



## Life table parameters of *Hippodami variagata* (Col.: Coccinellidae) by feeding on *Nasonovia ribisnigri*

Sheida Darvishi<sup>1</sup> , Shahram Hesami<sup>2</sup> , Mehdi Gheibi<sup>3</sup>

1. Department of Entomology, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: [darvishi.sheida@yahoo.com](mailto:darvishi.sheida@yahoo.com)
2. Corresponding Author, Department of Entomology, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: [shahram.hesami@iau.ac.ir](mailto:shahram.hesami@iau.ac.ir)
3. Department of Entomology, Shi. C., Islamic Azad University, Shiraz, Iran. E-mail: [mehdi.gheibi@iau.ac.ir](mailto:mehdi.gheibi@iau.ac.ir)

| Article Info                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Article type:</b><br>Research Article                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | <p><i>Nasonovia ribisnigri</i> is one of the important pests of lettuce. <i>Hippodamia variegata</i> with worldwide distribution, feed on it in Iran. The development, reproduction and life table parameters of <i>H. variegata</i> were studied by feeding on <i>N. ribisnigri</i> at three constant temperatures (20, 25 and 30 ± 1°C). 100 eggs of ladybeetle were selected and maintained individually in Petri dishes. Newly emerged larvae were transferred to individual dishes, then development and mortality were assessed. After the emergence of adults, males and females were paired and transferred to new dishes. They were checked daily to record survival and fecundity until death. The data showed that the duration of total pre-adult stage of ladybeetle was found to decrease with increasing temperature from 22.38 days at 20°C to 12.62 days at 30°C. The oviposition period lasted 61.81, 50.06 and 35.41 days, with females laying an average of 1102.02, 1253.61 and 587.86 eggs at these three temperatures, respectively. The lowest mortality rate was observed 14% at 25°C. The highest intrinsic rate of increase (<math>r_m</math>), finite rate of increase (<math>\lambda</math>) and net reproductive rate (<math>R_0</math>) was recorded 0.2413, 1.239 (<math>d^{-1}</math>) and 819.03 (offspring) at 25°C, respectively. But there were no significant differences in these parameters at 25 and 30 ± 1°C. Also, the shortest mean generation time (<math>T</math>) 25.44 (day) was observed at 30°C. According to these results, it seems that the 25-30 ± 1°C were the optimum temperature for biological activities of <i>H. variegata</i> and this species has greater efficiency in biological control of lettuce aphid in these temperatures.</p> |
| <b>Article history:</b><br>Received: 5 April 2025<br>Revised: 19 May 2025<br>Accepted: 28 May 2025<br>Published online: Spring and Summer 2025                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Keywords:</b><br><i>the lettuce aphid,</i><br><i>ladybeetle,</i><br><i>biological control,</i><br><i>Life table.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Cite this article:</b> Darvishi, Sh., Hesami, Sh. & Gheibi, M. (2025). Life table parameters of <i>Hippodami variagata</i> (Col.: Coccinellidae) by feeding on <i>Nasonovia ribisnigri</i> . <i>Iranian Journal of Plant Protection Science</i> , 56 (1), 151-168. DOI: <a href="https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.409877.1007104">https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.409877.1007104</a> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| © The Author(s).<br>DOI: <a href="https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.409877.1007104">https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.409877.1007104</a>                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Publisher:</b> The University of Tehran Press.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### Extended Abstract

#### Introduction

The lettuce aphid *Nasonovia ribisnigri* Mosely (Hemiptera: Aphididae) is recognized globally as one of the most destructive pests of lettuce crops. By colonizing the inner leaves of lettuce heads—where contact insecticides penetrate poorly—this aphid can cause severe yield loss, sometimes reducing production by more than 40%. The pest has expanded widely in Europe, North America, and parts of Asia, including Iran, where it has become a recurring challenge in lettuce-producing regions. Given the limited effectiveness of chemical control, natural enemies play a critical role in managing *N. ribisnigri* populations within integrated pest management (IPM) programs.

Among the predators of *N. ribisnigri*, the variegated ladybeetle *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) has particular importance. This species is widely distributed throughout the Palearctic and has been reported from a variety of agroecosystems, including cereals, vegetables, and ornamentals. In Iran, *H. variegata* occurs abundantly and preys on several aphid species. Previous studies have examined various biological aspects of this predator, showing that temperature, prey availability, and host species significantly influence its development and fecundity. However, no detailed age-stage, two-sex life table analysis had been

conducted to quantify its population growth potential when feeding specifically on the lettuce aphid *N. ribisnigri*.

This study aimed to evaluate the developmental duration, survival, reproduction, and life table parameters of *H. variegata* feeding on *N. ribisnigri* under three constant temperatures—20, 25, and  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ . Determining the optimal temperature range for predator performance is essential for predicting its biocontrol potential in lettuce fields, facilitating better planning of augmentative releases and compatible IPM strategies.

#### Materials and Methods

Colonies of *N. ribisnigri* were collected from lettuce fields around Shiraz and maintained on fresh lettuce leaves in ventilated acrylic cylinders under controlled conditions. A stock colony of *H. variegata* adults was also collected from the same fields and reared for one generation to ensure acclimation to laboratory conditions.

For life-table experiments, one hundred eggs of *H. variegata* (less than 6 hours old) were individually placed on lettuce leaf discs positioned on agar gel inside Petri dishes. Three constant temperature regimes ( $20$ ,  $25$ , and  $30 \pm 1^\circ\text{C}$ ),  $70 \pm 10\%$  RH, and a photoperiod of 16:8 (L:D) were used. Newly hatched larvae were isolated individually to prevent cannibalism, and fed ad libitum with all developmental stages of *N. ribisnigri*. Larvae, pupae, and adults were checked every 12 hours to record survival and developmental duration.

After adult emergence, one male and one female (each  $<6$  hours old) were paired in new Petri dishes and monitored daily. The pre-oviposition period (APOP and TPOP), oviposition period, fecundity, and adult longevity were recorded until all individuals died.

Life table parameters were calculated using the age-stage, two-sex life table approach (Chi & Liu 1985; Chi & Su 2006) with TWOSEX-MSChart software. Parameters estimated included intrinsic rate of increase ( $r_m$ ), finite rate of increase ( $\lambda$ ), net reproductive rate ( $R_0$ ), and mean generation time ( $T$ ). Variances and standard errors were computed via bootstrap resampling (10,000 iterations), and means were compared using Tukey's test at the 5% significance level.

#### Results

##### Development and Survival

Temperature had a significant effect on all developmental stages. Egg development decreased from 5.0 days at  $20^\circ\text{C}$  to 1.6 days at  $30^\circ\text{C}$ . Larval development across four instars and pupal duration also shortened significantly with increasing temperature. Total pre-adult development required 22.38 days at  $20^\circ\text{C}$ , 15 days at  $25^\circ\text{C}$ , and only 12.62 days at  $30^\circ\text{C}$ .

Pre-adult mortality was lowest at  $25^\circ\text{C}$  (14%), moderate at  $20^\circ\text{C}$  (20%), and highest at  $30^\circ\text{C}$  (31%), indicating some detrimental effects of elevated temperature despite faster development.

##### Adult Reproduction and Longevity

Temperature strongly influenced reproductive performance. The adult pre-oviposition period (APOP) was shortest at  $30^\circ\text{C}$  (1.77 days) and longest at  $20^\circ\text{C}$  (4.0 days). The total pre-oviposition period (TPOP) also decreased markedly with increasing temperature.

Fecundity exhibited a non-linear trend: the highest fecundity occurred at  $25^\circ\text{C}$ , where females laid  $1253.61 \pm 17.8$  eggs, significantly more than at  $20^\circ\text{C}$  (1102.14 eggs) or  $30^\circ\text{C}$  (587.86 eggs). The oviposition period also decreased at higher temperatures, spanning 61.81 days at  $20^\circ\text{C}$ , 50.06 days at  $25^\circ\text{C}$ , and 35.41 days at  $30^\circ\text{C}$ .

Adult longevity declined sharply at high temperature. Females lived 68.0 days at  $20^\circ\text{C}$  but only 40.1 days at  $30^\circ\text{C}$ . Males showed similar trends but generally shorter lifespans.

##### (a) Life Table Parameters

Life table analysis revealed  $25^\circ\text{C}$  as the optimal temperature for population growth:

- **Intrinsic rate of increase ( $r_m$ ):**
  - $0.1452 \pm 0.0031$  at  $20^\circ\text{C}$
  - **$0.2143 \pm 0.0039$  at  $25^\circ\text{C}$  (highest)**
  - $0.2131 \pm 0.0093$  at  $30^\circ\text{C}$
- **Finite rate of increase ( $\lambda$ ):**
  - $1.1564 \pm 0.0035$  at  $20^\circ\text{C}$
  - **$1.239 \pm 0.0048$  at  $25^\circ\text{C}$**
  - $1.2376 \pm 0.0115$  at  $30^\circ\text{C}$
- **Net reproductive rate ( $R_0$ ):**
  - $679.69 \pm 67.7$  offspring at  $20^\circ\text{C}$
  - **$819.03 \pm 68.9$  offspring at  $25^\circ\text{C}$  (highest)**
  - $226.39 \pm 89.1$  offspring at  $30^\circ\text{C}$
- **Mean generation time ( $T$ ):**
  - $34.94 \pm 0.44$  days at  $20^\circ\text{C}$
  - $28.27 \pm 0.31$  days at  $25^\circ\text{C}$

○ **25.50 ± 0.25 days at 30°C (shortest)**

Although development was fastest at 30°C, fecundity and survival declined, causing overall population growth to peak at 25°C.

### Conclusion

This study demonstrates that temperature profoundly influences the biology and population dynamics of *H. variagata* feeding on the lettuce aphid *N. ribisnigri*. While higher temperatures accelerate development, very warm conditions (30°C) reduce fecundity and survival. The optimal temperature range for predator performance lies between **25 and 30°C**, with **25°C providing the highest population growth potential**, as reflected by maximal  $rm$ ,  $\lambda$ , and  $R_0$  values.

These findings indicate that *H. variagata* has strong potential as a biological control agent against *N. ribisnigri* under warm spring and early summer conditions typical of many lettuce-growing regions in Iran. Adoption of temperature-aware release strategies and integration of this predator into IPM programs can substantially enhance the sustainable management of lettuce aphid populations.

### Author Contributions

Conceptualization, Sh.D. and Sh.H.; methodology, Sh.D and Sh.H. and M.Gh.; Research & Investigation, Sh. D.; software, Sh.D.; writing—original draft preparation, Sh.D.; writing—review and editing, Sh.H. and M.Gh.; All authors have read and agreed to the published version of the manuscript. Sh.H. is supervisor and M. Gh. is advisor of the project. All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

### Data availability statement

Data generated or analyzed during this study are provided in full within the published article.

### Ethical considerations

All research followed ethical guidelines to minimize harm to insects and avoid disruption of natural habitats. Sampling was limited to the minimum necessary, and no endangered or protected species were collected. All activities complied with relevant regulations, and data were recorded and reported with integrity.

### Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest



## جدول زندگی کفشدوزک (*Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) با تغذیه از شته *Nasonovia ribisnigri*

شیدا درویشی<sup>۱</sup> | شهرام حسامی<sup>۲</sup> | مهدی غیبی<sup>۳</sup>

۱. گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. رایانامه: [darvishi.sheida@yahoo.com](mailto:darvishi.sheida@yahoo.com)

۲. نویسنده مسئول، گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. رایانامه: [shahram.hesami@iau.ac.ir](mailto:shahram.hesami@iau.ac.ir)

۳. گروه حشره شناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران. رایانامه: [mehdi.gheibi@iau.ac.ir](mailto:mehdi.gheibi@iau.ac.ir)

| اطلاعات مقاله                                                                                                                                                                                                                                                                                      | چکیده                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>نوع مقاله:</b></p> <p>مقاله پژوهشی</p> <p><b>تاریخ دریافت:</b> ۱۴۰۴/۰۱/۱۶</p> <p><b>تاریخ بازنگری:</b> ۱۴۰۴/۰۲/۲۹</p> <p><b>تاریخ پذیرش:</b> ۱۴۰۴/۰۳/۰۷</p> <p><b>تاریخ انتشار:</b> بهار و تابستان ۱۴۰۴</p> <p><b>کلیدواژه‌ها:</b></p> <p>شته کاهو، کفشدوزک، کنترل بیولوژیک، جدول زندگی.</p> | <p>شته کاهو <i>Nasonovia ribisnigri</i> از مهم‌ترین آفات کاهو است و <i>Hippodamia variegata</i> گونه‌ای با پراکنش جهانی است که در ایران روی این آفت فعالیت می‌کند. نمو، تولید مثل و جدول زندگی <i>H. variegata</i> با تغذیه از شته کاهو در ۳ دمای ثابت (۲۵، ۳۰ و ۳۵±۱ درجه سلسیوس) بررسی شد. یکصد تخم کفشدوزک هم‌سن انتخاب و درون ظروف پتری نگهداری شدند. به محض تفریخ تخم‌ها، لاروها به ظروف آزمایش منتقل و مرگ و میر مراحل نابالغ و طول دوره رشدی آنها ثبت گردید. بعد از ظهور بالغین، نر و ماده‌های هم‌سن جفت و به ظروف جدید انتقال داده شدند و بقاء و زادآوری روزانه تا زمان مرگ ثبت شد. نتایج نشان داد که افزایش دما سبب کاهش طول دوره رشدی پیش از بلوغ کفشدوزک از ۲۲/۳۸ روز (۲۰ درجه) به ۱۲/۶۲ روز (۳۰ درجه) گردید. طول دوره تخم‌ریزی به‌ترتیب در ۳ دمای ذکر شده ۶۱/۸۱، ۵۰/۰۶ و ۳۵/۴۱ روز بود و ماده‌ها به طور میانگین ۱۱۰۲/۲، ۱۲۵۳/۶۱ و ۵۸۷/۸۶ تخم گذاشتند. کمترین درصد مرگ و میر (۱۴٪) در دمای ۲۵ درجه ثبت گردید. بیشترین نرخ ذاتی افزایش جمعیت (<math>r_m</math>)، بیشترین نرخ متناهی افزایش جمعیت (<math>\lambda</math>) و بیشترین نرخ خالص تولید مثل (<math>R_0</math>) به‌ترتیب ۰/۲۱۴۳، ۱/۲۳۹ (روز<sup>-۱</sup>) و ۸۱۹/۰۳ (نتاج) در دمای ۲۵ درجه به‌دست آمد که این مقادیر اختلاف معنی‌داری با دمای ۳۰ درجه سلسیوس نداشتند. کوتاه‌ترین طول دوره یک نسل جمعیت (<math>T</math>) نیز ۲۵/۴۴ (روز) در دمای ۳۰ درجه مشاهده شد. به‌نظر می‌رسد که در دامنه دمایی ۲۵ تا ۳۰±۱ درجه، این کفشدوزک کارایی بیشتری برای کنترل بیولوژیک شته کاهو خواهد داشت.</p> |

**استناد:** درویشی، شیدا؛ حسامی، شهرام و غیبی، مهدی (۱۴۰۴). جدول زندگی کفشدوزک (*Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) با تغذیه از شته *Nasonovia ribisnigri*. نشریه دانش گیاهپزشکی ایران، ۵۶ (۱)، ۱۵۱-۱۶۸. DOI: <https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.409877.1007104>

© نویسندگان.

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

DOI: <https://doi.org/10.22059/ijpps.2026.409877.1007104>



## مقدمه

شته‌ها از دیرباز به‌عنوان آفات مهم محصولات کشاورزی مطرح بوده‌اند. گونه جدیدی از شته‌ها به‌نام *Nasonovia ribisnigri* Mosely (Hemiptera: Aphididae) از مهم‌ترین آفت کاهو محسوب می‌شود که در دهه‌های اخیر تبدیل به یک مشکل اساسی برای رشد این محصول در غرب آمریکا، اروپا و کانادا شده و خسارتی به ارزش یک میلیون دلار (حدود بیش از ۴۰ درصد از میزان محصول مورد انتظار) وارد ساخته است. این آفت قادر است با استقرار در برگ‌های داخلی و سر کاهو کلنی‌های خود را در جمعیت بالا تشکیل دهد و بدین وسیله از دسترس سموم تماسی محفوظ مانده و خسارت‌های زیادی به محصولات کاهو در مزارع وارد سازند (Palumbo, 1999). *N. ribisnigri*. برای اولین بار از ایران در سال ۱۳۷۳، از روی گیاه *Crepis* sp. (Asteraceae) (البرز مرکزی، روستای نسن) گزارش شد (رضوانی، ۱۳۸۰). باقری و همکاران (۱۳۸۷) نیز برای اولین بار این گونه را به‌عنوان مهم‌ترین شته کاهو از جنوب استان خوزستان گزارش نمودند. افزایش جمعیت و تغذیه پنهان این آفت از برگ‌های داخلی و سر کاهو باعث می‌شود این آفت از دسترس سموم تماسی

محفوظ مانده و خسارت‌های زیادی به محصولات کاهو در مزارع وارد سازد (فارسی و همکاران، ۱۳۹۹). برای جلوگیری از خسارت شدید، زمانی که تراکم بسیار کمی از شته در نهال‌های کاهو بلافاصله پس از پیوند مشاهده می‌شود، استفاده از حشره‌کش توصیه می‌شود، به طوری که Mackenzie (1986) تراکم ۰/۵ شته در هر بوته و Morales et al. (2013) میزان ۰/۷ شته در هر بوته را به‌عنوان آستانه اقتصادی معرفی می‌نمایند. اما استفاده گسترده از آفت کش‌ها مشکلات جدی مانند ایجاد مقاومت و مسایل زیست محیطی ایجاد می‌کند. لذا کنترل بیولوژیکی به‌طور فزاینده‌ای در این محصول مورد توجه قرار گرفته است (Farsi et al., 2015).

شکارگرهای شته‌خوار نظیر کفشدوزک‌ها یکی از عوامل مفید در اکوسیستم‌های زراعی هستند که نقش مهمی در ایجاد حالت تعادل و کنترل طبیعی شته‌ها، پسیل‌ها، مگس‌های سفید، زنجربک‌ها، کنه‌ها، تخم پروانه‌ها و لارو حشرات به عهده دارند. کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) گونه‌ای با پراکنش بسیار زیاد در مناطق پالئارکتیک بوده و از آنجا به مناطق نئارکتیک نیز گسترش یافته است (Obrycki and Orr, 1990). این گونه به‌عنوان مهم‌ترین شکارگر شته‌های فلفل از بلغارستان، ذرت از اکراین، توت فرنگی از ایتالیا، غلات از هند و پنبه از ترکمنستان گزارش شده است (Kontodimas and Stathas, 2005). همچنین این کفشدوزک در آمریکا به‌عنوان گونه‌ای وارداتی تکثیر و علیه شته روسی گندم رهاسازی می‌شود (Obrycki and Orr, 1990). فعالیت این گونه در اکثر نقاط ایران روی شته‌های مختلف گزارش شده است و احتمال می‌رود در تمام نقاط کشور فعالیت داشته باشد (جعفری و وفایی شوشتری، ۱۳۸۸، فرهادی و همکاران، ۱۳۹۰، مهاجری پاریزی و همکاران، ۱۳۹۱، طالبی و همکاران، ۱۳۹۳، سالاری و همکاران، ۱۴۰۱). همچنین از کفشدوزک *H. variegata* در کنترل شته *N. ribisnigri* در استرالیا استفاده شده است (McDougall, 2012; Della Porta, 2021).

## پیشینه پژوهشی

تاکنون مطالعات متعددی روی ویژگی‌های زیستی و جدول زندگی کفشدوزک *H. variegata* صورت گرفته است. زیست‌شناسی گونه *H. variegata* با تغذیه از شته مومی کلم روی کلزا، کلم برگ قرمز با شلغم و تربچه مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که گیاهان مختلف میزبان شته می‌توانند به‌عنوان یک فاکتور موثر بر پارامترهای زیستی شکارگر آن باشند (نیکان جابلو و همکاران، ۱۳۹۲). ملاشاهی و همکاران (۱۳۸۳) پارامترهای جدول زندگی دوجنسی این کفشدوزک را با استفاده از تغذیه شته جالیز در شرایط آزمایشگاهی مورد مطالعه قرار دادند. نوع شکار و عوامل محیطی می‌تواند نتایج جدول زندگی را تحت تاثیر قرار دهد. فرهادی و همکاران (۱۳۹۰) نیز جدول زندگی دوجنسی و نرخ شکارگری *H. variegata* روی شته باقالا را مورد مطالعه قرار دادند.

در ایران اطلاعات کمی در مورد اکولوژی و کنترل بیولوژیک شته *N. ribisnigri* موجود است. طبق گزارش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، این آفت خسارت زیادی به مزارع کاهو وارد می سازد (فارسی و همکاران، ۱۳۹۳). فارسی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی تغییرات جمعیت شته کاهو *N. ribisnigri* در شهرستان اهواز و زیست‌شناسی دو گونه غالب دشمن طبیعی آن مگس *Episyrphus balteatus* De Geer و زنبور پارازیتوئید *Aphidius matricariae* Haliday در شرایط آزمایشگاهی پرداختند. مطالعات نشان داده‌اند که اثرات زیرکشنده حشره‌کش‌ها مانند تیمتاکسام بر پارامترهای جدول زندگی *H. variegata* می‌تواند کارایی کنترل بیولوژیک را کاهش دهد (Rahmani et al., 2021). همچنین، ارزیابی ظرفیت کنترل بیولوژیک این کفشدوزک با استفاده از آزمایش‌های پاسخ عملکردی بر روی شته‌های مختلف، پتانسیل بالای آن را در اکوسیستم‌های زراعی تایید کرده است (Madadi et al., 2022). در مطالعاتی بر روی آفات کاهو در سیستم‌های آکوپونیک، *H. variegata* به عنوان یکی از دشمنان طبیعی کلیدی علیه شته‌ها شناسایی شده و نقش آن در کاهش جمعیت آفات برجسته است (Schmautz et al., 2024). علاوه بر این، پیشرفت‌های ژنتیکی اخیر در سوسک‌های کفشدوزک برای کنترل بیولوژیک، نشان‌دهنده بهبود کارایی *H. variegata* در برابر شته‌های مقاوم است (Escalona et al., 2025). نهایتاً، تأثیر اندوسیمبیونت‌ها بر نرخ شکارگری کفشدوزک‌ها در کنترل شته‌ها، به ویژه در شرایط محیطی متغیر، مورد بررسی قرار گرفته و نتایج آن بر اهمیت *H. variegata* در برنامه‌های IPM تاکید دارد (Smith et al., 2025). نتایج استفاده از این کفشدوزک علیه شته کاهو روی گیاهان سمپاشی شده با ایمیداکلوپرید و سمپاشی نشده در استرالیا نشان داد که حشره کامل کفشدوزک از جمعیت‌های شته روی گیاه کاهو سمپاشی نشده بیشتر تغذیه می‌کنند، زودتر تخمگذاری می‌کنند و تخم بیشتری می‌گذارند (McDougall, 2012). از سوی دیگر استقرار این کفشدوزک در تونل‌های پرورش کاهو در استرالیا با دمای شبانه بالاتر از ۱۱/۲ درجه سلسیوس و تراکم بالای آفت ارتباط دارد (Della Porte, 2021).

با توجه به گستردگی حضور این کفشدوزک در کشور و اهمیت رو به فزون شته، در پژوهش حاضر برای تعیین توان کفشدوزک *H. variegata* در کنترل جمعیت شته کاهو *N. ribisnigri* به مطالعه جدول زندگی دوجنسی این کفشدوزک در سه دمای ثابت ۲۰، ۲۵، ۳۰±۱ پرداخته شد تا دمای بهینه جهت فعالیت‌های زیستی این شکارگر روی شته کاهو به دست آید.

## روش‌شناسی پژوهش

جهت پرورش کفشدوزک *H. variegata*، مراحل مختلف رشدی شته‌های *N. ribisnigri* از روی کاهوهای آلوده در مزارع اطراف شیراز به آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه آزاد اسلامی شیراز منتقل شدند. جهت تشکیل کلنی شته، از ظروف تلقی و استوانه‌ای شکلی با تهویه مناسب به قطر دهانه ۷ و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر استفاده گردید. درون هر یک از این ظروف، شیشه‌ای به قطر دهانه ۲/۵ و ارتفاع ۷/۵ سانتی‌متر حاوی آب گذاشته و در هر یک از آنها یک برگ کاهو قرار داده شد. بر روی هر برگ مراحل مختلف شته اعم از پوره، ماده بی‌بال و بال‌دار رهاسازی شده و جهت جلوگیری از ورود شته‌ها به آب، اطراف هر برگ توسط پنبه به خوبی پوشانیده شد. این ظروف در انکوباتور در دمای ۲۰±۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰±۱۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ (تاریکی:روشنایی) نگهداری شدند. حشرات کامل *H. variegata* از مزارع کاهو اطراف شیراز جمع‌آوری و در آزمایشگاه درون ظرف پلاستیکی شفاف و سفید رنگ بزرگی به ابعاد ۲۰ در ۲۵ و به ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر نگهداری شدند. این کفشدوزک‌ها با شته کاهو مورد تغذیه قرار می‌گرفتند. پس از تخمگذاری کفشدوزک‌ها، برگ‌های حاوی تخم جدا شده و به پتری‌های دارای تهویه مناسب منتقل گردیدند. لازم به ذکر است که تعیین گونه شته توسط دکتر محسن مهرپور و تعیین گونه کفشدوزک توسط دکتر امیر بیرانوند صورت گرفت.

این آزمایش در ۳ دمای ثابت ۲۰±۱، ۲۵±۱ و ۳۰±۱ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰±۱۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت (تاریکی:روشنایی) انجام شد. برای این کار پس از گذشت یک نسل کفشدوزک در دمای مربوطه، ۵۰ جفت نر و ماده بالغ روی یک کلنی از شته کاهو در ظرف استوانه‌ای به ابعاد ۱۸×۸ سانتی‌متر رها شد و پس از گذشت ۸ ساعت ۱۰۰ تخم

هم‌سن به طور تصادفی انتخاب و به طور جداگانه در درون ظروف پتری به ابعاد  $6 \times 1$  سانتی متر نگهداری شدند. درون این ظروف ژل آگار  $1/5$  درصد ریخته شد و قبل از سرد شدن یک دیسک برگ که شامل همه مراحل رشدی شته کاهو بود، روی ژل قرار داده شد. پس از تفریخ تخم‌ها، لاروهای تازه متولد شده تک تک به ظروف آزمایش منتقل شدند. مرگ و میر مراحل نابالغ و طول دوره رشدی آنها هر ۱۲ ساعت ثبت گردید. بعد از ظهور بالغین، نر و ماده‌های هم‌سن جفت و به ظروف جدید انتقال داده شدند و بقاء و زادآوری روزانه تا زمان مرگ افراد ثبت شد.

آنالیز داده‌ها و پارامترهای جمعیت ( $R_0$ ,  $\lambda$ ,  $r_m$  و  $T$ ) طبق جدول زندگی دو جنسی - ویژه سنی (Chi & Liu, 1985) با استفاده از برنامه Two sex-MS Chart انجام شد (Chi, 2012).

در این روش فاکتورهای نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ )، نرخ خالص تولید مثل ( $R_0$ )، میانگین طول یک نسل ( $T$ )، نرخ بقاء ویژه سن و مرحله زیستی ( $S_{xj}$ ) (در اینجا سن  $x$  و مرحله  $j$ )، زادآوری ویژه سن و مرحله زیستی ( $f_{xj}$ )، نرخ زنده‌مانی ویژه سنی ( $l_x$ )، زادآوری ویژه سنی ( $m_x$ )، ارزش باروی ویژه سن و مرحله زیستی ( $v_{xj}$ ) برای همه مراحل زیستی و هر دو جنس نر و ماده به تفکیک محاسبه شد. امید زندگی ویژه سنی و مرحله زیستی ( $e_{xj}$ ) طبق روش Chi & Su (2006) محاسبه شد. همچنین علاوه بر دوره پیش از تخم‌ریزی ماده بالغ (APOP)، که از زمان آغاز ظهور حشره بالغ تا آغاز تخم‌ریزی می‌باشد، طول دوره پیش از تخم‌ریزی واقعی (TPOP) یعنی از زمان تولد تا آغاز تخم‌ریزی نیز محاسبه شد. برای محاسبه میانگین‌ها، واریانس‌ها و خطای استاندارد پارامترهای جمعیت از روش بوت استرپ<sup>۱</sup> با کمترین تغییرات از ۱۰۰۰۰ تکرار در این مطالعه استفاده شد (Yu et al., 2013). مقایسه آماری میان تیمارها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

## یافته‌های پژوهش

مقادیر مربوط به ویژگی‌های زیستی کفشدوزک *H. variegata* در ۳ دمای ثابت  $20 \pm 1$ ،  $25 \pm 1$  و  $30 \pm 1$  سلسیوس، در جدول ۱ ارائه شده است. از ۱۰۰ تخم هم‌سن استفاده شده در ابتدای آزمایش به ترتیب ۶۰، ۷۵ و ۵۷ تخم در دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس تفریخ شدند. با افزایش دما، طول دوره نمو تخم از ۵/۰ روز در دمای ۲۰ درجه سلسیوس تا ۱/۶ روز در دمای ۳۰ درجه سلسیوس کاهش یافت ( $F=755/86$ ,  $df=183,2$ ,  $P<0/0001$ ). همچنین طول دوره نمو لارو سن یک ( $F=138/02$ ,  $df=179,2$ ,  $P<0/0001$ )، لارو سن چهار ( $F=118/47$ ,  $df=166,2$ ,  $P<0/0001$ ) و شفیره ( $F=48/74$ ,  $df=148,2$ ,  $P<0/0001$ ) نیز با افزایش دما به طور معناداری کاهش یافت. میانگین طول دوره نمو لارو سن دو ( $F=77/43$ ,  $df=175,2$ ,  $P<0/0001$ ) و لارو سن سه کفشدوزک ( $F=135/18$ ,  $df=170,2$ ,  $P<0/0001$ )، در دماهای مختلف اختلاف معناداری با یکدیگر داشتند ولی از روند کاهشی برخوردار نبودند. طولانی‌ترین طول دوره پیش از بلوغ در دمای ۲۰ درجه سلسیوس ( $22/38$  روز) و کوتاه‌ترین طول این دوره در دمای ۳۰ درجه سلسیوس ( $12/62$  روز) با اختلاف معناداری ( $P<0/0001$ )، مشاهده شد. بیشترین طول دوره رشدی پیش از بلوغ به ترتیب در تخم، شفیره و لارو سن یک مشاهده شد. کمترین و بیشترین درصد مرگ و میر پیش از بلوغ کفشدوزک *H. variegata* به ترتیب در دمای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (جدول ۱).

دما اثر معناداری روی طول دوره‌های زیستی پس از بلوغ کفشدوزک *H. variegata* نیز داشت (جدول ۲). طول دوره پیش از تخم‌ریزی (APOP) ( $F=165/78$ ,  $df=105,2$ ,  $P<0/0001$ )، طول دوره پیش از تخم‌ریزی کل (TPOP) ( $F=626/83$ ,  $df=105,2$ ,  $P<0/0001$ )، دوره تخم‌ریزی ( $F=490/46$ ,  $df=105,2$ ,  $P<0/0001$ ) و زادآوری ( $F=272/15$ ,  $df=1253/61$ ) تخم با بیشترین حداکثر تخم روزانه (۱۲۰ تخم در روز) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس متغیر بود.

طول عمر ماده ( $F=542/79$ ,  $df=105$ ,  $P<0/001$ ) و نر بالغ ( $F=167/11$ ,  $df=40$ ,  $P<0/001$ ) کفشدوزک به طور معناداری با افزایش دما کاهش یافت. مقایسه آماری طول عمر نر و ماده بالغ در دمای ۲۰ درجه سلسیوس ( $P=0/9837$ ), ۳۰ درجه سلسیوس ( $t=-0/02$ ,  $df=46$ ,  $P=0/592$ ) و ۳۰ درجه سلسیوس ( $t=0/54$ ,  $df=37$ ,  $P=0/592$ ) نشان داد که اختلاف معناداری با یکدیگر ندارند. اگرچه در دمای ۲۵ درجه سلسیوس طول عمر نرها به طور معناداری طولانی تر از ماده‌ها بود ( $t=3/58$ ,  $df=62$ ,  $P=0/007$ ) ( $t=$

**جدول ۱.** میانگین طول دوره رشد و نمو ( $\pm$  خطای استاندارد) و درصد مرگ و میر کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته کاهو *N. ribisnigri* در ۳ دمای ثابت

| ۳۰ °C                         | ۲۵ °C                        | ۲۰ °C                         | پارامتر زیستی<br>(خطای استاندارد $\pm$ میانگین) |
|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|
|                               |                              |                               | طول دوره رشد و نمو (روز)                        |
| ۱/۶ $\pm$ ۱/۰۶ <sup>c</sup>   | ۳/۰۳ $\pm$ ۰ <sup>b</sup>    | ۵/۰ $\pm$ ۲/۰۸ <sup>a</sup>   | تخم                                             |
| ۲/۰ $\pm$ ۱/۰۶ <sup>c</sup>   | ۲/۰ $\pm$ ۱/۰۵ <sup>b</sup>  | ۳/۰ $\pm$ ۲/۰۶ <sup>a</sup>   | لارو سن یک                                      |
| ۱/۰ $\pm$ ۱/۰۶ <sup>b</sup>   | ۲/۰ $\pm$ ۲/۰۵ <sup>c</sup>  | ۲/۰ $\pm$ ۲/۰۵ <sup>a</sup>   | لارو سن دو                                      |
| ۱/۰ $\pm$ ۱/۰۸ <sup>b</sup>   | ۱/۰ $\pm$ ۱/۰۶ <sup>c</sup>  | ۳/۰ $\pm$ ۱/۰۷ <sup>a</sup>   | لارو سن سه                                      |
| ۲/۰ $\pm$ ۱/۰۵ <sup>c</sup>   | ۲/۰ $\pm$ ۰/۹۴ <sup>b</sup>  | ۳/۰ $\pm$ ۲/۰۶ <sup>a</sup>   | لارو سن چهار                                    |
| ۳/۰ $\pm$ ۱/۰۸ <sup>c</sup>   | ۳/۰ $\pm$ ۱/۸۰ <sup>b</sup>  | ۴/۰ $\pm$ ۱/۰۷ <sup>a</sup>   | شفیره                                           |
| ۱۲/۶۲ $\pm$ ۲/۲۱ <sup>c</sup> | ۱۵/۰ $\pm$ ۱/۱۷ <sup>b</sup> | ۲۲/۳۸ $\pm$ ۳/۱۶ <sup>a</sup> | کل طول دوره پیش از بلوغ                         |
| ۳۱٪                           | ٪۱۴                          | ۲۰٪                           | درصد مرگ و میر پیش از بلوغ                      |

—حروف کوچک مشابه درون ردیف‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنادار بر اساس رویه توکی در سطح ۵ درصد بین داده‌ها می‌باشد.

**جدول ۲.** میانگین طول دوره پیش از تخم‌ریزی، طول دوره پیش از تخم‌ریزی کل، طول دوره تخم‌ریزی، زادآوری، حداکثر تخم روزانه و طول عمر ماده و نر بالغ ( $\pm$  خطای استاندارد) کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته کاهو *N. ribisnigri* در ۳ دمای ثابت

| ۳۰ °C                          | ۲۵ °C                           | ۲۰ °C                           | پارامتر زیستی<br>(خطای استاندارد $\pm$ میانگین) |
|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
|                                |                                 |                                 | طول دوره پیش از تخم‌ریزی (روز)                  |
| ۱/۷۷ $\pm$ ۰/۱۱                | ۲/۰ $\pm$ ۱/۰۵ <sup>b</sup>     | ۴/۰ $\pm$ ۱/۰۹ <sup>a</sup>     | <b>APOP</b>                                     |
| ۱۴/۱۴ $\pm$ ۰/۳۲               | ۱۸/۰ $\pm$ ۲/۱۹ <sup>b</sup>    | ۲۶/۰ $\pm$ ۱/۲۳ <sup>a</sup>    | <b>TPOP</b>                                     |
| ۳۵/۴۱ $\pm$ ۱/۰۳               | ۵۰/۰ $\pm$ ۶/۳۲ <sup>b</sup>    | ۶۱/۸۱ $\pm$ ۱/۴۸ <sup>a</sup>   | طول دوره تخم‌ریزی (روز)                         |
| ۵۸۷/۸۶ $\pm$ ۲۵/۳۵             | ۱۲۵۳/۱۷ $\pm$ ۶۱/۸ <sup>a</sup> | ۱۱۰۲/۱۴ $\pm$ ۲/۱۴ <sup>b</sup> | زادآوری (ماده/تخم)                              |
| ۳۴                             | ۱۲۰                             | ۳۲                              | حداکثر تخم روزانه                               |
|                                |                                 |                                 | طول عمر بالغ (روز)                              |
| ۴۰/۱ $\pm$ ۵/۰۵ <sup>Ac</sup>  | ۵۴/۰ $\pm$ ۷۱/۳۱ <sup>Bb</sup>  | ۶۸/۰ $\pm$ ۱۶/۴۸ <sup>Aa</sup>  | ماده                                            |
| ۳۹/۵۹ $\pm$ ۱/۳۶ <sup>Ac</sup> | ۵۷/۰ $\pm$ ۳۳/۸۵ <sup>Ab</sup>  | ۶۸/۰ $\pm$ ۱۸/۶۹ <sup>Aa</sup>  | نر                                              |

—حروف کوچک مشابه درون ردیف‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنادار بر اساس رویه توکی در سطح ۵ درصد بین داده‌ها می‌باشد.

—حروف بزرگ مشابه درون ستون‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنادار بر اساس رویه توکی در سطح ۵ درصد بین داده‌ها می‌باشد.

شکل ۱ منحنی نرخ بقاء ویژه سن و مرحله زیستی ( $S_{ij}$ )، بقاء جنس نر و ماده، تفاوت در میان مراحل رشدی و تفاوت در نرخ نمو افراد *H. variegata* را به تفکیک نشان می‌دهد. احتمال اینکه یک تخم تازه گذاشته شده تا مرحله بلوغ بقاء یابد در دمای ۲۰ و ۲۵ افزایش و در ۳۰ درجه سلسیوس کاهش می‌یابد. این میزان برای ماده‌ها در دماهای ذکر شده به ترتیب ۰/۶۱،



۰/۶۵ و ۰/۳۸ و برای نرها ۰/۱۸، ۰/۲ و ۰/۲۹ می‌باشد. بر این اساس ماده‌های رشد کرده در دمای ۲۵ درجه سلسیوس بقاء طولانی‌تری نسبت به ماده‌های رشد کرده در دماهای دیگر را داشتند و در تمامی دماها بقاء ماده بیشتر از نر بوده است (شکل ۱). بر اساس منحنی نرخ بقاء ویژه سنی ( $l_x$ ) بیشترین طول دوره زنده‌مانی در دمای ۲۰ درجه سلسیوس و کمترین طول دوره در دمای ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد. (شکل ۲). با افزایش دما نرخ بقاء ویژه سنی ( $l_x$ ) نیز کاهش یافت و در مقابل این کاهش در بقاء، ماده‌ها درصد بیشتری از زندگی خود را به تخم‌ریزی اختصاص دادند (به ترتیب از دماهای ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس، ۹۰/۸۶، ۹۱/۵ و ۸۷/۴۳ درصد از طول عمر). منحنی باروری ویژه سنی ماده  $f_{x7}$  (یعنی ماده هفتمین مرحله زندگی) نشان داد که تولید مثل در دمای ۲۰، ۲۵ و ۳۵ درجه سلسیوس به ترتیب از روز ۲۳، ۱۴ و ۱۲ شروع گردید. بیشترین اوج باروری ویژه سنی ماده ( $f_{xj}$ )، باروری ویژه سنی کل جمعیت ( $m_x$ )، زایش ویژه سنی ( $l_x m_x$ ) (شکل ۲) در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. علاوه بر این با مشاهده منحنی‌های ارزش باروری ویژه سن و مرحله زیستی ( $v_{xj}$ ) (شکل ۳) ومنحنی‌های امید زندگی ویژه سنی و مرحله زیستی ( $e_{xj}$ ) (شکل ۴) اثر منفی کاهش دما را به خوبی می‌توان مشاهده کرد. زمان رسیدن به حداکثر اوج باروری در ماده‌های پرورش یافته در دمای ۲۰ درجه سلسیوس در روز ۵۵ ( $v_{55}=184/31$ ) نسبت به سایر دماها دیرتر رخ داد. در مقابل ماده‌های پرورش یافته در دمای ۳۰ درجه سلسیوس زودتر از ماده‌های پرورش یافته در سایر دماها در روز ۲۷ به حداکثر اوج باروری رسیدند ( $v_{27}=107/02$ ) (شکل ۳). زودتر به اوج رسیدن باروری در دمای ۳۰ درجه سلسیوس نشان می‌دهد که افزایش دما سبب افزایش سریع‌تر جمعیت در این دما می‌شود. امید زندگی یک تخم تازه متولد شده ( $e_{01}$ ) مانند میانگین طول عمر در هر دما می‌باشد. بیشترین امید زندگی همه مراحل رشدی کفشدوزک در دمای ۲۰ درجه سلسیوس مشاهده شد (شکل ۴). بر اساس نتایج به دست آمده از امید زندگی کفشدوزک *H. variegata* می‌توان پیش‌بینی کرد که نر و ماده‌های رشد کرده در دمای ۲۰ درجه سلسیوس می‌توانند ۹۷ روز و در دمای ۳۰ درجه سلسیوس بیش از دو ماه زنده بمانند. مقادیر میانگین و خطای استاندارد پارامترهای جدول زندگی ( $T$  و  $R_0$ ،  $\lambda$ ،  $r_m$ ) با استفاده از روش بوت استرپ در جدول ۳ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که نرخ ذاتی افزایش جمعیت در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس به ترتیب ۰/۱۴۵۲ و ۰/۲۱۴۳ روز<sup>-۱</sup> روندی افزایشی داشته درحالی که در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به ۰/۲۱۳۱ روز<sup>-۱</sup> کاهش یافت. کمترین میانگین نرخ متناهی افزایش جمعیت و نرخ خالص تولید مثل نیز در دمای ۲۰ درجه و بیشترین میزان آن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس مشاهده شد. چنانچه در این دما همه حشرات ماده زنده بمانند، هر فرد ماده قادر است ۸۱۹/۰۳ فرد در طول دوره زندگی خود تولید کند.

این در حالی است که هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در نرخ ذاتی و میانگین نرخ متناهی افزایش جمعیت بین دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده نگردید. بیشترین و کمترین میانگین طول یک نسل به ترتیب در دمای ۲۰ و ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده شد که نشان دهنده رشد سریع‌تر جمعیت نسبت به دماهای دیگر است.

جدول ۳. میانگین پارامترهای جدول زندگی ( $\pm$ خطای استاندارد) کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته کاهو *N. ribisnigri* در ۳ دمای ثابت

| پارامتر                        | ۲۰ °C                            | ۲۵ °C                            | ۳۰ °C                            |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                | خطای استاندارد $\pm$ میانگین     | خطای استاندارد $\pm$ میانگین     | خطای استاندارد $\pm$ میانگین     |
| $r$ (روز <sup>-۱</sup> )       | ۰/۱۴۵۲ $\pm$ ۰/۰۰۳۱ <sup>b</sup> | ۰/۲۱۴۳ $\pm$ ۰/۰۰۳۹ <sup>a</sup> | ۰/۲۱۳۱ $\pm$ ۰/۰۰۹۳ <sup>a</sup> |
| $\lambda$ (روز <sup>-۱</sup> ) | ۱/۱۵۶۴ $\pm$ ۰/۰۰۳۵ <sup>b</sup> | ۱/۲۳۹۶ $\pm$ ۰/۰۰۴۸ <sup>a</sup> | ۱/۲۳۷۶ $\pm$ ۰/۰۱۱۵ <sup>a</sup> |
| ( $R_0$ ) نتاج                 | ۶۷۹/۶۹ $\pm$ ۷/۶۷ <sup>b</sup>   | ۸۱۹/۰۳ $\pm$ ۶۸/۹۳ <sup>a</sup>  | ۲۲۶/۳۹ $\pm$ ۸۹/۰۶ <sup>c</sup>  |
| ( $T$ ) روز                    | ۴۴/۰ $\pm$ ۹/۳۴ <sup>a</sup>     | ۳۱/۰ $\pm$ ۳/۲۸ <sup>b</sup>     | ۲۵/۰ $\pm$ ۴/۵۰ <sup>c</sup>     |

حروف کوچک مشابه درون ردیف‌ها نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار بر اساس رویه توکی در سطح ۵ درصد بین داده‌ها می‌باشد.

## بحث

استفاده از دماهای ثابت در این مطالعه با هدف بررسی دقیق اثر دما بر رشد، بقا و تولیدمثل کفشدوزک *Hippodamia variegata* انجام شده است. هرچند در طبیعت دما متغیر است، داده‌های حاصل از شرایط کنترل شده امکان مقایسه مستقیم اثر دماها و مدل‌سازی پاسخ جمعیت‌ها را فراهم می‌کند. همچنین این اطلاعات برای پرورش عوامل کنترل بیولوژیک در گلخانه‌ها و تولید انبوه در شرایط دمایی ثابت کاربرد دارد. نتایج این پژوهش نشان داد که دما یکی از مهم‌ترین عوامل تعیین‌کننده در رشد، بقا و تولیدمثل *Hippodamia variegata* است. با افزایش دما، سرعت رشد مراحل نابالغ افزایش یافت و طول دوره رشدی به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد. این روند که در بسیاری از شکارگرهای خانواده Coccinellidae مشاهده می‌شود، احتمالاً ناشی از افزایش فعالیت‌های متابولیکی در دماهای بالاتر است. با این حال، مشاهده شد که اگرچه دمای ۳۰ درجه سلسیوس سریع‌ترین رشد را ایجاد کرد، اما هم‌زمان موجب افزایش مرگ‌ومیر پیش از بلوغ و کاهش طول عمر بالغین شد. این الگو اهمیت وجود یک محدوده دمایی بهینه را برجسته می‌کند؛ محدوده‌ای که در آن هم رشد سریع است و هم بقا و تولیدمثل در سطح مطلوبی قرار دارند. بر اساس نتایج این بررسی، کفشدوزک *H. variegata* از طول دوره رشدی بالایی همانند هم‌گونه‌های خود برخوردار بوده و افزایش دما با افزایش متابولیسم بدن، سبب کاهش طول دوره رشد پیش از بلوغ شد. که میزان آن در دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۱۸/۱۹ روز به‌دست آمد. این در حالی است که ملاشاهی و همکاران (۱۳۸۳) طول دوره قبل از حشره کامل این کفشدوزک را در دمای ۲۶ درجه سلسیوس روی شته جالیز ۹ روز گزارش دادند. فرهادی و همکاران (۱۳۹۰) بیولوژی *H. variegata* را با تغذیه از شته سیاه باقلا در دمای ۲۳ درجه سلسیوس مورد بررسی قرار دادند. بر اساس نتایج آن‌ها طول دوره رشد و نمو از تخم، لارو سن ۱، لارو سن ۲، لارو سن ۳، لارو سن ۴ و شفیرگی به‌ترتیب ۳/۰۳، ۲/۱۳، ۱/۹۷، ۲/۱۲، ۲/۸۷ و ۴/۹۶ روز تخمین زده شد. میانگین طول دوره پیش از حشره کامل برابر با ۱۷/۰۵ روز به‌دست آمد.

یکی از مهم‌ترین یافته‌ها، تفاوت چشمگیر در باروری ماده‌ها بود که در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به حداکثر خود رسید. در این دما، علاوه بر افزایش تعداد کل تخم‌های گذاشته‌شده، دوره تخم‌ریزی نیز طولانی‌تر بود و افراد ماده به‌طور مؤثرتری از انرژی و منابع غذایی دریافتی استفاده کردند. این موضوع بیانگر آن است که هرچند دمای بالا رشد را تسریع می‌کند، اما هزینه‌های فیزیولوژیک بالاتری بر حشره تحمیل کرده و تولیدمثل را محدود می‌نماید. باید توجه داشت که دماهای بالاتر یا پایین‌تر از بهینه می‌تواند باعث تولید تخم‌های ضعیف‌تر شود که به رغم تعداد زیاد، درصد تفریح کمتری دارند. به علاوه تغذیه ناقص یا کیفیت پایین شته‌ها می‌تواند روی درصد تفریح تخم اثر بگذارد، حتی اگر تعداد تخم زیاد باشد (Huang et al., 2020, Tao et al., 2023). بنابراین، برتری دمای ۲۵ درجه در ایجاد تعادل بین سرعت رشد، بقا و توان تولیدمثل نشان می‌دهد که شرایط حرارتی نزدیک به این دما می‌تواند بهترین بازده جمعیتی را برای *H. variegata* فراهم کند و موجب برتری آن به‌عنوان یک دشمن طبیعی مؤثر در سیستم‌های کنترل بیولوژیک شود. بر اساس نتایج حاضر، طول دوره پیش از تخم‌ریزی (APOP) و طول دوره پیش از تخم‌ریزی کل (TPOP) و دوره تخم‌ریزی به‌طور معناداری با افزایش دما از ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس کاهش یافت. بررسی زادآوری کفشدوزک *H. variegata* نشان داد، بیشترین زادآوری در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به میزان ۱۲۵۳/۶۱ تخم مشاهده شد.

تحلیل پارامترهای جدول زندگی نیز این نتایج را تقویت می‌کند. نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ )، نرخ متناهی افزایش جمعیت ( $\lambda$ ) و نرخ خالص تولیدمثل ( $R_0$ ) همگی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد بیشترین مقدار خود را نشان دادند، در حالی که این مقادیر در دمای ۳۰ درجه با وجود رشد سریع‌تر مراحل نابالغ، کاهش یافت. این امر نشان می‌دهد که افزایش بیش از حد دما، کارایی زیستی *H. variegata* را محدود کرده و می‌تواند پایداری جمعیت آن را در مزرعه کاهش دهد. از سوی دیگر، دمای ۲۰ درجه نیز با وجود بقا مناسب، باعث طولانی‌شدن دوره رشدی و کاهش نرخ رشد جمعیت شد. بنابراین به نظر می‌رسد که *H. variegata* در محدوده دمایی ۲۵–۳۰ درجه عملکرد مناسبی دارد، اما نقطه بهینه حقیقی برای فعالیت‌های زیستی و

کنترل طبیعی شته کاهو در حدود ۲۵ درجه سانتی گراد است. این نتایج می‌تواند به‌طور مستقیم در برنامه‌ریزی رهاسازی شکارگر و طراحی راهبردهای کنترل تلفیقی آفت مورد استفاده قرار گیرد.

در بررسی فرهادی و همکاران (۱۳۹۰) در رابطه با مقایسه پارامترهای جدول زندگی این کفشدوزک و شته سیاه باقلا *Aphis fabae* هر کفشدوزک ماده *H. variegata* در طول زندگی خود و در دمای ۲۳ درجه سلسیوس به طور متوسط ۱۱۳۹/۲۱ عدد تخم گذاشت و طول دوره تخم‌ریزی آن‌ها ۴۰/۸۶ روز برآورد شد. در میان پارامترهای جدول زندگی پارامتر  $r_m$  به عنوان یک معیار مناسب جهت انتخاب عامل کنترل بیولوژیک توسط محققین نام برده شده است. بیشترین میانگین نرخ ذاتی افزایش جمعیت ( $r_m$ ) و میانگین نرخ متناهی افزایش جمعیت این کفشدوزک در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به میزان ۰/۲۱۴۳ روز<sup>-۱</sup> و ۱/۲۳۹ روز مشاهده شد. این در حالی است که هیچ‌گونه اختلاف معنی‌داری در نرخ ذاتی و میانگین نرخ متناهی افزایش جمعیت بین دماهای ۲۵ و ۳۰ درجه سلسیوس مشاهده نگردید. نرخ ذاتی افزایش جمعیت این کفشدوزک در مطالعات ملاشاهی و همکاران (۱۳۸۱) بر روی شته جالیز و دمای  $26 \pm 2$  درجه سلسیوس به میزان ۰/۲۵۴، فرهادی و همکاران (۱۳۹۰) بر روی شته سیاه باقلا و دمای ۲۳ درجه سلسیوس به میزان ۰/۲۰۳ و اصغری و همکاران (۱۳۹۱) بر روی پسیل پسته و دمای ۲۷/۵ درجه سلسیوس به میزان ۰/۱۴۹ روز<sup>-۱</sup> تعیین گردید. نتایج این بررسی با نتایج ملاشاهی و همکاران (۱۳۸۱) و فرهادی و همکاران (۱۳۹۰) همخوانی دارد. البته لازم به ذکر است که تنها در پژوهش‌های این محققین از روش جدول زندگی دو جنسی ویژه سن و مرحله زیستی برای برآورد پارامترهای زیستی استفاده شد و بقاء جنس نر نیز در نظر گرفته شد. بر اساس مطالعات Wang et al. (1984) دمای مناسب برای رشد کفشدوزک *H. variegata* ۱۸-۲۵ درجه سلسیوس و Obyrcki & Orr (1990) ۲۹ درجه سلسیوس ذکر نمودند. مقایسه نتایج این تحقیق با داده‌های Kontodimas & Stathas (2005) و Nikan-Chaploo et al. (2003) نیز نشان می‌دهد که نه تنها دما، بلکه نوع شته میزبان نقش قابل توجهی در تعیین ظرفیت زیستی *H. variegata* دارد. برای مثال، Kontodimas & Stathas (2005) هنگام تغذیه این شکارگر روی *Dysaphis crataegi* نرخ  $R_0$  و  $r_m$  پایین‌تری گزارش کردند، در حالی که در مطالعه حاضر تغذیه بر *N. ribisnigri* به‌ویژه در ۲۵ درجه سلسیوس موجب افزایش قابل توجه توان تولیدمثلی شد. این تفاوت‌ها اهمیت انتخاب گونه‌های مناسب میزبان برای پرورش انبوه شکارگر را برجسته می‌کند. همچنین، هماهنگی داده‌های این پژوهش با گزارش‌های Yu et al. (2013) درباره اثر دما بر نرخ رشد گونه‌های Coccinellidae نشان می‌دهد که این الگو در بسیاری از شکارگرهای شته مشترک است. براساس مطالعات پارامترهای جدول زندگی برای شته‌ی کاهو (*Nasonovia ribisnigri*)، بازه‌ی دمایی حدود ۲۰-۲۵ درجه سلسیوس معمولاً برای رشد و تولیدمثل این آفت به‌عنوان بازه‌ی بهینه در نظر گرفته می‌شود، در حالی که افزایش دما تا حدود ۲۷ درجه سلسیوس و بالاتر ممکن است برای استقرار و بقای آن نامناسب شود و نهایتاً پارامترهای جمعیتی را تحت تأثیر قرار دهد (Diaz et al., 2007). چنین تغییراتی در وضعیت طعمه می‌تواند به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد شکارگر (*H. variegata*) نیز اثر بگذارد، چرا که دما نه تنها بر خود شکارگر تأثیر دارد، بلکه روی فعالیت، رشد، شرایط و رفتار شکار هم اثرگذار است و همین امر می‌تواند باعث شود که نرخ شکار یا موفقیت در شکار در دماهای مختلف نسبت به مطالعات دیگر تفاوت داشته باشد (Yang et al., 2022).

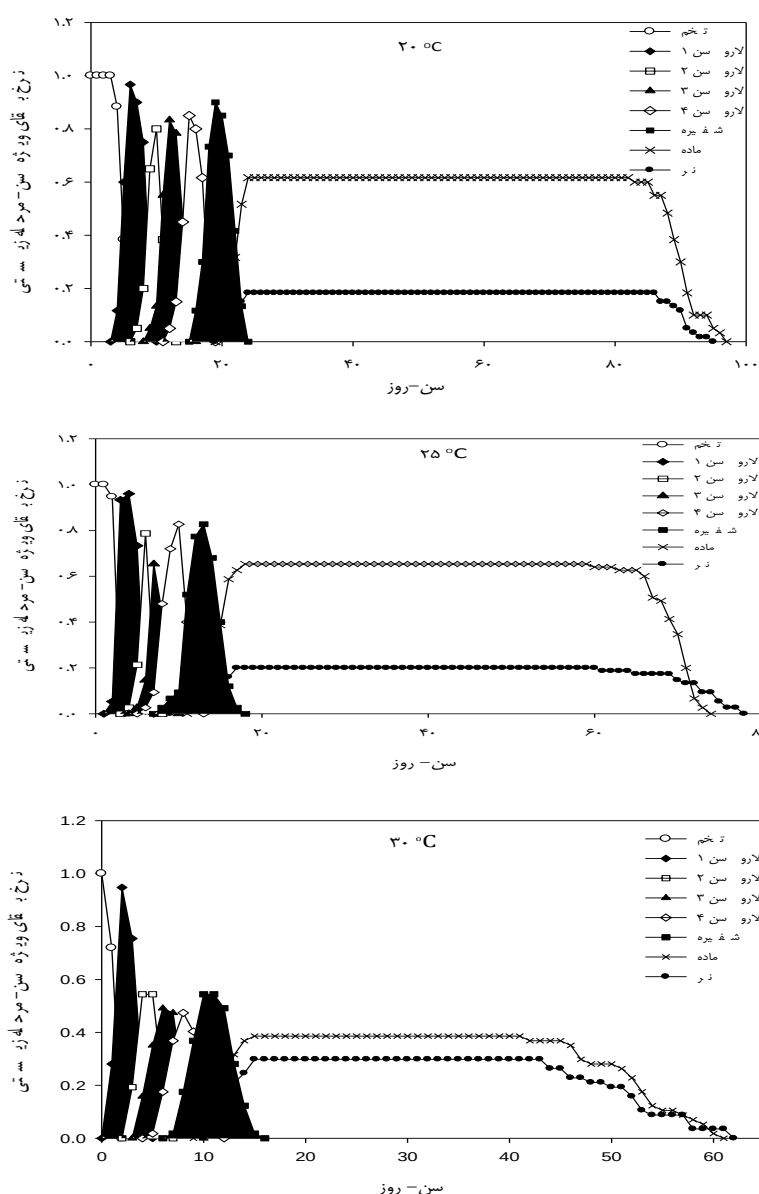
شواهد علمی درباره حضور و اثربخشی *H. variegata* روی شته کاهو بسیار محدود است. عدم تطابق‌های اکولوژیکی و عملی، و فقدان داده‌های مستند در این زمینه، ضرورت انجام مطالعاتی سیستماتیک را ایجاد می‌کند. هدف ما از این تحقیق، بررسی جدول زندگی، نرخ تولیدمثل و اثر دماهای مختلف بر این شکارگر عمومی است تا پتانسیل آن برای کنترل بیولوژیک شته کاهو ارزیابی شده و اطلاعات پایه برای کاربرد عملی و تحقیقات بعدی فراهم گردد. اگرچه نتایج آزمایشگاهی نشان‌دهنده توانایی بالای آن در شکار شته کاهو است، چند محدودیت برای کاربرد عملی آن در کنترل بیولوژیک وجود دارد. نخست، دما و شرایط محیطی واقعی مزرعه یا گلخانه ممکن است با شرایط بهینه آزمایشگاهی متفاوت باشد و بر فعالیت شکارگر تأثیرگذار باشد. دوم، تراکم و پراکنش شته‌ها در برگ‌ها، رفتار رقابتی بین شکارگرها، به ویژه مگس‌های Syrphidae (Farsi et al.,

2014) و دسترسی محدود به منابع غذایی می‌تواند نرخ واقعی شکار را کاهش دهد. همچنین کفشدوزک ممکن است در غیاب شته کافی به منابع غذایی جایگزین روی آورد.

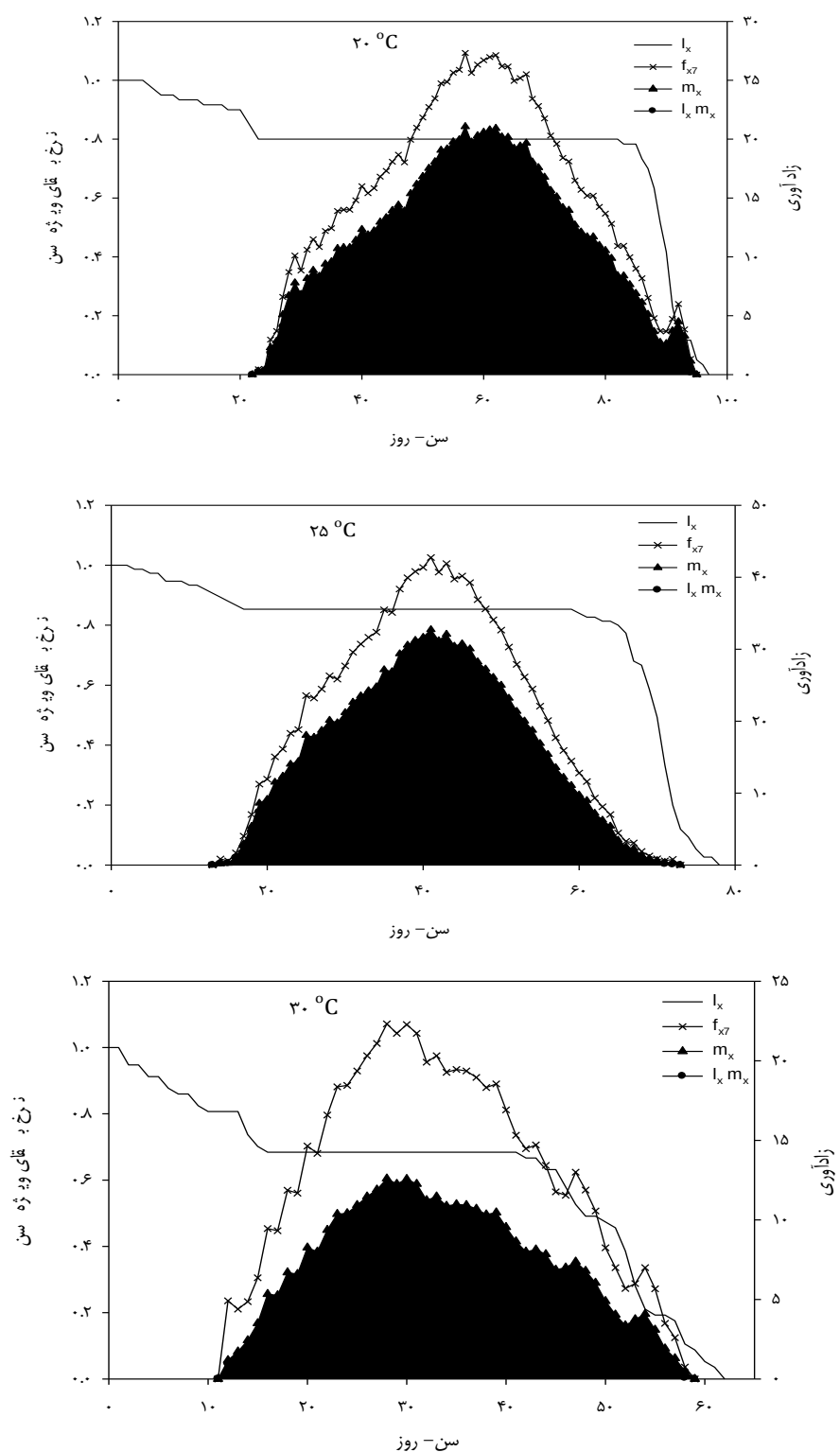
در نتیجه، این تحقیق با ارائه داده‌های دقیق جدول زندگی، به‌طور مستقیم می‌تواند در تعیین زمان بهینه رهاسازی *H. variegata* در برنامه‌های کنترل بیولوژیک شته کاهو به کار رود و شرایط دمایی ۲۵ درجه سلسیوس را به عنوان نقطه اوج کارایی زیستی این شکارگر توصیه می‌کند.

### نتیجه گیری و پیشنهادها

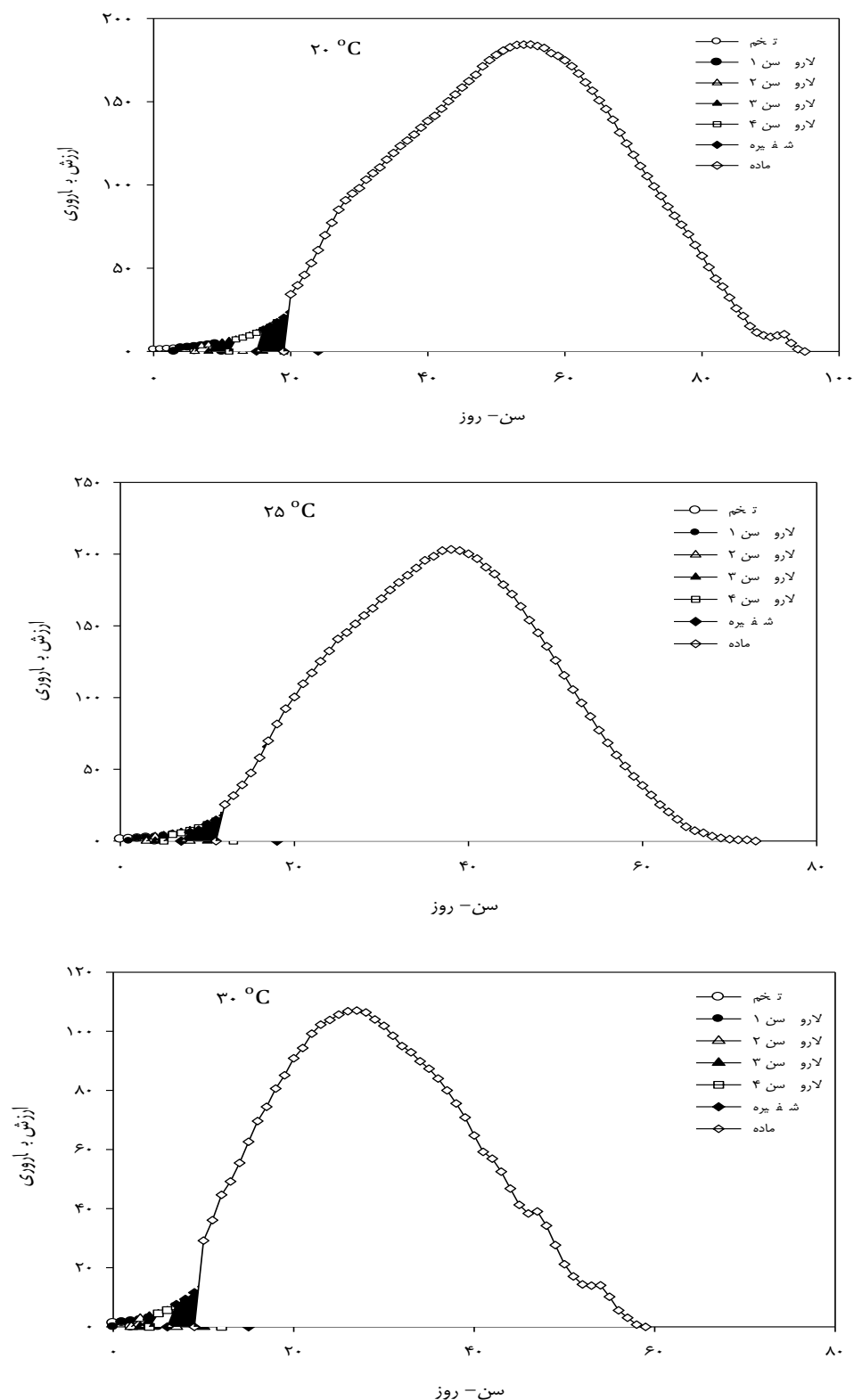
بنابراین بر اساس نتایج به دست آمده از پارامترهای رشد جمعیت در این تحقیق می‌توان این‌گونه استنباط کرد که این حشره می‌تواند به خوبی در محدوده دمایی ۲۵ درجه سلسیوس، رشد و تولیدمثل نماید و در این محدوده دمایی شکارگر از پتانسیل تولید مثلی بالایی برخوردار است.



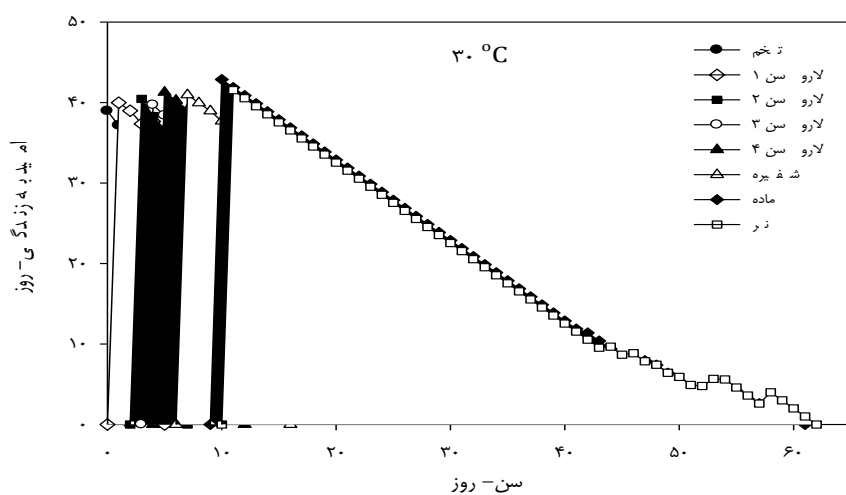
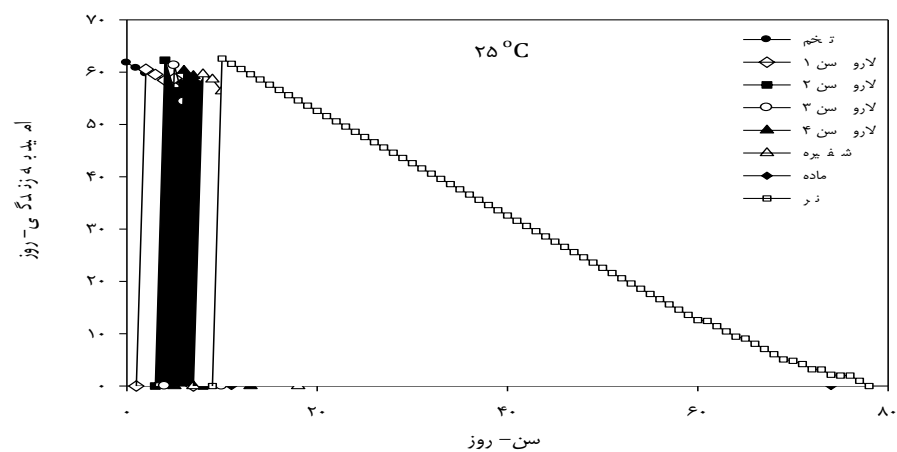
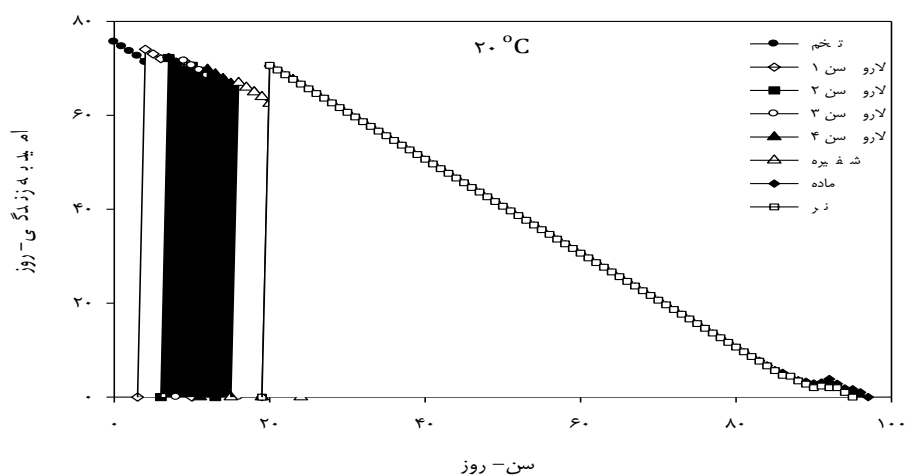
شکل ۱. تعداد نسبی افراد زنده در هر گروه سنی و مرحله زیستی  $S_{xj}$  کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته کاهو *N. ribisnigri* در ۳ دمای ثابت



شکل ۲. نرخ بقاء ویژه سنی ( $l_x$ )، باروری ویژه سنی ماده  $f_{x7}$  (یعنی ماده هفتمین مرحله زندگی)، باروری ویژه سنی کل جمعیت ( $m_x$ )، زایش ویژه سنی کفشدوزک  $H. variegata$  با تغذیه از شته کاهو  $N. ribisnigri$  در ۳ دمای ثابت ( $l_x m_x$ )



شکل ۳. ارزش باروری ویژه سن و مرحله زیستی ( $V_{xij}$ ) کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته کاهو *N. ribisnigri* در ۳ دمای ثابت



شکل ۴. امید زندگی ویژه سنی و مرحله زیستی ( $e_{ij}$ ) کفشدوزک *H. variegata* با تغذیه از شته کاهو *N. ribisnigri* در ۳ دمای ثابت

## منابع

- اصغری، ف.، سمیع، م. ا. و مهدیان، ک. (۱۳۹۱). برخی ویژگی‌های زیستی کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته مومی کلم و تخم بید آرد. *مجله کنترل بیولوژیک آفات و بیماری گیاهی*، شماره ۱. ۱۹-۲۷.
- باقری، س.، طاووسی، م. و دهقانی، ع. (۱۳۸۷). معرفی *Nasonovia ribisnigri* (Hem.:Aphididae) بعنوان مهمترین شته کاهو در جنوب استان خوزستان و بررسی تاثیر تاریخ کاشت و ارقام کاهو روی جمعیت آن. *خلاصه مقالات هجدهمین کنگره گیاه پزشکی ایران/همدان، ایران*، صفحه ۷۹-۸۰.
- جعفری، ر.، وفایی شوشتری، ر. (۱۳۸۸). تاثیر دماهای مختلف روی طول دوره های نشوونمایی کفشدوزک (*Hippodamia variegata* Goeze (Col., Coccinellidae) با تغذیه از شته باقلا *Aphis fabae* Scopoli (Hem., Aphididae) تحقیقات حشره شناسی، ۴ (۱): ۲۸۹-۲۹۶.
- رضوانی، ع. (۱۳۸۰). *کلید شناسایی شته های ایران*. انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی.
- سالاری، س.، خنامانی، م. و اسدی، م. (۱۴۰۱). ارزیابی امکان کاربرد کفشدوزک *Hippodamia variegata* و رقم مقاوم گل رز در مدیریت شته رز *Macrosiphum rosae*. *تحقیقات آفات گیاهی*، ۱۲ (۲): ۶۱-۷۶. <https://doi.org/10.22124/iprj.2022.5795>
- طالبی، ع. ا.، جریانی، ر. و اللهیاری، ح. (۱۳۹۳). ویژگی‌هایی از زیست شناسی کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) روی سه گونه شته‌ی غلات. *مجله پژوهشهای جانوری (مجله زیست شناسی ایران)*، ۲۷ (۲): ۲۶۰-۲۶۹.
- فارسی، ا.، کچیلی، ف.، مصدق، م.، راسخ، ا. و طاووسی، م. (۱۳۹۳). تغییرات فصلی و توزیع فضایی شته کاهو *Nasonovia ribisnigri* (Hem.: Aphididae) Mosely در اهواز. *فصلنامه تحقیقات آفات گیاهی*، ۱: ۴-۱۲.
- فارسی، ا.، کچیلی، ف.، مصدق، م.، راسخ، ا. و طاووسی، م. (۱۳۹۹). تاثیر دما بر ویژگی های زیستی و توان تغذیه ای *Episyrphus balteatus* شکارگر مهم شته کاهو *Nasonovia ribisnigri*. *نامه انجمن حشره شناسی ایران*، ۴۰ (۱): ۸۳-۹۳.
- فرهادی، ر.، اللهیاری، ح.، راسخ، آ.، الداغی، م. و فرهودی، ف. (۱۳۹۰). مقایسه پارامترهای جدول زندگی کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) و شته سیاه باقلا *Aphis fabae* (Hem.: Aphididae). *مجله دانش گیاه پزشکی ایران*، ۴۲ (۲): ۲۰۹-۲۱۵.
- ملاشاهی، م.، صحراگرد، ا. و حسینی، ر. (۱۳۸۳). تعیین پارامترهای جدول زندگی کفشدوزک *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) در شرایط آزمایشگاهی. *پژوهشنامه علوم کشاورزی*، ۱: ۴۷-۶۰.
- مهاجری پاریزی، ع.، مددی، ح.، الهیاری، ح. و مهرنژاد، م. ر. (۱۳۹۱). پارامترهای جدول زندگی کفشدوزک *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته‌های *Aphis gossypii* و *Acyrtosiphon pisum*. *دانش گیاهپزشکی ایران*، ۴۳ (۱): ۷۳-۸۱.
- نیکان چاپلو، س.، گلی زاده، علی. حسن پور، م. نوری قنبلانی، ق. ناصری، ب. و غفوری مقدم، م. (۱۳۹۲). زیست شناسی کفشدوزک شکارگر *Hippodamia variegata* با تغذیه از شته‌ی مومی کلم *Brevicoryne brassicae* روی شلغم و تربچه. *همایش کنترل بیولوژیک در کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران*، صفحات ۷۷-۷۶.

## REFERENCES

- Asghari, F., Samih, M. A. & Mahdian, K. (2012). Some Biological Characteristics of *Hippodamia variegata* (Goeze) Reared on *Brevicoryne brassicae* L. and Eggs of *Ephestia kuehniella* Zeller. *Biological Control of Pests and Plant Diseases*, 1(1), 19-27. doi: 10.22059/jbioc.2012.32071 (In Persian).
- Bagheri, S., Tavosi, M. & Dehghani, A. (2008). Introduction of *Nasonovia ribisnigri* (Mosely) (Hom.: Aphididae) as the most important lettuce aphid in south of Khuzestan province and study on the effect of cultivation date and lettuce cultivars on its population. *Proceedings of 18th Iranian Plant Protection Congress*, Hamedan, Iran, 79-80.
- Chi H. (2021). *TWOSEX-MSChart: A Computer Program for the Age Stage, Two-Sex Life Table Analysis*. National Chung Hsing University; Taichung, Taiwan (accessed on 8 March 2021). Available online: <https://lifetablechi.com/software/>.



- Chi, H. and Su, H. Y. (2006). Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera: Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. *Environmental Entomology*, 35: 10-21.
- Chi, H., and Liu, H. (1985). Two new methods for the study of insect population ecology Bulletin of the Institute of Zoology, *Academia Sinica* 24: 225-240.
- Della Porta, B. (2021). Biological Control and Population Dynamics of Aphids (Hemiptera:Aphididae) and Their Natural Enemies in Protected and Open Field Agroecosystems. M. Sc. Thesis, School of Life Sciences, La Trobe University, Victoria, Australia.
- Diaz, B. M., Muñiz, M., Barrios, L., & Fereres, A. (2007). Temperature thresholds and thermal requirements for development of *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae). *Environmental Entomology*, 36(4), 681–688. [https://doi.org/10.1603/0046-225x\(2007\)36\[681:ttatrf\]2.0.co;2](https://doi.org/10.1603/0046-225x(2007)36[681:ttatrf]2.0.co;2)
- Dou, S., Liu, B., Liu, Y., Zhang, J., & Lu, Y. (2023). Intraguild predation of *Hippodamia variegata* on aphid mummies in cotton field. *Insects*, 14(1), 81. <https://doi.org/10.3390/insects14010081>
- Farhadi, R., Allahyari, H., Rasekh, A., Aldaghi, M. & Farhoudi, F. (2011). Comparative Study of Life Table Parameters of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) vs. *Aphis fabae* (Hem.: Aphididae). *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 42(2), 209-215. doi: 10.22059/ijpps.2012.24328
- Farsi, A., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Rasekh, A. & Tavoosi, M. (2014). Natural enemies of the currant lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* (Mosely) (Hemiptera: Aphididae) and their population fluctuations in Ahvaz, Iran. *Journal of Crop Protection*, 3(4): 487-497.
- Farsi, A., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Rasekh, A. & Tavoosi, M. (2015). Seasonal dynamics and spatial distribution of the lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* Mosely (Hem.: Aphididae) in Ahvaz *Plant Pest Research*, 4(4), 1-12. (in Persian).
- Farsi, A., Kocheili, F., Mossadegh, M. S., Rasekh, A. & Tavoosi, M. (2020). Effect of temperature on biological characteristics and feeding capacity of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) as important predator of the currant lettuce aphid, *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 40 (1): 83-93.
- Hosseini, A., Hosseini, M., Rohani, A., & Lawson, S. (2023). Modeling reproductive fitness of predator, *Hippodamia variegata* (Coleoptera: Coccinellidae) using support vector machine (SVM) on three nitrogen treatments. *Neural Computing and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s00521-023-09020-y>
- Huang, Y., Gu, X., Peng, X., Tao, M., Chen, G. & Zhang, X. (2020). Effect of short-term high-temperatures on the growth, development and reproduction in the fruit fly, *Bactrocera tau* (Diptera: Tephritidae). *Scientific Report*, 10, 6418. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63502-w>
- Jafari, R. & Vafaei Shoushtari, R. (2010). Effect of different temperatures on life developmental stages of *Hippodamia variegata* Goeze (Col., Coccinellidae), feeding on *Aphis fabae* Scopoli (Hem., Aphididae). *IAU Entomological Research Journal*, 4 (1): 289-296.
- Khattawi, S., Kayahan, A., & Karaca, İ. (2022). Functional and numerical response of *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) on *Macrosiphum rosae* (L.) (Hemiptera: Aphididae). *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*, 6(2), 311-318. <https://doi.org/10.31015/jaefs.2022.2.15>
- Kontodimas, D. C. & Stathas, G. J. (2005). Phenology, fecundity and life table parameters of the predator *Hippodamia variegata* reared on *Dysaphis crataegi*. *Biocontrol*, 50: 223-233.
- Liu, H.-L., Yong, Y.-P., Wu, X.-L., Chen, Z.-T., Wei, S.-J., Cai, P., & Pu, D.-Q. (2025). Chromosome-level genome assembly of the Adonis ladybird *Hippodamia variegata*. *Scientific Data*, 12, 558. <https://doi.org/10.1038/s41597-025-04882-4>
- Mackenzie, J. R. (1986). Improved insect pest management of crisp head lettuce grown in S. W. British Columbia. M.Sc. Thesis, *Simon Fraser University*, 150 pp.

- McDougall, S. (2012). *The delivery of IPM for the lettuce industry*. Project Number: VG07076, Horticulture Australia Ltd.
- Mohajeri parizi, E., Madadi, H., Alahyari, H. & Mehrnejad, M. R. (2012). A Comparison of Life History Parameters of *Hippodamia variegata* Feeding on either *Aphis gossypii* Glover or *Acyrtosiphon pisum*. *Iranian Journal of Plant Protection Science*, 43(1), 73-81.
- Mollashahi, M., Sahragard, A. & Hossaini, R. (2004). Determination of life table parameters of lady beetle, *Hippodamia variegata* (Col: Coccinellidae) under laboratory conditions. *Journal of Agricultural Science*, 1: 47-60.
- Morales, I., Diaz, B. M., Mendoza, A. H. D., Nebreda, M. & Fereres, A. (2013). The development of an economic threshold for *Nasonovia ribisnigri* (Hemiptera: Aphididae) on lettuce in central Spain. *Journal of Economic Entomology*, 106(2), 891-898.
- Nikan-Chaploo, S., Golizadeh, A., Hasanpour, M., Noori Ghanbalani, Gh., Naseri, B. & Ghafoorimoghadam, M. (2003). Biology of *Hippodamia variegata* feeding on the cabbage aphid *Brevicoryne brassicae* on Turnip and radish. *Proceedings of Conference of Biological Control in Agriculture and natural Resources, Tehran University*, pp.76-77.
- Obrycki, J. J. & Orr, C. J. (1990). Suitability of 3 prey species for Nearctic populations of *Coccinella septempunctata*, *Hippodamia variegata*, and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of Economic Entomology*, 83: 1292-1297.
- Palumbo, J. C. (1999). Preliminary examination of the population dynamics and control of the lettuce aphid on romaine. Report no.AZ1143, Series P-118 , <http://ag.arizona.edu/pubs/crops/az1143>.
- Rezvani, A. (2001). *Identify key of aphids in Iran*. Agriculture Research, Education and Extension Organization, Tehran, Iran (In Persian)
- Salari, A. , Khanamani, M. & Asadi, M. (2022). Assessing compatibility of *Hippodamia variegata* and resistant rose cultivar in the management of *Macrosiphum rosae*. *Plant Pest Research*, 12(2), 61-76. <https://doi.org/10.22124/iprj.2022.5795>
- Talebi, A.A., Jaryani, R. & Allahyari, H. (2014). Some biological characteristics of *Hippodamia variegata* (Col.: Coccinellidae) rearing on three species of Wheat Aphids. *Journal of Animal Research (Iranian Journal of Biology)*, 27(2), 260-269.
- Tao, Y. D., Liu, Y., Wan, X. S., Xu, J., Fu, D. Y., & Zhang, J. Z. (2023). High and low temperatures differentially affect survival, reproduction, and gene transcription in male and female moths of *Spodoptera frugiperda*. *Insects*, 14(12), 958. <https://doi.org/10.3390/insects14120958>.
- Wang, Y.H., Liu, B.S., Fu, H.Z. & Gu, L.N. (1984) Studies on the habits and bionomics of *Adonia variegata* Goze (Col:Coccinellidae). *Insect Knowledg.Kunchung-Zhiski, China Cotton*, 21(1): 19-22.
- Wang, Y., Zhang, Y., Zhang, T., Li, Z., Liu, T., & Lu, Y. (2025). Behavioral and electrophysiological responses of *Hippodamia variegata* to plant volatiles. *PLoS ONE*, 20(6), e0327160. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0327160>
- Yang, Q., Liu, J., Wyckhuys, K. A. G., Yang, Y., & Lu, Y. (2022). Impact of Heat Stress on the Predatory Ladybugs *Hippodamia variegata* and *Propylaea quatuordecimpunctata*. *Insects*, 13(3), 306. <https://doi.org/10.3390/insects13030306>
- Yu, J. Z., Chi, H. and Chen, B. H. (2013). Comparison of the life tables and predation rates of *Harmonia dimidiata* (F.) (Coleoptera: Coccinellidae) fed on *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) at different temperatures. *Biological Control*, 64: 1-9.