Applied Entomology and Phytopathology **آفات و بیماری‌های گیاهی**
Vol. 92, No. 1, Sep. 2024 **جلد۹۲، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۳**
DOI: 10.22092/jaep.2024.366180.1521

مقاله پژوهشی

تعیین درجه حرارت مؤثر روزانه آفت ساقه‌خوار نواری برنج (*Chilo suppressalis*, Lep; Crambidae) و تأثیر عوامل محیطی روی زیست شناسی آن

فرزاد مجیدی شیل‌سر✉
دانشیار پژوهشی مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
(تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: آبان ۱۴۰۳)

چکیده

کرم ساقه‌خوار نواری برنج قریب به پنجاه سال است که به عنوان آفت خطرناک در مزارع برنج کشور محسوب می‌شود. این پژوهش برای تعیین درجه حرارت مؤثر روزانه، تأثیر عوامل محیطی روی زیست‌شناسی آفت و تعداد نسل آفت انجام شد. نتایج این بررسی نشان داد که میانگین مجموع درجه حرارت مؤثر برای ساقه‌خوار نواری برنج در طی چهار سال حدود ۸۲۲ روز–درجه محاسبه شد. میانگین مجموع درجه حرارت‌های لازم برای مراحل زیستی کرم ساقه‌خوار نواری برنج به تفکیک تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ به‌ترتیب دمای محدوده ۷۰، ۵۵۱، ۱۰۴ و ۹۲ روز–درجه متغیر بود. نتایج نشان داد، اگر چنانچه، حشره بالغ دمای بیش از ۹۰ روز–درجه را دریافت کند، این توانایی را دارد که وارد مرحله تخم شود. مهم‌ترین عنصر اقلیمی در زندگی آفت ساقه‌خوار برای حشرات بالغ دمای بین ۲۲ تا ۳۲ درجه سلسیوس و ساعات آفتابی، برای دسته‌های تخم، رطوبت نسبی و دما، برای لارو، دما و رطوبت نسبی مربوط به داخل ساقه بود. بررسی‌های این پژوهش نشان داد که آفت ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم به مشابه نسل اول با دریافت مجموع درجه حرارت‌های بیش از ۸۲۳ روز–درجه سیکل زندگی خود را کامل می‌نماید و به نسل سوم منتقل می‌شود. با توجه به بررسی‌های این پژوهش آفت ساقه‌خوار نواری در شرایط گیلان دارای دو و نیم نسل می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آفت، روز–درجه، سیکل زندگی، نسل

Determining the effective daily temperature (Degree-Day) of the rice striped stem borer pest (*Chilo suppressalis*, Lep; Crambidae) and the effect of environmental factors on its biology

F. MAJIDI-SHILSAR
Associate Professor, Reaescher, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Abstract

Rice striped stem bore has been considered as a dangerous pest in the country's rice fields for nearly fifty years. This research was conducted to determine the effective daily temperature, the effect of environmental factors on the biology of the pest and the number of pest generations. The results of this study showed that the average total effective temperature for the rice striper over four years was about 822 degree-days. The average of the total temperatures required for the life stages of the rice stem borer to separate the eggs, larvae, pupae and adult insects were in the range of 70, 551, 104 and 92 degree days respectively. Also if the adult insect receives a temperature of more than 90 degree-days, it has the ability to enter the egg stage. One of the most important climatic elements in the life of the striped stem borer pest for adult insects was the temperature between 22 and 32 degrees Celsius and sunny hours, relative humidity and temperature for egg clusters, for larvae, temperature and relative humidity related to the stem. The investigations of this research showed that the rice stem borer pest completes its life cycle in the second generation, similar to the first generation, by receiving the total temperatures of more than 823 days and is transferred to the third generation. According to the resuls of this study, the striped stem borer pest has two and half generations in Guilan conditions.

Keywords: Degree – day, generation, life cycle, pest

✉ **majidi14@yahoo.com**
©2024, The Author(s). Published by Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP). This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0)

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) مهم‌ترین محصول غذایی در جهان است و غذای اصلی ۵۰ درصد جمعیت جهان می باشد (Barrion *et al.*, 2007). تولید برنج تحت تأثیر عوامل زنده و غیر زنده می‌باشد که عمده‌ترین ضرر و زیان ناشی از حشرات صورت می‌گیرد. آن‌ها به‌تمام قسمت‌ها و در مراحل مختلف رشدی گیاه برنج حمله می‌نمایند. حداقل ۱۰۰ گونه حشره آفت برنج را مورد حمله قرار داده داده به‌طوری ۲۰ گونه آن‌ها دارای اهمیت اقتصادی بوده و عامل اصلی کاهش عملکرد برنج می‌شود (Pathak and Dhaliwal, 1981). مفهوم روز–درجه امروزه به‌طور گسترده‌ای در کشاورزی به‌ویژه برای اندازه گیری و پیش بینی پدیده‌های فنولوژیک، استفاده می شود، استفاده از روش روز–درجه در تحلیل فنولوژیکی انواع محصولات کشاورزی زراعی و باغی در مناطق معتدل دقیق‌تر از تقویم زمان بندی یا پیش بینی وقایع براساس فصل سال است McMaster & Wilhelm, 1997). . روز–درجه همچنین در مطالعات فنولوژیکی حشرات نیز استفاده شده است Olsen *et* (*al.*, 2003; Elliot *et al.*, 2009) از عوامل محدود کننده تولید برنج در ایران کرم ساقه‌خوار نواری برنج می‌باشد. این آفت قریب به ۵۰ سال است که در استان‌های برنج‌خیز ایران شامل گیلان، مازندران، گلستان و غیره فعال بوده و سالانه در صورت عدم کنترل به گیاه برنج خسارت هنگفتی وارد می‌نماید. تاثیر تغییرات آب و هوایی در روند افزایش دمای کره زمین و در نهایت روی نوسانات جمعیت موجودات زنده به‌ویژه حشرات بر کسی پوشیده نیست. از عوامل اقلیمی، دما مهم‌ترین عاملی است که در رشد و نمو موجودات خونسرد نظیر حشرات اثر می‌گذارد. به‌طور معمول با استفاده از مدل‌های رشد می‌توان روند رشدی حشرات را در دماهای مختلف به‌همراه برخی پارامترهای زیستی نظیر آستانه‌های دمای کمینه، بیشنه و بهینه، مراحل رشد آفت را در طول سال پیش‌بینی نمود. همچنین، با مطالعه زیست شناسی هر آفت می‌توان کمک مؤثری در مدیریت انبوهی آن اعمال نمود. بیان عوامل کلیمایی مثل دما، رطوبت نسبی، بارندگی و حرکت توده هوا ممکن است در رشد و نمو، زنده مانی، پراکنش، رفتار، دینامیسم جمعیت و طغیان حشرات زیان‌آور برنج اثر بگذارد (Kisimoto, 1958). او اظهار نمود که طغیان جمعیت یک حشره به‌عوامل مختلف کلیمایی مثل دمای زمستان، دمای جاری در فصل زراعی و بارندگی در فصول پائیز و زمستان بستگی دارد و حشرات به‌سبب خونسرد بودن برای رشد و نمای خود مستقیماً تحت تأثیر دمای محیط قرار می‌گیرند و نور خورشید و ساعات آفتابی به‌عنوان یک منبع انرژی قابل استفاده برای گیاه نیست، اما دوره زندگی حشره را مثل یک ساعت دقیق در فصل زراعی کنترل کرده و روی رفتار روزانه آن اثر می‌گذارد. دما یک عامل محدود کننده در پراکنش ساقه‌خوار زرد برنج *Tryporyza incertulas* (Walker) می‌باشد (Kinoshita & Yagi , 1930) و دمای زیر صفر برای کشتن لاروهای زمستان‌گذران حشره مذکور از ۱/٦– تا ۳/۵– درجه سلسیوس می‌باشد. دمای زیر صفر برای کشتن ۱۰۰ درصد لاروها و شفیره‌های ساقه خوار زرد برنج ۱۲ تا ۱۵روز است (Shibata,1932) ، اما اگر در دمای ۹– تا ۱۲– درجه قرار گیرد، فقط یک روز کافی می‌باشد. طول دوره شفیرگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج (*C. suppressalis*) برای نژادهای مختلف بین ۳ تا ۱٦ روز متغیر می‌باشد (Magbanua *et al.*, 1995), یاگی (Yagi, 1934) تفاوت عوامل محدود کننده پراکنش جمعیت بین کرم ساقه‌خوار نواری و ساقه‌خوار زرد برنج در کشورهای جنوب شرق آسیا را مقایسه نمود و نشان داد که کرم ساقه‌خوار نواری برنج در شمالی‌ترین منطقه در کشورهای ژاپن و چین در عرض جغرافیایی ٤۵ درجه شمالی پیدا یافت می‌شود. همچنین، بررسی‌های او نشان داد که این حشره در مناطق شمال کشور کره یک نسل، در مناطق معتدل دو نسل، در مناطق نیمه گرمسیری و در سواحل جنوبی سه نسل و قسمت مرکزی مناطق نیمه گرمسیری چهار نسل دارد. بنابراین، شناخت عوامل محیطی تأثیرگذار در زندگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج به‌جهت اتخاذ تصمیم مدیریتی صحیح

و کارآمد به منظور بهینه کردن روش‌های کنترل آن را امکان پذیر می سازد. در تحقیق حاضر علاوه بر، شناخت عوامل اقلیمی در زندگی آفت ساقه‌خوار، می‌توان با کمک داده‌های هواشناسی و استفاده از دمای مؤثر روزانه زمان مبارزه را مشخص نمود. لازمه تکوین برنامه تلفیقی هر آفتی داشتن آگاهی کامل از بیولوژی، اکولوژی، آستانه زیان اقتصادی و تغییر نوسانات جمعییت آن آفت می‌باشد (Herduva, 2003). هدف از این پژوهش تعیین مقدار Degree-Day برای هر مرحله از زندگی این حشره در نسل‌های مختلف، تأثیر عوامل محیطی از قبیل دما، رطوبت نسبی، بارندگی، ساعات آفتابی و سرعت باد در نسل‌های مختلف کرم ساقه‌خوار نواری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور، رشت تحت شرایط مزرعه‌ای انجام شد. برای انجام پژوهش حاضر عملیات به‌شرح زیر صورت گرفت.

الف-تهیه‌ی زمین

برای انجام این کار، ابتدا زمین آزمایشی را شخم زده و پس از آن مبادرت به‌تهیه خزانه‌ی نشاء شد. در مزرعه مورد نظر نه قفس چوبی به ابعاد ۱/۵×۱×۱ متر که با تور از جنس پلاستیک محصور شده بودند، استقرار یافتند. قبل از آماده سازی زمین اصلی، خزانه در ابتدای دهه سوم فروردین ماه، آماده برای بذر پاشی شد. بعد از رشد نشاء و رسیدن نشاء به مرحله سه تا چهار برگی (۲۰ تا ۲۵ روز) به‌داخل قفس‌ها منتقل شدند. داخل هر قفس ۲۰ بوته رقم گوهر با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر کشت شد. قبل از نشاکاری و به‌جهت جلوگیری از آلودگی طبیعی به‌کرم ساقه‌خوار، قفس‌ها در مزرعه اسقرار یافتند.

ب-پرورش حشره و محاسبه روز-درجه

برای تهیه‌ی دسته‌های تخم ساقه‌خوار برنج در دهه‌ی سوم فروردین دو تله‌ی نوری در مزرعه‌ی تحقیقاتی مؤسسهٔ تحقیقات برنج، رشت نصب شد. در این روش حشرات کامل زنده‌ی کرم ساقه‌خوار که شب در تله‌ها جلب می‌شدند، صبح هر روز جمع‌آوری و به آزمایشگاه بخش تحقیقات گیاه‌پزشکی منتقل و در ظروف پلاستیکی استوانه‌ای (۱۶×۲۴ سانتی‌متر) قرار داده شدند. برای تخم‌گذاری تعداد۱۰ جفت افراد نر و ماده داخل ارلن مایر به حجم یک لیتر منتقل شدند. قابل ذکر است که در اوایل اردیبهشت ماه که هنوز گیاه برنج رشد کافی ندارد از علف‌هرز بندواش (*Paspalum distichum* L.) که هم خانواده‌ی برنج (گرامینه) است، برای تخم‌گذاری حشره بالغ استفاده شد. سپس علف‌هرز بندواش و یا (برگ برنج بعد از رشد کافی) از قسمت دمبرگ بریده و داخل ارلن‌های سترون قرارداده شدند. در این روش به‌منظور حفظ و دوام برگ‌ها، قسمت بریده شده (دمبرگ‌ها) داخل پنبه‌ی آغشته به آب مقطر سترون قرار گرفت و دهانه ارلن با آن بسته شد، همچنین به‌منظور تهویه‌ی هوا و بر قراری اکسیژن کافی داخل ارلن با نی نوشابه به بیرون ارتباط داده شد. حشرات بالغ بعد از جفت‌گیری، از ۲۴ تا ۴۸ ساعت بعد روی برگ‌ها تخم‌ریزی نمودند. در این مرحله تخم‌های گذاشته شده با قیچی که از قبل ضدعفونی شده بود، بریده شد و هر دسته‌ی تخم همسن داخل لوله‌ی آزمایش تا مرحله‌ی سرسیاهی در دمای محیط آزمایشگاه (۲۵±۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند (Majidi-Shilsar, 2015). در مزرعه قبل از انصب دسته‌های تخم روی برگ تا مرحله سر سیاهی در داخل قفس، روی برگ برنج نصب شدند. در ادامه، به منظور خروج لارو از تخم، ابتدا دسته‌های تخم به‌همراه برگ برنج داخل ظرف محتوی آب مقطر سترون غوطه‌ور شدند. در غیر این صورت، لاروها تفریخ نمی‌شوند و در شرایط مزرعه با نشستن رطوبت روی دسته‌های تخم، روی برگ گلدان‌های داخل قفس همین اتفاق افتاد و هم‌زمانی با آن دسته‌های تخم در آب غوطه‌ور شدند. از طرفی دیگر دسته‌های تخم آفت در شرایط طبیعی بین ساعت پنج تا شش صبح با وجود شبنم باز شده و لاروها خارج می‌شوند. در این موقع هم‌زمان با خروج لارو، مقدار

روز–درجه دسته‌های تخم محاسبه شد. در نسل اول به‌دلیل خنک بودن هوا تفریخ دسته‌های تخم شش روز به‌طول انجامید ولی در نسل دوم پنج روز طول کشید و برای هر نسل مقدار روز درجه برای دسته‌های تخم آفت جداگانه محاسبه شد. به‌همین ترتیب، برای لارو، از زمان خروج لارو تا مرحله شفیرگی، مقدار روز–درجه نیز مشخص شد. با خروج اولین لارو از دسته‌های تخم روی برگ و نفوذ به‌داخل ساقه و تا آخرین مرحله لاروی و تشکیل اولین شفیره در داخل ساقه، در حدود ٤١/٥ روز در نسل اول و در نسل دوم ٣٦ روز بود. این اختلاف دمایی به‌دلیل کاهش دما و بارندگی در نسل آفت اول منجر به طولانی شدن دوره شفیرگی شد. همین روش در شرایط گلخانه و در مزرعه با پنج گلدان پلاستیکی با قطر ۲۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر که در کنار قفس‌ها قرار داده شدند تا روند دوره لاروی نیز انجام شد. اختلاف زمانی تبدیل شدن لاروها به سن آخر در آزمایشگاه با، لارو داخل کلدان و در داخل قفس در شرایط مزرعه حدود هشت ساعت بود. همچنین، برای حصول اطمینان برای مرحله شفیرگی در داخل قفس، علاوه بر رصد شفیره‌ها داخل ساقه در قفس، تعدادی از ساقه‌های حاوی همان شفیره در کنار قفس داخل پنج ظرف پلاستکی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به‌همراه ساقه برنج قرار داده شد تا روند رشد و نمو شفیرگی هم‌زمان بررسی و مقدار روز–درجه برای شفیره آفت مشخص شد. در ارتباط دوره شفیرگی در نسل اول نه روز و در نسل دوم ٥/٤٩ روز به‌طول انجامید. همچنین با ظهور شب‌پره‌های ساقه‌خوار (افراد بالغ) و انتقال آنها به قفس‌های دیگر مدت زمان زنده مانی تا زمان تخم‌ریزی مقدار روز–درجه آن محاسبه شد. در آزمایش طول دوره زندگی حشره بالغ در نسل اول هشت روز و در نسل دوم پنج روز در اخل قفس مشاهده شد. لازم به ذکر است که این کار در دو مرحله‌ی رویشی و زایشی گیاه برنج انجام شد. در این ارتباط، در مرحله‌ی رویشی گیاه برنج، بر اساس رفتار و زیست شناسی این آفت دسته‌های تخم رو و زیر برگ‌های برنج با سوزن منگنه نصب شدند (شبیه شرایط طبیعی) ولی، در مرحله‌ی زایشی دسته‌های تخم در غلاف برگ (محل بین ساقه و برگ) گیاه برنج قرارگرفت (مجیدی شیل سر، ١٣٩٦). بدین جهت در سطح مزرعه باتوجه به‌شرایط طبیعی برای توسعه آلودگی به کرم ساقه‌خوار برنج، آلودگی مصنوعی با دسته‌های تخم ٤٥ تا ٥٠ تایی (Heinrichs, 1994) در مرحله رویشی و زایشی گیاه برنج انجام شد. برای تعیین درجه حرارت مؤثر، مراحل مختلف آفت ساقه‌خوار (شب‌پره‌ها) و دسته‌تخم، لارو، شفیره از فرمول (McMaster & Wilhelm, 1997) استفاده شد (۱).

$$T_i = GDD = \sum^{N} \left[\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right] - Tb$$

Ti: مجموع واحدهای حرارتی یا تعداد درجه حرارت مؤثر و Tb: درجه حرارت مبنا یا دمای پایه به‌درجه سلسیوس و ۱۰+ نقطه صفر رشد (Development Zero) در این فرمول; Tmax حداکثر دمای روزانه، درجه سلسیوس ،Tmin که حداقل دمای روزانه، درجه سلسیوس (پاتاک،۱۹۷۵) برای فعالیت کرم ساقه‌خوار در نظر گرفته‌اند. برای محاسبه روز–درجه بعد از احتساب میانگین دمای روزانه و کسر از عدد ۱۰ مبنا دمای روزانه محاسبه شد. با انجام عملیات فوق و با اضافه کردن این اعداد در هر روز مجموع درجه حرارت مؤثر برای کرم ساقه‌خوار برنج محاسبه شد. برای این کار ابتدا متوسط دمای روزانه از فرمول ۱ به‌دست آمد و سپس مقدار DD به‌شرح زیر انجام شد. بدین صورت چنانچه، حداکثر حرارت روزانه کمتر از آستانه رشد آفت یعنی از ۱۰ کمتر می‌شد DD=0 در نظر گرفته شد. همچنین اگر حداکثر دمای روزانه برابر یا بیشتر از آستانه رشد ۱۱ می‌شد (۲۸ درجه سلسیوس) ولی حداقل آن زیر آستانه رشد هشت بود، حداقل دما را مساوی آستانه رشد در نظر گرفته شد و درجه حرارت به‌شرح عدد زیر محاسبه می‌شد یعنی ۹–۱۰–۲/(۸+ ۲۸) (DD=9). همچنین، اگر دما از رشد مطلوب زیادتر می‌شد آن عدد را مساوی رشد مطلوب ساقه خوار ۲۷ درجه سلسیوس در نظر گرفته شد، و حداکثر دما برابر ۳۰ و حداقل دما ۲۲ می‌شد، DD بدین‌صورت ١٤/٥=١٠– ٢ / (٢٢+ ٢٧) محاسبه شد.

به‌طوری که در این روش، هنگامی که دمای روزانه حداقل در نیمه شب و دمای روزانه حداکثر در ظهر رسید، مورد محاسبه قرار گرفت (McMaster & Wilhelm, 1997). آن‌ها بیان کردند در معادله ۱ با این حال، زمانی که درجه حرارت بالا و پایین آستانه حداقل باشد، می‌تواند روز–درجه را کم رنگ کند. دلیل این کم رنگی در آن است، موجودات زنده در طول روز، زمانی که درجه حرارت بالاتر از آستانه درجه حرات به‌حداقل می‌رسد، رشد می‌کند، حتی اگر در پایان روز که مقدار درجه حرات متوسط روزانه پایین‌تر از حد آستانه باشد. همچنین در این پژوهش برای تأثیر عوامل اقلیمی از داده‌های هواشناسی مرکز تحقیقات هواشناسی استان که در مجاورت مؤسسهٔ برنج بود استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج چهار سال پژوهش در مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور در جدول ۱ نشان می‌دهد که مجموع دمای مؤثر روزانه برای مراحل مختلف زندگی آفت ساقه‌خوار شامل تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ آفت در نسل اول به‌ترتیب دمای ۷۳/۷۱، ۵۵۱/۹۲، ۱۰٤/۷٦ و ۹۲/۳٦ روز– درجه محاسبه شد. به‌عبارتی، مجموع دمای میانگین حدود ۸۲۲ روز—درجه در طی نسل اول تعیین شد. در جدول ۱ مقدار روز–درجه برای دسته‌های تخم آفت در نسل‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۷۳/۷۱ و ۷٦/۲۵ بود. همچنین، بررسی حاصل از این پژوهش نشان داد که مقدار روز–درجه در مرحله لاروی بیشترین مقدار را داشت به‌طوری که برای نسل‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۵۵۱/۹۲ و ۵۵۵/۲۷ روز–درجه محاسبه شد. همچنین با توجه به‌نتایج جدو.ل ۱ مقدار روز–درجه برای مرحله شفیرگی ساقه‌خوار در نسل‌های اول و دوم به‌ترتیب با ۱۰٤/۷٦ و ۱۰۵/۱٦ محاسبه شد. نتایج این پژوهش در جدول ۱ نشان می‌دهد که مقدار روز—درجه برای افراد بالغ ساقه‌خوار نواری برنج بیش از ۹۰ روز–درجه محاسبه شد که به‌ترتیب در نسل‌های اول و دوم با ۹۲/۳٦ و ۹۱/۱۰ بود. در این آزمایش چرخه زندگی یک نسل آفت در نسل اول و دوم به‌ترتیب ٦٤/۵ و ۵۱/٤۹ روز به‌طول انجامید (جدول ۱). با توجه به‌نتایج این پژ.هش، که جدول ۱ نشان می‌دهد اگر چنانچه حشره بالغ دمای بیش از ۹۰ روز–درجه را دریافت کند، این توانایی در آفت ایجاد می‌شود که شروع به تخم‌گذاری نماید و وارد مرحله تخم شود. نتایج این بررسی نشان داد که آفت ساقه‌خوار نواری برنج در نسل دوم به مشابه نسل اول با دریافت مجموع دمای مؤثر بیش از ۸۲۰ روز–درجه، سیکل زندگی خود را کامل نماید و به نسل سوم منتقل شود (جدول ۱). در این ارتباط نتایج نشان داد اگر چنانچه، دسته تخم آفت ساقه‌خوار در نسل دوم دمای بیش از ۷٦ روز–درجه دریافت کند، دسته‌های تخم تفریغ شده و به لارو تبدیل می‌شوند. همچنین نتایج تحقیق نشان داد که سیکل زندگی در نسل سوم کرم ساقه‌خوار به‌دلیل کاهش دوره نوری و طول روز و نیز عدم دریافت دمای لازم کامل نشد و در نتیجه از مرحله لاروی به‌مرحله شفیرگی تبدیل نشد و لاروها با سنین مختلف به زمستان‌گذرانی

جدول ۱– میانگین دمای مؤثر کل برای زندگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج برای چهار سال (۱۳۹۷–۱۳۹٤).

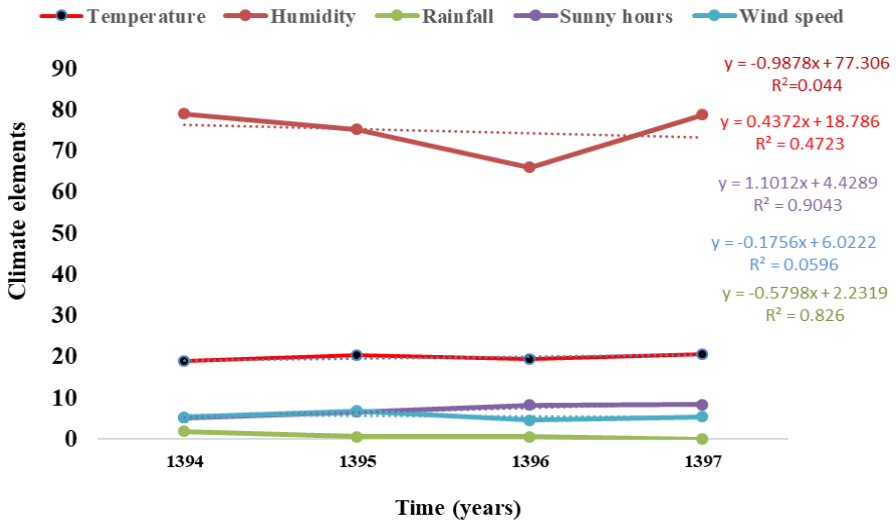
Table 1. Mean of total effective temperature for the life of rice striped stem borer for four years (2015-2018).

Pest generation	Masses of eggs	Larvae	Pupae	Adult	Number of days	Total effective temperature (degree- day)
First	73.71±1.25	551.92±1.50	104.76 ± 1.25	92.36 ± 1.7	64.54 ± 0.98	822.75
Second	76.25±1.71	555.27±1.25	105.16 ± 0.58	91.10 ± 1.33	51.49 ± 2.52	827.77
Third	73.64±1.08	410.68±1.17	-	-	30.16 ± 0.58	484.10

رفتند. این پژوهش در همین نسل نشان داد که دوره رشد و نمو جنینی تخم آفت به‌طورکامل انجام شد و دسته‌های تخم با کسب دمای لازم تفریغ و به مرحله لاروی منتقل شدند، بنابر این کرم ساقه‌خوار نواری برنج طی تحقیق حاضر توانست دو نسل کامل و یک نسل ناقص در شرایط گیلان ایجاد کند. نتایج این بررسی از آن جهت اهمیت دارد که با استفاده از داده‌های هواشناسی، زیست‌شناسی و تأثیر عناصر محیطی در هر یک از مراحل زندگی (حشره بالغ و دسته تخم) این آفت مشخص شد (اشکال ۱ تا ٦) و با داده‌های موجود بتوان زمان دقیق رهاسازی و سمپاشی را تسهیل نمود و از سمپاشی‌های بی‌رویه جلوگیری شود.

در این ارتباط شکل ۱ نشان می‌دهد که در نسل اول آفت (میانگین چهار سال)، ساعات آفتابی مهم‌ترین عامل یا عنصر محیطی در توسعه و رشد و نمو حشره بالغ آفت ساقه‌خوار بوده و دارای بیشترین R^2= 0.90 و بیشترین شیب را در معادله خط با a= 1.101 را به‌خود اختصاص داد. با توجه به‌اینکه ساعات آفتابی (نور خورشید) در طول روز منجر به‌عدم فعالیت حشرات بالغ می‌شود و شب‌پره این حشره شب فعال بوده و اعمال حیاتی خود را فقط در شب انجام می‌دهد، در واقع یک عامل محدود کننده در زندگی کرم ساقه‌خوار در طول روز می‌باشد. در همین نسل بعد از ساعات آفتابی، میزان بارندگی عامل مهم محدود کننده دیگری می‌باشد که افراد بالغ ساقه‌خوار را تحت تأثیر خود قرار داده و موجب شد که افراد بالغ نتواند در طول روز فعالیت زیستی خود را نشان دهند (r^2=83 و a=58) .تغییرات دما در نسل اول آفت ساقه خوار سومین فاکتور تأثیر گذار در فعالیت آفت بود (شکل ۱). در رابطه با نسل اول و زمان ظهور این حشره با شروع سرمای بهاره به‌خصوص فروردین و اردیبهشت، مجموع دمای مؤثر روزانه قریب به ده روز بطول انجامید. حتی در برخی از روزها برای محاسبه دمای مؤثر روزانه میانگین دمای کمینه و بیشیه بعد از کسر از دمای پایه عدد منفی می‌شد که در نتیجه این محاسبه نشد.

همچنین، نتایج بررسی‌های این تحقیق در شکل ۲ نشان می‌دهد که سه عامل از عوامل تأثیر گذار در فعالیت حشره بالغ ساقه‌خوار در نسل دوم در طی چهار سال به‌ترتیب رطوبت نسبی با (r^2=88 و a=0.03) دما با (r^2=86 و a=0.07) و سرعت باد با (r^2=84 و a=0.04) بودند (با کمک معادله خط مشخص شده است). در این ارتباط رابطه عده‌ای از پژوهشگران از جمله (Kisimoto & Dyck, 1975) بیان کردند تعیین عوامل اقلیمی که منجر به مرگ و میر حشرات می‌شوند دشوار است و اغلب به‌عنوان عوامل ناشناخته یا مرگ فیزیولوژیکی طبقه بندی می‌شوند.

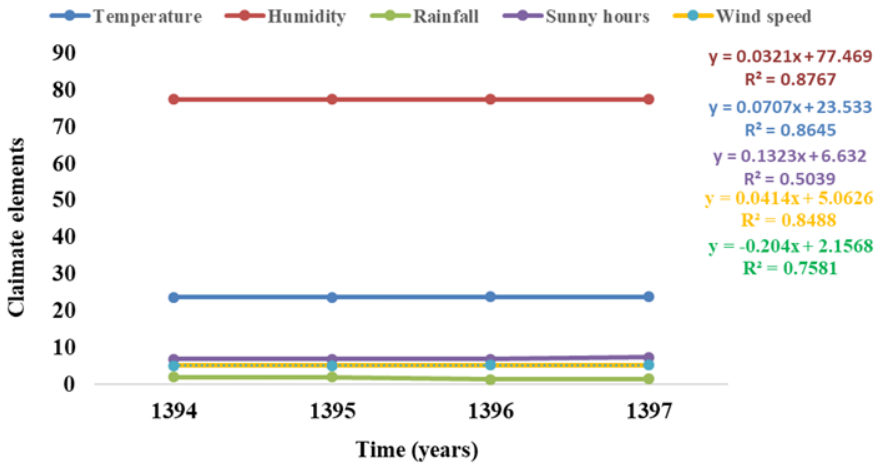


شکل ۱- تأثیر عناصر اقلیمی بر افراد بالغ نسل اول آفت ساقه‌خوار نواری برنج طی چهار سال

Fig.1. The effect of climatic elements on the first generation adult striped stem borer during four years

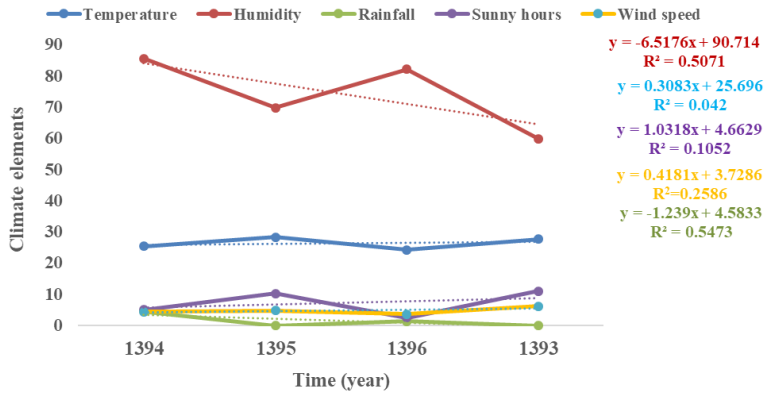
شکل ۳ در تأثیر عناصر اقلیمی روی حشرات بالغ نسل سوم طی چهار سال پژوهش نشان داد که بارندگی مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در زندگی این آفت در این نسل می‌باشد (R^2=0.55 و a=-1.24). چون در این نسل حشرات بالغ ساقه‌خوار تحت تأثیر بارندگی‌های اواخر فصل مواجه شده و تأثیر منفی روی زندگی و رفتار این حشره داشته است. بعد از بارندگی رطوبت نسبی از دیگر عناصر اقلیمی بوده که رفتار حشره آفت را با شیب تندی تحت تأثیر قرار داده است(R^2=0.51 و a=-6.52).

شکل ٤ تأثیر عناصر اقلیمی را طی چهار سال روی دسته‌های تخم ساقه‌خوار نواری برنج نشان می‌دهد. در این شکل از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار روی دسته‌های تخم نسل اول این آفت ساعات آفتابی و تأثیر مثبت آن در طول روز می‌باشد را نشان می‌دهد (R^2=0.86 و a=1.35)، چون در اوایل فصل با افزایش ابرناکی و کاهش ساعات آفتابی می‌تواند در رشد و نمو دسته‌های تخم آفت ساقه‌خوار مؤثر باشد. از طرفی شب‌پره‌های ساقه‌خوار در نسل اول دسته‌های تخم خود را بیشتر روی برگ و کمتر زیر برگ قرار می‌دهند (Majidi-Shilsar, 2015). با عنایت به‌نتایج به‌دست آمده از این تحقیق، تابش نور خورشید و آفتاب، باعث توسعه رشد جنینی داخل دسته‌های تخم شد. نتایج پژوهش حاضر با نتایج بررسی‌های تعدادی از محققین مطابقت دارد. همچنین این شکل نشان می‌دهد که عامل بارندگی بعد از ساعات آفتابی، تأثیر منفی روی رشد و نمو دسته‌های تخم آفت ساقه‌خوار در نسل اول اشاره نمود (R^2=0.69 و a= -0.90).



شکل ۲- تأثیر عناصر اقلیمی روی افراد بالغ نسل دوم ساقه‌خوار نواری برنج در طی چهار سال

Fig. 2. The effect of climatic elements on the second generation adult striped stem borer during four years

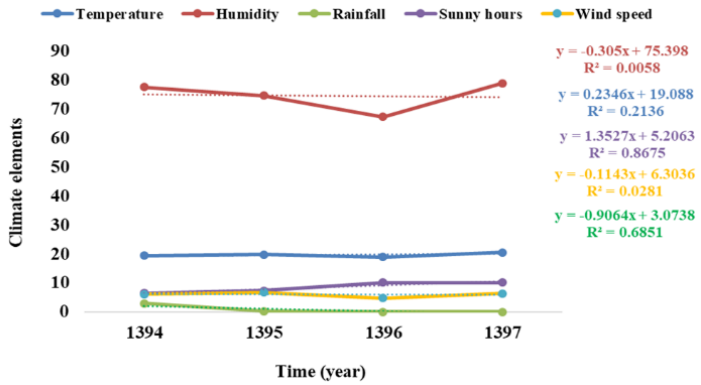


شکل ۳- تأثیر عناصر اقلیمی روی افراد بالغ نسل سوم ساقه‌خوار نواری برنج در طی چهار سال

Fig. 3. The effect of climatic elements on the third generation adult striped stem borer during four years

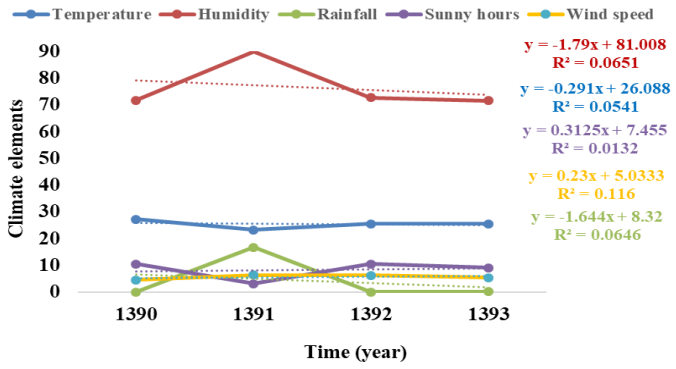
شکل ۵ تأثیر عناصر اقلیمی روی دسته‌های تخم آفت ساقه‌خوار در نسل دوم را در طی چهار سال نشان می‌دهد. در این شکل مؤثرترین عامل اقلیمی روی دسته‌های تخم آفت شبیه نسل اول، ساعات آفتابی بوده است که تأثیر مثبتی در روند رشد و نمو دسته تخم آفت در نسل دوم داشته است (R^2=0.12 و a= 0.23). در این ارتباط پژوهش‌های متعددی نشان می‌دهد که ساعات آفتابی به‌همراه سایر عوامل می‌تواند روند رشد جنینی کرم ساقه‌خوار را تغییر داده و موجب کاهش یا افزایش دوره رشد جنینی شود. در این شکل علاوه بر، ساعات آفتابی رطوبت نسی نیز روی روند رشدی دسته‌های تخم آفت در نسل دوم تأثیر داشته است. از طرفی چون دسته‌های تخم ساقه‌خوار برای تفریغ شده علاوه بر نور خورشید نیاز به رطوبت نسبی یا شبنم اوایل صبح نیاز دارد. در غیر این‌صورت یعنی عدم وجود رطوبت دسته‌های تخم تفریغ نخواهند شد و دسته‌های تخم فاسد و خراب خواهند شد و لاروهای ساقه خوار از دسته‌های تخم خارج نخواهند شد.

شکل ٦ تأثیر عناصر اقلیمی روی دسته‌های تخم نسل سوم آفت ساقه‌خوار را در طی چهار سال نشان می‌دهد. در این شکل مؤثرترین عامل اقلیمی در رشد و نمو دسته‌های تخم ساقه‌خوار نواری برنج دما و بعد از آن رطوبت نسبی می‌باشد. با توجه به‌اینکه دما و رطوبت دو عامل مهم در تفریغ دسته‌های تخم آفت ساقه‌خوار می‌باشد. دما باعث روند رشد و نمو جنینی را تسریع نموده و رطوبت باعث تفریغ آن‌ها خواهد شد و بدون رطوبت نسبی و با داشتن همه شرایط محیطی دسته‌های تخم تفریخ نشدند و از بین رفتند.



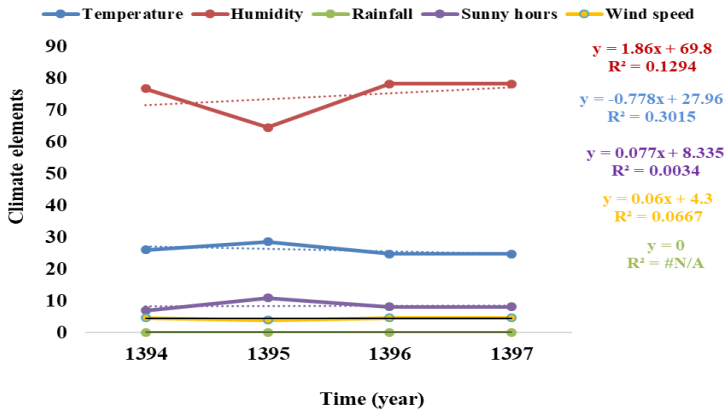
شکل ٤– تأثیر عناصر اقلیمی روی دسته‌های تخم نسل اول کرم ساقه خوار راه راه طی چهار سال

Fig. 4. The effect of climatic elements on the egg masses of the first generation of striped stem borer during four year



شکل ٥– تأثیر عناصر اقلیمی بر دسته‌های تخم نسل دوم ساقه خوار نواری برنج طی چهار سال

Fig. 5. The effect of climatic elements on the egg masses of the second generation of striped stem borer during four years



شکل ٦-تأثیر عناصر اقلیمی بر دسته‌های تخم نسل سوم ساقه‌خوار نواری برنج طی چهار سال

Fig. 6. The effect of climatic elements on the egg masses of third generation of striped stem borer during four years

عده‌ای از پژوهشگران در رابطه با تعیین روز-درجه در ساقه‌خوارهای برنج نشان دادند که مجموع دمای مؤثر روزانه کرم ساقه‌خوار نواری برنج، *C. suppressali* از ۷٦۰ تا ۸۵۱ در سال‌های مختلف متغیر بود، همین مقدار در کرم ساقه‌خوار زرد برنج *Tryporyza incertulas* از ٦۱۸ تا ۷۰۰ روز-درجه بوده است (Kiritani & Iwao, 1967). Yagi, (1934) مجموع میانگین دمای مؤثر روزانه برای افراد نر و ماده کرم ساقه‌خوار نواری برنج (*C. suppressalis*) به‌ترتیب ۷۸٤/۸ و ۸۳٤/۹ روز-درجه محاسبه نمود. لاروهای کرم ساقه‌خوار نواری برنج، *C. suppressalis* در مرحله بلوغ به‌دلیل کاهش طول روز و شرایط گیاه میزبان به زمستان‌گذرانی رفته‌اند (Iwao,1967 & Kiritani). و در حقیقت، بسیاری از لاروهای که در ساقه برنج در اوایل ماه مرداد فعالیت می‌کردند و در چنین شرایطی به زمستان‌گذرانی رفته بودند. همچنین، مقالات متعدی در رابطه با تأثیر عوامل فیزیکی، مانند دما و رطوبت نسبی، در زیست شناسی حشرات جنبه‌های توسعه، بقا، تولید مثل و رفتار حشرات را توصیف و بحث شده است.

برای ساقه‌خوارهای برنج، و پژوهشگران متعددی گزارش کردند که علاوه بر تأثیرات عوامل اقلیمی نظیر بارندگی، رطوبت نسبی و درجه حرارت بر بیونومیک، در اندازه جمعیت در دوره‌های زمانی طولانی‌تر مانند چندین نسل ذکر می‌کنند (Ho & Liu (1970); Areekul *et al.* (1971); Mandal *et al.*, (2011); Prakasa Rao, (1983; Areekul & Chamchanya (1973); Joshi, *et al.*, (2009); Khaliq, *et al.*, (2014). همچنین با استفاده از درجه حرارت مؤثر روزانه، زمان ظهور مراحل مختلف زندگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج را تعیین و براساس داده‌های هواشناسی بتوان آن حشره را مدیریت نمود و از سمپاشی‌های بی‌رویه جلوگیری نمود. در باره موضوع مذکور نوزاتو (Nozato ,1987) در بررسی اثرات درجه حرارت و طول روز در رشد و نمو فصلی کرم ساقه‌خوار نواری برنج (*C. suppressalis*) در ژاپن گزارش نمود که درجه حرارت مؤثر برای رشد و نمو تخم، لارو، شفیره این آفت به‌ترتیب ۷۵، ٦۰۰ و ۱۰۵ روز-درجه می‌باشد. او نشان داد که عاملی، که موجب می‌شود کرم ساقه‌خوار نواری برنج به زمستان‌گذرانی برود، طول روز است. او اعلام می‌دارد که طول روز بحرانی، آفت ساقه‌خوار کمتر از ۱٤/۰۹ ساعت می‌باشد. همچنین او گزارش کرد که مجموع درجه حرارت مؤثر برای نسل اول، دوم و سوم این آفت به‌ترتیب ۸۱۵، ۸۰۲ و ۷۷۷ روز-درجه می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق پژوهشگر مذکور مطابقت دارد. مجموع درجه حرارت برای سه مرحله از زندگی آفت ساقه‌خوار نواری برنج شامل تخم، لارو و شفیره ۷۲۵/۳۲ روز درجه بوده است

(Touhidur Rahman & Khalequzzaman , 2004)، و درجه حرارت لازم برای حشره بالغ ساقه‌خوار ۹۰/۸۵ روز درجه بوده است. پژوهشگران مذکور در پژوهش خودشان نشان دادند که مجموع درجه حرارت لازم برای یک نسل این آفت ۸۱٦/۱۷ روز–درجه می‌باشد. نتایج پژوهش محققین مذکور تأییدی دیگر بر نتایج تحقیق حاضر در مؤسسهٔ تحقیقات برنج (رشت) می‌باشد (جدول ۱). در همین رابطه تامیرو (Tamiru *et al.*, 2012) در تحقیقات خود، تاثیر عوامل فیزیکی از قبیل درجه حرارت و رطوبت نسبی در رشد و نمو و همچنین باروری کرم ساقه‌خوار ذرت، *C. partellus* (Swinboe) نشان دادند که مناسب‌ترین شرایط دمای بین ۲٦ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ٦۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد. آن‌ها سیکل زندگی کرم ساقه‌خوار ذرت که هم جنس با کرم ساقه‌خوار نواری برنج می‌باشد، در دمای ۳۰ درجه سلسیوس با رطوبت نسبی ٤۰ درصد ۲٦/۵ روز و در دمای ۲۲ درجه سلسیوس و رطوبت ۸۰ درصد را ۷۰/۲ روز نشان دادند. براساس اطلاعات هواشناسی درجه حرارت مؤثر ماهانه در رشد و نموآفت ساقه‌خوار نواری برنج بر حسب درجه روز از فروردین الی شهریور ۱۳۸٤ به‌ترتیب ٤۰۷، ۵۸۳، ۷۳۲، ۷۸٦، ۸٦٤ و ۷۵۰ درجه سلسیوس محاسبه شده است (Ghahari & Amooghli Tabari ,2011). همچنین دمای مؤثر روزانه تا مرداد روند افزایشی داشته و در شهریور به‌دلیل کاهش ساعات آفتابی و درجه حرارت، روند کاهش داشته است. از میان عوامل محیطی، درجه حرارت بیشترین تأثیر را در نرخ رشد حشرات ایفا می‌کند، زیرا حشرات جزء موجودات خونسرد هستند و مانند اکثر جانوران خونسرد، فعل و انفعالات بیوشیمیایی داخلی بدن و شدت فعالیت آن‌ها متناسب با حرارت محیط خارج می‌باشد و حدود متوقف کننده رشد آن‌ها به‌وسیله دو حد آستانه حرارتی پایین و بالا مشخص می‌گردد(Pedigo, 1999) . الگوی سرعت باد پویا است و در طول سال قابل پیش‌بینی نیست و علیرغم تأثیر کم، نتایج نشان می‌دهد که سرعت باد با دما و رطوبت رابطه دارد (Zakaria *et al.*, 2020). اثر قوی سرعت و رطوبت باد بر پروانه بالغ غیرمنتظره نبود. موارد زیادی وجود دارد که هر دو عامل بر رفتار و حتی فیزیولوژی پروانه بالغ تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، نشان داده شده است که سرعت باد تأثیر مستقیم و تجمعی بر گیاه‌خواری حشرات پروانه‌ای دارد (Shao *et al.*, 2020)، یا رطوبت تأثیرات محدودی بر الگوهای فعالیت روزانه پروانه‌های بالغ خاکستری با بال‌های کم‌رنگ در طبیعت دارد (McMaster & Wilhelm , 1997) . در معادله ۱ با این حال، زمانی که درجه حرارت بالا و پایین آستانه حداقل باشد، می‌تواند مقدار روز–درجه را کم رنگ کند. دلیل این کم‌رنگی در آن است، موجودات زنده در طول روز، زمانی که درجه حرارت بالاتر از آستانه درجه حرارت حداقل است، رشد می‌کند، حتی اگر در پایان روز که مقدار درجه حرات متوسط روزانه پایین‌تر از حد آستانه باشد.(Pinault *et al.*, 2012). مؤثرترین استفاده از روز–درجه، ترکیب آن با یک تکنیک نظیرشبکه مراقبت برای تعیین شروع یک مرحله از زندگی حشره مانند تفریخ تخم و تعیین زمان مناسب کنترل می‌باشد (Pitcairn, 1992.) . با توجه به‌بررسی های این پژوهش آفت ساقه خوار نواری در شرایط گیلان با توجه به‌تغییرات اقلیمی چند سال اخیر ۲/۵ نسل ایجاد می نماید. به‌طورکلی این پژوهش نشان داد، این حشره به‌غیر از مراحل تخم به لارو قادر به تکمیل دیگر مراحل زیستی خود در نسل سوم نبوده و لاروهای نسل سوم به زمستان‌گذرانی منتقل می‌شوند. در همین ارتباط می‌توان با استفاده از مقدار روز–درجه با دانش بر اینکه آفت ساقه‌خوار در کدام مرحله از زندگی در مزرعه وجود دارد، مبادرت به مبارزه نمود. چنانچه حشره بالغ در نسل‌های مختلف با دریافت دمای بالی ۹۰ درجه شروع به تخم‌گذازی نموده و مناسب‌ترین زمان برای کنترل بیولوژیک و رهاسازی زنبور تریکوگراما در شالیزار می‌باشد. در این هنگام رهاسازی براساس دستورالعمل‌های توصیه شده قابل انجام است. برای نسل دیگر هم به‌همین صورت انجام شود. همچنین برای کنترل شیمیایی در نسل‌های مختلف اگر

دسته‌های تخم آفت، دمای بیش از ۷۰ درجه را کسب نمایند، تفریغ شده و می‌تواند وارد مرحله لاروی شود. از طرفی با توجه به‌این نکته، چون لاروها این آفت بلافاصله بعد از تفریخ تخم، وارد ساقه گیاه برنج نمی‌شوند و به‌طور معمول این مرحله از ٤ تا ۷ روز به‌طول می‌انجامد تا وارد ساقه‌ی برنج شوند، بنابر این با توجه به گزارش مجیدی شیسلر (Majidi-Shilsar *et al.*, 2014) توصیه می‌شود که ۷ روز بعد، در صورت آلودگی و براساس توصیه‌های لازم با یکی از حشره‌کش‌های گرانول رایج در شالیزار سمپاشی انجام شود. همان‌طور که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، سیکل زندگی این آفت در نسل اول (از تخم تا حشره بالغ) به‌طور متوسط ٦٤ روز بطول انجامید. نتایج این پژوهش در طی چهار سال نشان داد که همه عوامل محیطی شامل، دما، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و بارندگی و همچنین طول روز بر زندگی آفت ساقه خوار تأثیر داشته است. نتایج این پژوهش نشان داد که میانگین مجموع درجه حرارت‌های لازم برای مراحل زیستی کرم ساقه‌خوار نواری برنج به تفکیک تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ به‌ترتیب دمای محدوده ۷۰، ۵۵۱، ۱۰٤و۹۲ روز–درجه متغیر بود. همچنین نتایج حاصل از این بررسی نشان داد اگر چنانچه، حشره بالغ دمای بیش از ۹۰ روز–درجه را دریافت کند، این توانایی را دارد که وارد مرحله تخم شود. همچنین، نتایج بررسی‌ها نشان داد که نسل سوم کرم ساقه‌خوار در هیچ یک از سال‌های مورد آزمایش کامل نشد، در صورتی که دوره‌ی رشد و نمو دسته‌های تخم آفت در نسل سوم به‌طورکامل انجام شد و به‌مرحله لاروی منتقل شد، اما به‌دلیل کاهش دوره نوری و طول روز و نیز عدم دریافت دمای لازم برای کامل شدن از مرحله لاروی به‌مرحله شفیرگی و به‌همان حالت به‌زمستان‌گذرانی منتقل شد. بنابر این، کرم ساقه‌خوار نواری برنج طی تحقیق حاضر توانست تا ۲/۵ نسل در سال ایجاد کند. این بررسی از آن جهت اهمیت دارد که با استفاده از داده‌های هواشناسی، زیست شناسی و زمان ظهور مراحل مختلف زندگی کرم ساقه‌خوارنواری برنج را تعیین نمود و نیز براساس آن بتوان آن حشره را مدیریت نموده و از سمپاشی‌های بی رویه جلوگیری نموده و تنوع زیستی را در اکوسیستم زراعی برنج افزایش داد.

سپاسگزاری

این پژوهش بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی به‌شماره‌ی مصوب ۳٤-۰٤۵۱-۰۰۵-۹۹۰۰۸۳ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که با حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان، و مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور انجام شده است. به این جهت، نگارنده از تمام همکارانی که ما را در اجرای پروژه یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی را دارند.

References

AREEKUL, S. and T. CHAMCHANYA, 1973. Effect of Humidity, Temperature, and Light the Growth and Developmn of Sesamia inferens (Walker). Agriculture and Natural Resources, 7(2): 65-75. doi:10.1007/s40011-014-0348-1

BARRION, A, T., R. C., JOSHI, A. L. A., BARRION-DUPO and L, S. SEBASTIAN, 2007. Systematics of the Philippine rice black bug, *Scotino pharastal* (Hemiptera: Pentatomidae). In R. C. Joshi, A. T. Barrion, and L. S. Sebastian (Eds.), Rice black bugs*:* Taxonomy, ecology and management of invasive species, 3.

ELLIOT, R. H., L. MANN, and O. OLFERT, 2009. Calendar and degree day requirements for emergence of adult wheat midge, *Sitodiplosis mosellana* (Géhin) (Diptera: Cecidomyiidae) in Saskatchewan, Canada. Crop Protection, 28, p.588-594.

GHAHARI, H. and M. AMOOGHLI-TABARI, 2011. Population changes of rice stem borer *Chilo suppressalis* Walker (Lepidoptera: Pyralidae) in Mazandaran Rice Research Institute. Journal of Plant Protection, 25(3), P. 296-305 (In Farsi with English summary)

HEINRICHS, E. A. 1994. Biology and management of rice insects. Wiley Eastern Ltd., International Rice Research Institute (IRRI), 779 pp.

HERDUNA, F. 2003. The presence of non-target Lepidoptera species in pheromone traps for fruit Totricidae moths. Plant Protection Science, 39(4): 126-131. doi: 10.17221/3831-PPS

HO, H. S. and T. H. LIU, 1970. Studies on the ecology of rice stern bnrer in Taichung district (*Chilo suppressalis* Walker). (In Chinese); Taiwan Agricultural Quarter, 6(1): 1-26.

JOSHI, G., L. RAM, and R. SINGH, 2009. Population dynamics of paddy stem borers in relation to biotic and abiotic factors. Annals of Biology, 25: 47–51.

KHALIQ, A., M. JAVED, M. SOHAIL, and M SAGHEER, 2014. Environmental effects on insects and their population dynamics. Journal of Entomology and Zoology studies, 2 (2): 1–7.

KINOSHITA, S. and N. YAGI, 1930. Notes on the northern limit of distribution of the paddy borer. Nikon Gakuzyutsu Kyokai Hokoku, 6: 546-548.

KIRITANI, K. and S. IWAO, 1967. The biology and life cycle of *Chilo suppressatis* (Walker) and *Tryporyza incertulas* (Walker) in temperate-climate area. Pages 45-101 in The major insect pests of the rice plant Proceedings of a symposium at the International Rice Research institute, Los Baños, Philippines, Johns Hopkins Press, Baltimore.

KISIMOTO, K. and V.A. DYCK, 1974. Climate and rice insect. Central Agricultural Experiment Station, Konosu, Saitama, Japan .367-391.

KISIMOTO, R. 1958. Studies on the diapause in the planthoppers. I. Effect of photoperiod on the induction and the completion of diapause in the fourth larval stage of the small brown planthopper, *Delphacodes* (*Laodeiphax*) *striatellus Fallén*. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 2:128-134. KISIMOTO. R. 1958. Studies on the diapause in the planthoppers. I. Effect of photoperiod on the induction and the completion of diapause in the fourth larval stage of the small brown planthopper, *Delphacodes* (*Laodeiphax*) *striatellus Fallén*. Japan. Journal Applied. Entomology Zool. 2:128-134.

MAGBANUA, J. M., C. G., DEMAYOAND and A. T. ANGELES, 1995. Biology of a local population of the striped stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) and evaluation of its responses to different rice types and *Bacillus thuringiensis* formulation. Philippines Entomology. 9(5) :479-522.

MAJIDI-SHILSAR, F. 2015. Crop loss assessment of rice stem borer, *Chilo suppressalis* Walker on Hashemi rice variety under field conditions . Plant Pests Research, 5(2): 25-37 (In Farsi with English summary).

MAJIDI-SHILSAR, F., AMOUOUGHLI TABARI, M. and M. AMINI KHALAF-BADAM, 2014. Evaluation of the Effectiveness of Fipronil Insecticide in Management Strategy of *Chilo suppressalis* Walker in the Paddy Field. Journal of Plant Protection (Agricultural Science and Technology), 27 (3): 44 (In Farsi with English summary).

MANDAL, P, Roy, K. and G. SAHA, 2011. Weather based prediction model of *Scirpophaga incertulas* (Walk.). Annual Plant Protection Science, 19 (1): 20-24.

MCMASTER, G, S, and W. W. WILHELM, 1997. Growing degree-day: One equation, two interpretations. Agricultural and Forest Meteorology, 87: 291-300.

NOZATO, K 1987. Effects of temperature and day length on the seasonal development of the rice stem borer, *Chilo suppressalis* (Walker), in the trivoltine population. Research Reports of the Kochi University, Agricultural Science, 36:19-29.

OLSEN, A., J, S. BALE, B. S. C. LEADBEATER, M. E. CALLOW, and J. B. HOLDEN, 2003. Developmental thresholds and day degree requirements of Paratanytarsus grimmii and Corynoneura scutellata (Diptera: Chironomidae): two

midges associated with potable water treatment. Physiological Entomology, 28, p.315-322. doi: 10.1111/j.1365-3032.2003.00352.x

PATHAK, M.D. 1968. Ecology of common insect pests of rice. Annual Review Entomology, 13: 257-294. doi: 10.1146/annurev.en.13.010168.001353

PATHAK, M.D., and G.S. Dhaliwal, 1981. Trends and strategies for rice Insect problems in tropical Asia. International Rice Research Institute, P 15

PEDIGO, L. P. 1999. Entomology and pest management. Prentice Hall. USA. 691 pp.

PINAULT, L., J. GUY, M. VINCENT, L. CARRAT, and D. QUIRING, 2012. Temperature and humidity have limited effects on the daily activity patterns of adult pale-winged gray moths in nature (Lepidoptera: Geometridae). Journal of the Acadian Entomological Society, 8: 61-67.

PITCAIRN, M. J., F. G. ZALOM, and R. E RICE, 1992. Degree-day forecasting of generation time of *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) population in California. Environmental Entomology, 21(3): 441-446.

PRAKASA Rao, B. L. S. 1983. Nonparametric Functional Estimation, Academic Press, New York.

SHAO, X., Q. ZHANG, Y. LIU, and X. Yang, 2020. Effects of wind speed on background herbivory of an insect herbivore. Écoscience, 27(1): 71-76. 10.1080/11956860.2019.1666549

SHIBATA, K. 1932. Effect of low temperature on the growth of paddy borer. Bulletin of Tropical Agriculture, 4: 504-510.

TAMIRO, A., E. GETU, B. JEMBERE, and T. BRUCE, 2012. Effect of temperature and relative humidity on the development and fecundity of *Chilo partellus* (Swinhoe) (Lepidoptera: Crambidae). Bulletin of Entomological Research. 102(1):9-15. doi: 10.1017/S0007485311000307

TOUHIDUR, R. and M. Khalequzzaman, 2004. Temperature requirements for the development and survival of rice stem borers in laboratory conditions. Insect Science, 11(1),47-60. doi: 10.1111/j.1744-7917. 2004.tb00179.x

YAGI, N 1934. Is developmental zonation of *Chilo simplex* Butler in Nippon. Journal of Imperial Agriculture Experimental Station, 2:38-394

ZAKARIA, N.H., SALLEH, S.A., A. ASMAT, A. CHAN, N.A. ISA, N. A. Hazali, and M. A. Islam, (2020 Analysis of wind speed, humidity and temperature: variability and trend in 2017. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 489(1): 012-013. doi:10.1088/1755-1315/489/1/012013