

تأثیر طیف‌های نوری مختلف بر شکار بید گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae))

علی محمدی پور^۱، عزیز شیخی گرجان^{۲*} و محمدجواد ارده^۳

۱، ۲ و ۳. محقق، دانشیار و استادیار، مؤسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۲۷)

چکیده

بید گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick)) یکی از آفات بسیار مهم و کلیدی گوجه‌فرنگی در جهان بوده که به‌تازگی با ورود به ایران تولید این محصول را به‌شدت تهدید می‌کند. این آفت در شرایط مساعد محیطی، چندین نسل در سال دارد که می‌تواند مقاومت به انواع حشره‌کش را در پی داشته باشد. یکی از روش‌های به نسبت کم‌هزینه و کم‌خطر مهار و مدیریت کنترل این آفت، استفاده از تله‌های نوری برای شکار حشرات کامل است. هدف از این پژوهش مقایسه تأثیر لامپ‌های موجود و انتخاب مناسب‌ترین آن‌ها برای تله نوری در شرایط آزمایشگاه و گلخانه بوده است. برای تهیه حشرات کامل، بوته‌های آلوده به بید گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های منطقه ورامین گردآوری و به اتاق پرورش منتقل شدند. در اتاق پرورش، آزمایش به‌صورت طرح کامل تصادفی با تله نوری استوانه‌ای شکل (حاوی نورهای سبز، آبی، قرمز و زرد) در چهار تیمار و هفت تکرار انجام شد. برای ارزیابی گلخانه‌ای، از تله‌های نوری چسبناک (با چهار نوع لامپ رنگی: آبی SMD، آبی LED، سبز و فرابنفش)، در قالب طرح آزمایشی کامل تصادفی با چهار تکرار استفاده شد. در اتاق پرورش، نور آبی و نور قرمز با میانگین شکار کل 69.2 ± 0.2 و 0.28 ± 0.2 و در ترتیب بیشترین و کمترین شکار را داشتند. در شرایط گلخانه بیشترین میانگین شکار مربوط به تله نوری با لامپ فرابنفش (14.8 ± 0.2) بود، در حالی که میانگین شکار تله‌های حاوی لامپ‌های آبی SMD، آبی LED و سبز، به ترتیب 4.4 ± 0.16 ، 5.5 ± 1.14 و 7.16 ± 1.2 بود. نسبت جنسی در شب‌پره‌های شکارشده در شرایط اتاق پرورش برابر (۱:۱)، اما در شرایط گلخانه، نسبت ماده‌ها بیشتر بود. در مجموع تله‌های نوری مجهز به لامپ فرابنفش بیشترین شکار شب‌پره را داشته و می‌توانند در کنترل جمعیت و کاهش آسیب و زیان این آفت در گلخانه‌ها سودمند واقع شوند.

واژه‌های کلیدی: تله نوری، طیف نوری، کنترل فیزیکی، مینوز گوجه‌فرنگی.

Effect of different light spectrums on the capture of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae)

Ali Mohammadipour¹, Aziz-ollah SheikhiGarjan^{2*} and Mohammad Java Ardeh³

1, 2, 3. Researcher, Associate Professor and Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
(Received: Feb. 4, 2017 - Accepted: Dec. 18, 2017)

ABSTRACT

Tomato leaf miner moth, *Tuta absoluta* (Meyrick) is a key pest of tomato in the world, which has recently entered Iran and become a serious threat to tomato production. It has several generations per year which increases the risk of insecticidal resistance. A relatively low-cost and low-risk method to control this pest is a light trap for capturing adults. The goal of this research was to find a proper light source for light traps in the laboratory and greenhouse. To collect the adult, infested tomato plants were collected from the greenhouses of the Varamin region and were brought to the growth chamber. In the growth chamber, a completely randomized design with four light traps (green, blue, red, and yellow) was set up, in four treatments and seven replications. For greenhouse comparisons, the sticky light traps (with four lights of blue SMD, blue LED, green, and UV) were evaluated in a completely randomized design with four replications. The highest and lowest mean captures were recorded for the blue light (69.2 ± 0.2) and red light (0.28 ± 0.2) in growth chamber. In the greenhouse, the highest capture was recorded for UV light trap (14.8 ± 0.2), while the mean captures of the moths in the other light traps with SMD, LED, and green light were 4.4 ± 0.16 , 5.5 ± 1.14 , and 7.16 ± 1.2 , respectively. The sex ratio of the captured moths in the growth chamber was equal (1:1), whereas the rate of the females was higher in the greenhouses. In conclusion, the traps with UV light can capture a high number of moths; and could be used to reduce the pest population and the pest damages in the greenhouse.

Keywords: Light trap, light spectrum, physical control, tomato leaf miner.

* Corresponding author E-mail: asheikhi48@gmail.com

مقدمه

بید گوجه‌فرنگی (*Tuta absoluta* (Meyrick) از خانواده Gelechiidae یکی از خطرناک‌ترین آفات گوجه‌فرنگی است، به طوری که آسیب و زیان آن از ۵۰ تا ۱۰۰ درصد برآورد شده است (Pereyra & Sa'nchez, 2006). این آفت به بادمجان، فلفل شیرین و سیب‌زمینی نیز آسیب زده و از علف‌های هرز تیره سولاناسه مانند *Solanum nigerum* spp. هم تغذیه می‌کند. این آفت، بومی آمریکای جنوبی بوده و در سال ۲۰۰۷ به اسپانیا راه‌یافته و تاکنون از فرانسه، ایتالیا، انگلستان، سوئیس، یونان، آلبانی، پرتغال، مراکش، تونس، ترکیه، لیبی، مصر، فلسطین، سوریه، عمان، عربستان سعودی و عراق گزارش شده است. این آفت نخستین بار در ایران در آبان ماه سال ۱۳۸۹ از شهرستان ارومیه در استان آذربایجان غربی گزارش شد و سپس دامنه پراکنش آن به کل کشور گسترش یافت (Baniameri & Cheraghian, 2012).

حشرات کامل به رنگ قهوه‌ای متمایل به خاکستری (به طور معمول نرها تیره‌تر از ماده‌ها) با طول ۶ میلی‌متر است. لاروهای جوان از بین دو لایه رو پوست (اپیدرم) برگ (به حالت مینوز) و همچنین از بافت میوه‌ها و ساقه‌ها تغذیه می‌کنند و دوره لاروی ۱۳ تا ۱۴ روز طول می‌کشد. در حین پوست‌اندازی، لاروها ممکن است به طور موقت بیرون از دالان لاروی روی برگ‌ها یا میوه‌ها هم دیده شوند (Ecole et al., 1999). کمینه دمای محیط برای فعالیت این آفت ۹ درجه سلسیوس بوده و در شرایط مناسب می‌تواند ۱۰ تا ۱۲ نسل در سال داشته باشد (Coelho & Franca, 1987; Vercher et al., 2010). شفیره‌ها قهوه‌ای روشن بوده که ممکن است در خاک، سطح برگ، برگ‌های پیچ‌خورده یا در دالان‌ها ایجاد شوند. زمستان‌گذرانی آفت به صورت تخم، شفیره یا حشرات کامل گزارش شده است (Uchoa-Fernandes et al., 1995). حشرات کامل شب فعال بوده و در روز بین برگ‌ها پنهان می‌شوند. آسیب و زیان این آفت به صورت کاهش رشد، کاهش کمی و کیفی میوه، کاهش بازآرپسندی (بین ۵۰ تا ۱۰۰ درصد) و در نهایت از بین رفتن گیاه است (Desneux et al., 2010).

یکی از روش‌های مهار و مدیریت کنترل سریع این آفت استفاده از حشره‌کش است. با این حال، شمار نسل زیاد و وجود میزبان گیاهی در طول سال سبب مقاوم شدن سریع این آفت به سموم از جمله حشره‌کش‌های گروه فسفره آلی و پایرتروئیدها شده است. همچنین زندگی درون بافتی لاروها سبب می‌شود تا کمتر تحت تأثیر حشره‌کش‌های تماسی قرار گیرند (Lietti et al., 2005; Silva et al., 2011). بنابراین مدیریت این آفت دشوار بوده و برای مهار و مدیریت کنترل مؤثرتر و در عین حال کم‌خطرتر آن دیگر روش‌های مدیریت و مهار باید مدنظر قرار گیرد. در این زمینه یکی از روش‌های به نسبت کم‌هزینه و کم‌خطر، استفاده از تله‌های نوری برای شکار حشرات کامل بید گوجه‌فرنگی است.

نور از جمله عامل‌های محیطی است که نقش اساسی در رفتار حشرات به ویژه شب‌پره‌ها دارد. حشرات کامل در مقابل طول‌موج‌های مختلف نور رفتارهای متفاوتی نشان داده و از آن برای شناسایی میزبان، محیط اطراف و فعالیت‌های جفت‌یابی استفاده می‌کنند (Johnson & Midgley, 2001; Weiss & Papa, 2003). به طور معمول حشرات به نورهای فرابنفش، سبز و آبی که طول‌موج کوتاه و بسامد (فرکانس) بلند دارند بیشتر جلب می‌شوند (Charlotte Bruce-White & Matt Shardlow, 2011). از این رو منبع نوری بیشتر تله‌های نوری از جنس لامپ‌های فلورسانت یا لامپ‌های فرابنفش است. به عنوان مثال، مقایسه تله‌های نوری در کشور برزیل نشان داد، شکار تله‌ها با لامپ BLB در مقایسه با تله‌های دارای لامپ‌های Grolux یا فلورسنت، بیشتر است. لذا این دو لامپ برای مهار بید گوجه‌فرنگی در برنامه مدیریت تلفیقی آفات (IPM)^۱ معرفی شده است (Oliveira et al., 2008). باید توجه داشت که افزون بر رنگ نور، عامل‌های چندی بر جلب و شکار تله‌های نوری تأثیر دارد که از آن جمله می‌توان به نوع تله، طیف نوری به کار برده شده، فصل و مدت‌زمان نمونه‌برداری و عامل‌های محیطی مانند دما، بارندگی و حتی مهتابی

1. Integrated Pest Management=IPM

کم‌مصرف بارنگ خاص (۱۵ وات و ۲۳۰ ولتی) بود. تله‌ها در چهارگوشه مربع فرضی به فاصله ۱ متر از یکدیگر در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین نصب شدند. برای کاهش تأثیر مکان نصب تله‌ها روی شمار شکار، محل تله‌ها پس از هر نوبت نمونه‌برداری با یکدیگر تعویض می‌شد. همزمان با آغاز ساعت تاریکی، لامپ تله‌ها به مدت چهار ساعت روشن و چهار ساعت خاموش شده و در روز بعد شمار شب‌پره‌های نر و ماده شکارشده در تله‌ها شمارش و ثبت می‌شد.

تله‌های نوری چسبناک

این بخش از آزمایش در چهار گلخانه (هر یک به مساحت تقریبی ۱۰۰۰ مترمربع و در جهت جغرافیایی غرب به شرق) آلوده به بید گوجه‌فرنگی در منطقه ورامین اجرا شد. تله‌های نوری چسبناک با چهار نوع لامپ رنگی در قالب چهار تیمار شامل (۱) لامپ آبی ویترونی از نوع SMD (۴۶۰ نانومتر)، (۲) لامپ آبی ویترونی از نوع LED (۴۶۰ نانومتر)، (۳) لامپ آبی کم‌مصرف ۱۵ وات (۴۴۰ نانومتر) و (۴) مهتابی اشعه فرابنفش ۳۰ وات (۳۹۸ نانومتر) به طول ۹۰ سانتی‌متر از لحاظ میزان شکار شب‌پره بید گوجه‌فرنگی و نسبت جنسی افراد شکارشده مقایسه شدند. لازم به یادآوری است که هر لامپ ویترونی از نوع LED (light-Emitting Diode) و SMD (Stone Mather Designs) شامل ۲۰ دیود LED و SMD بود و هر تله چسبناک شامل سه لامپ ویترونی بود که در کنار هم قرار داشتند. نور ناشی از تیمارهای مختلف به یک صفحه سفید چسبناک ۷۰×۱۰۰ سانتی‌متر تابیده می‌شد. تله نوری چسبناک مربوط به هر تیمار به صورت عمودی در قسمت جنوب غربی گلخانه آلوده نصب شد، به طوری که در هر گلخانه یک تله نوری چسبناک وجود داشت و لامپ تله‌ها از زمان غروب تا طلوع خورشید (به مدت هشت ساعت) روشن نگه‌داشته شده و صبح روز بعد شمار شب‌پره‌های شکارشده ثبت می‌شد. برای شمارش شمار شب‌پره‌ها در صفحه چسبناک از کادریهای ۲×۵ سانتی‌متر استفاده شد. برای یکنواخت کردن شرایط آزمایش، هر تیمار در هر چهار گلخانه نصب و به مدت چهار روز (تکرار) در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد.

بودن شب‌ها اشاره کرد (Christine & Konrad, 2012).

این آفت برای ایران غیربومی بوده و مدیریت آن به خاطر نداشتن تجربه و اطلاعات کافی دشوارتر است. از آنجایی که حشرات کامل بید گوجه‌فرنگی شب‌پرواز بوده و به سمت نور جلب می‌شوند. کاربرد تله نوری، به عنوان یک روش غیر شیمیایی، برای شکار و مهار جمعیت حشرات کامل، می‌تواند دیدگاه و روش مناسبی باشد. از آنجاکه اطلاعات کمی در این زمینه وجود داشت، لذا این پژوهش به منظور تعیین مناسب‌ترین و کارآمدترین لامپ‌های رنگی کم‌مصرف موجود در بازار کشور به لحاظ میزان شکار شب‌پره‌های بید گوجه‌فرنگی به اجرا درآمد. در این رابطه در شرایط اتاق پرورش، چهار طیف نور مرئی و در شرایط گلخانه‌های تجاری گوجه‌فرنگی چهار نوع لامپ رنگی موجود در کشور (در محدوده فرابنفش تا سبز) مقایسه و ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

گردآوری حشرات کامل بید گوجه‌فرنگی

بوته‌های آلوده به بید گوجه‌فرنگی از گلخانه‌های منطقه ورامین گردآوری و به اتاق پرورش با شرایط 27 ± 2 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد و دوره نوری ۸:۱۶ (تاریکی: روشنایی) ساعت منتقل شدند. این بوته‌ها حاوی لارو و سفیره‌های سنین مختلف آفت بوده و حشرات کامل به تدریج ظاهر شدند.

تله‌های نوری استوانه‌ای متخلخل

این آزمایش در اتاق پرورش (۲/۵ در ۳ و ارتفاع ۲/۴۵ متر) در قالب طرح کامل تصادفی با چهار تیمار شامل لامپ‌های سبز (۵۴۳ نانومتر)، آبی (۴۳۶ نانومتر)، قرمز (۷۳۰ نانومتر) و زرد (۵۷۰ نانومتر) در هفت تکرار (هر تکرار یک روز) انجام شد. هر تیمار شامل یک تله نوری استوانه‌ای متخلخل از جنس پلاستیک شفاف به قطر ۸/۵ و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر بود که در بدنه آن ۱۶۰ عدد سوراخ به قطر ۰/۵ سانتی‌متر برای ورود شب‌پره‌ها تعبیه شده بود. برای جلوگیری از خروج شب‌پره‌ها از تله در کف تله‌ها میزانی آب و روغن ریخته می‌شد. هر تله نوری شامل یک لامپ

تجزیه داده‌ها

پس از انجام آزمون نرمال بودن داده‌ها و استفاده از رابطه $\log_{10}(x+0.5)$ برای نرمال کردن داده‌های غیر نرمال، تجزیه واریانس در نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. میانگین شمار افراد شکارشده در هر یک از تله‌ها با استفاده از آزمون توکی مقایسه شدند. همچنین در هر یک از تیمارها برای مقایسه شمار شب‌پره‌های نر و ماده شکارشده از آزمون t استفاده شد.

نتایج

تله‌های نوری استوانه‌ای متخلخل (اتاق پرورش)

بررسی چهار نوع لامپ رنگی آبی، سبز، زرد و قرمز در تله‌های استوانه‌ای متخلخل نشان داد، نور آبی مناسب‌ترین طیف نوری در میان چهار نوع لامپ مورد بررسی از نظر شکار شب‌پره بید گوجه‌فرنگی (شمار کل، نر و ماده به تفکیک) است، به طوری که نور آبی با میانگین شمار شب‌پره ۶۹/۲۸ عدد بیشترین و نور قرمز با میانگین شمار شکار شب‌پره ۰/۲۸ عدد کمترین میانگین شمار کل شکار در هر تله در مدت چهار ساعت را داشتند و میانگین شمار شکار در لامپ‌های سبز و زرد به ترتیب ۱۷/۸ و ۷/۷۱ عدد بود که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند ($df=24,3$; $F=79.23$; $P<0.0001$). به طوری که چهار طیف نوری از نظر شمار کل شکار در چهار گروه جداگانه قرار گرفتند: آبی < سبز < زرد < قرمز (جدول ۱). لازم به توضیح است که نور قرمز به جزء یک شکار در یک تکرار در دیگر تکرارها شکاری نداشت.

مقایسه شمار کل شکار (نر و ماده) در چهار طیف نوری نشان داد، نور آبی ۴ برابر نور سبز و ۹ برابر نور زرد شب‌پره شکار کرده بود. همچنین نور آبی با

میانگین شکار ۳۸/۸۵ عدد بیش از چهار برابر نور سبز (میانگین ۸/۷۱ عدد) و ۱۲ برابر نور زرد (میانگین ۳/۴ عدد) شکار شب‌پره ماده داشت، در حالی که میانگین شکار شب‌پره نر در نور آبی با میانگین ۳۰/۴۲ عدد ۳ برابر نور سبز (میانگین ۹/۱۴ عدد) و ۷ برابر نور زرد (میانگین ۴/۲۸ عدد) بود. مقایسه نسبت جنسی ماده به کل شکار در آزمایشگاه نشان داد، به جز نور قرمز در دیگر طیف‌های نوری اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و همگی در یک گروه قرار می‌گیرند. نسبت جنسی در نور آبی، سبز و زرد به ترتیب ۴۹/۵۲، ۴/۱ و ۴۱/۵ درصد بود. با وجود این، مقایسه جفتی t-test میانگین شمار شب‌پره‌های نر و ماده شکارشده در طیف نوری آبی ($t_{value}=0.2$), طیف نوری سبز ($t_{value}=0.88$, $P=0.4$)، طیف نوری زرد ($t_{value}=0.98$, $P=0.37$) و طیف نوری قرمز ($t_{value}=0$, $P=0$) نشان داد که بین شمار شب‌پره‌های نر و ماده شکارشده در همه نورها اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد وجود ندارد.

تله‌های نوری چسبناک (شرایط گلخانه)

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده، بیشترین شکار شب‌پره‌ها برای تله نوری چسبناک با مهتابی اشعه فرابنفش (۱۴/۸۳ عدد در ۱۰ سانتی‌متر مربع) به ثبت رسید که با دیگر تیمارها تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت ($df=14,3$; $F=10.84$; $P=0.0003$). در حالی که سه تله دیگر به لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. این گروه‌بندی در شکار شب‌پره‌های نر و ماده (به تفکیک جنسیت) نیز صادق بود. با توجه به این نتایج، تله نوری اشعه فرابنفش بیشترین اثر جلب‌کنندگی را برای این آفت در گلخانه دارد (جدول ۲).

جدول ۱. میانگین تعداد کل شکار شب‌پره‌های نر و ماده بید گوجه‌فرنگی و نسبت جنسی (ماده/کل) در چهار طیف نوری در اتاق

پرورش

Table 1. Mean number of male, female and total captures of tomato leaf miner moth and sex ratio (female/total) in four light spectrums in the rearing room

Spectrum	Wavelength	Mean captures per trap in 4 hours			Sex ratio (female/ Total) %
		Total	Female	Male	
Blue	436 nm	69.28 ± 10.48 ^a	38.85 ± 9.15 ^a	30.42 ± 4.15 ^a	52.12 ± 5.88 ^a
Green	543 nm	17.85 ± 3.36 ^b	8.71 ± 2.03 ^b	9.14 ± 1.9 ^b	49.47 ± 6.7 ^a
Yellow	570 nm	7.71 ± 2.3 ^c	3.4 ± 1.4 ^c	4.28 ± 1.06 ^b	41.53 ± 4.95 ^a
Red	730 nm	0.284 ± 0.28 ^d	0.14 ± 0.4 ^d	0.14 ± 0.4 ^c	8.33 ± 8.33 ^b

حرف‌های متفاوت بیانگر اختلاف معنی‌دار در هر ستون است (آزمون توکی). Means with different letters in each column are significantly different (Tukey test, $P<0.01$)

نسبت جنسی ماده به کل شکار در هر تیمار نشان داد، تله نوری سبز بیشترین نسبت جنسی (۰.۸۳/۰.۹) و تله نوری آبی LED کمترین نسبت جنسی (۰.۶۲/۰.۵۴) را داشت، که در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار بود. در تله های آبی SMD و اشعه فرابنفش نیز نسبت جنسی به ترتیب ۸۱/۷ و ۶۷/۶۳ درصد بود (df= 14,3; F= 4.54; P=0.02) (جدول ۲). مقایسه شمار حشرات ماده و نر شکار شده در هر یک از تیمارها با آزمون جفتی t-test نشان داد، در تله نوری آبی SMD (t value = 5.35, P= 0.005)، تله نوری آبی LED (t value = 4.47, P= 0.01)، تله نوری سبز (t value = 5.35, P= 0.003) و تله نوری فرابنفش (t value = 2.29, P= 0.03) در همه تیمارها شمار حشرات ماده به طور معنی داری بیشتر از حشرات نر است (جدول ۳).

بحث

گرایش به نور در حشرات باعث تغییرپذیری های چندی در رفتار آنها می شود. این واکنش باعث ابداع تله های نوری برای مهار برخی آفات از جمله پروانه ها شده است. به طور کلی تله های نوری به عنوان عامل مؤثر در جذب شب پره های مختلف گزارش شده اند (Agee, 1973; McLaughlin et al., 1975; Knight)

جدول ۲. میانگین تعداد شکار کل و شکار شب پره های نر و ماده بید گوجه فرنگی و نسبت جنسی (ماده به کل) در چهار تله نوری چسبناک در گلخانه

Table 2. Average number of male and female captures of tomato leaf miner and sex ratio (female/total) in four sticky light traps in the green house

Sticky light traps	wavelength	Capturing average 10 cm ² in 8 hours			Sex ratio (female/ Total) %
		Total	Female	Male	
Blue (SMD)	465 nm	4.4 ± 1.16 ^b	3.6 ± 0.3 ^{ab}	0.8 ± 0.24 ^b	81.7 ± 5.63 ^{ab}
Blue (LED)	465 nm	5.56 ± 1.14 ^b	3.43 ± 0.68 ^b	2.12 ± 0.47 ^{ab}	62.54 ± 1.85 ^b
Green	543 nm	7.16 ± 1.23 ^b	5.54 ± 0.95 ^{ab}	1.62 ± 0.33 ^b	83.09 ± 0.24 ^a
UV	340 nm	14.83 ± 2.25 ^a	10.5 ± 2.46 ^a	4.33 ± 0.34 ^a	67.63 ± 4.67 ^{ab}

Means with different letter in each column are significantly different (Tukey test; P<0.01)

حرف های متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در هر ستون است (آزمون توکی).

جدول ۳. میانگین شکار شب پره های نر و ماده بید گوجه فرنگی در هر یک از تله های نوری چسبناک در گلخانه

Table 3. Comparison between the average number of male and female captures of tomato leaf miner moth in each sticky light traps in the green house

Tomato leaf miner moth	Light traps (mean number of captures per 100 cm ²)			
	Blue (SMD)	Blue (LED)	Green	UV
Female	36 ^a	34.3 ^a	55.4 ^a	105 ^a
Male	8 ^b	21.2 ^b	16.2 ^b	43.3 ^b
T _{value}	5.38*	4.47	5.35	2.29

Means with different letter in each column are significantly different (Tukey test; P<0.01)

حرف های متفاوت بیانگر اختلاف معنی دار در هر ستون است (آزمون توکی).

بیشتر حشرات به‌ویژه شب‌پره‌ها به طیف‌های نوری اشعه فرابنفش، آبی و سبز جلب می‌شوند (Briscoe & Chittka, 2001) که با این نتایج همخوانی دارد.

مقایسه بین تله‌های نوری بارنگ‌های سفید، قرمز، فلورسنت و سبز نشان داد، تله با نور سبز (طول موج کمتر از ۵۶۰nm) بیشترین شکار حشرات کامل کرم سیب را دارد (Knight & Milicy, 2003). شب‌پره‌های جنس *Heliothis* به‌ویژه گونه‌های *H. zea* و *H. virescens* به طول موج بیشتر از ۳۶۰ و کمتر از ۵۸۰ نانومتر خوب جلب می‌شوند ولی برای طیف نوری بنفش (بیشتر از ۶۰۰ نانومتر) میزان جلب به‌شدت کاهش پیدا می‌کند (Agee, 1972; Mitchell *et al.*, 1989). نتایج این تحقیق نیز نشان داد، شب‌پره بید گوجه‌فرنگی به طول موج بیشتر از ۳۴۰ و کمتر از ۴۳۶ نانومتر خوب جلب می‌شوند. به‌طور معمول، حشرات شب‌پرواز از منبع نوری برای جهت‌یابی استفاده می‌کنند. به‌طور مثال مورچه *Camponotus pennsylvanicus* (DeGeer) از نور ماه برای بازگشت به لانه برای کوتاه کردن مسیر خود استفاده می‌کند (Klotz & Reid, 1993). لازم به توضیح است که نور آبی در هنگام غروب آفتاب (زمان نزدیک شدن خورشید به افق) غالب می‌شود که به‌شدت تحت تأثیر نور ماه است، در حالی که پیش‌از این مرحله نورتابشی به رنگ قرمز است (Johnson *et al.*, 2006). در این شرایط برای مدت یک الی دو ساعت بین غروب خورشید و آغاز تابش نورهای ستارگان حالت شفق گونه‌ای پدید می‌آید که (به‌ویژه در نبود ابر) در جهت‌یابی حشرات بسیار مؤثر است. این‌گونه جهت‌یابی پیشتر به‌طور گسترده بررسی شده است (Wehner, 1984). استفاده از نور برای تعیین مسیر در حشرات روز پرواز نیز به‌خوبی بررسی شده است (Wehner, 1984; Wehner & Labhart, 2006). اما تحقیق در مورد حشرات شب‌پرواز یا Crepuscular به چند مورد محدود هست (Warrant *et al.*, 2004, Theobald *et al.*, 2007).

نتایج به‌دست‌آمده در اتاق پرورش نشان داد، نسبت جنسی (ماده به کل شکار) در هر یک از تله‌های نوری مورد آزمایش از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری

نتایج بررسی‌های الکتروفیزیولوژیک نشان می‌دهد، بیشتر حشرات به اشعه نوری فرابنفش جذب می‌شوند، به‌طوری‌که بعضی حشرات گیرنده‌های خاص جذب نور فرابنفش دارند و به همین علت به‌آسانی می‌توانند نور محدوده بنفش را شناسایی کرده و به سمت آن جلب شوند (Arikawa *et al.*, 1987) و در میان حشرات، شب‌پره‌ها به نور اشعه فرابنفش واکنش بیشتری نشان می‌دهند (Briscoe & Chittka, 2001). مقایسه نسبت جنسی در آزمایشگاه نشان داد که در این ارتباط اختلاف بین نور آبی و زرد معنی‌دار نیست، اما بررسی این شاخص در سطح گلخانه وجود تفاوت معنی‌دار بین لامپ سبز و لامپ آبی LED را نشان می‌دهد. در نسبت جنسی مقایسه میانگین شمار شکار شب‌پره‌های ماده در تیمارهای گلخانه‌ای نیز نشان داد که نور فرابنفش بیشترین شکار را دارد و نورهای سبز و آبی از لحاظ میانگین شکار ماده تفاوت معنی‌داری با همدیگر ندارند. در گلخانه میزان شکار حشرات نر و ماده در تله‌های اشعه فرابنفش دو تا سه برابر دیگر تیمارها بود، بنابراین تله نوری اشعه فرابنفش بیشترین تأثیر جلب‌کنندگی برای این آفت دارد (df= 14.3; F=) (جدول ۲) و نورهای آبی و سبز در جایگاه بعدی قرار گرفتند و نور قرمز کمترین اثر جلب‌کنندگی را داشت به‌طوری‌که میانگین شکار ۰/۱۴ شب‌پره در هر تله بود. این نتیجه نشان می‌دهد، واکنش رفتاری بید گوجه‌فرنگی به نور قرمز در عمل خنثی است، در حالی که Taha *et al.* (2012) در نتایج بررسی‌های خود اظهار داشتند، شب‌پره بید گوجه‌فرنگی از بین نورهای آبی، سبز، زرد و قرمز بیشترین جلب را به نور قرمز با میانگین ۴۶/۸۹ درصد دارند که با نتایج به‌دست‌آمده مغایرت دارد. دلیل این اختلاف به‌احتمال زیاد مربوط به طول‌موج‌های استفاده‌شده در آزمایش‌ها است. به‌طوری‌که در آزمایش Taha *et al.* (2012) طول‌موج قرمز برابر با ۶۱۲/۱ نانومتر در حالی‌که طول‌موج در آزمایش تحقیق ۷۳۰ نانومتر بود. می‌توان گفت در آزمایش Taha *et al.* (2012) نور بیشتر به سمت زرد تمایل دارد و به همین دلیل شکار در نور قرمز با نور زرد برابری می‌کند. نتایج دیگر تحقیقات نیز نشان می‌دهد،

ندارد، به عبارت دیگر شمار شکار شب‌پره‌های نر و ماده در هر یک از تله‌های آبی، سبز و زرد و قرمز تا حدودی برابر هستند. در حالی که نسبت جنسی (ماده به کل) در گلخانه بیشتر از ۶۰ درصد بود. همچنین مقایسه جفتی فراوانی شب‌پره‌های ماده و نر در هر تیمار نیز اختلاف معنی‌دار داشت (جدول ۳) این اختلاف می‌تواند ناشی از شرایط گلخانه (اواخر دوره برداشت و سمپاشی نکردن) باشد. در این شرایط بوته‌ها در حال خشک شدن بوده و امکان تداوم نسل برای آفت فراهم نبود. لذا با توجه به طولانی بودن عمر شب‌پره‌های ماده نسبت به نرها درصد جمعیت ماده‌ها در همه تیمارها بالا بوده و نمی‌تواند ناشی از اثر نوع طیف نوری باشد. اما در اتاق پرورش شب‌پره‌های شکارشده از شفیره‌های هم سن خارج می‌شدند، بنابراین نسب جنسی آن‌ها (۱:۱) قابل‌اعتمادتر است (Reda & Hatem, 2012). بنابراین شاید بتوان گفت شب‌پره‌های نر و ماده بید گوجه‌فرنگی به نسبت یکسان جلب هر یک از طیف‌های نوری مرئی آبی، سبز و زرد می‌شوند با توجه به اینکه Mantagne (1999) در نتایج بررسی‌های خود اشاره کردند، فعالیت بید گوجه‌فرنگی در هنگام غروب و طلوع آفتاب است و در طول روز بیشتر درون بوته استراحت می‌کنند (Taha et al., 2012)، استفاده از تله‌های نوری مجهز به لامپ فرابنفش می‌تواند جمعیت این شب‌پره را کاهش دهد.

در تله‌های نوری مورد آزمایش دست کم ۵۰ درصد از شکار مربوط به شب‌پره‌های ماده است. حذف شب‌پره‌های ماده در گلخانه می‌تواند شدت آلودگی بوته‌های گوجه‌فرنگی را به بید گوجه‌فرنگی کاهش دهد. در این زمینه ضروری است تله‌هایی با نور فرابنفش به‌گونه‌ای که تجهیز شوند که میزان کارایی جلب شکار توسط آن‌ها افزایش یابد، به طوری که همه شب‌پره‌ها با نزدیک شدن به تله‌های نوری شکار شوند. همچنین کاربرد لامپ‌های BLB به جای لامپ‌های فرابنفش در تله‌های نوری می‌تواند تأثیر سوء کمتری روی انسان و پوشش گلخانه داشته باشد و کارایی آن‌ها را افزایش دهد. برای افزایش کارایی تله‌های نوری در سطح گلخانه و مزرعه در آینده ضروری است در مورد شمار و محل قرارگیری تله‌های نوری بررسی‌های بیشتری صورت گیرد.

سپاسگزاری

از دوست و همکار محترم آقای مهندس داریوش شهریاری به خاطر کمک‌ها و راهنمایی‌های ارزنده در اجرای این تحقیق نهایت قدردانی را داریم. همچنین از جناب آقای مهندس مهران جوادزاده به خاطر کمک در ویرایش این مقاله سپاسگزاریم. این تحقیق در بخش تحقیقات حشره‌شناسی کشاورزی مؤسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور انجام شد.

REFERENCES

1. Agee, H. R. (1972). Sensory Response of the Compound Eye of Adult *Heliothis zea* and *H. virescens* to Ultraviolet Stimuli. *Annals of the Entomological Society of America*, 65, 701-705.
2. Agee, H. R. (1973). Spectral sensitivity of the compound eyes of field. Collected adult ballworm and tobacco budworms. *Annals of the Entomological Society of America*, 66, 613-615.
3. Arikawa, K., Inokuma, K. & Eguchi, E. (1987). Pentachromatic visual system in a butterfly. *Naturwissenschaften*, 74, 297-298.
4. Baniameri, V. & Cheraghian, A. (2012). The first report and control strategies of *Tuta absoluta* (Meyrick) in Iran. *EPPO Bulletin*, 42, 322-324.
5. Briscoe, A. D. & Chittka, L. (2001). The evolution of color vision in insects. *Annual Review of Entomology*, 46, 471-510.
6. Bruce-White, C. & Shardlow, M. (2011). *A Review of the impact of artificial light on invertebrates*, Buglife the Invertebrate Conservation Trust. 32 pp.
7. Castrejon, A. F. & Rojas, J. C. (2010). Behavioral responses of larvae and adults of *Estigmene acrea* (Lepidoptera: Arctiidae) to light of different wavelengths. *Florida Entomologist*, 93(4), 505-509.
8. Coelho, M. C. F. & Franc, A. F. H. (1987). Biologia e quemotaxia da larva e descrição da pupa e adulto da traça-do-tomateiro. *PesquiAgropecu Bras*, 22, 129-135.
9. Cowan, T. & Gries, G. (2009). Ultraviolet and violet light: attractive orientation cues for the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 138, 148-158.
10. Cronin T. W., Warrant, E. J. & Greiner, B. (2006). Celestial polarization patterns during twilight. *Applied Optics*, 45, 5582-5589.

11. Delisle, J., West, R. J. & Bowers, W. W. (1998). The relative performance of pheromone and light traps in monitoring the seasonal activity of both sexes of the eastern hemlock looper, *Lambdina fiscellaria*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 89, 87-98.
12. Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K., Burgio, G., Arpaia, S., Narváez-Vasquez, C., González-Cabrera, J., Catalán Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. & Urbaneja, A. (2010). Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. *Journal of Pest Science*, 83: 197- 215.
13. Ecole, C., Picanco, M., Jham, G. & Guedes, R. (1999). Variability of *Lycopersico nhirsutum* f. typicum and possible compounds involved in its resistance to *Tuta absoluta*. *Agricultural and Forest Entomology*, 1, 249-254.
14. Eguchi, E., Watanabe, K., Hariyama, T. & Yamamoto, K. (1982). A comparison of electrophysiologically determined spectral responses in 35 species of Lepidoptera. *Journal of Insect Physiology*, 28, 675-682.
15. Johnsen, S., Kelber, A., Warrant, E., Sweeney, A. M., Widder, E. A., Lee, R. L. J. & Hernández-Andrés, J. (2006). Crepuscular and nocturnal illumination and its effects on color perception by the nocturnal hawkmoth *Deilephila elpenor*. *Journal of Experimental Biology*, 209, 789-800.
16. Johnson, S. D. & Midgley, J. J. (2001). Pollination by monkey beetles (Scarabaeidae: Hopliini): do colour and dark centers of flowers influence alighting behavior, *Environmental Entomology*, 30, 861-868.
17. Klotz, J. H. & Reid, B. L. (1993). Nocturnal orientation in the black carpenter ant *Camponotus pennsylvanicus* (DeGeer) (Hymenoptera: Formicidae). *Insectes Sociaux*, 40, 95-106.
18. Knight, A. & Fisher, J. (2006). Increased catch of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in semiochemical- Baited Orange plastic Delta-Shaped Traps. *Environmental Entomology*, 35, 1597-1602.
19. Knight, A. L. & Milicy, E. (2003). Influence of trap color on the capture of codling Moth (Lepidoptera: Tortricidae), Honeybees and Non target flies. *Journal of the Entomological Society of British Columbia*, 100, 65-70.
20. Lietti, M. M., Botto, E. & Alzogaray, R. A. (2005). Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotropical Entomology*, 34, 113-119.
21. McLaughlin, J. R., Brogdon, J. E., Agee, H. R. & Mitchell, E. R. (1975). Effect of trap colour on captures of male cabbage loopers and soybean loopers in double-cone pheromone traps. *Journal of the Georgia Entomological Society*, 10, 174-179.
22. Mitchell, E. R., Agee, H. R. & Heath, R. R. (1989). Influence of pheromone trap color design on capture of male velvet bean caterpillar and fall armyworm moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Chemical Ecology*, 15, 1775-1784.
23. Oliveira, A. C. R., Veloso, V. R. S., Barros, R. G., Fernandes, P. M. & Souza E. R. B. (2008). Captura de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) com armadilha luminosa na cultura do tomateiro tutorado. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 38, 153-157.
24. Pereyra, P. C. & Sánchez, N. E. (2006). Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Neotrop Entomolgy*, 35, 671-676.
25. Reda, A. M. A. & Hatem, A. E. (2012). Biological and eradication parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) affected by two biopesticides. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 38, 321-333.
26. SAS institute. (2002). *SAS/STAT User's Guide*, Version 9.1. SAS Institute, Cary, North Carolina, USA.
27. Silva, G. A., Picanço, M. C., Bacci, L., Crespo, A. L. B., Rosado, J. F. & Guedes, R. N. C. (2011). Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. *Pest Management Science*, 67, 913-920.
28. Taha, A. M., Homam, B. H., Afsah, A. F. E. & Fatma, M. EL-Sharkawy. (2012). Effect of trap color on captures of *Tuta absoluta* moths (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Environmental Science and Engineering (IJESE)*, 3, 43-48.
29. Theobald, J. C., Coates, M. M., Wcislo, W. T. & Warrant, E. J. (2007). Flight performance in night-flying sweat bees suffers at low light levels. *Journal of Experimental Biology*, 210, 4034-4042.
30. Truxa, C. & Fiedler, K. (2012). Attraction to light from how far do moths (Lepidoptera) return to weak artificial sources of light? Department of Animal Biodiversity. *European Journal of Entomology*, 109, 77-8.
31. Uchoa-Fernandes, M. A., Della Lucia, T. M. C. & Vilela, E. F. (1995). Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Anais da Sociedade Entomologica do Brasil*, 24, 159-164.
32. Vercher, R., Calabuig, A. & Felipe, C. (2010). Ecología, muestreos y umbrales de *Tuta absoluta* (Meyrick). *Phytoma España*, 217, 23-26.
33. Warrant, E. J., Kelber, A., Gislén, A., Greiner, B., Ribí, W. & Wcislo, W. (2004). Nocturnal vision and landmark orientation in a tropical halictid bee. *Current Biology*, 14, 1309-1318.

34. Wehner R. (1984). Astronavigation in insects. *Annual Review of Entomology*, 29, 277-298.
35. Wehner, R. & Labhart, T. (2006). Polarization vision. In: E.J. Warrant & Nilsson. D.E. (Ed), *Invertebrate vision*. (pp. 291-348.) Cambridge University Press.
36. Weiss, M. R. & Papa, D. R. (2003). Color learning in two behavioral contexts: a butter fly keep in mind. *Annual Behavior*, 65, 425-434.