The University of Tehran Press

Biological Control of Pests and Plant Diseases

Online ISNN: 2322-2883

Homepage: https://jbiocontrol.ut.ac.ir/

The prey preference of *Dicrodiplosis manihoti* Harris (Dip.: Ceccidomyiidae) to different developmental stages of the cotton mealybug *Phenococcus solenopsis* Tinsely (Hem.: Pseudococcidae)

Tahere Poorzandian[1] | Leila Ramezani[2]✉ | Sara Zarghami[3]

1. Departmen of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. E-mail: tahere.porzandian@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran. E-mail: ramezani@asnrukh.ac.ir
3. Date Palm and Tropical Fruits Research Center, Horticultural Science, Research Institute, Ahvaz, Iran. E-mail: sar.zarghami@gmail.com

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 25 September 2023

Revised: 11 December 2023

Accepted: 13 December 2023

Published online: 22 June 2022

Keywords:

Cotton mealybug,

Gall midge,

Manly index,

Pray preference.

ABSTRACT

The predatory midge *Dicrodiplosis manihoti* Harris is one of the effective predators of cotton mealybug *Phenococcus solenopsis* Tinsely, which was reported from different regions of Khuzestan province. Since the mass-rearing and use of this predator in order to control the cotton mealybug requires identifying the best biological stage of the prey for feeding, in this research, the preference of the first, second and third instar larvae of *D. manihoti* mosquitoes by feeding on different stages of nymphs and adult cotton mealybugs at the optimal temperature of 32±1, relative humidity of 65% ± 10 and photoperiod of 14:10 hours (darkness: light) were investigated and the resulting data were analyzed using the Manly index. The comparison of the average Manly index showed that the larval stage of *D. manihoti* significantly preferred the adult of cotton mealybug to other growth stages, and the lowest consumption of this developmental stage was from the third-instar nymph without significant difference with the first and second instar nymphs (P<0.006, df=3,76 H=12.57). Meanwhile, the second and third instar larvae of predator significantly preferred the first instar nymphs to other developmental stages of pray and the lowest consumption of these developmental stages was significantly from the adult female. Feeding on the first instar nymph as an active growth stage and the main agent of transmission on hosts and other plants showed the importance of this predator in controlling the pest population and its control role.

Cite this article: Poorzandian, T., Ramezani, L. & Zarghami, S. (2024). The prey preference of Dicrodiplosis manihoti Harris (Dip.: Ceccidomyiidae) to different developmental stages of the cotton mealybug Phenococcus solenopsis Tinsely (Hem.: Pseudococcidae). *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 11 (1), 29-41. DOI: http//doi.org/10.22059/JBIOC.2023.365820.323

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: http//doi.org/10.22059/JBIOC.2023.365820.323

Extended Abstract

Introduction

The cotton mealybug, *Phenococcus solenopsis* Tinsely, is one of the destructive plant pests that is native to America and has become an important and dangerous pest in Asia in the 21st century (Wang *et al*., 2012; Fand *et al*., 2010; Hodgson *et al*., 2008). This polyphagous pest has a wide host range and has been collected from 219 species belonging to 159 genera from 70 families of plants including trees, shrubs, agricultural and non-agricultural plants in Iran (Mossadegh *et al*., 2015). Studies carried out on the natural enemies of mealybugs in Iran led to the identification of a predatory species *Dicrodiplosis manihoti* Harris (Diptera: Cecidomyiidae) in the southwestern regions of Iran (Bushi, 2016; Mossadeqh *et al*., 2015; Gheibi et al., 2015). Preliminary field and laboratory observations have shown that *D. manihoti* can probably have a high efficiency in controlling the cotton mealybug (Zilaei *et al*., 2022). The present study investigated the preference of different larval instars of this important predator on different developmental stages of cotton mealybug *P. solenopsis*.

Material and Methods

Samples of the cotton mealybug *P. solenopsis* were collected as pray from the Chinese hibiscus located in the campus of the University of Agricultural Science and Natural Resources University of Khuzestan and transferred to the laboratory and after the emergence of first instar nymphs they were transferred to the young branches of Chinese hibiscus in rearing containers. In order to create the initial population of *D. manihoti*, the infected branches contained mosquito larvae were placed in ventilated containers and after the emergence of adults, they were placed in ventilated containers with dimensions of 4×7×9 cm. containing cotton mealybugs. The colony was kept in an incubator at the temperature of 27 ± 1°*C*, relative humidity of 65 ± 10% and a photoperiod of 10:14 hours (darkness: lightness). Since a cohort of individuals was needed to experiment, a number of adult male and female mosquitoes were released on the colony of cotton mealybugs (including all developmental stages of the mealybug) and kept in an incubator with the optimum temperature, 32°C (Zilaei *et al*., 2022), relative humidity of 65±10% and photoperiod of 10:14 hours (darkness: light) and after 12 hours the adults were separated, then the laid eggs were collected and stored in separate containers. At the same time with the emergence of first instar mosquito larva, an equal number (density 16, in order to bring the density to a density of prey in which at least 50% of the prey has been consumed, i.e. density 64) of the developmental stages of 1^{th}, 2^{d}, and 3^{d} instars nymphs and adult females of mealybug were provided to each predator. After 24 hours, the predator was removed and the number of eaten pray from each developmental stage was recorded. This process was repeated for second and third instar larvae and adult male and female of *D. manihoti* with 20 repetitions. The data obtained from pray preference were analyzed using Manly's beta index (Manly, 1972). In order to evaluate the normality of the data, the Shapiro-Wilk test was used at the level of P=0.05 using SigmaPlot 12.0 software. Data analysis and comparison between treatments were performed using Tukey's test at P=0.05 level.

Results

The results of the pray preference of first, second and third instar larvae of *D. manihoti* by feeding on the first, second and third instar nymphs and adult stages of cotton mealybug at 32°C, relative humidity of 65 ± 10% and photoperiod 10:14 hours (darkness: lightness) using Manley's beta index showed the predator consumed all the developmental stages of the prey, but the amount of consumption of the developmental stages of the predator from the different developmental stages of pray were different.

Comparison of the average beta index for the first instar larva of *D. manihoti* showed that this developmental stage significantly prefers adult female to other developmental stages (P<0.006, df=3,76 H=12.57). Also the second instar larvae of *D. manihoti* significantly prefers first-instar nymph to other developmental stages and the lowest consumption of this stage was from the adult female mealybug with a significant difference from the nymphs of second and third instars (P<0.001, df=3,76 H=55.65). Comparison of the beta index in the third instar larvae of *D. manihoti* feeding on mealybug showed that the first instar nymphs were the preferred pray and the lowest consumption was from the adult mealybug (P<0.001, df=3,76 H=35/82).

Discussion

According to the results of this research, the predator's first instar larvae preferred cotton mealybug adults over other developmental stages. The reason for this preference seems to be related to the low mobility of the adult mealybug. Since the amount of energy obtained from prey and the rate of prey capture is a function of prey size, larger prey may be preferred due to their higher nutritional value (Charnoff, 1976). Also second and third instars larvae of *D. manihoti* preferred mealybug nymphs more than other stages. The reason for this preference is probably related to the more mobility of older larvae and adult predator, so they choose smaller prey because the time to reach the prey is reduced and the availability and feeding of the prey is increased (Tinbergen, 1981). The results of this research showed that eating the most important developmental stage of the host, which can be transferred to other plants, increases the importance of this natural enemy. However, obtaining other behavioral information such as functional response, numerical response and its host preference in nature can play a role in making decisions about this biological agent.

نشریه کنترل بیولوژیک آفات و بیماری های گیاهی، دوره ۱۱، شماره ۱

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۸۰۹۰

Homepage: https://jbiocontrol.ut.ac.ir/

بررسی ترجیح طعمه پشه *Dicrodiplosis manihoti* Harris (Dip.: Ceccidomyiidae) نسبت به مراحل مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه *Phenococcus solenopsis* Tinsely (Hem.: Pseudococcidae)

طاهره پورزندیان[۱] | لیلا رمضانی[۲]✉ | سارا ضرغامی[۳]

۱. گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: tahere.porzandian@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: ramezani@asnrukh.ac.ir

۳. پژوهشکده خرما و میوه های گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، اهواز، ایران. رایانامه: sar.zarghami@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۹/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۱۰/۰۱

کلیدواژه‌ها:
پشه گالزا، ترجیح طعمه، شاخص منلی، شپشک آردآلود پنبه.

چکیده

پشه شکارگر *Dicrodiplosis manihoti* Harris یکی از شکارگرهای فعال شپشک آردآلود پنبه *Phenococcus solenopsis*Tinsely می‌باشد که از مناطق مختلف استان خوزستان از روی درختچه‌های ختمی چینی آلوده جمع‌آوری و گزارش‌شده است. ازآنجایی‌که پرورش انبوه و استفاده از این شکارگر به‌منظور کنترل شپشک آردآلود پنبه مستلزم شناسایی بهترین مرحله زیستی طعمه برای تغذیه می‌باشد، در این پژوهش ترجیح شکارگری لاروهای سنین یک، دو و سه پشه *D. manihoti* با تغذیه از مراحل پوره سن یک، دو، سه و ماده بالغ شپشک آردآلود پنبه در دمای بهینه ۳۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۶۵±۱۰ درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ ساعت (تاریکی: روشنایی) بررسی شد و داده‌های حاصل با استفاده از شاخص منلی مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین شاخص منلی نشان داد که لارو سن یک پشه *D. manihoti* ماده‌های بالغ شپشک را به‌طور معناداری به سایر مراحل رشدی ترجیح داد و کمترین مصرف این مرحله رشدی از پوره سن سه بدون اختلاف معنادار با پوره سن یک و دو شپشک بود. این در حالی است که لاروهای سن دو و سه شکارگر پوره سن یک شپشک را به‌طور معناداری به سایر مراحل رشدی ترجیح داده و کمترین میزان مصرف این مراحل رشدی به‌طور معناداری از ماده بالغ شپشک بود. تغذیه از پوره سن یک آفت به‌عنوان مرحله رشدی فعال و عامل اصلی انتقال شپشک روی میزبان‌ها و گیاهان دیگر نشان‌دهنده اهمیت این شکارگر در مهار جمعیت آفت و نقش کنترلی آن می‌باشد.

استناد: پورزندیان، طاهره؛ رمضانی، لیلا؛ و ضرغامی، سارا (۱۴۰۲). بررسی ترجیح طعمه پشه Dicrodiplosis manihoti Harris (Dip.: Ceccidomyiidae) نسبت به مراحل مختلف رشدی شپشک آرد آلود پنبه Phenococcus solenopsis Tinsely (Hem.: Pseudococcidae). *نشریه کنترل بیولوژیک آفات و بیماری‌های گیاهی*، ۱۱ (۱)، ۴۱-۲۹. DOI: http//doi.org/10.22059/JBIOC.2023.365820.323

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: http//doi.org/10.22059/JBIOC.2023.365820.323

مقدمه

شپشک‌های آردآلود (Hemiptera: Pseudococcidae) آفاتی چند خوار هستند که از دهه اول قرن بیستم به تهدیدی جدی برای کشاورزان در مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان تبدیل‌شده‌اند (Wang *et al*., 2012; Fand *et al*., 2010; Hodgson *et al*., 2008). این حشرات با تشکیل کلنی روی بخش‌های مختلف گیاه، مکیدن شیره گیاهی و تزریق سم به گیاه و تولید مقدار زیادی عسلک که میوه و برگ را می‌پوشاند، و در مناطق مرطوب، رشد قارچ مولد دوده را سبب شده و با کاهش کیفیت محصول، توقف رشد گیاه، تغییر شکل و ریزش برگ و میوه، خسارت اقتصادی به محصول وارد می‌کنند (Godfrey *et al*., 2002; Nakhaei Madih, 2017). شپشک آردآلود پنبه *Phenococcus solenopsis* Tinsely از آفات مخرب گیاهان متعددی بوده که بومی آمریکا می‌باشد و در قرن ۲۱ به یک آفت مهم و خطرناک در آسیا تبدیل‌شده است. این آفت پلی فاژ با دامنه میزبانی وسیع، در ایران از روی ۲۱۹ گونه میزبان‌های گیاهی متعلق به ۱۵۹ جنس از ۷۰ خانواده گیاهی شامل درختان، درختچه‌ها، گیاهان زراعی و غیر زراعی، جمع‌آوری و شناسایی‌شده است (Mossadegh *et al*., 2012).

در حال حاضر این شپشک به یک معضل اساسی روی گیاهان زینتی به‌ویژه در فضای سبز تبدیل‌شده و عامل از بین رفتن گیاهان زینتی به‌ویژه گیاه ختمی چینی می‌باشد (Mossadegh *et al*., 2012; Nakhaei Madih *et al*., 2021, Boushi *et al*., 2020; Ramezani *et al*., 2021). شپشک آردآلود پنبه (*P. solenopsis*) با تغذیه از شیره‌ی گیاهی سبب زرد شدن برگ‌ها، بدشکلی، ریزش برگ‌ها و میوه‌ها، کاهش رشد گیاه، انتقال بیماری‌های ویروسی و در هنگام آلودگی شدید، سبب مرگ گیاه می‌شود. همچنین در حین تغذیه، مقادیر زیادی عسلک تولید کرده که به‌عنوان بستری مناسب برای رشد قارچ‌های مولد کپک دوده، سطح برگ‌ها و میوه‌ها را پوشش می‌دهد. این اعمال، سبب اختلال در فتوسنتز، تنفس و سایر فعالیت‌های گیاه و درنتیجه کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شود (Nagrare *et al*., 2009; Zhou *et al*., 2013). این آفت روی ختمی چینی سبب بدشکلی قسمت‌های انتهایی گیاه، پیچیدگی شاخه و برگ و چروکیدگی آن‌ها می‌شود (Akintola & Ande, 2009). این شپشک در اثر تغذیه، ماده سمی به بخش‌های دیگر گیاه می‌فرستد که سبب زردی، کوتولگی و مرگ گیاه می‌شود (Nagrare *et al*., 2009). کنترل شیمیایی شپشک‌های آردآلود به دلیل مخفی شدن شپشک در شکاف‌ها و پوستک درختان و دیگر مکان‌های غیرقابل‌دسترس، تداخل نسل و وجود پوشش محافظ مومی که بدن حشره و توده تخم را می‌پوشاند، مشکل می‌باشد (Joyce *et al*., 2001). این مواد پس از ترشح توسط غدد مومی اپیدرم، توسط مجاری، منافذ و موهای ترشحی به سطح بدن آمده و با پوشش بدن حشره، مانع از دست دادن آب بدن حشره شده و به‌عنوان یک محافظ از خیس شدن بدن نیز جلوگیری می‌کنند (Gullan & Kosztarab, 1997). اگرچه سموم شیمیایی از دسته ارگانوفسفات‌ها و کارباماتها (Shafqat *et al*., 2007)، ارگانوفسفات‌های سیستمیک (Meyerdirk *et al*., 1982) ، سموم گیاهی (Gross *et al*., 2001) و تنظیم‌کننده‌های رشد علیه شپشک‌های آردآلود استفاده می‌شود (Muthukrishnan *et al*., 2005) اما در اکثر موارد به دلیل آسیب‌های جدی این سموم به محیط‌زیست و دشمنان طبیعی شپشک‌ها، استفاده از آن‌ها توصیه نمی‌شود (Khani *et al*., 2012). برخلاف مبارزه شیمیایی علیه شپشک‌های آردآلود که به‌طور موفق عمل نمی‌کند، کنترل بیولوژیک شپشک‌های آردآلود با رهاسازی یک شکارگر (Afifi *et al*., 2010) یا پارازیتوئید (Amarasekare *et al*., 2009) و یا ترکیب هر دو گروه از دشمنان طبیعی (Mani *et al*., 2011) بسیار موفق عمل می‌کند.

پشه‌های خانواده Cecidomyiidae دو بالانی کوچک با پاها و شاخک‌های بلند، یک جفت بال غشایی با رگ‌بندی تحلیل رفته و کم‌تر از ۷ رگ بال طولی می‌باشند که به‌عنوان پشه‌های گالزا شناخته شده‌اند. در بعضی از گونه‌ها لاروها بدون ایجاد گال از گیاهان و یا از مواد پوسیده و قارچ‌ها تغذیه کرده و تعداد کمی از گونه‌ها به‌عنوان شکارچی حشرات کوچک گزارش شده‌اند. مطالعات انجام‌شده روی دشمنان طبیعی شپشک‌های آردآلود در ایران منجر به شناسایی یک‌گونه پشه شکارگر *Dicrodiplosis manihoti* Harris (Diptera: Cecidomyiidae) در نواحی جنوب غربی ایران در استان‌های خوزستان (Mossadegh *et al*., 2012; Boushi, 2016 ;) و فارس (Ghanbari *et al*., 2011; Gheibi *et al*., 2015) شده است.

این پشه شکارگر تاکنون از نقاط مختلف جهان ازجمله نواحی آفریقایی، آسیایی، سنگال، کنگو، (Harris, 1981)، عمان (Abbas, 1999)، عراق (Al-Rubeae *et al*., 2011) و مصر (Skuhrava *et al*., 2014) گزارش‌شده است. در میان ۲۰ جنس و ۳۰۰ گونه گوشت‌خوار و پارازیتوئید در این خانواده، تعداد اندکی از آن‌ها ازجمله پشه شکارگر *D. manihoti* را می‌توان نام برد که لاروهای آن از شکارگرهای اصلی شپشک‌های آردآلود *Phenacoccus manihoti* می‌باشند (Harris, 1981). همچنین گونه *Aphidoletes aphidimyza* Rondani به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گونه‌های شته خوار در گلخانه‌ها و باغات و مزارع (Havelka & Zemek, 1988) و گونه *Feltiella acarisuga* (Vallot) به‌عنوان یک پشه کنه‌خوار روی کنه‌های تارتن خانواده Tetranychidae استفاده‌شده‌اند (Pickett & Gilstrap, 1986; Opit, 1997). بررسی فون پشه‌های گالزای ایران نشان می‌دهد از مجموع ۲۶ گونه از این خانواده که در فهرست فون حشرات ایران ثبت‌شده به‌استثنای گونه‌های ذکرشده، اکثر آن‌ها گیاه‌خوار و گالزا هستند (Sadeghi *et al*., 2012; Joghataie *et al*., 2014).

مشاهدات ابتدایی صحرایی و آزمایشگاهی نشان داده است که پشه *D. manihoti* احتمالاً کارایی بالایی در کنترل شپشک آردآلود پنبه می‌تواند داشته باشد (Zilaei *et al*., 2022). پژوهش حاضر به بررسی ترجیح مراحل مختلف رشدی نابالغ این شکارگر، شامل لاروهای سنین یک تا سه نسبت به مراحل مختلف رشدی شپشک آردآلود پنبه در شرایط آزمایشگاهی پرداخته است.

مواد و روش‌ها

مکان آزمایش

این پژوهش در آزمایشگاه حشره‌شناسی گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد.

تهیه کلنی

به‌منظور ایجاد کلنی آزمایشگاهی، نمونه‌هایی از جمعیت شپشک آردآلود پنبه *P. solenopsis* از درختچه‌های ختمی چینی *Hibiscus rosa-sinensis* واقع در محوطه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل گردید و پس از ظهور پوره‌های سن یک، به روی سرشاخه‌های جوان ختمی چینی در ظروف پرورش به ابعاد ۶×۱۲×۱۸ سانتی‌متر انتقال داده شدند. برای ایجاد جمعیت اولیه پشه *D. manihoti* شاخه‌های آلوده به شپشک آردآلود پنبه که حاوی لارو پشه بودند از محوطه دانشگاه جمع‌آوری شد و در ظروف تهویه‌دار به ابعاد۶× ۱۲×۱۸ سانتی‌متر قرار داده‌شد و پس از ظهور حشرات کامل، به ظروف تهویه دار به ابعاد ۴×۷×۹ سانتی‌متر حاوی شپشک آردآلود پنبه منتقل شدند. کلنی پشه و شپشک در انکوباتور در دمای ۱±۲۷ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ درصد و دوره نوری ۱۴:۱۰ ساعت (تاریکی: روشنایی) نگهداری شدند و بعد از گذشت یک نسل، برای انجام آزمایش‌ها استفاده شد. در این پژوهش ترجیح شکارگری مراحل لاروی شکارگر شامل لاروهای سن یک، دو و سه نسبت به مراحل مختلف نموی پوره سن یک، دو ، سه و ماده بالغ شپشک آردآلود پنبه بررسی شد.

آزمایش

ازآنجایی‌که برای آغاز آزمایش نیاز به افراد هم سن پشه بود تعدادی از افراد نر و ماده بالغ پشه بر روی کلنی شپشک‌های آردآلود پنبه (شامل همه مراحل رشدی شپشک) در ظروف پروش به ابعاد۴×۷×۹ رها شد و در انکوباتور در دمای بهینه فعالیت پشه، (۱±۳۲ درجه سلسیوس (Zilaei, *et al*., 2022)) رطوبت نسبی ۱۰±۶۵ و دوره نوری ۱۴:۱۰ ساعت (تاریکی: روشنایی) نگهداری و پس از ۱۲ ساعت افراد بالغ پشه جدا شدند. سپس تخم‌های گذاشته‌شده جمع‌آوری و در ظروف جداگانه نگهداری شدند. هم‌زمان با ظهور لارو سن یک پشه، تعداد مساوی (۱۶ طعمه از هر مرحله رشدی)، از مراحل نموی پوره سن یک، دو،

سه و ماده بالغ شپشک روی یک برگ ختمی چینی (برگ‌های هم‌اندازه) در اختیار هر فرد شکارگر قرار گرفت. تعداد طعمه از هر مرحله رشدی بر اساس پیش تست انتخاب شد و به میزان ۵۰ درصد از طعمه مصرفی هر مرحله رشدی در طی ۲۴ ساعت بود. در مجموع ۶۴ طعمه در اختیار شکارگر قرار گرفت و پس از ۲۴ ساعت شکارگر حذف و تعداد شپشک‌های خورده شده از هر مرحله نموی ثبت شد. این روند همچنین برای لاروهای سن دو و سه پشه (*D. manihoti*) تکرار شد. داده‌های حاصل از ترجیح شکارگری با استفاده از شاخص بتای منلی(۱۹۷۲) با رابطه زیر محاسبه شد (Zarghami *et al*., 2014; Malkeshi *et al*., 2017).

$$\beta j = \frac{\ln(r_j / A_j\, j)}{\sum_{j=1}^{2} \ln(r_j / A_j)}$$

رابطه ۱)

در این رابطه β_j شاخص بتای منلی برای هرگونه از حشرات j، r_j تعداد شکار زنده مانده متعلق به دسته j و A_j مقدار اولیه شکار متعلق به دسته j می‌باشد. برای هر تکرار یک β_j محاسبه و به‌طور میانگین برای هرگونه نشان داده شد. شاخص بتای منلی ترجیح شکارگر را با یک مقیاس ۰ تا ۱ ارزیابی می‌کند. در اینجا ۰/۵ به معنای این است که انتخاب شکارگر کاملاً تصادفی است. مقدار بیشتر از ۰/۵ ترجیح برای گونه B را نشان می‌دهد.

آزمایش میزان شکارگری هر یک از مراحل رشدی لاروهای سن یک، دو و سه پشه *D. manihoti* در ۲۰ تکرار بر پایه طرح کاملاً تصادفی انجام شد. به‌منظور ارزیابی نرمال بودن داده‌ها از آزمون شاپیرو–ویلک در سطح $P=$ ۰/۰۵ در نرم افزار SigmaPlot 12.0 استفاده شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها و مقایسه میان تیمارها به کمک آزمون توکی (Tukey) در سطح $P=$ ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج

نتایج حاصل از بررسی ترجیح شکارگری لارو سن یک، دو و سه پشه *D. manihoti* با تغذیه از مراحل پوره سن یک، دو، سه و ماده بالغ شپشک آردآلودپنبه با استفاده از شاخص بتای منلی در جدول شماره ۱ ارائه‌شده است. نتایج حاصل از آزمایش‌ها نشان داد هنگامی‌که مراحل مختلف نموی شپشک آردآلود پنبه *P. solenopsis* در اختیار افراد نابالغ پشه *D. manihoti* به‌عنوان شکارگر قرار گرفت، شکارگر در همه مراحل نموی، از تمامی مراحل شکار مصرف کرد اما میزان مصرف مراحل نموی شکارگر از مراحل مختلف نموی شکار متفاوت بود.

مقایسه میانگین شاخص β برای لارو سن یک پشه *D. manihoti* با تغذیه از پوره سن یک، دو، سه و ماده بالغ، نشان داد این مرحله رشدی شکارگر، ماده بالغ شپشک را به‌طور معناداری به سایر مراحل رشدی ترجیح می‌دهد و کمترین مصرف این مرحله رشدی از پوره سن سه بدون اختلاف معنادار با پوره سن یک و دو شپشک بود (H=۱۲/۵۷ ،df=۳, ۷۶ ،*P*<۰/۰۰۶). نتایج به‌دست‌آمده از شاخص β در لارو سن دو پشه *D. manihoti* با تغذیه هم‌زمان از پوره سن یک، دو، سه و ماده بالغ شپشک نشان داد این مرحله رشدی شکارگر، پوره سن یک شپشک را به‌طور معناداری به سایر مراحل رشدی ترجیح می‌دهد و کمترین مصرف این مرحله رشدی از ماده بالغ شپشک با اختلاف معناداری با پوره سن دو و سه شپشک بود (*P*<۰/۰۰۱، ۷۶ df=۳, ، H=۵۵/۶۵). مقایسه شاخص β در لارو سن سه پشه *D. manihoti* با تغذیه از مراحل رشدی شپشک نشان داد که پوره سن یک، مورد ترجیح این مرحله رشدی شکارگر بوده و کمترین مصرف این مرحله رشدی به‌طور معناداری از ماده بالغ شپشک بود (H=۳۵/۸۲ ،*df*= ۳, ۷۶ ،*P*<۰/۰۰۱).

1Manly

جدول ۱. ترجیح شکارگری مراحل نموی پشه شکارگر *D. manihoti* نسبت به مراحل نموی شپشک آردآلود پنبه *P. solenosis* در شرایط آزمایشگاهی

مرحله نموی شکارگر	مراحل نموی شکار (خطای استاندارد± میانگین بتا)			
	پوره سن یک	پوره سن دو	پوره سن سه	ماده بالغ
لارو سن یک	۰/۲۲ ۰±/۰۶ a* (۰−۱)**	۰/۱۵ ± ۰/۰۳b (۰−۰/۴)	۰/۱۳ ± ۰/۰۳b (۰−۰/۴)	۰/۴۸ ± ۰/۰۸a (۰ − ۱)
لارو سن دو	۰/۵۱ ±/۰۵ a (۰−۱)	۰/۲۵ ± ۰/۰۴b (۰−۰/۶۷)	۰/۱۶ ± ۰/۰۲b (۰−۰/۳۳)	۰/۰۶ ± ۰/۰۲b (۰−۰/۴۶)
لارو سن سه	۱/۹۴ ± ۰/۰۲a (۰−۱)	۰/۵۶ ± ۰/۰۹b (۰/۱۱ −۱/۹۷)	۰/۲۲ ± ۰/۰۴b (۰ −۰/۷۶)	۰/۱۶ ± ۰/۰۳c (۰ −۰/۵۹)

*حروف غیرمشابه در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ است (آزمون توکی)

**اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده کمترین و بیشترین میزان شاخص ترجیح است.

بحث

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش لارو سن یک پشه، ماده بالغ شپشک آردآلود پنبه را نسبت به سایر مراحل رشدی ترجیح می‌دهد به نظر می‌رسد دلیل این ترجیح تحرک بسیار کم لارو سن یک پشه باشد ازاین‌جهت مرحله‌ای از طعمه را ترجیح می‌دهد که کمترین تحرک و بیشترین ارزش غذایی را داشته باشد. ازآنجایی‌که میزان انرژی به‌دست‌آمده از طعمه و نرخ برخورد با طعمه، تابعی از اندازه طعمه است ازاین‌رو طعمه بزرگ‌تر می‌تواند به دلیل فراهم کردن ارزش غذایی بالاتر، بیشتر ترجیح داده شود (Charnov, 1976). همچنین لارو سن دو و سه پشه، پوره سن یک شپشک را بیشتر از سایر مراحل ترجیح دادند احتمالاً علت این ترجیح می‌تواند تحرک بیشتر لاروهای سنین بالاتر پشه باشد که با داشتن تحرک و جستجوگری بیشتر، طعمه کوچک‌تر را انتخاب می‌کنند زیرا با انتخاب طعمه کوچک‌تر، زمان دستیابی به طعمه کاهش‌یافته (Tinbergen, 1981; Zarghami *et al*., 2014) دسترسی و تغذیه از تعداد بیشتر طعمه، افزایش می‌یابد. همچنین دلیل دیگر برای بروز این ترجیح می‌تواند کیفیت متفاوت مواد غذایی طعمه، یا نیاز شکارگر به یک ماده مغذی خاص باشد که بر بیولوژی شکارگر تأثیر گذاشته و نقش مهمی در انتخاب طعمه توسط شکارگر دارد (Tinbergen, 1981). ازآنجایی‌که تاکنون پژوهشی در رابطه با تحقیق حاضر، از این پشه شکارگر انجام‌نشده است لذا جهت ارائه بحث، از سایر پشه‌های خانواده Cecidomyiidae و شکارگرهای کارشده روی شپشک‌های آردآلود استفاده شده است. مداحی(۲۰۱۲) ترجیح لاروهای چهارروزه پشه شکارگر *A. aphidimyza* را نسبت به پوره‌های سن سوم شته جالیز *Aphis gossypii* Goeze، اقاقیا *Aphis craccivora* Koch و مومی کلم *Brevicoryne brassicae* Linnaeus در تراکم یکسان، در شرایط آزمایشگاهی موردبررسی قرارداد. نتایج کار او نشان داد که ترجیح لاروهای این پشه نسبت به شته مومی کلم بیشتر از شته جالیز و اقاقیا است. آن‌ها شاخص منلی را به ترتیب برای شته مومی کلم، جالیز و اقاقیا ۰/۴۹۸، ۰/۳۳۰و ۰/۱۶۸ گزارش کردند. متقی نیا و همکاران (۲۰۱۸) برخی ویژگی‌های رفتاری پشه‌ی شکارگر *A. aphidimyza* روی شته‌ی جالیز، *A. gossypii* را مورد آزمایش قراردادند. نتایج کار آن‌ها نشان داد که اگرچه اختلاف معنی‌داری ازنظر ترجیح مراحل مختلف پورگی شته‌ی جالیز توسط لاروهای پشه‌ی شکارگر وجود نداشت اما زمانی که تغییری در تراکم پوره‌های میزبان در واحد آزمایشی ایجاد شد لارو شکارگر ترجیح بیشتری را به پوره سن سوم نشان داد. علی‌خان[1] و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی پتانسیل شکارگری کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri*, Mulsant و

1 Ali Khan

Chrysoperla carnea Stephan به‌عنوان شکارگرهای مهم شپشک آردآلود پنبه *P. solenopsis* مشاهده کردند که این دو شکارگر پوره سن یک شپشک را به پوره سن دو و پوره سن سه ترجیح می‌دهند. ایزوسکی و ارلینسکی[1] (۱۹۸۸) گزارش دادند بالغین *Nephus reunioni* (Fürsch) پوره سن یک و تخم *Planococcus citri* (Risso) را به سایر مراحل رشدی آن ترجیح می‌دهد. همچنین در نتایج به‌دست‌آمده از مطالعه ضرغامی و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده شد که کمترین درصد مصرف مراحل مختلف رشدی کفشدوزک *N. arcuatus* از پوره سن یک شپشک آردآلود جنوب است. احتمالاً این موضوع به دلیل توانایی حرکت سریع پوره سن یک و سازو کار دفاعی آن بوده که منجر به کاهش نرخ برخورد شکارگر با طعمه و افزایش زمان دستیابی به آن شده و درنتیجه حمله های موفق شکارگر کاهش یافته است (Crawley, 1992). صبوری و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش دادند کنه شکارگر *Allothrombium pulvinum* Ewing تخم شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* را به بالشتک مرکبات *Pulvinaria aurantii* Cockerell به دلیل بزرگ‌تر بودن آن و متفاوت بودن کیفیت غذایی بین آن‌ها ترجیح می‌دهد.

نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد در بین مراحل نموی پشه، لاروهای سن سه بیشترین میزان تغذیه را داشته‌اند. تغذیه بیشتر آخرین مرحله رشدی در شکارگرها در مقایسه با دیگر مراحل لاروی به دلیل نرخ جستجوگری بالای آن و نیاز بیشتر لارو سن آخر به انرژی جهت رشد و رسیدن به یک وضعیت مطلوب جهت ورود به مرحله شفیرگی می‌باشد (Honek & Hodek, 1996; Wells & McPherson, 1999). در پژوهشی مشابه، قاری‌زاده‌گلسفیدی (۲۰۰۲) گزارش داد در بین سنین مختلف لاروی، لاروهای سن چهار کفشدوزک *C. montrouzieri* بیشترین میزان تغذیه را از تخم شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* و بالشتک مرکبات *P. aurantii*، به ترتیب به میزان ۲۲۲۲/۱۷ و ۵۷۶۲/۴ عدد طعمه داشتند. به عقیده آنها تفاوت در شکارگری لارو سن چهار روی دو طعمه می‌تواند به دلیل نوع گونه طعمه، اندازه تخم متفاوت و میزبان گیاهی متفاوت که دو گونه روی آن پرورش یافته بودند، باشد. در پژوهش میلوناس و همکاران (۲۰۱۱) نیز لارو سن چهار کفشدوزک *Nephus includes* Kirsch پرخورترین مرحله رشدی بوده و قادر است طی ۲۴ ساعت به ترتیب از ۱/۴۴ و۲/۴۳ ماده بالغ شپشک *P. ficus* و *P. citri* تغذیه کند. کائور و ویرک[2] (۲۰۱۲) میانگین تغذیهٔ لارو سنّ چهارکفشدوزک *C. montrouzieri* با تغذیه از ماده بالغ شپشک آردآلود پنبه را ۳/۷ طعمه در روز و عبداللهی آهی (۲۰۱۲) میزان شکارگری لارو سن چهار کفشدوزک ذکر شده با تغذیه از شپشک آردآلود مرکبات *P. citri* را ۱۳/۵ طعمه در روز گزارش کردند. در پژوهش ضرغامی و همکاران و نخعی مدیح و همکاران نیز لارو سن چهار کفشدوزک‌های *Nephus arcuatus* Kapur و *Hyperaspis polita* Weise به ترتیب به عنوان پرخورترین مرحله رشدی شکارگر شپشک آردآلود جنوب و شپشک آردآلود پنبه معرفی شد (Zarghami *et al*., 2014; Nakhaei Madih *et al*., 2016 & 2021).

شپشک آردآلود پنبه در شرایط آب و هوایی استان خوزستان از ظرفیت تولیدمثلی بسیار بالایی برخوردار است. این شپشک می‌تواند به خوبی در شرایط نامساعد تابستان‌های گرم به رشد و نمو خود ادامه دهد و در سالهای اخیر به یک آفت مهم تبدیل شده است (Seyfollahi, 2014; Boushi et al., 2020). ترجیح تغذیه‌ای پشه *D. manihoti* به پوره سن یک و ماده بالغ شپشک آردآلود پنبه *P. solenopsis* اهمیت آن را به‌عنوان یک عامل کنترل بیولوژیک موفق، بیشتر می‌کند. زیرا از یک‌سو تغذیه بیشتر از تخم، از تشکیل کلنی اولیه و افزایش جمعیت آفت جلوگیری نموده و از طرف دیگر با حمله به یک حشره کامل، افراد تولیدمثل کننده را مورد حمله قرار داده و درنهایت از ایجاد خسارت توسط آفت جلوگیری می‌کند، از اینرو به دست آوردن سایر اطلاعات رفتاری این شکارگر مهم ازجمله واکنش تابعی، واکنش عددی و ترجیح میزبانی آن در طبیعت می‌تواند در تصمیم‌گیری در خصوص استفاده از این عامل بیولوژیک نقش مهمی در کنترل شپشک آردآلود پنبه داشته باشد.

1Izhevskey & Orlinsky
2Kaur & Virk

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از معاونت امور پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به دلیل تأمین هزینه‌های این مطالعه قدردانی می‌گردد.

منابع

بوشی، سارا. (۱۳۹۵). بررسی بیولوژی و تغییرات جمعیت شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) (Hem.: Pseudococcidae)و شناسایی دشمنان طبیعی آن روی ختمی‌چینی در شرایط طبیعی. پایان نامه کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی. اهواز: دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، دانشکده کشاورزی.

بوشی، سارا، رمضانی، لیلا، و ضرغامی، سارا. (۱۳۹۹). بیولوژی شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* Tinsley روی ختمی چینی *Hibiscus rosa-sinenensis* در فضای سبز دزفول، جنوب غرب ایران. *گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی)*، ۴۳(۳)، ۸۶-۷۵.

جغتایی، محمود، صادقی، حسین و صادقی مجتبی. (۱۳۹۲). نخستین گزارش وجود سه گونه پشه‌ی گالزا (Diptera: Cecidomyiidae) در ایران. *پژوهش های حفاظت گیاهان ایران*، ۲۸ (۲)، ۲۶۷-۲۶۹.

سیف‌الهی، فاطمه. (۱۳۹۴). بیولوژی شپشک آردآلود پنبه و برخی از ویژگی‌های زیستی کفشدوزک شکارگر آن *Hyperaspis polita* Weise. پایان نامه کارشناسی ارشد حشره شناسی کشاورزی. اهواز: دانشگاه شهید چمران، دانشکده کشاورزی.

صادقی نامقی، حسین، حسینی، مجتبی و جلالی مقدم، نجیبه. (۱۳۹۱). اولین گزارش *Endaphis perfidus* Keiffer (Diptera: Cecidomyiidae) به‌عنوان پارازیتوئید داخلی شته انار (*Aphis punicae* Pass.) در ایران. *پژوهش های حفاظت گیاهان ایران*، ۲۶(۲)، ۲۳۱-۲۳۲.

عبداللهی آهی، غلامعلی، افشاری، علی، بنی عامری، ولی‌الله، دادپور مغانلو، همت، آساده، غلامعلی و یزدانیان، محسن. (۱۳۹۱). واکنش تابعی کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.: Coccinellidae) به شپشک آردآلود مرکبات *Planococcus citri* (Risso) (Hom.: Pseudococcidae) در شرایط آزمایشگاه. *گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی)*، ۲۹ (۱)، ۱۴-۱.

قاری‌زاده‌گلسفیدی، ابراهیم. (۱۳۸۱). امکان استفاده از کفشدوزک *Cryptolaemus montrouzieri* M. (Col.: Coccinellidae) در مبارزه بیولوژیک با بالشتک مرکبات *Pulvinararia aurantii* (Hom.: Coccidae). پایانامه‌ی کارشناسی ارشد حشره‌شناسی کشاورزی. اصفهان: دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده کشاورزی.

قنبری، غلامحسین، قاجاریه، حمید، عالیچی، محمود و خردمند، کتایون. (۱۳۹۰). بررسی تغییرات جمعیت شپشک آردآلود جنوب *Nipaecoccus viridis* Newsted روی خرزهره و نارنج در منطقه شیراز و نقش عوامل موثر در کاهش جمعیت آن. *گیاهپزشکی (مجله علمی کشاورزی)*، ۳۴(۲)، ۴۷-۵۸.

متقی نیا، لیلا، حسن پور، مهدی و رزمجو، جبرائیل. (۱۳۹۷). مطالعه‌ی برخی ویژگی‌های رفتاری پشه‌ی شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* Rondani روی شته‌ی جالیز، *Aphis gossypii* Glover در شرایط آزمایشگاهی. *کنترل بیولوژیک آفات و بیماری های گیاهی*، ۷ (۱)، ۴۷-۵۷.

مداحی، خدیجه، صحراگرد، احد و حسینی، رضا. (۱۳۹۱). ترجیح طعمه لارو پشه *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) نسبت به شته های مومی کلم، جالیز و اقاقیا در شرایط آزمایشگاهی. *تحققیات آفات گیاهی*، ۲(۲)، ۱۳-۲۰.

مصدق، محمدسعید، وفایی، شبنم، ضرغامی، سارا، کچیلی، فرحان، فارسی، افروز، علیزاده، مریم سادات و رضایی نسترن. (۱۳۹۱). دشمنان طبیعی شپشک آردآلود *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae)در خوزستان. خلاصه مقالات بیستمین کنگره گیاهپزشکی ایران، شیراز، ۴-۷ شهریور. ص ۲۱۶.

ملکشی، سیدحسن، طلایی حسنلویی، رضا، محقق نیشابوری، جعفر و اللهیاری، حسین. (۱۳۹۶). میزان شکارگری و ترجیح سن شکارگر

Nesidiocoris tenuis درتغذیه از تخم بید آرد،*Ephestia kuehniella* و تخم بید گوجه فرنگی *Tuta absoluta* در آزمایشگاه. *مهار زیستی در گیاه پزشکی*، ۵(۱)، ۳۱-۴۳.

نخعی مدیح، صادق، رمضانی، لیلا، ضرغامی، سارا، و زندی سوهانی، نوشین. (۱۳۹۶). ویژگی‌های زیستی و پارامترهای جدول زندگی کفشدوزک *Hyperaspis polita* با تغذیه از شپشک‌های آردآلود *Phenacoccus solenopsis* و *Planococcus citri* در شرایط آزمایشگاهی. *آفات و بیماری‌های گیاهی*، ۸۵(۱)، ۴۵-۵۶.

نخعی مدیح، صادق، رمضانی، لیلا، ضرغامی، سارا، و زندی سوهانی، نوشین. (۱۳۹۵). واکنش تابعی کفشدوزک *Hyperaspis polita* با تغذیه از شپشک آردآلود پنبه *Phenacoccus solenopsis* . *دانش گیاهپزشکی ایران*، ۴۷(۲)، ۳۰۳-۳۱۱.

Abbas, M. S. T. (1999). Studies on *Dicrodiplosis manihoti* Harris (Diptera, Ceccidomyiidae), a common predator of mealybug. *An zeiger fur Schad lingskunde, pflanzenschutz, Umweltschutz*, 72, 133-134.

Abdollahi Ahi, G. A., Afshari, A., Bani Ameri, W., Dadpour Mughanlou, H., Asadeh, G. & Yazdanian, M. (2012). Functional response of the ladybug *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col.: Coccinellidae) to citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso) (Hom.: Pseudococcidae) in laboratory conditions. *Plant Protection*, 29 (1), 1-14. (In Persian).

Afifi, A. I., El Arnouty, S. A., Attia, A. R. & El Metwally Abd Alla, A. (2010). Biological control of citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso) using coccinellid predator *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 13(5), 216-222. https://doi.org/10.3923/pjbs.2010.216.222.

Akintola, A. J. & Ande, A.T. (2009). Pest status and ecology of five mealybugs (Family: Pseudococcidae) in Southern Guinea Savanna of Nigeria. *Journal of Entomological Research*, 33(1), 9-13.

Ali Khan, H. A., Sayyed, A. H., Akram, W., Raza, S. & Ali. M. (2012). Predatory potential of *Chrysoperla carnea* and *Cryptolaemus montrouzieri* larvae on different stages of the mealybug, *Phenacoccus solenopsis*: a threat to cotton in South Asia. *Journal of Insect Science*, 12(1), 1-12. https://doi.org/10.1673/031.012.14701.

Al-Rubeae, T. K., Ahmed, R. F. & Ali, S. T. (2011). The effect of egg densities of *Nipaecoccus vastator* (Maskell) on the development period and predation efficiency of the predator *Dicrodiplosis manihoti* Harris larvae. *Al-Anbar Journal of Agricultural sciences*, 9(2), 179-183.

Amarasekare, K. G., Mannion C. M. & Epsky, N. D. (2009). Efficiency and establishment of three introduced parasitoids of the mealybug *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae). *Biological Control*, 51, 91-95. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.07.005.

Bushi, S. (2015). Studying the biology and population changes of the cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* (Tinsley) (Hem.: Pseudococcidae) and identifying its natural enemies on Chinese hibiscus under natural conditions. Master's thesis in agricultural entomology. Ahvaz: Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Faculty of Agriculture.

Bushi, S., Ramezani, L., & Zarghami, S. (2020). Biology of the cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis* Tinsley on Chinese *Hibiscus rosa-sinenensis* in green space of Dezful, southwest of Iran. *Plant Protection* (Journal of Agricultural Sciences), 43(3), 75-86. http://doi:10.22055/PPR.2020.16542.

Charnov, E. L. (1976). Optimal foraging, the marginal value theorem. Theoretical. *Population Biology*, 9,129–136.

Crawley, M. J. (1992). Natural enemies. *The population biology of predators, parasites, and diseases*. UK: Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Fand, B. B., Gautam, R. D. & Suroshe, S. S. (2010). Comparative biology of four coccinellid predators of *solenopsis* mealybuy, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Biological Control*, 24(1), 35-41.

Ghanbari, G., Ghajarieh, H., Aalichi, M. & Kheradmand, K. (2011). A Study of the Population Dynamics of Nipaecoccus viridis Newstead in Shiraz Region: Effective Factors on Population

Decrease. *Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture)*, 34(2), 47-58. (In Persian).

Gharizadeh Golsefidi, E. (2002). The possibility of using the ladybug *Cryptolaemus montrouzieri* M. (Col: Coccinellidae) in the biological control of the *Pulvinararia aurantii* (Hom: Coccidae). Master's thesis in agricultural entomology. Isfahan University of Technology. Faculty of Agriculture.

Gheibi, M., Farahi, S. & Hesami, S. (2015). The biology of *Dicrodiplosis manihoti* Harris (Dip.: Cecidomyiidae) and its interactions with *Nipaecoccus viridis* (Newstead) (Hem: Pseudococcidae). *Proceedings of the International Plant Protection Congress*, Berlin, Germany. 24-27 August. P. 512.

Godfrey, K., Daane, K., Bentley, W., Gill, R. & Malakar-Kuenen, R. (2002). *Mealybugs in California vineyards*. University of California Agricultural and Natural Recourse Publication 21612, Oakland, California.

Gross, S., Biraty, Y. & Gal, S. (2001). Using powdery and microcapsular prepares to decimate ant populations on citrus trees. *Alon Hanotea*, 55, 219–221.

Gullan, P. J. & Kosztarab, M. (1997). Adaptations in scale insects. *Annual Review of Entomology*, 42, 23-50.

Harris, K. M. (1981). *Dicrodiplosis manihoti*, sp. n. (Diptera: Cecidomyiidae), a predator on cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae) in Africa. *Annales de la Société entomologique de France*, 17(3), 337-344. https://doi.org/10.1080/21686351.1981.12278287.

Havelka, J., & Zemek, R. (1988). Intraspecific variability of aphidophagous gall midge *Aphidoletes aphidimyza* (Rondani) (Dipt., Cecidomyiidae) and its importance for biological control of aphids:1. Ecological and morphological characteristics of populations. *Journal of Applied Entomology*, 105(1-5), 280-288.

Hodek, I. & Honek, A. (1996). Ecology of Coccinellidae. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherland, 464 pp.

Hodgson, C. J., Abbas, G., Arif, M. J., Saeed, S. & Karar, H. (2008). *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae), an invasive mealybug damaging cotton in Pakistan and India, with a discussion on seasonal morphological variation. *Zootaxa*, 19(13): 1-35. https://doi.org/10.11646/zootaxa.1913.1.1.

Izhevskey, S. S. & Orlinsky, A. D. (1988). Life history of the imported *Scymnus (Nephus) reunion* (Col.: Coccinellidae) predator of mealybugs. *Entomophaga*, 33(1), 101-114.

Joghataie, M. Sadeghi, H. & Sadeghi, M. (2014). The first report of three species of gall midge (Diptera: Cecidomyiidae) in Iran. *Iranian Plant Protection Research*, 28 (2), 267-269. (In Persian).

Joyce, A. L., Hoddle, M. S., Bellows, T. S. & Gonzalez, D. (2001). Oviposition behaviour of *Coccidoxenoides peregrinus*, a parasitoid of *Planococcus ficus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 98, 49-57. http://doi:10.1023/A:1018727121282.

Kaur, H & Virk, J. S. (2012). Feeding potential of *Cryptolaemus montrouzieri* against the mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Phytoparasitica*, 40, 131-136.

Khalaf, J. & Abrumand, G. H. (1367). Preliminary investigation of southern mealybug and biological control against them in Fars province, *Journal of Plant Pests and Diseases*, 56 (1, 2): 93-99. (In Persion).

Khani, A., Ahmadi, F. & Ghadamyari, M. (2012). Side effects of imidacloprid and abamectin on the mealybug destroyer *Cryptolaemus montrouzieri*. *Trakia Journal of Sciences*, 10(3), 30-35.

Maddahi, Kh., Sahragard, A., & Hosseini, R. (2012). Prey species preference by Aphidoletes aphidimyza R. (Diptera: Cecidomyiidae) on Brevicoryne brassicae L., Aphis gossypii G. and Aphis craccivora K. (Hemiptera: Aphididae) in laboratory conditions. *Plant Pest Research*, 2(1), 13-20. (In Persian).

Malkeshi, S. H., Talaei-Hassanloui, R., Mohaghegh, J., & Allahyari, H. (2017). Predation rate and prey preference of Nesidiocoris tenuis on Ephestia kuehniella and Tuta absoluta eggs in

laboratory. BioControl in Plant Protection, 5(1), 31-43. (In Persian).

Mani, M., Krishnamoorthy, A. & Shivaraju, C. (2011). Biological suppression of major mealybug species on horticultural crops in India. *Journal of Horticultural Sciences*, 6(2), 85-100.

Meyerdirk, D. E., French, J. V. & Hart, W. G. (1982). Effect of pesticide residues on the natural enemies of citrus mealybug. *Environmental Entomology*, 11, 134–136.

Milonas, P. G., Kontodimas, D. CH. & Martinou, A. F. (2011). A predator's functional response: influence of prey species and size. *Biological Control*, 59, 141-146.

Mossadegh, M. S., Vafai, Sh., Zarghami, S., Kocheili, F., Farsi, A., Alizadeh, M. S. & Rezaei N. (2012). Natural enemies of the mealybug (Phenacoccus solenopsis (Tinsley) (Sternorrhyncha: Coccoidea: Pseudococcidae) in Khuzestan. *Summary of articles of the 20th Iranian Botanical Congress*, Shiraz, 26-29 August, p. 216. (In Persian).

Mottaghinia, L., Hassanpour, M. & Razmjou, J. (2018). Study of some behavioral characteristics of the predatory gall midge *Aphidoletes aphidimyza* Rondani on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover in laboratory conditions. Biological control of pests and plant diseases, 7(1), 47-57. (In Persian). http://doi:10.22059/JBIOC.2018.232436.195.

Muthukrishnan, N., Manoharan, T., Thevan, P. S. T. & Anbu, S. (2005). Evaluation of buprofezin for the management of grape mealybug, *Maconellicoccus hirsutus* (Green). *Journal of Entomological Research*, 29, 339–344.

Nagrare, V.S., Kranthi, S., Biradar, V. K., Zade, N. N., Sangode, V., Kakde, G., Shukla, R. M., Shivare, D., Khadi, B. M. & Kranthi, R. (2009). Widespread infestation of the exotic mealybug species, *phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae), on cotton in India. *Bulletin of Entomological Reasearch*, 99, 537-541.

Nakhaei Madih, S., Ramezani, L., Zarghami, S., & Zandi Sohani, N. (2016). Functional response of different life stages of *Hyperaspis polita* feeding on cotton mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 47(2), 303-311. (In Persian). http://doi:10.22059/IJPPS.2017.208866.1006717.

Nakhaei Madih, S., Ramezani, L., Zarghami, S., & Zandi Sohani, N. (2017). Biological characteristics and life table parameters of ladybug *Hyperaspis polita* feeding on mealybugs *Phenacoccus solenopsis* and *Planococcus citri* in laboratory conditions. Plant Pests and Diseases, 85(1), 45-56. (In Persian). https://doi.org/10.22092/jaep.2017.107536.1121.

Nakhaei Madih, S. N., Ramezani, L., Zarghami, S., & Zandi-Sohani, N. (2021). *Hyperaspis polita* Weise functional response: effects of predator stages, prey species, and previous feeding experiences. *International Journal of Tropical Insect Science*, 41(4), 3055-3064. https://doi.org:10.1007/s42690-021-00498-4.

Sadeghi Namghi, H., Hosseini, M. & Jalali Moghadam, N. (2012). The first report of *Endaphis Perfidus* Keiffer (Diptera: Cecidomyiidae) as an internal parasitoid of pomegranate aphid (*Aphis Punicae* Pass.) in Iran. *Iranian Plant Protection Research*, 26(2), 231-232. (In Persian).

Seyfollahi, F. (2014). Biology of cotton mealybug and some biological characteristics of its predatory ladybug *Hyperaspis polita* Weise. Master's thesis. Ahvaz: Shahid Chamran University. Faculty of Agriculture.

Opit, G. P., Roitberg, B., & Gillespie, D. R. (1997). The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for two of its prey: male and female two spotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychiidae). *The Canadian Entomologist*, 129(2), 221-227.

Pickett, C. H., & Gilstrap, F. E. (1986). Natural enemies associated with spider mites (Acari: Tetranychidae) infesting corn in the High Plains region of Texas. *Journal of the Kansas Entomological Society*, 524-536.

Ramezani, L., Torfi, E. T., Zarghami, S., & Rezai, N. (2021). Effect of temperature on development time and life table parameters of *Nephus hiekei* Fürsch, the important predator of Phenacoccus solenopsis Tinsley. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(2), 266-271. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.01.017.

Saboorii, A., Hosseini, M. & Hatami, B. (2003). Preference of adults of *Allothrombium pulvinum* Ewing (Acari: Trombidiidae) for eggs of *Planococcus citri* (Risso) and *Pulvinaria aurantii* Cockerell on citrus leaves in the laboratory. *Systematic and Applied Acarology*, 8, 1-6. https://doi.org/10.11158/saa.8.1.5.

Shafqat, S., Munir, A., Mushtaq, A. & Kwon, Y. J. (2007). Insecticidal control of the mealybug *Phenacoccus gossypiphilous* (Hemiptera: Pseudococcidae), a new pest of cotton in Pakistan. *Entomological Research*, 37,76–80. https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2007.00047.

Skuhrava, M., Skuhravy, V. & Elsayed, A. K. (2014). Gall midges (Diptera: Ceccidomyiidae) of Egypt: Annotated list and zoogeographical analysis. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 78,241-268.

Tinbergen, J. M. (1981). Foraging decisions in starlings (*Sturnus vulgaris* L.). Ardea, 69(1), 1–67.

Wang, Y., Zhang, L. & Fu, S. (2012). Developmental duration and life table of the laboratory population of *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) fed on pumpkin at different temperatures. *Acta Entomolgica Sinica*, 55, 77-83.

Wells, M. L. & McPherson, R. M. (1999). Population dynamics of three coccinellids in flue-cured tobacco and functional response of *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on tobacco aphids (Homoptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 28, 768 -773.

Zarghami, S., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Allahyari, H. & Rasekh, A. (2014). Prey preference and consumption capacity of *Nephus arcuatus* (Coleoptera: Coccinellidae): the influence of prey stage, prey size and feeding experience. *Biocontrol Science and Technology*, 24(9), 1062-1072. https://doi.org/10.1080/09583157.2014.919376.

Zilaei, M., Ramezani, L., & Zarghami, S. (2022). Effect of temperature on biological characteristics and life table parameters of Dicrodiplosis manihoti Harris on cotton mealybug, Phenacoccus solenopsis Tinsley. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(2), 101918. https://doi.org/10.1016/j.aspen.2022.101918.

Zhou, A., Lu, Y., Zeng, L., Xu, Y. & Liang, G. (2013). Effect of host plant on honeydew production of an invasive mealybug, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae). *Journal of Insect Behaviour*, 26, 191-199. https://doi.org/10.1007/s10905-012-9351-7.