کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی
دورهٔ ۸، شمارهٔ ۲،پاییز و زمستان ۱۳۹۸ (۱۱۴-۱۰۱)
DOI: 10.22059/jbioc.2020.286944.272

اثر گیاه پوششی گل‌عسل بر کارایی زنبور *Trichogramma cacoeciae*

مریم گودرزی[۱]، احمد عاشوری*[۲]، حمیدرضا صراف معیری[۳] و کلوس زبیتز[٤]

۱.دانشجوی دکتری دانشگاه تهران. ۲. استاد تمام گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، ایران

۳. دانشیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، ایران

٤. استاد تمام گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هوهنهایم، آلمان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۲۰- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۵)

چکیده

تامین منابع غذایی کمکی می‌تواند باعث افزایش طول‌عمر و باروری دشمنان طبیعی گردد. کاشت گیاهان پوششی گل‌دار در کنار محصول اصلی یکی از روش‌های تامین منابع غذایی کمکی مانند شهد و گرده برای دشمنان‌طبیعی است. در این پژوهش اثر گیاه پوششی گل‌دار گل-عسل (***Alyssum maritimum***) بر کارایی زنبور ***Trichogramma cacoeciae*** در آزمایشگاه، گلخانه و باغ سیب بررسی شد. طول-عمر و باروری زنبور ***T. cacoecia*** در حضور گل گیاه گل‌عسل در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (به ترتیب ۰/۰۵۵±۹/٦ و ۰/۳۷۱ ± ۳/۳ روز؛ ۰/٥٤۷ ± ۷/ ٥۰ و۳/۸۹ ± ۲۸ تخم سیاه شده). حضور گیاه کامل گل‌عسل در قفس، طول‌عمر (۰/۱٦٦ ± ۱۲/٥ روز) و میزان پارازیتیسم (۱/٤۱٥ ± ۳۷۷/۸ تخم سیاه شده) زنبور در تخم‌های تله در گلخانه را نیز افزایش داد. پارازیتیسم زنبور ***T. cacoecia*** در حضور گیاه گل‌عسل در باغ سیب، پنج روز و در تیمار شاهد تنها در روز اول پس از رهاسازی ثبت شد. همچنین میزان پارازیتیسم زنبور در حضور گیاه گل‌عسل (۱٦/٥ ٪) به طور معنی‌داری بیشتر از میزان پارازیتیسم آن در غیاب آن (٦/۲۳ ٪ در تیمار شاهد) بود. این آزمایش‌ها نشان داد شهد گیاه گل‌عسل به لحاظ کیفی برای زنبور پارازیتویید ***T. cacoeciae*** مناسب است و این زنبور توانایی استفاده از شهد گل-عسل را دارد. بنظر می‌رسد، کاشت گیاه گل‌عسل در اکوسیستم‌های باغی با تامین منابع انرژی می‌تواند کارایی عامل بیولوژیک را افزایش و در نتیجه احتمال موفقیت روش‌های کنترل بیولوژیک را ارتقا دهد.

واژه‌های کلیدی: کنترل بیولوژیک حفاظتی، گیاه پوششی، شهد، پارازیتیسم، طول‌عمر.

Effect of Alyssum on *Trichogramma cacoeciae* Efficacy

Maryam Goodarzi[1], Ahmad Ashouri*[2], Hamid Reza Sarraf Moayeri[3] and Claus P. W. Zebitz[4]

1. Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran,
2*. Full professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Associate professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Zanjan Iran,
4. Full professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, University of Hohenheim, Germany.

(Received: August 11, 2019 - Accepted: January 25, 2020)

ABSTRACT

Natural enemies need to support in Environment for additional food and refuges. Additional food resources can improve their efficacy. Food resource provision could increase longevity and fecundity of natural enemies. Planting cover crop adjacent to the main crop in one of the methods to provide food resource like nectar and pollen. In current study, the effect of Alyssum on efficacy of *T. cacoeciae* in laboratory condition, greenhouse and apple orchard were assessed. The result shows an improvement in longevity and parasitism rate of *T. cacoeciae* feeding on Alyssum and sugar solution comparing to control treatments in laboratory condition (9.6, 5.2 and 3.3 days and 50.7, 42 and 28 blacked eggs respectively). In greenhouse, longevity and parasitism rate of *T. cacoeciae* enhanced in Alyssum cages compare with sugar solution and no feed despite the complex structure of Alyssum plant (12.5, 9.6 and 7.8 days and 377.8, 364.3 , 214.3 blacked egg respectively) . Result in apple orchard using Alyssum pots in apples rows showed a significant difference parasitism in sentinel eggs compare with control (16.5% and 6.23 % respectively). The parasitism also recorded for longer time in plots with Alyssum (5 days) in compare with control (one day only). In total Alyssum can provide parasitic wasp, a suitable and available food source and probably considered a suitable cover crop with good quality and accessible to enhance *T. cacoeciae* efficacy.

Keywords: conservational biological control, cover crop, nectar, parasitism, longevity.

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

مقدمه

امروزه اصول کشاورزی پایدار بر اساس استفاده بهینه از منابع زیستی مانند کنترل بیولوژیک و توسعه استراتژی‌های حفظ محیط (Pimentel *et al.*, 1998) و تلاش در جهت حفظ تنوع گونه‌ای استوار است (Alcamo, 2003). تنوع گونه‌ای اثرات مهمی در گرده-افشانی و موفقیت کنترل بیولوژیک در تنظیم جمعیت آفات دارد (Díaz *et al.*, 2006). کنترل بیولوژیک استفاده از موجودات زنده برای کاهش جمعیت سایر موجودات زنده زیان‌آور است که روش‌های مختلفی دارد (Bale, et al., 2008) و روش‌های حفاظتی[1] و افزایشی[2] متداول‌ترین روش‌هاست (Khan *et al.*, 2008). کنترل بیولوژیک حفاظتی، در راستای حفظ جمعیت دشمنان‌طبیعی در سیستم‌های کشاورزی و افزایش فراوانی و فعالیت آنها به روش اصلاح محیط و یا حمایت از شیوه موجود محافظت آنها است (Gurr *et al.*, 2004). این روش با مدیریت زیستگاه، از جمله دست‌ورزی و اصلاح آن، برای افزایش فراوانی و فعالیت دشمنان‌طبیعی و تنظیم جمعیت آفات نقش مهمی در کشاورزی ایفا می‌کند (Jonsson., *et al*. 2008) و هدف آن توسعه زیستگاه طبیعی برای دشمنان‌طبیعی در سیستم‌های کشاورزی از طریق کاشت گیاهان پوششی است. این گیاهان فراهم کننده پناهگاه، شکار اضافی و منابع غذایی مانند شهد است (Pfiffner *et al.*, 2009). تامین منابع غذایی کمکی برای پارازیتوییدها و شکارگرها می‌تواند کارایی آنها را از طریق افزایش طول‌عمر و باروری، ارتقا دهد (Lavandero, *et al.*, 2006). گیاهان گل‌دار[3] یکی از معمول‌ترین گیاهان پوششی است که در تلفیق با کنترل بیولوژیک بکار می‌رود (Pollier *et al.*, 2019).

گیاهان گل‌دار مجاور محصول اصلی معمولا از تنوع گونه‌ای حشرات مفید حمایت می‌کنند (Tuell *et al.*, 2008). اما همواره باید گیاه پوششی منتخب، با عامل کنترل بیولوژیک هدف، سازگار باشد. فراوانی گل و ساختار مناسب گیاهی مهم‌ترین عوامل سازگاری است (Zurbrügg and Frank, 2006). با کاربرد مناسب گیاه پوششی گل‌دار می‌توان منبع غذایی ضروری و جایگزین برای دشمنان‌طبیعی در دوره‌هایی که گلدهی محصول اصلی کم است را فراهم کرد و جمعیت دشمنان‌طبیعی را در تمام فصل زراعی در حالت بهینه نگه داشت (Hogg, *et al.*, 2011). کیفیت (ارزش غذایی) و در دسترس بودن (توزیع و فراوانی گیاه) شهد و گرده گل‌ها برای دشمنان‌طبیعی مهم است (Kidd and Jervis, 1989). این دو معیار برای تشریح نرخ برخورد با غذا بویژه برای حشراتی که منبع غذایی خود را به طور تصادفی جستجو می‌کنند، مهم است. برای این دسته از حشرات علاوه بر جذابیت گل و در دسترس بودن شهد (Wäckers, 2004)، پارامترهای دیگری همچون اندازه، تنوع شاخ و برگ و در نهایت اتصال قسمت‌های مختلف گیاه (پیچیدگی ساختار) رفتار جستجوگری پارازیتویید را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Andow and Prokrym, 1990). همچنین بسیاری از آنها از محرک‌های بویایی برای میزبان‌یابی استفاده می‌کنند و به رایحه گل‌ها هم واکنش نشان می‌دهند که می‌تواند برای آنها جذاب و یا حتی دافع باشد (Wäckers, 2004). جذابیت بویایی و بصری گل‌ها می‌تواند نقش فعالی در جذب پارازیتوییدهای جستجوگر مانند زنبورهای جنس *Trichogramma* (Romeis,*et al.*, 1998). زنبور (Hym: Trichogrammatidae) *Trichogramma cacoeciae* Marchal یکی از عوامل مهم کنترل بیولوژیک آفات راسته بال‌پولک‌داران در سراسر جهان (Pintureau, 1997) است که از میزبان-های بسیاری در تاکستان‌ها، باغات سیب، زیتون، خرما و سایر محصولات (Pizzol *et al.*, 2010) گزارش شده است. این گونه از تخم کرم گلوگاه انار[4] در ایران نیز گزارش شده است (Poorjavad *et al.*, 2012). پارازیتویید *T. cacoeciae* بکرزای ماده زاست و توانایی بالایی در پارازیت کردن کرم‌سیب در آزمایشگاه و پتانسیل خوبی در کنترل این آفت در باغ دارد (Alkarrat, 2013). توانایی کنترل آفت میزبان در *T.*

1. Conservation Biological Control
2. Augmentation Biological Control
3. Floral plant

4. *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lep.: Pyralidae)

cacoeciae مانند سایر دشمنان‌طبیعی به عوامل مختلفی همچون حضور گیاهان پوششی در محیط بستگی دارد. گل‌عسل(Brassicaceae) *Alyssum maritimum* (L.) Lam. نوعی گیاه پوششی متعلق به جنس Lobularia است. ۳۱ گونه از این گیاه در ایران ثبت شده که شش گونه آن بومی است (Ghasemi and Ghaderian, 2009).

این گیاه دارای گل‌آذین خوشه‌ای با گل‌های فراوان کوچک و معطر (Gilman and Howe, 1999) و جام گل کوتاه و چهار گلبرگ بسیار کوچک، به رنگ-های سفید، صورتی، قرمز، بنفش و یاسی رنگ است و معمولا از اوایل بهار و تا اوسط پاییز گل دارد (Irvin, 1999). گل‌عسل در پژوهش‌های کنترل بیولوژیک(Araj and Wratten, 2015) و مدیریت زیستگاه (Fiedler, 2008; Begum, *et al*., 2006) مورد توجه است. این گیاه دوست‌دار حشره[5] است و برای بسیاری از حشرات مفید مانند زنبورهای عسل جذاب است و در مقابل تعداد کمی حشرات آفت را جلب می‌کند؛ همچنین گیاه مهاجمی نیست و احتمال کمی برای تبدیل شدن به علف هرز دارد (Brennan, 2016).

فرض ما در این پروژه، افزایش طول‌عمر و میزان پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae*، در حضور گیاه پوششی گل‌عسل است که در نهایت توانایی آن را در کنترل کرم‌سیب افزایش دهد. برای آزمودن این فرضیه چند هدف دنبال شده است. ابتدا در آزمایشگاه توانایی تغذیه زنبور *T. cacoeciae* از شهد گل این گیاهان و اثر آن بر طول‌عمر و باروری زنبور بررسی شده است. سپس در گلخانه اثر گیاه کامل گل‌عسل بر امکان استفاده زنبور از آن در فضای قفس ارزیابی شده است. سپس اثر حضور آن را در باغ سیب در کنار محصول اصلی بر کارایی زنبور *T. cacoeciae* در پارازیتیسم تخم‌های تله روی درختان سیب بررسی شده است.

مواد و روش‌ها

آماده سازی زنبور پارازیتوئید

کلنی اولیه زنبورهای *T. cacoeciae* مورد استفاده در این پژوهش از آزمایشگاه حشره‌شناسی موسسه گیاهپزشکی دانشگاه هونهایم آلمان[6] که هر ساله با تله‌گذاری در باغ گیاه‌شناسی این دانشگاه جمع‌آوری و به آزمایشگاه انتقال داده می‌شود تامین شد. تخم میزبان بید غلات *Sitotroga cerealella* (Lep: Gelechiidae) بود که از شرکت آ-ام-و[7] خریداری و استفاده شد.

برای پرورش زنبور پارازیتوئید، از کارت‌های مقوایی به ابعاد ۲×۱۰ سانتی‌متر استفاده شد. تخم میزبان با بیشینه طول‌عمر یک روز توسط صمغ عربی[8] روی کارت‌ها چسبانده شدند. کارت‌های تخم پس از درج نام گونه و تاریخ در اختیار زنبورهای بالغ تازه ظاهر شده درون ظروف شیشه‌ای کوچک به قطر ۲/۵ و طول ۱۰ سانتی‌متر قرار می‌گرفت و در اتاقک رشد و دمای پرورش ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت ۱۰±۷۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد.

آماده سازی گیاه

بذر گیاه گل‌عسل *A. maritimam* از شرکت کوتر و دوفتپفلانزن[9] تهیه و در کابین گلخانه حشره‌شناسی موسسه گیاهپزشکی دانشگاه هونهایم آلمان[10] در ظروف نشا به ابعاد ۹×۷×۱۶ سانتی‌متر کاشته شد. پس از ۲۰ روز، زمانی که گیاهان در مرحله چهاربرگی بودند، به گلدان‌هایی به ابعاد ۱۲×۱۱×۱۲ سانتی‌متر انتقال و دوبار در هفته آبیاری شد. دمای اتاقک رشد ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت‌نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی بود. گیاهان پس از رسیدن به دوره گلدهی و باز شدن کامل ۷۰ ٪ گل‌های خوشه در آزمایش‌ها استفاده شدند.

5. Insectary plant

6. Laboratory of Appleid Entomology, University of Hohenheim
7. AMW Nützlinge GmbH
8. Gum arabic
9. Kräuter und Duftpflanzen
10. Applied Entomology Greenhouse

طراحی آزمایش

اثر گیاه پوششی گل‌عسل بر طول‌عمر و میزان پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae*

برای ایجاد محفظه تغذیه زنبور، از ظروف پلاستیکی به ابعاد ۱۲×۹×۵/۵ سانتی‌متر استفاده شد. سوراخی به قطر ۴ سانتی‌متر به منظور تهویه در یک سمت ظرف (سطح با قطر ۵/۵ سانتی‌متری) ایجاد و با توری مش۳۰ پوشانده شد. روی درب ظرف نیز سوراخی به قطر دو سانتی‌متر تعبیه شد. خوشه گل‌عسل بدون اینکه از گیاه جدا شوند، از این منفذ وارد محفظه ظرف شد. برای پوشش کامل سوراخ درب ظرف از پنبه نمناک در ورودی گل استفاده شد. بدین‌ترتیب از گل‌ها بر روی گیاه برای تغذیه زنبور استفاده شد. تعویض کارت‌های تخم از منفذی به ابعاد ۱/۵×۰/۳ سانتی‌متر روی دیواره ظرف انجام شد. یک سمت کارت‌های تخم حاوی ۵۰ تخم بیدغلات به ابعاد ۳×۱ سانتی‌متر، با دستگاه پانچ سوراخ شد تا به وسیله نخ معمولی خیاطی از سوراخی به اندازه ۰/۵ × ۱/۵ سانتی‌متر روی دیواره ظروف پلاستیکی آویزان شوند. سپس سوراخ ورودی کارت تخم با تکه‌ای چسب کاغذی پوشاننده شد (شکل۱). از کاغذ فیلتر مربع شکل به ابعاد ۱×۱ سانتی‌متر آغشته به محلول آب‌شکر ۱۰ ٪ در نظر گرفته و داخل ظرف‌ها قرار داده شد. برای حفظ تازگی محلول آب‌شکر، کاغذهای فیلتر روزانه تعویض شد. برای شاهد نیز زنبورها بدون تغذیه در ظروف مذکور رهاسازی شدند. این آزمایش با ۱۰ تکرار انجام شد.

شکل ۱- اثر گل گیاه گل‌عسل بر طول‌عمر و پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae*

Fig 1- the effect of Alyssum flowers on T. cacoeciae longevity and parasitism

برای شروع آزمایش، یک زنبور ماده با سن کمتر از یک روز به وسیله کپسول‌های ژله‌ای جداسازی و داخل هر یک ظرف‌ها رها شد. پس از ۴ ساعت، کارت-های تخم حاوی ۵۰ عدد تخم بید غلات در اختیار زنبور قرار داده شد. براساس تست‌های ابتدایی هر زنبور *T. cacoeciae*، به طور میانگین روزانه ۲۷ تخم می‌گذاشت، به همین دلیل کارت‌های تخم ۵۰ تایی تهیه شد. این کارت‌ها، روزانه تعویض و درون ظروف شیشه‌ای کوچک ۷/۵×۲/۵ سانتی‌متر در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت‌نسبی ۵±۷۵٪ و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. تعویض کارت‌ها عصرها و هر روز تا زمانی که زنبورها زنده بودند انجام گرفت. تعداد تخم‌های سیاه شده شمارش و نرخ تفریخ آن محاسبه شد.

اثر گیاه کامل گل‌عسل بر طول‌عمر و میزان پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae* در گلخانه: در این آزمایش علاوه بر بررسی طول‌عمر زنبور *T. cacoeciae*

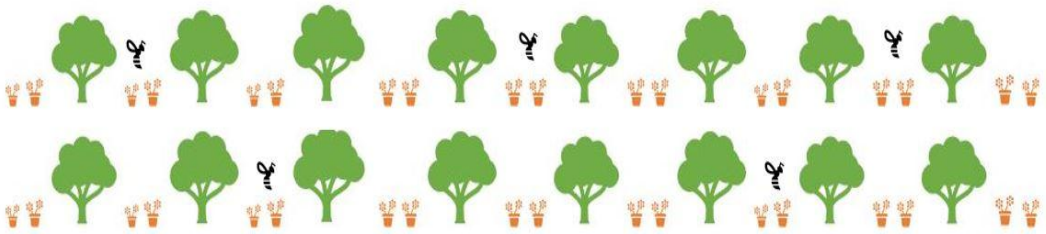
؛ میزان پارازیتیسم تخم میزبان در قفس و در حضور گیاه‌کامل شبیه‌سازی شد.. آزمایش‌ها در قفس‌هایی با چهارچوب چوبی به ابعاد ۳۲×۵۲×۵۵ سانتی‌متر انجام شد. این قفس‌ها با توری مش ۳۰ به طور کامل پوشانده شده بودند. گلدان‌های گل‌عسل و گلدان گیاه بدون گل (تیمار شاهد و بدون تغذیه) در میانه هر یک از قفس‌ها قرار داده شد. پنبه آغشته به محلول آب-شکر۱۰٪ درون قوطی پلاستیکی که درب آن سوراخ شده بود قرار گرفت و برای حفظ کیفیت رژیم غذایی زنبور، روزانه تعویض شد. برای هر یک از این سه تیمار نیز ده تکرار درنظر گرفته شد. کارت‌های حاوی ۱۰ تخم پارازیت شده آماده ظهور در یک سوی هر یک از قفس‌ها قرار داده شد. ۴ ساعت پس از تفریخ، تله تخم‌های ۳۰۰ تایی در سوی مخالف قفس نیز قرارداده شد. تله‌های تخم به صورت روزانه تا زمانی که زنبورها زنده بودند تعویض شد و در لوله‌های شیشه‌ای ۲/۵×۷/۵ سانتی‌متر در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت‌نسبی ۵±۷۵٪ دوره‌ی نوری ۱۶ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شد. تعداد تخم-های سیاه شده و تخم‌های تفریخ شده نیز ثبت و میزان پارازیتیسم و درصد تفریخ برآورد شد.

اثر حضور گیاه پوششی گل‌عسل بر کارایی زنبور *T. cacoeciae* در باغ سیب

آزمایش در ماه‌های خرداد و تیر سال زراعی ۹۷ در محوطه موسسه گیاهپزشکی دانشگاه هونهایم آلمان به مساحت ۲۰۰۰ مترمربع با موقعیت عرض جغرافیایی ۴۸/۷۱۲۹۳۵ و طول جغرافیایی ۹/۲۰۵۹۴۳ و ارتفاع ۳۹۶ متر از سطح دریا انجام شد. این محوطه شامل ۱۵ ردیف درخت سیب هشت ساله از گونه *Malus domestica* (Rosaceae) ارقام مختلف گلدن دلیشز[11]، توپز[12]، گالا[13]، رنوا[14]، الستار[15] و آیدارد[16] است. فاصله بین ردیف‌ها سه متر و بین درخت‌ها در هر ردیف ۱/۵ متر و ارتفاع درختان نیز به طور متوسط دو متر بود. در این آزمایش، ۳۸ گلدان گل‌عسل و ۱۶ درخت سیب برای هر تیمار استفاده شد. برای هر تیمار آزمایش، دو ردیف ۸ تایی درخت سیب در نظر گرفته شد و بین هر دو درخت سیب دو گلدان گل قرار گرفت. هر چهار کارت تخم پارازیت شده آماده تفریخ روی گلدان‌های مجاور درخت شماره یک، چهار، هشت، ده و چهارده برای پوشش کامل روی همه درخت‌های تیمار و در میان گل‌های گیاه گل‌عسل قرار گرفت. در تیمار کنترل نیز چهار کارت تخم پارازیت شده آماده تفریخ روی گلدان بدون گل در مجاورت درخت‌های شماره یک، چهار، هشت، ده و چهارده قرار داده شد. فاصله بین تیمار گل‌عسل و شاهد نیز پنج ردیف درخت (۱۵ متر) بود (شکل۲). ۲۰ کارت تخم مقوایی به اندازه ۲×۱۰ سانتی‌متر حاوی حدود ۳۰۰ تخم پارازیت شده آماده تفریخ که توسط گروهی از زنبورهای *T. cacoeciae* پارازیت شده بودند، استفاده شد. ۳۲ تله‌تخم به اندازه ۲×۵ سانتی‌متر حاوی ۳۰۰ تخم بیدغلات برای هر تیمار تهیه شدند. تعداد ۶۰۰۰ زنبور رهاسازی شده در این آزمایش بر اساس مرور پژوهش‌های پیشین در نظر گرفته شد. برای اطمینان از عدم حضور قبلی زنبور پارازیتویید در کرت‌های تیمار و شاهد، پیش از شروع رهاسازی‌ها در باغ، تله-های تخم اطمینان‌زا در باغ بکار گرفته شد. بدین منظور ۳۲ تله تخم که هر کدام حاوی ۱۰۰ تخم میزبان بید غلات بود به طور تصادفی در ردیف‌های مختلف باغ روی شاخه‌های درختان گذاشته شدند. پس از ۲۴ ساعت، تله‌های تخم از باغ جمع‌آوری و در لوله‌های شیشه‌ای ۲/۵×۷/۵ سانتی‌متر با درپوش پلاستیکی در دمای ۱±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۵ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. در تمام مراحل هیچ کدام از تخم‌ها سیاه نشدند و حضور هیچ پارازیتوییدی را تایید نکردند. چهار ساعت پیش از رهاسازی، چهار تله تخم روی شاخه‌های هر درخت در چهار جهت شمال، جنوب، شرق و غرب و در ارتفاع یک متری از سطح زمین قرار گرفتند. پس از حدود

11. Golden delicious
12. Topez
13. gala galaxy
14. rewena
15. elstar
16. red idared

چهار ساعت، کارت‌های تخم آماده تفریخ روی گلدان-های مشخص که پیشتر اشاره شد، قرار گرفتند تا پس از تفریخ و با فاصله کوتاهی به شهد گل دسترسی داشته باشند. برای بررسی اثر تغذیه بر زنده‌مانی زنبور پارازیتویید در هر تیمار سه بار و در روز اول، پنجم و هفتم پس از رهاسازی تله تخم گذاشته شد. تمامی تله‌های تخم پس از ۲۴ ساعت از روی درختان جمع-آوری و به لوله‌های شیشه‌ای ۲/۵×۷/۵ سانتی‌متر با درپوش پلاستیکی منتقل و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت‌نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی نگهداری شدند. سپس میزان پارازیتیسم و تفریخ ثبت شد. تکرار اول در تاریخ ۱۲ ، ۱۴ و ۱۶ خرداد، تکرار دوم در تاریخ ۲۶، ۲۸ و ۳۰ همان ماه و تکرار سوم در تاریخ ۲۰، ۲۲ و ۲۴ تیر ماه انجام شد.



شکل۲-شکل شماتیک موقعیت گلدان‌های گیاه گل‌عسل بین درختان در دو ردیف درختان سیب
Fig2- schematic figure of pots location in trees rows in apple orchards

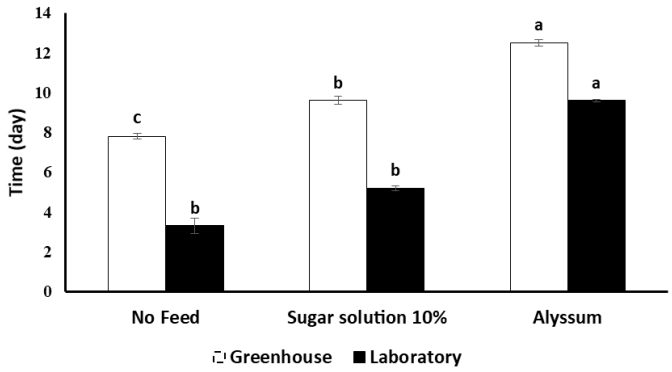
تجزیه داده‌ها

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS (ver. 9.1) انجام شد. داده‌های آزمایش‌های آزمایشگاه و گلخانه با مدلOne-way ANOVA در قالب طرح کامل تصادفی تجزیه و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSDانجام شد. آزمون نرمالیتی با نرم افزار Minitab (ver.14) به روش کلموگروف-اسمیرونوف انجام شد که همه داده ها نرمال بودند. داده‌های آزمایش باغ نیز با استفاده از آزمون T-Test تجزیه شد و در مورد داده‌های درصدی این آزمون از تبدیل لگاریتمی استفاده شد. کلیه داده‌های ارائه شده به صورت میانگین ± خطای استاندارد بیان شده است.

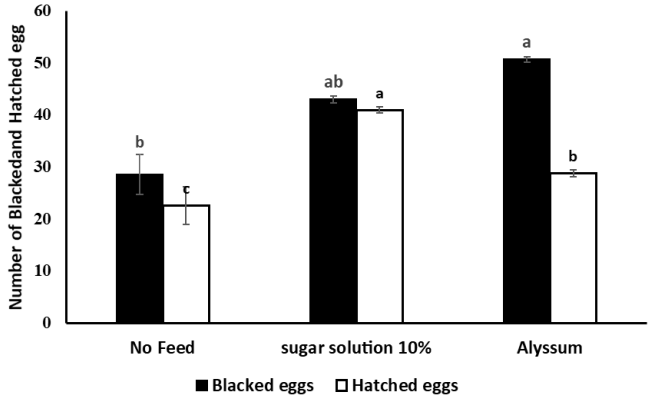
نتایج و بحث

طول‌عمر زنبورهای تغذیه کرده از گل گیاه گل‌عسل (۰/۰۵۵±۹/۶ روز) و آب‌شکر ۱۰٪ (۰/۱۱۹ ± ۵/۲ روز) با افراد بدون تغذیه ۰/۳۷۱ ± ۳/۳ روز) در آزمایشگاه، اختلاف معنی‌دار داشت (F=33.53, P<0.0001, df=2,27, n=30). در گلخانه، طول‌عمر افراد در حضور گیاه‌کامل گل‌عسل (۰/۱۶۶ ± ۱۲/۵ روز) با افراد تغذیه کرده از آب‌شکر ۱۰٪ (۰/۲۰۹ ± ۹/۶ روز) و بدون تغذیه (۰/۱۳۳ ± ۷/۸ روز) در قفس اختلاف معنی‌داری نشان دادند (F=178.62, P<0.0001, df=2,27, n=30) و بیشتر زنده ماندند (شکل ۳). همانطور که در شکل ۴ نشان داده شده است، مشخص شد که میانگین تعداد تخم‌های سیاه شده (F=8.71, P<0.0012, df=2,27, n=30) و نتاج تفریخ شده (F=5.32, P<0.0112, df=2,27, n=30) زنبورهای تغذیه کرده از گل گیاه گل‌عسل (۰/۵۴۷ ± ۵۰/۷ و ۰/۷۲±۲۸/۸) از افراد تغذیه کرده از آب‌شکر ۱۰٪ (۰/۶۰۳±۴۲ و ۰/۵۳۴ ±۴۱) و افراد بدون تغذیه (۳/۸۹ ± ۲۸و ۳/۶۳ ± ۲۲/۶) بیشتر بود و اختلاف معنی‌دار داشت. طول‌عمر و باروری دو ویژگی مهم زیستی پارازیتوییدها است که متاثر از مواد مغذی کسب شده بوده (Liu *et al.*, 2015) و به طور مستقیم بر کارایی آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک اثرگذار است (Zamek *et al.*, 2013). این دو ویژگی به محتوای غذایی میزبانی که لارو پارازیتویید در آن رشد کرده و به شرایط محیطی که افراد بالغ با آنها مواجه می‌شود (Jervis,*et al.*, 2008) به ویژه به در دسترس

بودن منابع غذایی قندی مانند شهد گل‌ها، عسل و همولنف بستگی دارد (Eijs,*et al.*, 1998).



شکل ۳- طول‌عمر زنبور در حضور گل و گیاه کامل گل‌عسل در شرایط در آزمایشگاه و گلخانه
حروف متفاوت روی هر خط نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.
Fig 3- Longevity of wasps feed on Alyssum inflorescence and whole plants in laboratory and greenhouse. Different letters on each line indicate statistically significant difference at 1% level according to LSD test.



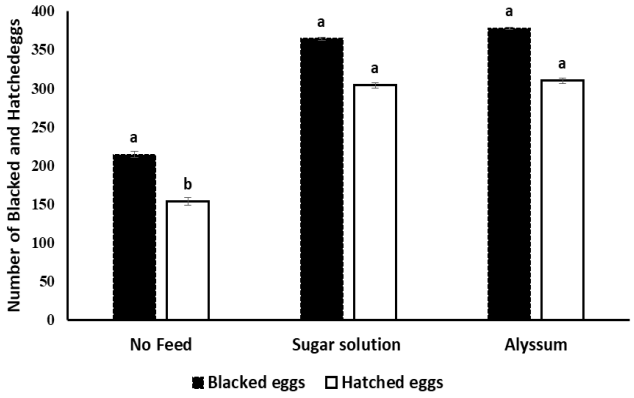
شکل ۴- تعداد تخم‌های سیاه شده و تفریخ شده افراد تغذیه کرده از گل‌عسل، آب‌شکر ۱۰ ٪ و بدون تغذیه در آزمایشگاه
حروف متفاوت روی ستون‌های هم‌رنگ نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.
Fig 4-Number of blacked and hatched egg of wasps feed on Alyssum, sugar solution and no feed in laboraty. Different letters on columns with the same color indicate statistically significant difference at 1% level according to LSD test.

پارازیتوییدها می‌توانند با مصرف منظم منابع قندی مانند شهد، عسل و یا سایر مواد مغذی حاوی کربوهیدرات، انرژی لازم را دریافت کنند (Eijs, *et al.*, 1998) و صرف فعالیت‌هایی مانند پرواز و فعالیت جستجوگری کند(Pompanon, *et al.*, 1999) و در نهایت می‌تواند بر تمایل برای جستجوی میزبان (Wäckers, 2004) و کارایی آنها (Díaz,*et al.*, 2012) اثربخش باشند. افزایش طول‌عمر و تعداد تخم‌های سیاه شده زنبورهای تغذیه کرده از گل‌عسل بیانگر کیفیت مطلوب شهد این گل و میزان دسترسی مناسب شهد برای زنبور *T. cacoeciae* است. گل‌عسل دارای گلوگز، ساکاروز و فروکتوز و شکر نیز دارای گلوکز، فروکتوز و گالاکتوز است (Vattala *et al.*, 2006). نسبت و ترکیب این قندها و همچنین نیاز متفاوت زنبور *T. cacoeciae* به ترکیب قندها می‌تواند دلیل تفاوت اثر آنها بر پارامترهای طول‌عمر و پارازیتیسم باشد. شهد گل گل‌عسل برای تغذیه زنبورهای پارازیتویید کوچک، دسترسی آسانی دارد و

به لحاظ کیفی باعث افزایش طول‌عمر و میزان پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae* شدند. کیفیت و میزان دسترسی پارازیتویید به منابع قندی از ویژگی‌های مهم گیاهان پوششی است که در مدیریت زیستگاه روش کنترل بیولوژیک حفاظتی باید در نظر گرفته شود(Kidd and Jervis, 1989).

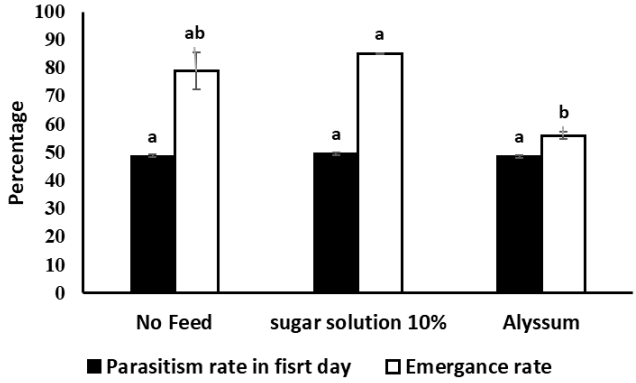
بر اساس نتایج بدست آمده، اثر گیاه‌کامل بر پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae* در قفس دارای تاثیر معنی‌دار بر تعداد تخم‌های سیاه شده و تفریخ شده بود (F=18.30; 21.40, P<0.0001, df=2,27, n=30)(شکل ۵). گیاه گل‌عسل دارای خوشه‌های گل فراوان با پانزده تا بیست گل روی ساقه‌های کوتاه و برگ‌های متعدد است (Sivinski, et al., 2006). به دلیل تعداد زیاد ساقه، حجم زیادی از گل‌های گل‌عسل در کنار هم مسیر آسان و ممتدی برای پیاده‌روی خطی زنبور *T. cacoeciae* پدید می‌آورد که با راه رفتن و به راحتی به شهد و گرده تعداد زیادی از گل‌ها دسترسی پیدا می‌کنند و از حجم بالایی شهد و گرده گل استفاده می‌کنند. بنظر می‌رسد تعداد شاخه‌های گل‌دهنده و گل‌های فراوان گل‌عسل در مجموع مقدار شهد کافی را در اختیار زنبور *T. cacoeciae* قرار دهد. بنابراین می‌توان گفت شکل گل‌های گیاهان مورد استفاده در کنار محصول اصلی بر انتخاب آنها توسط زنبورهای پارازیتویید برای بهروری از منابع مغذی آنها تاثیر می‌گذارد (Patt, *et al*., 1997).

همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است نرخ پارازیتیسم روز اول زنبورهای تغذیه کرده از گل گل-عسل (۴۸/۶٪) و آب‌شکر ۱۰٪ (۴۹/۶ ٪) با افراد بدون تغذیه (۴۸/۸ ٪) در آزمایشگاه تفاوت معنی‌داری ندارد (F=0.41, P<0.669, df=2,27, n=30). در شرایط گلخانه نیز تفاوت معنی‌داری بین نرخ پارازیتسم زنبورهای تغذیه کرده از گیاه گل‌عسل و زنبورهای شاهد مشاهده نگردید (F=1.66, P<0.209, df=2,27, n=30) (شکل ۷). به نظر می‌رسد عدم اختلاف معنی-دار در نرخ پارازیتیسم روز اول پس از ظهور زنبورها در تیمارهای مختلف نشان دهنده عدم اثر تغذیه در کارایی روز اول زنبور پارازیتویید است. گونه *T. cacoeciae* بیشتر بار تخم خود را در سریع‌ترین زمان ممکن تخلیه می‌کند. بنابراین تغذیه در میزان پارازیتیسم روز اول تاثیر ندارد و این تاییدی بر Pro-ovigenic بودن زنبور است. تداوم تغذیه طول‌عمر آنها را افزایش می‌دهد و میزان پارازیتیسم را در کل دوره حشره بالغ افزایش می‌دهد. این افزایش نشان می‌دهد، زنبور *T. cacoeciae* از منابع قندی سود برده و بار تخم خود را افزایش می‌دهد. افزایش میزان تخم‌گذاری زنبور *cacoeciae* . بیانگر استراتژی بینابینی آن از نظر بار تخم برای تخم‌گذاری است (Hegazi and Khafagi, 2001).



شکل ۵- تعداد تخم‌های سیاه شده و تفریخ شده زنبورهای تغذیه کرده از گل‌عسل، آب‌شکر ۱۰ ٪ و بدون تغذیه در گلخانه
حروف متفاوت روی ستون‌های هم‌رنگ نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.

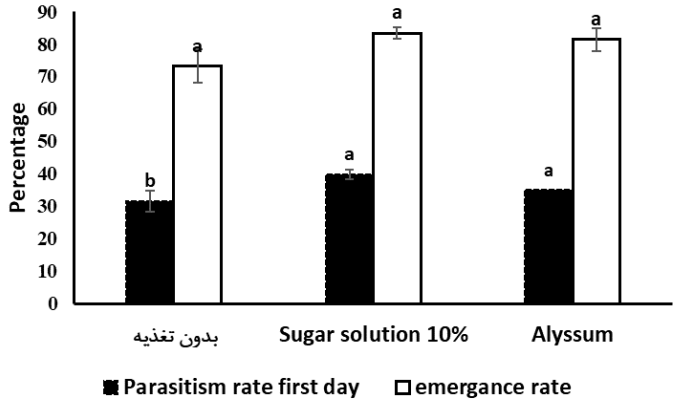
Fig 5- Number of blacked and hatched eggs of wasps feed on Alyssum, sugar solution 10% and no feed in greenhouse. Different letters on columns with the same color indicate statistically significant difference at 1% level according to LSD test



شکل ۶- نرخ پارازیتیسم روز اول و نرخ تفریخ افراد تغذیه کرده از گل‌عسل، آب‌شکر ۱۰ ٪ و بدون تغذیه در آزمایشگاه
حروف متفاوت روی ستون‌های هم‌رنگ نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.

Fig 6- parasitism rate in first day and emergence rate of wasps feed on Alyssum, sugar solution and nothing in laboratory. Different letters on colusmn with the same color indicate statistically significant difference at 1% level according to LSD test.

همانطور که در شکل ۶ نشان داده شده است تغذیه زنبورها با تیمارهای مختلف دارای اثر معنی-داری بر نرخ خروج نتاج زنبورها بود (F=7.62, P<0.002, df=2,27, n=30). این پارامتر در آزمایش-های گلخانه (شکل۷) اختلاف معنی‌داری بین تیمارها نشان نداد اما در تیمار گل‌عسل و آب‌شکر۱۰٪ بیشتر از افراد بدون تغذیه بود (F=;2.99, P<0.066, df=2,27, n=30). این نتایج نشان می‌دهد تغذیه از منابع قندی اثری بر افزایش نرخ خروج نتاج زنبور *T. cacoeciae* ندارد.

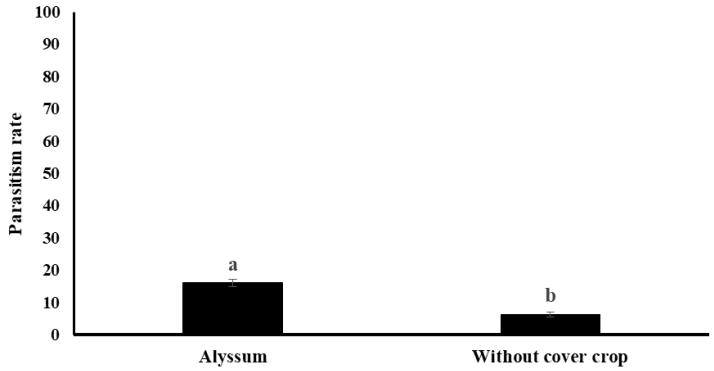


أ

شکل ۷ - نرخ پارازیتیسم روز اول و نرخ تفریخ افراد تغذیه کرده از گل‌عسل، آب‌شکر ۱۰ ٪ و بدون تغذیه در گلخانه
حروف متفاوت روی ستون‌های هم‌رنگ نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد بر اساس آزمون LSD است.

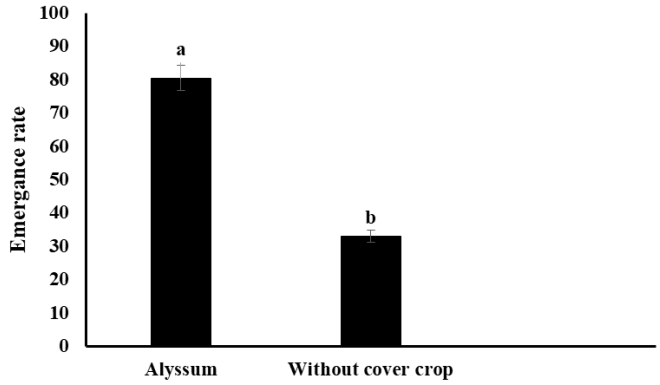
Fig 7- Parasitism rate in first day and emergence rate of wasps feed on Alyssum, sugar solution and nothing in greenhouse. Different letters on columns with the same color indicate statistically significant difference at 1% level according to LSD test.

در آزمایش‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای، توانایی زنبور *T. cacoeciae* در بهره‌برداری از شهد گیاه گل-عسل مشهود بود. بنابراین اثر حضور این گیاه در کنار محصول اصلی سیب در باغ سیب بررسی شد. پارازیتیسم کل در تیمار گیاه پوششی گل‌عسل با تیمار شاهد بدون گیاه پوششی اختلاف معنی‌دار (T=7.403, P<0.0001, df=286, n=144) نشان داد (شکل ۸).



شکل ۸- مقایسه نرخ پارازیتیسم زنبورهای *T. cacoeciae* رهاسازی شده در حضور و عدم حضور گیاه گل‌عسل در ردیف‌های درخت سیب

Fig 8-Parasitism rate of released *T. cacoeciae* in apple orchard with and without Alyssum

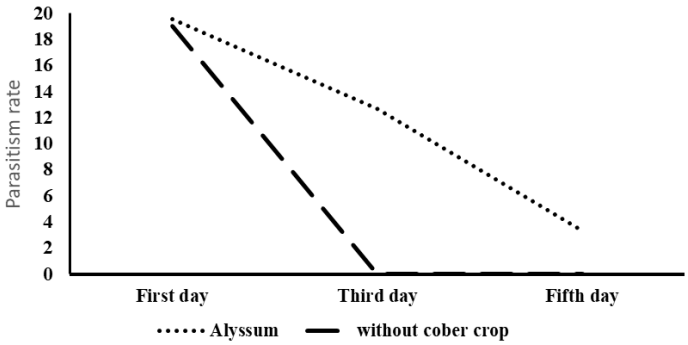


شکل ۹- مقایسه نرخ خروج نتاج زنبورهای *T. cacoeciae* رهاسازی شده در حضور و عدم حضور گیاه گل‌عسل در ردیف‌های درخت سیب

Fig 9- Emergence rate of *T. cacoeciae* released in apple orchard with and without Alyssum.

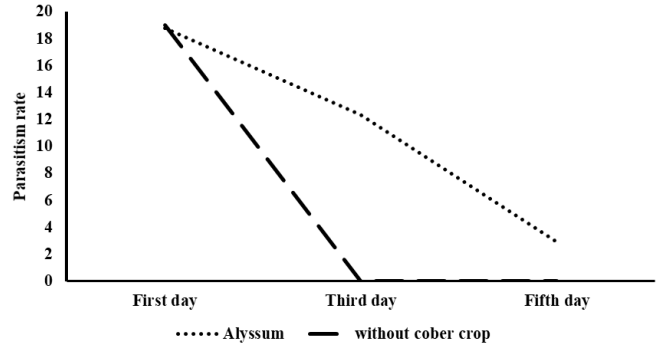
نرخ خروج زنبورها در کل تله‌های تخم تیمار گل‌عسل با نرخ خروج زنبورها در کل تله‌های تخم تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری داشت (T=11.6, P<0.0001, df=286, n=144) (شکل۹). میزان پارازیتیسم زنبور *T. cacoeciae* اختلاف معنی‌داری بین تیمار گل‌عسل و شاهد (بدون گیاه پوششی) در روز اول پس از هر نوبت رهاسازی نشان نداد (T=7.403, P<0.0001, df=286, n=144) (جدول ۱). این نتایج در تایید نتایج آزمایش‌های آزمایشگاهی و گلخانه است و نشان می‌دهد زنبور تازه ظاهر شده در روز اول پس از رهاسازی از ذخایر انرژی دوره لاروی خود استفاده می‌کند و فعالیت آن تنها به همان روز محدود می‌شود. میزان پارازیتیسم زنبور در روز سوم و پنجم پس از رهاسازی در تیمار گل‌عسل (جدول ۱)، تاثیر مثبت تغذیه زنبور از گیاه پوششی و اثر آن بر زنده‌مانی و پارازیتسم را نشان می‌دهد. این نتایج بازتاب توانایی زنبور *T. cacoeciae* در بهره‌برداری از شهد گل‌عسل در باغ و از سوی دیگر کیفیت مناسب شهد گل است که مزیت‌های متابولیکی و رفتاری را در زنبور ایجاد می‌کند. افزایش پارازیتیسم سایر گونه‌های جنس *Trichogramma* در حضور گیاهان گل‌دار دیگری مانند گندم‌سیاه در کنار محصولات دیگر نیز گزارش شده است. کاشت گیاه گندم‌سیاه در ردیف‌های کشت فلفل‌دلمه‌ای در روش دستکاری زیستگاه، برای افزایش میزان پارازیتیسم *T. ostriniae* در کنترل کرم ساقه خوار اروپایی موفقیت‌آمیز بود و کنترل خوبی از این آفت در پلات‌های گل‌کاری شده به همراه داشت (Russell and Bessin, 2009). اما افزایش پارازیتیسم *T. carverae* در حضور گل‌عسل در تاکستان گزارش نشد، با اینکه در آزمایش‌های قفس گزارش شده بود. دلایل عدم افزایش

پارازیتیسم هوای سرد و مرطوب غالب در زمان انجام آزمایش‌های تاکستان بیان شد که فعالیت زنبور را محدود کرده بود (Begum,.*et al*., 2003). همچنین افزایش طول‌عمر و باروری زنبور *T. exigum* در حضور گیاهان گل‌دار رازیانه و گندم‌سیاه، ثبت شده است (Witting-Bissinger, *et al*., 2008). همانطور که در شکل‌های ۱۰، ۱۱ و ۱۲ مشخص است حضور گیاه کل عسل می‌تواند باعث افزایش میزان پارازیتیسم زنبورها در شرایط بلوغ گردد. زنده‌مانی زنبور *T. cacoeciae* را در سه و پنج روز در تیمار گل‌عسل و تنها در ۲۴ ساعت پس از رهاسازی در تیمار شاهد نشان می‌دهد. زندمانی بیشتر زنبور پارازیتویید *T.carverae* در تاکستان در پژوهشی دیگر نیز گزارش شده بود و در حضور گیاه گل‌عسل هشت روز پس از رهاسازی در مقایسه با تیمار شاهد زنده بودند (Begum, *et al*., 2003).



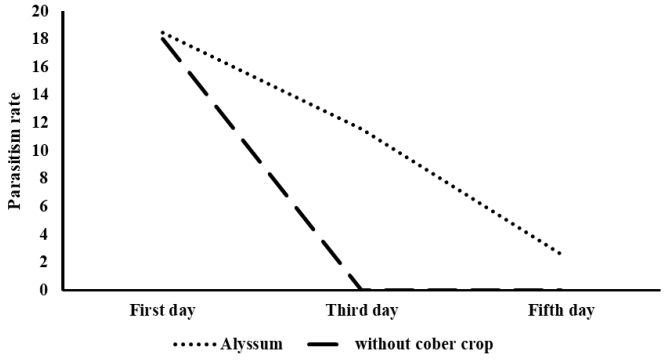
شکل-۱۰ روند درصد پارازیتیسم زنبور پارازیتویید *T. cacoeciae* در نوبت اول رهاسازی در دو تیمار گل‌عسل و شاهد

Fig 10 – Parasitism rate changes of *T. cacoeciae* in apple orchard with and without Alyssum in first release.



شکل ۱۱- روند درصد پارازیتیسم زنبور پارازیتویید *T. cacoeciae* در نوبت دوم رهاسازی در دو تیمار گل‌عسل و شاهد

Fig 11-Parasitism rate changes of *T. cacoeciae* with and without Alyssum in apple orchard in second release



شکل ۱۲- روند درصد پارازیتیسم زنبور پارازیتوییدی *T. cacoeciae* در نوبت سوم رهاسازی در دو تیمار گل‌عسل و شاهد

Fig 12-parasitism rate changes of *T. cacoeciae* with and without Alyssum in apple orchard in second release

جدول۱-مقایسه میانگین میزان پارازیتسم زنبور *T. cacoeciae* به تفکیک روز و نوبت رهاسازی

Table1- *T. cacoeciae* parasitism in three successive release and replicates in apple orchard

Time of Release	First day after release		Third day after release		Fifth day after release	
	Alyssum	Control	Alyssum	Control	Alyssum	Control
First releases	58.72[a]±2.57	57.15[a]±2.51	38.05[a]±1.59	0[b]	9.88[a]±0.50	0[b]
Second release	56.25[a]±2.08	57.07[a]±2.52	36.98±1.48	0[b]	8.73[a]±0.61	0[b]
Third release	55.36[a]±2.06	54.09[a]±2.18	34.64[a]±1.53	0[b]	7.72[a]±0.60	0[b]

حروف متفاوت در هر ردیف، نشان دهنده تفاوت آماری معنی‌دار در سطح ۱ درصد است.

Different letters in each row indicate statistically significant difference at 1% level.

مطالعات بسیاری نشان داده است که تامین غذای بهتر برای افراد بالغ *Trichogramma* منجر به افزایش طول‌عمر (Hohmann *et al*., 1989)، نرخ بالاتر پارازیتیسم (Somchoudhury and Dutt, 1988) و ظرفیت بهتر پروازی (Forsse *et al*., 1992) می‌شود. عدم وجود منابع قندی مناسب برای افراد بالغ پارازیتوییید عامل مهمی در شکست برنامه‌های کنترل بیولوژیک در مزرعه و باغ شناخته شده است (Zamek *et al*., 2013). نتایج پژوهش حاضر نیز موکد تاثیر حضور گیاه پوششی گل‌دار گل‌عسل بر افزایش پارازیتیسم و طول‌عمر زنبور *T. cacoeciae* روی درختان سیب بود که بیانگر جذابیت گیاه گل‌عسل و در دسترس بودن شهد آن برای این زنبور است، بطوریکه زنبور *T. cacoeciae* از تغذیه گل‌عسل سود می‌برد و با کسب انرژی به طور فعال به جستجوی میزبان می‌پردازد. گل‌عسل دارای جام گل کاسه‌ای شکل (Patt, *et al*., 1997) بوده و شهد آنها براحتی برای زنبور در دسترس است. همچنین از لحاظ ساختاری، دارای خوشه‌های متراکم با تعداد زیاد گل است (Sivinski, *et al*., 2006) که در کنار هم و ایجاد مسیر بدون وقفه، منجر به دسترسی راحت زنبور با راه رفتن روی برگ‌ها به گل‌های دیگر برای تغذیه می‌شود و می‌تواند انتخاب مناسبی برای افزودن آن به سیستم کشت برای تامین غذای مکمل زنبور پارازیتوییید *T. cacoeciae* باشد. کنترل بیولوژیک حفاظتی، افزایش کارایی دشمنان‌طبیعی از طریق اصلاح محیط است (Eilenberg *et al*., 2001). حضور گیاهان پوششی گل‌دار مانند گل‌عسل در باغ، احتمالا می‌تواند کارایی پارازیتوییدها، مانند زنبور *T. cacoeciae*، را افزایش دهد. به طور کلی به نظر می‌رسد کاشت گیاهان پوششی مانند برای ارتقای کارایی عوامل کنترل بیولوژیک مانند زنبور *T. cacoeciae* سودمند است.

REFERENCES

Alcamo EMB (2003) Ecosystems and human well-being: a framework for assessme*nt*. Island Press. Island.

Alkarrat H (2013) Inter- and intraspecific variation of nutritional and environmental adaptation of egg-parasitoids of the genus Trichogramma, PhD thesis, University of Hohenheim, Germany.

Almatni W, Jamal M, Monje JC, Zebitz CPW. (2002) 'Primary field release of Trichogramma cacoeciae Marchal (Trichogrammatidae , Hymenoptera) as a part of biological control of codling moth , Cydia pomonella L . (Tortricidae , Lepidoptera).

Andow DA, Prokrym DR (1990) Plant structural complexity and host-finding by a parasitoid. Oecologia 82(2):162–165.

Araj SE, Wratten SD (2015) Comparing existing weeds and commonly used insectary plants as floral resources for a parasitoid. Biological Control 81: 15–20.

Bale JS, Van Lenteren JC, Bigler F (2008) Biological control and sustainable food production, Philosophical Transactions of the Royal Society.Biological Science*s* 363(14):761–776.

Begum M, Gurr GM, Wratten SD, Hedberg PR (2006) Using selective food plants to maximize biological control of vineyard pests. Journal of Applied Ecology 43(3):547–554.

Begum GM, Gurr SD, Wartten PR, Hedberg HIN (2003) The effect of nectar on the efficacy of the Grapevine leafrollee parasitoid, trichogramma carverar, International journal of Ecology and Enviromental Sciences, 30:1-12

Berndt LA, Wratten, SD (2005) Effects of alyssum flowers on the longevity, fecundity, and sex ratio of the leafroller parasitoid Dolichogenidea tasmanica. Biological Control 32(1), pp. 65–69.

Brennan EB (2013) Agronomic aspects of strip intercropping lettuce with alyssum for biological control

of aphids. Biological Control 65(3):302–311.

Brennan EB (2016) Agronomy of strip intercropping broccoli with alyssum for biological control of aphids. Biological Control 97:109–119.

Díaz MF, Ramírez A, Poveda K (2012) Efficiency of different egg parasitoids and increased floral diversity for the biological control of noctuid pests. Biological Control 60:182–191.

Díaz S, Fargione J, Chapin FS, Tilman D (2006) Biodiversity Loss Threatens Human Well-Being. PLoS Biology 4(8):1300-1305

Eijs IEM, Ellers J, Van duinen GJ (1998) Feeding strategies in drosophilid parasitoids: the impact of natural food resources on energy reserves in females. Ecological Entomology 23(2):133–138.

Fiedler AK (2008) Maximizing ecosystem services from conservation biological control: The role of habitat management. Biological Control 45(2):254–271.

Ghasemi R and Ghaderian SM (2009) Responses of two populations of an Iranian nickel-hyperaccumulating serpentine plant, Alyssum inflatum Nyar., to substrate Ca/Mg quotient and nickel', *Environmental and Experimental Botany* 67(1):260–268.

Gilman EF, Howe T (1999) *Lobularia maritima*. Fact Sheet FPS-352

Gurr GM, Wratten SD, Tylianakis JM, Kean J, Keller M (2005) Providing plant foods for natural enemies in farming systems: balancing practicalities and theory. 267–304.

Gurr GM, Wratten SD, Altieri MA, Pimentel D (2004) Ecological Engineering for Pest Management, CSIRO publishing, Australia.

Hegazi EM, Khafagi WE (2001) Pattern of egg management by Trichogramma cacoeciae and T. dendrolimi (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Biocontrol Science and Technology 11(3): 353–359.

Hogg BN, Bugg RL, Daane KM (2011) Attractiveness of common insectary and harvestable floral resources to beneficial insects. Biological Control 56(1):76–84.

Jervis MA, Ellers J, Harvey JA (2007) Resource Acquisition, Allocation, and Utilization in Parasitoid Reproductive Strategies. Annual Review of Entomology 53(1):361–385.

Jonsson M, wratten SD, Robinson KA, Sam SA, (2009) The impact of floral resources and omnivory on a four trophic level food web, Bulletin of Entomological Research, 99(3) 275-285.

Khan ZR, James DG, Midega CAO, Pickett JA (2008) Chemical ecology and conservation biological control. Biological Control 45(2): 210–224.

Kidd NAC, Jervis MA (1989) The effects of host-feeding behaviour on the dynamics of parasitoid-host interactions, and the implications for biological control. Researches on Population Ecology 31(2): 235–274.

Lavandero IB, Wratten SD, Didham R, Gurr GM (2006) Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: A double-edged sward? Basic and Applied Ecology 7(3):236–243.

Liu WX, Wang W X, Zhang YB, Wang W, Lu SL, Wan F H (2015) Adult diet affects the life history and host-killing behavior of a host-feeding parasitoid. Biological Control 81:58–64.

Mills N, Pickel C, Mansfield S, McDougall S, Buchner R, Caprile J, Edstrom J, Elkins R, Hasey J, Kelley K, Krueger B, Olson B, Stocker R (2000) Mass releases of *Trichogramma* wasps can reduce damage from codling moth. California Agriculture 54(6):22–25.

Patt, JM, Hamilton GC, Lashomb JH (1997) Foraging success of parasitoid wasps on flowers: interplay of insect morphology, floral architecture and searching behavior. Entomologia Experimentalis et Applicata 83(1): 21–30.

Pfiffner L, Luka H, Schlatter C, Juen A, Traugott M, (2009) Impact of wildflower strips on biological control of cabbage lepidopterans, Agriculture, Ecosystems & Environment, 129(3): 310-314.

Pimentel D, Wilson C, McCullum C, Huang R, Dwen P, Flack J, Tran Q, Saltman T, Cliff B (1998) Economic and Environmental Benefits of Biodiversity. BioScience 47(11): 747–757.

Pintureau B (1997) Systematic and genetical problems revised in two closely related species of *Trichogramma embryophagu*m and *T. cacoeciae* (Hym., Trichogrammatidae). *Miscel.lania Zooloaica*. 20(2): 1 1-1 8

Pizzol J, Pintureau B, Khoualdia O, Desneux N (2010) Temperature-dependent differences in biological traits between two strains of *Trichogramma cacoeciae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). Journal of Pest Science 83(4):447–452.

Pollier A, Tricault Y, Plantegenest M, Bischoff A (2019) Sowing of margin strips rich in floral resources improves herbivore control in adjacent crop fields. Agricultural and Forest Entomology, 21(1):119–129.

Pompanon F, Fouillet P, Bouletreau M (1999) Physiological and genetic factors as source*s* of variation

in locomotion and activity rhythm in a parasitoid wasp (Trichogramma brassicae). Physiological Entomology, 24(4):346–357.

Poorjavad N, Goldansaz S H, Machtelinckx T, Tirry L, Stouthamer R, van Leeuwenb T (2012) Iranian Trichogramma: ITS2 DNA characterization and natural Wolbachia infection. BioControl. 57(3):361–374.

Reynolds P (2011) The effects of plant gross morphology on the foraging efficiencies of generalist predators. M.S Thesis. University of Waterloo. Waterloo, Ontario, Canada

Romeis J, Thomas H , Zebitz CPW (1998) Response of Trichogramma egg parasitoids to colored sticky traps. Biocontrol 43:17–27.

Russell K, Bessin R (2009) Integration of Trichogramma ostriniae releases and habitat modification for suppression of European corn borer (Ostrinia nubilalis Hübner) in bell peppers. Renewable Agriculture and Food Systems, 24(1):19–24.

Sivinski J, Aluja M, Holler T (2006) Food sources for adult Diachasmimorpha longicaudata, a parasitoid of tephritid fruit flies: Effects on longevity and fecundity. Entomologia Experimentalis et Applicata 118(3):193–202.

Tuell JK, Fiedler A K, Landis D, Isaacs R (2008) Visitation by wild and managed bees (Hymenoptera: Apoidea) to eastern U.S. native plants for use in conservation programs. Environmental entomology, 37(3):707–18.

Vittala HD, Wratten SD, Philips CB, Wäckers FL (2006) The inXuence of Xower morphology and nectar quality on the longevity of a parasitoid biological control agent, Biological Control, 30(2): 179-185

Wäckers FL (2004) Assessing the suitability of flowering herbs as parasitoid food sources: Flower attractiveness and nectar accessibility. Biological Control 29(3):307–314.

Witting-Bissinger BE, Orr DB, Linker HM (2008) Effects of floral resources on fitness of the parasitoids *Trichogramma exiguum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and Cotesia congregata (Hymenoptera: Braconidae). Biological Control 47(2):180–186.

Zamek AL, Reynolds OL, Mansfield S, Micallef JL, Gurr GM (2013) Carbohydrate diet and reproductive performance of a fruit fly parasitoid, Diachasmimorpha tryoni. Journal of insect scienceess 13(74):31-39

Zurbrügg C, Frank T (2006) Factors Influencing Bug Diversity (Insecta: Heteroptera) in Semi-Natural Habitats. Biodiversity and Conservation. 15(1):275–294.