

تأثیر گرسنگی لاروهای شب پرهی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* (Zeller)، روی زنده‌مانی و رفتار همگونه‌خواری آن‌ها و زادآوری حشرات کامل

محسن یزدانیان^{۱*} و زهرا فرجی^۱

۱ - گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده‌ی تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۳

تاریخ دریافت: ۹۳/۳/۲۷

چکیده

در این تحقیق، اثر گرسنگی لاروهای سنین مختلف شب‌پرهی مدیترانه‌ای آرد (*Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lep.; Pyralidae)) بر درصد زنده‌مانی، درصد بروز همگونه‌خواری و مدت زنده‌مانی آن‌ها و هم‌چنین اثر گرسنگی و همگونه‌خواری لاروهای سن پنجم روی زادآوری حشرات کامل ماده و درصد لاروهای ماده‌ی نسل بعد ارزیابی شد. آزمایش‌ها در دمای 27 ± 2 درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و L:D 16:8 ساعت انجام شدند. تغذیه‌ی لاروها از آرد و سوس گندم (۳ به ۱) به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. طبق نتایج، تمامی لاروهای سنین اول و دوم و درصد قابل توجهی از لاروهای سنین سوم، چهارم (حدود ۸۷ درصد) و پنجم (حدود ۷۳ درصد) بر اثر گرسنگی مردند در صورتی که همگونه‌خواری باعث افزایش قابل توجه نرخ زنده‌مانی لاروها شد (۳۳ تا ۷۳ درصد). اثر منفی گرسنگی روی مدت زنده‌مانی لاروهای سنین اول و دوم مشهودتر بود. میانگین نرخ همگونه‌خواری تخم از سن سوم به بعد و نرخ همگونه‌خواری لارو در سنین چهارم و پنجم به طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان زادآوری حشرات کامل ماده در اثر تغذیه‌ی طبیعی لاروهای سن پنجم حاصل شد ولی همگونه‌خواری این لاروها از تخم و لارو و به ویژه گرسنگی، زادآوری را به شدت کاهش داد. اثر تغذیه‌ی طبیعی، گرسنگی و همگونه‌خواری لاروهای سن پنجم روی درصد لاروهای ماده‌ی نسل بعد معنی‌دار نبود. نتایج این بررسی نشان می‌دهند که در صورت نبود موقتی مواد غذایی، لاروهای این گونه می‌توانند با همگونه‌خواری از لاروهای سنین پایین‌تر یا ضعیف‌تر، قدرت زنده‌مانی خود را افزایش دهند و فرصت یا انرژی لازم را برای نفوذ به درون مواد غذایی به دست آورند.

واژه‌های کلیدی: *Anagasta kuehniella*، لارو، گرسنگی، همگونه‌خواری، مدت زنده‌مانی، زادآوری

مقدمه

همگونه‌خواری^۱، که به عنوان شکارگری درون‌گونه‌ای^۲ نیز توصیف می‌شود، در بسیاری از جمعیت‌های طبیعی یک پدیده‌ی رایج می‌باشد که علاوه بر تاثیر روی ساختارهای جمعیت‌شناختی و فرایندهای جمعیتی (Fox, 1975)، به عنوان کنترل‌کننده‌ی جمعیت نیز عمل می‌کند (Zago- Braga and Zucoloto, 2004) و به دلیل افزایش نرخ رشد، زنده‌مانی، طول عمر و زادآوری می‌تواند ارزش سازگارکنندگی داشته باشد (Richardson *et al.*, 2010). این پدیده در میان حشرات گیاه‌خوار غیر اختصاصی نسبت به گونه‌های اختصاصی رواج بیشتری دارد (Bernays, 1998). همگونه‌خواری علاوه بر این که به عنوان یک منبع غنی غذایی برای نشو و نمای لاروی یا تولید تخم مفید است، رقابت درون‌گونه‌ای را نیز کاهش می‌دهد (Dixon and Kindlmann, 2012). این پدیده در سوسری‌ها، راست‌بالان، بال‌پولکداران، سخت‌بالپوشان (Savoldelli, 2005)، ناجوربالان (Castane *et al.*, 2002) و حتی زنبور پارازیتوئید *Trichogramma carverae* Oatman and Pinto در درون تخم‌های شب‌پره‌ی *Epiphyas postvittana* (Walker) (Heslin and Merritt, 2005) و شته‌ها (Cooper *et al.*, 2013) به خوبی شناخته شده است. در همگونه‌خواری جنسی^۳، که شکلی از ستیزه‌جویی جنسی است، به طور معمول ماده‌ها از نرها تغذیه می‌کنند (Dougherty *et al.*, 2013). گرسنگی، تراکم بیش از حد (Tignor and Eaton, 1986; Kakimoto *et al.*, 2007; Hopper *et al.*, 2003)، نبود برخی از مواد غذایی، سطوح بالای تنش (Tignor and Eaton, 1986)، مهاجرت‌های گروهی (مانند ملخ‌های مهاجر) (Bazazi *et al.*, 2010; Bazazi *et al.*, 2008) و کیفیت غذا (Fox, 1975; Joyner and Gould, 1987) می‌تواند همگونه‌خواری را القا کنند. این پدیده نه تنها در شرایط آزمایشگاهی بروز می‌کند، بلکه در لارو برخی از

بال‌پولکداران مانند خانواده‌های Noctuidae (Joyner and Barros-Bellanda and Pieridae) (Gould, 1985) و (Zucoloto, 2005) در شرایط صحرائی نیز مشاهده شده است. این رفتار تابع گرسنگی است و با وجود رایج بودن، از نظر تغذیه‌ای کمتر ترجیح داده می‌شود زیرا روی ظرفیت تولید مثلی اثرات منفی دارد (Duelli, 1981; Canard and Duelli, 1984). با وجود این، میزان زنده‌مانی افراد همگونه‌خوار در مقایسه با افراد گرسنه بیشتر می‌باشد (Canard and Duelli, 1984).

عوامل بسیاری وجود دارند که می‌توانند طی دوره‌ی نشو و نمای جنینی، پس‌جنینی و حشره‌ی کامل، باروری و زادآوری شب‌پره‌های انباری را تحت تاثیر قرار دهند. رژیم غذایی لاروها (Ryne *et al.*, 2004)، مواد شیمیایی (Locatelli *et al.*, 2006)، دماهای بالا (Arbogast, 1981)، قرار گرفتن در معرض پرتو (Ahmed *et al.*, 1976) و امواج فراصوت (Huang and Subramanyam, 2003) از جمله عواملی هستند که زادآوری را تحت تاثیر قرار می‌دهند. وجود باکتری‌های بیمارگر در بدن لاروها، وجود سم‌های قارچی و تاخیر در جفت‌گیری نیز می‌تواند زادآوری حشرات کامل را تحت تاثیر قرار دهند (Savoldelli, 2007). اثر گرسنگی و همگونه‌خواری لاروها روی زادآوری حشرات کامل شب‌پره‌ی هندی *Plodia interpunctella* (Hübner) شب‌پره‌ی بادام *Cadra cautella* (Walker) و شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد *Anagasta kuehniella* (Zeller) بررسی شده است (Savoldelli, 2007). فواید همگونه‌خواری از نظر زنده‌مانی، طول مدت نشو و نما، و وزن شفیره‌ها توسط چپمن و همکاران (Chapman *et al.*, 1999a) در گونه‌ی *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) ارزیابی شده است. با توجه به آنچه که گفته شد، در بررسی‌های آزمایشگاهی بروز رفتار همگونه‌خواری میان لاروها می‌تواند باعث ناموفق شدن آزمایش‌ها یا کسب نتایج نادرست شود، بنابراین راه‌کار مناسب در این خصوص، پرورش لاروها به طور انفرادی می‌باشد (مانند Fukuzawa *et al.*, 2004).

1. Cannibalism
2. Intraspecific predation
3. Sexual cannibalism

مواد و روش‌ها پرورش حشرات

برای پرورش شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، از رژیم غذایی شامل آرد و سبوس گندم (۳ به ۱) استفاده شد (Yazdanian, 2000). برای در دسترس بودن مراحل مختلف نشو و نمایی در یک زمان، آلوده‌سازی ظروف پرورش (به ابعاد ۸ × ۱۳ × ۱۹ سانتی‌متر) به فواصل یک‌هفته‌ای با تراکم ۰/۱۸۵ گرم تخم بر کیلوگرم ماده‌ی غذایی (Cerutti et al., 1992) انجام شد. پرورش لاروها و آزمایش‌ها در شرایط دمای ۲۷±۲ درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی ۷۰±۵ درصد و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی انجام شدند. چون در آزمایش‌ها به لاروهای سنین مختلف یک‌روزه نیاز بود، بنابراین لاروها به روش زیر تهیه شدند: برای به دست آوردن لاروهای سن اول یک‌روزه، از حشرات کامل تخم‌گیری شد. برای این کار، حدود ۱۰۰ عدد حشره‌ی کامل با آسپیراتور جمع‌آوری و به مدت ۵ دقیقه در سرمای ۴ درجه‌ی سلسیوس بی‌حس شدند. سپس، داخل ظروف تخم‌گیری (به قطر ۱۲ و ارتفاع ۸ سانتی‌متر) گذاشته شدند و دهانه‌ی ظرف‌ها با توری ۱۰ مش پوشانده شد. تخم‌ها روزانه جمع‌آوری می‌شدند. تخم‌ها به تعداد حدود هزار تخم در هر ظرف، درون تشتک‌های پتری (به قطر ۶ سانتی‌متر) ریخته شدند و چون طول دوره‌ی نشو و نمای جنینی سه تا چهار روز می‌باشد (Yazdanian, 2000)، سه روز بعد لاروهای خارج شده از تخم برداشته و در آزمایش‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. لاروهای سن اول و تخم‌های تازه گذاشته شده‌ی مورد استفاده به عنوان طعمه نیز به همین صورت و با تخم‌گیری از حشرات کامل تهیه می‌شدند. برای تهیه‌ی لاروهای یک‌روزه‌ی سنین دوم تا پنجم، تعداد ۵۰ عدد لارو سن قبلی با توجه به طول دوره‌ی لاروی هر یک از این سنین (Yazdanian, 2000)، اندازه‌ی بدن آن‌ها و نیز مشاهدات تجربی به داخل تشتک‌های پتری حاوی غذای کافی منتقل شدند. ۱۵ عدد از لاروهای وارد شده به سن بعدی که از نظر جثه از لاروهای سن قبل کاملاً متمایز بودند، انتخاب شدند. لاروهای سنین دوم تا پنجم

شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد یکی از مهم‌ترین آفات غلات انباری به ویژه آرد می‌باشد (Rees, 2003) و تخم‌ها و لاروهای آن به طور گسترده‌ای برای پرورش پارازیتوئیدها و شکارگرها و نیز انجام تحقیقات رفتاری، بیوشیمیایی و زیست‌شناسی ملکولی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Rahman et al., 2004). به عنوان یکی از مهم‌ترین میزبان‌های آزمایشگاهی و جایگزین تغذیه‌ای برای بسیاری از زنبورهای پارازیتوئید مانند براكون و تریکوگراما، بهینه‌سازی پرورش این شب‌پره می‌تواند به میزان زیادی در اقتصادی و موثر بودن پرورش انبوه آن مفید باشد (Yazdanian, 2000). در این تحقیق تلاش شد تا اثر گرسنگی روی درصد زنده‌مانی و شدت رفتار همگونه‌خواری لاروها و نرخ زادآوری حشرات کامل ارزیابی شود که با بازده پرورش انبوه و نیز کارایی زنبورهای پارازیتوئید ارتباط مستقیم دارد. در ایران و در زمینه‌ی همگونه‌خواری حشرات، تحقیقات کمی مانند جعفری (Jafari, 2013) روی کفشدوزک *Hippodamia variegata* Goeze و آل عصفور و همکاران (Aleosfoor et al., 2014) روی همین گونه و نیز گونه‌ی *Coccinella septempunctata* L. انجام شده است. با وجود این، در منابع علمی خارجی موارد بسیار زیادی از این گونه بررسی‌ها دیده می‌شود که برخی از آن‌ها نیز روی آفات انباری مانند شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد، شب‌پره‌ی هندی، شب‌پره‌ی بادام، و بید برنج *Corcyra cephalonica* (Stainton) انجام شده است (مانند Savoldelli, 2005, 2006, 2007). با توجه به کمبود بررسی‌های علمی در ایران در این زمینه و نیز کاهش احتمالی هزینه‌های اقتصادی در انسکتاریوم‌های پرورش دشمنان طبیعی که وابسته به پرورش انبوه شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد می‌باشند، تاثیر همگونه‌خواری بر برخی از پارامترهای زیستی این شب‌پره مورد بررسی قرار گرفت. نتایج این گونه تحقیقات می‌تواند در درک چگونگی بقای جمعیت این آفت در شرایط کمبود یا نبود غذا و نیز اثرات تراکم بیش از حد بر پرورش انبوه آن مورد استفاده قرار گیرند.

محاسبه شد. داده‌های مربوط به مدت زنده‌مانی لاروها نیز از روی داده‌های همین آزمایش (روز مرگ لاروها یا روز تبدیل شدن آن‌ها به لارو سن بعدی یا شفیره به عنوان نقطه‌ی پایانی) استخراج شدند. در نهایت، تعداد لاروها یا تخم‌های خورده شده توسط لاروهای مورد استفاده در آزمایش همگونه‌خواری شمارش و ثبت شد تا نرخ همگونه‌خواری^۵ بر حسب تعداد لارو همسن بر روز یا تخم بر روز محاسبه شود.

اثر گرسنگی و همگونه‌خواری لاروهای سن پنجم روی زادآوری حشرات کامل

در آزمایش بررسی اثر گرسنگی، ۱۰۰ عدد لارو سن پنجم نر و ۱۰۰ عدد لارو سن پنجم ماده (حداکثر یک‌روزه) به طور جداگانه درون تشتک‌های پتری فاقد غذا قرار داده شدند (Savoldelli, 2007). تعیین جنسیت لاروها با توجه به وجود یک لکه‌ی تیره رنگ در حلقه‌ی هشتم شکم آن‌ها به آسانی امکان‌پذیر بود (Yazdanian, 2000). این لاروها گرسنه نگه‌داشته شدند و پس از ظهور حشرات کامل، ۱۰ جفت از آن‌ها به طور مجزا به داخل ظروف پلاستیکی شفاف به قطر ۱۲ و ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر منتقل شدند. درپوش این ظرف‌ها با پارچه‌ی توری ۱۲۰ مش مسدود شده بود. داخل هر ظرف ۴۰۰ گرم ماده‌ی غذایی (آرد گندم) ریخته شد تا تخم‌ریزی تحریک و نشو و نما نتایج امکان‌پذیر شود. ۲۵ روز بعد، تعداد لاروها به تفکیک نر و ماده شمارش شد تا علاوه بر میزان زادآوری (بر حسب تعداد لارو بر ماده)، درصد لاروهای ماده نیز تعیین شود. برای بررسی اثر همگونه‌خواری روی زادآوری حشرات کامل، همانند قبل عمل شد با این تفاوت که لاروها گرسنه نگه‌داشته نشدند و هر لارو با دو عدد لارو فلج‌شده‌ی همسن خود یا ۳۰ عدد تخم تازه گذاشته شده که هر روز جایگزین می‌شدند، تغذیه شد. پس از ظهور حشرات کامل، ۱۰ جفت از آن‌ها همانند قبل مورد استفاده قرار گرفتند. برای تیمار شاهد نیز از ۱۰ جفت حشره‌ی کامل نر و ماده‌ی به دست آمده از لاروهای پرورش یافته روی آرد و سبوس گندم استفاده شد (Savoldelli, 2007).

مورد استفاده به عنوان طعمه نیز با توجه به اندازه‌ی بدن از کلنی انتخاب می‌شدند.

صفات مورد بررسی

اثر گرسنگی و همگونه‌خواری روی لاروهای سنین اول تا پنجم

برای بررسی اثر گرسنگی روی درصد زنده‌مانی لاروهای سنین اول تا پنجم، ۱۵ عدد لارو حداکثر یک‌روزه (از هر سن) به طور انفرادی درون تشتک‌های پتری شیشه‌ای (به قطر ۶ سانتی‌متر) فاقد غذا قرار گرفتند. رفتار لاروهای انفرادی سنین مختلف به طور روزانه تا هنگام مرگ آن‌ها یا ورود به سنین لاروی بعدی یا شفیرگی مورد بررسی قرار گرفت. برای بررسی اثر همگونه‌خواری روی این صفت نیز ۱۵ عدد لارو (از هر سن) به طور جداگانه در تشتک‌های پتری (به قطر ۶ سانتی‌متر) فاقد غذا گذاشته شدند. همگونه‌خواری تنها امکان زنده ماندن لاروها بود (Savoldelli, 2006) بدین ترتیب که از دو عدد لارو فلج شده‌ی همان سن (همگونه‌خواری لارو) یا ۳۰ عدد تخم تازه گذاشته شده (همگونه‌خواری تخم) استفاده شد. فلج کردن لاروهای طعمه با استفاده از یک سوزن نازک و سوراخ کردن سر لاروها بدین منظور انجام شد تا تنها لارو مورد نظر از لارو فلج شده تغذیه کند و پایش آن در ادامه‌ی آزمایش امکان‌پذیر باشد. لاروهای فلج شده و تخم‌ها هر روز جایگزین شدند و تعداد لاروها و تخم‌های خورده شده ثبت شد. رفتار لاروهای سنین مختلف به طور روزانه تا هنگام مرگ آن‌ها یا ورود به سنین لاروی بعدی یا شفیرگی مورد بررسی قرار گرفت. به منظور مقایسه‌ی نتایج به دست آمده با حالت تغذیه‌ی طبیعی (شاهد)، هم‌زمان با این آزمایش‌ها ۱۵ عدد لارو سنین مختلف حداکثر یک‌روزه به طور جداگانه درون تشتک‌های پتری قرار داده و با غذای متشکل از آرد و سبوس گندم (نسبت ۳ به ۱) تغذیه شدند.

درصد بروز همگونه‌خواری در لاروهای سنین اول تا پنجم با توجه به داده‌های به دست آمده از آزمایش همگونه‌خواری و به صورت درصد لاروهای همگونه‌خوار^۴

طرح‌های آماری و مقایسه‌ی میانگین‌ها

از داده‌های دو صفت درصد زنده‌مانی لاروها و درصد بروز همگونه‌خواری، درصد‌های مربوطه محاسبه شدند و تجزیه‌ی واریانس انجام نشد. مقایسه‌ی میانگین داده‌های مربوط به مدت زنده‌مانی لاروهای هر سن میان ۴ تیمار (تغذیه، گرسنگی، همگونه‌خواری تخم و همگونه‌خواری لارو) و در ۱۵ تکرار تجزیه و تحلیل شدند. مقایسه‌ی میانگین نرخ همگونه‌خواری برای ۵ تیمار (پنج سن لاروی) و ۱۵ تکرار نیز با استفاده از طرح کاملاً تصادفی مورد آزمون قرار گرفت. داده‌های مربوط به زادآوری و درصد لاروهای ماده نیز به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۴ تیمار (تغذیه، گرسنگی، همگونه‌خواری تخم و همگونه‌خواری لارو) و ۱۰ تکرار تجزیه‌ی واریانس شدند. برای تجزیه‌ی واریانس داده‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2003 استفاده شد. مقایسه‌ی میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد. نرمال‌سازی کلیه‌ی داده‌های غیرنرمال با استفاده از روش تبدیل داده‌ی جذری ($\sqrt{x + 0.5}$) انجام گرفت.

نتایج

درصد زنده‌مانی لاروها

بیشترین درصد زنده‌مانی لاروهای سنین مختلف در تیمار تغذیه‌ی طبیعی (شاهد) در سنین دوم تا چهارم برابر با ۱۰۰ درصد و در لاروهای سن اول برابر با ۸۶/۶۷ درصد بود. پس از تیمار شاهد، درصد زنده‌مانی در اثر همگونه‌خواری تخم و همگونه‌خواری لارو از میزان بیشتری برخوردار بود. درصد زنده‌مانی در لاروهای سنین اول و دوم در اثر همگونه‌خواری تخم، و در سنین سوم و چهارم در اثر همگونه‌خواری لارو بیشتر بود. در لاروهای سن پنجم، درصد زنده‌مانی آن‌ها در اثر هر دو نوع رژیم همگونه‌خواری از میزان یکسانی برخوردار بود. کمترین میزان زنده‌مانی لاروهای سنین مختلف نیز در تیمار گرسنگی مشاهده شد به طوری که تمامی لاروهای سنین اول و دوم بر اثر گرسنگی از بین رفتند. این میزان در لاروهای سنین سوم تا پنجم بیشتر و به ترتیب برابر با ۱۳/۳۳، ۱۳/۳۳ و ۲۶/۶۷ درصد بود که با میانگین‌های سایر تیمارها اختلاف قابل توجهی داشت (جدول ۱).

جدول ۱- درصد زنده‌مانی (SR) لاروهای سنین اول تا پنجم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در اثر حالت‌های مختلف تغذیه و نیز درصد بروز همگونه‌خواری (CI) در اثر همگونه‌خواری از تخم یا لاروهای همسن

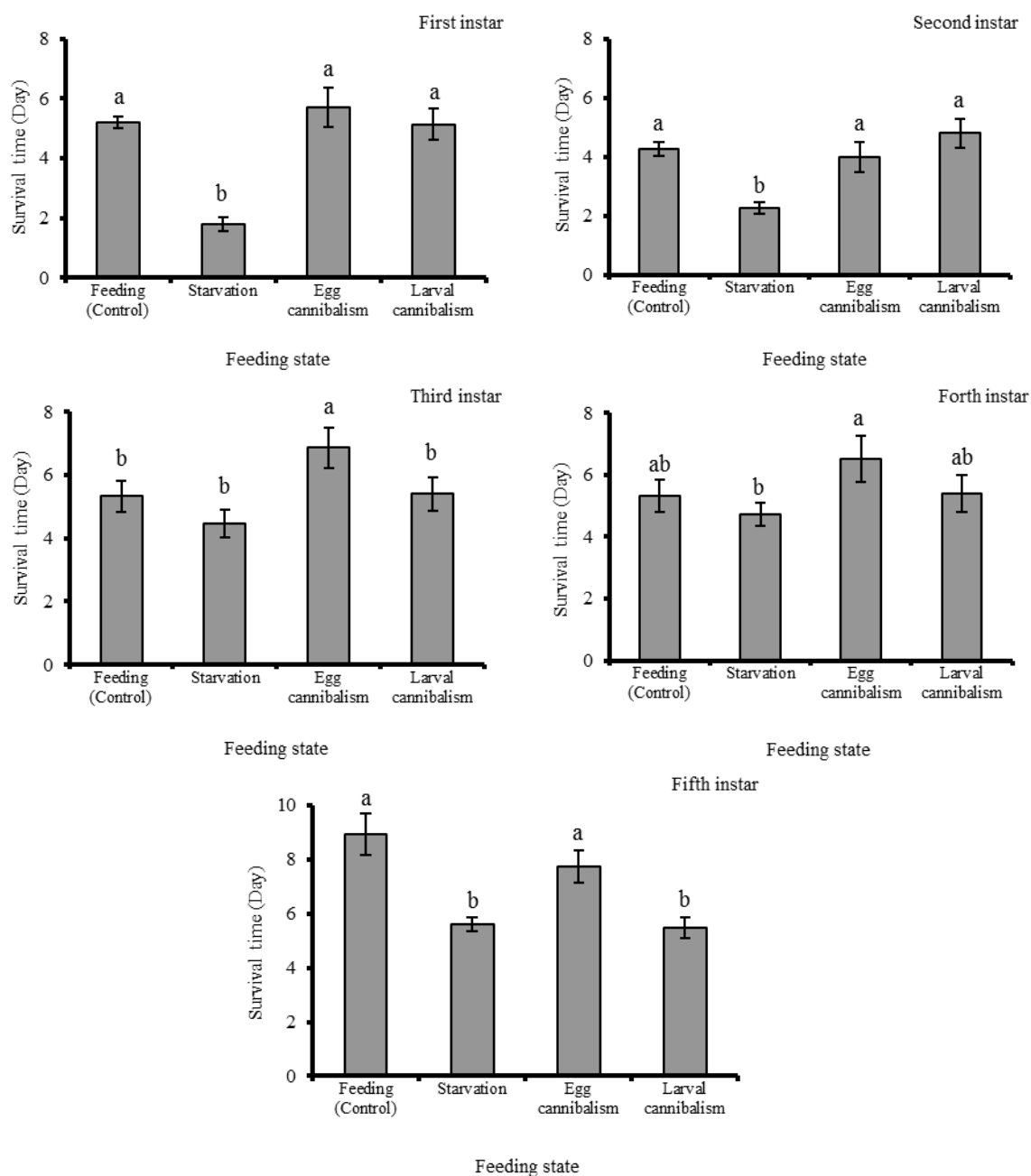
Table 1. Survival rate (SR; %) in first to fifth instars of the Mediterranean flour moth under different feeding treatments and incidence of cannibalism (CI; %) due to cannibalism on eggs or same larval stage

		Feeding (Control)	Starvation	Egg cannibalism	Larval cannibalism
First instar	SR	86.67	0.00	46.67	33.33
	CI	-	-	93.33	86.67
Second instar	SR	100.00	0.00	53.33	46.67
	CI	-	-	93.33	100.00
Third instar	SR	100.00	13.33	60.00	73.33
	CI	-	-	93.33	93.33
Forth instar	SR	100.00	13.33	60.00	73.33
	CI	-	-	86.67	100.00
Fifth instar	SR	100.00	26.67	73.33	73.33
	CI	-	-	100.00	100.00

چهارم، بروز همگونه‌خواری لارو بیشتر بود و در لاروهای سنین سوم و پنجم، مقادیر بروز هر دو نوع همگونه‌خواری یکسان بود.

بروز همگونه‌خواری در لاروها

بروز همگونه‌خواری در لاروهای سنین مختلف بالا و قابل توجه و از حداقل ۸۶/۶۷ تا حداکثر ۱۰۰ درصد متغیر بود (جدول ۱). در لاروهای سن اول، بروز همگونه‌خواری تخم از همگونه‌خواری لارو بیشتر بود. در لاروهای سنین دوم و



شکل ۱- میانگین مدت زنده‌مانی لاروهای سنین اول تا پنجم شب پرهی مدیترانه‌ای آرد در اثر حالت‌های مختلف تغذیه (آزمون LSD، سطح احتمال یک درصد)

Figure 1. Mean survival times of first to fifth larval instars of the Mediterranean flour moth under different feeding treatments (LSD test; $\alpha = 1\%$)

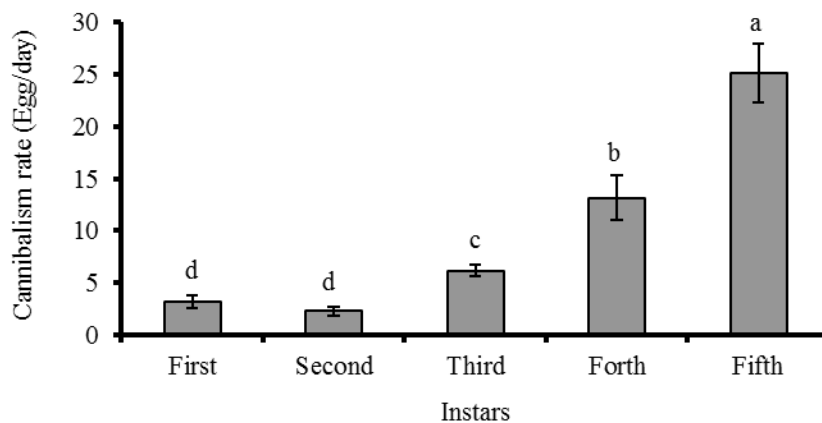
مدت زنده‌مانی لاروها

پنجم، بیشترین میانگین مدت زنده‌مانی در تیمارهای شاهد و همگونه‌خواری تخم دیده شد که با هم فاقد اختلاف معنی‌دار ولی با میانگین‌های دو تیمار دیگر دارای اختلاف معنی‌دار بودند (شکل ۱).

نرخ همگونه‌خواری لاروها

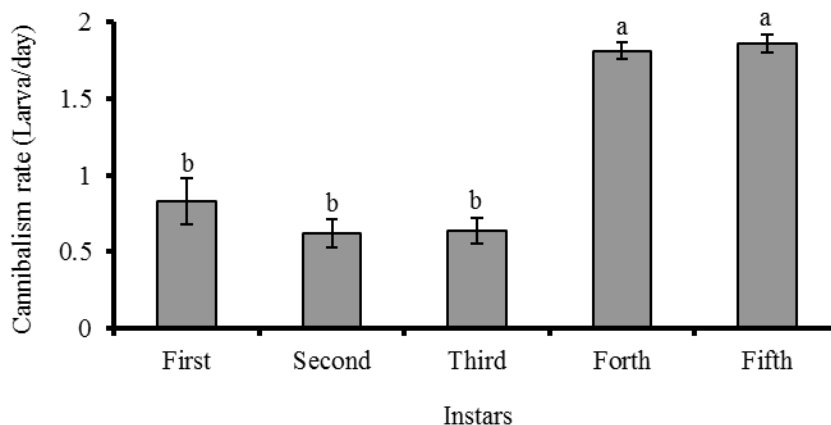
اثر سن لاروی روی نرخ همگونه‌خواری تخم ($F_{4,70} = 63.096$; $P = 0.0000$) و نرخ همگونه‌خواری لارو ($F_{4,70} = 74.145$; $P < 0.0001$) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش سن لاروها، میانگین نرخ همگونه‌خواری تخم از سن سوم به بعد به طور معنی‌داری افزایش یافت و در لاروهای سن پنجم به $25/12 \pm 2/81$ تخم بر روز رسید (شکل ۲). بیشترین میانگین‌های نرخ همگونه‌خواری لارو نیز در لاروهای سنین چهارم و پنجم (به ترتیب $1/81 \pm 0/054$ و $1/86 \pm 0/056$ لارو همسن بر روز؛ فاقد اختلاف معنی‌دار با هم) مشاهده شدند که با نرخ همگونه‌خواری لاروهای سنین اول تا سوم اختلاف معنی‌دار داشتند (شکل ۳).

اثر حالت تغذیه روی مدت زنده‌مانی لاروهای سنین اول ($F_{3,56} = 8.342$; $P < 0.0001$)، دوم ($F_{3,56} = 16.814$; $P < 0.0001$)، سوم ($F_{3,56} = 7.971$; $P = 0.0002$)، چهارم ($F_{3,56} = 5.292$; $P = 0.0028$) و پنجم ($F_{3,56} = 24.186$; $P < 0.0001$) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. گرسنگی لاروهای سنین اول و دوم باعث کاهش معنی‌دار میانگین مدت زنده‌مانی آن دو نسبت به شاهد شد. در هر دو مورد، بین میانگین‌های مربوط به شاهد و دو نوع همگونه‌خواری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. میانگین مدت زنده‌مانی لاروهای سنین اول و دوم گرسنه به ترتیب تقریباً تا یک سوم و تقریباً تا نصف مدت زنده‌مانی لاروهای دارای تغذیه طبیعی و همگونه‌خوار کاهش یافت. برخلاف لاروهای سنین اول و دوم، میانگین مدت زنده‌مانی لاروهای سنین سوم و چهارم بر اثر تیمار گرسنگی با میانگین آن در تیمارهای شاهد و همگونه‌خواری لارو فاقد اختلاف معنی‌دار بود. در هر دو مورد، بیشترین میانگین این صفت در تیمار همگونه‌خواری تخم دیده شد. در مورد لاروهای سن



شکل ۲- میانگین نرخ همگونه‌خواری تخم در لاروهای سنین اول تا پنجم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد (آزمون LSD، سطح احتمال یک درصد)

Figure 2. Mean egg cannibalism rate of the first to fifth larval instars of the Mediterranean flour moth (LSD test; $\alpha = 1\%$)



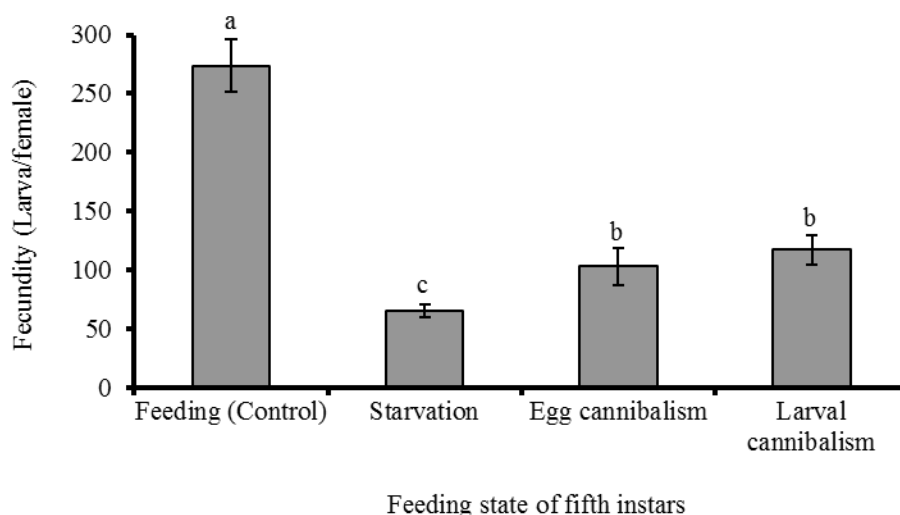
شکل ۳- میانگین نرخ همگونه‌خواری لارو در لاروهای سنین اول تا پنجم شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد (آزمون LSD، سطح احتمال یک درصد)

Figure 3. Mean larval cannibalism rate of the first to fifth larval instars of the Mediterranean flour moth (LSD test; $\alpha = 1\%$)

ماده به ترتیب در تیمار تغذیه‌ی طبیعی و تیمار گرسنگی متغیر بود. زادآوری در اثر همگونه‌خواری تخم و لارو (به ترتیب $103 \pm 15/61$ و $117/3 \pm 12/66$ لارو بر ماده) به شدت کاهش یافت و در حدود به یک سوم شاهد رسید (شکل ۴).

زادآوری حشرات کامل

اثر حالت تغذیه‌ی لاروهای سن پنجم روی زادآوری حشرات کامل ($F_{3,36} = 52.945$; $P < 0.0001$) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. میزان زادآوری در اثر تغذیه‌ی طبیعی از $273/9 \pm 22/53$ تا $64/8 \pm 5/43$ لارو بر



شکل ۴- میانگین زادآوری حشرات کامل شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد حاصل از لاروهای سن پنجم با حالت‌های تغذیه‌ای متفاوت (آزمون LSD، سطح احتمال یک درصد)

Figure 4. Mean fecundity of females of the Mediterranean flour moth obtained from the fifth larval instars reared under different feeding treatments (LSD test; $\alpha = 1\%$)

درصد لاروهای ماده‌ی نسل بعد

حالت تغذیه‌ی لاروهای سن پنجم، روی درصد لاروهای ماده‌ی نسل بعدی اثر معنی‌داری نداشت ($F_{3,36} = 0.4300$; $P > 0.05$). این مقادیر در تیمارهای تغذیه (شاهد)، گرسنگی، همگونه‌خواری تخم و همگونه‌خواری لارو به ترتیب برابر با $52/74 \pm 4/46$ ، $53/31 \pm 4/59$ ، $51/57 \pm 7/11$ و $50/87 \pm 4/7$ درصد بودند که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

بحث

درصد زنده‌مانی: طبق نتایج پژوهش حاضر، لاروهای سنین سوم تا پنجم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در مقابل گرسنگی تحمل بیشتری داشتند، چرا که این لاروها در سنین قبلی در اثر تغذیه از رژیم غذایی طبیعی منابع غذایی کافی را به دست آورده بودند. ساوولدلی (Savoldelli, 2005) نیز در بررسی خود روی لاروهای سنین اول و دوم همین گونه، مرگ و میر ۱۰۰ درصدی آن‌ها را بر اثر گرسنگی گزارش کرد ولی درصد زنده‌مانی لاروهای سن سوم از ۴۰ تا ۷۰ درصد متغیر بود که از مقدار به دست آمده در بررسی حاضر بسیار بیشتر است. در این بررسی و بر خلاف نتایج ساوولدلی (Savoldelli, 2005)، تبدیل شدن لاروهای سن سوم به شفیره در هیچ یک از تکرارها مشاهده نشد که در این رابطه می‌توان به نقش تفاوت‌های جغرافیایی و جمعیتی اشاره کرد. در پژوهش حاضر مشخص شد که همگونه‌خواری از تخم و لاروهای همسن توانست درصد زنده‌مانی لاروها را در مقایسه با گرسنگی به شکل قابل توجهی افزایش دهد. در مورد لاروهای سنین اول و دوم، همگونه‌خواری از تخم درصد زنده‌مانی این لاروها را بیشتر افزایش داد که این احتمالاً به دلیل ضعیف بودن قطعات دهانی لاروهای سنین اول و دوم و تغذیه‌ی آسان‌تر آن‌ها از تخم‌ها می‌باشد. اثر همگونه‌خواری روی درصد زنده‌مانی لاروها و مقایسه‌ی آن با گرسنگی نشان داده است که میزان زنده‌مانی افراد همگونه‌خوار در مقایسه با افراد گرسنه بیشتر می‌باشد (Canard and Duelli, 1984) چرا که لاروهای همگونه به عنوان یک منبع ارزشمند غذایی می‌باشند (Savoldelli, 2006).

2006). با توجه به گیاه‌خوار بودن لاروهای شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد و سازگار بودن آنزیم‌های گوارشی آن‌ها با این رژیم غذایی، اثر همگونه‌خواری (نوعی گوشتخواری) روی فعالیت این آنزیم‌ها و یا سنتز و القای آنزیم‌های گوارشی جدید می‌تواند به نتیجه‌گیری بهتری در این زمینه منجر شود.

بروز همگونه‌خواری: بروز همگونه‌خواری از لاروهای همسن، در لاروهای سنین اول تا پنجم شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد به میزان قابل توجهی (از ۸۶/۶۷ تا ۱۰۰ درصد) مشاهده شد. بروز همگونه‌خواری در لاروهای نوزاد و نیز بالاتر بودن درصد بروز این رفتار نسبت به لاروهای مورد استفاده‌ی ساوولدلی (Savoldelli, 2006)، به رغم استفاده از لاروهای همسن در این تحقیق، مهم‌ترین اختلاف نتایج ما با نتایج وی می‌باشد. دلیل بروز این اختلاف همانند مورد پیشین می‌توان به وجود تفاوت‌های جغرافیایی و جمعیتی و نیز شرایط پرورش، نسل مورد استفاده، روش انجام آزمایش‌ها و غیره نسبت داد.

گزارش شده که لاروهای گرسنه‌ی شب‌پره‌ی هندی، شب‌پره‌ی بادام و بید برنج حداکثر تلاش خود را برای رسیدن به منابع غذایی انجام می‌دهند که اگر این منابع غذایی تخم‌ها یا لاروهای همگونه باشند، به همگونه‌خواری منجر خواهد شد (Cline, 1978). در شب‌پره‌ی هندی، همگونه-خواری لاروهای سنین بالاتر ترجیحاً از لاروهای سنین پایین‌تر می‌باشد (Boots, 1998). این پدیده در مورد *S. frugiperda* (Chapman et al., 1999b) و *Chrysoperla carnea* (Stephens, Rojht et al., 2009) و *H. variegata* (Jafari, 2013) نیز نشان داده شده است. از طرف دیگر، در صورت وجود لاروهای سالم و آلوده‌ی همسن، لاروهای آلوده به بیمارگرها یا پارازیتوئیدها با احتمال بیشتری همگونه‌خواری می‌شوند (Reed et al., 1996; Boots, 1998). این نتایج نشان می‌دهند که ضعیف بودن لاروهای همگونه (خواه لارو از سنین پایین‌تر باشد و خواه بیمار یا انگلی یا مانند بررسی حاضر فلج شده باشد)، تعیین‌کننده‌ی لاروهای شکارگر و

سنین چهارم و پنجم به شکل معنی‌داری افزایش یافت. نرخ همگونه‌خواری، هم از تخم‌ها و هم لاروهای نوزاد، به سن لاروی وابسته می‌باشد زیرا تحرک و ظرفیت شکارگری آن‌ها افزایش می‌یابد (Zago-Braga and Zucoloto, 2004). افزایش همگونه‌خواری تخم با افزایش سن لاروی در مورد گونه‌ی *H. variegata* نشان داده شده است (Jafari, 2013). در مورد لاروهای همگونه‌خوار تخم در این بررسی، افزایش نرخ همگونه‌خواری متناسب با افزایش اندازه‌ی بدن و سن لاروی طبیعی و بدیهی به نظر می‌رسد، اما عدم معنی‌دار بودن میانگین مربوط به سن دوم با سن اول را می‌توان به اندازه‌ی کوچک و ضعف نسبی لاروهای سن دوم ناشی از عدم تغذیه و کسب منابع غذایی لازم در سن اول نسبت داد. از سن سوم به بعد نیز افزایش جثه و نیز احتمالاً تغذیه‌ی کافی در سنین قبلی باعث شد تا نرخ همگونه‌خواری از تخم به طور معنی‌داری افزایش پیدا کند. در مورد همگونه‌خواری از لاروها، با این که لاروهای خورده شده همسن و هم‌اندازه‌ی لاروهای همگونه‌خوار بودند، انتظار می‌رفت که نرخ همگونه‌خواری یکسان باشد، اما احتمالاً به دلیل تحرک و ظرفیت شکارگری بالای آن‌ها، نرخ همگونه‌خواری از لاروهای همسن، در سنین چهارم و پنجم به طور معنی‌داری از سایر سنین بیشتر شد.

زادآوری حشرات کامل: طبق نتایج، کمترین میزان زادآوری در حشرات کامل به دست آمده از لاروهای سن پنجم گرسنه دیده شد. در برخی موارد، همگونه‌خواری تخم یا شفیره به زنده‌مانده‌ها امکان نشو و نمای بهتری را می‌دهد. به عنوان مثال، گزارش شده که در سوسک‌های جنس *Tribolium*، تخم‌ها به طور عمده توسط حشرات کامل ماده و شفیره‌ها توسط حشرات کامل نر خورده می‌شوند (Stein, 1986) و حشرات کامل ماده‌ی برخی کفشدوزک‌ها نیز تخم‌های خود را می‌خورند (Santi and Maini, 2007). بررسی‌های زیادی نشان داده‌اند که تولید نتاج حشرات کامل تحت تاثیر رژیم غذایی لاروها قرار دارد (Savolde Ili, 2007). بنابراین، بیشترین میزان زادآوری که در حشرات کامل حاصل از لاروهای سن پنجم تیمار شاهد دیده شد، به

شکار در رفتار همگونه‌خواری می‌باشد. همچنین، در لاروهای سن اول درصد بروز همگونه‌خواری از تخم در مقایسه با همگونه‌خواری از لارو بیشتر بود. ضعیف بودن قطعات دهانی لاروهای سن اول و در نتیجه آسان‌تر بودن تغذیه از تخم توسط آن‌ها، و نیز نبود موانع فیزیکی روی تخم‌ها (مانند مو و صفحات اسکروتینی) که به طور عمده برای تغذیه‌ی لاروهای این سن مشکل‌آفرین می‌شوند، می‌تواند از دلایل این امر باشند. بر خلاف نتایج ساؤل‌دلی (Savolde Ili, 2006)، لاروهای نوزاد مورد استفاده در بررسی حاضر قادر به همگونه‌خواری از تخم و لاروهای همسن بودند. وجود تفاوت‌های جمعیتی را می‌توان مهم‌ترین عامل احتمالی پدیدآورنده‌ی این اختلاف دانست.

مدت زنده‌مانی: نتایج تحقیق حاضر نشان داد که میانگین‌های مدت زنده‌مانی لاروهای سنین اول و دوم در اثر گرسنگی با شاهد اختلاف معنی‌دار داشتند ولی همگونه‌خواری از تخم‌ها و لاروها به طور کاملاً مشهودی باعث افزایش مدت زنده‌مانی لاروها و غیرمعنی‌دار شدن اختلاف آن‌ها با میانگین شاهد شد. ساؤل‌دلی (Savolde Ili, 2006) گزارش کرد که در چهار گونه شب پره‌ی انباری مورد مطالعه‌ی وی، همگونه‌خواری مدت زنده‌مانی لاروهای همگونه‌خوار را در برخی موارد در مقایسه با لاروهای گرسنه به طور معنی‌داری افزایش داد. ساؤل‌دلی (Savolde Ili, 2005) اظهار داشته است که لاروهای سنین سوم، چهارم و پنجم این چهار شب پره به این دلیل توانستند نسبت به لاروهای جوان‌تر مدت زمان بیشتری زنده بمانند که طی سنین قبلی منبع غذایی بیشتری را به دست آورده بودند. در پژوهش حاضر می‌توان نتیجه گرفت که همگونه‌خواری لاروهای سنین اول و دوم شب پره‌ی مدیترانه‌ای آرد به دلیل کسب منابع غذایی کافی توسط آن‌ها طی دوره‌ی رشدی، در افزایش مدت زنده‌مانی لاروها و رساندن آن به حد طبیعی نقش کاملاً مثبتی دارد.

نرخ همگونه‌خواری: طبق نتایج این بررسی، نرخ همگونه‌خواری از تخم‌ها متناسب با افزایش سن لاروی و از سن سوم و نرخ همگونه‌خواری از لاروهای همسن نیز در

در صورت تخمگذاری ماده‌های شب‌پره‌های انباری به ویژه شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در نزدیکی فراورده‌های انباری بسته‌بندی شده، لاروها می‌توانند با همگونه‌خواری از لاروهای سنین پایین تر یا ضعیف تر، مدت زمان بیشتری زنده بمانند و با این کار فرصت یا انرژی لازم برای نفوذ به درون آن فراورده‌ها را با احتمال بیشتری به دست آورند. هم‌چنین، همان طور که سروتی و همکاران (Cerutti *et al.*, 1992) نیز اظهار داشته‌اند، استفاده از تراکم بالای تخم‌های این گونه در هنگام آلوده‌سازی مواد غذایی می‌تواند باعث بروز رفتار همگونه‌خواری شود که به شدت بر بقای کلنی‌ها و میزان حشرات کامل و تخم استحصالی اثر منفی می‌گذارد. از طرف دیگر، به علت زیاد شدن مواجهه‌ی لاروها از ناحیه‌ی سر، آن‌ها از غدد آرواره‌های بالای خود قطرات بسیار ریزی را ترشح می‌کنند که در صورت بالا بودن تراکم لاروها غلظت زیادی خواهد داشت که بازدارنده‌ی قوی تخم‌ریزی می‌باشد (Anderson and Lofqvist, 1996). لذا برای جلوگیری از کاهش کیفیت پرورش انبوه، رعایت تراکم مناسب جهت جلوگیری از بروز همگونه‌خواری بسیار ضروری می‌باشد. هم‌چنین، توصیه می‌شود که در تحقیقات آینده، نرخ همگونه‌خواری از لارو به جای تعداد لارو هم‌سن بر روز، بر حسب وزن لاروهای خورده شده (میلی‌گرم لارو بر لارو بر روز) محاسبه شود تا درک بهتری از این رابطه به دست آید.

سپاسگزاری

این پژوهش نتیجه‌ی طرح تحقیقاتی با شناسه‌ی ۱۷-۲۹۶-۹۰ می‌باشد و با استفاده از اعتبارات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

دلیل تغذیه‌ی کافی و مناسب لاروها بوده است. گرسنه ماندن لاروهای سن پنجم باعث عدم کسب منابع غذایی کافی می‌شد و در نتیجه، حشرات کامل ظاهر شده از این لاروها به دلیل در اختیار نداشتن منابع غذایی کافی از میزان زادآوری پائینی برخوردار بودند. در حالت همگونه‌خواری، تغذیه از لاروهای هم‌سن جایگزین تغذیه‌ی طبیعی شد و توانست تا حدودی اثرات ناشی از گرسنگی لاروهای سن پنجم را کاهش دهد. با وجود این، میزان جبران نبود منابع غذایی طبیعی به روش همگونه‌خواری، هر چند در مقایسه با حالت گرسنگی باعث افزایش معنی‌دار زادآوری شد، ولی در مقایسه با تغذیه‌ی طبیعی اثر بسیار کمتری داشت.

درصد لاروهای ماده: در این بررسی، تغذیه‌ی طبیعی

و نیز گرسنگی و همگونه‌خواری لاروهای سن پنجم روی درصد لاروهای ماده‌ی نسل بعد اثر معنی‌داری نداشتند و تعداد ماده‌ها و نرها تقریباً با هم برابر بود. ساؤل‌دلی (Savoldelli, 2007) نسبت جنسی (ماده به نر) را در همین گونه و در اثر تغذیه از یک غذای مصنوعی شامل سبوس گندم، آرد ذرت، آرد گندم، گلیسرین، جوانه‌ی گندم، عسل و مخمر برابر با $0.52 \pm 0.42/2$ برآورد کرد. هم‌چنین، نسبت جنسی در لاروهای نسل بعد حاصل از حشرات کامل به دست آمده از لاروهای سن سوم گرسنه را برابر با $1.15 \pm 0.32/4$ گزارش کرد. با وجود این، نسبت جنسی شب‌پره‌ی مدیترانه‌ای آرد در اثر تغذیه از غذاهای طبیعی برابر با ۱:۱ گزارش شده است (Hassanein and Kamel, 1965; Rodriguez-Filho *et al.*, 1991; Daniali, 1994; Eyvazian Kari, 2001; Yazdanian, 2000 Savoldelli, 2007) با توجه به نتایج به دست آمده، ساؤل‌دلی (Savoldelli, 2007) اظهار داشته که برای تایید غالبیت مشاهده شده‌ی ماده‌ها در بررسی وی و این که آیا این امر ناشی از عدم وجود تعادل در اجزای رژیم غذایی پرورشی، و یا ناشی از بالا بودن شاخص حساسیت رژیم غذایی بوده است، به آزمایش‌های بیشتری نیاز می‌باشد.

به طور کلی، نتایج حاصل از این بررسی و نیز نتایج ساؤل‌دلی (Savoldelli, 2005, 2006) نشان می‌دهند که

References

- Ahmed, M. Y. Y., Tilton, E. W. and Brower, J. H. 1976. Competitiveness of irradiated adults of the Indian meal moth. **Journal of Economic Entomology** 69(3): 349-352.
- Aleosfoor, M., Mortazavi, N. and Poorkashkooli, M. 2014. Comparison cannibalistic behavior between two ladybirds, *Coccinella septempunctata* L. and *Hippodamia variegata* (Goeze) under laboratory experiments. **Munis Entomology and Zoology** 9(2): 645-650.
- Anderson, P. and Lofqvist, J. 1996. Asymmetric oviposition behavior and the influence of larval competition in the two pyralid moth, *Ephestia kuehniella* and *Plodia interpunctella*. **Oikos** 76(1): 47-56.
- Arbogast, R. T. 1981. Mortality and reproduction of *Ephestia cautella* and *Plodia interpunctella* exposed as pupae to high temperatures. **Environmental Entomology** 10(5): 708-711.
- Barros-Bellanda, H. C. H. and Zucoloto, F. S. 2005. Egg cannibalism in *Ascia monuste* in the field: opportunistic, preferential and very frequent. **Journal of Ethology** 23: 133-138.
- Bazazi, S., Buhl, J., Hale, J. J., Anstey, M. L., Sword, G. A., Simpson, S. J. and Couzin, I. D. 2008. Collective motion and cannibalism in locust migratory bands. **Current Biology** 18: 735-739.
- Bazazi, S., Ioannou, C. C., Simpson, S. J., Sword, G. A., Torney, C. J., Lorch, P. D. and Couzin, I. D. 2010. The social context of cannibalism in migratory bands of the Mormon cricket. **PLoS ONE** 5(12): e15118. <http://www.plosone.org/article/fetchObject.action?uri=info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0015118&representation=PDF>
- Bernays, E. A. 1998. Evolution of feeding behavior in insect herbivores; success seen as different ways to eat without being eaten. **BioScience** 48(1): 35-44.
- Boots, M. 1998. Cannibalism and the stage-dependent transmission of viral pathogen of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. **Ecological Entomology** 23: 118-122.
- Canard, M. and Duelli, P. 1984. Predatory behavior of larvae and cannibalism. In Canard, M., Séméria, Y. and New, T. R. (Eds.). *Biology of Chrysopidae*. Junk Publication, The Hague. pp. 92-100.
- Castane, C., Iriarte, J. and Lucas, E. 2002. Comparison of prey consumption by *Dicyphus tamaninii* reared conventionally, and on a meat-based diet. **BioControl** 47: 657-666.
- Cerutti, F., Bigler, F., Eden, G. and Bosshart, S. 1992. Optimal larval density and quality control aspects in mass rearing of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zell. (Lep.; Phyticidae). **Journal of Applied Entomology** 114: 353-361.
- Chapman, J. W., Williams, T., Escribano, A., Caballero, P., Cave, R. D. and Gouldson, D. 1999a. Fitness consequences of cannibalism in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. **Behavioral Ecology** 10(3): 298-303.
- Chapman, J. W., Williams, T., Escribano, A., Caballero, P., Cave, R. D. and Gouldson, D. 1999b. Age-related cannibalism and horizontal transmission of a nuclear polyhedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. **Ecological Entomology** 24: 268-275.
- Cline, D. L. 1978. Penetration of seven common flexible packaging materials by larvae and adults of eleven species of stored-product insects. **Journal of Economic Entomology** 71(5): 726-729.
- Cooper, L. C., Desjonqueres, C. and Leather, S. R. 2013. Cannibalism in the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. **Insect Science** 00: 1-9. <http://isymb.mnhn.fr/IMG/pdf/finalversion.pdf>
- Daniali, M. 1994. Studying the biology and laboratorial and mass rearing of *Bracon hebetor* for control of cotton bollworm in Gorgan and Gonbad. Annual Research Reports of Gorgan and Gonbad Agricultural Research Center (Department of Plant Pests and Diseases). pp. 36-57. (in Farsi)
- Dixon, A. F. G. and Kindlmann, P. 2012. Cannibalism, optimal egg size and vulnerable developmental stages in insect predators. **European Journal of Environmental Sciences** 2(2): 84-88.
- Dougherty, L. R., Burdfield-Steel, E. R. and Shuker, D. M. 2013. Sexual stereotypes: the case of sexual cannibalism. **Animal Behaviour** 85: 313-322.
- Duelli, P. 1981. Is larval cannibalism in lacewings? **Researches on Population Ecology** 23: 193-209.
- Eyvazian Kari, N. 2001. Effects of adding bread yeast to larval diets and feeding of adults from sugar solution on some biological properties of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller under laboratory conditions. M.Sc. Thesis. University of Tabriz. (in Farsi)

- Fox, L. R.** 1975. Cannibalism in natural populations. **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics** 6: 87-106.
- Fukuzawa, M., Tatsuki, S. and Ishikawa, Y.** 2004. Rearing of *Ostrinia palustralis* (Lepidoptera: Crambidae) larvae with a switchover of two kinds of artificial diets. **Applied Entomology and Zoology** 39(3): 363-366.
- Hassanein, M. A. and Kamel, A. H.** 1965. Biological studies on Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* Zeller. **Bulletin of the Entomological Society of Egypt** 49: 327-359.
- Heslin, L. M. and Merritt, D. J.** 2005. Cannibalistic feeding of larval *Trichogramma carverae* parasitoids in moth eggs. **Naturwissenschaften** 92: 435-439.
- Hopper, K. R., Kester, K. M. and Hoelmer, K. A.** 2007. XIV International Entomophagous Insects Workshop. 25 pp. *Journal of Insect Science* 7:16. Available online: insectscience.org/7.16
- Huang, F. N. and Subramanyam, B.** 2003. Effects of ultrasound on Indian meal moth reproduction. In Credland P. F., Armitage, D. M., Bell, C. H., Cogan, P. M., and Highley, E. (Eds.). *Advances in Stored Product Protection. Proceedings of 8th International Workshop Conference on Stored Products Protection*, York, UK, 22-26 July 2002: 852-857.
- Jafari, R.** 2013. Cannibalism in *Hippodamia variegata* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) under laboratory conditions. **Journal of Biological and Chemical Research** 30(1): 152-157.
- Joyner, K. and Gould, F.** 1987. Conspecific tissues and secretions as sources of nutrition. In Slansky, F. J. and Rodriguez, J. G. (Eds.). *Nutritional Ecology of Insects, Mites, Spiders, and Related Invertebrates*. John Wiley & Sons, New York. pp. 837-884.
- Joyner, K. and Gould, F.** 1985. Developmental consequences of cannibalism in *Heliothis zea* (Lepidoptera, Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America** 78: 24-28.
- Kakimoto, T., Fujisaki, K. and Miyatake, T.** 2003. Egg laying preference, larval dispersion, and cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). **Annals of the Entomological Society of America** 96(6): 793-798.
- Locatelli, D. P., Girgenti, P. and Zoanni, S.** 2006. Efficacia della deltametrina, su differenti tipi di superficie per un breve tempo di contatto, su larve di *Plodia interpunctella* Hbn. (Lepidoptera, Pyralidae). **Tecnica Molitoria** 57(9): 947-956.
- Rahman, M. M., Roberts, H. L. S. and Schmidt, O.** 2004. The development of the endoparasitoid *Venturia canescens* in Bt-tolerant, immune induced larvae of the flour moth *Ephestia kuehniella*. **Journal of Invertebrate Pathology** 87: 129-131.
- Reed, D. J., Begon, M. and Thompson, D. J.** 1996. Differential cannibalism in population dynamics in a host-parasitoid system. **Oecologia** 105(2): 189-193.
- Rees, D.** 2003. *Insects of Stored Products*. CSIRO Publishing, London. 181 pp.
- Richardson, M. L., Mitchell, R. F., Reigel, P. F. and Hanks, L. M.** 2010. Causes and consequences of cannibalism in noncarnivorous insects. **Annual Review of Entomology** 55: 39-53
- Rodriguez-Filho, I. L., Haddad, M. L., Parra, J. R. P. and Stein, C. P.** 1991. Comparacao de dietas umida e seca para criacao de *Anagasta kuehniella* (Zeller, 1879). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil** 20(2): 417-425.
- Rojht, H., Budija, F. and Trdan, S.** 2009. Effect of temperature on cannibalism rate between green lacewings larvae (*Chrysoperla carnea* [Stephens], Neuroptera, Chrysopidae). **Acta Agriculturae Slovenica** 93(1): 5-9.
- Ryne, C., Nilsson, P. A. and Siva-Jothy, M. T.** 2004. Dietary glycerol and adult access to water: effects on fecundity and longevity in the almond moth. **Journal of Insect Physiology** 50(5): 429-434.
- Santi, F. and Maini, S.** 2007. Ladybirds mothers eating their eggs: is it cannibalism? **Bulletin of Insectology** 60(1): 89-91.
- Savoldelli, S.** 2005. Survival of of *Plodia interpunctella* (Hübner), *Cadra cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller, *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera, Pyralidae) larvae to starvation. **Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura** 37(3): 185-192.
- Savoldelli, S.** 2006. Cannibalistic behavior of the first and second instar larvae of *Plodia interpunctella* (Hübner), *Cadra cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller, *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera, Pyralidae) under starvation. **Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura** 38(1): 115-125.

- Savoldelli, S.** 2007. Fertility of *Plodia interpunctella* (Hübner), *Cadra cautella* (Walker), *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae) after larval starvation. **Bollettino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura** 39(2): 151-157.
- Stein, W.** 1986. Vorratsschädlinge und Haus-Ungeziefer: Biologie, Ökologie, Gegenmaßnahmen. Ulmer, Stuttgart.
- Tignor, K. R. and Eaton, J. L.** 1986. Effects of prolonged colonization, crowding, and starvation on development and survival rates of cabbage loopers, *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae). **Journal of Entomological Science** 21(1): 68-82.
- Yazdani, M.** 2000. Studying the rate of development and fecundity in the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zell. reared on some dried and moisten diets prepared from wheat flour and bran. M.Sc. Thesis. University of Tabriz. (in Farsi)
- Zago-Braga, R. C. and Zucoloto, F. S.** 2004. Cannibalism studies on eggs and newly hatched caterpillars in a wild population of *Ascia monuste* (Godart) (Lepidoptera: Pieridae). **Revista Brasileira de Entomologia** 48(3): 415-420.

Effect of larval starvation on survival and cannibalistic behavior, and adult fertility of the Mediterranean flour moth *Anagasta kuehniella* (Zeller)

M. Yazdanian^{1*} and Z. Faraji¹

1. Department of Plant Protection, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran

(Received: June 17, 2014- Accepted: March 14, 2015)

Abstract

In the present research, we studied the effects of larval starvation on survival rate, incidence of cannibalism and survival time in the larval stage of Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lep.; Pyralidae). Effects of starvation and cannibalism of fifth larval instars were also evaluated on adults' fertility and percentage of female larvae in next generation. All experiments were carried out at 27 ± 2 °C, $70\pm 5\%$ R.H., and L:D 16:8 h. Feeding of larvae on natural food mixture (wheat flour and bran; 3:1) was considered as the control. According to the results, all individuals of the first and second larval instars, and a high percentage of third, fourth (about 87%) and fifth larval instars (about 73%) died because of starvation but it should be noted that cannibalism behavior increased the survival rate of larvae (about 33-73%) compared to the starvation. Negative effects of starvation were most obvious in first and second larval instars. The mean rate of cannibalism increased significantly on eggs by third, fourth and fifth larval instars and also on larvae by fourth and fifth larval instars. The highest fertility of females was observed in female fifth instars that fed on natural food (the control). Fertility of females that produced from fifth instars that had eggs and larvae cannibalism decreased considerably. Feeding state of fifth instars (natural feeding, starvation, and cannibalism) had no significant effect on the percentage of female fifth instars in the next generation. The results showed that in the case of larval starvation due to transient absence of nutrients, larvae of this species can increase their viability by cannibalizing on larvae of earlier instars or wretched larvae and therefore would increase the opportunities or energy required for penetration into the nutrients.

Key words: *Anagasta kuehniella*, larva, starvation, cannibalism, survival time, fecundity

*Corresponding author: mohsenyazdanian@gau.ac.ir