



## تاثیر چند رژیم غذایی مصنوعی بر نشوونما و تولیدمثل مگس میوهی مدیترانه‌ای *Ceratitis capitata* (Dip.; Tephritidae)

زکیه احمدی<sup>۱</sup> - علی افشاری<sup>۲\*</sup> - شعبانعلی مافی پاشاکلابی<sup>۳</sup> - محسن یزدانیان<sup>۴</sup>

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۷/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۶/۲۰

### چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تاثیر سه رژیم غذایی لاروی و چهار رژیم غذایی حشرات کامل بر نشوونما و تولیدمثل مگس میوهی مدیترانه‌ای، *Ceratitis capitata* (Wiedemann)، انجام شد. رژیم‌های غذایی لاروی بر پایه‌ی سیوس گندم، جوانه‌ی گندم و پروتئین سویا و رژیم‌های غذایی حشره‌ی کامل بر پایه‌ی آب عسل، پروتئین هیدرولیزه شده، مخمر + شکر و مخمر + شکر + میوه‌ی موز ساخته شدند. تمام آزمایش‌ها در دمای  $25 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس، رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد و دوره‌ی نوری ۱۳ ساعت روشنایی به ۱۱ ساعت تاریکی و در قالب طرح کاملاً تصادفی برای رژیم‌های غذایی لاروی و فاکتوریل برای رژیم‌های غذایی حشرات کامل انجام شدند. کوتاه‌ترین طول دوره‌ی لاروی، بیش‌ترین درصد زنده‌مانی لاروها، بیش‌ترین وزن شفیره‌ها و بیش‌ترین وزن حشرات ماده به رژیم غذایی لاروی ساخته شده بر پایه‌ی جوانه‌ی گندم تعلق داشتند و میانگین آن‌ها به ترتیب  $6/7 \pm 0/07$  روز،  $69/3 \pm 2/6$  درصد،  $9/7 \pm 0/07$  میلی‌گرم و  $7/3 \pm 0/2$  میلی‌گرم اندازه‌گیری شد. در مقابل، لاروهای پرورش یافته روی رژیم غذایی حاوی پروتئین سویا، طولانی‌ترین دوره‌ی نشوونما، کم‌ترین درصد زنده‌مانی، کم‌ترین وزن شفیره‌ها و کم‌ترین درصد ظهور حشرات کامل را به ترتیب با میانگین‌های  $7/5 \pm 0/11$  روز،  $60 \pm 1/3$  درصد،  $8/9 \pm 0/06$  میلی‌گرم و  $79/8 \pm 0/85$  درصد داشتند. همچنین، بر اساس نتایج به دست آمده از تاثیر رژیم‌های غذایی حشرات کامل، مگس‌هایی که در دوره‌ی لاروی از رژیم‌های غذایی حاوی سیوس یا جوانه‌ی گندم به علاوه‌ی مخمر آبجو و در دوره‌ی حشره‌ی کامل از مخلوط مخمر و شکر تغذیه کرده بودند از بیش‌ترین طول دوره‌ی تخم‌ریزی، زادآوری و درصد تفریح تخم به ترتیب با میانگین‌های  $23/75 \pm 0/85$  روز،  $115/2 \pm 5/9$  عدد تخم به ازای هر فرد ماده در طول عمر و  $78/1 \pm 2/64$  درصد برخوردار بودند. به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، استفاده از رژیم‌های غذایی بر پایه‌ی جوانه یا سیوس گندم به منظور پرورش انبوه لاروها و مخمر + شکر جهت تغذیه‌ی حشرات کامل مگس میوهی مدیترانه‌ای توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: مگس میوهی مدیترانه‌ای، رژیم غذایی مصنوعی، نشوونما، تولیدمثل

### مقدمه

کمیت و کیفیت غذای مورد تغذیه‌ی لاروهای مگس میوهی مدیترانه‌ای بسیار مهم می‌باشند، زیرا علاوه بر تامین انرژی لازم برای زنده‌مانی و نشوونمای آن‌ها، با تجمع در بدن می‌تواند در دوره‌ی غیرفعال شفیرگی نیز مورد استفاده قرار گیرد (۹). رژیم غذایی حشرات کامل نیز علاوه بر تامین انرژی لازم برای ادامه‌ی زندگی، نشان دادن رفتارهای عاشقانه‌ای و تولید فرمون‌های جنسی، بسیاری از پارامترهای نشوونمایی و تولیدمثلی مانند طول عمر، تعداد تخم‌های گذاشته شده و طول دوره‌ی تخم‌ریزی را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد (۲۸).

در زمینه‌ی تهیه‌ی غذاهای مصنوعی به منظور پرورش انبوه مگس‌های میوه از جمله مگس میوهی مدیترانه‌ای مطالعات زیادی انجام گرفته است (۷، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۰، ۲۲، ۲۹، ۳۰، ۳۲ و ۳۳). رژیم‌های غذایی معرفی شده اگر چه بسیار متنوع به نظر می‌رسند، اما هیدرات‌های کربن، پروتئین‌ها، چربی‌ها و ویتامین‌ها

مگس میوهی مدیترانه‌ای یکی از مخرب‌ترین آفات درختان میوه در سطح دنیا به شمار می‌رود و تاکنون بیش از ۴۰۰ گونه‌ی گیاهی از میان انواع مرکبات، درختان هسته‌دار و دانه‌دار به عنوان میزبان آن گزارش شده‌اند (۳۱). این آفت طی سال‌های ۱۳۵۱ تا ۱۳۵۷ از طریق واردات انواع میوه و مرکبات خارجی به ایران وارد شد (۱) و در حال حاضر در استان‌های مازندران، گیلان، گلستان و بخش‌هایی از خراسان شمالی، فارس و کرمانشاه فعالیت آن تایید شده است (۲).

۱، ۲ و ۴ - به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار گروه گیاه‌پزشکی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان  
\* - نویسنده مسئول: (Email: Afshari@gau.ac.ir)

۳ - استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی مازندران

پژوهش تاثیر چند رژیم غذایی مصنوعی لاروی و حشره‌ی کامل بر نشوونما و تولیدمثل مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت.

## مواد و روش‌ها

### تهیه‌ی جمعیت اولیه

به منظور تهیه‌ی جمعیت اولیه‌ی مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای، در شهریور ۱۳۸۹ میوه‌های مرکبات آلوده به لارو و تخم این آفت از باغات مرکبات اطراف شهرستان جویبار جمع‌آوری و پس از قرار گرفتن در درون کیسه‌های پلاستیکی به آزمایشگاه گیاهپزشکی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مازندران منتقل شدند. میوه‌های آلوده درون گلدان‌های پلاستیکی به قطر دهانه‌ی ۲۲ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر با سوراخ‌هایی به قطر سه سانتی‌متر در کف، چیده شدند. دهانه‌ی گلدان‌ها با یک قطعه پارچه‌ی توری مسدود شدند و گلدان‌های حاوی میوه‌های آلوده روی یک زیرگلدانی پلاستیکی به قطر ۱۵ سانتی‌متر که با یک لایه‌ی پنج سانتی‌متری از خاک پوشانده شده بودند (به عنوان یک بستر مناسب جهت تبدیل شدن به سفیره)، قرار گرفتند. گلدان‌ها در شرایط اتاق (رطوبت نسبی  $60 \pm 5$  درصد و دمای  $25 \pm 2$  درجه‌ی سلسیوس) نگهداری شدند تا تخم‌ها یا لاروهای درون میوه‌های آلوده به سفیره و سپس حشره‌ی کامل تبدیل شوند. گونه‌ی حشرات کامل خارج شده توسط دکتر مافی پاشاکلاهی عضو هیات علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع استان مازندران مورد شناسایی و تایید قرار گرفت.

### پرورش و خالص‌سازی جمعیت

به منظور ایجاد یک جمعیت با شرایط تغذیه‌ای نسبتاً همسان، کلنی اولیه‌ی به دست آمده از باغات آلوده به مدت چهار نسل متوالی روی میوه‌های نارنگی ژاپنی به عنوان میزبان طبیعی پرورش یافتند. برای این کار از قفس‌هایی چوبی به ابعاد  $40 \times 40 \times 40$  سانتی‌متر استفاده گردید. تمام دیواره‌های این قفس‌ها با تورهای سیمی نازک پوشانده شد و در یک سمت آن‌ها سوراخی به قطر ده سانتی‌متر ایجاد و یک قطعه پارچه‌ی سفید رنگ به شکل آستین به عنوان در ورودی به آن دوخته شد. تعدادی میوه‌ی نارنگی ژاپنی از سقف قفس آویزان و یا آن که در کف آن چیده شدند تا مگس‌های ماده روی آن‌ها تخم‌ریزی کنند. میوه‌های آلوده به تخم به تدریج از قفس خارج شدند و درون گلدان‌های شرح داده شده در بند قبل قرار گرفتند تا تخم‌های گذاشته شده روی آن‌ها تفریح و لاروها پس از تغذیه و تکمیل نشوونما به سفیره تبدیل گردند. سفیره‌ها پس از جمع‌آوری در درون ظروف پتری قرار گرفتند و پس از پوشانده شدن با لایه‌ای از خاک به درون قفس‌های جدید حاوی میوه انتقال یافتند تا حشرات کامل از

اجزای اصلی آن‌ها به شمار می‌روند که معمولاً با برخی ترکیبات فرعی مانند آنتی‌بیوتیک‌ها و ضدقارچ‌ها مخلوط می‌شوند (۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۳).

کنگوسو و زاکولوتو (۴) نشان دادند که کمبود پروتئین در رژیم غذایی لاروهای مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای موجب کاهش سرعت نشوونمای لاروها، میزان ظهور حشرات ماده و تخم‌گذاری آن‌ها می‌گردد. تاثیر مثبت اسیدهای آمینه‌ی ضروری بر نشوونمای لاروها و طول عمر و زادآوری حشرات ماده‌ی مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای در مطالعات متعدد دیگر به اثبات رسیده است (۱۰، ۲۴ و ۲۵). شلی و همکاران (۲۸) نیز نشان دادند که مگس‌های نر تغذیه نموده از مخلوط پروتئین و شکر در مقایسه با آن‌هایی که فقط از شکر تغذیه نموده بودند، تعداد افراد ماده‌ی بیش‌تری را به سمت خود جلب نمودند و تعداد دفعات جفت‌گیری در آن‌ها نیز به مراتب بیش‌تر بود.

نوع منابع پروتئینی یا هیدروکربنی به کار رفته در رژیم‌های غذایی، بر نشوونما و تولیدمثل مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای اثرات متفاوتی را بر جای می‌گذارد. چانگ و همکاران (۸) نشان دادند که مگس‌های ماده‌ی پرورش یافته روی رژیم غذایی بر پایه‌ی آگار در مقایسه با رژیم غذایی متشکل از پروتئین هیدرولیز شده و شکر، تعداد بیش‌تری تخم گذاشتند. همچنین، رژیم‌های غذایی بر پایه‌ی آگار در مقایسه با رژیم‌های غذایی ساخته شده بر پایه‌ی سبوس گندم، میکروسولوز و نشاسته‌ی سیب زمینی از نظر تراکم و کارایی پرورش سفیره‌ها، نتایج مطلوب‌تری را به دنبال داشتند (۲۳). سوبرینو و همکاران (۳۰) از نظر تعداد و وزن سفیره‌های تشکیل شده و درصد ظهور حشرات کامل، پروتئین سویا را غذایی مطلوب و جان‌شنی مناسب برای ترکیبات پروتئینی گران‌قیمت معرفی نمودند.

تاثیر مثبت انواع مخمرها مانند مخمر آجیو و مخمرهای غنی شده با ویتامین‌ها بر نشوونما و باروری لاروها و حشرات کامل مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای به اثبات رسیده است (۱۴). یواخیم - براوو و همکاران (۲۰) با بررسی تاثیر مخمر آجیو در سنین اولیه‌ی حشرات کامل بر رفتارهای جنسی افراد نر مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای، نتیجه گرفتند که وجود این منبع پروتئینی در رژیم غذایی تعداد دفعات جفت‌گیری را در مگس‌های نر افزایش داد اما بر درصد جفت‌یابی‌های موفق و طول دوره‌ی جفت‌گیری آن‌ها تاثیر معنی‌دار نداشت.

در سال‌های اخیر، برنامه‌های کنترل مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای در بسیاری از مناطق دنیا به سمت استفاده از راه‌فن حشرات عقیم سوق داده شده‌اند. اساس این راه‌فن، پرورش انبوه، عقیم کردن و رهاسازی تعداد زیادی از افراد آفت می‌باشد و در اختیار داشتن رژیم‌های غذایی مناسب از ارکان اصلی برنامه‌های پرورش انبوه این آفت به شمار می‌رود (۱۸). با توجه به اهمیت اقتصادی مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای در ایران و نقش غیرقابل انکار رژیم‌های غذایی لاروی و حشرات کامل در مطالعه‌ی زیست‌شناسی و رفتارشناسی و پرورش انبوه آن، در این

گرم بنزوات سدیم، یک گرم اسید هیدروکلریک و ۵۵ میلی‌لیتر آب مقطر بود. پروتئین سویا ۲۴ ساعت پیش از تهیه‌ی غذا در آب ولرم قرار گرفت و پس از آبکشی، به طور کامل له گردید و سپس اجزای دیگر به آن افزوده شد.

حشرات کامل به دست آمده از هر کدام از رژیم‌های غذایی لاروی به چهار گروه تقسیم شدند و هر گروه به طور روزانه و جداگانه با یکی از رژیم‌های غذایی تهیه شده برای حشرات کامل به شرح زیر تغذیه شدند:

۱) مخلوط شکر و مخمر به نسبت ۳ به ۱ و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر (YS)، ۲) مخلوط پروتئین هیدرولیز شده و شکر به نسبت ۳ به ۱ و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر (PS)، ۳) آب عسل ده درصد (H)، ۴) مخلوط مخمر، شکر و میوه‌ی موز به نسبت ۱ به ۳ به ۶ و ۲۵ میلی‌لیتر آب مقطر (BSY).

#### اندازه‌گیری پارامترها

به منظور بررسی میزان تأثیر رژیم‌های غذایی لاروی بر پارامترهای مختلف، ابتدا تعداد پنجاه عدد ظرف پتری از هر کدام از رژیم‌های غذایی لاروی پر شدند و سپس یک عدد لارو نئونات روی نوار باریکی از کاغذ صافی قرار گرفت و به درون هر کدام از ظرف‌های پتری انتقال یافت. بر اساس تجربه و پس از گذشت حدود پنج روز، ظرف‌های پتری حاوی لاروهای سن آخر به طور جداگانه درون ظروف پلاستیکی شفاف که با یک لایه‌ی دو سانتی‌متری از مخلوط خاکاره و خاک پوشانده شده بودند، قرار داده شدند. سپس درب ظرف‌های پتری نیمه‌باز گذاشته شد تا لاروها از رژیم غذایی لاروی خارج و در درون مخلوط خاک و خاکاره به سفیره تبدیل شوند.

لاروها پس از قرار گرفتن روی رژیم‌های غذایی مربوطه به طور روزانه بازدید و وضعیت نشوونمای آن‌ها ثبت گردید. در هر کدام از رژیم‌های غذایی لاروی، پارامترهای طول دوره‌ی نشوونمای لاروها، درصد زنده‌مانی لاروها، وزن سفیره‌های تشکیل شده، طول دوره‌ی نشوونمای سفیره‌ها، نسبت جنسی حشرات کامل ظاهر شده و وزن حشرات کامل نر و ماده‌ی تازه ظاهر شده اندازه‌گیری و مورد مقایسه قرار گرفتند.

به منظور بررسی تأثیر رژیم‌های غذایی دوران لاروی و حشره‌ی کامل بر ویژگی‌های حشرات کامل، حشرات کامل ظاهر شده از هر کدام از رژیم‌های غذایی لاروی به چهار گروه تقسیم شدند و هر گروه، روزانه با یکی از رژیم‌های غذایی تهیه شده برای حشرات کامل تغذیه شدند. بدین منظور، یک جفت مگس نر و ماده بلافاصله پس از ظهور از هر کدام از رژیم‌های غذایی لاروی در درون ظرف‌های پلاستیکی شفاف به ابعاد  $17 \times 11 \times 4$  سانتی‌متر محبوس شدند و درب ظرف‌ها با یک قطعه پارچه‌ی توری مسدود گردید. یک عدد لیوان

آن‌ها خارج و دوباره روی میوه‌ها تخم‌ریزی نمایند.

پس از گذشت چهار نسل از آغاز پرورش، به کمک یک روش ابتکاری اقدام به تخم‌گیری از حشرات ماده شد. در این روش، تعدادی لیوان پلاستیکی یک‌بار مصرف به قطر دهانه‌ی ده سانتی‌متر و ارتفاع هشت سانتی‌متر انتخاب و سوراخ‌هایی کوچک به قطر ۲ تا ۳ میلی‌متر در دیواره‌ی آن‌ها ایجاد شدند. سپس، یک قطعه پنبه‌ی آغشته به عصاره‌ی میوه‌ی نارنج (با هدف جلب بیش‌تر مگس‌های ماده) در درون لیوان‌ها قرار گرفت و دهانه‌ی آن‌ها با استفاده از یک ظرف پتری مسدود گردید. لیوان‌ها از سقف قفس‌های چوبی آویزان شدند و تعداد ۴۰ تا ۵۰ عدد مگس کامل نر و ماده به نسبت یک به یک درون قفس‌ها رهاسازی شدند. مگس‌های رها شده در درون قفس‌ها با جلب شدن به سمت عصاره‌ی درون لیوان‌ها، در سوراخ‌های ایجاد شده در دیواره‌ی آن‌ها تخم‌ریزی کردند. به منظور آسان‌تر شدن جمع‌آوری تخم‌ها از درون لیوان‌ها، سطح داخلی آن‌ها با یک قطعه کاغذ صافی مرطوب پوشانده شد. پس از گذشت ۲۴ ساعت، لیوان‌ها از قفس خارج شدند و تخم‌ها با استفاده از یک قلم‌موی نازک از سطح کاغذ صافی جدا و به منظور تفریح، در درون ظرف‌های پتری حاوی قطعات کاغذ صافی مرطوب قرار گرفتند. پس از تفریح تخم‌ها، لاروهای نئونات روی رژیم‌های غذایی لاروی انتقال یافتند.

#### رژیم‌های غذایی (تیمارهای) مورد آزمایش

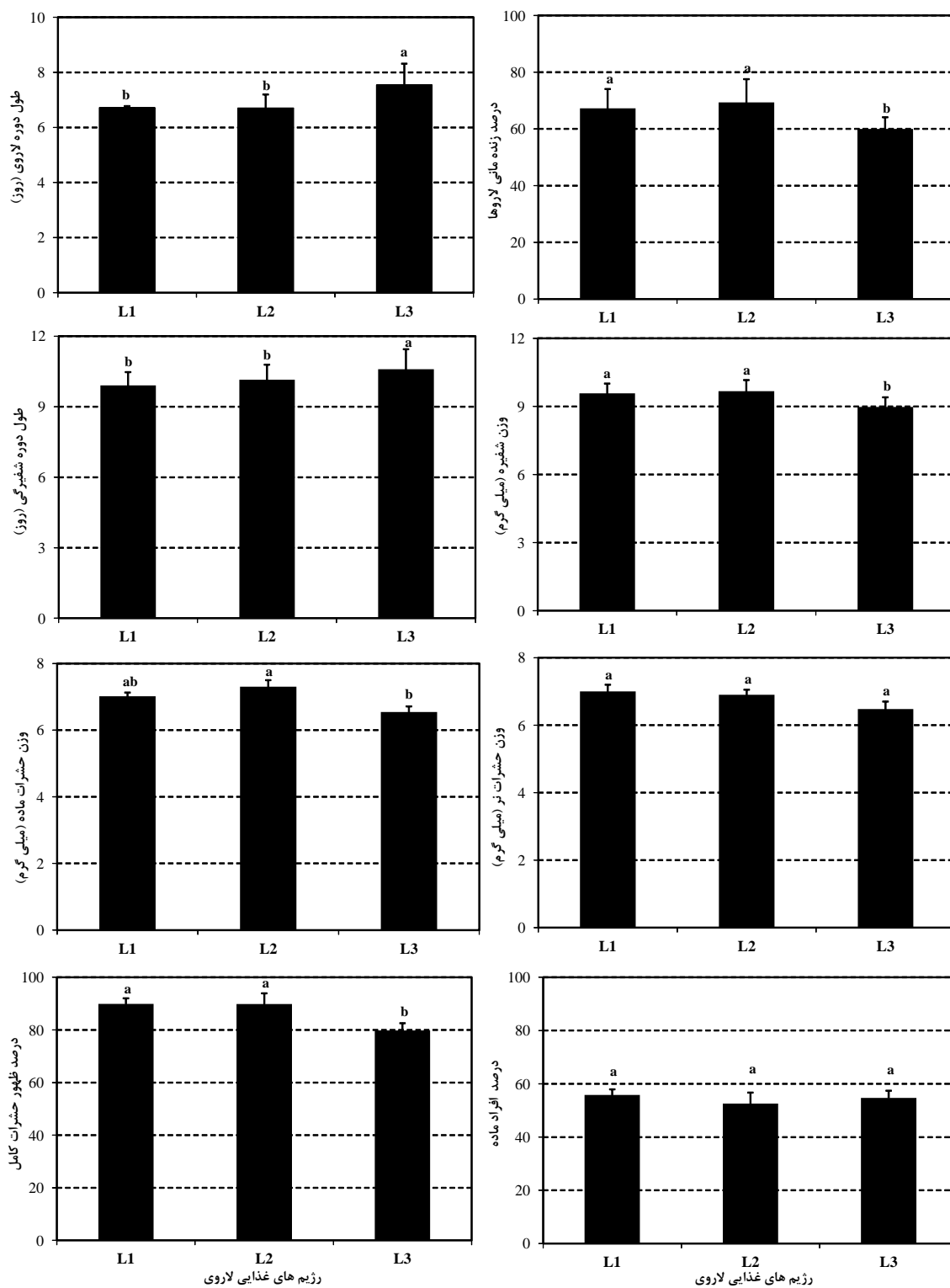
در این مطالعه، تأثیر سه رژیم غذایی لاروی و چهار رژیم غذایی حشرات کامل به عنوان تیمارهای آزمایشی بر پارامترهای نشوونمای و تولیدمثلی مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم‌های غذایی لاروی مورد بررسی عبارت بودند از:

۱) رژیم غذایی شماره‌ی ۱ ( $L_1$ ) که با ایجاد تغییراتی در رژیم غذایی پیشنهادی کاسپی و همکاران (۲۱) ساخته شد و هر واحد آن شامل ۱۰۰ گرم سیبوس گندم، ۲۵ گرم شکر، ۲۵ گرم مخمر آبجو، یک گرم اسید هیدروکلریک، یک گرم بنزوات سدیم و ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود. ابتدا تمام اجزا به استثنای اسید هیدروکلریک با یکدیگر مخلوط شدند و سپس، اسید هیدروکلریک به مخلوط حاصل اضافه گردید.

۲) رژیم غذایی شماره‌ی ۲ ( $L_2$ ) که با ایجاد تغییراتی در رژیم غذایی پیشنهادی پاسکوا (۲۳) ساخته شد. اجزای سازنده‌ی هر واحد این رژیم غذایی عبارت بودند از: ۱۰ گرم سیبوس گندم، ۵۰ گرم جوانه‌ی گندم، ۹ گرم شکر، ۹ گرم مخمر آبجو، ۳ گرم کازئین (پروتئین شیر)، ۴ گرم اسید آسکوربیک، ۰/۲ گرم اسید سوربیک (برای جلوگیری از آلودگی‌های قارچی) و ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر.

۳) رژیم غذایی شماره‌ی ۳ ( $L_3$ ) که با ایجاد تغییراتی در رژیم غذایی پیشنهادی سوپرینو و همکاران (۳۰) تهیه شد و هر واحد آن شامل ۲۸ گرم سیبوس گندم، ۷ گرم پروتئین سویا، ۱۳ گرم شکر، ۰/۳





شکل ۱- مقایسه‌ی میانگین‌های ( $\bar{X} \pm SE$ ) چند ویژگی نشوونمایی مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای پس از تغذیه‌ی لاروها از سه رژیم غذایی مختلف (حروف مشابه در آزمون LSD و سطح احتمال پنج درصد فاقد اختلاف معنی‌دار هستند).

$L_3BYS$  اختلاف معنی دار نداشت اما اختلاف آن با تیمارهای دیگر معنی دار بود. در مقابل، کوتاه ترین عمر حشرات ماده ( $26/1 \pm 1/3$  روز) در ترکیب تیماری  $L_1PS$  (سبوس گندم - پروتئین هیدرولیزه شده + شکر) مشاهده گردید که از تیمار  $L_1H$  به طور معنی داری کم تر بود اما با تیمارهای دیگر اختلاف معنی دار نداشت. طولانی ترین ( $33/7 \pm 1/7$  روز) و کوتاه ترین ( $27/8 \pm 1/6$  روز) عمر مگس های نر به ترتیب در ترکیب های تیماری  $L_1YS$  (سبوس گندم - مخمر + شکر) و  $L_1H$  (سبوس گندم - آب عسل ده درصد) مشاهده شدند. بیش ترین زادآوری مگس های ماده ( $115/2 \pm 5/9$ ) عدد تخم به ازای هر فرد ماده در طول عمر) و درصد تفریح تخم ها ( $78/1 \pm 2/6$  درصد) در ترکیب تیماری  $L_1YS$  (سبوس گندم - مخمر + شکر) مشاهده گردید در حالی که کم ترین زادآوری ( $59/1 \pm 3/3$ ) عدد تخم به ازای هر فرد ماده در طول عمر) و درصد تفریح تخم ها ( $70/7 \pm 1/9$  درصد) به ترکیب تیماری  $L_3H$  (پروتئین سویا - آب عسل ده درصد) تعلق داشت.

در مقابل، طولانی ترین دوره ی پیش از تخم ریزی ( $5/3 \pm 0/2$  روز) در تیمار  $L_3PS$  (پروتئین سویا - پروتئین هیدرولیز شده + شکر) مشاهده شد که با تیمارهای  $L_2H$ ،  $L_3BYS$ ،  $L_3PS$ ،  $L_3H$ ،  $L_1H$  و  $L_1PS$  اختلاف معنی دار نداشت، اما اختلاف آن با تیمارهای دیگر معنی دار بود. همچنین، طولانی ترین ( $23/7 \pm 0/8$  روز) و کوتاه ترین ( $18/8 \pm 1/1$  روز) دوره ی تخم ریزی به ترتیب در ترکیب های تیماری  $L_1YS$  (سبوس گندم - مخمر + شکر) و  $L_1H$  مشاهده شدند. طولانی ترین دوره ی پس از تخم ریزی ( $7/3 \pm 0/98$  روز) در ترکیب تیماری  $L_1H$  (سبوس گندم - آب عسل ده درصد) مشاهده گردید که با تمامی ترکیب های تیماری دیگر دارای اختلاف معنی دار بود. در مقابل، کوتاه ترین دوره ی پس از تخم ریزی ( $2/1 \pm 0/4$  روز) به ترکیب تیماری  $L_2PS$  (جوانه ی گندم - پروتئین هیدرولیزه شده + شکر) تعلق داشت که میانگین آن از تیمارهای  $L_1H$ ،  $L_2H$  و  $L_3H$  به طور معنی دار کوچک تر بود، اما اختلاف آن با تیمارهای دیگر معنی دار نبود. طولانی ترین عمر حشرات ماده ( $31/3 \pm 0/7$  روز) در ترکیب تیماری  $L_1H$  مشاهده شد که با تیمارهای  $L_1YS$ ،  $L_2H$ ،  $L_3H$  و

جدول ۱- مقایسه ی میانگین برخی از ویژگی های نشوونمایی و تولیدمثلی مگس میوه ی مدیترانه ای با تغذیه از رژیم های مختلف غذایی طی دوران لاروی و حشره ی کامل

ویژگی های نشوونمایی / تولیدمثلی							
رژیم های غذایی	طول دوره ی پیش از تخم ریزی (روز)	طول دوره ی تخم ریزی (روز)	طول دوره ی پس از تخم ریزی (روز)	طول عمر حشرات ماده (روز)	طول عمر حشرات نر (روز)	زادآوری (عدد تخم با ازای هر فرد ماده در طول عمر)	درصد تفریح تخم ها
$L_1H$	$5/3 \pm 0/3^{ab}$	$18/8 \pm 1/1^b$	$7/3 \pm 0/98^a$	$31/3 \pm 0/7^a$	$27/8 \pm 1/6^b$	$64/2 \pm 5/4^c$	$70/7 \pm 2/3^b$
$L_1PS$	$4/8 \pm 0/3^{ab}$	$19/2 \pm 1/1^b$	$2/2 \pm 0/5^c$	$26/1 \pm 1/3^b$	$28/1 \pm 1/6^b$	$69/5 \pm 6/8^{bc}$	$71/5 \pm 2/7^b$
$L_1YS$	$4 \pm 0/2^b$	$23/7 \pm 0/8^a$	$2/4 \pm 0/4^c$	$30/2 \pm 0/7^{ab}$	$33/7 \pm 1/7^a$	$115/2 \pm 5/9^a$	$78/1 \pm 2/6^a$
$L_1BYS$	$4/1 \pm 0/2^b$	$21/5 \pm 1/3^{ab}$	$2/4 \pm 0/6^c$	$28/1 \pm 1/3^b$	$30/6 \pm 1/9^{ab}$	$106/7 \pm 7^a$	$74/2 \pm 2/7^{ab}$
$L_2H$	$4/9 \pm 0/4^{ab}$	$19/5 \pm 0/8^b$	$4/6 \pm 0/9^b$	$29/1 \pm 1/2^{ab}$	$28/2 \pm 1/1^b$	$69/9 \pm 3/2^{bc}$	$72/4 \pm 0/9^b$
$L_2PS$	$4/3 \pm 0/2^b$	$21/2 \pm 0/8^{ab}$	$2/1 \pm 0/4^c$	$28/1 \pm 1/1^b$	$28/5 \pm 2^b$	$85/8 \pm 3/6^b$	$71/6 \pm 1^b$
$L_2YS$	$4/2 \pm 0/3^b$	$21/5 \pm 1/3^{ab}$	$2/3 \pm 0/3^c$	$28/1 \pm 1/2^b$	$29/8 \pm 1/7^{ab}$	$109/6 \pm 11/5^a$	$75 \pm 1/7^{ab}$
$L_2BYS$	$3/9 \pm 1/1^b$	$21/7 \pm 1/1^{ab}$	$2/3 \pm 0/3^c$	$27/9 \pm 0/9^b$	$28/7 \pm 1/8^b$	$107/7 \pm 8/7^a$	$73/5 \pm 1/7^{ab}$
$L_3H$	$5/2 \pm 0/3^a$	$18/8 \pm 0/9^b$	$5/5 \pm 0/7^b$	$29/5 \pm 1/4^{ab}$	$28/3 \pm 2^b$	$59/1 \pm 3/3^c$	$70/7 \pm 1/9^b$
$L_3PS$	$5/3 \pm 0/3^a$	$19/8 \pm 0/7^b$	$2/7 \pm 0/4^c$	$27/4 \pm 9/4^b$	$27/5 \pm 1/2^b$	$69/2 \pm 3/7^{bc}$	$72/8 \pm 2/4^{ab}$
$L_3YS$	$4/4 \pm 0/2^b$	$20/7 \pm 0/9^b$	$2/9 \pm 0/3^c$	$27/8 \pm 1/1^b$	$29/19 \pm 1/9^{ab}$	$96/4 \pm 6/6^{ab}$	$75/4 \pm 2/4^{ab}$
$L_3BYS$	$4/6 \pm 0/3^{ab}$	$22/5 \pm 1/2^{ab}$	$2/7 \pm 0/6^c$	$29/8 \pm 1/2^{ab}$	$28/8 \pm 2/5^{ab}$	$108/8 \pm 10/3^a$	$75/3 \pm 1/6^{ab}$

B: میوه ی موز؛ H: آب عسل ده درصد؛  $L_1$ : رژیم غذایی شماره ی یک لاروی؛  $L_2$ : رژیم غذایی شماره ی دو لاروی؛  $L_3$ : رژیم غذایی شماره ی سه لاروی؛ P: پروتئین هیدرولیز شده؛ S: شکر؛ Y: مخمر (حرف L نشان دهنده ی رژیم غذایی در دوره ی لاروی و سایر حروف نشان دهنده ی ترکیب رژیم غذایی حشرات کامل می باشند). حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده ی عدم وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها می باشد.

تیمارهای  $L_1YS$ ،  $L_1BYS$ ،  $L_2YS$ ،  $L_2BYS$ ،  $L_3YS$  و  $L_3BYS$  از نظر میانگین زادآوری با یکدیگر اختلاف معنی‌دار نداشتند، اما میانگین آن‌ها از تیمارهای  $L_1H$  و  $L_3H$  به طور معنی‌دار بیش‌تر بود. میانگین درصد تفریح تخم‌ها در تیمار  $L_1YS$  به طور معنی‌داری از تیمارهای  $L_1PS$ ،  $L_2H$ ،  $L_2PS$  و  $L_3H$  بیش‌تر بود اما با تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌دار نداشت.

## بحث و نتیجه‌گیری

طول دوره‌ی نشوونما و درصد زنده‌مانی لاروها از جمله شاخص‌های مهم در ارزیابی کیفیت رژیم‌های غذایی مورد استفاده در پرورش انبوه مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای به شمار می‌روند (۹). بر اساس نتایج پژوهش ما، رژیم‌های لاروی شماره‌ی یک و دو که حاوی مقادیر متناهی سبوس یا جوانه‌ی گندم و مخمر آبجو بودند موجب افزایش معنی‌دار سرعت نشوونما و زنده‌مانی لاروها شدند، در حالی که رژیم غذایی شماره‌ی سه که حاوی مقادیر کم‌تری سبوس گندم و فاقد مخمر آبجو بود، موجب طولانی‌تر شدن دوره‌ی لاروی و کاهش زنده‌مانی لاروها گردید و افزودن پروتئین سویا به این رژیم غذایی نتوانست از بروز این اثرات منفی جلوگیری نماید.

نتایج پژوهش ما در زمینه‌ی اثرات مثبت رژیم‌های غذایی حاوی سبوس و جوانه‌ی گندم بر نشوونما و زنده‌مانی لاروها با یافته‌های چانگ و همکاران (۷)، پاسکوا (۲۳) و فی و وارنویپورن (۱۷) مطابقت داشت، اما با نتایج سوپرینو و همکاران (۳۰) که رژیم‌های غذایی حاوی سبوس گندم و پروتئین سویای برزیلی را به اندازه‌ی رژیم‌های غذایی حاوی سبوس گندم و مخمر آبجو در افزایش زنده‌مانی لاروها و وزن شفیره‌ها موثر می‌دانستند در تضاد بود. تفاوت در کیفیت مواد به کار رفته در تهیه‌ی رژیم غذایی ممکن است از دلایل احتمالی بروز این اختلاف باشد.

همچنین، نتایج پژوهش ما نشان دادند که تغذیه‌ی لاروهای مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای از رژیم‌های غذایی حاوی سبوس / جوانه‌ی گندم و مخمر آبجو در مقایسه با رژیم‌های غذایی حاوی پروتئین سویا و فاقد مخمر آبجو، موجب افزایش معنی‌دار سرعت نشوونما، وزن و درصد زنده‌مانی شفیره‌ها گردید. در مقابل، تغذیه‌ی لاروها از رژیم غذایی حاوی پروتئین سویا و فاقد مخمر آبجو، زنده‌مانی لاروها و شفیره‌ها را در مجموع ۲۰ درصد (۱۰ درصد در مرحله‌ی لاروی و ۱۰ درصد در مرحله‌ی شفیرگی) کاهش داد. این احتمال وجود دارد که لاروهای مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای به هنگام تغذیه از رژیم غذایی حاوی پروتئین سویا و فاقد مخمر آبجو از نظر دریافت و هضم برخی از مواد مغذی با مشکل مواجه شده و این امر در نهایت موجب کاهش وزن شفیره‌ها و حتی مرگ آن‌ها گردد. نتایج ما در زمینه‌ی تاثیر مثبت تغذیه‌ی دوران لاروی بر وزن شفیره‌ها با یافته‌های چان و همکاران

(۶) و چانگ و همکاران (۹) و در زمینه‌ی تاثیر مثبت بر وزن و درصد ظهور حشرات کامل با یافته‌های کاسپی و همکاران (۲۱) و کنگسو و زاکولاتو (۴ و ۵) مطابقت داشت.

نتایج پژوهش ما نشان دادند که رژیم غذایی دوره‌ی لاروی، وزن حشرات ماده را به طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار داد در حالی که بر وزن حشرات نر تاثیر معنی‌دار نداشت. این موضوع شاید به دلیل تاثیر بیش‌تر کمیت و کیفیت غذای مصرفی بر اندازه و تعداد تخمک‌ها در مگس‌های ماده نسبت به اسپرم‌ها در افراد نر باشد. کاسپی و همکاران (۲۱) در یک بررسی بیوشیمیایی نشان دادند که مقدار پروتئین در بدن مگس‌های نر بر خلاف مگس‌های ماده تحت تاثیر نوع غذای مصرفی قرار نگرفت و این موضوع را با نیاز بیش‌تر مگس‌های ماده به ترکیبات پروتئینی برای نشوونمای تخم‌ها مرتبط دانست.

نتایج پژوهش ما نشان دادند که زادآوری مگس‌های ماده، باروری تخم‌های گذاشته شده، طول دوره‌ی تخم‌ریزی و طول عمر مگس‌های ماده و نر زمانی به بیش‌ترین مقادیر خود رسیدند که در دوره‌ی لاروی از رژیم غذایی حاوی سبوس گندم و مخمر آبجو و در مرحله‌ی حشره‌ی کامل از مخلوط مخمر (منبع پروتئین) و شکر (منبع هیدرات کربن) تغذیه نموده باشند. تاثیر تغذیه‌ی مناسب در مراحل لاروی و حشره‌ی کامل بر طول عمر و زادآوری مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای توسط پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش شده است (۳، ۲۱ و ۲۷). با توجه به اثرات مثبت تغذیه از رژیم غذایی حاوی سبوس گندم و مخمر آبجو بر نشوونمای لاروها (نشوونمای سریع‌تر و زنده‌مانی بیش‌تر)، لذا در مجموع، این رژیم غذایی (ترکیب تیماری  $L_1YS$ ) به عنوان مناسب‌ترین رژیم غذایی توصیه می‌گردد.

همچنین، نتایج پژوهش ما نشان دادند که طول عمر حشرات کامل تغذیه نموده از رژیم‌های غذایی فاقد منابع پروتئینی (مخمر یا پروتئین هیدرولیزه شده) مانند آب عسل ده درصد نسبتاً طولانی بود و با رژیم‌های غذایی حاوی مخلوط منابع پروتئینی و هیدرولیزه تفاوت معنی‌دار نداشت. البته این افزایش طول عمر بیش‌تر از طریق افزایش طول دوره‌های پیش و پس از تخم‌ریزی بود و طول دوره‌ی تخم‌ریزی که در برنامه‌های پرورش انبوه این مگس ویژگی مهم‌تری به شمار می‌رود، در رژیم‌های غذایی فاقد ترکیبات پروتئینی به طور چشمگیری کاهش یافت. از سوی دیگر، رژیم‌های غذایی فاقد ترکیبات پروتئینی، زادآوری حشرات ماده و باروری تخم‌های گذاشته شده توسط آن‌ها را در مقایسه با رژیم‌های غذایی حاوی منابع پروتئینی به میزان چشمگیری کاهش دادند، به طوری که در مواردی، میزان زادآوری در رژیم غذایی آب‌عسل ده درصد تا حدود ۵۰ درصد کاهش یافت که این موضوع، ضرورت وجود منابع پروتئینی را در رژیم‌های غذایی حشرات کامل نشان می‌دهد.

نتایج پژوهش ما در زمینه‌ی تاثیر مثبت وجود منابع پروتئینی در رژیم‌های غذایی حشرات کامل بر طول عمر مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای

عدم تاثیر مثبت و بالا بردن هزینه تهیهی غذای مصنوعی، توصیه نمی‌گردد. همچنین با توجه به اهمیت رفتارهای جفتگیری مگس‌های نر در راه‌فن حشرات عقیم، توصیه می‌گردد تاثیر رژیم‌های غذایی مورد نظر بر رفتارهای معاشقه‌ای، قدرت جفت‌یابی، تعداد دفعات و مدت زمان جفت‌گیری مگس‌های نر، سرعت بلوغ و ترشح فرمون توسط نرها و قابلیت جستجوی منابع پروتئینی و هیدروکربنی در شرایط مزرعه مورد ارزیابی قرار گیرند.

به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، استفاده از رژیم‌های غذایی بر پایه‌ی سبوس یا جوانه‌ی گندم به منظور پرورش انبوه لاروها و مخمر+شکر جهت تغذیه‌ی حشرات کامل مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای توصیه می‌شود. نتایج این پژوهش می‌تواند در پرورش انبوه این مگس در آزمایشگاه‌ها و اینسکتاریوم‌ها مورد استفاده قرار گیرد.

با یافته‌های بری و همکاران (۳) و پلاسیدو-سیلوا و همکاران (۲۵) مطابقت داشت. طول عمر مگس‌های نر در برنامه‌های رهاسازی حشرات عقیم یک ویژگی کلیدی به شمار می‌رود زیرا عمر طولانی‌تر نرها پس از رهاسازی، شانس جفتگیری آن‌ها را با مگس‌های ماده افزایش می‌دهد (۳).

در این پژوهش، تاثیر افزودن میوه‌ی موز (به عنوان یک تقویت‌کننده‌ی احتمالی) به رژیم‌های غذایی حشرات کامل نیز مورد بررسی قرار گرفت، اما نتایج به دست آمده نشان دادند که این رژیم غذایی در مقایسه با رژیم‌های غذایی فاقد موز بر هیچکدام از ویژگی‌های کلیدی حشرات کامل مانند طول عمر، طول دوره‌ی تخم‌ریزی، زادآوری و باروری تخم‌های گذاشته شده تاثیر معنی‌دار نداشت. بنابراین، افزودن موز به رژیم غذایی حشرات کامل به دلیل

## منابع

- ۱- سبزواری ع. و جعفری م. ۱۳۷۰. مگس میوه مدیترانه‌ای، *Ceratitis capitata* بررسی‌های بیواکوژیک و چگونگی ریشه‌کن شدن آن در مازندران آخرین کانون پایداری آفت در ایران. نشریه فنی موسسه‌ی تحقیقات آفات و بیماری‌های گیاهی، ۳۹، صفحه.
- ۲- میرساردو س.، مافی‌پاشاکلابی ش. و براری ح. ۱۳۸۹. بررسی مقدماتی پراکنش جغرافیایی مگس میوه‌ی مدیترانه‌ای *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) (Wiedemann) در استان مازندران. فصلنامه‌ی تحقیقات حشره‌شناسی. جلد ۲، شماره‌ی ۲، صفحات ۱۴۳ تا ۱۵۴.
- 3- Barry J.D., Opp S.B., Dragolovich J., and Mosser J.S. 2007. Effect of adult diet on longevity of sterile Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 90(4): 650-655.
- 4- Cangussu J.A., and Zucoloto. 1997. Effect of protein sources on fecundity, food acceptance and sexual choice by *Ceratitis capitata*, *Revista Brasileira de Biologia*, 5: 611-618.
- 5- Cangussu J.A. and Zucoloto F.S. 1992. Nutritional value and selection of different diet by adult *Ceratitis capitata* fruit flies. *Journal of Insect Physiology*, 38: 485-491.
- 6- Chan H.T., Hansen J.D. and Tam S.Y.T. 1990. Larval diet from different protein sources for Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, 83:1954-1958.
- 7- Chang C.L., Kurashima R. and Albrecht C. 2000. Effect of limiting concentration of growth factors in mass rearing diets for *Ceratitis capitata* larvae (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 898-903.
- 8- Chang C.L., Albrecht C., El-Shall S.S.A. and Kurashima R. 2001a. Adult reproductive capacity of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on a chemically defined diet. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(5): 702-706.
- 9- Chang C.L., Kurashima R. and Albrecht C.P. 2001b. Larva development of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) on a meridic diet. *Annals of the Entomological Society of America*, 94(4): 433-437.
- 10- Chang C.L. 2004. Effect of amino acids on larvae and adults of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 97(3): 529-535.
- 11- Chang C.L., Caceres C. and Jang E.B. 2004. A novel liquid larval diet and its rearing system for melon fly, *Bactrocera cucurbita* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 97(3): 524-528.
- 12- Chang C.L., Vargas R.I., Caceres C. and Jang E.B. and Cho I.K. 2006. Development and assessment of a liquid larval diet for *Bactrocera cucurbita* (Diptera: Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 99(6):1191-1198.
- 13- Chang C.L., Caceres C., and Ekesi S. 2007. Life history parameters of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) reared on liquid diets. *Annals of the Entomological Society of America*, 100(6): 900-906.
- 14- Chang C.L. 2009. Evaluation of yeasts and yeast products in larval and adult diet for the oriental fruit fly *Bactrocera dorsalis*, and adult diet for the Medfly *Ceratitis capitata*, and the Melonfly, *Bactrocera*



- curcurbita*. Journal of Insect Science, 9(23): 1-9.
- 15- Davies S., Kattel R., Bhatia B., Petherwick A., and Chapman T. 2005. The effect of diet, sex, and mating status on longevity in Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, Diptera: Tephritidae. Experimental Gerontology, 40: 784-792.
  - 16- Ekesi S., Nderitu P. and Chang L.C. 2007. Adaptation to and small-scale rearing of invasive fruit fly *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) on artificial diet. Annals of Entomological Society of America, 100(4): 562-567.
  - 17- Fay H.A.C. and Wornoaypron V. 2002. Inert reusable substrates as potential replacements for wheat bran in larval diets for Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied). (Diptera: Tephritidae). Journal of Applied Entomology, 126: 92-96
  - 18- Hendriche J., Robinson A.S., Cayol J.P., and Enkerlin W. 2002. Medfly areawide sterile insect technique programmes for prevention, suppression or eradication. Florida Entomologists, 85(1): 1-13.
  - 19- Hernandez E., Rivera J.P., Orozco-Davila D., Salvador M. and Toledo J. 2010. An artificial larval diet for rearing of *Anastrepha striata* (Diptera: Tephritidae) Florida Entomologist, 93(2): 167-174.
  - 20- Joachim-Bravo I.S., Anjos C.S., and Costa A.M. 2009. The role of protein in the sexual behavior of males of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): mating success, copula duration and number of copulations. Zoologia, 26 (3): 407-412.
  - 21- Kaspi R., Mossinson S., Drezner T., Kamensky B. and Yuval B. 2002. Effect of larval diet on developmental rates and reproductive maturation of male and female Mediterranean fruit fly. Physiological Entomology, 27: 29-38.
  - 22- Nestel D., and Nemny-Lavy E. 2008. Nutrient balance in Medfly, *Ceratitis capitata*, larval diets affects the ability of the developing insect to incorporate lipid and protein reserves. Entomologia Experimentalis et Applicata, 126(1): 56-60.
  - 23- Paskova M. 2007. New larval agar- based diet for laboratory rearing Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). Biologia, 62(4): 477-481.
  - 24- Placido-Silva M.C., Zucoloto F.S., Joachim- Bravo I.S. 2005. Influence of protein on feeding behavior of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae): Comparison between immature males and females. Neotropical Entomology, 34(4): 539-545.
  - 25- Placido-Silva M.C., Silvaneto A.M., Zucoloto F.S., and Joachim-Bravo I.S. 2006. Effect of different protein concentration on longevity and feeding behavior of two adult populations of *Ceratitis capitata* Wiedemann (Diptera: Tephritidae). Neotropical Entomology, 35(6): 747-752.
  - 26- SAS Institute. 1999. SAS user's guide, version 8.2. SAS Institute, Cary, NC, USA
  - 27- Shelly T.E., and McInnis D.O. 2003. Influence of adult diet on the mating success and survival of male Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae) from two mass-rearing strains on field-caged host plants. Florida Entomologist, 86(3): 340-344.
  - 28- Shelly T.E., Kennelly S.S. and McInnis D.O. 2002. Effect of adult diet on signaling activity, mate attraction, and mating success in male Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). Florida Entomologist, 85: 150-155.
  - 29- Shelly T.E., Edu J., and Pahio E. 2006. Dietary protein and mating competitiveness of sterile males of the Mediterranean fruit flies (Diptera: Tephritidae): Measurements of induced egg sterility in large field enclosures. Florida Entomologist, 89(2): 277-278.
  - 30- Sobrinho R.B., Caceres C., Islam A., Wornoaypron V., and Enkerlin W. 2006. Diets based on soybean protein for Mediterranean fruit fly. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41(4): 705-708.
  - 31- Thomas M.C., Heppner J.B., Woodruff R.E., Weems H.V. Steck G.J., and Fasulo T.R. 2001. Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Insecta: Diptera: Tephritidae). The Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS) Extension Service, University of Florida, EENY-214, 18pp. Available at: <http://www.edis.ifas.ufl.edu/in371> (Revised: September 2010).
  - 32- Vargas R., and Mitchell S. 1987. Two artificial larval diets for rearing *Dacus latifrons* (Diptera: Tephritidae). Journal of Economic Entomology, 80(6): 1337-1339.
  - 33- Vargas R., Michell S., Fujit B., and Aalbrecht C. 1990. Rearing techniques for *Dacus latifrons* (Diptera: Tephritidae). Hawaiian Entomological Society, 30: 71-78.