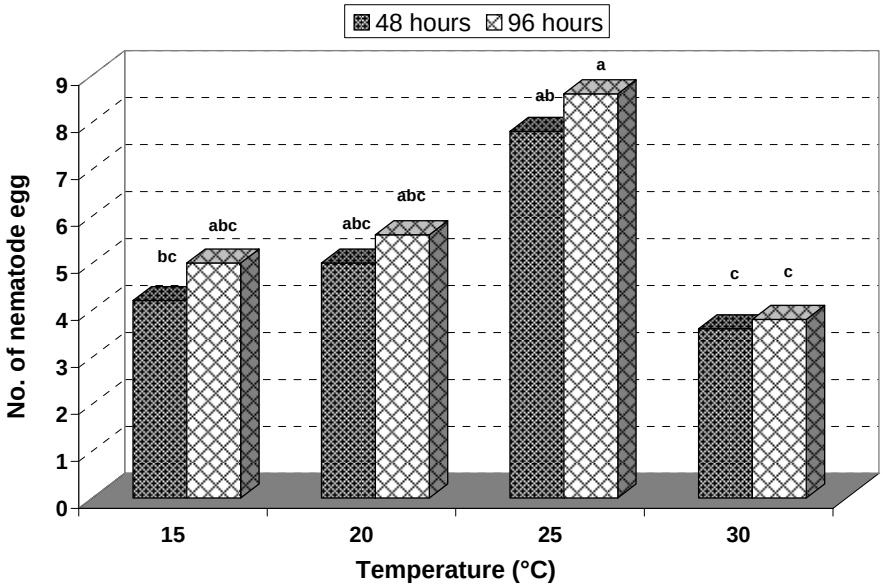
Table 4. The effect of different plants on the population of common *Pratylenchus* species in greenhouse condition

گیاه / (Plants)	فاکتور تولید مثل (P_f/P_i)					
	P. neglectus			*P. thornei*		
	1st test	2nd test	Average	1st test	2nd test	Average
جو / (Barely)	3.5 bc	1.9 b	2.69 b	2.4 b	2.3 b	2.35 b
ذرت / (Corn)	1.4 de	1.3 cd	1.37 c	2.6 b	1.7 bc	2.15 b
لوبیا / (Bean)	1.7 de	1.2 cde	1.47 c	8.1 a	5.2 a	6.65 a
گوجه فرنگی / (Tomato)	0.9 e	0.9 de	0.9 c	0.7 b	1.3 bc	1.00 b
کلزا / (Rapeseed)	6.4 a	2.5 a	4.48 a	1.2 b	1.6 bc	1.40 b
گندم / (Wheat)	4.2 b	1.4 c	2.79 b	9.5 a	5.1 a	7.30 a
ارزن / (Millet)	2.3 cd	0.9 de	1.6 c	1.3 b	1.7 bc	1.50 b
چغندرقند / (Sugar beet)	1.6 de	0.8 e	1.2 c	0.8 b	1.2 c	1.00 b
Control without irrigation	0.9 e	–	0.88 c	1.0 b	–	1.00 b
Control with irrigation	0.8 e	–	0.84 c	0.9 b	–	0.90 b

– اعداد میانگین پنج تکرار می‌باشد.

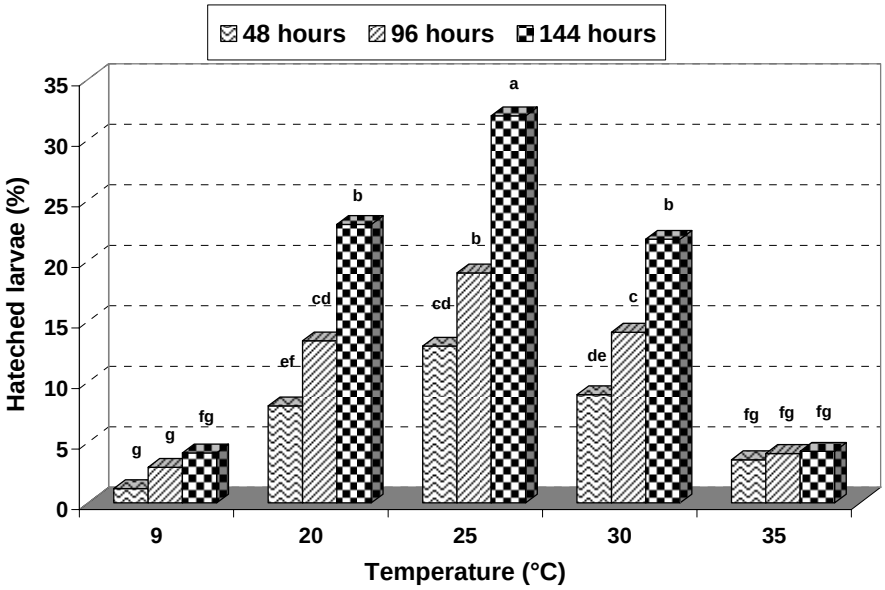
– اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱٪ دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشد.

- Data presented are means of five replications.
- Values followed by the same letter in each column are not significantly different (P = 0.01) according to Duncan's multiple-range test.



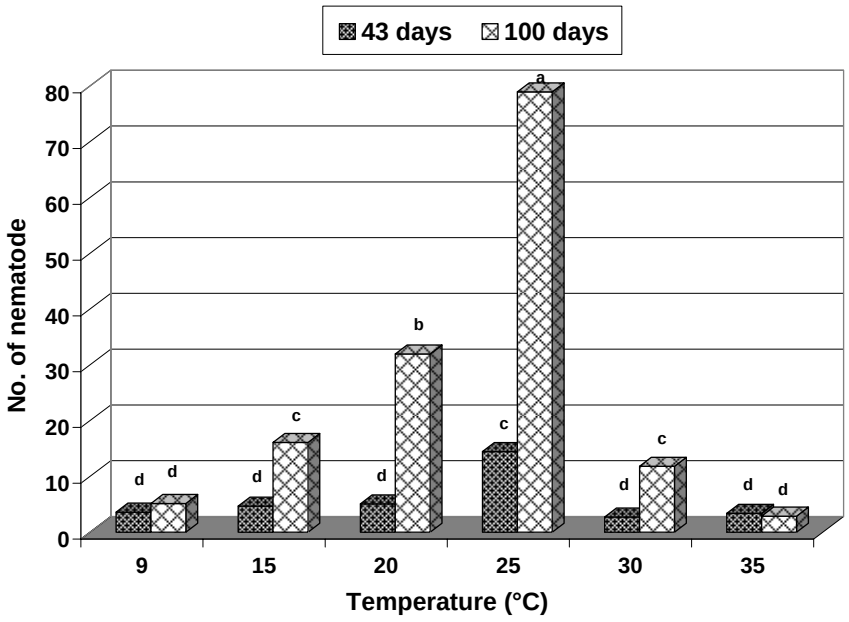
شکل ۱. تأثیر دما و زمان روی میزان تخم‌گذاری *Pratylenchus thornei* در آب مقطر.

Fig. 1.The effect of temperature and time on the egg laying of *Pratylenchus thornei* in distilled water.



شکل ۲. تأثیر دما و زمان روی تفریخ تخم‌های *Pratylenchus thornei* در آب مقطر.

Fig. 2. The effect of temperature and time on the hatching of *Pratylenchus thornei* in distilled water.



شکل ۳. تأثیر دما و زمان روی افزایش جمعیت *Pratylenchus thornei* روی دیسک هویج.

Fig. 3. The effect of temperature and time on the population increase of *Pratylenchus thornei* on the carrot discs

۳- زیست‌شناسی *P. thornei*

نتایج هر دو آزمایش تعیین چرخه زندگی نماتود روی دیسک هویج نشان داد چرخه زندگی در مدت ۲۵ روز تکمیل می‌گردد. همچنین اولین تخم‌های تولید شده توسط نماتود درون بافت ریشه گیاه پرورش داده شده در اتاقک رشد، ۲۶ روز بعد از مایه‌زنی مشاهده گردید.

تعداد تخم‌های تولید شده توسط نماتود در دمای ۲۵°C کمی بیشتر از سایر دماها است ولی اختلاف معنی‌داری با دماهای ۱۵ و ۲۰°C نشان نداد. تعداد تخم‌ها در دمای ۳۰°C کمتر از بقیه دماها بوده و نسبت به آنها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۱). بیشترین میزان تفریخ تخم در آب مقطر، در دمای ۲۵ و کمترین آن در دماهای ۹ و ۳۵°C روی داد (شکل ۲). روی دیسک هویج، بیشترین میزان جمعیت نماتود در هر دو نوبت شمارش در دمای ۲۵°C مشاهده گردید. نماتود در دماهای ۱۵، ۲۰ و ۳۰°C نیز به خوبی تکثیر یافته و جمعیت آن افزایش یافت، ولی در دماهای ۹ و ۳۵°C قادر به تولید مثل و تکثیر نبوده و حتی بعد از ۱۰۰ روز نیز تعداد بسیار کمی نماتود از دیسک‌های هویج استخراج گردید (شکل ۳).

مقایسه نتایج این تحقیق با مطالعات قبلی (Verdejo-Lucas and Pinochet 1992; Acosta and Malek 1979) نشان می‌دهد که گونه *P. thornei* از نظر زیست‌شناسی و به ویژه نیازهای دمایی متفاوت از *P. neglectus* می‌باشد. دمای بهینه برای فعالیت *P. neglectus* در این دو تحقیق ۳۰°C ذکر شده، ولی بهترین دما برای تولیدمثل و فعالیت *P. thornei* در تحقیق حاضر ۲۵°C به دست آمد. این نکته نشان می‌دهد که جمعیت‌های مناطق مختلف جغرافیایی احتمالاً از نظر نیاز دمایی برای فعالیت یکسان نیستند. در این مطالعه چرخه زندگی *P. thornei* در آزمایشگاه و اتاقک رشد در دمای ۲۵ °C به ترتیب در مدت ۲۵ و ۲۶ روز تکمیل گردید. مطالعات قبلی نیز نشان داده است که در دمای بهینه برای تولیدمثل، چرخه زندگی گونه‌های مختلف *Pratylenchus* مانند *P. vulnus* و *P. zeae* (Chitamber and Raski, 1985)، *P. goodye* (Prassad *et al.* 1999) و *P. penetrans* (Mizukubo & Adachi 1997) حداکثر در مدت یک ماه کامل شده است. البته دما به شدت روی چرخه زندگی تأثیر داشته به طوری‌که در مورد آخر، تکمیل چرخه زندگی نماتود بسته به دما از ۲۲ تا ۴۶ روز طول کشیده است.

منابع

جهت ملاحظه به صفحات (47-45) متن انگلیسی مراجعه شود.