Applied Entomology and Phytopathology **آفات و بیماری‌های گیاهی**

Vol. 90, No. 1, Sep. 2022 **جلد ۹۰، شماره ۱، شهریور ۱۴۰۱**

DOI: 10.22092/JAEP.2022.357763.1433

مقاله پژوهشی

تعیین درجه حرارت موثر روزانه (Degree- Day) آفت ساقه خوار نواری برنج (*Chilo suppressalis*, Lep; Crambidae) و تاثیر عوامل محیطی روی زیست شناسی آن

فرزاد مجیدی شیل‌سر[۱] ✉

۱- دانشار پژوهشی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران

(تاریخ دریافت: تیر ۱۴۰۳؛ تاریخ پذیرش: مهر ۱۴۰۱)

چکیده

کرم ساقه‌خوار نواری برنج قریب به پنجاه سال به عنوان آفت خطرناک در مزارع برنج کشور بجز استان خوزستان فعالیت کرده و سالانه در صورت عدم کنترل به گیاه برنج خسارت وارد می‌نماید. تحقیق حاضر در موسسه تحقیقات برنج واقع در رشت در شرایط کاملاً طبیعی انجام گرفت. این پژوهش برای تعیین درجه حرارت موثر روزانه، تاثیر عوامل محیطی روی زیست شناسی آفت و تعداد نسل آفت انجام شد. نتایج این، سال نشان داد که همهی عوامل محیطی شامل، دما، رطوبت نسبی، ساعات آفتابی و بارندگی و همچنین، طول روز بر مراحل مختلف زندگی آفت ساقه‌خوار تاثیر داشته است. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که میانگین مجموع درجه حرارت موثر برای ساقه‌خوار نواری برنج در طی چهار سال حدود ۸۲۲ روز–درجه با توجه به داده‌های هواشناسی محاسبه شد. میانگین مجموع درجه حرارت‌های لازم برای مراحل زیستی کرم ساقه‌خوار نواری برنج به تفکیک تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ به ترتیب دمای محدوده ۷۰، ۵۵۱، ۱۰۴و۹۲ روز–درجه متغیر بود. نتایج حاصل از پژوهش نشان داد، اگر چنانچه، حشره بالغ دمای بیش از ۹۰ روز–درجه را دریافت کند، در نتیجه با دریافت مقدار مذکور این توانایی را دارد که وارد مرحله تخم شود. از مهمترین عنصر اقلیمی در زندگی آفت ساقه‌خوار مربوط به حشرات بالغ دمای بین ۲۲ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد 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 با توجه به تغییرات اقلیمی چند سال اخیر دارای ۲/۵ نسل ایجاد می نماید.

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

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[1]✉

1 -Associate Professor, Reaescher, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran

Abstract

Rice striped stem bore has been active as a dangerous pest in the rice fields of the country except for Khuzestan province for nearly fifty years and causes damage to the rice plant every year if it is not controlled. The present research was carried out at the Rice Research Institute, Rasht under completely natural conditions. 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 research showed that all environmental factors, including temperature, relative humidity, sunshine hours and rainfall, as well as day length, had an effect on life different stages of the rice stem borer pest. The results of this investigation showed that the average total effective temperature for the rice stem borer during four years was about 822 days-degree according to the meteorological data. 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. The results of the research showed that if the adult insect receives a temperature of more than 90 degree-days, as a result, by receiving the mentioned amount, 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 related to 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 investigations of this research, the banded stem-eating pest creates 2.5 generations in the conditions of Guilan province due to the climatic changes of the last few years.

Keywords: pest, generation, life cycle, day-degre

✉ **E–mail: majidi14@yahoo.com**

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) مهم‌ترین محصول غذایی در جهان است و غذای اصلی برای ۵۰ درصد از جمعیت جهان را به خود اختصاص داده است (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 به تمام 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 به طور گسترده‌ای در کشاورزی به‌ویژه برای اندازه گیری و پیش بینی پدیده‌های فنولوژیک، مورد استفاده قرار گرفته است، از آنجا که آن دقیق‌تر از استفاده از تقویم زمان بندی یا پیش بینی وقایع براساس فصل سال است (McMaster & Wilhelm, 1997). روش روز–درجه در تحلیل فنولوژیکی برای انواع محصولات کشاورزی زراعی و باغی در مناطق معتدل استفاده شده است. روز–درجه همچنین در مطالعات فنولوژیکی حشره 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. تغییرات آب و هوا در روند افزایش دمای کره زمین، در نهایت روی نوسانات جمعیت موجودات زنده به ویژه حشرات پوشیده نیست. از عوامل اقلیمی، دما مهم‌ترین عاملی است که در رشد و نمو موجودات خونسرد نظیر حشرات اثر می‌گذارد. به طور معمول با استفاده از مدل‌های رشد می‌توان روند رشدی حشرات را در دماهای مختلف به همراه 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 موثری در مدیریت انبوهی آن اعمال نمود. Kisimoto (1958) بیان کرد که 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. او اظهار می‌دارد که طغیان جمعیت یک حشره به عوامل مختلف کلیمایی مثل دمای زمستان، دمای جاری در فصل زراعی و بارندگی در فصول پائیز و زمستان بستگی دارد. او اشاره می‌کند که حشرات به سبب خونسرد بودن و برای رشد و نمای خود مستقیما" تحت تاثیر دمای محیط قرار می‌گیرند. او اشاره می‌کند که نور خورشید و ساعات آفتابی خودش به عنوان 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 روزلنه آن اثر می‌گذارد. Kinoshita & Yagi (1930) اعلام کردند که دما یک عامل محدود کننده در پراکنش ساقه‌خوار زرد برنج *Tryporyza incertulas* (Walker) می‌باشد. آن‌ها گزارش کردند دمای زیر صفر برای کشتن لاروهای زمستان‌گذران حشره مذکور از ۱/٦– تا ۳/۵– درجه سانتی‌گراد می‌باشد. Shibata (1932) بیان نمود که دمای زیر صفر برای کشتن ۱۰۰ درصد لاروها و شفیره‌های ساقه خوار زرد برنج ۱۲ تا ۱۵روز طول می‌کشد، اما اگر در دمای ۹– تا ۱۲– درجه قرار گیرد، فقط یک روز برای این کار کافی می‌باشد. Magbanua *et al.*, (1995) نشان دادند که طول دوره شفیرگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج (*C. suppressalis*) برای نژادهای مختلف بین ۳ تا ١٦ روز متغیر می‌باشد. Yagi, (1934) در یک مقایسه جالب توجه در عامل محدود کننده پراکنش جمعیت که بین کرم ساقه‌خوار نواری و ساقه‌خوارزرد برنج در کشور جنوب شرق آسیا اتفاق افتاد، نشان داد که کرم ساقه‌خوار نواری برنج در شمالی‌ترین منطقه در کشورهای ژاپن و چین در عرض جغرافیایی ٤۵ درجه شمالی پیدا 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 ۳ نسل و قسمت مرکزی مناطق نیمه گرمسیری ٤ نسل ایجاد می‌کند. بنابر این، شناخت عوامل محیطی تاثیرگذار در زندگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج به جهت اتخاذ تصمیم‌گیری مدیریت صحیح و کارآمد که موجب فراهم شدن بستر لازم به جهت بهینه کردن روش‌های کنترل آن خواهد شد، امکان پذیر می‌نماید. در تحقیق حاضر علاوه بر، شناخت عوامل اقلیمی در زندگی آفت ساقه‌خوار، می‌توان با کمک داده‌های هواشناسی و استفاده از دمای موثر روزانه می‌توان 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، تاثیر 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 موسسه‌ی تحقیقات برنج کشور، رشت تحت شرایط مزرعه‌ای انجام شد. برای انجام پژوهش حاضر عملیات به شرح زیر صورت گرفت.

الف–تهیه‌ی زمین:

برای انجام این کار، ابتدا زمین آزمایشی را شخم زده و پس از آن مبادرت به تهیه خزانه‌ی نشاء شد. در مزرعه مورد نظر ۹ 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 ۳ تا ٤ برگی (۲۰ تا ۲۵ روز) به داخل قفس‌ها منتقل شدند. داخل هر قفس ۲۰ بوته رقم گوهر با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر کشت شد.

قبل از نشاکاری و به جهت جلوگیری از آلودگی طبیعی به کرم ساقه‌خوار، قفس‌ها در مزرعه اسقرار یافتند.

ب–پرورش حشره و محاسبه روز–درجه:

در این آزمایش برای تهیه‌ی دسته‌های تخم ساقه‌خوار برنج در دهه‌ی سوم فروردین دو تله‌ی نوری در مزرعه‌ی تحقیقاتی موسسه‌ی 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 (۱٦×۲٤ 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 ازرشد کافی) از قسمت دمبرگ بریده و داخل ارلن‌های استریل قرارداده شدند. در این روش به‌منظور حفظ و دوام برگ‌ها، قسمت بریده شده (دمبرگ‌ها) داخل پنبه‌ی آغشته به آب مقطر استریل 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 ٢٤ تا ٤٨ 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 سانتی‌گراد 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 به همراه برگ برنج داخل ظرف محتوی آب مقطر استریل 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 ۵ تا ٦ 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 ٦ روز به طول انجامید ولی در نسل دوم ۵ روز طول کشید. در این رابطه، 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. بدین ترتیب با خروج اولین لارو از دسته‌های تخم روی برگ و نفوذ به داخل 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 به دلیل کاهش دما و بارندگی در نسل آفت اول منجر به طولانی شدن دوره شفیرگی شد. همین روش در شرایط گلخانه و در مزرعه با ۵ 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 ۸ 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 ۵ ظرف پلاستکی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر به همراه ساقه برنج قرار داده شد تا روند رشد و نمو شفیرگی همزمان بررسی و مقدار روز–درجه برای شفیره آقت مشخص شد. در ارتباط دوره سفیرگی در نسل اول ۹ روز و در نسل دوم ٥/٤٩ روز به طول 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 ۸ روز و در نسل دوم ۵ 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 به شرایط طبیعی برای توسعه آلودگی به کرم ساقه‌خوار برنج، آلودگی مصنوعی با دسته‌های تخم ٤٥ تا ۵۰ 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 موثر و Tb: درجه حرارت مبنا یا دمای پایه به درجه سانتی‌گراد و ۱۰+ نقطه صفر رشد (Development Zero) **در** این فرمول؛ Tmax حداکثر دمای روزانه، درجه سانتی‌گراد ،Tmin که حداقل دمای روزانه، درجه سانتی‌گراد (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 بدست آمد و سپس مقدار DD به شرح 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 سانتی‌گراد) ولی حداقل آن زیر آستانه رشد ۸ بود، حداقل دما را مساوی آستانه رشد در نظر گرفته شد و درجه حرارت به شرح 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 سانتی گراد در نظر گرفته شد، و حداکثر دما برابر ۳۰ و حداقل دما ۲۲ می‌شد، DD بدین صورت ١٤/٥=١٠– ٢/(٢٢+ ٢٧) محاسبه شد. به طوری 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، می‌تولند 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 به حداقل می‌رسد، رشد می‌کند، حتی اگر در پایان روز که مقدار درجه حرات متوسط روزلنه پایین‌تر از حد آستانه باشد. همچنین در این پژوهش برای تاثیر عوامل اقلیمی

از داده‌های هواشناسی مرکز تحقیقات هواشناسی استان که در مجاورت موسسه برنج بود استفاده شد.

نتایج

نتایج چهار سال پژوهش در موسسه تحقیقات برنج کشور در جدول ۱ نشان می‌دهد که مجموع دمای موثر روزلنه برای مراحل مختلف زندگی آفت ساقه‌خوار شامل تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ آفت در نسل اول به ترتیب دمای ۷۳/۷۱، ۵۵۱/۹۲، ۱۰۴/۷۶ و ۹۲/۳۶ روز- درجه محاسبه شد. به عبارتی، 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 به ترتیب با ۷۳/۷۱ و ۷۶/۲۵ 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 به ترتیب با ۵۵۱/۹۲ و ۵۵۵/۲۷ روز–درجه محاسبه شد. همچنین با توجه به نتایج جدو.ل ۱ مقدار روز–درجه برای مرحله شفیرگی ساقه‌خوار در نسل‌های اول و دوم به ترتیب با ۱۰۴/۷۶ و ۱۰۵/۱۶ 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 به ترتیب در نسل‌های اول و دوم با ۹۲/۳۶ و ۹۱/۱۰ بود. در این آزمایش چرخه زندگی یک نسل آفت در نسل اول و دوم به ترتیب ۶۴/۵ و ۵۱/۴۹ روز به طول انجامید (جدول ۱). با توجه به نتایج 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 موثر بیش از ۸۲۰ روز–درجه، سیکل زندگی خود را کامل نماید و به نسل سوم منتقل شود (جدول ۱)

جدول ۱– میانگین دمای موثر کل برای زندگی کرم ساقه‌خوار نواری برنج برای چهار سال (۱۳۹۷–۱۳۹۴).

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

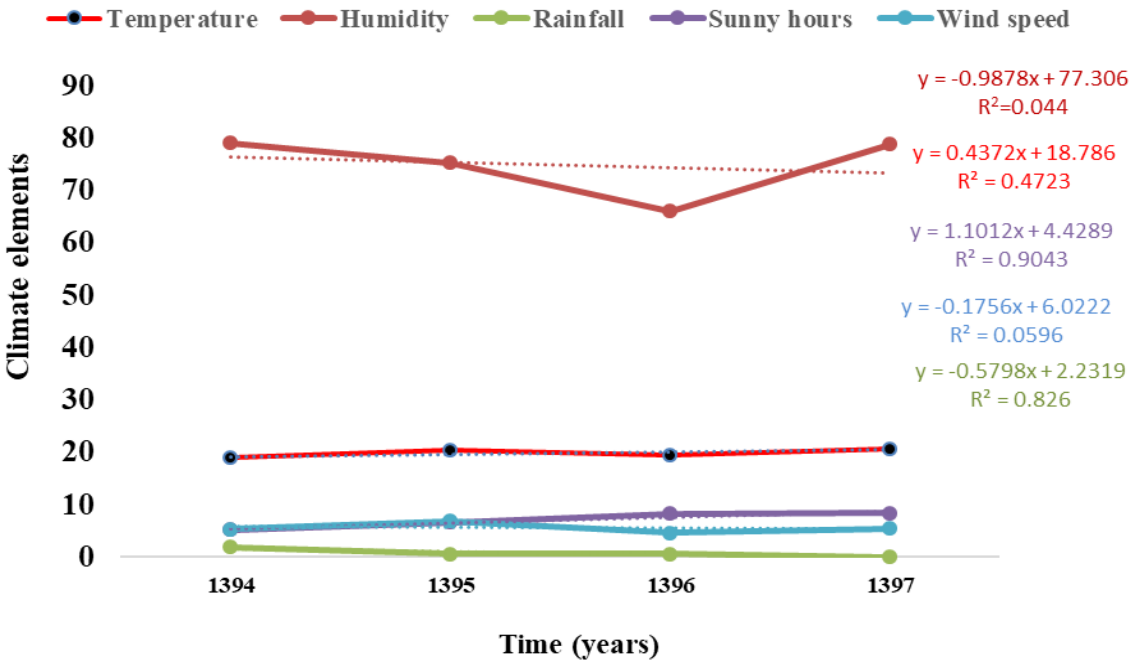
Pest generation	Masses of eggs	Larvae	Pupae	Adult	number of days	Total effective temperature (day-degree)
First	73.71±1.25	551.92±1.50	104.76 ± 1.25	92.36 ± 1.7	64.54 ± 0.98	822.75
Second	76.25±1.71	555.27±1.25	105.16 ± 0.58	91.10 ± 1.33	51.49 ± 2.52	827.77
Third	73.64±1.08	410.68±1.17	-	-	30.16 ± 0.58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

در این ارتباط نتایج نشان داد اگر چنانچه، دسته تخم آفت ساقه‌خوار در نسل دوم دمای بیش از ۷۶ 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 به دلیل کاهش دوره نوری و طول روز و نیز عدم دریافت دمای لازم کامل نشد و در نتیجه از مرحله لاروی به مرحله شفیرگی تبدیل نشد و لاروها با سنین مختلف به زمستان‌گذرانی رفتند. این پژوهش در همین نسل نشان داد که دوره رشد و نمو جنینی تخم آفت بطورکامل 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 تاثیر عناصر محیطی در هر یک از مراحل زندگی (حشره بالغ و دسته تخم) این آفت مشخص شد (اشکال ۱ تا ۶) 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 به خود اختصاص داد. با توجه به اینکه ساعات آفتابی (نور خورشید) در طول روز منجر به عدم 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 تاثیر خود قرار داده و موجب شد که افراد بالغ نتوانند 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 تاثیر گذار در فعالیت آفت بود (شکل ۱). در رابطه با نسل اول و زمان ظهور این حشره با شروع سرمای بهاره به خصوص فروردین و اردیبهشت، مجموع دمای موثر روزانه قریب به ده روز بطول انجامید. حتی در برخی از روزها برای محاسبه دمای موثر روزانه میانگین دمای کمینه و بیشینه بعد از کسر از دمای پایه عدد منفی می‌شد که در نتیجه این محاسبه نشد.

.



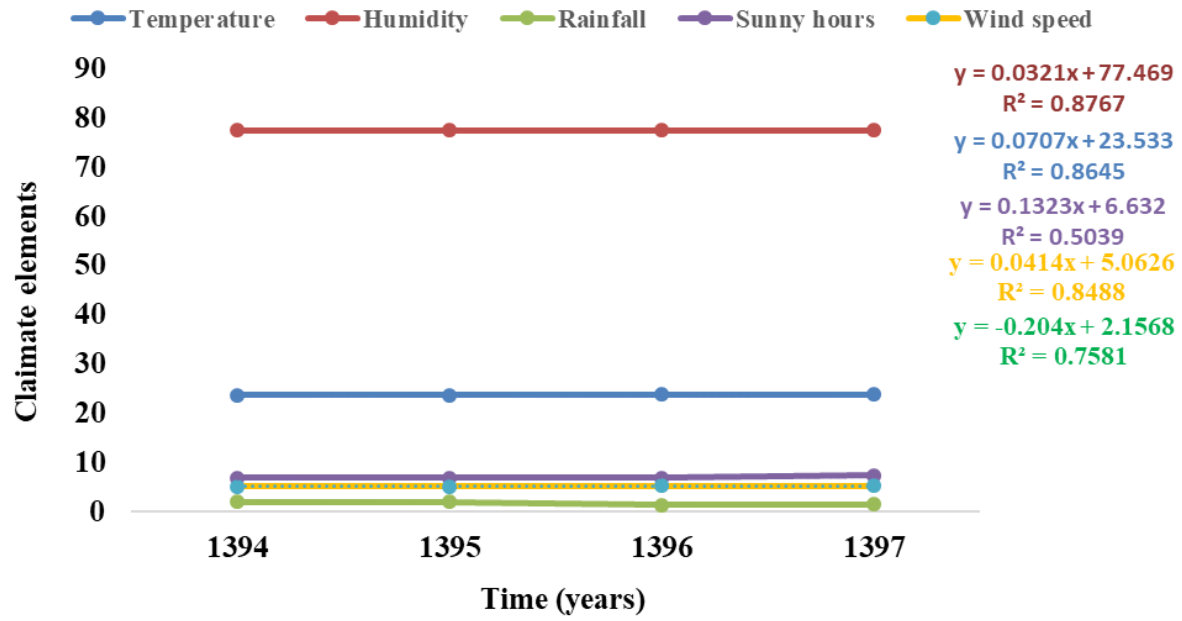
شکل ۱- تأثیر عناصر اقلیمی روی افراد بالغ نسل اول آفت ساقه‌خوار نواری برنج طی چهار سال

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

همچنین، نتایج بررسی‌های این تحقیق در شکل ۲ نشان می‌دهد که سه عامل از عوامل تاثیر گذار در فعالیت حشره بالغ ساقه‌خوار در نسل دوم در طی چهار سال به ترتیب 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 به عنوان عوامل ناشناخته یا مرگ فیزیولوژیکی طبقه بندی می‌شوند.

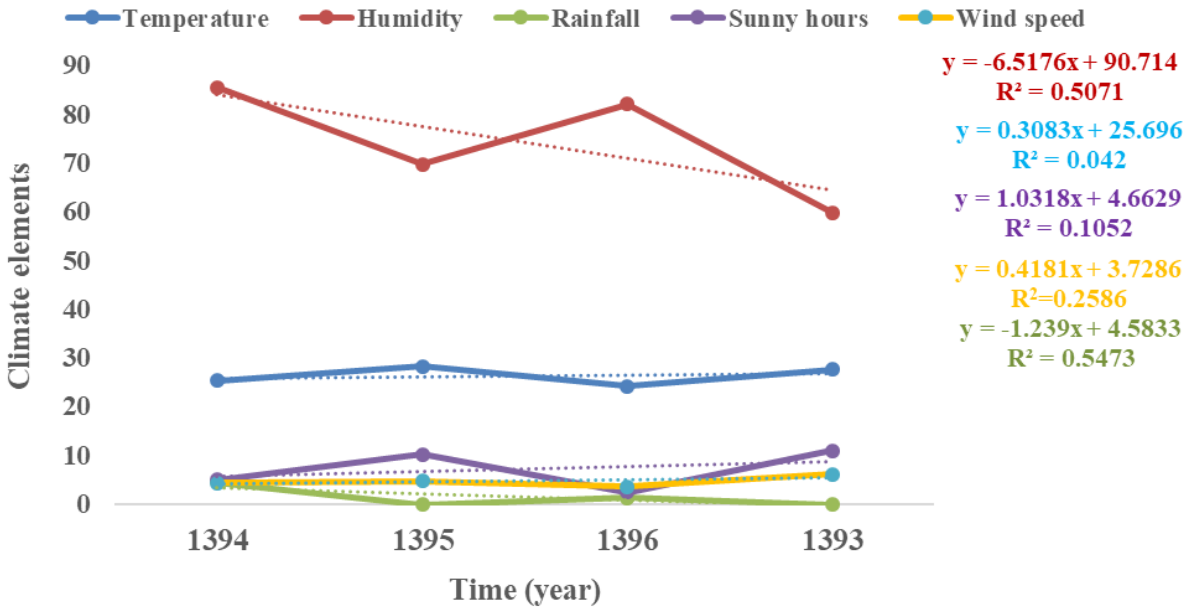
شکل ۳ در تاثیر عناصر اقلیمی روی حشرات بالغ نسل سوم طی چهار سال پژوهش نشان داد که بارندگی مهم‌ترین عامل تاثیرگذار در زندگی این آفت در این نسل می‌باشد (R^2=0.55 و a=-1.24). چون در این نسل حشرات بالغ

ساقه‌خوار تحت تاثیر بارندگی‌های اواخر فصل مواجه شده و تاثیر 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 تاثیر قرار داده است (R^2=0.51 و a=-6.52).



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

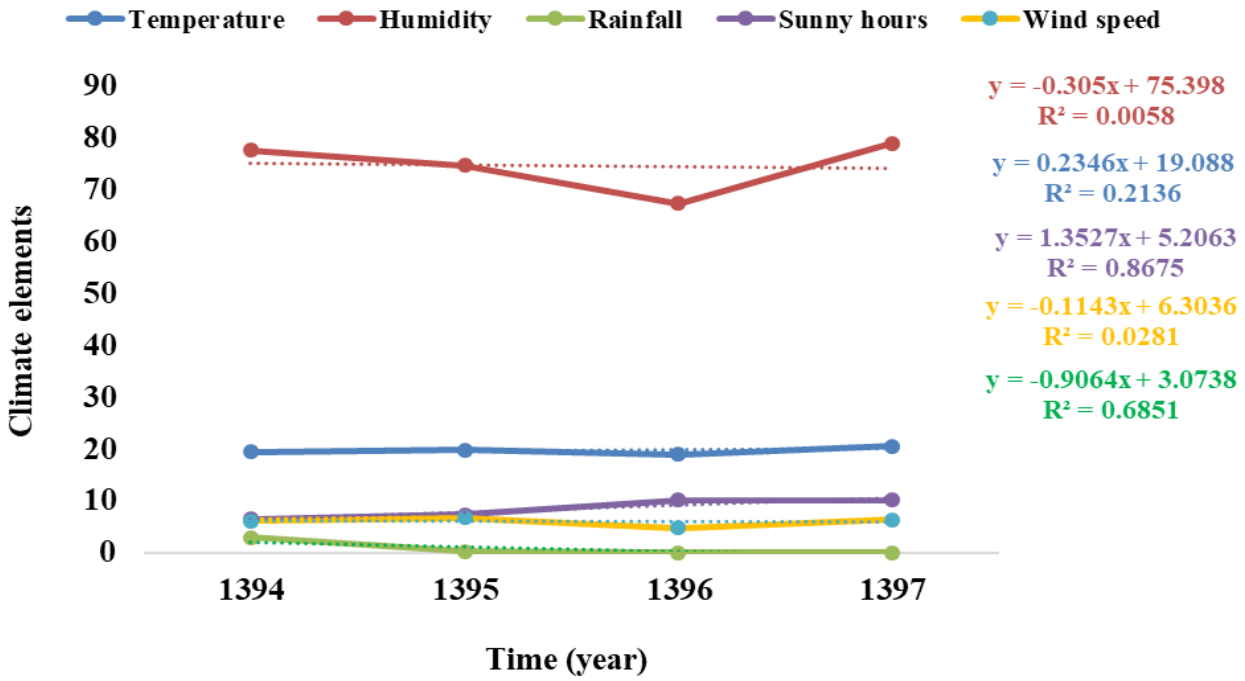
Fig. 2. The effect of climatic elements on the second generation adult striped stem borer during four years



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 ٤ تاثیر عناصر اقلیمی را طی چهار سال روی دسته‌های تخم ساقه‌خوار نواری برنج نشان می‌دهد. در این شکل از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار روی دسته‌های تخم نسل اول این آفت ساعات آفتابی و تاثیر 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 موثر 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 به نتایج بدست 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، تاثیر منفی روی رشد و نمو دسته‌های تخم آفت ساقه‌خوار در نسل اول اشاره نمود (R^2=0.69 و a= -0.90).

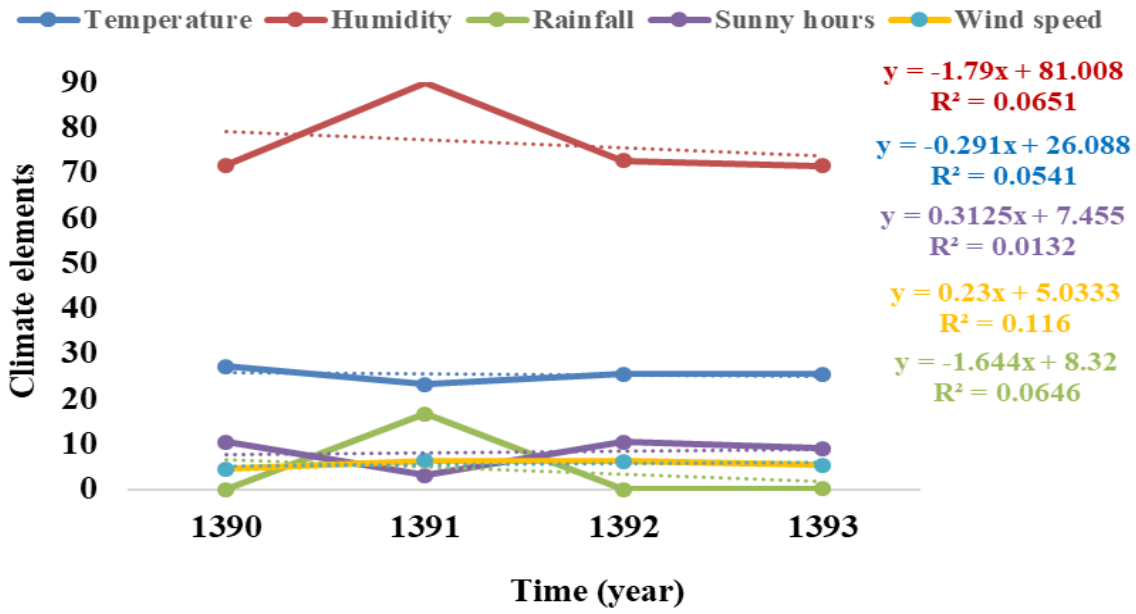


شکل ٤- تأثیر عناصر اقلیمی روی دسته‌های تخم نسل اول کرم ساقه خوار راه راه طی چهار سال

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

شکل ٥ تاثیر عناصر اقلیمی روی دسته‌های تخم آفت ساقه‌خوار در نسل دوم را در طی چهار سال نشان می‌دهد. در این شکل موثرترین عامل اقلیمی روی دسته‌های تخم آفت شبیه نسل اول، ساعات آفتابی بوده است که تاثیر 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 به همراه 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 نسبی نیز روی روند رشدی دسته‌های تخم آفت در نسل دوم تاثیر 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.

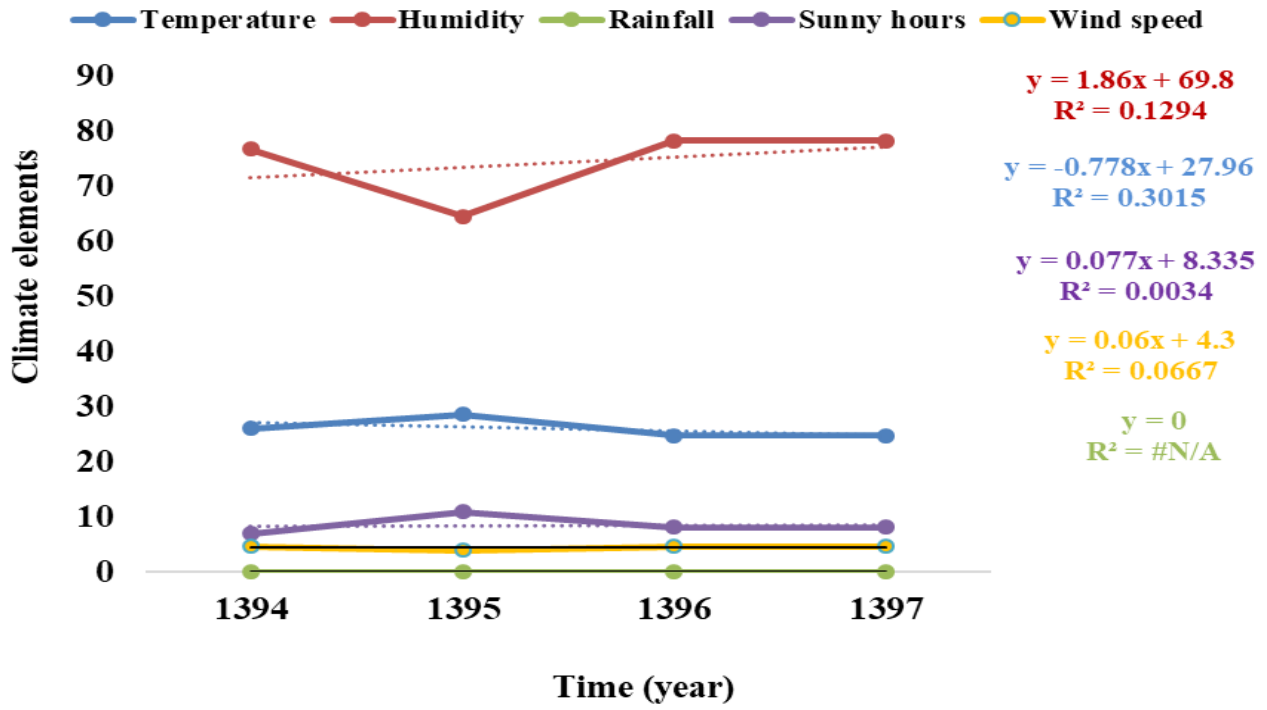


شکل ۵- تأثیر عناصر اقلیمی بر دسته‌های تخم نسل دوم ساقه خوار نواری برنج طی چهار سال

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

شکل ٦ تاثیر عناصر اقلیمی روی دسته‌های تخم نسل سوم آفت ساقه‌خوار را در طی چهار سال نشان می‌دهد. در این شکل موثرترین عامل اقلیمی در رشد و نمو دسته‌های تخم ساقه‌خوار نواری برنج دما و بعد از آن رطوبت نسبی می‌باشد. با توجه به اینکه 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.

عده ای از پژوهشگران در رابطه با تعیین روز-درجه در ساقه‌خوارهای برنج نشان دادند که مجموع دمای موثر 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 موثر روزانه برای افراد نر و ماده کرم ساقه‌خوار نواری برنج (*C. suppressalis*) به ترتیب ۷۸٤/۸ و ۸۳٤/۹ روز-درجه محاسبه نمود. (Kiritani & Iwao,1967) نشان دادند که لاروهای کرم ساقه‌خوار نواری برنج، *C. suppressalis* در مرحله بلوغ به دلیل کاهش طول روز و شرایط گیاه میزبان به زمستان‌گذرانی رفتند. آن‌ها بیان کردند که در حقیقت، بسیاری از لاروهای که در ساقهی برنج در اوایل ماه مرداد فعالیت می‌کردند و در چنین شرایطی به زمستان‌گذرانی رفتند. همچنین، مقالات متعدی در رابطه با تاثیر 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.



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

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 موثر 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 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 موثر برای رشد و نمو تخم، لارو، شفیره این آفت به ترتیب 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 موثر برای نسل اول، دوم و سوم این آفت به ترتیب ۸۱۵، ۸۰۲ و ۷۷۷ روز-درجه می‌باشد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق پژوهشگر مذکور مطابقت دارد. Touhidur Rahman & Khalequzzaman (2004) در بررسی‌های خود نشان دادند که مجموع درجه حرارت برای سه مرحله از زندگی آفت ساقه‌خوار نواری برنج شامل تخم، لارو و شفیره ۷۲۵/۳۲ روز درجه می‌باشد، همچنین آن‌ها گزارش کردند که درجه حرارت لازم برای حشره بالغ ساقه‌خوار ۹۰/۸۵ روز درجه بود. پژوهشگران مذکور در

پژوهش خودشان نشان دادند که مجموع درجه حرارت لازم برای یک نسل این آفت ۸۱۶/۱۷ روز-درجه می‌باشد. نتایج پژوهش محققین مذکور تاییدی دیگر بر نتایج تحقیق حاضر در موسسه تحقیقات برنج (رشت) می‌باشد (جدول ۱). در همین رابطه 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 ۲۶ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۰ تا ۸۰ درصد می‌باشد. آن‌ها سیکل زندگی کرم ساقه‌خوار ذرت که هم جنس با کرم ساقه‌خوار نواری برنج می‌باشد، در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و با رطوبت نسبی ۴۰ درصد ۲۶/۵ روز و در دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۸۰ درصد را ۷۰/۲ روز نشان دادند. Ghahari & Amooghli Tabari (2011) براساس اطلاعات هواشناسی درجه حرارت موثر ماهانه در رشد و نموآفت ساقه‌خوار نواری برنج بر حسب درجه روز از فروردین الی شهریور ۱۳۸۴ به‌ترتیب ۴۰۷، ۵۸۳، ۷۳۲، ۷۸۶، ۸۶۴ و ۷۵۰ درجه سانتی‌گراد محاسبه کردند. آن‌ها نشان دادند که دمای موثر روزانه تا مرداد روند افزایشی داشته و در شهریور به دلیل کاهش ساعات آفتابی و درجه حرارت، روند کاهش داشته است. Pedigo, (1999) بیان کرد که از میان عوامل محیطی، درجه حرارت بیشترین تاثیر 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. 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. به عنوان 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 (Pinault *et al.*, 2012). McMaster & Wilhelm (1997) بیان کردند 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. Pitcairn (1992) اظهار داشت که موثرترین 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. با توجه به بررسی های این پژوهش آفت ساقه خوار نواری در شرایط گیلان با توجه به تغییرات اقلیمی چند سال اخیر ۲/۵ نسل ایجاد می نماید. به طورکلی این پژوهش نشان داد، این حشره به غیر 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 به همین 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 می‌توانند وارد مرحله لاروی شود. از طرفی با توجه به این نکته، چون لاروها این آفت بلافاصله بعد از تفریخ تخم، وارد ساقه گیاه برنج نمی‌شوند و به طور معمول این مرحله از ٤ تا ۷ روز بطول می‌انجامد تا وارد ساقه‌ی برنج شوند، بنابر این با توجه به گزارش 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 تاثیر 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 به ترتیب 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 به مرحله لاروی منتقل شد، اما به دلیل کاهش دوره نوری و طول روز و نیز عدم دریافت دمای لازم برای کامل شدن از مرحله لاروی به مرحله شفیرگی و به همان حالت به زمستان‌گذرانی 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 به شماره‌ی مصوب ۹۹۰۰۸۳-۰۰۵-۰٤۵۱-۰٤-۳٤ سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی است که با حمایت مالی سازمان جهاد کشاورزی استان، و موسسه 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. https://doi.org/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. https://doi.org/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. https://doi.org/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