

## بررسی چرخه زندگی نماتود سیستی غلات (*Heterodera avenae* Type B) بر روی گندم بهاره در شرایط مزرعه در استان خوزستان

علیرضا احمدی<sup>۱\*</sup> و زهرا تنهامعافی<sup>۲</sup>

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۹)

### چکیده

چرخه زندگی نماتود سیستی غلات، *Heterodera avenae* Type B بر روی گندم بهاره رقم چمران، طی سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در یک مزرعه آلوده در ایستگاه بهبهان استان خوزستان بررسی گردید. نمونه برداری از بوته‌های گندم و خاک اطراف ریشه آن از زمان کاشت تا برداشت صورت گرفت. نتایج نشان داد نفوذ لارو سن دوم نماتود به ریشه گندم در اوایل آذرماه سال ۱۳۸۹ و اواسط دی ماه سال ۱۳۹۰، به ترتیب در درجه حرارت‌های ۱۵ و ۱۲ درجه سانتیگراد و در زمان‌های ۱۵-۱۷ روز پس از کاشت گندم صورت گرفت. ماده سفیدرنگ در اواخر دی ماه و بهمن ماه سال‌های اول و دوم به ترتیب در درجه حرارت‌های ۱۲ و ۱۸ درجه سانتیگراد، ۸۸-۹۰ روز پس از کاشت گندم بر روی ریشه‌ها ظاهر شد. نماتود نر در اوایل و اواخر اسفند ماه سال‌های اول و دوم به ترتیب در درجه حرارت‌های ۱۶ و ۱۷ درجه سانتیگراد، ۱۰۰-۱۱۸ روز پس از کاشت گندم از خاک استخراج گردید. تغییر ماده‌ها به سیست قهوه‌ای رنگ حاوی تخم در اواسط اسفندماه و اوایل فروردین سال‌های اول و دوم به ترتیب در درجه حرارت‌های ۲۰ و ۲۱ درجه سانتیگراد، ۱۱۴-۱۲۶ روز پس از کاشت گندم روی ریشه‌ها رویت گردید. گونه *H. avenae* Type B در شرایط آب و هوایی بهبهان دارای یک نسل در سال و طول هر نسل ۸۱-۱۲۰ روز است. مجموع دمای روز موثر برای تکمیل نسل به ترتیب ۵۵۷ و ۴۴۶ درجه-روز در سال‌های اول و دوم محاسبه گردید.

کلیدواژه: ایران، روز-درجه، گندم رقم چمران، نسل، نماتود انگل گیاهی

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: alirahmadi2000@gmail.com

۱. استادیار پژوهش، بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

۲. استاد پژوهش، مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

## Survey on the life cycle of *Heterodera avenae* type B on spring wheat under field conditions in Khuzestan Province

A. Ahmadi<sup>1\*</sup> and Z. Tanha Maafi<sup>2</sup>

(Received: 2.2.2016; Accepted: 9.8.2016)

### Abstract

The life cycle of *Heterodera avenae* type B on the spring wheat cv. Chamran was studied in an infested field in Behbahan District, Khuzestan Province, during 2009-2010. Soil and plant samples were taken from planting to harvest. The results showed that, the penetration of the second stage juveniles happened at temperatures of 15°C and 12°C for 17 and 15 days after the wheat sowing in early December and mid-January during 2009 and 2010, respectively. White females were observed on the roots in the late January and February in first and second year, with soil temperature 12°C to 18°C for 88-90 days after planting respectively. The male were observed in the soil, in early and late of March of the first and second year, with soil temperature ranges 16°C to 17°C, 100-118 days after planting respectively. Changing of white females to brown cysts containing eggs happened in mid-March and early April in the first and second years, at soil temperatures of 20°C to 21°C, 114-126 days after planting respectively. *H. avenae* type B developed only one generation per growing season and completed its life-cycle within 81-120 in Behbahan District. Total effective degree-days for completing the generation were measured 557 and 446 day degrees in 2009 and 2010 years, respectively

**Keywords:** Degree-day, generation, Iran, Plant-parasitic nematode, wheat cv. Chamran

---

\* Corresponding author's E-mail: alirahmadi2000@gmail.com

1. Research Assistant professor, Plant Protection Research Department, Khuzestan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ahvaz, Iran
2. Research professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

## مقدمه

لیبی، عربستان سعودی و اکثر کشورهای اروپایی گزارش شده است (Al-Hazmy et al. 1994, Evans & Rowe 1988).

در ایران گونه غالب نامتود سیستمی غلات *H. filipjevi* است و پس از آن گونه‌های *H. latipons* و *H. avenae* قرار دارند. گونه *H. avenae* از استان‌های ایلام و کرمانشاه (Tanha Maafi et al 2007, 2009)، فارس (مهدیخانی ۲۰۰۹) و خراسان شمالی (باعدل و همکاران ۱۳۹۱) گزارش شده است. همچنین در استان خوزستان گونه *H. avenae* بیشترین فراوانی و پراکندگی (۵۰ درصد) را در مقایسه با *H. filipjevi* (۳۷/۵ درصد) دارد و مخلوط دو گونه در ۱۲/۵ درصد نمونه‌ها یافت شده است (Ahmadi & Tanha Maafi 2009). در ایران تیپ B گونه *H. avenae* شناسایی شده است که در هندوستان نیز وجود آن گزارش شده است (Subbotin et al. 1999).

جمعیت‌های *H. avenae* بر اساس بررسی‌های مولکولی و فیلوژنتیکی ژن ITS-rRNA و ITS-RFLP، سه تیپ را تشکیل می‌دهند: تیپ A شامل جمعیت‌های اروپایی، تیپ B جمعیت‌های آسیایی و آفریقایی و تیپ C از چین است. این سه تیپ ژنتیکی عموماً با تیپ‌های مرفولوژیکی جمعیت‌های مربوطه مطابقت دارند (Subbotin et al. 1999, 2003). جمعیت‌های شناسایی شده *H. avenae* از استان‌های ایلام، کرمانشاه و خوزستان تیپ B شناسایی شده است که خصوصیات مولکولی و مرفولوژی آن با این تیپ مطابقت دارد (Tanha Maafi et al. 2007, 2009). از نظر مولکولی نیز برای تفکیک تیپ A از تیپ B گونه *H. avenae* از RFLP-rITS استفاده می‌شود. آنزیم برشی RsaI در تیپ A محل اثر ندارد ولی در تیپ B این آنزیم سه قطعه به طول ۷۰۷، ۳۲۰، و ۲۱ جفت باز ایجاد می‌کند (Subbotin et al. 1999, Tanha Maafi et al. 2003).

غلات مهم‌ترین منبع غذایی در جهان به شمار می‌روند و گندم در کشور ایران به عنوان مهم‌ترین محصول استراتژیک مطرح است به طوریکه سطح زیر کشت آن حدود ۶/۳ میلیون هکتار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ بوده است و استان خوزستان از نظر تولید غلات در کشور جایگاه دوم تولید را دارد (Anon 2012). نامتودهای سیستمی غلات، گونه‌های *Heterodera avenae* و *H. filipjevi* از مهم‌ترین نامتودهای خسارت‌زای گندم و جو در جهان می‌باشند که در ۳۸ درصد از مزارع گندم و جو استان خوزستان و با متوسط جمعیت ۲۸۰ تخم و لارو در ۱۰۰ گرم (سه تخم و لارو/گرم خاک) خاک اطراف ریشه در انتهای فصل کاشت وجود دارند (Tanha Maafi 2014) (Ahmadi &

گونه *H. filipjevi* با جمعیت اولیه نه تخم و لارو در گرم خاک در شهرستان رامشیر موجب کاهش شاخص‌های عملکرد دانه به میزان ۴۰-۷۳ درصد، وزن خشک ساقه و برگ به میزان ۶-۶۷ درصد، طول بوته به میزان ۸-۲۱ درصد و پنجه‌زنی به میزان ۱۰-۳۹ درصد (Ahmadi et al. 2013) و گونه *H. avenae* با جمعیت اولیه ۶۲ تخم و لارو در گرم خاک در شهرستان بهبهان موجب کاهش شاخص‌های عملکرد دانه به میزان ۱۱-۲۱ درصد، وزن خشک ساقه و برگ به میزان پنج تا ۳۹ درصد و طول بوته به میزان ۶-۱۴ درصد گردیده است (Ahmadi et al. 2012).

شایع‌ترین گونه گزارش شده از گروه نامتودهای سیستمی غلات در دنیا گونه *H. avenae* است که از بسیاری از کشورها از جمله استرالیا، کانادا، فلسطین اشغالی، آفریقای جنوبی، ژاپن، هندوستان، مراکش، تونس، پاکستان،

شاخص در گونه‌های مختلف نماتودها متفاوت است (Norton 1979). برای اندازه‌گیری این شاخص از دماهای بالاتر از دمای پایه برای فعالیت گونه استفاده می‌شود. دمای پایه برای فعالیت گونه *H. avenae* حدود ۱۰ (Banyer & Fischer 1971) و برای گونه‌های *H. filipjevi* و *H. latipons* هشت درجه سانتیگراد می‌باشد (Philis, 1999; Hajihassani et al., 2010). همچنین بارندگی و رطوبت یکی دیگر از شاخص اکولوژیکی است که نقش به‌سزایی در تفریح تخم و حرکت لارو سن دوم نماتودها به سمت ریشه‌های گیاه میزبان دارد (Graham 1980). وجود اطلاعات در خصوص چرخه زندگی، مراحل تکاملی و تغییرات جمعیت به منظور مدیریت نماتودهای سیستی غلات ضروری می‌باشد. شناخت ارتباط بین مراحل تکاملی نماتود در خاک و مراحل تکاملی گیاه گندم نیز می‌تواند به درک بهتری از بیماری بیانجامد. با توجه به وجود نماتود سیستی غلات در منطقه و عدم وجود اطلاعات در خصوص چرخه زندگی آن، این مطالعه با هدف دستیابی به شناختی از تغییرات جمعیت و زیست‌شناسی نماتود در شرایط مزرعه انجام شده است.

### مواد و روش‌های بررسی

آزمایش در یک مزرعه یک‌صد متر مربعی آلوده به نماتود سیستی غلات (*Heterodera avenae*) از یک قطعه نیم هکتاری در ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان استان خوزستان با مشخصات طول  $68^{\circ} 98' 42''$  و عرض جغرافیایی  $73^{\circ} 89' 33''$  و ارتفاع ۳۲۴ متر اجرا گردید. میانگین میزان بارندگی سالیانه در منطقه ۳۶۶ میلی‌متر است و معمولاً در ماه‌های دی و اسفند بیشترین بارندگی صورت می‌گیرد. بذر گندم رقم چمران به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در مزرعه در اواخر آبان ماه و اوایل آذرماه به ترتیب

2000. بررسی‌ها نشان داده است که آنزیم مزبور در نمونه سیست‌های استخراج شده از خاک‌های آلوده به نماتود غلات در خوزستان، فاقد محل برش است. گونه *H. avenae* صرف نظر از موقعیت جغرافیایی دارای یک نسل در طی فصل زراعی بر روی غلات است. این گونه در دمای ۱۰ تا ۲۵ درجه سانتیگراد فعالیت می‌کند ولی دمای مناسب برای فعالیت آن ۲۰-۲۲ درجه سانتیگراد است (McDonald & Nicol 2005). چرخه زندگی نماتودهای سیستی، از تخم تا تولید سیست بسته به دمای فعالیت نماتود و میزبان متفاوت است ولی به طور معمول در اکثر گونه‌ها در طی ۳۰ روز تکمیل می‌شود به طوریکه در گونه *H. orydicola* در دمای ثابت ۲۷ درجه سانتیگراد در مدت ۲۳ روز، در گونه *H. glycyines* و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد طی ۲۱ روز و در گونه *H. trifolii* در دماهای ۲۰ و ۱۵/۵ درجه سانتیگراد به ترتیب طی ۳۱ و ۴۵ روز یک نسل را کامل می‌کنند (Koenning & Sipes 1998).

چرخه زندگی برای گونه غالب نماتود سیستی غلات ایران (*H. filipjevi*) بر روی گندم رقم سرداری در استان مرکزی یک نسل و ۱۵۵ روز محاسبه گردیده است (Hajihassani et al. 2010). همچنین این چرخه برای گونه دیگر نماتودهای سیستی غلات ایران (*H. latipons*) بر روی گندم رقم سرداری در منطقه اراک یک نسل و ۱۴۵-۱۵۰ روز اندازه‌گیری شده است (Hajihassani et al. 2011). با توجه به خون‌سرد بودن نماتودها، دما یکی از شاخص‌های بسیار موثر بر مراحل تکاملی و تولیدمثل نماتودها است (Wu et al. 2014). مجموع دمای موثر در چرخه زندگی یک گونه نماتود از مرحله نفوذ لارو سن دوم به درون ریشه تا تولید نماتود ماده دارای تخم با عنوان واحد گرما (Heat unit) بیان می‌شود که معمولاً این

زمان ورود اولین لاروهای سن دوم به درون ریشه تا تشکیل سیست حاوی تخم) از معادله  $\Sigma HU = T_1 + T_2 + T_3/3 - T_b$  استفاده گردید که در آن  $\Sigma HU$  مجموع واحد گرمایی،  $T_1$ ،  $T_2$  و  $T_3$  دما در سه نوبت روز و  $T_b$  دمای پایه برای فعالیت گونه *H. avenae* است. میزان بارندگی در طی فصل‌های زراعی ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ و به تفکیک میانگین بارش در ماه نیز با استفاده از اطلاعات ایستگاه هواشناسی بهبهان به دست آمد.

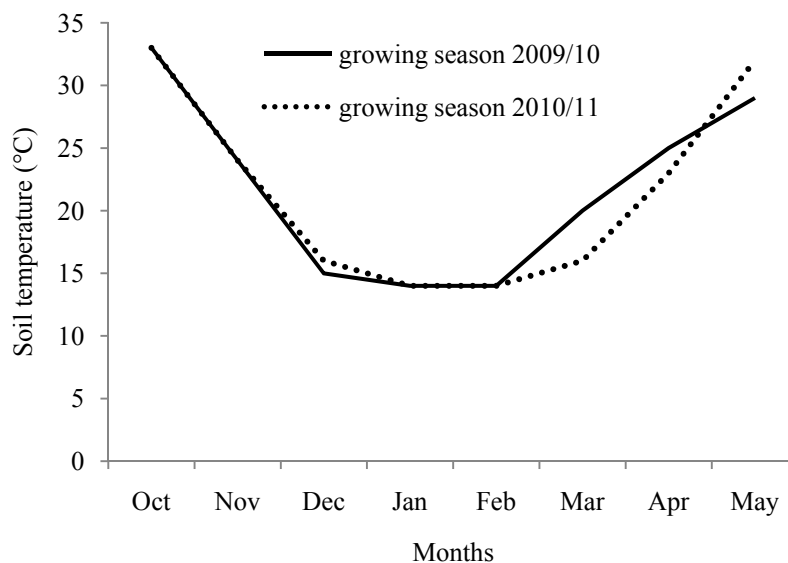
### نتایج

میانگین دما در عمق ۱۰ سانتیمتری خاک (۳۴/۶۷-۷/۴) و ۲۰/۱۴ و (۴۲-۶/۲) درجه سانتیگراد به ترتیب در طی فصل‌های زراعی ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ در شکل ۱ نشان داده شده است. همچنین میزان بارندگی در طی سال‌های ۱۳۸۸-۹۰ به ترتیب ۳۲۳ و ۹۷ میلی‌متر بوده است (شکل ۲).

**اطلاعات مربوط به سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹:** در سال اول آزمایش گندم در اواخر آبان ماه کاشته شد و بلافاصله بارندگی صورت گرفت. اولین ظهور لاروهای سن دوم نematod در خاک با جمعیت ۴۶۷ نematod در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک یک هفته پس از کاشت گندم و بارندگی در دمای ۱۶ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. به تدریج میزان جمعیت لارو سن دوم در خاک بالا رفت و به جمعیت ۱۹۶۷ نematod در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک در درجه حرارت ۱۴ درجه سانتیگراد رسید و بعد از آن روند کاهشی را در خاک نشان داد. لاروهای سن دوم نematod تا آخر فصل داشت و در زمان برداشت نیز با جمعیت‌های بسیار پائین ۳۳-۱۶۷ نematod در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک مشاهده گردیدند (شکل ۳). با وجود لارو سن دوم درون خاک، نematodها قادر به نفوذ به ریشه‌های گندم نبودند زیرا

سال‌های اول و دوم در قطعات آزمایشی کاشته شد. قبل از کاشت نمونه‌برداری از خاک قطعه آزمایشی به منظور تعیین وجود نematod سیستی غلات انجام شد. از زمان کاشت تا برداشت گندم و در فواصل ۵-۷ روزه، نمونه‌برداری از ریشه و خاک اطراف آنها به منظور تعیین جمعیت نematod و مشاهده مراحل تکاملی نematod از مرحله نفوذ لارو سن دوم به ریشه تا تشکیل سیست صورت گرفت. ۲۰۰ گرم خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری و از پنج قسمت مزرعه نمونه‌برداری شد و با استفاده از روش استخراج سینی (Bell & Watson 2001) لاروهای سن دوم و نر استخراج و شمارش گردیدند. همچنین از ۱۰۰ گرم خاک خشک برای استخراج سیست با روش فنویک (Fenwick 1940) استفاده گردید. فاکتور تولیدمثل نematod در هر فصل زراعی از تقسیم جمعیت نهایی (جمعیت در انتهای فصل کاشت) به جمعیت اولیه (جمعیت در ابتدای فصل کاشت) بدست آمد.

برای مشاهده مراحل لاروی درون ریشه، پنج بوته گندم در هر نمونه‌برداری از خاک خارج گردید و پس از شستشو با آب برای حذف گل و لای ابتدا با محلول دو درصد هیپوکلریت سدیم (غلظت ۵/۲۵ درصد از ماده تجارتي) به مدت چهار دقیقه رنگ‌بری شده و سپس با محلول اسید فوشین ۰/۰۱ درصد به مدت یک دقیقه در دمای ۸۰ درجه سانتیگراد رنگ‌آمیزی شدند و تا قبل از مشاهده مراحل نematod درون ریشه با استرئومیکروسکپ در محلول گلیسرین نگهداری گردیدند. دمای خاک توسط دماسنج خاک در عمق ۱۰ سانتی‌متری در سه نوبت از روز در زمان‌های ۶:۳۰ صبح، ۱۲:۳۰ ظهر و ۱۸:۳۰ بعد از ظهر توسط ایستگاه هواشناسی بهبهان ثبت گردید و میانگین روزانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری مجموع واحد گرمایی موثر جهت محاسبه دمای لازم برای تکمیل یک نسل (از

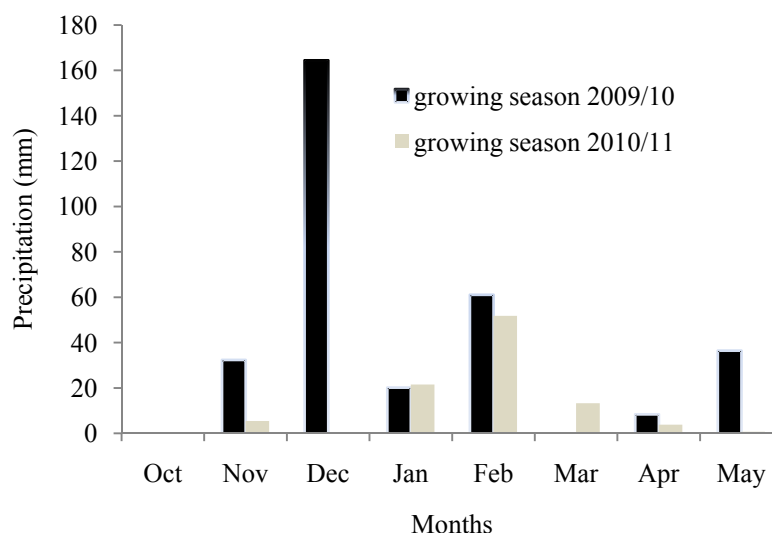


شکل ۱. میانگین دمای خاک در عمق ۱۰ سانتیمتری در شهرستان بهبهان طی سالهای ۹۰-۱۳۸۸.

Fig 1. Mean soil temperature (°C) at 10 cm depth during the two growing seasons, 2009-2011, in Behbahan.

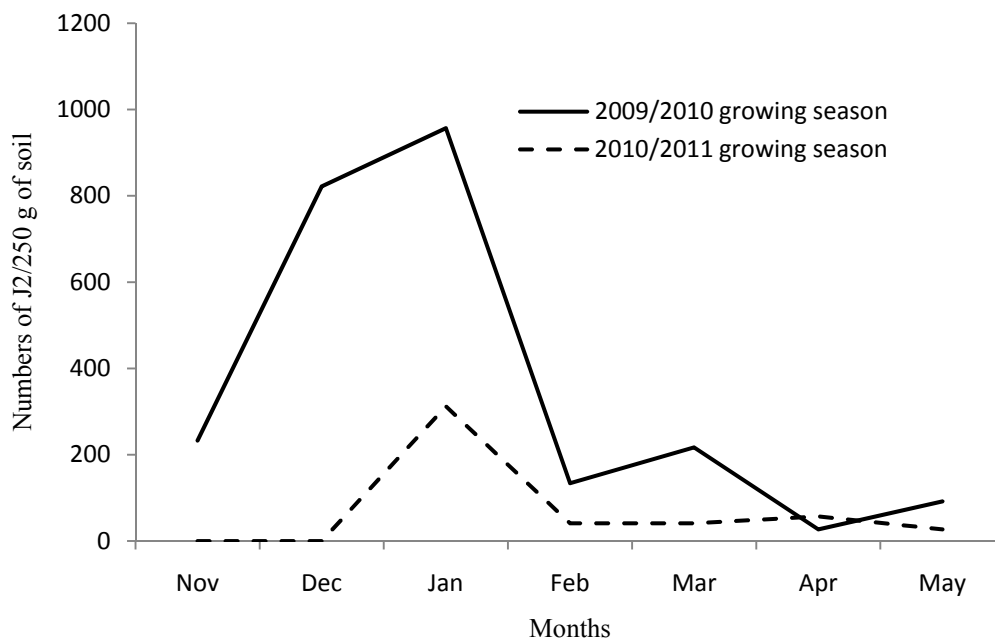
بیشترین نفوذ لاروهای سن دوم نماتود به ریشه هم‌زمان با روند افزایشی جمعیت آنها در خاک در دمای ۱۵ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. نماتودهای ماده سفیدرنگ بالغ ۵۸ روز پس از کاشت گندم در اواخر دی ماه در دمای ۱۳ درجه سانتیگراد بر روی ریشه‌ها مشاهده گردیدند (جدول

دمای خاک نسبتاً بالا (حدود ۲۱ تا ۳۰ درجه سانتیگراد) و برای فعالیت نماتود مناسب نبود. ۱۷-۱۵ روز بعد از اولین آبیاری و یا بارندگی، اولین لاروهای سن دوم نماتود در دمای ۱۲-۱۵ درجه سانتیگراد و واحد گرمایی ۱۲۲ درجه- روز شروع به نفوذ به ریشه‌های گندم کردند (جدول ۱).



شکل ۲. میانگین میزان بارندگی ماهیانه به میلی‌متر در شهرستان بهبهان طی سالهای ۹۰-۱۳۸۸.

Fig 2. Monthly precipitation mean (mm) during the two growing seasons, 2009-2011, in Behbahan.



شکل ۳. میزان جمعیت لارو سن دوم گونه *Heterodera avenae* type B در خاک در شهرستان بهبهان طی سال‌های ۹۰-۱۳۸۸.

Fig 3. Population density of second stage juveniles of *Heterodera avenae* type B in the soil in Behbahan during 2009-2011.

جدول ۱. چرخه زندگی *Heterodera avenae* type B روی گندم رقم چمران در منطقه بهبهان طی سال‌های زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹.

Table 1. Life cycle of *Heterodera avenae* type B on wheat cv. Chamran, in an infected farm in Behbahan region, during 2009-2010 and 2010-2011.

Nematode developmental stage	Days after planting		Soil temperature (°C)		Heat unit (Degree-day)	
	2009-2010	2010-2011	2009-2010	2010-2011	2009-2010	2010-2011
Penetration of J2 into root	16-17	23	15	14	115	127
J3 & J4	45	31	11	13	238	150
Observation of white female	58	51	13	12	288	250
Observation of male inside soil	100	79	16	16	458	417
Observation of brown cyst with eggs	114	86	15	22	566	473

میانگین‌های جمعیت به ترتیب ۸۳ و ۱۵ تخم و لارو در گرم خاک محاسبه گردید. فاکتور تولیدمثل نماتود ۰/۱۸ اندازه‌گیری شد.

اطلاعات مربوط به سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹: در سال دوم به دلیل بارندگی و آماده نبودن زمین، گندم با تاخیر و در اوایل دی ماه کاشته شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. اولین بارندگی یک ماه پس از کاشت گندم انجام شد. اولین لاروهای سن دوم نماتود در خاک با جمعیت

(۱). نماتودهای نر بالغ با جمعیت ۳۴ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک در اوایل اسفند ماه، ۱۰۰ روز پس از کاشت گندم و در دمای ۱۸ درجه سانتیگراد مشاهده گردیدند. سیست قهوه‌ای رنگ حاوی تخم از اواسط اسفند ماه، ۱۱۴ روز پس از کاشت گندم در درجه حرارت ۱۶ درجه سانتیگراد بر روی ریشه مشاهده شد (جدول ۱). جمعیت سیست قهوه‌ای رنگ در ابتدا و انتهای فصل به ترتیب ۴۹ و ۲۹ سیست در یک صد گرم خاک خشک با

۸۰ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک یک هفته پس از کاشت گندم در دمای ۱۴ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. به تدریج میزان جمعیت لارو سن دوم در خاک بالا رفت و به جمعیت ۱۰۶۶ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد رسید و بعد از آن روند کاهشی را در خاک نشان داد. ۲۳ روز بعد از کاشت گندم، اولین لاروهای سن دوم نماتود در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد و واحد گرمایی ۱۲۷ درجه-روز شروع به نفوذ به ریشه‌های گندم کردند (جدول ۱) و بیشترین نفوذ لاروهای سن دوم نماتود به ریشه هم‌زمان با روند افزایشی جمعیت آنها در خاک در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. نماتودهای ماده سفیدرنگ بالغ ۵۱ روز پس از کاشت گندم از اواخر بهمن ماه در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد بر روی ریشه‌ها مشاهده گردیدند (جدول ۱). نماتودهای نر در خاک از اواخر اسفند ماه، ۷۹ روز پس از کاشت گندم و در دمای ۱۶ درجه سانتیگراد مشاهده شد. سیست قهوه‌ای رنگ حاوی تخم از اوایل فروردین ماه، ۸۶ روز پس از کاشت گندم در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد مشاهده گردید (جدول ۱). جمعیت سیست قهوه‌ای رنگ در ابتدا و انتهای فصل به ترتیب ۳۷ و ۱۲ سیست در یک صد گرم خاک خشک با میانگین‌های جمعیت به ترتیب ۹ و ۶ تخم و لارو سن دو در گرم خاک محاسبه گردید. فاکتور تولیدمثل نماتود ۰/۶۷ اندازه‌گیری شد.

۸۰ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک یک هفته پس از کاشت گندم در دمای ۱۴ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. به تدریج میزان جمعیت لارو سن دوم در خاک بالا رفت و به جمعیت ۱۰۶۶ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد رسید و بعد از آن روند کاهشی را در خاک نشان داد. ۲۳ روز بعد از کاشت گندم، اولین لاروهای سن دوم نماتود در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد و واحد گرمایی ۱۲۷ درجه-روز شروع به نفوذ به ریشه‌های گندم کردند (جدول ۱) و بیشترین نفوذ لاروهای سن دوم نماتود به ریشه هم‌زمان با روند افزایشی جمعیت آنها در خاک در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. نماتودهای ماده سفیدرنگ بالغ ۵۱ روز پس از کاشت گندم از اواخر بهمن ماه در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد بر روی ریشه‌ها مشاهده گردیدند (جدول ۱). نماتودهای نر در خاک از اواخر اسفند ماه، ۷۹ روز پس از کاشت گندم و در دمای ۱۶ درجه سانتیگراد مشاهده شد. سیست قهوه‌ای رنگ حاوی تخم از اوایل فروردین ماه، ۸۶ روز پس از کاشت گندم در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد مشاهده گردید (جدول ۱). جمعیت سیست قهوه‌ای رنگ در ابتدا و انتهای فصل به ترتیب ۳۷ و ۱۲ سیست در یک صد گرم خاک خشک با میانگین‌های جمعیت به ترتیب ۹ و ۶ تخم و لارو سن دو در گرم خاک محاسبه گردید. فاکتور تولیدمثل نماتود ۰/۶۷ اندازه‌گیری شد.

۸۰ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک یک هفته پس از کاشت گندم در دمای ۱۴ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. به تدریج میزان جمعیت لارو سن دوم در خاک بالا رفت و به جمعیت ۱۰۶۶ نماتود در ۲۵۰ سانتیمتر مکعب خاک در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد رسید و بعد از آن روند کاهشی را در خاک نشان داد. ۲۳ روز بعد از کاشت گندم، اولین لاروهای سن دوم نماتود در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد و واحد گرمایی ۱۲۷ درجه-روز شروع به نفوذ به ریشه‌های گندم کردند (جدول ۱) و بیشترین نفوذ لاروهای سن دوم نماتود به ریشه هم‌زمان با روند افزایشی جمعیت آنها در خاک در دمای ۱۱ درجه سانتیگراد مشاهده گردید. نماتودهای ماده سفیدرنگ بالغ ۵۱ روز پس از کاشت گندم از اواخر بهمن ماه در دمای ۱۲ درجه سانتیگراد بر روی ریشه‌ها مشاهده گردیدند (جدول ۱). نماتودهای نر در خاک از اواخر اسفند ماه، ۷۹ روز پس از کاشت گندم و در دمای ۱۶ درجه سانتیگراد مشاهده شد. سیست قهوه‌ای رنگ حاوی تخم از اوایل فروردین ماه، ۸۶ روز پس از کاشت گندم در دمای ۲۲ درجه سانتیگراد مشاهده گردید (جدول ۱). جمعیت سیست قهوه‌ای رنگ در ابتدا و انتهای فصل به ترتیب ۳۷ و ۱۲ سیست در یک صد گرم خاک خشک با میانگین‌های جمعیت به ترتیب ۹ و ۶ تخم و لارو سن دو در گرم خاک محاسبه گردید. فاکتور تولیدمثل نماتود ۰/۶۷ اندازه‌گیری شد.

## بحث

در این تحقیق مشخص گردید که نماتود سیستی غلات تیپ B گونه *Heterodera avenae* در شرایط آب و هوایی بهبهان استان خوزستان دارای یک نسل در سال است و با تیپ اروپایی A گونه *H. avenae* و سایر سایر نماتودهای سیستی غلات گونه‌های *H. latipons* و *H. flipjevi*



برای گونه *H. latipons* ۱۴۵-۱۵۰ در استان مرکزی محاسبه گردیده (Hajihhasani et al. 2011) که نشان می‌دهد تیپ B گونه *H. avenae* چرخه زندگی خود را در شرایط آب و هوایی خوزستان در زمان کوتاهتری تکمیل می‌نماید. همچنین مجموع واحد دمای بالاتر از دمای ۱۰ درجه سانتیگراد برای تکمیل یک نسل گونه *H. avenae* به ترتیب ۵۶۶ و ۴۷۳ درجه محاسبه گردید که علت بیشتر بودن سال اول نسبت به سال دوم طولانی تر بودن دوره داشت گندم در سال اول است. مجموع واحدهای گرمایی لازم برای تکمیل نسل گونه‌های دیگر ناماتودهای سیستمی غلات، گونه‌های *H. filipjevi* و *H. latipons* به ترتیب ۳۵۸ و ۳۸۶ درجه-روز است (Hajihhasani et al. 2010, Philis 1999) که به نظر می‌رسد تیپ B گونه *H. avenae* برای انجام فعالیت‌های تکاملی و تکمیل نسل خودش در خوزستان به انرژی‌ها و در نتیجه دماهای بیشتری نیاز دارد. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت تیپ B گونه *H. avenae* در شرایط آب و هوایی خوزستان با توجه به وجود آب و هوای بسیار گرم و خشک در تابستان، عدم وجود دوره یخبندان در پائیز و زمستان و همچنین تکمیل نسل در پائیز و زمستان با تیپ مدیترانه‌ای ناماتود منطبق است. فاکتور تولیدمثل ناماتود در طی سال‌های اول و دوم آزمایش به ترتیب ۰/۱۸ و ۰/۶۷ محاسبه گردیده و به نظر می‌رسد گندم رقم چمران در جاتی از مقاومت به تیپ B را دارا می‌باشد که به آزمایش‌های تکمیلی در این زمینه نیاز است. استفاده از ارقام گندم مقاوم و یا متحمل به این گروه از ناماتودها یکی از مهم‌ترین روش‌های کنترل آنها به شمار می‌رود (McDonald & Nicol 2005).

### تشکر و قدردانی

این پژوهش در قالب پروژه تحقیقاتی به شماره

است. لاروهای سن دوم در سال‌های اول و دوم آزمایش در دماهای ۱۴ و ۱۵ درجه سانتیگراد شروع به نفوذ به ریشه‌های گندم نمودند. در این زمان، گندم در مرحله پنجه‌زنی اولیه است.

نماتودهای بالغ سفیدرنگ در سال‌های اول و دوم آزمایش در دماهای ۱۲ و ۱۳ درجه سانتیگراد بر روی ریشه‌های گندم مشاهده شدند، فقط زمان ظهور آنها با توجه به تاخیر در کاشت گندم در سال دوم با یک ماه تاخیر همراه بود. گندم در این زمان، در مرحله به ساقه رفتن است. ناماتودهای نر نیز در دو سال آزمایش در دمای ۱۶ درجه سانتیگراد در خاک و با جمعیت‌های بین ۱-۶۷ ناماتود در ۲۵۰ سانتی‌متر مکعب خاک حدوداً ۱-۲ ماه پس از ظهور ناماتودهای ماده سفیدرنگ مشاهده گردیدند. گندم در این زمان در مراحل ابتدای غلاف رفتن تا ظهور سنبله‌ها است. سیستم‌های قهوه‌ای رنگ دارای تخم جنین‌دار در سال‌های آزمایش در دماهای ۱۵-۲۲ درجه سانتیگراد، ۳۵-۵۵ روز پس از ظهور ناماتودهای بالغ سفیدرنگ بر روی ریشه‌ها مشاهده گردیدند. گندم در این زمان در مراحل ظهور سنبله و دانه‌بندی است.

چرخه زندگی تیپ B گونه *H. avenae* در سال‌های اول و دوم آزمایش به ترتیب طی ۱۱۴ و ۸۶ روز تکمیل گردید که کوتاهی طول چرخه زندگی ناماتود در سال دوم به دلیل تاخیر یک ماهه در کاشت گندم است. طول چرخه زندگی همین گونه روی گندم طی دو سال در چین ۸۳ و ۹۹ روز به دست آمده که با نتایج این تحقیق تقریباً مطابقت دارد (Wu et al. 2014). این چرخه روی یولاف در اسلواکی در مدت ۵۶ روز تکمیل شده است (Sabova et al. 1985). طول چرخه زندگی گونه *H. filipjevi* روی گندم در استان مرکزی ۱۵۵ روز (Hajihhasani et al. 2010)، در استان فارس ۱۹۷ روز (Seifi et al. 2013) و

اجرای پروژه در منطقه، خانم مهندس حدادی برای همکاری در کارهای آزمایشگاه، آقایان ساعدی، اردشیری، اسکندری و عطا برای کمک در کارهای مزرعه و رانندگی تشکر و سپاسگزاری نماید.

۹۰۰۷۹-۱۶-۴۶-۴ و با حمایت مالی وزارت جهاد کشاورزی، سازمان جهاد کشاورزی خوزستان و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی اجرا گردید. نگارندگان وظیفه خود می‌دانند از آقای مهندس رفیع رئیس سابق ایستگاه تحقیقات کشاورزی بهبهان برای همکاری در

## منابع

- Ahmadi A. R. and Tanha Maafi Z. 2009. Occurrence and distribution of cereal cyst nematodes (*Heterodera avenae* and *H. filipjevi*) in Khuzestan province, Iran, pp. 79-81. In: I. T. Riley, J. M. Nicol and A. A. Dababat (Eds). Cereal cyst nematodes: status, research and outlook. CIMMYT, Turkey.
- Ahmadi A. R., Tanha Maafi Z., Dababat A. A. and Nicol J. M. 2012. Impact of *Heterodera avenae* type B on four commercial wheat cultivars under field conditions in southwest of Iran. 31<sup>th</sup> international symposium of the European Society of Nematologists. Adana Turkey. P: 315 (Abs.).
- Ahmadi A. R. and Tanha Maafi Z. 2014. Incidence of cereal cyst nematodes (*Heterodera avenae* type B and *H. filipjevi*) in southwestern Iran. Journal of Crop Protection 3: 75-88.
- Ahmadi A. R., Tanha Maafi Z. and Abeyat T. 2013. Reaction of some wheat, barley and triticale cultivars to cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi* under field conditions in Khuzestan province. Plant Protection Journal 6: 123-132.
- Al-Hazmi A. S., Ibrahim A. A. M. and Abdul-Rzig A. T. 1994. Occurrence, morphology and reproduction of *Heterodera avenae* on wheat and barley in Saudi Arabia. Pakistan Journal of Nematology 12: 117-129.
- Anon. 2012. Agricultural Statistical Yearbook, Tehran, Iran, Ministry of Jihad-E-Agriculture, Statistical and Information Technology Unit. 121 p.
- Baadel S., Mahdikhani Moghadam E. and Rouhani H. 2013. Identification of plant parasitic nematodes of rapeseed fields in North Khorasan Province. Journal of Plant Protection 26: 370-379 (In Persian with English Summary).
- Banyer R. J. and Fisher J. M. 1971. Effect of temperature on hatching of *Heterodera avenae*. Nematologica 17: 512-534.
- Bell N. L. and Watson R. N. 2001. Optimising the Whitehead and Heming tray method to extract plant parasitic and other nematodes from two soils under pasture. Nematology 3: 179-185.
- Graham C. W. 1980. The effects of rainfall and soil type on the population dynamics of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) on spring barley (*Hordeurn vulgare*) and spring oats (*Avenae sativa*). Annals of Applied Biology 94: 243-253.
- Greco N. 1981. Hatching of *Heterodera avenae*. Nematologica 27: 366-371.
- Evans K. and Rowe J. A. 1988. Distribution and economic importance, pp. 1-30. In: S B Sharma (Ed.). The cyst nematodes. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Fenwick D. W. 1940. Methods for the recovery and counting of cysts of *Heterodera schachtii* from soil. Journal of Helminthology 18: 155-172.
- Hajihassani A., Tanha Maafi Z. and Hajihassani M. 2010. The life cycle of *Heterodera filipjevi* in winter wheat under micro-plot conditions in Iran. Nematologia Mediterranea 38: 53-57.
- Hajihassani A., Tanha Maafi Z., Ahmadi A. R. and Taji, M. 2011. Survey and biology of cereal cyst nematode, *Heterodera latipons*, in rain-fed wheat in Markazi Province, Iran. International Journal of Agriculture and Biology 13: 576-580.
- Koenning S. R. and Sipes B. S. 1998. Biology, pp. 156-190. In: S. B. Sharma (Ed.). The cyst nematodes. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
- Mahdikhani Moghadam E. and Keshtvarz M. 2008. Occurrence of *Heterodera avenae* in wheat fields in Fars

- Province. Proceeding of 18<sup>th</sup> Iranian Plant Protection Congress. Hamedan. Iran. P. 552.
- McDonald A. H. and Nicol J. M. 2005. Nematode parasites of cereals, pp. 131-192. In: M. Luc, R. A. Sikora and J B Bridge (Eds). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture, 2<sup>nd</sup> edition. CABI publishing.
- Meagher J. W. 1970. Seasonal fluctuations in numbers of larvae of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) and of *Pratylenchus minyus* and *Tylenchorhynchus brevidens* in soil. *Nematologia* 16: 333-347.
- Norton D. C. 1979. Relationship of physical and chemical factors to populations of plant parasitic nematodes. *Annual Review of Phytopathology* 17: 279-99.
- Perry R. N. and Wright D. J. 1988. The physiology and biochemistry of free-living and plant parasitic nematodes. CABI publishing, Wallingford, UK.
- Philis J. 1999. The life cycle of the Mediterranean cereal cyst nematode *Heterodera latipons* in Cyprus. *Nematologia Mediterranea* 27: 43-46.
- Sabova M., Liskova M. and Valocka B. 1985. Ontogenesis of the cereal cyst nematode, *Heterodera avenae* Wollenweber, 1924 on winter wheat under the climatic conditions of Slovakia. *Helminthologia* 22: 293-298.
- Sahin E., Nicol J. M. Yorgancilar A., Elekcioglu I. H., Tulek A., Yidirim A. F. and Bolat N. 2008. Seasonal variation of field populations of *Heterodera filipjevi*, *Pratylenchus thornei* and *P. neglectus* on winter wheat in Turkey. *Nematologia Mediterranea* 36: 51-56.
- Seifi S., Karegar A. and Banihashemi Z. 2013. The life cycle of the cereal cyst nematode, *Heterodera filipjevi*, and effect of plant hosts on its population. *World applied programming* 3: 164-168.
- Subbotin S. A., Waeyenberg, L., Molokanova I. A. and Moens M. 1999. Identification of *Heterodera avenae* group species by morphometrics and rDNA-RFLP. *Nematology* 1: 195-207.
- Subbotin S. A., Waeyenberg L. and Moens M. 2000. Identification of cyst forming nematodes of the genus *Heterodera* (Nematoda: Heteroderidae) based on the ribosomal DNA-RFLP. *Nematology* 2: 153-164.
- Subbotin S. A., Sturhan D, Rumpfenhorst H. J and Moens M. 2003. Molecular and morphological characterisation of the *Heterodera avenae* complex species (Tylenchida: Heteroderidae). *Nematology* 5: 515-538.
- Tanha Maafi Z., Subbotin S. A. and Moens M. 2003. Molecular identification of cyst -forming nematodes (Heteroderidae) from Iran and a phylogeny based on ITS-rDNA sequences. *Nematology* 5: 99-111.
- Tanha Maafi Z., Sturhan D., Kheiri A., and Geraert E. 2007. Species of the *Heterodera avenae* group (Nematoda: Heteroderidae) from Iran. *Russian Journal of Nematology* 15: 49-58.
- Tanha Maafi Z., Nicol J. M., Kazemi H., Ebrahimi N., Gitty M., Ghalandar M., Mohammadi Pour M. and Khoshkhabar Z. H. 2009. Cereal cyst nematodes, root rot pathogens and root lesion nematodes affecting cereal production in Iran, pp. 51-55. In: I. T. Riley, J. M. Nicol and A. A. Dababat (Eds). *Cereal cyst nematodes: status, research and outlook*. CIMMYT, Turkey.
- Valdeolivas A., Romero M. D. and Muniz M. 1991. Effect of temperature on juvenile emergence of Spanish populations of *Heterodera avenae*. *Nematologia Mediterranea* 19: 37-40.
- Wu H. Y., He Q., Liu J., Luo J. and Peng D. L. 2014. Occurrence and development of the cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*) in Shadong, China. *Plant Disease* 98: 1654-1660.

