بررسی میزان کارآیی و مقایسه تله‌های نوری، فرومونی و نوری-فرومونی جهت جمع‌آوری شب‌پره کرم سیب *Cydia pomonella*

Evaluation and Comparison the efficiency of light, pheromone and light-pheromone traps for collecting *Cydia pomonella*

مجید آزادی[1] و حمیدرضا صراف معیری[2*]

دریافت: ۱۳۹۷/۲/۲ پذیرش: ۱۳۹۷/۶/۱۴

چکیده

پایش دقیق و درست آفات با استفاده از انواع تله‌ها با تعیین زمان مناسب سم‌پاشی باعث افزایش کارآیی مبارزه شیمیایی خواهد شد. در این تحقیق به بررسی کارایی تله‌های نوری با طیف‌های مختلف (فرابنفش، آبی، زرد و سفید)، تله‌های فرومونی و ترکیبی از آنها برای جلب شب‌پره‌های کرم سیب پرداخته شد. در این بررسی اثر پارامترهایی مانند رنگ تله‌های نوری، ارتفاع نصب، حجم تله و تعداد منافذ و همچنین ترکیبی از تله‌های نوری با تله‌های فرومونی بر درصد جلب شب‌پره‌های کرم سیب بررسی شدند. نتایج نشان داد بیش‌ترین جلب شب‌پره کرم سیب مربوط به نور فرابنفش بوده است. در ارتفاع ۱/۵ متری از سطح زمین هر دو تیمار تله نوری و تله نوری- فرومونی، کم‌ترین میزان کارایی را داشتند؛ در حالی‌که با افزایش ارتفاع میزان کارایی دو تله مذکور افزایش یافت. مقایسه میانگین حشرات جلب شده در تله‌های با ۱۲ و ۲۶ منفذ ورودی با نور فرابنفش اختلاف معنی‌داری نشان نداد؛ از سوی دیگر، تله‌های با حجم ۵/۵ لیتر میزان جلب بیش‌تری نسبت به تله‌های با حجم ۳/۵ لیتری داشتند. همچنین نتایج نشان داد زمان اوج حضور و فعالیت شب‌پره‌های کرم سیب در تله‌های نوری با داده‌های تله‌های فرمونی دلتایی تطبیق داشت. به نظر می‌رسد تله‌های طراحی شده در این پژوهش می‌توانند به عنوان ابزاری برای پیش آگاهی و شکار انبوه کرم سیب پس از آزمایشات تکمیلی مورد استفاده قرار گیرند.

واژگان کلیدی: تله نوری، تله فرمونی، *Cydia pomonella*

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

نویسنده مسئول مکاتبات: hamidsarrafm@gmail.com

مقدمه

کنترل شیمیایی آفات ممکن است در کوتاه مدت از کارایی مناسبی برخوردار باشد؛ اما به دلیل مشکلاتی نظیر بقایای سموم، مقاومت آفات و بروز اختلالات زیست محیطی و بهداشتی ناشی از کاربرد سموم روی محصولات کشاورزی، استفاده از روش‌های جایگزین و همچنین روش‌هایی برای برآورد بهترین زمان و دفعات سم‌پاشی جزء مهمی از تحقیقات در حوزه مدیریت تلفیقی آفات (IPM) را تشکیل می‌دهند. پایش دقیق و درست آفات با استفاده از انواع تله‌ها در حقیقت پاسخی است به بخشی از این برنامه که سبب توازن در زمان مبارزه بر علیه آفت، تعیین بهترین دز مصرفی سموم، کاهش تعداد دفعات سم‌پاشی بر علیه آفت و در نهایت حفظ محیط زیست می‌شود و کنترل پایدار را به ارمغان می‌آورد (دانش‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱). از تله‌های نوری برای بررسی جمعیت و مدیریت رفتاری بسیاری از آفات استفاده شده است مانند کرم ساقه‌خوار ذرت (قهرمانی و همکاران، ۱۳۹۴)، کرم گلوگاه انار (پژمان و سعیدی، ۱۳۹۷)، مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absolota* (سیدی کهنه شهری و مهرخو، ۱۳۹۴).

کرم سیب یا کرم تخم‌خوار سیب *Cydia pomonella* L. (Lep.: Tortricidae) یک آفت همه‌جاگیر و کلیدی در باغات سیب سراسر جهان بوده و در تمام پنج قاره جهان انتشار دارد (Mason *et al.*, 1997). امروزه در اکثر کشورهای جهان برای مبارزه با کرم سیب از روش‌های تلفیقی استفاده شده و همواره ترتیبی اتخاذ می‌شود که دفعات سم‌پاشی علیه این آفت در هم ادغام و به حداقل ممکن کاهش یابد (رجبی، ۱۳۶۵؛ اسماعیلی، ۱۳۸۶). برخی از پژوهش‌گران از انواع تله‌های نوری، طعمه‌ای و فرومونی برای تعیین اوج فعالیت این آفت استفاده کردند (دانش‌نیا و همکاران، ۱۳۹۱؛ رنجبر اقدم، ۱۳۹۲). به این منظور استفاده از ابزارهای گوناگون مانند تله‌های نوری و فرومونی جهت تعیین بهترین زمان سم پاشی بر علیه این آفت ضروری به نظر می‌رسد. استفاده از تله‌های نوری در مطالعات تراکم جمعیت پروانه‌های کرم سیب سابقه طولانی دارد (Geier, 1960; Barnes *et al.*, 1965; Corbet, 1964).

روش دیگری که برای مبارزه تلفیقی و جلب حشرات کامل مطرح می‌شود، استفاده از فرومون جنسی شب‌پره است. امروزه از فرومون‌های جنسی مصنوعی با سه هدف پیش آگاهی، شکار انبوه و اختلال در جفت‌گیری برای کنترل کرم سیب استفاده می‌شود (بهداد، ۱۳۷۵؛ رجبی، ۱۳۶۵). بر اساس تعداد حشرات شکار شده در تله‌های فرمونی، زمان اوج پرواز به‌دست آمده و سپس بر اساس درجه حرارت مؤثر روزانه و تطبیق آن با اوج پرواز، بهترین زمان مبارزه محاسبه خواهد شد؛ این امر به کاهش دفعات سم‌پاشی و همچنین کنترل هر چه بهتر آفت منجر خواهد شد که به لحاظ هزینه‌های اقتصادی برای باغداران مقرون به صرفه و قابل قبول است (فرازمند و همکاران، ۱۳۹۵). در کشورهای اروپایی، استفاده از فرمون‌ها در سطح گسترده‌ای برای ردیابی انواع آفات به خصوص آفات کلیدی و به‌دست آوردن بهترین زمان مبارزه متداول است و همچنین به یکی از راه‌های مبارزه بر علیه آفات تبدیل شده‌اند (Knight *et al.*, 2011) و یا از طریق اختلال در جفت‌گیری به‌صورت غیرمستقیم باعث کاهش جمعیت آفت می شوند (Walker *et al.*, 2003).

تغییرات جمعیت کرم سیب را به منظور تعیین بهترین زمان مبارزه با نصب تله‌های فرومونی و همچنین نمونه‌برداری از مراحل زمستان‌گذرانی آفت و با استفاده از تغییرات درجه حرارت می‌توان بررسی نمود (Alston *et al.*, 2010). محققین ضمن بررسی بیواکولوژی حشرات بالغ، دریافته‌اند که پروانه‌های نر کرم سیب به طرف تله‌های حاوی فرومون جنسی ماده‌های باکره جلب می‌شوند (Hill and Gouraly, 2002). فرومون جنسی مصنوعی کرم سیب توسط محققین سنتز شده و به صورت تجاری درون کپسول پلاستیکی به بازار عرضه گردیده است (Negri and Bernik, 2008). جهت مشخص نمودن زمان ظهور نسل اول آفت می‌توان از سه شاخص که عبارتند از تله‌های فرومونی، فنولوژی گیاه و مجموع درجه حرارت‌های ثبت شده از سال قبل استفاده نمود (Asadi *et al.*, 2001) .

هدف از این تحقیق، طراحی و بهینه‌سازی تله‌های نوری و کاربرد هم‌زمان آن با فرومون‌های جنسی در باغات سیب و همچنین ارزیابی میزان کارایی آن‌ها با طیف رنگ‌های مختلف در شکار انبوه حشرات کامل کرم سیب و مطالعه تطبیقی نوسانات جمعیت و زمان اوج حضور شب‌پره‌های کرم سیب در تله‌های نوری با تله‌های فرومونی بود که در حال حاضر به صورت معمول در کشور مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مواد و روش ها

آزمایش‌ها در باغی به مساحت سه هکتار واقع در دانشگاه زنجان در کیلومتر ۱۵ جاده زنجان به میانه با حدود جغرافیایی ″۱۵/۲۱، ′۴۱، °۳۶ شمالی و ″۳۶/۵۵، ′۲۳، °۴۸ شرقی و ارتفاع ۱۶۶۳ متر از سطح دریا انجام شد. درختان باغ شامل ارقام مختلف سیب گلاب، سیب قرمز و انواع سیب زرد بودند. آلودگی به کرم سیب طبق اطلاعات سال‌های گذشته ثبت گردید.

در طراحی تله نوری از ظرفی پلاستیکی با جنس پلی‌اتیلن تترافتالات (PET) استفاده شد. برای بررسی تأثیر تعداد منفذهای ورودی آفت، دو نوع تله با تعداد منافذ ۲۶ عدد و ۱۲ عدد با قطر ۲ سانتی‌متر ساخته شد. برای بررسی تأثیر حجم ظرف در میزان به دام افتادن شب‌پره‌ها نیز تله‌ها در دو حجم مختلف ۵/۵ و ۳/۵ لیتری طراحی گردیدند. منافذ به وسیله هویه و الگوهای از قبل طراحی شده بر روی ظروف ایجاد شدند، همچنین برای قرار دادن سلول‌های خورشیدی به عنوان منبع انرژی از پنل خورشیدی ۴۰ میلی‌آمپر همراه با یک باتری قابل شارژ ۱/۲ ولت و ۱۴۰۰ میلی‌آمپر استفاده شد و بر روی ظروف نیز درب ظروف به اندازه ابعاد سلول‌های خورشیدی برش خوردند و پنل‌ها به وسیله چسپ حرارتی بر روی درب ظروف ثابت شدند (شکل ۱).

شکل ۱- ظروف تله‌های نوری ساخته شده با استفاده از پلاستیک با جنس پلی‌اتیلن تترافتالات (PET)

Fig. 1. Light traps designed by plastic polyethylene tetra-phthalate

سنسورها به هنگام غروب خورشید با استفاده از سنسور حساس به نور به‌کار می‌افتادند و نور تله‌ها از طریق یک لامپ LED تأمین می‌شد. بر همین اساس لامپ‌های استفاده شده از لامپ‌های LED یک وات ساخت کشور چین و در رنگ‌های آبی، زرد، سفید و فرابنفش استفاده گردید. برای نصب تله‌ها بر روی درختان سیب، با استفاده از نخ ابریشم به ضخامت پنج میلی‌متر توری‌هایی با ابعاد تله‌ها بافته شدند و تله‌ها درون آن‌ها قرار گرفته و سپس بر روی درختان آویزان شدند. تله‌ها در دو ارتفاع ۱/۵ متری و ۲ متری از سطح زمین و در خارجی‌ترین شاخه نصب شدند (شکل ۱).

از تله‌های دلتایی و نوری-فرومونی از فرومون شرکت راسل (انگلستان) استفاده شد. فرومون‌های استفاده شده در آزمایش‌ها قبل از استفاده در یخچال در دمای ۲- درجه سلسیوس نگهداری شدند.

آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. باغ به ۵ بلوک تقسیم شد و ۱۰ تیمار به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر قرار گرفتند. محتویات هر تله به صورت جداگانه در داخل کیسه‌های پلاستیکی برچسب‌دار بر حسب شماره تله تخلیه شده و بعد هر تله با استفاده از آب و مایع ظرفشویی پر می‌شدند؛ سپس در داخل آزمایشگاه در زیر بینوکولر محتویات هر کیسه به صورت جداگانه شمارش می‌شدند و بر اساس هر تیمار به صورت جداگانه در برنامه اکسل ثبت شدند. تله‌ها عبارت بودند از تله‌های نوری با چهار رنگ فرابنفش، آبی، سفید و زرد، تله‌های نوری در ترکیب با فرومون جنسی و تله فرومونی به تنهایی و تله شاهد بدون نور و فرومون. تله‌ها به فاصله ۲۰ متر از یکدیگر نصب شدند. شمارش حشرات جلب شده در تله‌ها به صورت ۳ روز یک بار از اول تیر تا اول شهریور انجام شد. ارتفاع ۱/۵ و ۲ متر از سطح زمین به عنوان دو تیمار مختلف در نظر گرفته شد. در خصوص منفذهای ورودی آفت، دو تیمار با تعداد منافذ ۲۶ عدد و ۱۲ عدد با قطر ۲ سانتی‌متر مورد مقایسه قرار گرفت. برای بررسی حجم ظرف استفاده شده نیز، دو ظرف به ابعاد ۵/۵ لیتری و ۳/۵ لیتری مورد مقایسه قرار گرفت. در آزمایش بررسی اثر ارتفاع نصب و تعداد منافذ، بهترین نور (فرابنفش)، همراه با شاهد (بدون نور) استفاده شد.

به منظور مطالعه تطبیقی اوج فعالیت حشرات کامل شب‌پره‌ها با استفاده از تله‌های نوری، نوری-فرومونی و دلتایی، سه نوع تله مورد استفاده در باغ سیب دانشگاه نصب شدند و نوسانات جمعیت شب‌پره‌های کرم سیب با یکدیگر در بازه زمانی یک ماه مورد مقایسه قرار گرفت. مقایسه فعالیت پروازی حشرات کامل شب‌پره کرم سیب از نظر تعداد پروانه‌های نر و ماده شکار شده، متوسط تعداد شب پره‌های شکار شده توسط یک تله در تله‌های نوری نسبت به تله‌های فرمونی-دلتایی در طول دوره پرواز با تله‌های فرمونی دلتایی مورد مقایسه و بررسی قرار گرفت.

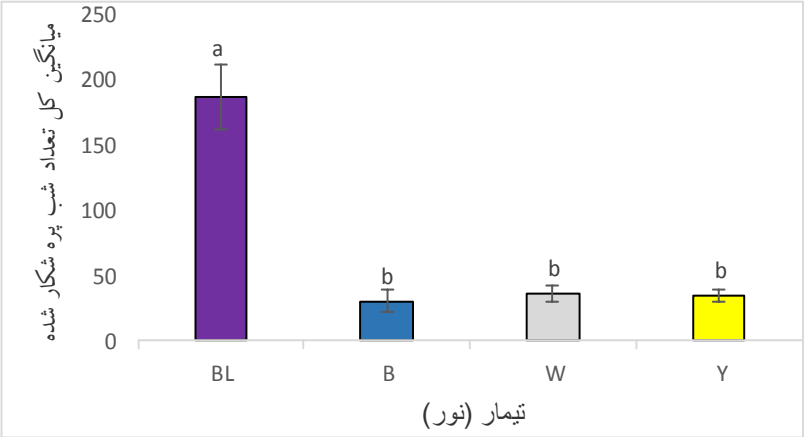
برای همه آزمایش‌ها داده‌های مربوط به شب‌پره‌های کامل کرم سیب جلب شده و به دام افتاده در هر یک از تیمارها با روش قوس سینوسی (Arcsin $\sqrt{x}$) ابتدا نرمال شد و سپس با روش تجزیه واریانس یک طرفه (ANOVA) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. به منظور بررسی میزان برهمکنش تیمارهای نوع تله و زمان شمارش از آزمون رگرسیون استفاده شد. میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵٪ مقایسه شدند و شکل‌های مربوط به هر یک از آزمایشات توسط برنامه Excel رسم گردیدند.

نتایج

تجزیه واریانس حاصل از داده‌های آزمایش اثر طیف‌های نوری مختلف در عدم حضور فرومون بر میزان جلب شب‌پره کرم سیب *Cydia pomonella* (L.) نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بود (P<1%). همچنین اثر بلوک در این آزمایش نیز معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که طیف نوری فرابنفش بیشترین تعداد جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب را به خود اختصاص داد (۱۲۹۸ عدد) و رنگ‌های نوری آبی، سفید و زرد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (آبی ۱۸۵ عدد، سفید ۱۷۷ عدد و زرد ۱۳۳ عدد). در این آزمایش شکار تله‌ها در نور آبی و سفید اختلاف معنی‌داری نداشتند (شکل ۲).

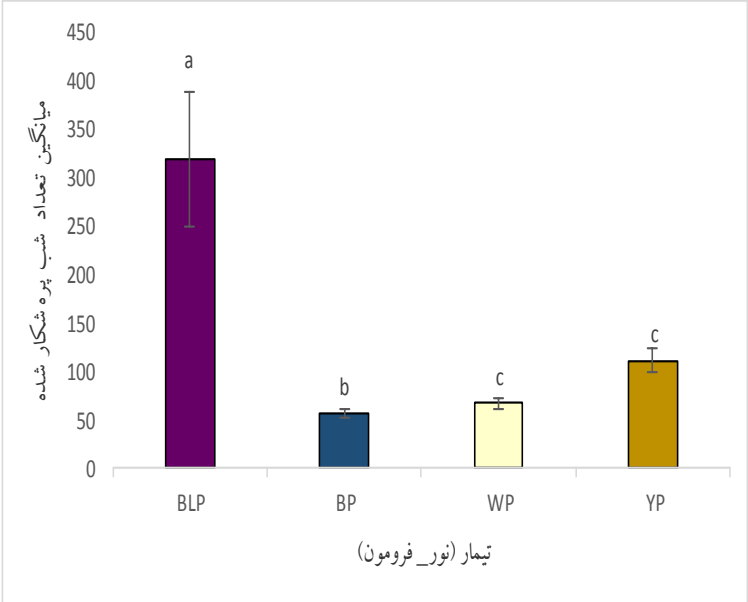
تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش اثر طیف‌های نوری مختلف در حضور فرومون بر میزان جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای آزمایشی بود. طیف نوری فرابنفش با فرومون (۷۰±۳۲۰ عدد) به ترتیب طیف‌های نوری آبی (۵ ± ۵۶ عدد)، سفید (۷ ± ۶۷ عدد) و زرد (۱۲ ± ۱۱۱ عدد) به همراه

فرومون، بیش‌ترین تأثیر را در جلب شب‌پره کامل کرم سیب داشتند. در تمامی طیف‌های مورد آزمون میزان جلب توسط نورهای مختلف به جز نور زرد با سفید معنی‌دار بودند (شکل ۳).



شکل۲- اثر طیف‌های نوری (فرابنفش BL، آبی B، سفید W و زرد Y) مختلف بر میانگین جلب حشرات کامل شب پره کرم سیب *C. pomonella* (حروف غیر متشابه نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح یک درصد می‌باشد)

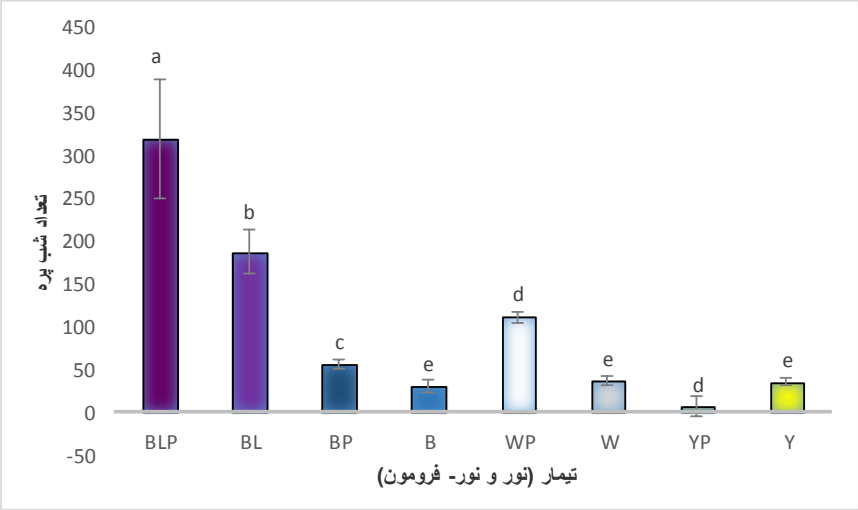
Fig. 2. The effect of color range (ultraviolet BL, blue B, white W and Yellow Y) on the adult moth *C. pomonella* attraction rate (non-similar letters shows the significant difference at 1% level)



شکل ۳- اثر طیف‌های نوری در حضور نور فرابنفش با فرومون (BLP)، آبی با فرومون (BP)، سفید با فرومون (WP) و زرد با فرومون (YP) بر میزان جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب*C. pomonella* (حروف غیر متشابه به تفکیک نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 3. The effect of color range in combination with pheromone (BLP=ultraviolet + Ph, BP=Blue+Ph, WP=white+Ph and YP=Yellow+Ph) on the adult moth *C. pomonella* attraction rate (non-similar letters shows the significant difference at 5% level).

تجزیه واریانس داده‌های مقایسه تله‌های نوری و نوری- فرومونی بر میزان جلب حشرات کامل نشان داد که علاوه بر این‌که طیف‌های مختلف نور و حضور فرومون در تیمارها اختلاف معنی‌داری نشان داشتند، برهم‌کنش نور و فرومون نیز معنی‌دار بود. به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد حشره شکار شده صرف نظر از جنس، به ترتیب مربوط به تله‌های ترکیبی نوری- فرومونی با نور فرابنفش با فرومون با تعداد ۲۱۶۱ عدد و نور فرابنفش بدون حضور فرومون با تعداد ۱۲۹۸ عدد بودند که دو تیمار اختلاف معنی‌دار نشان دادند و کم‌ترین تعداد حشره شکار شده مربوط به نور زرد با فرومون با تعداد ۲۹۱ عدد و نور زرد بدون حضور فرومون با تعداد ۱۷۷ عدد بودند که نسبت به نور فرابنفش اختلاف معنی‌دار نشان دادند. نور فرابنفش در حشرات شکار شده بیش‌ترین جاذبه را برای شب پره‌های کامل کرم سیب *C. pomonella* نشان داد. این نتایج بر اهمیت طیف نورهای مختلف و اثر هم‌افزایی نور همراه با فرومون در تله‌های مختلف برای جمع‌آوری حشرات کامل شب‌پره کرم سیب تأکید می‌کند (شکل ۴).

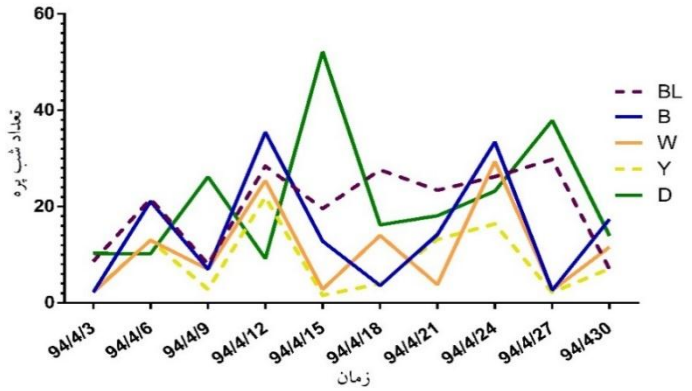


شکل ۴- مقایسه اثر طیف‌های نور (فرابنفش (BL)، آبی (B)، سفید (W) و زرد (Y) و نور- فرومون (فرابنفش با فرومون BLP، آبی با فرومون (BP)، سفید با فرومون (WP) و زرد با فرومون (YP)، (بر میزان جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب در دو دوره سه ماهه (حروف غیر متشابه به تفکیک نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 4. The comparison of color range in combination with pheromone (BLP= ultraviolet+Ph, BP=Blue+Ph, WP=White+Ph and YP=Yellow+Ph) and light range (BL=Ultraviolet, B=Blue, Y=Yellow and W=White) on the adult moth attraction rate (non-similar letters shows the significant difference at 5% level).

اثر ارتفاع نصب تله‌های نوری و نوری-فرومونی با استفاده از نور فرابنفش و تعداد منافذ ورودی و حجم تله‌ها در جلب حشرات شب‌پره کرم سیب و زمان اوج فعالیت حشرات کامل این آفت در بازه زمانی تیر ماه که مصادف با حضور نسل دوم در شرایط استان زنجان می‌باشد، مورد مقایسه قرار گرفت و نتایج در شکل ۵ ارائه شده اند.

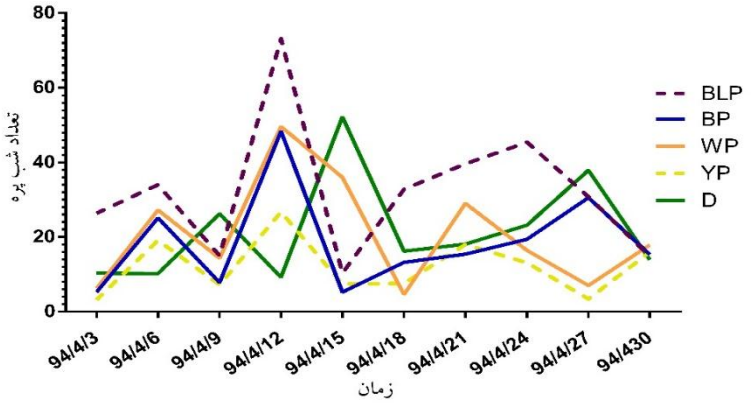
نتایج تجزیه واریانس اثر ارتفاع نصب تله‌های نوری و نوری-فرومونی و تعداد منافذ ورودی و حجم تله‌ها در جلب حشرات شب‌پره کرم سیب نشان داد که ارتفاع در جلب حشرات کامل کرم سیب اثر معنی‌داری داشت و در ارتفاع ۲ متری تله‌های نوری فرابنفش به همراه فرومون در مقایسه با همان تیمار اما در ارتفاع ۱/۵ متری، اثر معنی‌داری بر روی تعداد حشرات جلب شده نشان داد.



شکل ۵- مطالعه تطبیقی جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب در تله های نوری، نوری- فرومونی و تله‌های دلتایی (BL= فرابنفش، B= آبی، W= سفید، Y= زرد و D= تله فرمونی)

Fig. 5. Comparison of the attraction rate on male moth in light, pheromone and light-pheromone traps (BL= Ultraviolet, B=Blue, W=White, Y=Yellow and D=Pheromone).

نتایج حاصل از تیمارهای مختلف و مقایسه آن‌ها نشان داد که در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین، ترکیب نور و فرومون اثر جلب کنندگی بسیار بالایی برای شب پره‌های کرم سیب داشتند که با میزان جلب در ارتفاع ۱/۵ متری در تله‌های نوری- فرمونی، اختلاف معنی‌دار بود. در ارتفاع ۱/۵متری، تله‌های نوری کم‌ترین درصد جلب شوندگی را بر روی شب‌پره‌های کامل کرم سیب داشتند (شکل ۶).

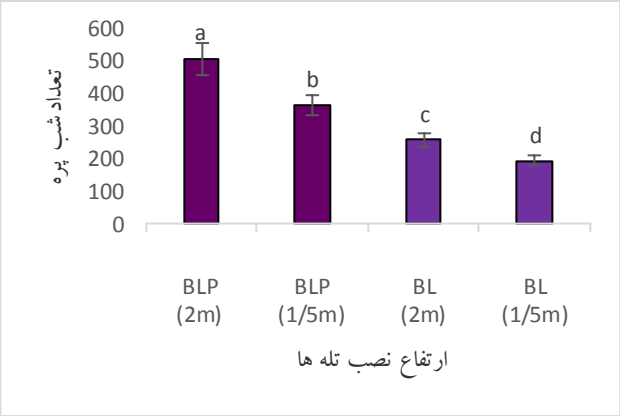


شکل ۶- درصد جلب شب‌پره‌ها به تله‌های نوری با رنگ‌های مختلف سفید، آبی، فرابنفش و زرد و فرومونی

Fig. 6. The attraction rate of male moth in light traps with different colors (BLP, BP, WP, YP) and pheromone trap (D).

در مقایسه بین تله‌های نوری و تله‌های ترکیبی نوری- فرومونی که در ارتفاع ۲ متری نصب شدند، اختلاف معنی‌داری در میزان جلب شب‌پره‌ها مشاهده گردید. ولی همان تیمارهای آزمایشی در ارتفاع ۱/۵ متری اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند. در نتیجه بهترین و بیش‌ترین کارایی تله‌های نوری و نوری- فرمونی در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین بود.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که برهمکنش اثر ارتفاع از تله‌های نوری- فرومونی، حداکثر میزان جلب کنندگی را سبب گردید. به‌طوری‌که تله‌های نوری- فرمونی در ارتفاع ۲ متری تعداد ۹۲ ± ۵۳۰ عدد کرم سیب جلب شده نسبت به ۷۵ ± ۳۶۸ عدد شب پره کرم سیب جلب شده در ارتفاع ۱/۵ متری را نشان داد. مقایسه تعداد حشرات شب‌پره کرم سیب جلب شده نشان می‌دهد که با کاهش ارتفاع از ۲ به ۱/۵ متر، افت نسبی و قابل توجهی در میزان جلب شوندگی به هر دو تیمار (نور و نور_ فرومون) مشاهده شد (شکل ۷).



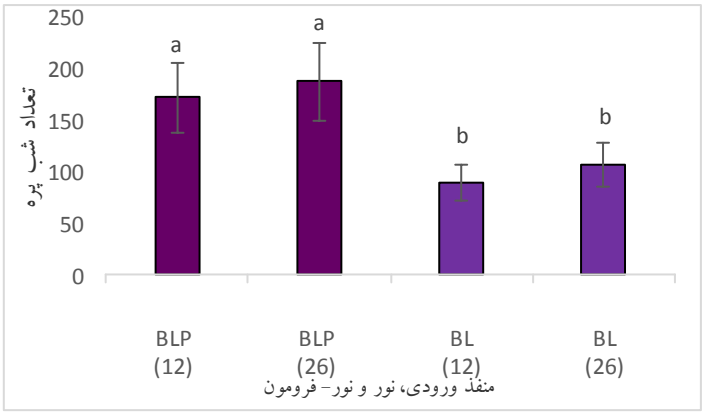
شکل ۷- اثر ارتفاع نصب تله‌های نوری (فرابنفش BL) و نوری- فرومونی (BLP= فرابنفش+ فرومون) در جلب حشرات شب‌پره کرم سیب (حروف غیر متشابه به تفکیک نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 7. The effect of height of light (BL=ultraviolet) and light-pheromone (BLP) traps on the attraction rate of adult moth (non-similar letters shows the significant difference at 5% level

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین تله‌های با ۲۶ و ۱۲ عدد منفذ ورودی (با قطر دو سانتی‌متر) وجود نداشت. در بین تله‌هایی با تعداد ۱۲ منفذ اختلاف معنی‌داری بین تله‌هایی با طیف نوری فرابنفش دیده نشد، این در حالی است که بین تله‌های نوری با طیف‌های مختلف و ۲۶ منفذ اختلاف معنی‌دار وجود داشت. همچنین بین تله‌های با نور فرابنفش (نور- فرومون) با تعداد منفذ ورودی ۱۲ عدد، اختلاف معنی‌دار وجود داشت (P>5%؛ شکل ۸).

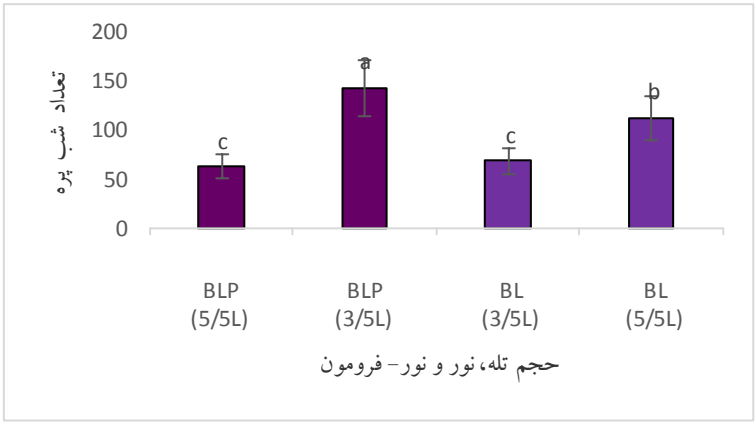
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میزان جلب حشرات در تله‌ها با دو حجم ۵/۵ و ۳/۵ لیتر در تله‌های نوری فرابنفش و تله‌های نور فرابنفش- فرمون اختلاف معنی‌دار نشان داد (P<5%). نتایج به‌دست آمده نشان داد که در کاربرد تله‌های نوری و تله‌های ترکیبی نوری- فرومونی، بیش‌ترین کارایی مربوط به تله‌های نوری و نور- فرومون با حجم ۵/۵ لیتر بوده است (شکل ۹).

نتایج تجزیه واریانس آزمون اوج فعالیت حشرات کامل کرم سیب نشان داد که تیمار زمان، نوع تله و بر هم کنش آن‌ها اثر معنی‌داری بر روی میزان جلب شوندگی شب‌پره کرم سیب در طول ۱۲ ساعت آزمایش از غروب خورشید تا طلوع خورشید داشته است. نتایج نشان داد بیش‌ترین جلب حشرات کامل کرم سیب در ساعات غروب خورشید و طلوع خورشید (ساعت ۲۰ شب و ۵ صبح) بوده است. هر چند تعداد بیش‌تری شب‌پره در ساعات اولیه غروب خورشید در تله‌ها جلب شده بود، ولی این تعداد با ساعت پنج صبح (طلوع خورشید) اختلاف معنی‌داری نداشت.



شکل ۸- اثر تعداد منافذ ورودی تله‌های نوری فرابنفش (BL) و نوری- فرومونی (BLP) در میزان جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب (حروف غیر متشابه به تفکیک نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

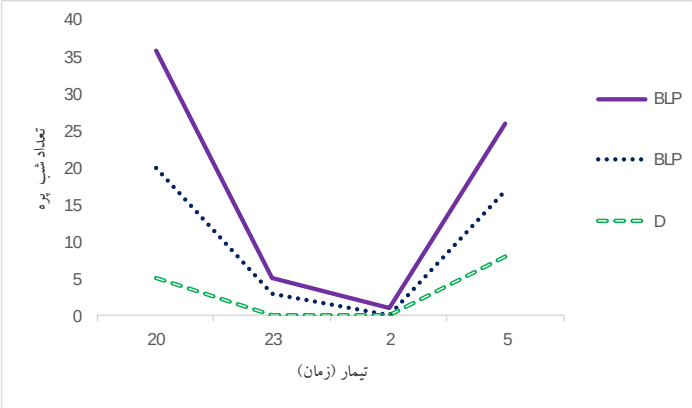
Figure 8- The effect of pore numbers of the light (BL=ultraviolet) and light-pheromone traps (BLP= Ultraviolet + Pheromone) on the attraction rate of adult moth *C. pomonella* (non-similar letters shows the significant difference at 1% level)



شکل۹- اثر میزان حجم تله‌های نوری فرابنفش (BL) و نوری_ فرومونی (BLP= فرابنفش + فرومون) در میزان جلب حشرات کامل شب‌پره کرم سیب (حروف غیر متشابه به تفکیک نشانه اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشد)

Fig. 9. The effect of trap capacity of the light and light-pheromone traps on the attraction rate of male moth

همچنین نتایج نشان داد برهم‌کنش بین نوع تله (سه نوع نوری، نوری-فرومونی و دلتایی) و زمان (چهار نوبت شمارش در طول روز) معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر، نوع تله در اوج جلب شب‌پره‌ها در طول شب اثری نداشته است. متوسط تعداد شب‌پره‌های شکار شده برای تله‌های نوری، نوری- فرومونی و دلتایی در طی چهار نوبت شمارش در شبانه روز به ترتیب ۶۸، ۴۰ و ۱۳ بود که بین شکار تله‌ها اختلاف معنی‌دار مشاهده شد و مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان جلب شب‌پره کرم سیب در بین ساعات مختلف، لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری وجود داشت (P>5%، شکل ۱۰).



شکل ۱۰- بررسی نوسانات فعالیت حشره کامل کرم سیب در طی ۲۴ ساعت در سه تیمار آزمایشی نور فرابنفش(BL)، نور فرابنفش با فرومون (BLP) و تله‌های دلتایی

Fig. 10. Fluctuation of adult moth activities through 24 hours in different trap treatments (BL=light trap/Blue; BLP=light-pheromone trap and D= pheromone trap)

بحث

گزارش‌های متعددی وجود دارد که نشان می‌دهد بسیاری از حشرات به نور مصنوعی جلب می‌شوند؛ از این رفتار حشرات آفت می‌توان برای طراحی تله‌های نوری به منظور پایش جمعیت آفت و شکار انبوه استفاده شود. یکی از مسائل مهمی که در طراحی تله‌ها برای آفات در نظر گرفته می‌شود، تفاوت رفتار آن‌ها نسبت به طول موج‌های مختلف می‌باشد (Yang *et al.*, 2003). در این پژوهش کارایی طول موج‌های مختلف نور (آبی، فرابنفش، زرد و سفید) در تله‌های طراحی شده برای کرم سیب *C. pomonella* مورد آزمایش قرار گرفت و نتایج نشان داد نور فرابنفش (۳۵۰ نانومتر) به طور معنی‌داری شب‌پره‌های کرم سیب را به خود جلب نمود. در عین حال، اختلاف معنی‌دار بین نورهای آبی، سفید و زرد در میزان جلب شب‌پره‌های کرم سیب مشاهده نشد. مشابه با نتایج این تحقیق، کالور و ماریانو نیز نشان دادند که نور فرابنفش به شدت باعث جلب کرم سیب در تله‌های نوری می‌شود (Calor and Mariano, 2012). همچنین Bae و همکاران گزارش کرده‌اند که لامپ‌های LED فرابنفش در مقایسه با LEDهای قرمز، زرد، سبز و آبی برای آفات پروانه‌ای مختلف بیش‌ترین جلب را به نور فرابنفش در مزارع بقولات دارند (Bae *et al.*, 2015). به نظر می‌رسد رنگدانه‌های بینایی در حشرات بیش‌ترین جذب را در طول موج‌های بین ۳۵۰ تا ۵۵۰ نانومتر دارند (Briscoe and Chittka, 2001). به همین دلیل نور فرابنفش یا نزدیک به آن بیش‌ترین جلب را برای اغلب حشرات دارا می‌باشد (Cohnstaedt *et al.*, 2008).

نتایج دومین آزمایش نیز نشان داد نورهای مورد آزمایش در حضور فرومون تعداد شب‌پره بیش‌تری را به خود جلب نمود. در این آزمایش افزودن فرومون به تله‌های نوری باعث شد تا شدت جلب به میزان تقریبا سه برابر افزایش پیدا کند. Knight (2010) مطابق با نتایج ما نشان داد افزودن جلب کننده‌ها به صورت طعمه یا فرومون می‌تواند اثر هم‌افزایی در میزان جلب تله‌های نوری داشته باشد. در خصوص رفتار کرم سیب مشخص شده است که وجود علائم بینایی در کنار سیگنال‌های بویایی جنس ماده نقش به‌سزایی در رفتار جفت‌گیری کرم سیب دارد که شاید بتوان علت این هم‌افزایی را با توجه به این نکته توجیه نمود (Witzgall *et al.*, 1999). هرچند به‌نظر می‌رسد تله‌های نوری در جلب آفات اختصاصی عمل نمی‌کنند، ولی به‌دست آوردن ترکیبی از طول موج‌های نور و فرومون‌های جنسی می‌تواند امید بخش استفاده از تله‌های نسل جدید بر مبنای استفاده هم‌زمان نور و فرومون در مدیریت تلفیقی کرم سیب باشد که قبل از هرگونه توصیه‌ای می‌بایست استفاده از این تله‌ها در میزان کاهش آفت و نهایت خسارت آن در باغات سیب مورد ارزیابی قرار گیرد.

پس از طراحی و ساخت اولین نمونه از تله‌ها برای بهینه‌سازی بیش‌ترین جلب شب پره‌های کرم سیب دو نوع ظرف با حجم‌های ۳/۵ و ۵/۵ لیتر و همچنین دو تیمار تعداد منافذ ورودی (۱۲ و ۲۶ منفذ) با نصب در دو ارتفاع ۱/۵ و ۲ متر مورد ارزیابی قرار گرفت که نتایج نشان داد منافذ ورودی در دو تیمار تفاوت معنی‌داری در میزان جلب حشرات کامل *C. pomonella* نداشت. برعکس منافذ ورودی حجم ظرف اثر معنی‌داری در شکار حشرات کامل داشت؛ به‌طوری‌که در حجم ۵/۵ لیتر میزان جلب شب‌پره‌های کرم سیب به‌طور معنی‌داری نسبت به ظرف ۳/۵ لیتری افزایش پیدا کرد. نکته دیگری که قابل ذکر است در ظرف با حجم بالاتر و منافذ ورودی کمتر ضمن این‌که میزان تبخیر آب کمتر می‌شود، جلب شب‌پره‌ها افزایش می‌یابد.

نتایج نشان داد اولین ظهور حشرات کامل کرم سیب و جلب شدن آنها در تله دلتایی در شرایط اقلیمی مورد آزمایش ۲۶ فروردین ماه (سال ۹۴) بوده است. پیک نسل دوم و سوم در تله‌های دلتایی به ترتیب در تاریخ‌های ۱۵ و ۲۷ تیر ماه مشاهده شد که با تله نوری با طیف نوری فرابنفش مطابقت داشت؛ ولی نسبت به تله‌های با نور آبی، زرد و سفید با ۳ روز تأخیر این اوج اتفاق افتاد (شکل‌های ۵ و ۶). تاریخ‌های اوج پرواز برای نسل دوم و سوم برای این تله‌ها به ترتیب در تاریخ‌های ۱۲ تیرماه و ۲۴ تیر ماه رخ داده است. هم‌چنین در مورد تله‌های نوری-فرومونی با افزودن فرومون جنسی به تله‌های طراحی شده در نسل دوم تمامی تله‌ها در ۱۲ تیرماه پیک دوم را (سه روز زودتر از تله فرومونی دلتایی) نشان دادند؛ ولی در نسل سوم تله‌های نوری فرومونی با نور فرابنفش سه روز زودتر و در تله‌های با نور سفید و زرد اوج پرواز سوم با شش روز اختلاف به‌دست آمد. تقدسی و همکاران (۱۳۹۰) اوج فعالیت‌های کرم سیب را در زنجان با استفاده از تله‌های دلتایی در نسل دوم و سوم به ترتیب در تاریخ ۲۰ تیر و ۱۶ مرداد گزارش کرده‌اند که در مقایسه با نتایج این پژوهش در نسل دوم با ۵ روز اختلاف تفاوت اندک ولی در نسل سوم با ۱۹ روز تأخیر تفاوت بیش‌تری دیده می‌شود. به نظر می‌رسد علت فاصله اندک نسل دوم و سوم در پژوهش حاضر تداخل این دو نسل در سال آزمایش و نسل تابستان‌گذران باشد که قبلاً نیز توسط رجبی (۱۳۶۵)، بهداد (۱۳۷۵)، اسماعیلی (۱۳۸۶) و علومی صادقی و اسماعیلی (۱۳۵۷) گزارش شده است. همچنین علومی صادقی و اسماعیلی (۱۳۵۹) در مطالعه‌ای نوسانات جمعیت کرم سیب را در شرایط شهر کرج با استفاده از تله‌های نوری و فرومونی بررسی و مقایسه کرده‌اند. نتایج آن‌ها نشان داد که حداکثر پرواز حشرات کامل کرم سیب در نسل‌های اول و دوم در تله‌های فرومونی چند روز زودتر از تله‌های نوری و برعکس در تله‌های فرومونی اوج پرواز در نسل سوم چند روز دیر از تله‌های نوری گزارش شده است. برخلاف پژوهش ذکر شده، نتایج تحقیق حاضر نشان می‌دهد تله‌های نوری با طیف آبی، زرد و سفید سه روز زودتر از تله‌های فرومونی حداکثر شکار را نشان می‌دهند که این روند برای نسل سوم هم دیده می‌شود. هر چند در خصوص نور فرابنفش اوج پرواز در هر دو نسل با تله فرومونی دلتایی تطبیق می‌کند. شاید یکی از دلایل این تفاوت مربوط به ساختار تله و طیف و شدت نور در تله‌های استفاده شده در پژوهش علومی صادقی و اسماعیلی (۱۳۵۹) باشد که از لامپ جیوه‌ای ۱۶۰ وات استفاده شده بود. همان‌طور که ذکر شد در این پژوهش از لامپ LED یک وات استفاده گردیده است. در تحقیق حاضر حدود ۵ درصد از جمعیت شکار شده ماده بودند؛ در صورتی‌که در مطالعه علومی صادقی و اسماعیلی (۱۳۵۹) جمعیت نرها به ماده‌ها به نسبت سه به یک گزارش شده است. با مقایسه تله‌های نوری به همراه فرومون نیز در نسل دوم تمامی تیمارها نیز سه روز زودتر از تله‌های دلتایی اوج پرواز را نشان می‌دهند؛ این در حالی است که در نسل سوم نور زرد و سفید همراه با فرومون شش روز زودتر، تله فرابنفش سه روز زودتر و نور آبی به همراه فرومون در یک مطابق با تله دلتایی حداکثر فعالیت حشرات کامل کرم سیب را نشان می‌دهد.

نتایج بررسی اوج فعالیت شب‌پره کرم سیب، ساعات اوج فعالیت شب‌پره کرم سیب در تله‌های نوری، نوری- فرومونی (نور فرابنفش) و دلتایی در طول یک شبانه روز نشان داد که بیش‌ترین جلب حشرات کامل کرم سیب در ساعات غروب

خورشید و طلوع خورشید (ساعت ۲۰ شب و ۵ صبح) بوده است. هر چند تعداد بیش‌تری شب‌پره در ساعات اولیه غروب خورشید در تله‌ها جلب شده بود، ولی این تعداد با ساعت ۵ صبح (طلوع خورشید) اختلاف معنی‌دار نداشت. در بررسی‌های دیگری نشان داده شد که ساعات اوج پرواز مربوط به فعالیت شب‌پره کرم سیب اواخر غروب و اوایل طلوع خورشید است همچنین بیش‌ترین فعالیت جفت‌گیری در اوایل صبح و بیش‌ترین فعالیت تخم‌ریزی در اواخر غروب به ثبت رسیده است (Saethre and Hofsvange, 2005).

منابع References

اسماعیلی، م. ۱۳۸۶. آفات مهم درختان میوه. تهران، انتشارات سپهر. چاپ چهارم. ۵۴۸ صفحه.

بهداد، ا. ۱۳۷۵. دائره‌المعارف گیاه‌پزشکی ایران. انتشارات نشر یادبود، صفحه‌های ۱۴۵۰-۱۴۴۰.

پژمان، ح. و سعیدی، ک. ۱۳۹۷. ارزیابی تله‌های نوری، فرومونی و نوری-فرومونی (ترکیبی) به منظور شکار انبوده کرم گلوگاه انار و تعیین مناسب‌ترین تراکم تله‌های فرومونی برای کاهش خسارت آفت در یک باغ انار. فصلنامه تحقیقات حشره شناسی ۳۷: ۲۸-۱۳.

تقدسی، م. و.، کلیایی، ر. و معینی، م. ر. ۱۳۹۰. بررسی مقدماتی پرواز حشرات نر کرم سیب *Laspeyresia pomonella* در شهرستان زنجان. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان. https://www.civilica.com/Paper-MAST01-MAST01_804.html

دانش‌نیا، ن.، عالیچی، م. و حیدری، ب. ۱۳۹۱. تعیین زمان ماسب سم‌پاشی با استفاده از تله فرومونی و درجه حرارت مؤثر روزانه برای کرم سیب *Cydia pomonella* در منطقه خان زنیان استان فارس. فصلنامه گیاهپزشکی ۴: ۴۵-۳۷.

رجبی، غ. ر. ۱۳۶۵. حشرات زیان آور درختان میوه سردسیری ایران، جلد دوم. وزارت کشاورزی ۲۱۱: ۴۸-۴۱.

رنجبر اقدم، ح. ۱۳۹۲. برآورد آستانه پایین دمایی رشد و نمو و نیاز گرمایی جمعیت‌های کرم سیب مستقر در استان‌های آذربایجان غربی، اصفهان و تهران با استفاده از مدل‌های ریاضی. گزارش نهایی پروژه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات گیاه-پزشکی کشور. سازمان تحقیقات آموش و ترویج کشاورزی، ۴۹ صفحه.

سیدی کهنه شهری، ح. و مهرخو، ف. ۱۳۹۴. ردیابی و بررسی دوره فعالیت حشرات کامل پروانه مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta* با استفاده از تله فرومونی در مزارع گوجه‌فرنگی سلماس. سومین همایش سراسری کشاورزی و منابع طبیعی پایدار، تهران.

علومی صادقی، ح. و اسماعیلی، م. ۱۳۵۷. بررسی نوسانات انبوهی جمعیت کرم سیب *Laspeyresia pomonela (L.)* در باغ‌های کرج. محیط شناسی ۸: ۸-۳.

علومی صادقی، ح. و اسماعیلی، م. ۱۳۵۹. بررسی نوسانات جمعیت کرم سیب *Laspeyresia pomonella* (L.) به منظور تعیین وقت مناسب مبارزه. مجله علوم کشاورزی ایران ۱: ۴۲-۳۸.

فرازمند، ح.، کلیایی، ر.، محمدی‌پور، ا. و احمدی راد، س. ۱۳۹۵. تأثیر سپیدان بر کنترل کرم سیب *Cydia pomonella* در سیب قرمز. بیست و دومین کنگره گیاهپزشکی ایران، کرج، دانشگاه تهران.

قهرمانی، م.، فلاح‌زاده، م. و تبریزیان، م. ۱۳۹۴. ارزیابی اثر نوع تله، ارتفاع نصب تله و غلظت فرومون در کارایی تله‌های فرمونی پروانه کرم ساقه‌خوار ذرت *Sesamia cretica*. فصلنامه گیاهپزشکی ۷: ۷۱-۵۹.

Alston, D., Murray, M. and Reding, M. 2010. Codling moth *Cydia pomonella*. Utah state University Extension and Utah Plant Pest Diagnostic Laboratory 13: 1-7.

Asadi, G. H., Alichi, M., Zebayi, K. and Mosalaei, K. 2001. Use Degree-Days to determined time for chemical control for *Cydia pomonella* in Sepidan. Journal of Agriculture Sciences and Natural Resources. 98 p.

Bae, S. D., Park, O., Mainali, B. P., Kim, H. J., Yoon, Y. N., Lee, Y. H. and Cho, Y. S. 2015. Evaluation of different light colors in solar trap as attractants to cereal and legume insect pests. Department of Crop Production Technology Research, National Institute of Crop Science, Rural Development Administration, Miryang 50424, Republic of Korea.

Barnes. M. M., Wargo, M. J. and Baldwin, R. L. 1965. New Low intensity ultraviolet light trap for detection of codling moth activity. California Agriculture 19(10): 6-7.

Briscoe, A. D. and Chittka, L. 2001. The evolution of color vision in insects. Annual Review of Entomology 46: 471-510.

Calor, A. R. and Mariano, R. 2012. UV light pan traps for collecting aquatic insects. Entomo Brasilis 5(2): 164-166.

Cohnstaedt, L., Gillen, J. I. and Munstermann, L. E. 2008. Light emitting diode technology improves insect trapping. Journal of American Mosquito Control Association 24(2): 331-334.

Corbet, P. S. 1964. Nocturnal flight activity of sylvan Culicidae and Tabanidae (Diptera) as indicated by light-traps: a further study. Proceedings of the Royal Entomological Society of London. Series A, General Entomology, Wiley Online Library.

Geier, P. 1960. Physiological age of codling moth females *Cydia pomonella* (L.) Caught in bait and light traps. Nature 185:709.

Hill, R. L. and Gouraly, A. H. 2002. Host range testing, introduction and establishment of *Cydia succedana* (Lep.: Tortricidae) for biological control of gorse in New Zealand. Journal of Academic Press Biological Control 25: 173-186.

Knight, A. L. 2010. Increased catch of female codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Kairomone-Baited clear Delta traps. Environmental Entomology 39(2): 583-590.

Knight, A. L., Pickel, C., Hawkins, L., Abbot, C., Hansen, R. and Hull, L. 2011. Monitoring oriental fruit moth (Lepidoptera: Tortricidae) and peach twig borer (Lepidoptera: Gelechiidae) with clear delta shaped traps. Journal of Applied Entomology 135: 106-114.

Mason, C. E., Stromdahl, E. Y. and Pesek, Jr., J. D. 1997. Placement of pheromone traps within the vegetation canopy to enhance capture of male European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Economic Entomology 90:795-800.

Negri, R. M. and Bernik, D. L. 2008. Tracking the sex pheromone of codling moth against a back ground of host volatiles with an electronic nose. Journal of Crop Protection 27: 1295-1302.

Saethre, M. G. and Hofsvange, T. 2005. Diurnal flight activity of codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) males in relation to temperature and twilight. Norwegian Journal of Entomology 52: 75-90.

Walker, G. P., Wallace, A. R., Bush, R., MacDonald, F. H. and Suckling, D. M. 2003. Evaluation of pheromone trapping for prediction of diamondback moth infestations. New Zealand Plant Protection 56: 180-184.

Witzgall, P., Backman, A. C., Svensson, M., Koch, U., Rama, F., El-Sayed, A., Brauchli, J., Arn, H., Bengtsson, M. and Lofqvist, J. 1999. Behavioral observations of codling moth *Cydia pomonella* in orchards permeated with synthetic pheromone. BioControl 44: 211-237.

Yang, E. C., Lee, D. W. and Wu, W. Y. 2003. Action spectra of phototactic responses of the flea beetle, *Phyllotreta striolata.* Physiological Entomology 28: 362-368.

Evaluation and Comparison the efficiency of light, pheromone and light-pheromone traps for collecting *Cydia pomonella*

M. Azadi[1] and H. Sarraf Moayeri[2]*

Received: 22 Apr., 2018 Accepted: 5 Sep., 2018

ABSTRACT

In this study, the efficiency of light trap in different length waves (ultra-violet, blue, yellow and white), pheromone trap and their combination were examined for attracting Codling moth. The effect of different parameters included the color of light trap, the height of trap, trap capacity and the number of pores was studied on the male moth attraction rate. The result showed that ultraviolet trap attracted the most rate of male moth. At the height of 1.5 meter, none of the traps was useful. The number of pores had no significant effect on the attraction rate, however traps with more capacity (5.5 L.) showed significant difference with the smaller traps. The highest attraction rate of male moth showed similar results in both light and pheromone traps. It seems that designed traps in this study could be applied for forecasting and mass-attraction of apple moth after complimentary tests.

Key words: light trap, pheromone trap, *Cydia pomonella*

1 and 2. Former MSc. Student and Associated Professor, respectively, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

***Corresponding author**: hamidsarrafm@gmail.com