آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸۹، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۰
DOI: 10.22092/JAEP.2020.342907.1347

مقاله‌ی کوتاه علمی

تأثیر دما بر شکسته شدن دیاپوز و تفریخ تخم در نماتد سیستی غلات، *Heterodera filipjevi*

زهرا مجدطاهری[۱]، زهرا تنهامعافی[۲]✉، کیومرث نظری[۳]، خلیل زینلی نژاد[٤]، فرشاد رخشنده رو[۱]، عبدالفتاح عامر دبابات[۵]

۱- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران؛ ۲- موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران؛ ۳- مرکز بین المللی تحقیقات کشاورزی در مناطق خشک (ICARDA)، ازمیر، ترکیه؛ ٤- گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران؛ ۵- مرکز بین المللی تحقیقات ذرت و گندم (CIMMYT)، آنکارا، ترکیه

(تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۹؛ تاریخ پذیرش: آذر۱۳۹۹)

چکیده

نماتد سیستی غلات، *Heterodera filipjevi*، دارای دیاپوز اجباری در چرخه زندگی و در مرحله تخم است. در این بررسی تأثیر تیمارهای دمایی ۵، ۱۰، ۱۵، ۱۵+۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ هفته، روی میزان تفریخ تخم در سیست‌های نماتد سیستی *H. filipjevi* بررسی شد. دمای ۱۵+۵ درجه سلسیوس با میانگین میزان تفریخ ۸۸ درصد بیشترین و دمای ۲۵ درجه سلسیوس با میانگین ۱/۱ درصد کمترین تأثیر را روی میزان خروج لاروها نشان داد. میزان تفریخ از هفته ششم و هفتم در دماهایی که حداکثر خروج لارو را داشتند به‌طور معنی‌داری افزایش یافت و سپس از هفته هشتم به بعد کاهش نشان داد. بنابراین شکسته شدن دیاپوز در جمعیت ایرانی *H. filipjevi*، نیاز به یک دوره شش هفته‌ای دمای ۵ درجه سلسیوس دارد تا حداکثر تفریخ در دمای ۱۵ درجه سلسیوس رخ دهد. همچنین با افزایش دما میزان تفریخ کاهش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: تفریخ تخم، دما، نماتد سیستی غلات، *Heterodera filipjevi*

Short comuincation

The influence of temperature on breaking of diapause and egg hatching in cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*)

Z. MAJD TAHERI[1], Z. TANHA MAAFI[2]✉, K. NAZARI[3], K. ZAYNALI NEZHAD[4], F. RAKHSHANDEHROO[1], A. A. DABABAT[5]

1. Department of Plant Protection, College of Agricultural Sciences and Food Industries, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran; 2. Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, ducation and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran; 3. Regional Cereal Rust Research Center, Aegean Agricultural Research Institute, P.K. 9, Menemen, Izmir, Turkey; 4. Plant Breeding and Biotechnology Department, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran; 5. International Maize and Wheat Improvement Center, Emek, Ankara, Turkey

Abstract

The cereal cyst nematode *Heterodera filipjevi* has obligatory diapause stage in life cycle. For this purpose, the effect of different thermal treatments *viz.* 5, 10, 15, 5+15, 20 and 25°C were tested on the number of egg hatching of *H. filipjevi* for 12 weeks. The highest hatching rate was observed at 5+15°C with 87.8% whilst the treatment 25°C showed the lowest hatching rate of 1.1%. The treatments 5°C and 5+15 °C with highest hatching rates respectively showed significantly increasing of hatching between the sixth and seventh weeks followed by decreasing from the eighth week. Therefore, a pre-hatching incubation temperature at 5°C for six weeks is required to breaking diapause in Iranian population of *H. filipjevi* to occur the highest hatching rate at 15°C and by increasing the temperature the hatching rate is decreased.

Keywords: Cereal cyst nematode, hatch, *Heterodera filipjevi*, temperature

✉ zahramaafi@gmail.com

مقدمه

نماتدهای سیستی متعلق به جنس *Heterodera* Schmidt, 1871 از جمله مهم‌ترین نماتدهای انگلی می‌باشند که اثر قابل توجهی در محدود نمودن تولید محصولات گیاهی مهم می‌گذارند. بر اساس مطالعات مرفولوژیکی و مولکولی صورت گرفته، اعضای این جنس در نه گروه طبقه‌بندی شده‌اند (Subbotin *et al*., 2010; Handoo & Subbotin, 2018). گروه Avenae یکی از بزرگترین این گروه‌ها می‌باشد که اعضای این گروه عمدتاً انگل گیاهان تک لپه‌ای هستند. در حال حاضر گروه Avenae شامل ۱۲ گونه می‌باشد، این گونه‌ها شامل *H. arenaria* Cooper, 1955 ، *H. latipons* Franklin, 1969، *H. aucklandica* Wouts & Sturhan, 1995 ،*H. avenae* Wollenweber, 1924، *H. filipjevi* (Madzhidov, 1981) Stelter, ،*H. australis* Subbotin, 2002 ،1984 *H. pratensis* Gäbler *et al*., 2000 ،*H. mani* Mathews, 1971، *H. riparia* Kazachenko, 1993 و *H. sturhani* Subbotin, 2015 *H.* ustinovi Kirjanova, 1969 (synonym *H. iri* Mathews, 1971) هستند. به‌طور کلی پنج گونه از اعضای این گروه به عنوان نماتدهای سیستی غلات (CCN) شناخته می‌شوند (Smiley *et al*., 2017). چهار گونه *H. avenae* ،*H. filipjevi* ،*H. sturhani* و *H. australis* از لحاظ اقتصادی در مناطق پرورش گندم بسیار پراهمیت هستند. درحالی‌که شش گونه دیگر از این گروه گیاهان علفی مختلف را مورد حمله قرار می‌دهند و اهمیت اقتصادی کمتری دارند. در ایران چهار گونه از نماتدهای سیستی *H. avenae* ، *H. latipons*، *H. filipjevi* و *H. hordecalis* از سراسر کشور گزارش شده که *H. filipjevi* گونه غالب بوده و دارای پراکنش گسترده در مزارع غلات کشور می‌باشد (Tanha Maafi *et al*., 2007). نماتدهای سیستی غلات دامنه میزبانی محدودی داشته، گندم، جو، یولاف و شماری از علف‌های هرز خانواده گندمیان از میزبان‌های این نماتدها هستند. به‌طور کلی فرآیند تفریخ در نماتدهای سیستی در سه مرحله اتفاق می‌افتد (Smiley *et al*., 2017). تفریخ تخم غالباً به بسیاری از فاکتورهای خارجی وابسته است که روی نماتد تاثیر می‌گذارند (Tanha Maafi and Kheiri, 2018).

دما یکی از فاکتورهای محیطی است که نقش به‌سزایی در تفریخ تخم در نماتدها ایفا می‌کند. بیشترین اطلاعات در رابطه با مکانیزم تفریخ در نماتدهای سیستی، از بررسی نماتدهای سیستی *Globodera rostochiensis* و *H. glycines* به دست آمده است (Jones *et al*., 1998; Perry, 2002). تفریخ در بسیاری از نماتدها وابسته به ترشحات ریشه گیاه میزبان است، اگر چه این خصوصیت شامل نماتد *H. filipjevi* نمی‌شود. بنابراین تخم‌ها در این نماتد قادر هستند بدون نیاز به ترشحات ریشه در آب تفریخ شوند. ولی وجود دیاپوز در نماتدهای سیستی *H. filipjevi* و *H. aveane* باعث می‌شود تفریخ تخم در این نماتدها در خارج از محیط طبیعی خاک انجام نشود و یا در صورت انجام به تعداد بسیار اندک باشد. به‌طوری‌که دستیابی به جمعیت اولیه برای انجام پژوهش‌های مرتبط با جنبه‌های زیست شناسی و مدیریتی آنها را با مشکل مواجه می‌سازد. اطلاعات زیادی از فرآیند تفریخ این نماتد در دسترس نمی‌باشد، و تنها در یک پژوهش که جمعیت ترکیه *H. filipjevi* را مورد بررسی قرار داده به تفریخ این نماتد پرداخته شده است (Sahin *et al*., 2010). تحقیق حاضر با بررسی تفریخ تخم نماتد سیستی غلات *H. filipjev* در دماهای مختلف با هدف تعیین و معرفی دمای مطلوب انکوباسیون به جهت تفریخ تخم نماتد و خروج لارو سن دوم در جمعیت ایرانی به انجام رسیده است.

روش بررسی

نمونه‌برداری خاک از یک مزرعه گندم دارای سابقه آلودگی به نماتد سیستی غلات *H.filipjevi* در استان همدان انجام شد. نمونه‌های خاک جمع‌آوری‌شده مخلوط و در دمای اتاق نگه‌داری شدند تا کاملاً خشک شوند.

مقدار ۱۰۰ گرم از این خاک با دستگاه فنویک (Fenwick, 1940) بررسی و سیست‌های استخراج شده از

بقایای گیاهی و ذرات خاک جدا شدند. جهت اطمینان از گونه مورد نظر نمونه‌ها با استفاده از مشخصات مرفولوژی و مرفومتری سیست‌ها و لاروهای سن دوم مجدداً شناسایی شدند (Wouts and Baldwin, 1998; Subbotin *et al*., 2000). شناسایی مولکولی با استخراج DNA از لارو سن دوم و با استفاده از آغازگرهای عمومی و اختصاصی انجام گردید.

پس از تأیید گونه مورد نظر، نمونه‌ها با استفاده از استرئومیکروسکوپ بررسی و سیست‌های کاملاً پر و سالم جهت آزمایش‌ها انتخاب شدند. به منظور تعیین میانگین تعداد تخم در هر سیست ابتدا سیست‌ها به ۱۰ دسته ده‌تایی تقسیم شدند و از هر دسته یک سیست انتخاب و تعداد تخم‌های داخل آنها شمارش شد. سپس سیست‌ها با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی و سه بار با آب مقطر سترون شستشو داده شدند.

برای تعیین نقش دما در شکستن دیاپوز و تفریخ تخم، سیست‌ها به دسته‌های ۲۰ تایی تقسیم شدند و به الک‌های ۲۰ میکرومتری که در تشتک‌های حاوی آب مقطر سترون قرار داشتند منتقل شدند. تشتک‌ها در شش تیمار دمایی شامل ۵، ۱۰، ۱۵، ۱۵+۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ هفته در انکوباتور قرار داده شدند. برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. در ارتباط با تیمار ۱۵+۵ درجه سلسیوس، سیست‌ها در ابتدا به مدت شش هفته در دمای ۵ درجه سلسیوس قرار گرفته، سپس به دمای ۱۵ درجه سلسیوس منتقل شدند. به‌طور هفتگی هر یک از واحدهای آزمایشی بررسی و لاروهای تفریخ شده شمارش و در تشتک‌های جداگانه نگهداری شدند. سپس هر یک از تیمارها بعد از اضافه کردن آب مقطر سترون مجدداً به همان دما برگردانده شدند.

به منظور بررسی وجود یا عدم اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای دمایی مورد نظر، داده‌های حاصل از آزمایش به کمک نرم‌افزار آماری SAS v.9.4 و با استفاده از مدل خطی تعمیم یافته GLM(Generalized Linear Model)، تجزیه و تحلیل شد. هم‌چنین مقایسه میانگین‌ها در تیمارهای مختلف با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح معنی‌داری $P\leq0.05$ صورت گرفت.

نتیجه و بحث

مشخصات مرفولوژی و مرفومتری سیست‌ها و لارو سن دوم، شناسایی گونه *H. filipjevi* را تائید کرد. نتایج مقایسه توالی بدست آمده با توالی‌های موجود در بانک ژن جهانی نشان داد توالی این نواحی از دی.ان.ای ریبوزومی نماتد سیستی غلات *H. filipjevi* ۹۹ درصد با توالی‌های ذخیره شده این نواحی از گونه *H. filipjevi* در بانک ژن جهانی شباهت دارد.

میانگین تعداد تخم در ۱۰ سیست که از ده دسته ده تایی جدا شده بودند، نشان داد که به‌طور متوسط در هر سیست *H. filipjevi* ۲۲۰ تخم وجود داشت و تعداد تخم بین ۱۵۰ تا ۲۵۰ عدد در سیست‌های بررسی شده متغیر بود. در نماتدهای سیستی بدن ماده‌ها کاملاً به تولید تخم اختصاص می‌یابد و هر ماده تا ۶۰۰ تخم می‌تواند تولید کند ولی تعداد تخم به گونه نماتد سیستی، اندازه نماتد ماده و وضعیت تغذیه‌ای میزبانی که از آن تغذیه نموده و همچنین شرایط محیطی غالب بستگی دارد و در مزارع آلوده مختلف این عدد ممکن است متغیر باشد. به‌علاوه *H. filipjevi* از جمله گونه‌های نماتدهای سیستی است که فاقد کیسه تخم بوده و تمام تخم‌ها به‌طور کامل در داخل بدن ماده باقی می‌مانند (Koenning and Sipes, 1998).

درصد تفریخ تخم در شش تیمار دمایی در تکرارهای مختلف به‌طور هفتگی و جداگانه ثبت گردید (جدول ۱). تیمار دمایی اولیه ۵ درجه سلسیوس به مدت شش هفته و سپس درجه سلسیوس ۱۵ به مدت ۱۲ هفته با میانگین ۸۸ درصد بیشترین و دمای ۲۵ درجه سلسیوس با میانگین ۱/۱ درصد کمترین تأثیر را روی میزان تفریخ نشان دادند. فرایند تفریخ در سیست‌هایی که در تیمار دمایی ۵ درجه سلسیوس قرار گرفته بودند نسبت به سایر تیمارهای دمایی اعمال شده، سریع‌تر به وقوع پیوست. هم‌چنین نتایج نشان داد، تخم‌ها در دمای ۵ درجه سلسیوس در مدت زمان کمتری (شش هفته)

بیشترین میزان تفریخ را داشتند. در نتیجه‌گیری کلی می‌توان بیان کرد، به‌کارگیری دمای مناسب انکوباسیون بر افزایش میزان تفریخ تخم نماتد *H. filipjevi* اثر می‌گذارد. مطالعه انجام شده در ارتباط با میزان خروج لاروها از تخم در نماتد سیستی غلات *H. filipjevi* در استان مرکزی نشان داده است تفریخ تخم در شرایط طبیعی زمانی شروع می‌شود که دمای خاک بین ۵ تا ۱۵ درجه سلسیوس باشد (Hajihasani *et al*., 2010).

جدول ۱- **درصد میانگین هفتگی تفریخ تخم در نماتد *Heterodera filipjevi* در تیمارهای دمایی مختلف.**

Table 1. Weekly average percentage of egg hatching of *Heterodera filipjevi* at different temperature treatments.

Temperatures (°C)	Weeks												Total egg hatching (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	0.2	0.6	0.7	0.9	1.2	5.5	9.7	10.6	12.8	9.5	5.5	4.3	61.5
10	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	2.2	1.4	1.2	4.3	5.6	1.0	16.9
15	0.0	0.1	0.1	0.4	0.6	1.0	2.5	1.8	1.8	3.0	2.3	1.2	14.8
20	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	2.9
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1	0.3	0.3	0.1	0.1	1.1
5+15	0.2	0.6	0.7	1.0	1.2	13.0	19.7	18.8	14.3	10.0	6.0	2.5	88.0
Total	0.5	1.4	1.6	2.6	3.4	20.0	34.5	33.1	30.8	27.4	19.7	9.3	-
Average (%)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	3.3	5.7	5.5	5.1	4.6	3.3	1.6	-

تجزیه آماری با استفاده از مدل خطی تعمیم‌یافته (GLM) Generalized Linear Model با نرم‌افزار SAS v.9.4 نشان داد تفاوت معنی‌داری در میزان خروج لاروهای نماتد سیستی غلات *H. filipjevi* بین شش تیمار دمایی و هم‌چنین مدت زمان ۱۲ هفته آزمایش وجود دارد. مقایسه میانگین میزان تفریخ تخم در دماهای مختلف با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵، تیمارهای دمایی مورد بررسی را در سه گروه قرار داد. گروه اول شامل دمای ۱۵+۵ درجه سلسیوس، گروه دوم شامل دمای ۵ درجه سلسیوس و گروه سوم شامل دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد دمای ۱۵+۵ بیشترین و دمای ۲۵ درجه سلسیوس کمترین تأثیر را در طول ۱۲ هفته، روی میزان تفریخ نماتد *H. filipjevi* داشتند. پس از تیمار دمایی ۱۵+۵، تیمار دمایی ۵ درجه سلسیوس با ٦۱/۵ درصد از میزان تفریخ بالایی برخوردار بود. در حالی که این میزان برای تیمارهای دمایی ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۱٦/۹، ۱٤/۸، ۲/۹ و ۱/۱ درصد تعیین گردید. هم‌چنین مقایسه میانگین میزان خروج لاروها از تخم در هفته‌های مختلف با استفاده از روش دانکن در سطح احتمال ۰/۰۵، نشان داد بیشترین میزان تفریخ تخم با میانگین ۳٤/۵ درصد در هفته هفتم و کمترین میزان تفریخ تخم با میانگین ۰/۵ درصد در هفته اول به وقوع پیوسته است (جدول ۲).

میزان تفریخ از هفته ششم در تیمارهای ۵ و ۱۵+۵ درجه سلسیوس به‌طور قابل توجهی افزایش یافته و سپس از هفته هشتم به بعد، از میزان تفریخ تخم کاسته شد که می‌تواند به دلیل کاهش ذخیره تخم‌های موجود در سیست‌ها باشد. به‌طور کلی انکوباسیون در دمای اولیه ۵ درجه سلسیوس به مدت شش هفته و سپس ۱۵ درجه سلسیوس به مدت ۱۲ هفته درصد تفریخ تخم را به صورت معنی‌داری افزایش می‌دهد.

نماتدهای سیستی بر اساس میزان تفریخ تخم در آب به سه گروه شامل تفریخ پایین، متوسط و بالا طبقه‌بندی شده‌اند. تفریخ در *H. filipjevi* وابسته به ترشحات ریشه گیاه میزبان

نبوده و این خصوصیت در مورد دو گونه دیگر نماتد سیستی غلات *H. latipons* و *H. avenae* نیز صادق است. به‌طوری‌که در این دو گونه نیز تفریخ به میزان زیادی در آب صورت می‌گیرد (Turner and Subbotin 2013; Schölz and Sikora 2004). به‌علاوه عدم وابستگی نماتدهای سیستی غلات به ترشحات ریشه گیاه میزبان منتج به کاهش بقاء این نماتدها در شرایط آیش، تناوب زراعی و استفاده از ارقام مقاوم می‌شود (Tanha Maafi and Kheiri, 2018).

جدول ۲- مقایسه میانگین میزان تفریخ تخم نماتد ***Heterodera filipjevi*** در هفته‌ها و درجه حرارت های مختلف.

Table 2. Mean comparison of the egg hatching number of *Heterodera filipjevi* during different Weeks and temperatures.

Independent variables	Range	Mean egg hatching number
Weeks	1	0.08 d
	2	0.24 d
	3	0.27 d
	4	0.43 d
	5	0.57 d
	6	3.33 bc
	7	5.75 a
	8	5.52 a
	9	5.13 ab
	10	4.57 ab
	11	3.29 bc
	12	1.56 dc
Tempretures (ºC)	5+15	7.3 a
	5	5.1 b
	10	1.4 c
	15	1.2 c
	20	0.2 c
	25	0.1 c

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بین تیمارها ($P \leq 0.05$) بر اساس آزمون چند دامنه‌های دانکن است.

Different letters in each column indicate the significant differences between treatments ($P \leq 0.05$) according to Duncan's new multiple range test

نتایج بررسی حاضر نشان داد با افزایش دما میزان تفریخ کاهش می‌یابد، این نتیجه با مطالعه پیشین که جمعیت *H. filipjevi* از ترکیه را مورد بررسی قرار داده، مطابقت دارد (Sahin *et al*., 2010). اگر چه در بررسی انجام شده روی جمعیت ترکیه بیشترین میزان تفریخ در ۱۵ درجه سلسیوس در مدت ۵۸ روز و کمترین میزان تفریخ در دمای اولیه ۵ و سپس ۲۵ درجه سلسیوس در مدت ۲۹۰ روز گزارش شده است، این مسئله تفاوت فرآیند تفریخ تخم در نماتد *H. filipjevi* را در میان جمعیت ایران و ترکیه نشان می‌دهد. در ارتباط با الگوی متفاوت تفریخ در جمعیت‌های مختلف *H. filipjevi* تاکنون بررسی صورت نگرفته است، اما تفاوت در الگوی تفریخ در میان جمعیت‌های مختلف نماتد سیستی غلات *H. avenae* گزارش شده است (Baklawa *et al*., 2016). تفاوت در الگوی تفریخ در جمعیت‌های مختلف از یک نماتد می‌تواند ناشی از تطبیق جمعیت نماتد با شرایط جغرافیایی باشد (Stanton *et al*., 1994). هم‌چنین دما می‌تواند بر مدت زمان لازم جهت تفریخ تخم نماتد مؤثر باشد، بنابراین دما یکی از فاکتورهای مهم و اثر گذار بر تفریخ نماتد *H. filipjevi* می‌باشد.

در نماتدهای سیستی لاروها بعد از تکمیل مرحله جنینی، اولین پوست‌اندازی را در داخل تخم انجام داده و تبدیل به لارو سن دو می‌شوند. در این مرحله نماتد از نظر رشدی آماده تفریخ از تخم و خروج از سیست به منظور پیدا کردن میزبان است که غالباً این لاروهای سن دو به عنوان مرحله بقاء محسوب می‌شوند. تخم‌های حاوی لاروهای سن دوم مرحله خواب و یا کمون چرخه زندگی نماتدهای سیستی هستند و بسته به گونه نماتد سیستی و شرایط محیطی تفریخ آنها ممکن است به مدت چند سال به تعویق بیفتد. تفریخ تخم غالباً به بسیاری از فاکتورهای خارجی وابسته است که به‌طور فیزیولوژیکی روی نماتد تاثیر می‌گذارند. این تثیر یا به‌صورت خواب اجباری یا دیاپوز (Diapause) و یا به صورت توقف فعالیت (Quiescence) است. کاهش دمای محیط و به اتمام رسیدن رشد گیاه ممکن است شرایط را برای مکانیسم‌های بقاء در نماتدهای سیستی بصورت دیاپوز و یا وقفه در رشد فراهم نماید.

طی بررسی‌های انجام شده وجود دیاپوز در جمعیت‌های مختلف *H. avenae* اثبات شده است، به‌طوریکه قرار گرفتن در دمای پایین به مدت حداقل هشت هفته برای تفریخ قابل توجه در این گونه لازم است. وجود دیاپوز در جمعیت *H. avenae* از استرالیا، فرانسه و چین نیز گزارش شده است

(Wu *et al*., 2014, Smiley *et al*., 2017). هم‌چنین وجود دیاپوز در جمعیت سوریه نماتد *H. latipons* نیز گزارش شده است، به‌طوری‌که این نماتد به گذراندن یک دوره دمایی سرد جهت شکستن دیاپوز نیاز دارد (Schölz and Sikora, 2004). نتیجه بررسی حاضر نیز نشان داد جمعیت ایرانی *H. filipjevi* به گذراندن یک دوره شش هفته‌ای سرما در دمای ۵ درجه سلسیوس نیاز دارد تا حداکثر تفریخ انجام شود که این امر نشان‌دهنده وجود دیاپوز در جمعیت ایرانی *H. filipjevi* می‌باشد. وجود دیاپوز باعث می‌شود تفریخ تخم در خارج از محیط طبیعی خاک انجام نشود و یا در صورت انجام به تعداد بسیار اندک باشد به‌طوری‌که دستیابی به زاد مایه اولیه برای انجام پژوهش‌های مرتبط با جنبه‌های زیست شناسی و مدیریتی آنها را با مشکل مواجه می‌سازد. بررسی انجام شده روی جمعیت ترکیه *H. filipjevi*، نیز نشان‌دهنده لزوم وجود سرما برای شکسته شدن کمون در تفریخ است به‌طوری که سیست‌ها به مدت ۵۸ روز در دمای ۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند و سپس لاروها در دمای ۱۰ درجه سلسیوس و ۱۵ درجه سلسیوس از سیست‌ها خارج شدند، گرچه با وجود اثبات وجود دیاپوز در نماتدهای سیستی غلات و انکوباسیون در دمای فوق از نظر نویسندگان به عنوان شکسته شدن کمون ذکر نشده و اظهار شده که جمعیت هایمانا ترکیه فاقد دیاپوز است (Şahin *et al*., 2010). دما به عنوان یک عامل محیطی غیر زنده نقش به‌سزایی در زمان و میزان تفریخ نماتد *H. filipjevi* دارد.

سپاسگزاری

نگارندگان از جناب آقای مهندس فرهاد سعیدی نائینی به خاطر همکاری در انجام محاسبات آماری داده‌ها سپاسگزاری می‌نمایند.

References

BAKLAWA, M., B. NIERE and S. MASSOUD, 2016. Influence of temperature and storage conditions on the hatching behavior of cereal cyst nematodes (*Heterodera avenae* Wollenweber) from Egypt. Journal of Plant Diseases and Protection, 124: 213–225.

DE GRISSE, A., 1969. Redescription ou modifications de quelques techniques utilisées dans lé'tude des nématodes phytoparasitaires. Mededelingen Rijksfaculteit der L & bouwwetenschappen Gent, 34: 351-369.

FENWICK, D.W., 1940. Methods for the recovery & counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. Journal of Helminthology, 18: 155–172.

HAJIHASANI, A., Z. TANHA MAAFI and M. HAJIHASANI, 2010. The life cycle of *Heterodera filipjevi* in winter wheat under microplot conditions in Iran. Nematologia Mediterranea, 38: 53-57.

HANDOO, Z. A. and S. A. SUBBOTIN, 2018. Taxonomy, identification and principal species. In: Perry, R.N., Moens, M. & Jones, J.T. (Eds). Cyst nematodes. Wallingford, UK, CAB International, 365-397.

JONES, P.W., G.L. TYLKA and R.N. PERRY, 1998. Hatching. In: Perry, R.N. and Wright, D.J. (Eds) The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-parasitic Nematodes, CAB International, Wallingford, UK, 181–212.

KOENNING, S.R. and B.S. SIPES, 1998. Biology, In: Sharma S.B. (Ed.) Cyst-forming Nematodes. Chapman and Hall, London, Pp. 156-190.

PERRY, R.N., 2002. Hatching. In: Lee, D.L. (Ed.). The Biology of Nematodes. Taylor & Francis, London, 147–169.

SAHIN, E., J. M. NICOL, I. H. ELEKÇIOGLU and R. RIVOAL, 2010. Hatching of *Heterodera filipjevi* in controlled and natural temperature conditions in Turkey. Nematology, 12(2):193-200.

SCHÖLZ, U and R. A. SIKORA, 2004. Hatching behavior and life cycle of *Heterodera latipons* Franklin under Syrian agro-ecological conditions. Nematology, 6: 245-256.

SMILEY, R.W., A. A. DABABAT, S. IQBAL, M. G. K. JONES, Z. TANHA MAAFI, D. PENG, S. A. SUBBOTIN and L. WAEYENBERGE, 2017. Cereal cyst nematodes: a complex and destructive group of *Heterodera* species. Plant Disease, 101: 1692-1720.

STANTON, J. M and M. EYRES, 1994. Hatching of Western Australian populations of cereal cyst nematode, *Heterodera avenae*, and effects of sowing time and method of sowing on yield of wheat. Australasian Plant Pathology, 23: 1-7.

SUBBOTIN, S.A., M. MUNDO-OCAMPO and J. G. BALDWIN, 2010. Systematics of cyst nematodes (Nematoda: Heteroderinae). Nematology Monographs and Perspectives 8A (Series editors: Hunt, D.J. & Perry, R.N.). Leiden, The Netherlands, Brill.

TANHA MAAFI, Z. and A. KHEIRI, 2018. Cysts nematodes of the subfamily Heteroderinae in Iran and their management. Iranian Research Institute of Plant Protection, p 251.

TANHA MAAFI, Z., D. STURHAN, A. KHEIRI and E. GERAERT, 2007. Species of the *Heterodera avenae* group (Nematoda: Heteroderidae) from Iran. Russian Journal of Nematology, 15: 49–58.

TANHA MAAFI, Z., M. SALATI and R. D. RIGGS, 2008. Distribution, population density, race and type determination of soybean cyst nematode, *Heterodera glycines*, in Iran. Nematology, 10: 919-924.

TANHA MAAFI, Z., S. A. SUBBOTIN and M. MOENS, 2003. Molecular identification of cyst-forming nematodes (Heteroderidae) from Iran and a phylogeny based on ITS-rDNA sequences. Nematology, 5: 99-111.

TURNER, S. J and S. A SUBBOTIN, 2013. Cyst nematodes. Pp. 109–143. In: R. N. Perry and M. Moens (eds). Plant Nematology, 2nd Ed. CAB Int., Wallingford, UK, p 542.

WOUTS, W.M and J. G. BALDWIN, 1998. Taxonomy and identification. In: Sharma, S.B. Ed.) The cyst nematodes). London, UK, Kluwer Academic Publishers, 83-122.

WU, H. Y., Q. HE, J. LIU, J. LUO and D. L. PENG, 2014. Occurrence and development of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Shandong, China Plant Disease, 98:1-7.