تحقیقات آفات گیاهی
۱۴۰۲ -۱۳(۲): ۵۳ -۶۶

Open access
doi: 10.22124/iprj.2023.25136.1530
pISSN:2322-2409
eISSN: 2538-6123

علمی پژوهشی

فراسنجه‌های زیستی، ریخت‌شناختی و بوم‌شناختی کفشدوزک *Harmonia axyridis* (Col.: Coccinellidae)؛ تأثیر چندشکلی رنگی، محل نمونه‌برداری و نسل حشره

فرهاد فرهودی[۱]، احد صحراگرد[۲*]، رضا حسینی[۳] و عاطفه صبوری[۴]

۱، ۲ و ۳- گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان ۴- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

شناسه ارکید: ۱- 0009-0000-2575-8545، ۲- 0000-0002-8954-1801، ۳- 0000-0002-6556-8401، ۴- 0000-0002-5831-768X

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۵/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۶/۲۲)

چکیده

پراکنش کفشدوزک *Harmonia axyridis* به عنوان یک حشره شکارگر اما مهاجم تازه‌وارد به ایران در نوار شمالی کشور بررسی شد. برخی ویژگی‌های زیستی و ریخت‌شناسی آن مانند الگوهای رنگی، نسبت جنسی و طول بدن حشره بالغ در نمونه‌های چهار منطقه جغرافیایی شمال و شمال‌شرق ایران و همچنین، دو نسل از شهرستان رشت مطالعه شد، تا تأثیر محل نمونه‌برداری و نسل حشره ارزیابی شود. توان تولیدمثلی ماده‌های دو رنگ اصلی این حشره؛ ملانیک و غیرملانیک، در نسل زمستانگذران و تابستانه نیز بررسی شد. از استان‌های گیلان، مازندران، گلستان و خراسان شمالی نمونه‌برداری با موفقیت انجام شد. نسبت افراد ملانیک در کل نمونه‌های جمع آوری شده از گردنه حیران، شفت، بجنورد، رشت (جمعیت زمستانگذران) و رشت (جمعیت بهاره) به‌ترتیب ۱۱/۵۱، ۱۲/۶۴، ۱۰/۵۷، ۱۲/۱۷ و ۱۱/۶۳ درصد بود. همچنین، نسبت جنسی در جمعیت‌های مزبور ۳۸ تا ۴۴ درصد و فاقد تفاوت معنی‌دار بود. میانگین طول بدن حشره بالغ در جمعیت بجنورد (۰/۰۲۹± ۶/۵۷ میلی‌متر) از چهار جمعیت دیگر بیشتر بود. از نظر میزان تخمگذاری تفاوتی بین الگوهای رنگی ملانیک و غیرملانیک در نسل زمستانگذران و تابستانه مشاهده نشد، اما ماده‌های زمستانگذران در مقایسه با ماده‌های تابستانه باروری بالاتری داشتند. در این پژوهش، پیشرفت پراکنش این کفشدوزک در برخی استان‌های نوار شمالی کشور، نسبت به محل اولین گزارش آن، تأیید شد. همچنین، مشخص شد محل نمونه‌برداری و نسل حشره در زیستگاه‌های جدید، تأثیری بر نسبت الگوهای رنگی ندارد و میزان زادآوری نمی‌تواند یکی از عوامل تنظیم‌کننده نسبت افراد هر الگوی رنگی در نسل بعد باشد.

واژه‌های کلیدی: توان تولیدمثلی، چندشکلی، طول بدن، کفشدوزک چندرنگ آسیایی، نسبت جنسی

* نویسنده مسئول: ahad.sahragard@gmail.com

CC BY

مقدمه

کفشدوزک چندرنگ آسیایی[1] *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) به عنوان یک عامل بیولوژیک مؤثر از دهه ۱۹۱۰ برای کنترل شته‌ها و شپشک‌ها در کشورهای خارج از حوزه بومی خود (شامل قزاقستان، غرب سیبری، آلتای، سایان، چین، کره و ژاپن) مورد استفاده قرار گرفته است. از سال ۱۹۱۶ کفشدوزک *H. axyridis* به طور مکرر در آمریکا رهاسازی شد (Gordon, 1985). این کفشدوزک در دهه ۱۹۸۰ در آمریکا مستقر شد و جمعیت آن به سرعت افزایش یافت. در اروپا نیز این کفشدوزک از سال ۱۹۸۲ به صورت تجاری برای کنترل کلاسیک و مبارزه با آفات گلخانه‌ای، مزرعه‌ای و باغ‌ها موفق عمل کرده است (Iperti & Bertand, 2001).

انتقال هدفمند *H. axyridis* به منظور استفاده به عنوان عامل کنترل بیولوژیک در نقاط دیگر دنیا منجر به استقرار جمعیت‌های این کفشدوزک در بیش از ۶۰ کشور خارج از حوزه بومی آن شده است (Roy *et al*., 2016; Camacho-Cervantes *et al*., 2017). در دهه‌های اخیر با افزایش گزارش‌های موجود از عواقب حضور *H. axyridis* در مناطق جدید، قابلیت‌های چشمگیر شکارگری این کفشدوزک روی آفات مهم کشاورزی با چالش‌هایی مواجه شده است (Brown *et al*., 2008a,b; Camacho-Cervantes *et al*., 2017).

اولین گزارش حضور *H. axyridis* در ایران توسط مردانی و همکاران (Mardani *et al*., 2019) انجام شد. از بین همسایگان ایران در بین سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۳، *H. axyridis* در غربی‌ترین نقطه (یعنی بخش اروپایی) و مرکز ترکیه طی دو مطالعه متفاوت گزارش شد (Aysal & Kivan, 2014; Bukejs & Telnov, 2015). همچنین، ورود این کفشدوزک به ارمنستان (Kalashian *et al*., 2017) و جمهوری آذربایجان (Aqaverdi & Inqilab, 2019) نیز گزارش شده است.

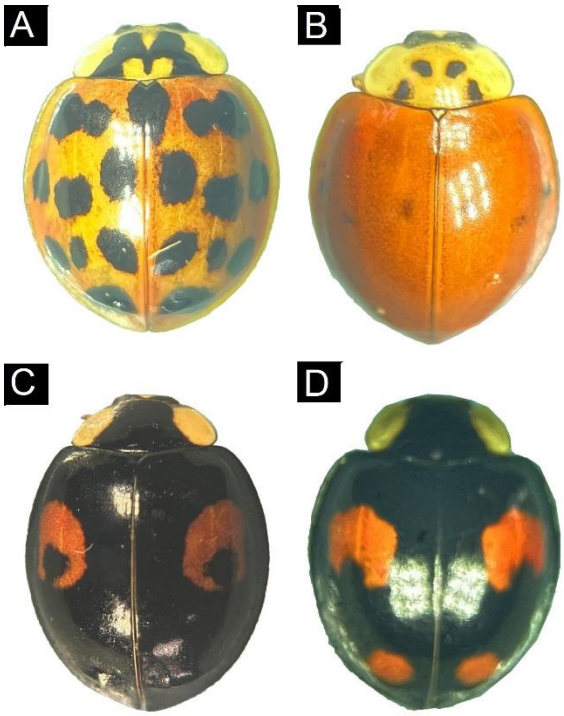
موفقیت تهاجمی *H. axyridis* به طور عمده نتیجه ویژگی‌های رفتاری، ریخت‌شناختی، اکولوژیکی و بیولوژیکی آن است. اندازه بزرگ، چندشکلی، زادآوری بالا، دوره رشدی کوتاه (Labrie *et al*., 2006; Hemptinne *et al*., 2011)، چندخواری، همخواری و تغذیه از بافت‌های گیاهی (Katsanis *et al*., 2013)، و شدت فعالیت آن در مقایسه با سایر گونه‌های رقیب (Ware *at al*., 2008) از علل موفقیت این کفشدوزک است. علاوه بر این، ویژگی‌هایی از قبیل انعطاف اکولوژیکی[2] بالا (Berkvens *et al*., 2010)، تحمل زیاد نسبت به سرما (Ruan *et al*., 2012) و حساسیت اندک نسبت به دشمنان طبیعی (Ware *et al*., 2008)، آن را به عنوان یک شکارگر مقاوم مطرح کرده است. علاوه بر این، برخی ویژگی‌های مربوط به زمستانگذرانی این کفشدوزک مثل نرخ پایین مرگ و میر در جمعیت‌های زمستانگذران، از عوامل مؤثر در وضعیت تهاجمی آن تلقی شده است (Raak-van den Berg *et al*., 2012 a,b). مجموعه موارد ذکر شده باعث موفقیت *H. axyridis* در برابر سایر شکارگرها شده، به نحوی که در بسیاری از کشورها به عنوان گونه‌ای مهاجم و تهدیدی بالقوه برای شکارگران بومی محسوب می‌شود (Camacho-Cervantes *et al*., 2017).

از ویژگی‌های ریخت‌شناسی کفشدوزک *H. axyridis* تنوع رنگ و طرح بالپوش است. این کفشدوزک بیشترین تنوع رنگی را در بین همه گونه‌های کفشدوزک داراست (Seo *et al*., 2007) که باعث شده آن را با عنوان کفشدوزک چندرنگ آسیایی بشناسند. در زیستگاه‌های بومی از این گونه تا ۲۰۰ الگوی رنگی در ۱۵ گروه گزارش شده است (Tan & Li, 1934; Hosino, 1940; Tan, 1946). برخی پژوهشگران بر اساس رنگ زمینه و طرح، تا ۳۲ الگوی مختلف را برای بالپوش *H. axyridis* در نظر گرفته‌اند (Komai, 1956)، اما این کفشدوزک‌ها از نظر رنگ زمینه بالپوش، به دو فنوتیپ اصلی ملانیک (زمینه بالپوش سیاه) و غیرملانیک (زمینه بالپوش نارنجی یا قرمز)

[1]. Asian multi-colored lady beetle

[2]. Ecological flexibility

تقسیم می‌شوند. فنوتیپ ملانیک یا تیره، خود به سه الگوی رنگی conspicua (دو لکه قرمز روی زمینه سیاه)، spectabilis (چهار لکه قرمز روی زمینه سیاه) و axyridis (زمینه سیاه و لکه‌های قرمز بی‌قاعده) تقسیم می‌شود. فنوتیپ غیرملانیک یا روشن نیز به دو گروه succinea 1 (۱۹ لکه سیاه روی زمینه نارنجی) و succinea 2 (صفر تا ۱۸ لکه سیاه روی زمینه بالپوش نارنجی) تقسیم می‌شود (Osawa & Nishida, 1992; Seo *et al*., 2007) (شکل ۱). نسبت افراد با الگوهای بالپوش مختلف در جمعیت‌های گوناگون دنیا متفاوت است. افراد فنوتیپ ملانیک در آمریکا حداکثر یک درصد از کل جمعیت را تشکیل می‌دهند (Tedder & Scheafer, 1994; Lamana & Miller, 1996; Zakharov & Blekhman, 2013). در اروپا هرچند فنوتیپ غیرملانیک غالب است، اما افراد ملانیک تا ٪۲۸ را در بعضی جمعیت‌ها شامل می‌شوند (Brown *et al*., 2008a). در سیبری و منطقه بایکال روسیه افراد ملانیک، غالب و تا ٪۹۰ افراد جمیعت را تشکیل می‌دهند (Belyakova, 2013).



شکل ۱- (A-D) الگوهای رنگی مختلف *Harmonia axyridis* بر اساس رنگ و طرح بالپوش
(A. Succinea 1, B. Succinea 2, C. Spectabilis, D. Conspicua)

Figure 1. (A-D) Color morphs of *Harmonia axyridis* based on elytral color and pattern
(A. Succinea 1, B. Succinea 2, C. Spectabilis, D. Conspicua)

گونه‌های تازه‌وارد به یک منطقه، بسته به شرایط اقلیمی و اکولوژیک، ممکن است مسیرهای سازش متفاوتی را طی کنند. حشرات گونه *H. axyridis* به عنوان یک گونه چندشکل، با ویژگی‌های ریخت‌شناسی متفاوت ممکن است ویژگی‌های رفتاری مختلفی داشته باشند (Osawa & Nishida, 1992; Awad *et al*., 2015)، به نحوی متفاوت از عوامل محیطی تأثیر بگیرند (Brakefield & Willmer, 1985) یا پاسخی متفاوت به این عوامل نشان دهند. این ویژگی‌ها ممکن است به تغییر در نسبت الگوهای رنگی مختلف در جمعیت منتهی شود (Osawa & Nishida, 1992).

بررسی اختلاف دو فنوتیپ رنگی از نظر اندازه بدن و میزان زادآوری می‌تواند توانایی رقابت و سازش جمعیت‌های مختلف این کفشدوزک را با نسبت‌های شکلی متفاوت روشن سازد. با توجه به اینکه این کفشدوزک تنها چند سالی است که وارد ایران شده و اولین گزارش حضور آن مربوط به سال ۱۳۹۸ و از استان گیلان است (Mardani *et al.*, 2019)، مطالعه امکان حضور و میزان پراکنش آن در مناطق مختلف بسیار ضروری می‌باشد. مرور منابع موجود نشان می‌دهد که تاکنون مطالعه جامعی در این مورد صورت نگرفته است. در پژوهش حاضر علاوه بر بررسی برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی با تمرکز بر چندشکلی رنگی و اندازه بدن حشره و نیز نسبت‌های جنسی جمعیت‌های مختلف در چندین منطقه از شمال ایران، تفاوت میزان تخمگذاری فنوتیپ‌های رنگی اصلی جمع‌آوری شده در دو فصل متفاوت نیز به عنوان یک سازوکار احتمالی در سازش با رژیم‌های دمایی متفاوت مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

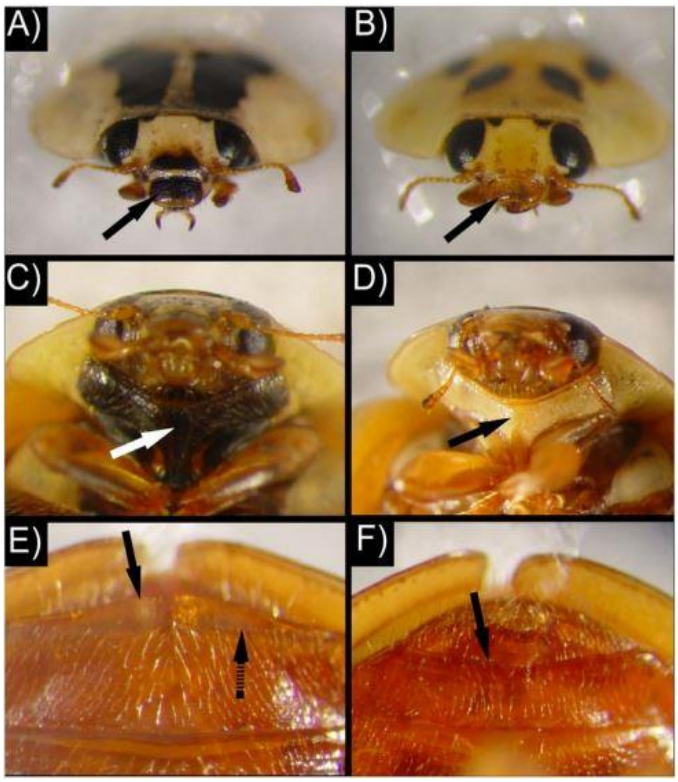
بررسی‌های ریخت‌شناسی

برای ارزیابی حضور *H. axyridis* و بررسی انواع الگوهای رنگی و نسبت جنسی آن، جستجو برای نمونه‌برداری در استان‌های نوار شمالی شامل خراسان شمالی، گلستان، مازندران، گیلان، اردبیل، آذربایجان‌شرقی و آذربایجان‌غربی انجام شد. در نهایت، جمعیت‌های گردنه حیران (گیلان)، شفت (گیلان)، بجنورد (خراسان شمالی) و دو جمعیت مربوط به شهر رشت (گیلان) (نسل زمستانگذران و نسل اول بهاره) برای آزمایش‌ها مورد بررسی قرار گرفتند.

نمونه‌برداری‌ها به دو صورت انجام گرفت. در محوطه پردیس دانشگاه گیلان (رشت) پایش‌ها برای ردیابی اولین حضور کفشدوزک‌های بالغ *H. axyridis* پس از خروج از مکان‌های زمستانگذرانی روی گیاهان میزبان از اواخر اسفند ۱۳۹۸ آغاز شد. از آنجا که این کفشدوزک به عنوان یک حشره درخت‌زی شناخته می‌شود، برای نمونه‌برداری به طور عمده درخت‌ها و درختچه‌ها مورد بررسی قرار گرفتند. برای نمونه‌برداری از ماده‌های نسل زمستانگذران، به محض مشاهده اولین کفشدوزک‌های *H. axyridis* که برای تخمگذاری از زمستانگذرانی خارج شده بودند (اواسط فروردین)، از طریق ضربه‌زنی و تکاندن شاخه‌های گیاهان میزبان (ختمی درختی *Hibiscus mutabilis*، درختچه توری *Lagerstroemia indica*، به ژاپنی *Chaenomeles japonica* و غیره) روی یک مخروط پارچه‌ای به قطر ۵۰ سانتی‌متر نمونه‌برداری از بالغین انجام شد. برای نمونه‌برداری از نسل بهاره، شفیره‌های حاصل از تخمگذاری کفشدوزک‌های زمستانگذران که بعد از حدود دو هفته روی برگ‌های آلوده به شته ظاهر می‌شدند جمع‌آوری شدند (نیمه اول اردیبهشت در رشت و شفت و نیمه دوم اردیبهشت در بجنورد و گردنه حیران). به این ترتیب نمونه‌های نسل زمستانگذران و نسل بهاره با دقت از هم تفکیک شدند. در سه منطقه جغرافیایی دیگر (گردنه حیران، شفت و بجنورد) تنها شفیره‌های نسل بهاره از روی برگ درختان جمع‌آوری شد. دلیل جمع‌آوری شفیره‌ها در دسترس بودن بیشتر این مرحله از زندگی حشره و نیز تلاش برای یک دست بودن نمونه‌های مناطق مختلف از نظر نسل حشره بود. شفیره‌ها بعد از انتقال به آزمایشگاه تا خروج حشره کامل در اتاقک رشد با دمای ۲±۲۵ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰٪ و دوره‌ی نوری ۱۶ ساعت روشنایی و هشت ساعت تاریکی نگهداری شدند. کفشدوزک‌ها یک روز پس از خروج از شفیره در فریزر ۱۷- درجه سلسیوس منجمد شده و تا زمان تعیین الگوی رنگی و جنسیت و اندازه‌گیری طول بدن در همان فریزر نگهداری شدند. کفشدوزهای بالغ جمع‌آوری شده به عنوان نسل زمستانگذران رشت نیز به همین ترتیب در فریزر نگهداری شدند.

تشخیص جنس‌های نر و ماده بر اساس روش مک-کورناک و همکاران (McCornack *et al*., 2007) و با توجه به سه معیار رنگ‌بندی لب بالایی[1] رنگ بندی پیش-سینه[2]و حاشیه پایینی پنجمین استرنیت شکمی[3]قابل مشاهده انجام شد (شکل ۲). مقایسه نسبت جنسی (نسبت افراد ماده به کل) بین جمعیت‌ها از طریق آزمون مربع کای با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.

اندازه‌گیری طول بدن کفشدوزک‌های بالغ، از بخش جلویی پرونوتوم تا انتهای بالپوش انجام شد. نسبت افراد ملانیک در جمعیت‌ها نیز ارزیابی و ثبت شد. تقسیم‌بندی الگوهای رنگی طبق روش اوساوا و نیشیدا (Osawa & Nishida, 1992) و سئو و همکاران (Seo *et al*., 2007) انجام شد (شکل ۱). مقایسه نسبت الگوی رنگی ملانیک بین جمعیت‌ها از طریق آزمون مربع کای با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد. مقایسه طول بدن بین افراد نر و ماده در هر جمعیت از طریق آزمون تی و مقایسه طول بدن بین جمعیت‌های مختلف پس از انجام ANOVA یک طرفه با استفاده از آزمون Tucky HSD در $P < 0.05$ و با نرم-افزار SPSS نسخه ۲۴ انجام شد.



شکل ۲- (A-F) رنگ‌بندی لب بالا (A-تیره، B- روشن)، رنگ‌بندی پرواسترنوم (C-تیره، D-روشن) و حاشیه انتهایی پنجمین استرنیت قابل مشاهده شکمی (E-محدب، F-مقعر) در افراد بالغ *Harmonia axyridis*: ماده‌ها (A, C, E)؛ نرها (B, D, F). فلش‌های تیره محل ویژگی‌های ریخت‌شناسی مورد استفاده در تعیین جمعیت را نشان می‌دهد (اقتباس از McCornack *et al*., 2007).

Figure 2. (A-F) Labrum pigmentation (A-dark, B-light), prosternum pigmentation (C-dark, D-light), and the distal margin of 5th visible abdominal strenite (E-convex, F-concave) for *Harmonia axyridis* adults (A, C, E: female; B, D, F: male). Solid arrows show location of morphological characters used for gender determination (McCornack *et al*., 2007).

[1]. Labrum
[2].Prosternum
[3]. Abdominal sternite

مقایسه میزان تخمگذاری ماده‌های ملانیک و غیرملانیک در نسل زمستانگذران و تابستانه

از نیمه ابتدایی فروردین ۱۳۹۹ و بلافاصله پس از مشاهده اولین ماده‌های تخمگذاری که از زمستانگذرانی خارج شده بودند، حشرات جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شدند. ۲۵ ماده تخمگذار از هر یک از فنوتیپ‌های رنگی (ملانیک و غیرملانیک)، در ظروف پلاستیکی (۸×۵×۳ سانتی‌متر) شفاف، با درپوش متخلخل برای تهویه، به صورت جداگانه نگهداری شدند و میزان تخمگذاری روزانه آنها به مدت ۲۰ روز یادداشت شد. ماده‌ها روزانه با شته باقلا و با تعدادی بیش از نیاز (Ad libitum) (حداقل ۴۰۰ شته در روز) تغذیه شدند. شته‌های باقلا در گلخانه گروه گیاهپزشکی دانشگاه گیلان و روی گیاه باقلا پرورش داده می‌شدند. کفشدوزک‌ها تخم-های خود را روی برگ گیاه باقلا و همچنین، به طور مستقیم بر سطح داخلی ظروف نگهداری قرار می‌دادند. تخم‌ها روزانه شمارش شده و از ظرف خارج می‌شدند. به شیوه‌ای مشابه، تعداد ۲۵ ماده‌ی تخم‌گذار از هر فنوتیپ رنگی در اواخر تابستان که نسل بعدی یعنی نسل زمستانگذران را تولید می-کنند، جمع‌آوری و میزان تخمگذاری ماده‌های دو فنوتیپ مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایش‌ها، در اتاقک رشد آزمایشگاه تحقیقاتی گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه گیلان (دمای ۲۵±۲ درجه سلسیوس، رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد و دوره نوری ۱۶:۸ ساعت روشنایی: تاریکی) انجام شد. مقایسه میزان تخمگذاری بین ماده‌های ملانیک و غیرملانیک هر نسل و ماده‌های دو نسل از طریق آزمون تی و توسط نرم افزار SPSS نسخه‌ی ۲۴ انجام شد.

نتایج

نمونه‌برداری در چهار منطقه جغرافیایی

در استان‌های آذربایجان شرقی، غربی و اردبیل طی دو بار تلاش هیچ نمونه‌ای از کفشدوزک *H. axyridis* مشاهده نشد و تعداد نمونه‌ها از چالوس و کردکوی نیز به میزان کافی نبود؛ بنابراین، داده‌های این مناطق برای مطالعه حاضر مورد استفاده قرار نگرفت.

داده‌های مربوط به تعداد نمونه‌های جمع‌آوری شده و نسبت الگوهای رنگی مختلف در جدول ۱ ذکر شده است. نسبت افراد ملانیک به کل افراد در نمونه‌برداری‌ها از ۱۰/۷۵ تا ۱۲/۶۴ درصد متغیر بود و بین جمعیت‌ها تفاوت معناداری وجود نداشت. تنها دو فرد در نمونه‌های زمستانگذران رشت (۰/۰۰۵٪) و تنها سه فرد از نمونه‌های بهاره رشت (۰/۰۰۴٪) از الگوی رنگی Conspicua (شکل ۱C) و بقیه افرادِ ملانیک از الگوی رنگی Spectabilis (شکل ۱D) بودند. از بین افراد غیرملانیک در هر چهار منطقه جغرافیایی الگوی رنگی Succina 2 (شکل ۱B) در مقایسه با Succina 1 (شکل ۱C) بیشترین تعداد را به خود اختصاص داده بود. بیشترین نسبت از الگوی رنگی غیرملانیک Succina 1 در جمعیت گردنه حیران و بیشترین نسبت از الگوی رنگی غیرملانیک Succina 2 در جمعیت بجنورد مشاهده شد. بیشترین نسبت از فنوتیپ ملانیک نیز در جمعیت جمع‌آوری شده از شفت مشاهده شد. از نظر نسبت افراد ملانیک بین جمعیت‌ها اختلاف معناداری مشاهده نشد ($\chi^2=5$, d.f.=4, $P=0.287$).

در بررسی نسبت جنسی بین جمعیت‌ها هیچ اختلاف معناداری مشاهده نشد ($\chi^2=5$, d.f.=4, $P=0.287$) (جدول ۲). در اندازه‌گیری طول بدن حشرات بالغ بیشترین میانگین طول بدن مربوط به جمعیت بجنورد بود (جدول ۳). جدول ۳ میانگین طول بدن افراد نر و ماده را در جمعیت‌های مختلف به تفکیک نشان می‌دهد. اندازه بدن افراد ماده در تمام نمونه‌برداری‌ها به صورت معناداری از نرها بزرگ‌تر بود ($P<0.001$).

جدول ۱- نسبت الگوهای رنگی کفشدوزک *Harmonia axyridis* در مناطق مختلف

Table 1. Proportion of color morphs of *Harmonia axyridis* in different regions

Locations	N	Proportion of elytra color pattern				
		Succinea 1	Succinea 2	Conspicua	Spectabilis*	Axyridis
Heyran	191	17.731	70.751	0	11.518	0
Shaft	261	11.956	75.401	0	12.643	0
Bodjnord	208	9.601	79.823	0	10.576	0
Rasht (Winter)	386	13.696	74.123	0.005	12.176	0
Rasht (Spring)	679	15.097	73.265	0.004	11.634	0

* No difference among melanic individual proportions of different populations (chi-square) (χ^2=5, d.f.=4, *P*=0.287)

جدول ۲- تعداد افراد نر و ماده و نسبت جنسی *Harmonia axyridis* (درصد) در نمونه‌های مختلف جمع‌آوری شده از هر منطقه

Table 2. Number of males and females and sex ratio (%) of *Harmonia axyridis* in samples of each region

Locations	Number of each gender		Sex ratio (%)*
	Female	Male	
Heyran	75	116	39.26
Shaft	116	145	44.44
Bodjnord	80	128	38.46
Rasht (Winter)	163	223	42.22
Rasht (Spring)	279	400	41.80

*No difference among sex ratio of different population (chi-square) (χ^2 = 5, df = 4, *P* =0.287)

جدول ۳- میانگین طول بدن کفشدوزک‌های *Harmonia axyridis* (میلی‌متر) در جمعیت‌های مختلف

Table 3. Body length means (mm) of *Harmonia axyridis* in different regions

Locations	Body length (mean±SE)	Body length (mean±SE)(n)	
		Female	Male
Heyran	6.2 ± 0.039 B	6.38 ± 0.049 (75)a	6.08 ± 0.053 (116)b
Shaft	6.24 ± 0.034 B	6.49 ± 0.046 (116)a	6.04 ± 0.044 (145)b
Bodjnord	6.57 ± 0.029 A	6.72 ±0.057 (80)a	6.48 ± 0.029 (128)b
Rasht (winter)	6.27 ±0.030 B	6.54 ±0.041 (163)a	6.06 ±0.037 (223)b
Rasht (Spring)	6.24± 0.022 B	6.36 ±0.036 (279)a	6.15 ±0.028 (400)b

Means with different capital letters are significantly different for body length (Tucky test) ($P < 0.05$)

Means with different lowercase letters in each row are significantltly diffirent (t-test) ($P < 0.05$)

مقایسه میزان تخمگذاری الگوهای رنگی ملانیک و غیرملانیک در ماده‌های نسل زمستانگذران و تابستانه

طبق نتایج آزمون تی در سطح اطمینان ۹۵٪ بین ماده‌های ملانیک و غیرملانیک جمع‌آوری شده از دو نسل کفشدوزک *H. axyridis* تفاوت معناداری از نظر میزان تخم‌گذاری وجود نداشت (به ترتیب $P = 0.502$ و $P = 0.467$) (جدول ۴). بیشترین تعداد تخم گذاشته شده روزانه در ماده‌های ملانیک و غیرملانیک جمعیت زمستانگذران به ترتیب ۵۶ و ۴۸ و در جمعیت تابستانه به‌ترتیب ۳۷ و ۳۵ بود. بیشترین مجموع تعداد تخم‌های گذاشته شده در طول ۲۰ روز توسط یک ماده در گروه ماده‌های ملانیک و غیرملانیک زمستانگذران به‌ترتیب ۶۰۸ و ۶۶۰ و در گروه ماده‌های ملانیک و غیرملانیک نسل تابستان به‌ترتیب ۳۷۷ و ۳۶۹ بود؛ اما در مقایسه بین دو نسل ماده تخمگذار، بدون در نظر گرفتن فنوتیپ‌های رنگی، میزان تخمگذاری ماده‌های نسل زمستانگذران در مقایسه با ماده‌های جمع‌آوری شده در تابستان به صورت معناداری بیشتر بود (جدول ۵).

جدول ۴- میانگین کل تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌های ملانیک و غیرملانیک زمستانگذران و تابستانه *Harmonia axyridis* در بیست روز

Table 4. Mean number of total eggs laid by two color morphs of overwintering and summer females of *Harmonia axyridis* during 20 days

Color morph of ovipositing females	N	Number of the eggs laid by overwintering females (mean±SE)	Number of the eggs laid by summer females (mean±SE)
Melanic	25	284.8 ± 24.39 a	211.32 ± 14.09 a
Non-melanic	25	310.48 ±30.43 a	226 ± 14.20 a

Means in each column are not diffirent (t-test) (P =0.502)

جدول ۵- میانگین تعداد تخم‌های گذاشته شده توسط ماده‌های نسل زمستانگذران و تابستانه *Harmonia axyridis*

Table 5. Mean number of eggs laid by overwintering and summer females of *Harmonia axyridis*

Generation of ovipositing females	N	Number of the eggs (mean±SE)
Overwintering females	50	297.28 ± 19.39 a
Summer females	50	218.66 ±9.96 b

Means are diffirent (t-test) ($P < 0.05$)

بحث

در مطالعه حاضر و برای بررسی وضعیت حضور کفشدوزک *H. axyridis* در نوار شمالی ایران، در مجموع ۱۷۲۵ فرد برای نمونه‌برداری‌های مربوط به ریخت‌شناسی جمع‌آوری شد. به طور واضح در تمام جمعیت‌ها از نظر گوناگونی الگوهای رنگی تنوع وجود داشت. از نظر نسبت فنوتیپ‌های ملانیک و غیرملانیک بین نمونه‌های مورد بررسی تفاوت معناداری وجود نداشت. اما در مقایسه با پژوهش‌های مربوط به سایر نقاط جهان با اقلیم و شرایط جغرافیایی متفاوت، تفاوت نسبت الگوهای رنگی بسیار بیشتر بود. برای مثال، نمونه‌برداری‌های سئو و همکاران (Seo *et al*., 2007) از شش منطقه در کره جنوبی طی دو سال شامل ۴۶ تا ۶۴ درصد الگوی رنگی Succinea 1 می‌شد و تقریباً در تمام نمونه‌برداری‌ها نسبت کمتری از افراد ملانیک را در مقایسه با مناطق مورد بررسی در این مطالعه به دست آوردند. در سیبری

و منطقه‌ی بایکال روسیه فنوتیپ ملانیک غالب است و تا ۹۰٪ افراد جمعیت را تشکیل می‌دهند (Belyakova, 2013). در این مناطق با آب و هوای بسیار سرد، افراد ملانیک با زمینه بالپوش سیاه و جذب بیشتر گرما از طریق تابش نور خورشید عملکرد بهتری را در مقایسه با افراد غیرملانیک با رنگ زمینه بالپوش روشن‌تر نشان می‌دهند. در مطالعه هونک و همکاران (Honek *et al*., 2020) از ۱۹ منطقه در ۱۲ کشور از آمریکای شمالی و جنوبی و اروپا طی ۱۲ سال، نسبت افراد غیرملانیک از ۵۰ درصد در ایتالیا (از تنها ۴ نمونه جمع‌آوری شده)، تا ۱۰۰ درصد در آمریکا، شیلی و کانادا متغیر بود. در نمونه‌هایی با جامعه آماری بزرگ‌تر، اسپانیا و یکی از مناطق ایتالیا جمعیت‌هایی با حدود ۲۲ درصد افراد ملانیک را شامل شدند (در مقایسه با بیشترین نسبت الگوی رنگی ملانیک در نمونه‌برداری‌های مطالعه حاضر؛ ۱۲/۶٪). این تفاوت‌ها به طور واضح متأثر از عرض‌های جغرافیایی و اقلیم‌های متفاوت مناطق مورد نمونه‌برداری است. نسبت فنوتیپ ملانیک در جمعیت‌های کنونی مستقر در ایران بیشتر مشابه جمعیت‌های اروپایی است و شباهت کمتری به جمعیت‌های آمریکای شمالی و روسیه دارد.

علاوه بر شرایط اقلیمیِ مناطق جغرافیایی مختلف، فصول مختلف سال نیز بر نسبت الگوهای رنگی در جمعیت تأثیر می‌گذارد. همانطور که بیان شد، فنوتیپ‌های ملانیک و غیرملانیک، به علت درجه متفاوت تیرگی بالپوش، پاسخ حرارتی متفاوتی به تابش نور خورشید می‌دهند (Brakefield & Willmer, 1985). و از طرفی قادرند با تغییر هدفمند الگوهای جفتگیری، نسبت خود را در جمعیت تغییر دهند (Osawa & Nishida, 1992; Awad *et al*., 2015). بررسی منابع نشان می‌دهد در جمعیت‌های بهاره که به تازگی از محل‌های زمستانگذرانی کوچ کرده‌اند، انتخاب افراد غیرملانیک برای جفتگیری بیشتر اتفاق می‌افتد. در نتیجه نسبت آنها در نسل بعد که نسل تابستانه است، افزایش خواهد یافت (Awad *et al*., 2015)؛ اما در پایان فصل گرم الگوی متفاوتی مشاهده شده و افراد ملانیک برای جفتگیری بیشتر انتخاب می‌شوند، تا در جمعیت زمستانگذران، تعداد افراد ملانیک یا تیره بیشتر شود. در مطالعه حاضر نسل زمستانگذران در مقایسه با نسل بعدی تنها حدود نیم درصد افراد ملانیک بیشتری داشت، اما طبق مطالعه‌ی اوساوا و نیشیدا (Osawa & Nishida 1992) تا پایان فصل گرم و در نتیجه جفت‌گیری انتخابی بین افراد ملانیک و غیرملانیک این تفاوت ممکن است تنها بر اثر تغییر فصول تا ۴٪ نیز برسد. به هر حال بیشترین تغییرات در نسبت الگوهای رنگی، در جمعیت‌های حاضر در زیستگاه‌های بومی گزارش شده است. برای مثال، براساس گزارش ونگ و همکاران (Wang *et al*., 2009) بیش از نیمی از افراد جمعیت این کفشدوزک در شهر پکن در بهار از فنوتیپ ملانیک هستند، در حالی که این نسبت در پاییز به کمتر از یک پنجم می‌رسد. جمعیت‌های بومی در مقایسه با جمعیت‌های مهاجم تعداد نسل بیشتری در سال تولید می‌کنند، بنابراین، فرصت بیشتری را برای تغییر نسبت مرف‌های خود در نسل‌های متوالی دارند.

در مقایسه نسبت جنسی کفشدوزک *H. axyridis* در مناطق مختلف، از نظر آماری اختلاف معناداری مشاهده نشد (جدول ۲). در نمونه‌برداری مردانی و همکاران در شهرستان رشت (Mardani *et al*., 2019) نسبت جنسی برابر با ۶۴٪ گزارش شد، که با نسبت جنسی به دست آمده در مطالعه حاضر در همین منطقه (۴۱/۸ و ۴۲/۲۲) تفاوت زیادی دارد. این تفاوت می‌تواند به دلیل زمان متفاوت نمونه‌برداری و در نتیجه شرایط متفاوت محیطی حاکم بر منطقه، یا نتیجه‌ای طبیعی از پویایی جمعیت باشد. در بررسی‌هایی که در دیگر نقاط جهان انجام شده، نسبت جنسی از ۴۱ تا ۸۷ درصد گزارش شده است (Seo et al. 2007; Nedved and Kalushkov 2012; Osawa 2001; Nalepa *et al*. 2013). این تفاوت‌ها به فصل و مکان نمونه‌برداری (Osawa 2001; Seo *et al*. 2007)، رطوبت هوا (Nedved & Kalushkov 2012) و ارگانیسم‌های نرکش نسبت داده شده است (Zakharov *et al*., 1999). بر اساس نتایج مطالعه ندود و کالشکوف (Nedved & Kalushkov, 2012) کفشدوزک‌های *H. axyridis* نمو یافته در رطوبت‌های نسبی بالاتر، در نهایت جمعیت با نسبت جنسی بالاتری را تولید می‌کنند. هرچند دو منطقه‌ی

مرطوب‌تر در نمونه‌برداری‌های مربوط به مطالعه حاضر (رشت و شفت) نسبت جنسی بالاتری را در مقایسه با دو منطقه دیگر (گردنه حیران و بجنورد) نشان دادند، این تفاوت‌ها از لحاظ آماری معنادار نبود.

در بررسی که روی طول بدن کفشدوزک‌های کامل *H. axyridis* انجام شد، میانگین اندازه نمونه‌های جمع‌آوری شده از شهرستان بجنورد اختلاف معنی‌داری را با چهار جمعیت دیگر که از استان گیلان جمع‌آوری شده بودند نشان دادند. برخی پژوهشگران همبستگی بین عوامل محیطی و اندازه نهایی شفیره یا کفشدورک بالغ را نشان داده‌اند (Hodek & Honek, 1996). از نظر فاصله‌ی جغرافیایی شهرستان بجنورد در فاصله ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ کیلومتری از محل‌های دیگر نمونه‌برداری قرار دارد، در حالی که بیشترین فاصله بین سه محل نمونه‌برداری دیگر (رشت، شفت و گردنه حیران) ۲۰۰ کیلومتر است. همچنین، از نظر اقلیمی شهرستان بجنورد جزء مناطق نیمه‌خشک طبقه‌بندی می‌شود، در حالی که شهرستان‌های رشت، شفت و گردنه حیران جزو مناطق مرطوب محسوب می‌شوند. بنابراین، اختلاف در برخی ویژگی‌های مرفولوژیک حشره مثل اندازه بدن را می‌توان به فواصل جغرافیایی مختلف بین زیستگاه‌ها و تأثیرپذیری متفاوت جمعیت‌ها از شرایط اقلیمی و آب و هوایی و به ویژه رطوبت نسبی محیط مرتبط دانست. از دیگر عوامل تأثیرگذار بر اندازه بدن کفشدورک رژیم غذایی آن است (Olszak, 1988; Seo *et al.*, 2007). هرچند در مطالعه حاضر بررسی‌ای روی سفره غذایی جمعیت‌های نمونه‌برداری شده انجام نشد، ولی در دسترس بودن و کیفیت منابع غذایی کفشدوزک‌ها در مناطق مختلف فرضی بسیار محتمل است.

در تفکیک میانگین اندازه طول بدن بین نرها و ماده‌ها در هر جمعیت، افراد ماده در تمام جمعیت‌ها دارای اندازه بزرگتری بودند. اندازه بدن افراد ماده در اغلب گونه‌های حشرات به دلیل نیاز آنها به سرمایه‌گذاری بیشتر برای تخمگذاری بزرگتر است. این اختلاف اندازه در پژوهش‌های دیگری که کفشدوزک *H. axyridis* را مورد بررسی قرار دادند، با مقادیری به‌نسبت مشابه گزارش شده است. در مطالعه حاضر میانگین طول بدن ماده‌ها در جمعیت‌های مختلف از حداقل ۶/۳۶ تا حداکثر ۶/۷۲ میلی‌متر و در نرها از حداقل ۶/۰۴ تا حداکثر ۶/۴۸ میلی‌متر بود. در مقایسه، برای مثال در مطالعه سئو و همکاران (Seo *et al.*, 2007) در نمونه‌های چندین منطقه از کره جنوبی ماده‌ها طولی بین ۶/۵۷ تا ۶/۶۶ میلی‌متر و نرها بین ۵/۹۷ تا ۶/۲۷ میلی‌متر داشتند. در مطالعه اوساوا و نیشیدا (Osawa & Nishidea, 1992) و با نمونه‌های از ژاپن میانگین طول بدن ماده‌ها از ۶/۶۳ تا ۶/۸۶ و در نرها از ۶ تا ۶/۳۲ میلی‌متر بود.

تاکنون چندین مطالعه برای مقایسه میزان زادآوری الگوهای رنگی مختلف کفشدوزک *H. axyridis* انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان زادآوری متأثر از الگوی رنگی حشره است. برای مثال، اوساوا و نیشیدا (Osawa & Nishida, 1992)، ونگ و همکاران (Wang *et al.*, 2009) و زکی و همکاران (Zeki *et al.*, 2015) گزارش کردند که ماده‌های غیرملانیک زادآوری بالاتری در مقایسه با ماده‌های ملانیک دارند؛ اما سئو و همکاران نتیجه‌ای کاملاً متفاوت گرفتند و توان تولیدمثلی ماده‌های ملانیک را بالاتر از ماده‌های غیرملانیک تشخیص دادند (Seo *et al.*, 2007). داده‌های مطالعه حاضر تفاوتی را بین دو الگوی رنگی در هیچ‌کدام از نسل‌های مورد مطالعه از نظر میزان زادآوری نشان ندادند. در نتیجه، این فرضیه که ماده‌های ملانیک در ابتدای فصل بهار و ماده‌های غیرملانیک در انتهای تابستان نتاج بیشتری تولید می‌کنند تا از این طریق به تنظیم نسبت الگوهای رنگی متناسب با دمای هوا در هر فصل کمک نمایند، با تکیه بر داده‌های جمع‌آوری شده محقق نشد. با وجود این، ماده‌های تخمگذار جمع‌آوری شده از نسل زمستانگذران در ابتدای بهار، بدون در نظر گرفتن الگوهای رنگی، میزان تخمگذاری متفاوتی را با ماده‌های جمع‌آوری شده از فصل تابستان نشان دادند. در این مورد، هرچند ماده‌های مورد آزمایش شرایط یکسانی را در آزمایشگاه تجربه می‌کردند، به دلیل وجود متغیرهای غیرقابل کنترل مانند سابقه تغذیه‌ای در طبیعت، تأثیر رژیم‌های دمایی قبلی به ویژه در مراحل نابالغ، سن حشره ماده در زمان انجام آزمایش، سابقه تخمگذاری و غیره نمی‌توان تحلیل دقیق و مفیدی ارائه نمود، اما به طور خاص یکی از دلایلی که می‌تواند در فزونی تخمگذاری

ماده‌های جمع‌آوری شده در ابتدای بهار، در مقایسه با ماده-های فصل تابستان تأثیرگذار باشد، تنوع بیشتر سفره غذایی کفشدوزک در ابتدای بهار و دسترسی به منابع غذایی غنی‌تر مثل گونه‌های مختلف شته است.

در مطالعه حاضر سعی شد برای اولین بار گزارشی از گستره حضور این حشره در نوار شمالی کشور داده شود. هرچند تلاش برای نمونه‌برداری از سه استان شمال‌غربی بی-نتیجه بود، اما این امر به معنی عدم حضور این کفشدوزک در این استان‌ها نیست. به طور خاص با توجه به هم‌مرز بودن منطقه گردنه حیران با استان اردبیل احتمال وجود این کفشدوزک در این استان بسیار بالا است. دستیابی به یک آمار دقیق از احتمال حضور و ترکیب جمعیتی *H. axyridis* در این استان‌ها نیازمند نمونه‌برداری‌های متمرکز و در محدوده زمانی گسترده‌تر است. با پایش پویایی جمعیت و تغییرات نسبت الگوهای رنگی در سال‌های مختلف می‌توان به مجموعه اطلاعات جهانی‌ای که در مورد این گونه مهاجم و مدل وجود دارد افزود. با توجه به سرعت تکثیر و گسترش این کفشدوزک در سال‌های اخیر در داخل ایران، انتظار می-رود در سال‌های آینده مناطق بیشتری آلوده شده و طی رقابت این کفشدوزک با شکارگران دیگر تعادل زیستی دچار تغییر شود.

References

Aqaverdi, N. I., & Inqilab, N. G. (2019). Some Bioecological Peculiarities and Predatories of *Myzocallis coryli* (Goeze, 1778) and *Corylobium avellanae* (Schrank, 1801) (Hemiptera, Aphididae) in Azerbaijan. American *Journal of Entomology, 3(1),* 1–5. **DOI: https://doi.org/10.11648/j.aje.20190301.11**

Awad, M., Kalushkov, P., Karabüyük, F., & Nedvěd, O. (2015). Non-random mating activity of colour morphs of ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, 79, 11–17. **DOI:https://doi.org/10.1007/s10526-013-9512-4**

Aysal T., & Kivan, M. (2014). Occurrence of an invasive alien species *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Turkey. *Türkiye Entomoloji Bülteni, 4(3),* 141–146. **DOI: http://dx.doi.org/10.16969/teb.17261**

Bazzocchi, G. G., Lanzoni, A., Accinelli, G., & Burgio, G. (2004). Overwintering, phenology, and fecundity of *Harmonia axyridis* in comparison with native coccinellid species in Italy. *Biocontrol, 49,* 245–260.

Belyakova, N. (2013). Polymorphism of the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) Baikal population. *Entomological Review*, *93(1),* 50–55. **DOI: http://dx.doi.org/10.1134/S0013873813010089**

Berkvens, N., Bale, J. S., Berkvens, D., Tirry, L., & De Clercq, P. (2010). Cold tolerance of the harlequin ladybird *Harmonia axyridis* in Europe. *Journal of Insect Physiology*, 5*6,* 438–444. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2009.11.019**

Blekhman A. V., Goryacheva I. I., & Zakharov I. A. (2010). Differentiation of *Harmonia axyridis* Pall according to polymorphic morphological traits and variability of the mitochondrial COI gene. *Moscow University Biological Science Bulletin*, *65*, 174–176.

Blekhman, A. V. (2014). The modern structure of broad range of ladybird *Harmonia axyridis* (Coleoptera, Coccinellidae) and the probable reasons for its formation. *Zoologicheskii Zhurnal*, *93,* 857–867.

Brakefield, P. M., & Willmer, P. G. (1985). The basis of thermal melanism in the ladybird *Adalia bipunctata*: Differences in reflectance and thermal properties between the morphs. *Heredity*, *54*, 9–14.

Brown, P. M. J., Adriaens, T., Bathon, H., et al. (2008a). *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. *BioControl*, *53,* 5–21. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10526-007-9132-y**

Brown, P. M. J., Roy, H. E., Rothery, P., et al. (2008b). *Harmonia axyridis* in Great Britain: analysis of the spread and distribution of a non-native coccinellid. *Biocontrol*, *53,* 55–67. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10526-007-9124-y**

Bukejs, A., & Telnov, D. (2014). The first record of the invasive lady beetle *Harmonia axyridis* (Pallas, 1773) (Coleoptera: Coccinellidae) in Turkey. *Zoology and Ecology, 25,* 59–62. **DOI: http://dx.doi.org/10.1080/21658005.2014.984490**

Camacho-Cervantes, M., Ortega-Iturriaga, A., & Del-Val, E. (2017). From effective biocontrol agent to successful invader: the harlequin ladybird (*Harmonia axyridis*) as an example of good ideas that could go wrong. *Peer Journal*, 5, e3296. **DOI: http://dx.doi.org/10.7717/peerj.3296**

Gordon, R. D. (1985). The Coleoptera (Coccinellidae) of America north of Mexico. *Journal of the New York Entomological Society, 93,* 1–912.

He, J. L., Ma, E. P., Shen, Y. C., Chen, W. L., & Sun, X. Q. (1994). Observations of the biological characteristics of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of the Shanghai Agricultural College, 12,* 119–124.

Hemptinne, J., Magro, L. A., Evans, E. W., & Dixon, A. F. G. (2012). Body size and the rate of spread of invasive ladybird beetles in North America. *Biological Invasions, 14(3),* 595–605. **DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10530-011-0101-0**

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

Hosino, Y. (1940). Genetical studies of the pattern types of the lady-bird beetle, *Harmonia axyridis* Pallas. *Journal of Genetics*, *40*, 215–228

Hukusima, S., & Kamei M. (1970). Effects of various species of aphids as food on development, fecundity and longevity of *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae). *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University*, *29*, 53–66.

Hukusima, S., & Ohwaki, T. (1972). Further notes on feeding biology of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Research Bulletin of the Faculty of Agriculture, Gifu University, 33,* 75–82.

Iperti, G., & Bertand, E. (2001). Hibernation of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in South-Eastern France. *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae, 65,* 207–210.

Kalashian, M. Y., Ghrejyan, T. L., & Karagyan G. H. (2017). Harlequin ladybird *Harmonia axyridis* Pall. (Coleoptera, Coccinellidae) in Armenia. *Russian Journal of Biological Invasions*, *8(4),* 313–315. **DOI: http://dx.doi.org/10.1134/S207511171704004X**

Katsanis, A., Babendreier, D., Nentwig, W., & Kenis, M. (2013). Intraguild predation between the invasive ladybird *Harmonia axyridis* and non-target European coccinellid species. *Biocontrol*, *58*, 73–83. **DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10526-012-9470-2**

Koch, R. L. (2003). The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: A review of its biology, uses in biological control, and non-target impact. *Journal of Insect Science*, *3(32),* 1–16.

Komai, T. (1956). Genetics of ladybeetles. *Advance Genetics, 8,* 155–188.

Labrie, G., Lucas, É., & Coderre, D. (2006). Can developmental and behavioral characteristics of the multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis* explain its invasive success? *Biological Invasions*, *8*, 743–754.

LaMana, M. L., & Miller, J. C. (1996). Field observations on *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological control*, *6*, 232–237.

Mardani-Talaee, M., Zibaee, A., Rahimi, V., Zare-Khormizi, M., Mansouri, S. M., & Nedved, O. (2019). Occurrence of the invasive ladybeetle *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in Iran. *The Coleopterists Bulletin, 73(1),* 114 – 120. **DOI: https://doi.org/10.1649/0010-065X-73.1.114**

McCornack, B. P., Koch, R. L., & Ragsdale, D. W. (2007). A simple method for in-field sex determination of the multicolored Asian lady beetle *Harmonia axyridis*. *Journal of Insect Science, 7,* 1–12.

Nalepa, C. A. (2013). Coccinellidae captured in blacklight traps: Seasonal and diel pattern of the dominant species *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology 110(4),* 593–597.

Olszak, R. W. (1988). Voracity and development of three species of Coccinellidae, preying upon different species of aphids, in Ecology and effectiveness of Aphidophaga, ed by Niemczyk E and Dixon AFG. SPB Academic Publishing, The Hague, pp. 47–53.

Osawa, N., & Nishida, T. (1992). Seasonal variation in elytral color polymorphism in *Harmonia axyridis* (the ladybird beetle) – the role of nonrandom mating. *Heredity*, *69*, 297–307.

Osawas, N. (2001). The effect of hibernation on the seasonal variation in adult body size and sex ratio of the polymorphic ladybird beetle *Harmonia Axyridis*: the role of thermal melanism, *Acta Societatis Zoologicae Bohemicae*, *65*, 269–278.

Raak-van den Berg, C. L., Hemerik, L., De Jong, P. W., & Van Lenteren, J. C. (2012a). Mode of overwintering of invasive *Harmonia axyridis* in the Netherlands. *BioControl*, *57*, 71–84. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10526-011-9394-2**

Raak-van den Berg, C. L., Stam, J. M., De Jong, P. W., Hemerik, L., & Van Lenteren, J. C. (2012b). Winter survival of *Harmonia axyridis* in the Netherlands. *Biological Control*, 60, 68–76. **DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.10.001**

Roy, H. E., Brown, P. M. J., & Adriaens, T. (2016). The harlequin ladybird, *Harmonia axyridis*: global perspectives on invasion history and ecology. *Biological Invasions*, *18*, 997–1044. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10530-016-1077-6**

Ruan, C. C., Du, W. M., Wang, X. M, Zhang, J. J., & Zang, L. S. (2012). Effect of long-term cold storage on the fitness of pre-wintering *Harmonia axyridis* (Pallas). *Biological Control*, *57*, 95–102. **DOI: https://doi.org/10.1007/s10526-011-9414-2**

Seo, M. J., Kim, G. H., & Youn, Y. N. (2007). Differences in biological and behavioural characteristics of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) according to colour patterns of elytra. *Journal of Applied Entomology*, 132: 239–247. **DOI: https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.2007.01241.x**

Soares, A. O., Coderre, D., & Schanderl, H. (2001). Fitness of two phenotypes of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology, 98*, 287–293.

Tan, C. C. (1946). Mosaic dominance in the inheritance of color patterns in the ladybird beetle, *Harmonia axyridis*. *Genetics*, *31*, 195–210

Tan, C. C., & Li, J. C. (1934). Inheritance of the elytral color patterns of the lady-bird beetle, *Harmonia axyridis* Pallas. *American Naturalist*, *68*, 252–265.

Tedders, W. L., & Schaefer, P. W. (1994). Release and establishment of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) in the southeastern United States. *Entomological News, 105*, 228–243.

Wang, S., Michaud, J. P., Zhang, R., Liu, S., & Zhang, F. (2009). Seasonal cycles of assortative mating and reproductive behaviour in polymorphic populations of *Harmonia axyridis* in China. *Ecological Entomology*, *34(4)*, 483-494.

Ware, R. L., & Majerus, M. E. N. (2008). Intraguild predation of immature stages of British and Japanese coccinellids by the invasive ladybird *Harmonia axyridis. BioControl*, *53*, 169–188.

Zakharov, A., Zinkevich, N. S., Shaikevich, E. V., Vysotskaia, L. V., Dorzhu, C. M., & Majerus, M. E. (1999). Sex ratio and male killing in Siberian populations of *Harmonia axyridis* (Pass.). *Genetika*, *35*, 771–776.

Zakharov, I., & Blekhman A. (2013). Comparative analysis of invasive and native populations of *Harmonia axyridis* by a complex of morphological traits. *IOBC/wprs Bulletin, 94*, 131–139.

Zeki, E., Papanikolau, N. E., Demiris, N., & Kontomidas, D. C. (2015). Comparison of the demographic parameters and survival of two phenotypes of *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *European Journal of Entomology, 112(1),* 193–196. **DOI: https://doi.org/10.14411/eje.2015.004**

Plant Pest Research
2023- 13 (2): 53-66

Open access
doi: 10.22124/iprj.2023.25136.1530
pISSN: 2322-2409
eISSN: 2538-6123

Research paper

Biological, morphological, and ecological parameters of *Harmonia axyridis* (Col.: Coccinellidae); effect of color polymorphism, location, and generation

F. Farhoudi[1], A. Sahragard*[2], R. Hosseini[3] and A. Saboori[4]
1, 2 & 3. Department of Plant Protection, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran, 4, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
ORCID iD: 1. 0009-0000-2575-8545, 2. 0000-0002-8954-1801, 3. 0000-0002-6556-8401, 4. 0000-0002-5831-768X

(Received: August 1, 2023- Accepted: September 13, 2023)

Abstract

Distribution of *Harmonia axyridis* as an invasive predator, newly appeared in Iran, was investigted in northern provinces of Iran. Some biological and morphological traits were studied, including color morphs, sex ratio, and adults body length. Samples were collected from four regions in north and east-north of Iran as well as two generations of Rasht population to assess the effect of geographical location and insect's generation. Reproductive potential of females of two main color morphs (melanic and non-melanic) was also investigated in overwintering and summer generations. Sampling were succesful in Guilan, Mazandaran, Golestan, and North Khorasan. Proportion of melanic individuals in Heyran, Shaft, Bojnourd, Rasht (overwintering population), and Rasht (spring population) was 11.51, 12.64, 10.57, 12.17, and 11.63, respectively. Sex ratios ranged from 38 to 44% showing no difference among the obovevmentioned populations. Mean length of adult insect body in individuals from Bojnord (6.57±0.029 mm) was larger than others. There was no difference between females of the two main color morphs in terms of oviposition potential. However, overwintering females laid significantly more eggs than summer females, regardless of color morphs. This study confirmed progress of *H. axyridis* distribution towards new areas. Moreover, it was indicated that sampling location and generation have no effect on color morphs ratio in newly invaded areas, and oviposition rate cannot be a regulating factor for color morphs ratio in next generation.

Key words: Asian multicolored lady beetle, Body length, Polymorphism, Reproductive potential, Sex ratio

* Corresponding author: ahad.sahragard@gmail.com