

مقاله مروری

تأثیر عوامل زنده و غیر زنده در پرورش شب پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* (Zeller)

سید حسن ملکشی^۱، سید عظیم سجادی^۲، محمد رضا عطاران^۱

۱-۳- استادیار، استادیار، موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

۲- دانشجوی دکتری حشره شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

مسئول مکاتبات: سید حسن ملکشی، ایمیل: H.malkeshi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۹/۰۵

۱۲-۱۱(۱)

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۰۸

چکیده

شب پره مدیترانه‌ای یا بید آرد *Ephestia kuehniella* از آفات مهم محصولات انباری است که علاوه بر کاهش کیفیت محصولات، به عنوان مدل پژوهشی در مطالعات زیست شناسی و فیزیولوژی حشرات و همچنین مراحل تخم و لاروی آن به عنوان میزبان واسطه و طعمه برای پرورش دشمنان طبیعی در انسکتاریوم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد. این مطالعه به بررسی عوامل زنده و غیرزنده مؤثر بر پرورش بید آرد در انسکتاریوم‌ها شامل رژیم‌های غذایی، دما، فتوپریود، رطوبت نسبی و دشمنان طبیعی می‌پردازد. رژیم‌های غذایی مناسب، به ویژه ترکیب‌های آرد و سبوس گندم و آرد ذرت، تأثیرات مثبتی بر رشد، تولید مثل و کیفیت تخم‌ها دارند. دما به عنوان یکی از عوامل کلیدی، در محدوده ۲۵ تا ۳۰ درجه سلسیوس، بهترین شرایط را برای رشد و تکامل این حشره فراهم می‌کند؛ در حالی که دمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس موجب کاهش زنده ماندن و تولید مثل می‌شوند. فتوپریود نیز بر زمان تکامل و تولید مثل شب پره مدیترانه‌ای تأثیرگذار است و تنظیم آن در حدود ۱۶L:۸D می‌تواند رشد و تکامل را تسریع کند. علاوه بر این، رطوبت نسبی ۵۰ تا ۷۰ درصد، کیفیت لاروها، شفیره‌ها و حشرات بالغ را بهبود می‌بخشد. این مطالعه نشان می‌دهد که بهینه‌سازی عوامل محیطی می‌تواند کارایی بید آرد را در برنامه‌های مهار زیستی آفات ارتقاء دهد و به کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری پرورش بید آرد در انسکتاریوم‌ها کمک کند. حضور عوامل زنده مانند مورچه‌ها، موش‌ها، سوسک‌های آرد، کنه‌های آرد، زنبورهای براکونیده و عوامل بیمارگر نیز می‌تواند تأثیرات منفی قابل توجهی بر رشد و تولید مثل بید آرد داشته باشد و از موانع تولید شب پره مدیترانه‌ای در واحدهای پرورش محسوب می‌شوند؛ لذا اعمال مقررات قرنطینه‌ای و بهداشت واحدهای پرورش و ممانعت از ورود مورچه‌ها، موش‌ها، زنبورهای پارازیتوئید براکونیده، شپشه آرد و کنه‌ها و شستشو و ضد عفونی ظروف پرورش برای پیشگیری از ظهور عوامل بیمارگر برای بهینه‌سازی فرآیند تولید تخم بید آرد در انسکتاریوم‌ها ضروری است.

واژه‌های کلیدی: پرورش انبوه، رژیم غذایی، شرایط محیطی، عوامل زنده، بید آرد

مقدمه

انباری، با ایجاد تارهای ابریشمی در هم تنیده، موجب کاهش کیفیت و بازارپسندی محصولات انباری نیز می‌شوند (Cox & Bell, 1991). این حشره همچنین به عنوان مدل در مطالعات پایه در زمینه‌های مختلف فیزیولوژی، زیست شناسی و ژنتیک مورد استفاده قرار می‌گیرد و در پژوهش‌های علمی اهمیت زیادی دارد (Tahernia et al., 2020). تخم‌های حشرات راسته بالپولک‌داران به دلیل

بید آرد یا شب پره مدیترانه‌ای آرد *Ephestia kuehniella* (Lep.: Pyralidae) یکی از آفات مهم محصولات انباری مانند غلات و فرآورده‌های آن، میوه‌های خشک، بادام، فندق، پسته و غیره در کشورهای مختلف به شمار می‌رود (Jallouli et al., 2013; Ayvaz et al., 2010; Rees, 2003). لاروهای بید آرد علاوه بر تغذیه از محصولات

(2013). بررسی‌ها نشان داده‌اند که نوع غذای مصرف شده توسط میزبان می‌تواند بر فراسنجه‌های زیستی انگل واره‌هایی که از آن‌ها تغذیه می‌کنند تأثیر گذارد (Tillman & Cate., 1993). تخم بیدآرد به‌عنوان یک میزبان جایگزین در پرورش پارازیتوئیدها و منبع غذایی مناسب در پرورش حشرات شکارگر، اهمیت زیادی دارد. بنابراین، اندازه و کیفیت تخم‌های بیدآرد می‌تواند در انتخاب میزبانی و شایستگی عوامل کنترل بیولوژیک تأثیرگذار باشد (Abroun *et al.*, 2013). به این ترتیب، کیفیت و کمیت تخم‌های تولید شده توسط حشرات بالغ، هدف اصلی در پرورش بیدآرد به شمار می‌رود که به شدت تحت تأثیر نوع رژیم غذایی قرار دارد. تأثیر رژیم‌های غذایی مختلف بر رشد و تولید مثل بیدآرد توسط پژوهشگرهای مختلف بررسی شده است (Rodriguez– Mendez *et al.*, 1988, Magrini *et al.*, 1993, Mehrkhou F. & Tarlack P. 2016 Soltani neshad *et al.*, 2016, Rahmani *et al.*, 2019). رژیم‌های غذایی مورد استفاده در پرورش بیدآرد در کشورهای مختلف، معمولاً با تولید عمده محصولات کشاورزی آن کشورها ارتباط مستقیم دارند و شامل موادی مانند آرد و سبوس گندم، آرد ذرت، یولاف (Magrini *et al.*, 1993)، دانه ذرت و جو، دانه سویا و مواد افزودنی ویتامینی نظیر مخمر آبجو و جوانه گندم (Rodriguez *et al.*, 1988) و مکمل‌هایی مانند ویتامین C، قندهایی مانند مانیتول و سوربیتول (Ajamhssani & Amiri Jami., 2020, Tavalla & Ajamhassani., 2024) هستند. این مواد غذایی به‌صورت جداگانه یا ترکیب‌شده با سایر رژیم‌های غذایی می‌توانند بر فراسنجه‌های جدول زندگی، قدرت باروری، دوره رشدی نابالغ، وزن بدن حشرات بالغ و در نهایت کیفیت و کمیت تخم‌های تولید شده تأثیر گذارند. در پژوهشی که توسط (Ayvaz & Karabörklü 2008) انجام شد، تأثیر مثبت رژیم غذایی مبتنی بر آرد ذرت بر دوره رشدی نابالغ (تخم تا بلوغ) در پرورش بیدآرد گزارش شده است. این پژوهشگرها همچنین مشاهده کردند که بالاترین میزان تفریح تخم زمانی حاصل شد که حشرات بالغ از آرد چاودار در دوره قبل از بلوغ تغذیه کردند، در حالی که

کیفیت غذایی بالا و ارزش تغذیه‌ای در تأمین نیازهای غذایی حشرات مفید، به‌ویژه در کنترل بیولوژیک آفات (مانند پارازیتوئیدها و شکارگرها)، اهمیت دارند و به‌عنوان یکی از رژیم‌های غذایی باکیفیت در انسکتاریوم‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند (Yazdani *et al.*, 2005; Malkeshi *et al.*, 2018). علاوه بر این، به دلیل سهولت پرورش بید آرد در شرایط آزمایشگاهی و هزینه‌های نسبتاً پایین برای تولید انبوه آن، این حشره به‌عنوان میزبان جایگزین برای تغذیه کلنی دشمنان طبیعی آفات (شکارگرها و پارازیتوئیدها) مورد استفاده قرار می‌گیرد (Özder & Kara, 2010). چرخه زندگی بید آرد (*E. kuehniella*) شامل چهار مرحله اصلی تخم، لارو، شفیره و حشره بالغ است. در شرایط بهینه (دمای ۲۵-۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۰-۷۰٪)، تخم‌ها به مدت ۲-۳ روز پس از تخم‌گذاری تفریح می‌شوند. لاروها طی چهار سن لاروی رشد می‌کنند، که مجموعاً حدود ۱۱-۱۴ روز به طول می‌انجامد. این چهار سن لاروی شامل: سن ۱ (۱-۲ روز)، سن ۲ (۲-۳ روز)، سن ۳ (۳-۵ روز) و سن ۴ (۵-۷ روز) است. پس از اتمام دوره لاروی، لاروها به شفیره تبدیل می‌شوند که این مرحله معمولاً ۷-۱۰ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس طول می‌کشد. حشره بالغ پس از تکمیل مرحله شفیرگی به مدت ۱۴-۱۰ روز عمر می‌کند. این چرخه معمولاً در دمای مناسب (حدود ۲۵-۳۰ درجه سلسیوس) ۳۰ تا ۴۵ روز تکمیل می‌شود (Pakyari *et al.*, 2016, 2019).

۱- تأثیر رژیم غذایی در پرورش شب پره

مدیرانه‌ای آرد *E. kuehniella*

۱-۱- رژیم‌های غذایی

یکی از جنبه‌های کلیدی در تغذیه حشرات، حفظ تعادل غذایی است. عدم تعادل میان اسیدهای آمینه، مواد معدنی و ویتامین‌ها می‌تواند منجر به کاهش مصرف غذا و اختلال در رشد و نمو حشرات شود (Bandani, 2013). کمیت و کیفیت غذای مصرفی نه تنها بر نرخ رشد، طول دوره لاروی و وزن بدن لاروها تأثیر می‌گذارد، بلکه می‌تواند بر عملکرد حشره بالغ، از جمله میزان باروری، نیز مؤثر باشد (Bandani,

مثل این حشره فراهم می کنند. اما دمای بسیار پایین یا بالا می توانند تأثیرات منفی بر این فرآیندها داشته باشند. به طور خاص، دمای بالای ۳۵ درجه سلسیوس موجب کاهش بقا و تولید مثل می شوند، در حالی که دمای پایین تر موجب طولانی شدن دوره رشد و اختلال در تکثیر می گردند. در انسکتاریوم ها، مدیریت دما برای تولید انبوه حشرات و استفاده از آن ها در برنامه های مهار زیستی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در دمای بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سلسیوس، سرعت رشد و تکامل حشرات در شرایط ایده آل قرار دارد، در حالی که دمای پایین تر یا بالاتر از این محدوده معمولاً منجر به کاهش زندهمانی و آسیب به روند تولید مثل حشره می شود. بنابراین، حفظ دمای مناسب برای پرورش حشرات، به ویژه در فرآیندهای تولید انبوه و مهار زیستی، امری ضروری است. مطالعات مختلف نشان داده اند که دما تأثیر زیادی بر تکامل *E. kuehniella* دارد. نتایج پژوهش Pakyari et al. (2016) نشان داد که طول عمر حشرات بالغ بید آرد در دمای پایین تر افزایش می یابد، در حالی که در دمای بالاتر کاهش می یابد. همچنین، باروری تخم ها در دمای ۳۰ درجه سلسیوس به کمترین مقدار (۱۶۰/۵۴ تخم) و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به بیشترین مقدار (۳۵۱/۷۵ تخم) رسید. پژوهش دیگری توسط Pakyari et al. (2019) تأثیر نه دمای مختلف را بر رشد و تکامل بید آرد بررسی کردند. نتایج نشان داد که در دمای ۱۰ و ۳۲/۵ درجه سلسیوس، این گونه به تکامل نرسید. در سایر دما، زمان کل رشد از تخم تا ظهور حشرات بالغ بین ۵۰ تا ۱۶۴ روز متغیر بود. دمای ۲۵ درجه سلسیوس بهترین دما برای تکامل این گونه بود، در حالی که دمای ۳۰ درجه سلسیوس برای رشد سریع تر مناسب بودند. همچنین، نتایج پژوهش Moghadamfar et al. (2020) نشان داد که زمان تکامل در مراحل مختلف زندگی این حشره در دمای ۳۰ درجه سلسیوس کوتاه تر است، اما طول عمر نرها و ماده ها با افزایش دما کاهش می یابد. بنابراین بهترین دما برای تولید مثل و رشد این حشره بین ۲۵ تا ۲۷ درجه سلسیوس بوده است.

کمترین میزان تفریح تخم در تغذیه از آرد ذرت مشاهده گردید. اختصاص ۲۵ درصد از رژیم غذایی بید آرد به سبوس نیز تأثیر مثبتی در قدرت باروری حشرات ماده داشت که توسط Yazdani et al (2005) گزارش شد. نقش اسیدهای چرب اشباع نشده در رشد طبیعی لاروهای بال پولک داران توسط پژوهشگرهای بسیاری تأیید شده است (Vanderzant, 1968). در همین راستا، Rahmani et al. (2019) تأثیر روغن های پالم، گلیسرین و پومیس را در رژیم های غذایی استاندارد (۶۸٪ آرد گندم، ۲۹٪ سبوس گندم و ۳٪ مخمر) به میزان ۱۰٪ بررسی کردند. نتایج نشان داد که رژیم های غذایی حاوی روغن های مذکور نسبت به غذای استاندارد فاقد کیفیت لازم برای پرورش این حشره بودند. Soltani Nezhad et al. (2016) در پژوهشی دیگر، تأثیر هشت رژیم غذایی مختلف بر رشد و تولید مثل بید آرد را بررسی کردند. نتایج پژوهش نشان داد که ترکیب آرد گندم، سبوس گندم، آرد ذرت، مخمر نان و گلیسرین به نسبت های ۴۱/۵٪، ۲٪، ۴۳/۵٪، ۳٪ و ۱۰٪، به عنوان مناسب ترین جیره غذایی معرفی شده است که تأثیر معنی داری بر رشد و تولید مثل بید آرد داشت. در نهایت، هزینه های رژیم های غذایی یکی از شاخص های مهم در پرورش شکارگرها و پارازیتوئیدها است که می تواند به طور مستقیم بر هزینه استفاده از عوامل مهار زیستی در مهار آفات تأثیر گذارد. بنابراین، انتخاب رژیم غذایی مطلوب و مناسب نه تنها به بهبود رشد و تولید مثل بید آرد کمک می کند، بلکه نقش حیاتی در ارتقاء فرهنگ استفاده از عوامل مهار زیستی در کنترل آفات دارد.

۲-تأثیر عوامل محیطی بر پرورش بید آرد *E. kuehniella* در انسکتاریوم ها

۲-۱- دما

دما یکی از عوامل کلیدی در پرورش حشرات انسکتاریوم ها است که تأثیر زیادی بر رشد، تولید مثل و رفتار بید آرد *E. kuehniella* دارد. دما نقش حیاتی در سرعت رشد و بقا ایفا می کند. دمای متوسط، به ویژه حدود ۳۰ درجه سلسیوس، بهترین شرایط را برای تکامل و تولید

۲-۲- دوره نوری

بید آرد *E. kuehniella* یکی از آفات مهم مواد غذایی است که در محیط‌های پرورشی مانند انسکتاریوم‌ها برای تولید و تکثیر بهینه، به شرایط خاصی از نور، دما و رطوبت نیاز دارد. یکی از عوامل کلیدی که بر رشد، بلوغ و تولیدمثل حشره تأثیرگذار است، دوره نوری یا فتوپریود (Photoperiod) است. دوره نوری نقش حیاتی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی، رفتاری و تولیدمثل حشرات دارد و می‌تواند تأثیرات قابل توجهی بر رشد، بلوغ، رفتار تغذیه‌ای و فعالیت‌های حرکتی آن‌ها داشته باشد. در شرایط پرورش حشرات در انسکتاریوم‌ها، تنظیم دقیق دوره نوری به عنوان ابزاری برای شبیه‌سازی محیط‌های طبیعی و بهبود شرایط رشد و تولیدمثل استفاده می‌شود. به طور کلی، دوره نوری در پرورش حشرات تأثیرات مهمی بر بهینه‌سازی شرایط رشد، تنظیم تولیدمثل و مدیریت جمعیت حشرات دارد. به عنوان مثال، دوره نوری می‌تواند بر طول دوره رشد و نمو و همچنین اندازه حشرات بالغ تأثیر گذارد (Danks, 1987). دوره نوری نه تنها بر سرعت رشد لاروها بلکه بر زمان تبدیل آن‌ها به مرحله بلوغ نیز تأثیرگذار است. این تأثیرات به ویژه در شرایط پرورش کنترل شده در انسکتاریوم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. به عنوان نمونه Moghadamfar & Pakyari (2018) در پژوهش خود نشان دادند که فتوپریود تأثیر معنی داری بر زمان تکامل و رفتار ظهور *E. kuehniella* دارد، اما تأثیر آن بر تعداد تخم گذاری‌ها از نظر آماری تفاوت معنی داری نداشته است. (Pakyari et al. (2019 همچنین به این نتیجه رسیدند که زمان توسعه مراحل مختلف زندگی مانند تخم، لارو و شفیره در شرایط تاریکی مداوم و فتوپریود L16:8D به طور معنی داری متفاوت است. علاوه بر این، فتوپریود بر الگوی ظهور و طول عمر ماده‌ها و نرها تأثیرگذار بوده و روند تولیدمثل آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. نتایج پژوهش Zavodskaya et al. (2012) نیز نشان می‌دهد که رفتار جلب توجه ماده‌های *E. kuehniella* که در سپیده دم رخ می‌دهد، در شرایط تاریکی یک روند پایدار را نشان داده است. این یافته‌ها نمایانگر تنظیم این رفتار توسط ساعت بیولوژیکی حشره است.

۲-۳- رطوبت نسبی

رطوبت نسبی یکی از عوامل کلیدی محیطی در پرورش بید آرد است که باید به دقت در کنار سایر عوامل محیطی مانند دما و نور تنظیم شود تا شرایط بهینه برای رشد و تولیدمثل حشره فراهم گردد. میزان رطوبت تأثیر زیادی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف، از جمله رشد، تغذیه و تولیدمثل بید آرد دارد. به ویژه، رطوبت نسبی نه تنها بر سرعت رشد و تکامل لاروها تأثیر می‌گذارد، بلکه کیفیت شفیره‌ها و زنده‌مانی حشرات بالغ را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. به همین دلیل است که در هنگام آلوده سازی توصیه می‌شود تا روی بسترهای پرورش مقداری آب نیز اسپری شود تا رطوبت کافی برای تغریخ تخم‌ها و خروج و تغذیه لاروها از آرد وجود داشته باشد. بر اساس یافته‌های مختلف، رطوبت نسبی ایده‌آل برای پرورش بید آرد در انسکتاریوم‌ها در محدوده ۵۰ تا ۷۰ درصد توصیه می‌شود. بر اساس مطالعات Jacob & Cox (1977) رطوبت نسبی و دما بر طول دوره لاروی اثر گذار است، طول دوره لاروی در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۷۵ درصد نسبت به سایر دماها کوتاهتر است و کاهش رطوبت نسبی طول دوره لاروی را افزایش می‌دهد. این سطح رطوبت شرایط مناسبی برای رشد و تکامل حشره فراهم کرده و از رشد قارچ‌ها و باکتری‌های مضر که ممکن است بر روند پرورش تأثیر منفی گذارند، جلوگیری می‌کند. در پژوهش‌های متعدد، رطوبت در این بازه مورد تأکید قرار گرفته است. به طور مثال Rahman et al. (2019) رطوبت نسبی 65 ± 5 درصد، Razmjou et al. (2022) رطوبت نسبی 60 ± 5 درصد، Mirabi Moghaddam et al. (2016) رطوبت نسبی 55 ± 5 درصد و Malkeshi et al. (2018) رطوبت نسبی 55 ± 5 درصد را در پرورش بید آرد مورد بررسی قرار داده‌اند.

۳- تأثیر عوامل زنده بر پرورش بید آرد *E. kuehniella*

۳-۱- ورود و حضور مورچه‌ها

(Hölldobler & Wilson, 1990). به همین دلیل، مهار جمعیت مورچه‌ها در محیط‌های پرورش بیدآرد ضروری است تا شرایط بهینه برای پرورش موفق و تولید تخم‌ها فراهم گردد.

۳-۲- ورود زنبورهای Braconidae

زنبورهای خانواده Braconidae به‌عنوان یکی از پارازیتوئیدهای مراحل تخم و لاروی پروانه‌ها شناخته شده‌اند و در بسیاری از مطالعات برای کنترل جمعیت آفات پروانه‌ای به‌روش زیستی استفاده شده‌اند (Backer & Fbrick., 2000). (Latifian & Bahmani, 2024) در پژوهشی نشان دادند که زنبور *Habrobracon hebetor*، یکی از گونه‌های مهم این خانواده، در شرایط آزمایشگاهی بیشترین درصد پارازیتیسم را در *E. kuehniella* مشاهده کرده‌اند. استقرار این پارازیتوئید در جمعیت *E. kuehniella* موفق‌تر از *Plodia interpunctella* بوده است، به‌طوری که احتمال عدم استقرار آن در جمعیت *E. kuehniella* صفر بوده است. همچنین، در پژوهش دیگری، Farag et al. (2015) نشان دادند که میزان تخم‌گذاری زنبورهای ماده *H. hebetor* روی بیدآرد به ۹۳/۵ تخم رسید. مطالعه‌ای دیگر توسط Mostaghimi et al. (2010) نشان داد که *H. hebetor* ترجیح بیشتری به لاروهای بیدآرد *E. kuehniella* نسبت به لاروهای شب پره هندی *P. interpunctella* دارد. این مطالعه همچنین نشان داد که نرخ حمله (b) زنبور به لاروهای بیدآرد بیشتر از لاروهای شب پره هندی است. با توجه به ترجیح زنبورهای خانواده Braconidae به تخم‌ها و لاروهای بیدآرد در پژوهش‌های ذکرشده، می‌توان نتیجه گرفت که این زنبورها می‌توانند به‌عنوان یک پارازیتوئید قوی در انسکتاریوم‌های پرورش تخم بیدآرد عمل کرده و تولید انبوه تخم‌ها را دچار مشکل کنند. بنابراین، ایجاد ساز و کارهای بهداشتی و قرنطینه‌ای در انسکتاریوم‌های پرورش بیدآرد برای جلوگیری از ورود زنبورهای خانواده Braconidae به محیط‌های پرورشی بسیار مهم است.

حضور مورچه‌ها در انسکتاریوم‌ها، به ویژه در شرایط پرورش بیدآرد، می‌تواند مشکلات قابل توجهی ایجاد کند. رقابت برای منابع غذایی، تغذیه از تخم‌ها و شکار لاروها، انتقال آلودگی‌ها و اختلال در شرایط پرورش آزمایشگاهی، همگی عواملی هستند که ممکن است بر رشد، زنده‌مانی و تولید مثل بیدآرد تأثیر منفی گذارند. از این رو، کنترل جمعیت مورچه‌ها در محیط‌های پرورش ضروری است تا شرایط بهینه برای پرورش موفق بیدآرد فراهم شود. در انسکتاریوم‌هایی که برای پرورش بیدآرد و تولید فعالیت می‌کنند، حضور مورچه‌ها می‌تواند به‌طور جدی بر فرآیند پرورش این حشره تأثیر منفی گذارد. مورچه‌ها به‌عنوان شکارگرهای عمومی، بیشتر از تخم‌ها، لاروها و شفیره‌های حشرات تغذیه می‌کنند، چراکه این مراحل در چرخه زندگی نسبت به حملات شکارگری آسیب‌پذیرتر هستند. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که برخی گونه‌های مورچه مانند *Solenopsis invicta* Buren به‌طور خاص از تخم‌ها و لاروهای آفات گیاهی مانند پروانه‌ها تغذیه می‌کنند و در کنترل جمعیت این آفات نقش مؤثری دارند (Perfecto, 1991). به‌علاوه، در مرحله شفیرگی که طعمه‌ها بی‌حرکت هستند، مورچه‌ها به راحتی می‌توانند آن‌ها را شکار کنند. در پرورش بیدآرد (*E. kuehniella*)، که به‌عنوان یک میزبان برای تولید عوامل کنترل زیستی در برنامه‌های مهار طبیعی مورد استفاده قرار می‌گیرد، حضور مورچه‌ها چالش‌های گوناگونی ایجاد می‌کند. مورچه‌ها نه تنها منابع غذایی بیدآرد را تصاحب می‌کنند، بلکه با شکار تخم‌ها و لاروهای آن، رقابتی مستقیم برای غذا ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، مورچه‌ها می‌توانند آلودگی‌ها را منتقل کرده و شرایط آزمایشگاهی پرورش را مختل کنند. این مسائل منجر به کاهش رشد، زنده‌مانی و تولید مثل بیدآرد شده و در نهایت فرآیند تولید تخم‌های آن را مختل می‌سازد.

از سوی دیگر، مورچه‌ها به‌ویژه گونه‌های شکارگر از خانواده Formicidae در بسیاری از زیست بوم‌ها نقش کلیدی در تنظیم جمعیت دیگر حشرات و بندپایان دارند. آن‌ها نه تنها به مهار زیستی آفات کمک می‌کنند، بلکه بر تنوع زیستی و رقابت بین گونه‌ها نیز تأثیر گذارند

۳-۳- ورود شیشه‌های آرد

سوسک‌های قهوه ای کوچک که اغلب می‌توانند از یک یا چند گونه (*Tribolium confusum*_Jacquelin du Val, *Tribolium castaneum* (Herbst)) مختلف باشند، از عوامل مزاحم در پرورش بید آرد محسوب می‌شوند. این عوامل مزاحم نیز از طریق کاهش کیفیت مواد غذایی و مصرف آن‌ها موجب محدودیت در رشد لاروهای بید آرد می‌شوند. از طرفی ویژگی همه چیزخواری آن‌ها موجب تغذیه از مراحل تخم و لاروهای ریز بید آرد در محیط پرورش شده و خسارت ایجاد می‌کنند و راندمان تولید بید آرد را کاهش می‌دهند. برای جلوگیری از ورود این عوامل در درجه اول باید از آردهای عاری از آلودگی برای پرورش بید آرد استفاده شود. در درجه بعد برای حذف این عوامل می‌توان با رعایت بهداشت محیط پرورش و ضدعفونی مناسب ظرف‌ها و مواد غذایی آن‌ها را کنترل کرد. ولی باید به این نکته توجه شود که این حشرات در صورتی که مواد غذایی در حالت حجیم داخل دستگاه‌های ضدعفونی کننده از طریق حرارت قرار گیرند، قادرند در مرکز این مواد از دماهای بالا در امان مانده و بقای خود را در محیط پرورش حفظ نمایند. لذا ضدعفونی و حرارت دهی باید طولانی مدت (دمای ۶۰ درجه سلسوس آون به مدت ۸ ساعت) و از طرفی برای مواد غذایی در لایه های کم عمق صورت گیرد تا حرارت به میزان کافی در درون آن‌ها نفوذ کند.

۳-۴- حضور کنه‌ها

یکی از مهمترین کنه‌های پرورش بید آرد، کنه آرد *Acarus siro* L. است که در انسکتاریوم‌هایی که بهداشت ضعیفی دارند، به سرعت و شدت توسعه یافته و تولید بید آرد را محدود می‌نماید. در محیط‌های پرورش علاوه بر این نوع کنه، کنه‌های دیگری نیز حضور دارند که برخی شکارگر هستند و برخی دیگر نیز به اهمیت کنه آرد نیستند. ضدعفونی مناسب ظروف و مواد غذایی و همچنین پارچه های مصرفی و شستشو و نظافت طبقه‌ها و قفسه‌های مورد استفاده، نقش بسزایی در کاهش جمعیت کنه دارد و از

عوامل محیطی که موجب رشد زیاد این کنه می‌شود، می‌توان به رطوبت نسبی اشاره کرد. لذ در صورت بروز این کنه، با کاهش رطوبت نسبی می‌توان نسبت به مهار جمعیت کنه‌ها اقدام کرد. (Lutra et al., 2010, Hubert et al., 2013).

۳-۵- ورود موش

یکی از عوامل مخرب محیط پرورش بید آرد، موش‌ها هستند. انواع موش‌ها شامل موش سیاه *Rattus rattus* L.، موش نروژی *Rattus norvegicus* (Berkenhout) و موش خانگی *Mus musculus* L. در انبارهای مواد غذایی و انسکتاریوم‌ها فعالیت می‌کنند. فعالیت اصلی موش‌ها در هنگام شب است ولی در مواردی در روزها نیز در انسکتاریوم‌هایی که بهداشت آن‌ها رعایت نمی‌شود مشاهده می‌شود. این جانوران معمولاً در انسکتاریوم‌ها از آرد، جو و سبوس موجود تغذیه می‌کنند و اگر کنترل نشوند خسارت های زیادی وارد می‌کنند. این جانوران در صورت حضور، مشکلات فیزیکی و تخریب و برهم زدن محیط غذایی بید آرد را موجب شده و ضمن تغذیه از لاروها و مواد غذایی، پرورش بید آرد را مختل می‌کنند. از طرف دیگر مشکلات بهداشتی برای افراد پرورش دهنده ایجاد می‌نمایند و حضور در این مکان‌ها را، مشمئز کننده می‌کنند. کشیدن پارچه روی تشت‌ها نیز نمی‌تواند سبب محدودیت ورود موش‌ها به داخل تشت‌های پرورش شوند. بنابر این برای جلوگیری از ورود و حضور موش‌ها در انبارهای آرد و واحدهای پرورش بید آرد نیاز است تا اقداماتی نظیر مسدود کردن راه های ورود موش‌ها و استفاده از طعمه مسموم و کاربرد تله های موش گیر استفاده شود.

۳-۶- ورود عوامل بیمارگر

عوامل بیمارگر حشرات مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها می‌توانند اثرات منفی قابل توجهی بر پرورش حشرات در انسکتاریوم‌ها داشته باشند. این عوامل می‌توانند موجب کاهش جمعیت، کاهش تولید تخم و حتی حذف کلنی شوند. به‌ویژه در مورد پرورش بیدآرد، قارچ‌هایی

در پرورش بیدآرد، علاوه بر عوامل ذکر شده در بخش های مختلف، عوامل دیگری نیز می توانند تأثیرگذار باشند، از جمله میزان تراکم تخم ها و انبوهی لاروها در بسترهای پرورش. به عبارت دیگر، هر چه تراکم تخم ها و به موجب آن میزان تفریح لاروها در ظروف پرورش بیشتر باشد، دسترسی آن ها به غذای کافی دشوارتر خواهد شد. در چنین شرایطی، برخی از لاروها ممکن است به دلیل کمبود غذا تلف می شوند و همچنین تراکم زیاد لاروها در یک ظرف پرورش می تواند مانع از فعالیت کافی آن ها شود. بنابراین، میزان آلوده سازی بستر پرورش باید به گونه ای تنظیم شود که با فضای در دسترس در بستر پرورش متناسب باشد تا از مشکلات مربوط به تغذیه و رشد لاروها جلوگیری شود. بنابراین بر اساس یافته Hesami, 2022 پیشنهاد می شود برای کسب بهترین نتیجه در پرورش لارو بید آرد در انسکتاریوم، برای شروع پرورش با ۲ کیلوگرم بستر پرورش، ۰/۵-۰/۴ گرم تخم بید آرد استفاده شود و در میانه دوره به میزان حدود ۰/۸-۱ کیلوگرم آرد گندم به محیط پرورش اضافه شود. این نکات بر اهمیت مدیریت فضای بستر پرورش در فرآیند پرورش بیدآرد تأکید دارند، زیرا تراکم غیرمناسب می تواند تأثیرات منفی بر رشد و تولیدمثل لاروها داشته باشد و موجب کاهش بهره وری در این سیستم ها شود.

بحث و نتیجه گیری

بررسی های مختلف نشان داده اند که رژیم های غذایی، دما، فتوپریود و رطوبت نسبی، به عنوان عوامل محیطی کلیدی، تأثیرات قابل توجهی بر رشد، تکامل و تولید مثل بیدآرد *E. kuehniella* دارند. این عوامل نه تنها بر ویژگی های زیستی این حشره اثر می گذارند، بلکه کارایی و عملکرد آن را در برنامه های مهار زیستی آفات بهبود می بخشند. رژیم های غذایی به طور مستقیم بر رشد، باروری و کیفیت تخم های بیدآرد تأثیر می گذارند. ترکیب هایی که شامل آرد و سبوس گندم، آرد ذرت و مخمر آبجو هستند، به ویژه در افزایش نرخ رشد و باروری بیدآرد مؤثر هست (Yezdaniyan et al., 2005, Abroun et al., 2013). از سوی دیگر،

مانند *Metarhizium anisopliae* و *Beauveria bassiana* می توانند موجب تلفات بیدآرد و کاهش جمعیت آن ها در انسکتاریوم شوند (Bahmani et al., 2020). علاوه بر این، ویروس ها و باکتری ها ممکن است موجب بروز بیماری های همه گیری و کاهش تولید تخم و نابودی کلنی گردند. برای نمونه، پژوهش هایی نشان داده اند که سویه *Bacillus thuringiensis* BLB427 تلفات بالایی علیه لاروهای *E. kuehniella* ایجاد می کند این عوامل می توانند موجب سیاه شدن لاروها شده و در مواردی که رعایت بهداشت محیط پرورش و مواد غذایی و ظرف های بکار رفته پایین باشد، میزان این بیماری ها و سیاه شدگی لاروها بالا است و بر راندمان تولید تأثیر زیادی می گذارد. این سیاه شدگی ها تأثیر خود را می تواند در مسیر استفاده از لاروهای بید آرد برای پرورش عوامل بیولوژیک همچون زنبور براکون داشته باشد، بدین صورت که لاروهای پارازیت بید آرد شروع به سیاه شدن می کنند و لاروهای زنبور پارازیتوئید قادر به تکمیل دوره رشدی خود روی چنین لاروهایی نیستند (Boukedi et al., 2020). همچنین، ویروس های نیکولوپلی هدر و ویروس (NPV) که به *E. kuehniella* حمله می کنند، قادرند این آفت را تحت کنترل قرار دهند (Lynn & Ferkovich, 2004). به غیر از این عوامل بیماریزا، نوعی میکروسپوریدی به نام *Varimorpha ephestiae* نیز در محیط های پرورش افستیا می تواند خسارت ایجاد نماید. (Malysh et al., 2018). همچنین اگر در محیط پرورش لاروها، میزان رطوبت نسبی بالا و یا در سطح ماده غذایی قطرات آب حضور داشته باشد، محیط به راحتی آلوده به انواع کپک ها شده و مواد غذایی را از کیفیت ساقط کرده و مشکلات بهداشتی و تنفسی برای کارکنان انسکتاریوم فراهم می آورد. این نتایج نشان دهنده اهمیت مهار عوامل بیمارگر در انسکتاریوم ها است، زیرا این عوامل می توانند به طور مستقیم بر بهره وری و سلامت کلنی و جمعیت حشرات در حال پرورش تأثیر گذارند.

۴- رعایت تراکم بید آرد

بیدآرد است. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که رطوبت نسبی در محدوده ۵۰ تا ۷۰ درصد برای پرورش بید آرد بهینه است. این سطح رطوبت شرایط مناسبی برای تکامل لاروها، کیفیت شفیره‌ها و زنده‌مانی حشرات بالغ فراهم می‌آورد و از رشد قارچ‌ها و باکتری‌های مضر که می‌توانند تأثیرات منفی بر فرآیند پرورش داشته باشند، جلوگیری می‌کند. مطالعات مختلف، از جمله پژوهش‌های *Rahmani et al.* (2019) و *Razmjou et al.* (2022)، تأکید کرده‌اند که رطوبت ۶۵ درصد مناسب‌ترین شرایط را برای پرورش بیدآرد فراهم می‌کند. بنابراین، حفظ رطوبت در این بازه می‌تواند به بهبود رشد و تکثیر بیدآرد کمک کند و از مشکلات بهداشتی در فرآیند پرورش جلوگیری کند. حضور عوامل زنده نیز در پرورش بیدآرد در انسکتاریوم‌ها می‌تواند تأثیرات چشمگیری بر رشد و تولیدمثل این حشره داشته باشد. مورچه‌ها به عنوان شکارگرهای عمومی، رقابت برای منابع غذایی و شکار تخم‌های استحصالی و لاروها را موجب می‌شوند، در حالی که زنبورهای براکونیده مانند *H. hebetor* با پارازیتسم لاروها در بسترهای پرورش موجب کاهش شفیره و حشرات بالغ در واحدهای پرورش می‌شوند. شپشه‌های آرد نیز با تغذیه از آرد در پسترهای پرورش، در پرورش بید آرد اختلال ایجاد می‌کنند. علاوه بر این، عوامل بیمارگر نظیر باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها تهدیدی جدی برای سلامت کلنی به شمار می‌آیند. همچنین، تراکم نامناسب تخم و لاروها در بستر پرورش موجب کاهش مواد غذایی و کوچک شدن شفیره‌ها و حشرات بالغ شده و در نهایت موجب کاهش تخم‌ریزی و بهره‌وری می‌شود. بنابراین، مدیریت مؤثر این عوامل از جمله کنترل جمعیت مورچه‌ها، جلوگیری از ورود زنبورهای پارازیتوئید، عدم استفاده از آرد های آلوده به شپشه آرد، پیشگیری از بیماری‌ها و تنظیم تراکم آلوده‌سازی با تخم و ظهور لاروها، برای حفظ سلامت و کارایی تولید تخم بیدآرد ضروری است. این اقدامات می‌توانند موجب بهینه‌سازی تولید انبوه بید آرد در واحدهای پرورش شوند.

رژیم‌های حاوی روغن‌های گیاهی مانند روغن پالم و گلیرین اثرات منفی بر کیفیت جیره استاندارد دارند (*Rahmani et al.*, 2019). ترکیب آرد و سیوس گندم، آرد ذرت و مخمر نان به عنوان بهترین جیره غذایی برای رشد و تولید مثل بیدآرد شناخته شده است (*Soltani-Nejad et al.*, 2016). انتخاب رژیم غذایی مناسب نه تنها موجب افزایش بهره‌وری در پرورش بیدآرد می‌شود، بلکه می‌تواند هزینه‌های پرورش را در برنامه‌های مهار زیستی آفات کاهش دهد و کارایی این حشره را در مهار آفات بهبود بخشد. دما یکی دیگر از عوامل محیطی حیاتی در پرورش بید آرد است. مطالعات مختلف نشان داده‌اند که دمای متوسط، به‌ویژه ۳۰ درجه سلسیوس، برای رشد و تکامل بید آرد ایده‌آل است. دمای بالاتر از ۳۵ درجه سلسیوس موجب کاهش زنده‌مانی و تولید مثل می‌شوند، در حالی که دمای پایین‌تر از ۲۰ درجه سلسیوس دوره رشد را طولانی‌تر کرده و فرآیند پرورش را مختل می‌کنند. پژوهش‌های *Pakyari et al.* (2016, 2019) تأثیر دما بر تکامل، باروری و طول عمر بید آرد را تأیید کرده‌اند. به‌طور خاص، دمای ۲۵ درجه سلسیوس برای تکامل بیدآرد مناسب‌ترین دما بوده، در حالی که دمای ۳۰ درجه سلسیوس برای تسریع در رشد مؤثرتر هستند. این نتایج بر اهمیت تنظیم دقیق دما در انسکتاریوم‌ها، به‌ویژه برای تولید انبوه بید آرد و استفاده مؤثر از آن در برنامه‌های مهار زیستی تأکید دارند. دوره نوری (فتوپریود) نیز به‌طور قابل توجهی بر رشد و تولیدمثل بید آرد تأثیر می‌گذارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که فتوپریود می‌تواند زمان تکامل، طول عمر و رفتار تولید مثل بیدآرد را تحت تأثیر قرار دهد. به‌ویژه، پژوهش *Moghadamfar et al.* (2018) نشان داده‌اند که فتوپریود L16: D 8 و شرایط تاریکی مداوم به‌طور معنی‌داری زمان تکامل و ظهور مراحل مختلف زندگی بید آرد را تحت تأثیر قرار می‌دهند. علاوه بر این، فتوپریود بر رفتار جلب توجه ماده‌ها و روند تولیدمثل آن‌ها تأثیر دارد. این یافته‌ها ضرورت تنظیم بهینه فتوپریود در انسکتاریوم‌ها را برای تسریع در رشد و تکامل بید آرد و بهبود عملکرد آن در برنامه‌های مهار زیستی آفات نشان می‌دهند. رطوبت یکی دیگر از عوامل مؤثر بر رشد و تکامل

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، بهینه‌سازی شرایط پرورش نظیر رژیم غذایی، دما، فتوپریود و رطوبت نسبی در پرورش بید آرد نقش حیاتی در بهبود رشد، تکامل و تولید مثل این حشره ایفا می‌کند. این عوامل به‌طور مستقیم بر تولید انبوه و کارایی دشمنان طبیعی در برنامه‌های مهار زیستی آفات در شرایط آزمایشگاهی، انسکتاریوم‌ها و حتی در شرایط صحرایی تأثیرگذار هستند. بنابراین، برای دستیابی به نتایج موفقیت‌آمیز در پرورش بید آرد و استفاده از آن در مهار آفات، مدیریت دقیق و علمی این عوامل ضروری است. علاوه بر این، پژوهش‌های بیشتر در این زمینه می‌تواند به بهینه‌سازی شرایط پرورش میزبان (بید آرد) و استفاده از این حشره به‌عنوان میزبان واسط برای تولید انبوه حشرات شکارگر و پارازیتوئید کمک کند. این امر می‌تواند در راستای توسعه راهبردهای مهار زیستی آفات و تولید محصولات کشاورزی عاری از باقی‌مانده سموم شیمیایی مؤثر واقع شود. عوامل زنده و غیر زنده در انسکتاریوم‌ها تأثیرات چشمگیری بر روند پرورش بید آرد دارند. به‌ویژه، مدیریت دقیق و بهینه جمعیت مورچه‌ها، ممانعت از ورود زنبورهای پارازیتوئید و نظارت مستمر بر عوامل بیماری‌زا به‌عنوان راهکارهای مؤثر در حفظ سلامت و بهره‌وری کلنی بید آرد پیشنهاد می‌شود. همچنین، توجه به تراکم مناسب

آلوده‌سازی در بستر پرورش و تأمین غذای کافی برای لاروها از دیگر الزامات ضروری برای موفقیت در پرورش این حشره به‌شمار می‌رود.

سپاسگزاری

مقاله مروری حاضر، حاصل بیش از سه دهه فعالیت اعضای هیات علمی، کارشناسان و تکنسین‌های بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و همچنین سایر همکاران در انسکتاریوم‌های مراکز تحقیقاتی و اجرایی کشور نظیر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گلستان، مازندران، گیلان، آذربایجان غربی، خراسان رضوی و دیگر همکاران می‌باشد که در پرورش میزبان‌های واسط دشمنان طبیعی آفات، بخصوص بیدآرد در بخش و مراکز مذکور اهتمام ویژه داشتند. بدین‌وسیله نویسندگان مقاله، مراتب تقدیر و تشکر خود را از همه همکاران و ریاست بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک و مدیریت موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور که امکانات پرورش انبوه این حشره را در بخش و سایر مراکز فراهم کردند تا پروژه‌های پژوهشی، پایان‌نامه‌ها و رساله‌های دانشجویی اجرا شود و منجر به توسعه کنترل بیولوژیک علیه عوامل خسارت‌زای آفات شود اعلام می‌دارند.

References

- Abroun, P., Mousavi, S.Gh., Ashouri, A. & Gishani, H. 2013. Effect of different quality of *Ephestia kuehniella* on the parasitism of *Trichogramma brassicae*. The 1st National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources, 1–8.
- Ajamhassani, M. & Amiri Jami, S. 2020. Effect of ascorbic acid, sorbitol and mannitol carbohydrates on feeding indices and immune system of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Biocontrol in Plant Protection*, 7(2): 77–90.
- Ayvaz, A. & Karabörklü, S. 2008. Effect of cold storage and different diets on *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.: Pyralidae). *Journal of Pest Science*, 81: 57–62.
- Ayvaz, A., Sagdic, O., Karaborklu, S. & Ozturk, I. 2010. Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects. *Journal of Insect Science*, 10(1): 21.
- Bahmani, N., Latifian, M., Ostovan, H., & Hesami, S. (2020). Pathogenic effects of *Beauveria bassiana* and *Bacillus thuringiensis* on the population dynamics of *Ephestia kuehniella*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30: 1–9.
- Baker, J.E. & Fabrick, J.A. 2000. Host hemolymph proteins and protein digestion in larval *Habrobracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 30(10), 937–946.
- Bandani, A. 2013. *Insect physiology: digestion, excretion, symbiotic microorganisms, metabolism*. Tehran University Press, Tehran, pp. 186, 212.
- Boukedi, H., Hman, M., Khedher, S.B., Tounsi, S. & Abdelkefi-Mesrati, L. 2020. Promising active bioinsecticides produced by *Bacillus thuringiensis* strain BLB427. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 8(1): 026–035.

- Cox, P.D. & Bell, C.H. 1991. Biology and ecology of moth pests of stored foods. In: Gorham, J. R. ed. Ecology and management of food-industry pests (FDA technical bulletin number 4). Gaithersburg, Maryland, USA: The Association of Official Analytical Chemists: 181–193.
- Danks, H.V. 1987. Insect dormancy: an ecological perspective. National Museum of Natural Science, Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods), 1: 439–439.
- Davoudi, A., Moayeri H.R. & Kavousi, O. 2018. Effect of diets containing of sesame, soybean and rapeseed meal on life table parameters of the flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). Plant Pest Research, 8(3): 59–73
- Farag, N.A., Ismail, I.A., Elbeheri, H.H.A., Abdel-Rahman, R.S. & Abdel-Raheem, M.A. 2015. Life table of *Bracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) reared on different hosts. International Journal of ChemTech Research, 8(9): 123–130.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. The ants. Harvard University Press. 732 P.
- Iatrou, S.A., Kavallieratos, N.G., Palyvos, N.E., Buchelos, C.T. & Tomanović, S. 2010. Acaricidal effect of different diatomaceous earth formulations against *Tyrophagus putrescentiae* (Astigmata: Acaridae) on stored wheat. Journal of Economic Entomology, 103(1): 190–196.
- Jacob, T.A. Cox, P.D. 1977. The influence of temperature and humidity on the life-cycle of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Stored Products Research, 13(3): 107–118
- Jallouli, W., Abdelkefi-Mesrati, L., Tounsi, S., Jaoua, S. & Zouari, N. 2013. Potential of *Photographus temperata* K122 bioinsecticide in protecting wheat flour against *Ephestia kuehniella*. Journal of Stored Products Research, 53: 61–66.
- Latifian, M. & Bahmani, N. 2024. Adaptation and establishment of *Habrobracon hebetor* Say in the population of stored moth pests of date, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* Hübner. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 34(1): 16.
- Lynn, D.E. & Ferkovich, S.M. 2004. New cell lines from *Ephestia kuehniella*: characterization and susceptibility to Baculoviruses. Journal of Insect Science, 4(1): 9.
- Magrini, E.A., Botelho, P.S.M., Parra, J.R.P. & Haddad, M.L. 1993. Comparison of artificial diets for mass rearing *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil, 22(2): 361–371.
- Malkeshi, S.H., Mohaghegh, J., Talaei Hassanlouei, R. & Allahyari, H. 2018. A comparative study on demography of predatory bug, *Nesidiocoris tenuis* feeding on *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs. Biological Control of Pests & Plant Diseases, 7(2): 17–30.
- Malysh, J.M., Vorontsova, Y.L., Glupov, V.V., Tsarev, A.A. & Tokarev, Y.S. (2018). *Vairimorpha ephestiae* is a synonym of *Vairimorpha necatrix* (Opisthosporidia: Microsporidia) based on multilocus sequence analysis. European Journal of Protistology, 66: 63–67.
- Mehrkhoh, F. & Tarlack, P. 2016. Demography of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) on different wheat cultivars. 83(2): 161–170.
- Mirabi Moghaddam, R., Sadeghi, R. & Taghizade, M. 2016. Efficacy of ozone against *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and on the quality of raisin. Journal of Entomological Society of Iran, 36(1): 49–59.
- Mirhoseini Moghadam, M. & Hesami, S. 2022. Effect of different amount of flour moth, *Anagasta kuehniella* eggs and second feeding on its larva production in insectarium condition. Plant Pest Research, 11(4): 63–75.
- Moghadamfar, Z. & Pakyari, H. 2018. Effect of photoperiod on biology of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) under laboratory condition. Journal of Entomological Society of Iran, 38(1): 71–79.
- Moghadamfar, Z., Pakyari, H. & Amir-Maafi, M. 2020. Age-stage, two-sex life table of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) at different constant temperatures. Crop Protection, 137: 105200.
- Mostaghimi, N., Fathi, S.A.A. & Nouri Ganbalani, G. 2010. Functional response of *Habrobracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae) to various densities of two hosts, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Plodia interpunctella* Hubner (Lepidoptera: Pyralidae). Iranian Journal of Plant Protection Science, 41(1): 1–8.
- Özder, N. & Kara, G. 2010. Comparative biology and life tables of *Trichogramma cacoeciae*, *T. brassicae* and *T. evanescens* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) with *Ephestia kuehniella* and *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae) as hosts at three constant temperatures. Biocontrol Science and Technology, 20(3): 245–255.
- Pakyari, H., Amir-Maafi, M. & Moghadamfar, Z. 2016. Oviposition model of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). Journal of Economic Entomology, 109(5): 2069–2073.
- Pakyari, H., Amir-Maafi, M., Moghadamfar, Z. & Zalucki, M. 2019. Estimating development and temperature thresholds of *Ephestia kuehniella*: toward improving a mass production system. Bulletin of Entomological Research, 109(4): 435–442.
- Perfecto, I. 1991. Ants (Hymenoptera: Formicidae) as natural control agents of pests in irrigated maize in Nicaragua. Journal of Economic Entomology, 84(1): 65–70.

- Rahmani, A., Sarraf Moayeri, H.R. & Kavousi, O. 2019. Effect of different diets with oil additives on life table parameters of the flour moth *Anagasta kuhniella* (Zeller). *Plant Pest Research*, 9(3): 73–87.
- Razmjou, J., Afshari, F. & Abedi, Z. 2022. Population growth traits of the flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) and their relationship with some physical and biochemical properties of various maize hybrids *Journal of Entomological Society of Iran*, 42(2): 101–109.
- Rees, D. 2003. *Insects of stored products*. CSIRO Publishing, London. pp. 181.
- Rodriguez-Mendez, H., Cabello-Garcia, T. & Vargas, P. 1988. Influence of diet and light on the longevity, fecundity and fertility of *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 14(4): 561–566.
- Soltani Nezhad, P., Shirvani, A. & Rashki, M. 2016. Effect of different diets on development and reproduction of Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Plant Pest Research*, 6(1): 13–22.
- Tahernia, S., Sarraf Moayeri, H., Kavousi, A.U.R.A. N.G., Arbab, A. & Davoudi, A. 2020. The influence of photoperiod on two-sex life table parameters of the Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *Journal of Entomological Society of Iran*, 40(1): 1–17.
- Tavalla, S. & Ajamhassani, M. 2023. The effect of sugar supplements on some biological and nutritional characteristics of the Mediterranean flour moth *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae). *BioControl in Plant Protection*, 11(1): 149–154.
- Tillman, P.G. & Cate, J.R. 1993. Effect of host size on adult size and sex ratio of *Bracon mellitor* (Hymenoptera: Braconidae). *Environmental Entomology*, 22(3): 143–148.
- Vanderzant, E.S. 1968. Dietary requirements of the bollworm, *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae), for lipids, choline, and inositol and the effect of fats and fatty acids on the composition of the body fat. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(1): 120–125.
- Yazdanian, M., Talebi, C.P. & Hadad, I.K. 2005. Observations on the post-emergence and mating behaviours of adults of the Mediterranean flour moth, *Anagasta kuehniella* (Zeller) and investigation on some of their reproductive properties, 12(5): 167–176.
- Zavodska, R., Fexova, S., von Wowern, G., Han, G.B., Dolezel, D. & Sauman, I. 2012. Is the sex communication of two Pyralid moths, *Plodia interpunctella* and *Ephestia kuehniella*, under circadian clock regulation *Journal of Biological Rhythms*, 27(3): 206–216.

The impact of abiotic and biotic factors on the rearing of the mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* (Zeller)

Seyed Hassan Malkeshi¹, Seyed Azim Sajadi², Mohammad Reza Attaran¹

1., 3. Assistant Professor, Assistant Professor, Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

2. Ph.D. Student, Ferdowsi University, Mashhad, Iran.

Corresponding author: Seyed Hassan Malkeshi, email: H.malkeshi@gmail.com

Received: Nov., 25, 2024

12(1) 1–12

Accepted: Feb., 26, 2025

Abstract

The Mediterranean flour moth, *Ephestia kuehniella* is a significant pest of stored products, causing quality deterioration. It is also widely used as a research model in insect biology and physiology studies. Additionally, its eggs and larvae serve as intermediary hosts and prey for rearing natural enemies in Insectaries. This study investigates the environmental factors influencing the rearing of *E. kuehniella* in Insectaries, focusing on diets, temperature, photoperiod, and humidity. Optimal diets, particularly combinations of wheat flour, wheat bran, and cornmeal, positively impact growth, reproduction, and egg quality. Temperature, a key factor, shows that 25–30°C provides the best conditions for growth and development, whereas temperatures above 35°C reduce survival and reproduction rates. Photoperiod influences development and reproduction, with a 16L: 8D cycle accelerating growth and development. Additionally, a relative humidity of 50–70% enhances the quality of larvae, pupae, and adults. This study demonstrates that optimizing these environmental factors can improve the efficiency of *E. kuehniella* in biological pest control systems, reduce costs, and increase the productivity of insect rearing in insectaries. However, biotic and abiotic factors, such as ants, braconid wasps, and pathogens, can significantly negatively affect growth and reproduction. Effective management of these factors, including ant control, preventing parasitoid intrusion, and disease prevention, is essential for optimizing the production process of *E. kuehniella* eggs.

Keywords: Mass rearing, Diet, Environmental conditions, biotic factors, *Ephestia kuehniella*