

تأثیر رنگ بر پذیرش میزبان دو جمعیت تک جنسی و دوجنسی *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae)

فاطمه فارسی^۱، سمیه رحیمی کلدی^۲، پوریا آبرون^۱ و احمد عاشوری^{۳*}

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشجوی دکتری و استاد بخش حشره‌شناسی، گروه گیاه‌پزشکی، پردیس کشاورزی و منابع

طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۲۸ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۷)

چکیده

زنبور انگلواره با نام علمی پارازیتوید *Trichogramma brassicae* Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae) از پرکاربردترین انگلواره‌های تخم بال پولک‌داران زیانبار در جهان است. این گونه دو شیوه تولیدمثلی، دوجنسی و بکر-ماده‌زایی دارد. جمعیت بکر ماده‌زا آلوده به‌نوعی باکتری همزیست به نام ولباخیا است. رنگ یکی از عامل‌های تأثیرگذار بر رفتار تخم‌ریزی در برخی از گونه‌های انگلواره است. این بررسی به ارزیابی تأثیر رنگ پیچ و کیفیت رنگی آن بر رفتار تخم‌ریزی دو جمعیت تک‌جنسی (آلوده به باکتری ولباخیا) و دوجنسی (غیر آلوده) *T. brassicae* می‌پردازد. در این تحقیق از تخم‌های نازا (عقیم) شده بیدار به‌عنوان میزبان آزمایشگاهی روی پیچ‌ها با طیف‌های رنگی در محدوده طول‌موج نور مرئی (۴۰۰-۷۰۰ نانومتر): آبی، سبز، زرد، نارنجی، قرمز و سفید تحت دو کیفیت عبوردهنده (طلق رنگی) و منعکس‌کننده (کاغذ رنگی) رنگ، با سی تکرار استفاده شد. تیمارها در ظرف‌های استوانه‌ای به فاصله یکسان از یکدیگر قرار داده شد. یک زنبور ماده آماده تخم‌ریزی در هر ظرف رهاسازی و پس از ۲۴ ساعت حذف شد. نتایج تفاوت معنی‌داری را در میزان پارازیتسم روی پیچ‌های کاغذی رنگی در هر دو جمعیت تک‌جنسی و دوجنسی نشان داد، درحالی‌که تفاوت معنی‌دار در میزان پارازیتسم روی طلق‌های رنگی از هر دو جمعیت مشاهده نشد. نتایج نشان داد، زنبورهای تک‌جنسی و دوجنسی به صورت‌های متفاوت نسبت به پیچ‌های رنگی پاسخ می‌دهند اگرچه زنبورهای هر دو جمعیت توانایی جداسازی پیچ‌های کاغذی رنگی را دارند.

واژه‌های کلیدی: طیف رنگی، میزان تخم‌ریزی، ولباخیا، *Trichogramma brassicae*

The impact of color on host selection by asexual and sexual *Trichogramma brassicae* (Hym.: Trichogrammatidae)

Fateme Farsi¹, Somayeh Rahimi Kaledi², Poria Abroon¹ and Ahmad Ashouri^{3*}

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Ph. D. Student and Professor of Entomology, Department of Plant Protection, University College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran

(Received: Jan. 17, 2017 - Accepted: Jul. 29, 2017)

ABSTRACT

Trichogramma brassicae Bezdenko (Hym.: Trichogrammatidae) is one of the most widely used parasitoids of lepidopteran key pests around the world. This species has two reproductive modes, arrhenotoky and thelytoky, the second one is caused by an endosymbiont bacterium which is called *Wolbachia*. Colors have been mentioned as one of the factors which influence the oviposition of parasitoids. The present study examined the effect of the color patch and quality on oviposition of *Wolbachia*-infected and uninfected *T. brassicae* population. At the first, sterile eggs of *Ephesttia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae) as laboratory host of both populations were glued on colorful patches included; blue, green, yellow, orange, red, and white, with 30 repetitions for each populations. Colorful papers and cellophanes were used as patches. Both cardboard and cellophane patches were placed in an equal distance from each other in cylindrical containers. All females were separated from *E. kuehniella* eggs after 24 h. The results showed significant differences in the oviposition rate of infected and uninfected *T. brassicae* on colorful papers while there were not any significant differences in the oviposition rate of both populations on colorful cellophanes. The results showed that asexual and sexual populations responded differently to colorful papers although females of both populations were able to discriminate between the color of paper patches.

Keywords: Color, oviposition rate, *Trichogramma brassicae*, *Wolbachia*.

* Corresponding author E-mail: ashouri@ut.ac.ir

مقدمه

زنبورهای انگلواره (پارا‌زیتوئید) جنس *Westwood Trichogramma* به دلیل توانایی کنترل دامنه گسترده‌ای از بال پولک‌داران زینبار، از پرکاربردترین دشمنان طبیعی به شمار می‌آیند، به طوری که بیشترین سطح رهاسازی در جهان را به خود اختصاص می‌دهند (Smith, 1996). در بین یازده گونه از زنبورهای جنس *T. brassicae* که در کشور فعالیت دارند، Ebrahimi *et al.*, 1998; (Nazeri *et al.*, 2015).

به منظور گسترش نظام تولید انبوه انگلواره‌های جنس *Trichogramma*، بررسی‌های گسترده‌ای روی جنبه‌های مختلف پرورش این زنبورها از جمله رفتارهای میزبان‌یابی آن‌ها صورت گرفته است (Garnier *et al.*, 1996; Schmidt, 1994). زنبورهای *Trichogramma* از دو گروه نشانه‌ها شامل نشانه‌ها با دامنه کوتاه و دامنه گسترده در فرآیند میزبان‌یابی استفاده می‌کنند (Lobdell *et al.*, 2005). از نشانه‌های دارای دامنه گسترده، می‌توان به عامل‌های شیمیایی مانند فرومون‌های جنسی (Nordlund *et al.*, 2002; Scholler & Prozell, 1985)، سینومون‌های گیاهی (Romeis *et al.*, 1997) و ترکیب‌های کایرونی تخم میزبان (Shojai, 1998) اشاره کرد که این شاخصه‌ها زیستگاه احتمالی میزبان را نشان می‌دهند. در مقایسه با عامل‌های دارای دامنه گسترده، بررسی‌های کمتری پیرامون نقش نشانه‌ها با دامنه کوتاه از جمله محرک‌های بینایی وجود دارد. واکنش به طیف‌های مختلف نور در بسیاری از رفتارهای بی‌مهرگان تأثیرگذار است (Sheckley & Lindner, 2011). خانواده‌های *Braconidae*، *Aphidiidae*، *Aphelinidae*، *Cynipidae*، *Encyrtidae*، *Ichneumonidae* و نیز *Trichogrammatidae* از نشانه‌های بینایی همانند رنگ گیاه برای مکان‌یابی میزبان استفاده می‌کنند (Romeis *et al.*, 1998). درک رنگ در گونه‌های زیادی از جانوران در شاخه‌های مختلف درخت تبارزایی (فیلوژنی) اثبات شده است (Kelber *et al.*, 2003). بنابر نتایج بررسی‌های پیشین، انتخاب مکان تخم‌ریزی در ارتباط مستقیم با

پاسخ‌های بویایی، بینایی و لامسه حشرات است (Day & Bently, 1989). رفتار پارازیت‌یسم گونه‌های مختلف جنس *Trichogramma* تحت تأثیر رنگ تخم میزبان، انعکاس‌های ناشی از نور و طیف‌های آن است. تخم بال پولک‌داران میزبان زنبورهای *Trichogramma*، تنوع زیادی در رنگ دارند که تحت تأثیر نسل و یا فصل تخم‌ریزی تغییرپذیری زیادی را نشان می‌دهند (Stallings & Stallings, 1986). در فرآیند تکامل زنبورهای جنس *Trichogramma*، توانایی لازم برای یافتن میزبان و تشخیص سن تخم آن را پیدا کرده‌اند و نیز آگاهی لازم در رابطه با احتمال پارازیت‌بودن تخم میزبان توسط دیگر انگلواره‌ها را از راه رنگ تخم به دست آورده‌اند (Du Merle & Brunet, 1991; Lobdell, 2005).

شماری از گونه‌های زنبور *Trichogramma* از جمله گونه *T. brassicae* به باکتری به نام *Wolbachia* آلوده هستند. باکتری (*Wolbachia* (Alpha-Proteobacteria: Rickettsiaceae) همزیست درون‌یاخته‌ای اجباری در بسیاری از بندپایان و نماتدهای فیلاریا است که از جنبه تولیدمثلی تغییرپذیری‌هایی را در باروری زنبورهای انگلواره از راه القای بکر-ماده‌زایی ایجاد می‌کند (Stouthamer *et al.*, 1999). آلودگی به ولباخیا از دیدگاه فیزیولوژیک در بیشتر گونه‌های بندپایان بی‌زیان است (Bandani, 2011). تحقیقات اندکی پیرامون تأثیر آلودگی حشرات و نیز انگلواره‌ها به باکتری ولباخیا از لحاظ رفتاری وجود دارد (Kishani *et al.*, 2015). با توجه به میزان بالای آلودگی حشرات (۷۶-۱۶٪) به باکتری ولباخیا و نحوه انتقال افقی آن (Stouthamer *et al.*, 1999) آشکار کردن اثرگذاری‌های مختلف رفتاری این باکتری مانند تأثیر آن بر رفتار تخم‌ریزی *T. brassicae* می‌تواند در رهاسازی زنبور انگلواره در آینده اهمیت زیادی داشته باشد.

این پژوهش به بررسی تأثیر رنگ، خلوص و کیفیت رنگ پیچ (رنگ پدیدآمده از گذر از طلق رنگی در مقایسه با بازتاب رنگ از سطح کاغذ رنگی) بر میزان تخم‌ریزی دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی زنبور انگلواره *T. brassicae* پرداخته است. هدف از انجام این تحقیق پاسخگویی به سه پرسش علمی بود: ۱- آیا رنگ پیچ بر میزان تخم‌ریزی زنبور

نارنجی، قرمز و سفید (بر پایه ترتیب قرارگیری آنها در طیف نور مرئی)، هر یک حاوی ۵۰ عدد تخم تازه (با طول عمر ۲۴ ساعت) و نازاشده بیدارد بود. تخم‌های میزبان با چسب‌کاغذی کنکو^۱ (بدون حلال شیمیایی، محلول در آب و غیرسمی) روی کاغذهای رنگی چسبانده شد. آزمایش در ظرف‌های استوانه‌ای شکل (۸۰×۱۸۰ میلی‌متر) انجام شد. انتخاب ظرف‌های استوانه‌ای با توجه به در نظر گرفتن رفتارهای انگلواره در فرآیند انتخاب میزبان شامل رفتار راه رفتن و پرواز است. ظرف‌های استوانه‌ای در مقایسه با پتری‌دیش محدودیتی در هر دو رفتار اشاره‌شده ایجاد نمی‌کند. همه تخم‌ها دو مرتبه با آب مقطر به‌منظور حذف همه نشانه‌های شیمیایی در همه تکرارها شسته شد. پیچ‌های رنگی به شکل دوار و به فاصله یکسان از یکدیگر روی دیواره ظرف‌های استوانه‌ای نصب و یک عدد زنبور ماده با طول عمر ۲۴ ساعت (جفت‌گیری کرده در رابطه با جمعیت دوجنسی) در هر ظرف استوانه‌ای رهاسازی شد. در این آزمون از سی تکرار استفاده شد. دهانه هر یک از ظرف‌ها با توری بسیار ظریفی به‌منظور تبادل هوا در طول آزمایش پوشانده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، زنبورهای ماده از ظرف‌های آزمایشی حذف شدند و پس از پنج روز شمار تخم‌های پارازیت‌شده روی هر یک از پیچ‌های رنگی شمارش شد. تغییر رنگ تخم‌ها به رنگ سیاه نشان‌دهنده پارازیت‌شده شدن تخم‌های بیدارد بود.

آزمون سنجش تأثیر کیفیت رنگ پیچ بر میزان تخم‌ریزی

جمعیت‌های دوجنسی و تک‌جنسی *T. brassicae*

به‌منظور تعیین تأثیر کیفیت رنگ پیچ بر میزان پارازیت‌یسم جمعیت‌های دوجنسی و تک‌جنسی، از طلق‌های پلاستیکی شفاف در طیف‌های رنگی آبی، سبز، زرد، نارنجی، قرمز و سفید استفاده شد. در این آزمایش روی هر یک از طلق‌های پلاستیکی رنگی ۵۰ عدد تخم ۲۴ ساعته نازاشده بیدارد، دو بار شسته شده با آب مقطر و بدون هرگونه ترکیب شیمیایی جلب‌کننده احتمالی، به کمک چسب‌کاغذی کنکو (بدون حلال شیمیایی، محلول

T. brassicae تأثیرگذار است؟ ۲- آیا خلوص و کیفیت رنگ پیچ (بازتابی در مقایسه با پرتابی) بر میزان تخم‌ریزی *T. brassicae* تأثیری دارد؟ ۳- آیا رفتار زنبورهای تک‌جنسی در مقایسه با زنبورهای دوجنسی در انگلی کردن تخم میزبان در حضور محرک رنگ با کیفیت‌های متفاوت (بازتابی و پرتابی) تفاوتی دارد یا خیر؟ دستیابی به پاسخ پرسش‌های پژوهش یادشده نه تنها جنبه کاربردی در خطوط تولید انبوه این انگلواره خواهد داشت بلکه به‌عنوان پایه‌ای علمی در ارزیابی هرچه بیشتر رفتار جمعیت‌های دوجنسی و تک‌جنسی این انگلواره پرکاربرد است.

مواد و روش‌ها

پرورش زنبور *Trichogramma brassicae*

زنبور انگلواره *T. brassicae* مورد بررسی در این تحقیق از همسانه (کلنی) پایه نگهداری‌شده در آزمایشگاه اکولوژی و رفتارشناسی دانشگاه تهران به دست آمد. تخم‌های نازا (عقیم) شده بیدارد *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) به‌عنوان میزبان هر دو جمعیت زنبور انگلواره در نظر گرفته شد. دو جمعیت به‌طور جداگانه در شرایط دمایی 20 ± 1 درجه سلسیوس، رطوبت نسبی 75 ± 5 درصد و رژیم نوری ۱۶ ساعت روشنایی: ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند.

به‌منظور ایجاد جمعیت دوجنسی غیرآلوده، زنبورهای ماده جمعیت تک‌جنسی با پادزی (آنتی‌بیوتیک) تتراسایکلین ۵ درصد (۵۰ میلی‌گرم پادزی در ۱ میلی‌لیتر آب غسل) به مدت سه نسل تغذیه شدند. پس از اطمینان از حذف باکتری و مشاهده افراد نر در جمعیت دوجنسی، همسانه مربوطه در اتاقک رشد با دمای 20 ± 1 درجه سلسیوس تا پنج نسل برای حذف تأثیر پادزی پرورش داده شد.

آزمون سنجش تأثیر رنگ پیچ بر میزان تخم‌ریزی

جمعیت‌های دوجنسی و تک‌جنسی *T. brassicae*

در این آزمون از زنبور ماده ۲۴ ساعته بدون هرگونه تجربه پیشین برخورد با میزبان استفاده شد. کاغذهای رنگی (۱×۵ سانتی‌متر) در طیف‌های آبی، سبز، زرد،

مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح آماري ۱ درصد استفاده شد. از آزمون *t*-test و نرم‌افزار SigmaPlot (Version. 12) برای تعیین تأثیر آلودگی به ولباخیا روی میزان تخم‌ریزی استفاده شد. توزیع نرمال داده‌ها و برابری واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Minitab نسخه ۱۷ بررسی شد.

نتایج و بحث

آزمون سنجش تأثیر رنگ پیچ بر میزان پارازیتیسیم

جمعیت‌های دوجنسی و تک‌جنسی *T. brassicae*

بنابر نتایج به‌دست‌آمده، تنها در صورت زرد و سبز بودن رنگ پیچ تفاوت معنی‌داری در میزان تخم‌ریزی بین دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی مشاهده شد (جدول ۱). بیشترین و کمترین میزان تخم‌ریزی توسط زنبورهای دوجنسی روی پیچ‌های زرد و سفیدرنگ، به ترتیب با میانگین ۱۰/۲۵ و ۰/۹۵ تخم به ازای هر ماده و زنبورهای تک‌جنسی روی پیچ‌های سبز و زردرنگ، به ترتیب با میانگین ۷/۱۵ و ۱/۱ تخم به ازای هر ماده صورت گرفت (شکل ۱).

در آب و غیرسمی چسبانده شد و سپس به‌صورت دایره‌ای شکل در ظرف‌های آزمایشگاهی استوانه‌ای (۸۰×۱۸۰ میلی‌متر) قرار داده شد. در این آزمون نور از پایین ظرف‌های استوانه‌ای شکل تابانده شد تا تخم‌های میزبان به رنگ هر یک از طلق‌ها دیده شود. پس از گذشت ۲۴ ساعت، زنبورهای ماده از ظرف‌های آزمایش حذف شدند. شمار تخم‌های پارازیت‌شده روی هر یک از طلق‌های رنگی پس از گذشت پنج روز شمارش شد. در این آزمون از سی تکرار استفاده شد.

در همه آزمایش‌ها از آب عسل ۲۰ درصد اسپری‌شده بر دیواره ظرف‌های استوانه‌ای به‌منظور تغذیه زنبورهای ماده استفاده شد.

تجزیه آماری

برای مقایسه آماری داده‌ها، در آغاز داده‌ها به روش Arcsin (sqrt (X/100)) عادی‌سازی شده و آنگاه تأثیر رنگ پیچ (کاغذها و طلق‌های رنگی) روی میزان تخم‌ریزی با استفاده از طرح کامل تصادفی و نرم‌افزار SAS (Version. 9.2.) تجزیه و تحلیل شد. به‌منظور

جدول ۱. نتیجه آزمون *t*-test برای مقایسه میزان تخم‌ریزی روی کاغذهای رنگی بین دو جمعیت تک‌جنسی و دوجنسی *T. brassicae*

Table 1. Oviposition rate comparison of asexual and sexual *T. brassicae* on colorful papers by *t*-test

	Blue	Green	Yellow	Orange	Red	White
t	- 1.08	2.15	- 3.86	- 0.52	0.62	1.52
P-value	0.28	0.03	0.001	0.61	0.54	0.14

قرار نمی‌گیرد. بیشترین میزان تخم‌ریزی توسط هر دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی روی طلق‌های زردرنگ به ترتیب با میانگین ۲/۶۳ و ۱/۹۳ تخم به ازای هر ماده صورت گرفت (جدول ۳).

نتایج این تحقیق، تفاوت معنی‌داری را در سطح ۱ درصد در میزان تخم‌ریزی روی پیچ‌های کاغذی رنگی در هر دو جمعیت تک‌جنسی و دوجنسی نشان داد و این وضعیت در حالی بود که تفاوت معنی‌داری در میزان تخم‌ریزی روی طلق‌های رنگی از هر دو جمعیت مشاهده نشد (جدول‌های ۱ و ۲).

آزمون سنجش تأثیر کیفیت رنگ پیچ بر میزان پارازیتیسیم جمعیت‌های دوجنسی و تک‌جنسی

T. brassicae

نتایج تفاوت معنی‌داری را در میزان تخم‌ریزی بین دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی در هیچ‌یک از طلق‌های رنگی مورد بررسی نشان نداد (جدول ۲). بنابر نتایج این تحقیق، تخم‌ریزی ماده‌های *T. brassicae* روی تخم‌های *E. kuehniella* چسبانده‌شده روی طلق‌های رنگی تحت تأثیر آلودگی یا بدون آلودگی به باکتری ولباخیا و نیز خلوص رنگ

جدول ۲. نتیجه آزمون *t*-test برای مقایسه میزان تخم‌ریزی روی طلق‌های رنگی بین دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی *T. brassicae*

Table 2. Oviposition rate comparison of asexual and sexual *T. brassicae* on colorful cellophanes by *t*-test

	Blue	Green	Yellow	Orange	Red	White
t	- 1.17	- 0.12	- 0.49	- 0.48	- 0.53	- 0.64
P-value	0.25	0.90	0.63	0.63	0.59	0.52

جدول ۳. میانگین تخم‌ریزی \pm خطای استاندارد دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی *T. brassicae* روی پچ‌های رنگی کاغذی و طلقی

Table 3. Oviposition average \pm SE of asexual and sexual *T. brassicae* on colorful papers and cellophanes

	Oviposition average/female			
	Colorful cellophane		Colorful paper	
	Asexual	Sexual	Asexual	Sexual
Blue	0.07 \pm 0.04	1.63 \pm 1.33	1.40 \pm 0.80	3.90 \pm 2.16
Green	0.53 \pm 0.38	0.60 \pm 0.38	7.15 \pm 2.17	2.20 \pm 0.76
Yellow	1.93 \pm 0.98	2.63 \pm 1.06	1.10 \pm 0.55	10.25 \pm 2.31
Orange	1.63 \pm 0.91	2.33 \pm 1.11	3.30 \pm 1.21	4.50 \pm 1.95
Red	0.50 \pm 0.35	0.90 \pm 0.66	3.05 \pm 1.44	1.80 \pm 1.40
White	1.33 \pm 0.76	2.07 \pm 0.85	3.45 \pm 1.48	0.95 \pm 0.72

به‌دست آمد (Lobdell et al., 2005)، به‌طوری‌که بیشترین میزان تخم‌ریزی *T. ostriniae* روی تخم‌های زرد و سفید به علت همخوانی این رنگ‌ها با رنگ سفید یا سفید-زرد تخم میزبان *Ostrinia nubilalis* (Lep.: Crambidae) بوده است.

بررسی‌های پیشین نشان داده‌اند، گونه‌های مختلف راستهٔ بال‌غشاییان به گروه خاصی از تله‌های رنگی جلب می‌شوند (Toler et al., 2005; Thomson et al., 2011; Gollan et al., 2004). بیشترین میزان جلب حشرات راستهٔ بال‌غشاییان به تله‌های تشتی و چسبندهٔ زردرنگ در مقایسه با دیگر رنگ‌ها بوده است (Thomson et al., 2004).

افزون بر این، رنگ‌ها از عامل‌های مهم در شناسایی گل‌ها توسط حشرات به شمار می‌آیند. حشرات از نشانه‌های رنگ، اندازه، شکل و اندازهٔ گل‌ها برای تمایز و گزینش آن‌ها استفاده می‌کنند (Gumbert, 2000). Begum et al. (2004) بیان داشتند، زنبور انگلوارهٔ *Trichogramma carverae* از رنگ گل به‌عنوان یک مورد بصری مهم استفاده می‌کند. با توجه به اثبات اهمیت رنگ گل‌ها در جلب زنبورهای انگلوارهٔ تریکوگراما که توسط Begum et al. (2004) نشان داده شده است و نیز با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق که دلالت بر تخم‌ریزی بیشتر زنبورهای *T. brassicae* از هر دو جمعیت روی کاغذهای رنگی در مقایسه با طلق‌های رنگی دارد، به نظر می‌رسد که استفاده از بسترهای تخم‌ریزی با رنگ زرد (جمعیت غیرآلوده) و سبز (جمعیت آلوده) به استفاده از لامپ‌های رنگی ارجحیت دارد. استفاده از لامپ‌های رنگی همسان با کاربرد طلق‌های رنگی به‌عنوان بستر تخم‌ریزی در این تحقیق است چراکه در هر دو حالت تخم‌های میزبان به رنگ تابیده‌شده بر آن‌ها مشاهده می‌شود.

بنابر نتایج به‌دست‌آمده در این تحقیق، هنگامی‌که از طلق‌های رنگی به‌عنوان بستر تخم‌ریزی استفاده شد تفاوت معنی‌دار در میزان تخم‌ریزی زنبورهای دوجنسی و تک‌جنسی مشاهده نشد. اما استفاده از کاغذهای رنگی به‌عنوان بستر تخم‌ریزی سبب بروز تفاوت معنی‌دار در میزان تخم‌ریزی زنبورهای دوجنسی و تک‌جنسی شد (جدول ۴).

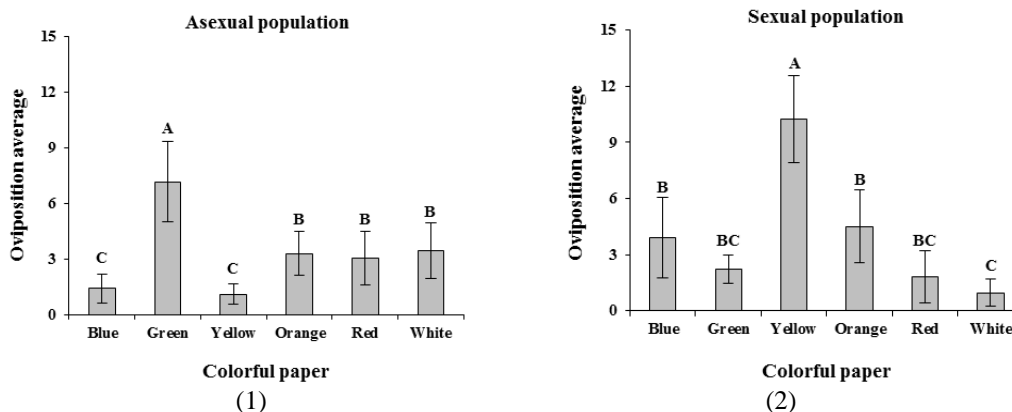
هر سه مشخصهٔ نور شامل طیف، خلوص و شدت نور بر حشرات راستهٔ بال‌غشاییان اثرگذار است. زنبورهای جنس تریکوگراما مانند دیگر جانوران توانایی درک رنگ را دارند (Labhart et al., 1974; Lunau, 1990; Kelber et al., 2003). این انگلواره‌ها می‌توانند از نشانه‌های بینایی در فرایند مکان‌یابی میزبان خود استفاده کنند (Romeis et al., 1998). نتایج این تحقیق نیز گویای توانایی درک و تمایز رنگ‌ها توسط زنبورهای تک‌جنسی و دوجنسی *T. brassicae* است، به‌طوری‌که بیشترین میزان تخم‌ریزی توسط زنبورهای دوجنسی روی کاغذهای زردرنگ و توسط زنبورهای تک‌جنسی روی کاغذهای سبزرنگ مشاهده شد. بنابر اظهارنظر Kadlubowski (1970) زنبور انگلوارهٔ *T. embryophagum* ترجیح بیشتری به رنگ زرد در مقایسه با رنگ‌های آبی و سفید دارد. به نقل از نامبرده، جنسیت زنبور انگلواره در انتخاب رنگ اثرگذار است و زنبور نر به دنبال یافتن جفت مناسب اغلب به تخم‌های پارازیت‌ه سیاه‌رنگ جلب می‌شود ولی زنبور ماده به تخم‌های پارازیت‌ه‌نشده و دارای رنگ روشن جلب می‌شود چراکه به دنبال یافتن میزبان مناسب برای تخم‌ریزی است. King & Oliai (2000) نیز به نتایج همسان این آزمایش در رابطه با جمعیت دوجنسی *T. brassicae* دست یافتند، زنبورهای مادهٔ *Nasonia vitripennis* ترجیح ذاتی به رنگ زرد در مقایسه با رنگ آبی داشتند. نتایج همسانی در رابطه با گونهٔ *T. ostriniae*

جدول ۴. تجزیه واریانس مقایسه میزان تخم‌ریزی دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی *T. brassicae* روی پیچ‌های کاغذی و طلقی رنگی
Table 4. Oviposition rate comparison of asexual and sexual *T. brassicae* on colorful papers and cellophanes by ANOVA

	Colorful cellophane			Colorful paper		
	Ms	df	F	Ms	df	F
Asexual	16.33	5, 174	1.24 ^{ns}	93.35	5, 114	2.46 [*]
Sexual	19.56	5, 174	0.72 ^{ns}	226.71	5, 114	4.03 ^{**}

* و **: به ترتیب، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* , **: Significantly difference at 5 and 1% probability level, respectively.



شکل ۱. میانگین پارازیتسم دو جمعیت (۱) تک‌جنسی و (۲) دوجنسی *T. brassicae* روی پیچ‌های کاغذی رنگی (آبی، سبز، زرد، نارنجی، قرمز و سفید).

Figure 1. Oviposition average of (1) asexual and (2) sexual *T. brassicae* on colorful papers (blue, green, yellow, orange, red and white)

طبیعی تخم میزبان یعنی سفید و شفاف بوده است. در صورتی که بیشترین میزان تخم‌ریزی روی تخم‌های چسب‌دهنده شده به طلق‌های زرد رنگ و در پی آن طلق‌های نارنجی‌رنگ مشاهده شد.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این آزمایش، این‌گونه استنباط می‌شود که هنگامی از کاغذ به‌عنوان بستر تخم‌ریزی زنبور استفاده می‌شود جلب بیشتر به سمت یک رنگ سبب تخم‌ریزی بیشتر روی تخم‌های قرار گرفته روی آن بستر می‌شود درحالی‌که هنگامی از طلق به‌عنوان بستر تخم‌ریزی استفاده شد جلب به سمت طلق‌های بی‌رنگ منجر به انتخاب آن پیچ‌ها به‌عنوان پیچ ارجح برای تخم‌ریزی نشد و زنبورهای هر دو جمعیت دوجنسی و تک‌جنسی بیشترین میزان تخم‌ریزی را روی طلق‌های زرد رنگ داشتند. از سویی جلب و تخم‌ریزی بیشتر زنبورهای تک‌جنسی به پیچ‌های سبز رنگ نشان‌دهنده گرایش به جلب و تخم‌ریزی روی بسترهای همسان با بستر گیاهی میزبان‌های طبیعی *T. brassicae* است و جلب و تخم‌ریزی بیشتر زنبورهای دوجنسی به پیچ‌های زرد رنگ نشان‌دهنده گرایش به جلب و تخم‌ریزی روی

در رابطه با پیچ‌های کاغذی رنگی، بیشترین میزان جلب زنبورهای آلوده به باکتری ولباخیا به کاغذهای سبز، نارنجی و سفید با هفت انتخاب برای هر سه رنگ و در مورد زنبورهای غیرآلوده، بیشترین میزان جلب به کاغذهای زرد، سبز و نارنجی به ترتیب با ۱۲، ۹ و ۹ انتخاب صورت گرفت. درحالی‌که بیشترین میزان تخم‌ریزی روی تخم‌های چسب‌دهنده شده روی کاغذهای سبز با مجموع ۱۴۵ تخم برای زنبورهای آلوده به ولباخیا و ۲۰۹ تخم روی تخم‌های چسب‌دهنده شده روی کاغذهای زرد برای زنبورهای غیرآلوده بود.

در این تحقیق، بیشترین میزان جلب زنبورهای دوجنسی و تک‌جنسی به طلق‌های بی‌رنگ (شفاف)، به ترتیب با ۸ و ۱۰ زنبور از بین سی زنبور و کمترین میزان جلب به طلق‌های قرمز رنگ به ترتیب با ۱ و ۲ زنبور از بین سی زنبور بود. از آنجایی‌که طلق‌های رنگی توانایی عبور نور تابیده شده از پایین را دارند و این امر منجر به دیده شدن تخم‌های چسب‌دهنده شده *E. kuehniella* به رنگ هر یک از طلق‌ها می‌شود بنابراین می‌توان این‌گونه استنباط کرد که بیشترین میزان جلب هر دو جمعیت *T. brassicae* به رنگ

صورت‌های متفاوت نسبت به پچ‌های رنگی پاسخ می‌دهند اگرچه زنبورهای هر دو جمعیت توانایی جداسازی کاغذهای رنگی را دارند. با توجه به پاسخ متفاوت دو جمعیت به پچ‌های رنگی به نظر می‌رسد که این تفاوت می‌تواند ناشی آلودگی به ولباخیا باشد. برای اثبات این فرضیه لازم است جمعیت آلوده به باکتری از گونه مورد نظر با جمعیت‌های دوجنسی دیگری مقایسه شود چراکه توانایی جداسازی رنگ‌ها یک موضوع تکاملی و تدریجی است که به نظر نمی‌رسد حضور یا حضور نداشتن باکتری در دو تا سه نسل بتواند تغییر زیادی در دو جمعیت ایجاد کند. درنهایت پیشنهاد می‌شود از بسترهای زردرنگ یا سفید-زرد در رابطه با زنبورهای دوجنسی و بسترهای سبزرنگ در رابطه با زنبورهای آلوده به ولباخیا برای جلب و تخم‌ریزی بیشتر و بالا بردن کمیت کار تولید انبوه این انگلواره استفاده شود.

سپاسگزاری

این پژوهش با استفاده از امکانات پژوهشی گروه گیاهپزشکی دانشگاه تهران و با استفاده از حمایت‌های مالی قطب علمی کنترل بیولوژیک آفات گیاهی و همچنین مؤسسه پژوهشی کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های دانشگاه تهران انجام شده است.

بسترهای همسان با رنگ میزبان‌های طبیعی *T. brassicae* همچون *Pieris brassicae* (L.) (Lep: Pieridae) و میزبان آزمایشگاهی چون *E. kuehniella* است.

نکته قابل‌بیان دیگر، جلب و تخم‌ریزی اندک زنبورهای دوجنسی به پچ‌های کاغذی و طلقی قرمز رنگ است درحالی‌که زنبورهای تک‌جنسی به پچ‌های کاغذی و طلقی آبی‌رنگ جلب کمی را نشان می‌دهند (جدول ۳). این نتایج می‌تواند دلالت بر تأثیر باکتری ولباخیا بر تغییر پاسخ زنبورها به رنگ بستر تخم‌ریزی به‌ویژه هنگامی‌که از کاغذ به‌عنوان بستر استفاده می‌شود، داشته باشد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به پاسخ به‌دست‌آمده به دومین پرسش مطرح‌شده در این بررسی، به نظر می‌رسد در بحث تولید انبوه زنبور انگلواره *T. brassicae* استفاده از بسترهای کاغذی نسبت به بسترهای طلقی (دارای امکان عبور نور) ارجحیت دارد. پاسخ به نخستین و سومین پرسش مطرح‌شده نیز مثبت بود. بنابراین میزان تخم‌ریزی زنبورهای دوجنسی و تک‌جنسی در صورت رویارویی با بسترهای رنگی متفاوت است. بنا بر نتایج به‌دست‌آمده، زنبورهای تک‌جنسی و دوجنسی به

REFERENCES

1. Bandani, A. R. (2011). *Insect Physiology (Digestion, Excretion, Symbiont Microorganisms and Metabolism)*. University of Tehran Press. 355p.
2. Begum, M., Gurr, G. M., Wratten, S. & Nicol, H. (2004). Flower color affects tri-trophic-level biocontrol interactions. *Biological Control*, 30, 584-590.
3. Bentley, M. D. & Day, J. F. (1989). Chemical ecology and behavioral aspects of mosquito oviposition. *Annual Review of Entomology*, 34, 401-421.
4. Du Merle, P. & Brunet, S. (1991). From green to yellow or yellowish white: egg-color changes in relation to oviposition rank in the fir budworm *Choristoneura murinana* (Hb) (Lep., Tortricidae). *Journal of Applied Entomology*, 111, 342-348.
5. Ebrahimi, E., Pintureau, B. & Shojai, M. (1998). Morphological and enzymatic study of the genus *Trichogramma* in Iran. *Journal of Applied Entomology and Phytopathology*, 66, 39-43.
6. Garnier, G. F., Robert, P., Hawlitzky, N. & Frerot, B. (1996). Oviposition behaviour in *Ostrinia nubilalis* (Lep. Pyralidae) and consequences on host location and oviposition in *Trichogramma brassicae* (Hym. Trichogrammatidae). *Entomophaga*, 41, 287-299.
7. Gollan, J. R., Ashcroft, M. B. & Batley, M. (2011). Comparison of yellow and white pan traps in surveys of bee fauna in New South Wales, Australia (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila). *Australian Journal of Entomology*, 50, 174-178.
8. Gumber, A. (2000). Color choice by bumble bees (*Bombus terrestris*): innate preferences and generalization after learning. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 48, 36-43.
9. Kadlubowski, W. (1970). Zur quantitativen Bestimmung von Freilandpopulationen der Schlupfwespe *Trichogramma embryophagum* (Htg.) in Kiefernbeständen. *Deut Akad Landwirtschaftswiss Tagungsber*, 110, 193-198.

10. Kishani F. H., Ashouri, A., Goldansaz, S. H., Farrokhi, S., Ainouche, A. & van Baare, J. (2015). Does Wolbachia infection affect decision-making in a parasitic wasp?. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 155(2), 102-116.
11. Krysan, J. L. & Horton, D. R. (1991). Seasonality of catch of pear psylla *Cacopsylla pyricola* (Homoptera: Psyllidae) on yellow sticky traps. *Environmental Entomology*, 20, 626-634.
12. Kwaiser, K. S. & Hendrix, S. D. (2008). Diversity and abundance of bees Hymenoptera: Apiformes) in native and ruderal grasslands of agriculturally dominated landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 124, 200-204.
13. Labhart, T. (1974). Behavioral analysis of light intensity discrimination and spectral sensitivity in the honey bee, *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology*, 95, 203-216.
14. Larsen, N. J., Minor, M. A., Cruickshank, R. H. & Robertson, A. W. (2014). Optimising methods for collecting Hymenoptera, including parasitoids and Halictidae bees, in New Zealand apple orchards. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 17, 375-381.
15. Lobdell, C. E., Yong, T. H. & Hoffmann, M. P. (2005). Host color preferences and short-range searching behavior of the egg parasitoid *Trichogramma ostrinae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 116, 127-134.
16. Lunau, K. (1990). Color saturation triggers innate reactions to flower signals: flower-dummy experiments with bumblebees. *Journal of Comparative Physiology*, 166, 827-834.
17. Nazeri, M., Ashouri, A. & Hosseini, M. (2015). Can Wolbachia infection improve qualitative characteristics of *Trichogramma brassicae* reared on cold stored eggs of the host? *International Journal of Pest Management*, 61 (3), 243-249.
18. Nordlund, D. A., Chalfant, R. B. & Lewis, W. J. (1985). Response of *Trichogramma pretiosum* females to volatile synomones from tomato plants (Hymenoptera, Trichogrammatidae). *Journal of Entomological Science*, 20, 372-376.
19. Oliai, S. E. & King, B. H. (2000). Associative learning in response to color in the parasitoid wasp *Nasonia vitripennis* (Hymenoptera: Pteromalidae). *Journal of Insect Behavior*, 13, 55-69.
20. Romeis, J., Shanower, T. G. & Zebitz, C. P. W. (1997). Volatile plant info chemicals mediate plant preference of *Trichogramma chilonis*. *Journal of Chemical Ecology*, 23, 2455-2465 .
21. Romeis, J., Shanower, T. G. & Zebitz, C. P. W. (1998). Response of *Trichogramma* egg parasitoids to colored sticky traps. *BioControl*, 43, 17-27.
22. Stallings, D. B. & Stallings, V. N. (1986). Variation in egg color in *Agathymus estelleae* (Lepidoptera, Megathymidae). *Entomological News*, 97, 71-72.
23. Schmidt, J. M. (1994). *Biological Control with Egg Parasitoids* (ed. by E. Wajnberg & S. A. Hassan), Host recognition and acceptance by *Trichogramma*. (pp. 165-200.) CAB International, Wallingford, Oxon, UK
24. Scholler, M. & Prozell, S. (2002). Response of *Trichogramma evanescens* to the main sex pheromone component of *Ephestia* spp. and *Plodia interpunctella*, (Z, E) 9, 12-tetra-decadenyl acetate (ZETA). *Journal of Stored Products Research*, 38, 177-184 .
25. Shojai, M. (1998). *Entomology (Ethology, Social life and Natural Enemies) (Biological Control)*. Tehran University Publications. 550 p.
26. Smith, S. M. (1996). Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. *Annual Review of Entomology*, 41, 375-406 .
27. Stouthamer, R., Hu, J., Van Kan, F. J. P. M., Platner, G. R. & Pinto, J. D. (1999). The utility of internally transcribed spacer 2 DNA sequences of the nuclear ribosomal gene for distinguishing sibling species of *Trichogramma*. *Biocontrol*, 43, 421-440.
28. Toler, T. R., Evans, E. W. & Tepedino, V. J. (2005). Pan-trapping for bees (Hymenoptera: Apiformes) in Utah's west desert: the importance of color diversity. *Pan Pacific Entomologist*, 81, 103-113.
29. Thomson, L. J., Neville, P. J. & Hoffmann, A. A. (2004). Effective trapping methods for assessing invertebrates in vineyards. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 947-953.