DOI: 10.22092/im.2023.360247

نامـه‌علمی

تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۰۸/۱۴
تاریخ پذیرش ۱۴۰۲/۰۳/۰۶

بررسی امکان کنترل شب‌پره شمشاد (*Cydalima perspectalis* Walker) با استفاده از آفت‌کش‌های زیستی در شرایط آزمایشگاه

مینا کوه جانی گرجی[۱*]، محمدابراهیم فراشیانی[۲]، سمیرا فراهانی[۲]، فرزانه کازرانی[۲]، فاطمه عسکری[۳]، مهدی یحیی‌زاده بلالمی[۳] و سمانه اسدی صنم[۳]

چکیده

شب‌پره شمشاد *Cydalima perspectalis* Walker (Lep.: Crambidae)، به‌عنوان مهم‌ترین آفت گیاهان جنس شمشاد در جهان معرفی شده و آفتی بسیار تهاجمی و مخرب روی شمشاد هیرکانی *Buxus hyrcana* در جنگل‌های شمال ایران است. هدف از این مطالعه، بررسی کارایی ترکیبات زیستی ایمن (*Bacillus thuringiensis*) Neem Azal®, Bio1®, Matrin®, Probeltefito® و دایابون®) بر میزان مرگ‌ومیر این آفت است. آزمایش‌ها به‌صورت طرح کاملاً تصادفی روی لاروهای سن دوم *C. perspectalis* تحت شرایط آزمایشگاهی (۲۷±۱ °C، ۶۵±۱۰ درصد رطوبت‌نسبی و ۱۶:۸ ساعت روشنایی: ساعت تاریکی) بررسی شد. ابتدا میزان مرگ‌ومیر در هر غلظت پس از ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت در شش تکرار تجزیه‌وتحلیل شد. نتایج نشان داد، در میان حشره‌کش‌های گیاهی، دو ترکیب Neem Azal® و Matrin® توانایی خوبی در کنترل آفت داشتند و غلظت مؤثر آنها به‌ترتیب ۱ لیتر و ۷۵۰ سی‌سی بر ۱۰۰۰ لیتر آب بود. به‌طورکلی با توجه به پیچیده بودن روابط بین اجزا در اکوسیستم در جنگل، استفاده از آفت‌کش‌های زیستی با بررسی‌های دقیق و شناخت اثرات جانبی آنها قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: مرگ‌ومیر، *Buxus hyrcana*، *Cydalima perspectalis*، کنترل آفت، آفت‌کش گیاهی.

The effect of botanical pesticide Azadirachtin and its combination with Henna on bux moth, *Cydalima perspectalis* Walker (Lep.: Crambidae)

M. Kouhjani-Gorji[1*], M.E. Farashiani[2], S. Farahani[2], F. Kazerani[2], F. Askari[3], M. Yahyazadeh Balalami[3] and S. Asadi Sanam[3]

Abstract

The bux moth, *Cydalima perspectalis* Walker (Lep.: Crambidae), has been identified as the most severe pest of the genus Buxus in the world. It became highly invasive and destructive on *Buxus hyrcana* in Iran's Northern Forests. This study aimed to investigate the effect of pest mortality using safe biorational compounds (Neem Azal®, Matrin®, *Bacillus thuringiensis* (*Bt -k*), and Dayabon). Experiments were performed in a completely randomized design and were evaluated on second-instar larvae of *C. perspectalis* under laboratory conditions (27±1℃, 65±10 R.H., and 16:8 L: D). At first, the mortality rate of the desired concentrations of each component with control (water) was analyzed in six replications after 24, 48, and 72 h. Results indicated that among the botanical insecticides, two compounds, Neem Azal® and Matrin®, had an excellent ability to control the pest, and their effective concentrations were 1L/1000L and 750cc/1000L, respectively. It is generally recommended to use biological pesticides with thorough research and understanding of their side effects due to forest ecosystems.

Keywords: Mortality, *Cydalima perspectalis, Buxus hyrcana*, Pest control, Botanical pesticide.

۱*- نویسنده مسئول، استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل ها و مراتع کشور، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.
پست الکترونیک: Mina.gorji1981@Gmail.com
۲- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران
۳- استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات گیاهان دارویی و محصولات فرعی، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

1*- Corresponding author, Assistant Prof., Forest and Range Protection Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Tehran, Iran. E-mail: Mina.gorji1981@Gmail.com
2- Assistant Prof., Forest and Range Protection Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Tehran, I.R. Iran.
3- Assistant Prof., Medicinal plant and by-product Research Division, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Tehran, Iran.

مقدمه

جنگل‌های هیرکانی به‌عنوان یکی از قدیمی‌ترین جنگل‌های دنیا، اهمیت ویژه‌ای از نظر محیط‌زیست، همچنین قدمت، پیدایش، تنوع ژنتیکی، تنوع زیستی گونه‌های گیاهی و جانوری، کارکردهای اکولوژیکی و بوم‌گردی دارد (رضایی، ۱۳۸۸). شمشاد هیرکانی *Buxus hyrcana* (Pojark, 1954) یکی از اندک درختان پهن‌برگ و همیشه‌سبز جنگل‌های خزری است که دیرزیستی بالایی (بیش از ۵۰۰ سال) دارد (مروی مهاجر، ۱۳۸۵) و در فهرست گونه‌های گیاهی در خطر انقراض اتحادیه بین‌المللی حفاظت از طبیعت (IUCN) قرار دارد (Jamzad & Jalili, 1999).

امروزه شیوع آفات و بیماری‌ها روی گونه‌های گیاهی جنگلی، ازجمله مسائلی است که مدیریت جنگل‌های شمال و حفاظت از گونه‌های متشکله این اکوسیستم باارزش نظیر شمشاد را با چالش جدی مواجه کرده است. شب‌پره شمشاد (*Cydalima perspectalis* Walker) که به‌عنوان مهم‌ترین آفت گیاهان جنس شمشاد در جهان معرفی شده، گونه‌ای تک‌میزبانه است و همه مراحل زندگی خود را روی گیاهان میزبان از جنس شمشاد سپری می‌کند (Gottig & Hertz, 2017a). این شب‌پره به‌عنوان یک آفت خارجی، اولین بار در خرداد ۱۳۹۵ در شمال ایران، در محدوده پارک بنفشه چالوس در محوطه هتل هایت و نمک‌آبرود مشاهده شد و سپس از آستارا در غرب استان گیلان تا شرق استان مازندران گسترش یافت (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۵). لاروهای این آفت در سنین اولیه از لایه خارجی برگ و در سنین بالا از برگ و پوست گیاه تغذیه کرده و خسارت سنگینی به آن وارد می‌کنند (Gottig & Hertz, 2017b)، تا جایی که موجب نابودی گیاه می‌شوند. تحقیقات انجام‌شده در داخل کشور محدود به حضور آفت در ایران، پراکنش، مختصری از مورفولوژی، بیولوژی و کنترل آن است (فراهانی و همکاران، ۱۳۹۵؛ کوه جانی گرجی و فراشیانی، ۱۳۹۷ a,b؛ صالحی و قدس‌خواه، ۱۳۹۶؛ Kazerani *et al.*, 2019). برای کنترل این آفت در دنیا، از روش‌های شیمیایی، زیستی، مکانیکی و بیولوژیک استفاده می‌شود. آفت‌کش‌های زیستی چون روغن چریش استخراج‌شده از گونه *Azadirachta indica* L. و نیز *Bacillus thuringiensis* موفقیت‌هایی را در کنترل این آفت در چین و ایران نشان داده‌اند (کوه‌جانی گرجی و همکاران، ۱۳۹۷a؛ Li *et al.*, 2004؛ صالحی و قدس‌خواه، ۱۳۹۶). استفاده از قارچ بیماری‌زای *Beauveria bassiana* (Balsamo) علیه لارو شب‌پره شمشاد در کشور کره جنوبی آزمایش شد که اثر چشمگیری روی این گونه نداشت (Wan *et al.*, 2014).

در این پژوهش چهار ترکیب زیستی ثبت‌شده روی آفات در ایران، روی شب‌پره شمشاد بررسی شد:

Bacillus thuringiensis-k با برند تجاری Probeltefito® که با تولید سمی به نام اگزوتوکسین یا به اصطلاح سم *Bt* در رده‌های آلفا، بتا، گاما و دلتا، باعث ایجاد اختلال در دستگاه گوارش لارو حشرات می‌شود و لاروها با خوردن این سم از بین می‌روند.

آزادیراختین/ عصاره چریش با نام تجاری Neem Azal® که حشره‌کشی سیستمیک و دارای آثار اولیه و ثانویه روی آفات است. اثرات اولیه شامل اختلال در فرایند انتخاب گیاه میزبان از سوی حشره و اثرات ثانویه شامل ایجاد نارسایی در حرکات لوله گوارش حشره است که موجب خاصیت ضدتغذیه‌ای در آفت می‌شود که پس از ۳ الی ۴ روز آفت از بین می‌رود.

ترکیب سوم عصاره گیاه تلخه‌بیان با نام تجاری روی‌اگرو® (Matrin®) بوده که در ایران با نام تجاری روی‌اگرو® بوده که در ایران برای کنترل بید کلم به‌صورت مایع ۰/۶ درصد SL به ثبت رسیده است که با ایجاد تغییر در سوخت‌وساز بدن آفات، قابلیت کنترل بسیاری از آفات را دارد.

آخرین ترکیب موردمطالعه آفت‌کش دایابون است که ماده مؤثره آن از روغن کرچک تهیه شده‌است. دایابون علاوه‌بر مزایای روغن، کوتیکول آفت را تخریب می‌کند و حشره به‌تدریج آب بدن خود را از دست می‌دهد.

این محصولات طبیعی یا آفت‌کش‌های گیاهی به‌واسطه کاهش اثرات منفی بر سلامت انسان و محیط‌زیست، جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی محسوب می‌شوند (Mohan *et al.*, 2011). در اکوسیستم‌های پیچیده‌ای مثل جنگل، تعادل اکولوژیک پیچیده و شکننده‌ای وجود دارد که استفاده از سموم شیمیایی به‌ویژه سموم با طیف اثر وسیع، ممکن است با از بین بردن موجودات غیرهدف، موجب بر هم زدن این تعادل، یا از هم پاشیدن زنجیره‌های غذایی شود و بحران غیرقابل کنترلی را به‌دنبال داشته باشد. هدف از این تحقیق، بررسی ترکیبات حشره‌کشی زیستی و گیاهی ایمن و تعیین غلظت کشنده روی این آفت وارداتی مهاجم است تا در کمترین زمان ممکن علاوه‌بر کنترل آن و حفظ شمشاد، مانع از آسیب رسیدن به سایر موجودات غیرهدف و آلودگی محیط‌زیست شویم.

● مواد و روش‌ها

۱- جمع‌آوری و پرورش لاروهای شب‌پره شمشاد

برگ‌های حاوی تخم‌های تازه گذاشته شده شب‌پره شمشاد از ذخیره‌گاه چشمه‌بلبل (با مختصات جغرافیایی ″۳۷′۵۳°۳۶ و ″۱۲′۳۶°۴۳) به‌صورت روزانه جمع‌آوری شد (شکل ۱). برگ‌های شمشاد حاوی تخم در اتاقک رشد نگهداری شدند. از لاروهای سن دو برای انجام آزمایش استفاده شد.

۲- شرایط آزمایش

آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی، در شرایط کنترل‌شده، دمای ۱±۲۷ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۱±۶۵ درصد انجام شد. دوره روشنایی به تاریکی مورداستفاده در این آزمایش ۱۶:۸ بود. برای انجام آزمایش، سرشاخه‌های شمشاد با شش ردیف برگ انتخاب و در هر غلظت (*Bacillus thuringiensis*، Bio1، Matrin®، Neem Azal® و دایابون) به مدت یک دقیقه غوطه‌ور شدند، سپس در ظرف‌های یکبار مصرف درب‌دار به ابعاد ۶×۱۰ سانتی‌مترمربع که درب آنها برای تهویه هوا با توری پوشانده شده بود، قرار گرفتند تا در دمای اتاق خشک شوند، سپس توسط

قلم‌موی تمیز، ۳۰ عدد لارو سن دو در پنج تکرار به برگ‌ها منتقل شدند. برای حفظ شادابی سرشاخه‌های شمشاد، دم سرشاخه‌ها با پنبه مرطوب پوشانده شد (شکل ۲).

۳- تیمارها و غلظت‌های مورداستفاده

برای تیمار با آفتکش گیاهی آزادیراختین ۱درصد (نیم‌آزال ®) و پودر حنا براساس غلظت پیشنهادشده تجاری محصول (۱۰۰۰ پی‌پی‌ام)، از سه غلظت ۱۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام ترکیب نیم‌آزال به همراه آب (شاهد) استفاده شد. سپس با توجه به نتایج حاصل از آزمایش اول برای بررسی اثر اختلاط، از چهار غلظت ترکیب گیاهی نیم‌آزال و پودر حنا در یک لیتر آب (۱۵۰۰ پی‌پی‌ام از نیم‌آزال به‌عنوان شاهد، ۷۵۰ پی‌پی‌ام نیم‌آزال+۰/۵ گرم پودر حنا، ۵۰۰ پی‌پی‌ام نیم‌آزال+۱ گرم پودر حنا، ۵۰۰ پی‌پی‌ام نیم‌آزال+۲ گرم پودر حنا) استفاده شد.

برای تیمار *Bacillus thuringiensis* (*Bt-k*) از سه غلظت ۱۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام *Bt-k* به همراه آب (شاهد) استفاده شد. سپس با توجه به نتایج حاصل از آزمایش اول برای بررسی اثر اختلاط، ازدو غلظت ۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر آب به‌عنوان شاهد و ۳۰۰ پی‌پی‌ام از *Bt-k* در اختلاط با حنا و سرکه‌سفید (۳۰۰گرم *Bt-k*+۱ گرم پودر حنا+۱ سی‌سی سرکه‌سفید، ۳۰۰ گرم *Bt-k*+۲ گرم پودر حنا+۱ سی‌سی سرکه سفید، ۳۰۰ گرم *Bt-k*+۲ گرم پودر حنا+۲ سی‌سی سرکه سفید) استفاده شد.

برای تیمار با آفتکش گیاهی روی‌اگرو و کود زیستی بیووان، براساس غلظت پیشنهادشده تجاری محصول (۱۰۰۰ پی‌پی‌ام)، از سه غلظت ۱۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۵۰ پی‌پی‌ام آفتکش گیاهی روی‌اگرو و کود زیستی بیووان به همراه آب (شاهد) استفاده شد.

برای تیمار با آفتکش گیاهی دایابون، از سه غلظت ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ پی‌پی‌ام به همراه آب (شاهد) استفاده شد.

در هر آزمایش، مرگ‌ومیر لاروها، ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت بعد از شروع آزمایش ثبت شد (شکل ۳) و درصد مرگ‌ومیر لاروها در تیمارهای مختلف محاسبه شد. در صورت مشاهده مرگ‌ومیر در شاهد، میزان مرگ‌ومیر

شکل ۱- نقشه هوایی از منطقه جمع‌آوری تخم شب‌پره شمشاد در استان گلستان (چشمه‌بلبل)

شکل ۲- شاخه‌های سالم، غوطه‌ورسازی آنها در غلظت‌های مختلف آفتکش، خشک شدن در محیط و انتقال لاروها به سرشاخه‌های تیمارشده (چپ به راست)

شکل ۳- ظرف حاوی لاروهای شب‌پره شمشاد و شاخه های شمشاد تیمار شده برای بررسی میزان تلفات لاروها

$$\text{(تلفات درصد) ابوت فرمول} = \frac{\%\text{میرومرگ شاهد} - \%\text{ میرومرگ تست}}{100 - \%\text{ میرومرگ شاهد}} \times 100$$

مشاهده‌شده در تیمارها با استفاده از فرمول آبوت (Abbott, 1925) اصلاح شد. برای مقایسه میانگین از روش تجزیه واریانس یک طرفه براساس روش Tukey در سطح اطمینان ۹۵درصد (SAS ver.9.0) استفاده شد.

● نتایج و بحث

۱- بررسی اثر مرگ‌ومیر آفت‌کش گیاهی آزادیراختین ۱درصد (نیم‌آزال®) بر لارو سن دوم شب‌پره شمشاد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میانگین درصد تلفات لاروهای سن دوم شب‌پره شمشاد در اثر تیمار با غلظت‌های مختلف ترکیب گیاهی نیم‌آزال®نشان داد، هر سه غلظت با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشته و با کاهش غلظت میزان مرگ‌ومیر نیز کاهش یافته است. غلظت ۱۵۰۰ پی‌پی‌ام از این ترکیب در ساعات اولیه پس از تیمار، اثر کشندگی بالایی نشان داد، اما در سایر غلظت‌ها میزان کشندگی با گذشت زمان افزایش یافت که می‌تواند به‌دلیل اثر ضدتغذیه‌ای این ترکیب باشد که با ممانعت، یا کاهش تغذیه باعث ایجاد مرگ‌ومیر در لاروها شده است، اما این اثر در غلظت بالا مشاهده نشد و در چند ساعت اولیه آزمایش به‌صورت ضربه‌ای عمل کرد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تلفات سن دوم شب‌پره شمشاد نشان داد، در اثر مخلوط باکتری، حنا و سرکه سفید در ۲۴ ساعت اول ($F_{3,8}=42.87, P=0.001$) بیشترین مرگ‌ومیر مرتبط با بالاترین غلظت بود ولی پس از ۲۴ ساعت دوم همه لاروها از بین رفتند. نتایج نشان داد، با اطمینان ۹۵درصد بین استفاده از *Bt* با دوز ۵۰۰ گرم در ۱۰۰۰ لیتر و اختلاط آن با حنا و سرکه سفید در روز اول تفاوت آماری وجود دارد، اما در روز دوم در همه تیمارها صد درصد کشندگی وجود داشت (شکل ۴). درمورد اثر غلظت‌ها، F محاسبه‌شده از F جدول در سطح آماری ۹۵درصد بزرگ‌تر و P کوچک‌تر از ۰/۰۵ بود. تفاوتی بین یک یا دو گرم حنا در ۲۴ ساعت اول وجود نداشت.

۳- بررسی اثر حشره‌کشی گیاهی دایابون بر میزان مرگ‌ومیر لارو سن دو شب‌پره شمشاد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به میانگین درصد تلفات لاروهای سن دوم شب‌پره شمشاد در اثر تیمار با غلظت‌های مختلف ترکیب گیاهی دایابون نشان داد، تفاوت معنی‌داری بین غلظت‌های ۲ و ۵ در هزار وجود ندارد و پس از ۷۲ ساعت همچنان میزان کشندگی زیر ۵۰درصد جمعیت است، ولی با افزایش غلظت به ۱۰ در هزار میزان مرگ‌ومیر نیز تا ۶۳درصد افزایش پیدا می‌کند. پس از ۹۶ ساعت میزان مرگ‌ومیر به‌شدت افزایش پیدا می‌کند که دلیل آن وجود کرچک در ترکیب دایابون است که با خشک کردن بدن لارو باعث مرگ‌ومیر این آفت می‌شود (شکل ۵).

۴- اثر آفت‌کش گیاهی روی‌اگرو® (ماترین) بر میزان مرگ‌ومیر لارو سن دوم شب‌پره شمشاد در زمان‌های مختلف

جدول ۱- میانگین درصد مرگ‌ومیر (±خطای استاندارد) لارو سن دوم شب‌پره شمشاد تیمارشده با آفت‌کش گیاهی نیم‌آزال ®

غلظت نیم‌آزال (پی‌پی‌ام)	زمان (ساعت)		
	۲۴	۴۸	۷۲
۱۵۰۰	۹۵/۱ ±۸۳/۵ *a*	۹۶/۱±۷۰/۰ *a*	۱۰۰/۰±۰/۰ *a*
۱۰۰۰	۱۳/۱±۳/۶ *b*	۱۰/۲±۸۳/ ۳ *c*	۷۰/۳±۸۳/۰ *b*
۲۵۰	۰/۰±۸۳/۵ *c*	۲۴/۲±۱/ ۰ *b*	۳۵/۳±۰/۹ *c*

۲- بررسی اثر مرگ‌ومیر باکتری *Bacillus thuringiensis* (*Bt-k*) و اختلاط آن با حنا و سرکه روی میزان مرگ‌ومیر لارو سن دو شب‌پره شمشاد

جدول ۲- میانگین درصد مرگ‌ومیر (±خطای استاندارد) لارو سن دوم شب‌پره شمشاد تیمارشده با باکتری *Bt-k*، پودر حنا و سرکه سفید

غلظت (گرم/۱لیترآب)	درصد مرگ‌ومیر بعد از تیمار کردن	
	۲۴ساعت	۴۸ساعت
۰/۵ گرم *Bt*	۶۱/۴±۱۰/۰۲ *a*	۱۰۰/۰
۰/۳ گرم *Bt*+۱ گرم حنا+۱ میلی‌لیتر سرکه سفید	۳۳/۰±۳۰/۰۰ *b*	۱۰۰/۰
۰/۳ گرم *Bt*+۲ گرم حنا+۱ میلی‌لیتر سرکه سفید	۲۲/۱±۲۰/۱۰ *c*	۱۰۰/۰
۰/۳ گرم *Bt*+۲ گرم حنا+۲ میلی‌لیتر سرکه سفید	۳۲/۲±۲۳/۹۳ *b*	۱۰۰/۰

همان طور که در جدول ۴ مشخص است، با افزایش زمان و غلظت، میزان مرگ‌ومیر لارو سن دوم شب‌پره شمشاد افزایش می‌یابد و بیشترین میزان مرگ‌ومیر در کمترین غلظت در زمان ۷۲ ساعت پس از تیمارشدن دیده شد و تقریباً با غلظت نیم لیتر در هزار لیتر بالای ۸۰درصد مرگ‌ومیر ثبت شد (جدول ۴).

۵- بررسی اثر کود زیستی بیووان بر میزان مرگ‌ومیر لارو سن دوم شب‌پره شمشاد در زمان‌های مختلف

همان طور که در جدول ۵ مشخص است با افزایش زمان و غلظت، میزان مرگ‌ومیر لارو سن دوم شب‌پره شمشاد افزایش می‌یابد و بیشترین میزان مرگ‌ومیر در کمترین غلظت حدود ۰/۳ لیتر بر هزار لیتر آب در زمان ۷۲ ساعت پس از تیمارشدن دیده شد (جدول ۵).

● بحث

با توجه به نتایج پژوهشگران، حشره‌کش‌های سازگار با محیط‌زیست با منشأ بیولوژیکی و گیاهی به‌دلیل کارایی زیاد روی بال‌پولک‌داران آفت و ایمنی به‌نسبت بالا برای پستانداران و دشمنان طبیعی می‌توانند جایگزین مناسبی برای سموم شیمیایی شوند (Bernays *et al.*, 1980). ازجمله گیاهان دارای خواص حشره‌کشی سازگار با محیط‌زیست درخت نیم است که در بین گیاهان مختلف، بیشترین پتانسیل حشره‌کشی را داشته است و برای ساخت آفت‌کش‌های گیاهی زیادی استفاده شده است (Copping & Duke, 2007) ازجمله می‌توان به بررسی تأثیر آن در کنترل دو گونه سوسک پوست‌خوار آفت درختان جنگلی به نام‌های *Dendroctonus ponderosae* Hopkins و *Ips pini* Sa اشاره کرد که عصاره دانه نیم با ایجاد مرگ‌ومیر بالا باعث کاهش تعداد لاروهایی که به بلوغ می‌رسند، شد (Duthie- Holt *et al.*, 1999) . نتایج

جدول ۳- درصد مرگ‌ومیر (±خطای استاندارد) لارو سن دوم شب پره شمشاد تیمارشده با آفت‌کش گیاهی دایابون

غلظت دایابون (پی‌پی‌ام)	زمان (ساعت) ۲۴	۴۸	۷۲
۱۰۰۰۰	۲±۲۲/۵ *a*	۲±۴۱/۴ *a*	۲±۶۳/۰ *a*
۵۰۰۰	۱±۱۲/۲ *b*	۴±۲۷/ ۱ *b*	۲±۴۲/۵ *b*
۲۰۰۰	۱±۸/۲ *b*	۲±۱۹/۹ *b*	۲±۳۵/۲ *b*

جدول ۴- درصد مرگ‌ومیر (±خطای استاندارد) لارو سن دوم شب‌پره شمشاد تیمارشده با آفت‌کش گیاهی روی‌اگرو

غلظت روی‌اگرو (پی‌پی‌ام)	زمان (ساعت) ۲۴	۴۸	۷۲
۱	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*
۰/۷	۹۳/۱±۳۳/۹ *b*	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*
۰/۵	۸۴/۱±۴۴/۱ *c*	۹۲/۱±۲۲/۱ *b*	۰±۱۰۰ *a*
۰/۳	۶۸/۲±۸۸/۲ *d*	۸۴/۱±۴۴/۱ *c*	۹۱/۱±۱۱/۱۱ *b*
۰/۲	۵۷/۱±۷۷/۱ *e*	۶۸/۲±۸۸/۲ *d*	۸۴/۴۴±۱/۱۱ *c*
۰/۱۵	۳۴/۱±۴۴/۱ *f*	۵۹/۱±۹۹/۹ *e*	۶۵/۵۵±۱/۱۱ *d*

جدول ۵- درصد مرگ‌ومیر (±خطای استاندارد) لارو سن دوم شب پره شمشاد تیمارشده با کود زیستی بیووان

غلظت بیووان (پی‌پی‌ام)	زمان (ساعت) ۲۴	۴۸	۷۲
۱	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*
۰/۷	۹۶/۱±۶۷/۹ *a*	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*
۰/۵	۱±۸۸/۱ *b*	۰±۱۰۰ *a*	۰±۱۰۰ *a*
۰/۳	۷۸/۲±۶۷/۲ *c*	۸۴/۱±۶۷/۱ *b*	۹۸/۱±۶۷/۱۱ *a*
۰/۲	۱±۶۸/۱ *d*	۶۸/۲±۶۷/۲ *c*	۱±۹۲/۱۱ *b*
۰/۱۵	۱±۴۸/۱ *e*	۵۹/۱±۳۳/۹ *d*	۷۳/۱±۳۳/۱۱ *c*

کاربرد آزادیراختین برای کنترل آفت جنگلی *Choristoneura fumiferana* Clemens نشان داد، تغذیه لاروها از غلظت‌های کشنده این ترکیب باعث مرگ‌ومیر بالای لاروها شد (Helson *et al.*, 2001). اثر ضد تغذیه‌ای و تغییرات سلول‌های پوششی معده لارو *Anticarsia gemmatalis* Hübner تغذیه‌شده با غذای مصنوعی حاوی نیم نشان داد، غلظت‌های بالای ۵۰۰ پی‌پی‌ام باعث مرگ‌ومیر کامل لاروها شده و دوزهای پایین‌تر بر میزان باروری و تغذیه آنها اثر گذاشته است و باعث کاهش وزن لارو و شفیره، تورم سلول‌های پوششی معده و جابه‌جایی این سلول‌ها روی غشای پایه شد و به‌طورکلی سلول‌ها دچار اختلال شدند (Almeida *et al.*, 2014). نتایج مشابهی نیز برای لارو گونه‌های *Plodia interpunctella* Hübner (Rharrabe *et al.*, 2008)، *Spodoptera litura* F. (Huang *et al.*, 2004)، *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Senthil-Nathan *et al.*, 2006)، زمان تغذیه از نیم مشاهده شد که مشابه با نتایج حاصل از این تحقیق است و با افزایش غلظت میزان مرگ‌ومیر افزایش یافت.

نتایج حاصل از اختلاط باکتری *Bt* و پودر حنا روی لاروهای سنین اول تا سوم شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نشان داد، مرگ‌ومیر حاصل از اختلاط باکتری *Bt* و پودر حنا بیشتر از تلفات حاصل از تأثیر هر یک از ترکیب‌ها به‌تنهایی بود (هاشمی طسوجی و همکاران، ۱۳۹۴). همچنین نتایج حاصل از تأثیر ترکیب باکتری *Bt* و پودر حنا روی لاروهای سن سوم پروانه سفیده بزرگ کلم *P. brassicae* نشان داد، درصد مرگ‌ومیر حاصل از اختلاط پودر حنا و *Bt* بیشتر از تلفات حاصل از پودر حنا و باکتری به‌تنهایی بود (صلاحی، ۱۳۹۱). در پژوهشی دیگر اختلاط حنا با *Bt-k* روی لارو سن ۳ و ۴ سوسک کلرادو *Leptinotarsa decemlineata* (Say) نشان داد، این اختلاط میزان مرگ‌ومیر را ۳ تا ۴ برابر نسبت به استفاده از *Bt-k* به‌تنهایی افزایش می‌دهد (Ghassemi-kahrizeh & Aramideh, 2014)، که نتایج حاصل از این تحقیقات مشابه نتایج این پژوهش است و باعث افزایش کارایی *Bt* در غلظت‌های کمتر شد. پودر حنا به‌دلیل داشتن مقدار زیادی از تانن‌ها سبب بروز حالت سینرژیستی در اختلاط با *Bt* می‌شود، زیرا تانن‌های موجود در پودر حنا می‌توانند باعث بروز زخم‌های ریزی در سلول‌های اپیتلیوم روده میانی حشرات شوند. این وضعیت سبب می‌شود، اسپورهای رشدکرده درون معده به مقدار بیشتری وارد حفره عمومی بدن شود و تلفات لاروها را در اثر پدیده عفونت عمومی افزایش دهد (نامور، ۱۳۷۸) سرکه سفید نیز با کاهش اسیدیته آب، یا قلیای آب باعث افزایش تأثیر باکتری می‌شود. بنابراین، با توجه به گران‌قیمت بودن *Bt* و فراورده‌های تجاری آن می‌توان این ترکیبات بیولوژیک را همراه با ترکیبات امن و بی‌خطری نظیر حنا و سایر ترکیبات به کار برد و موجب افزایش تأثیر و کاهش در میزان مصرف باکتری شد.

ماترین که از گیاه تلخه‌بیان به دست می‌آید، برای کنترل بید کلم با دوز ۱–۱/۵ در هزار و بیووان به‌عنوان کود زیستی که سبب افزایش رشد و تحریک فیتوآلکسین‌ها و درنتیجه تقویت گیاه در برابر خسارت حشرات مکنده می‌شود به ثبت رسیده است. خاصیت حشره‌کشی این دو ترکیب به‌دلیل وجود آلکالوئیدهایی چون ماترین و اکسی‌ماترین است که در ابتدا برای آفات مکنده توصیه شد و پس از موفقیت در کنترل شب‌پره شمشاد، روی بید کلم نیز تست شد. این دو ترکیب برای اولین بار در سال ۱۳۹۷ روی لارو شب‌پره شمشاد در این پژوهش تست و معرفی شدند و غلظت مؤثر روی لاروهای سنین مختلف شب‌پره شمشاد بین ۰/۵ تا ۰/۷۵ لیتر در هزار لیتر آب به سازمان جنگل‌ها برای کنترل آفت در ذخیره‌گاه‌ها و برای کانون‌کوبی طی دستورالعملی معرفی شد. سپس در پژوهش بابایی و همکاران (۱۳۹۸) سه دوز ۰/۷۵، ۱/۲۵ و ۲ در هزار حشره‌کش بایووان برای کنترل لاروهای شب‌پره شمشاد در جنگل استفاده شد، نتایج به‌ترتیب ۶۳/۱، ۹۱/۹ و ۹۴/۶ درصد بود که در مقایسه با یافته‌های پژوهش پیش‌رو غلظت ۱/۵ تا ۲ برابر را برای کنترل آفت پیشنهاد کرده است. دایابون نیز بیشتر برای آفات گلخانه استفاده می‌شود که با توجه با آزمایش این ترکیب روی شب‌پره شمشاد، غلظت ۱۰ لیتر در ۱۰۰۰ لیتر آب مؤثر بود، با توجه به حجم آفت‌کشی که وارد محیط می‌شود، هرچند که سازگار با محیط‌زیست باشد، هزینه استفاده از آن مقرون‌به‌صرفه نیست.

کاربرد مکرر حشره‌کش‌ها، همیشه خطر باقی‌ماندن سموم را به همراه دارد و در اکوسیستم‌های پیچیده‌ای مثل جنگل، تعادل بوم‌شناختی پیچیده و شکننده‌ای وجود دارد که استفاده از سموم شیمیایی با از بین بردن موجودات غیرهدف این تعادل را برهم می‌زند و باعث فروپاشی زنجیره‌های شبکه غذایی می‌شود. همچنین، کاربرد سموم شیمیایی روی جمعیت‌های انسانی نیز تأثیر منفی دارد، شمال ایران یکی از متراکم‌ترین مناطق جمعیتی کشور است و رهاسازی مقدار زیادی آفت‌کش در محیطی که هر هفته باران دارد، باعث ورود سموم شیمیایی به سیستم آب شهری می‌شود که سبب بروز بیماری‌های غیرقابل پیش‌بینی نظیر سقط جنین، سرطان و ... می‌شود. پژوهش‌های اخیر پژوهشگران جنگل در کانادا درباره سرنوشت آزادیراختین در محیط نشان داد، فرمولاسیون‌های مختلف حاوی این ترکیب، ماندگاری کم تا متوسط در آب، خاک و شاخ‌وبرگ درختان دارند و به‌هیچ‌عنوان در موجودات غیرهدف مطالعه‌شده یافت نشدند (Thompson & Kreutzweiser, 2006)، همچنین حساسیت بالای لاروهای شب‌پره شمشاد به عصاره تلخه‌بیان و اثر لاروکشی بالا در غلظت بسیار کم روی‌اگرو نیز تأییدیه آن برای استفاده در محصولات ارگانیک نیز آن را برای کنترل این آفت مناسب می‌سازد. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده در بین حشره‌کش‌های زیستی، دو ترکیب Neem Azal® و Matrin® توانایی خوبی در کنترل آفت داشتند و غلظت مؤثر آنها به‌ترتیب ۱ لیتر و ۷۵۰ سی‌سی بر ۱۰۰۰ لیتر بود که برای کنترل این آفت در پارک‌های جنگلی و مناطقی که به‌تنهایی رویشگاه این گیاه است، توصیه می‌شود.

منابع

بابایی، م.، فراشیانی، م.الف. و وطن‌دوست، الف.، ۱۳۹۸. بررسی اثر سه حشره‌کش کم خطر بر روی شب پره *Cydalima perspectalis* (Lep:

Pyralidae) روی درختان شمشاد (*Buxus hyrcana*) دراستان مازندران. گزارش نهایی طرح پژوهشی. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۳۱ ص.

رضایی، س. ر.، ۱۳۸۸، سیمای منابع طبیعی و آبخیزهای ایران. مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، تهران، ۳۰۴ صفحه.

صالحی، م. و قدس‌خواه، م.، ۱۳۹۶، پروانه برگخوار شمشاد تهدیدی جدی برای جنگل‌های هیرکانی. مجموعه مقالات همایش ملی جنگل‌های شمال، ۳: ۳۷-۴۷.

صلاحی، ف.، ۱۳۹۱. بررسی اثرات متقابل چند عامل با منشا طبیعی در اختلاط با باکتری *Bacillus thuringiensis* علیه سفیده‌ی بزرگ کلم (*Pieris brassicae* L.). پایان نامه کارشناسی ارشد حشره‌شناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، ۱۰۱ صفحه.

فراهانی، س.، امید، ر.، صالحی، م. و عارفی پور، م.ر. ۱۳۹۵. گزارش آفت جدید *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (*Lepidoptera: Crambidae*) از ایران. دوفصلنامه تحقیقات حمایت و حفاظت جنگل‌ها و مراتع ایران، ۱۴(۱): ۶۸-۷۲.

کوه‌جانی گرجی، م.، فراشیانی، م. ا.، فراهانی، س.، کازرانی، ف.، b ۱۳۹۷. اثر باکتری Bacillus *thuringiensis* var. Kurstaki در اختلاط با پودر حنا و سرکه سفید جهت کنترل شب‌پره شمشاد *Cydalima perspectalis* (Lep.: Crambidae). اولین همایش ملی جنگل‌های ملی ایران، پژوهش و توسعه، دانشگاه ارومیه، تیر ۱۳۹۷، ۴ صفحه.

کوه‌جانی گرجی، م.، فراشیانی، م. ا.، فراهانی، س.، کازرانی، ف.، آهنگران، ی.، a ۱۳۹۷، تاثیر حشره‌کش گیاهی آزادراختین و اختلاط آن با پودر حنا بر شب‌پره شمشاد *Cydalima perspectalis* Walker (Lep.: Crambidae). تحقیقات جنگل و صنوبر ایران، ۲۶(۴): ۵۴۲-۵۵۰.

مروی مهاجر، م. ر.، ۱۳۸۵، جنگل‌شناسی و پرورش جنگل. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ۴۱۰ صفحه.

نامور، پ.، ۱۳۷۸، تاثیر باکتری *Bacillus thuringiensis* Var.Kurstaki روی لاروهای سنین اول، دوم و سوم برگخوار چغندرقند *Spodoptera exigua* (Hubner) و نقش سینرژ سیستم‌های حنا و کاربراندوم در افزایش کارآیی آن در آزمایشگاه، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه ارومیه، ۱۲۰ صفحه.

هاشمی طسوجی،ع.، آرمیده، ش.، صفرعلیزاده، م.ح.، هاشمی طسوجی، ز. ۱۳۹۴. تأثیر باکتری *Bacillus thuringiensis* var. Kurstaki در اختلاط با پودر حنا روی مراحل لاروی شب پره ی مینوز گوجه فرنگی (Meyrick) *Tuta absoluta*. مجله علمی کشاورزی گیاهپزشکی، ۳۸(۳): ۴۷-۳۷.

Abbott, W.S., 1925. A method of com puting the effectiveness of insecticides. Journal of Economic Entomology, 18: 265–267.

Almeida, G. D., Zanuncio, J. C., Senthil-Nathan, S., Pratissoli, R., Polanczyk, R. A., Azevedo, D.O. and Serrão, J. E., 2014. Cytotoxicity in the midgut and fat body of *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera:Geometridae) larvae exerted by neem seeds extract. Invertebrate Survival Journal, 11: 79-86.

Bernays, E.A., Chamberlain, D. and Mc Carthy, P., 1980. The differential effects of ingested tannic acid on different species of Acridoidea. Entomologia Experimentalis et Applicata, 28(2): 158-166

Copping, L.G. and Duke, S.O., 2007. Natural products that have been used commercially as crop protection agents. Pest Management Science, 63(6): 524-554.

Duthie-Holt, M.A., Borden, J.H. and Rankin L.J., 1999. Translocation and efficacy of a neem-based insecticide in lodgepole pine using Ips pini (Coleoptera: Scolytidae) as an indicator species. Journal of Economic Entomology, 92(1): 180-186.

Ghassemi-Kahrizeha, A. and S. Aramideh. 2014.Study on the synergistic effect of Henna in enhancement of pathogenecity of Bacillus thuringiensis Berliner on third and fourth instars larvae of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata* (Say) (Col.: Chrysomelidae). Archives Of Phytopathology And Plant Protection, 47(12): 1497–1507.

Gottig, S. and Herz, A., 2017a. Observations on the seasonal flight activity of the box tree pyralid *Cydalima perspectalis* (Lepidoptera: Crambidae) in the Rhine-Main Region of Hessia) Journal of Cultivated Plants, 69(5): 157-165.

Gottig, S., Korn, S. and Herz, A., 2017b. Repellent and toxic properties of plant oils and extracts on *cydalima perspectalis* Walker. Archive of Phytopathology and Plant Protection, 50: 14: 658-

Helson, B.V., Barry Lyons, D., Wanner, K.W. and Taylor, A.S., 2001. Control of conifer defoliators with neem-based systemic bioinsecticides using a novel injection device The Canadian Entomologist, 133: 729-744.

Huang, Z., Shi, P., Chen, C. and Du, J., 2004. Protein metabolism in *Spodoptera litura* (F.) is influenced by the botanical insecticide azadirachtin. Pesticide Biochemistry and Physiology, 80: 85-93.

Jamzad, Z and Jalili, A., 1999. Red Data Book of Iran: A Preliminary Survey of Endemic, Rare and Endangered Plant Species in Iran. Research Institute of Forests and Rangelands Publications, Tehran, 748p.

Kazerani, F., Farashiani,M.E., Alazmani, M., Farahani, S., Khaleghi, S.N., Kord mohammadi,M., Zeinali1,S., Kouhjani Gorji, M. and Ahangaran, Y., 2019. Sex pheromone traps for detection of *Cydalima perspectalis* (Walker) (Lepidoptera: Crambidae) in Hyrcanian forests, Iran Journal of Crop Protection, 8 (2): 215-222.

Li, S.G., Lin, H.F., Yin, C.D, Chen, S.R., Zhang, L., Wang, P.L. and Xu, T.Z., 2004. Biology and microbial control of box tree caterpillar, *Diaphania perspectalis* (Walker). Forest. Ins. 6, 584–587 (in Chinese).

Mohan M., Haider Z., Andola H., Purohit, V.K., 2011. Essential oils as green pesticides: for sustainable agriculture. Research Journal of Pharmaceutical, Biology and Chemical Sciences, 2: 100–106

Rharrabe, K., Amri, H., Bouayad, N. and Sayah, F., 2008. Effects of azadirachtin on post-embryonic development, energy reserves and a-amylase activity of *Plodia interpunctella* Hübner (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 44: 290- 294.

Senthil-Nathan, S. S., Kalaivani, K., Sehoon, K. and Muragan, K., 2006. The toxicity and behavioral effects of limonoids on *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae), the rice leaffolder. Chemosphere, 62: 1381-1387.

Thompson, D.G. and Kreutzweiser, D.P., 2006. Environmental fate and ecotoxicological effects of natural product pesticides in Canada: 245-274. In: Felsot, A.S. and Racke, K.D. (Eds.). Certified Organic and Biologically Derived Pesticides. American Chemical Society, Washington DC, USA, 326p

Wan, H., Haye, T., Kenis, M., Nacambo, S., Xu, H., Zhang, F. and Li, H., 2014. Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: is there biological control potential in Europe? Journal of Applied Entomology, 138: 715-722.