

مقاله مروری

مروری بر اهمیت خانواده Tachinidae (Diptera: Oestroidea) در برنامه‌های کنترل بیولوژیک آفات

مهران رضایی، محمد مهرآبادی و علی اصغر طالبی

گروه حشره‌شناسی کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

مسئولین مکاتبات: مهران رضایی و محمد مهرآبادی، ایمیل: mehnan.rezaei@modares.ac.ir; m.mehabadi@modares.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۲۲

۱۹۸-۱۸۱ (۲)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۸

چکیده

دوبالان دومین گروه از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای حشرات پس از بال غشاییان می‌باشند و حدود ۲۰ درصد از حشرات پارازیتوئید را شامل می‌شوند. خانواده Tachinidae حدود ۱۵۰۰ جنس معتبر و بیش از ۸۵۰۰ گونه توصیف شده در جهان دارد و بزرگترین و مهم‌ترین خانواده از پارازیتوئیدهای راسته Diptera می‌باشد. این خانواده شامل چهار زیرخانواده Exoristinae، Tachininae، Dexiinae و Phasiinae است، که بزرگ‌ترین آنها از نظر تعداد گونه زیر خانواده Exoristinae می‌باشد. تعدادی از گونه‌های خانواده Tachinidae در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک و اشباعی بویژه در مناطق نئارکتیک و نئوتروپیکال مورد استفاده قرار گرفته‌اند. با وجود پتانسیل بالای مگس‌های پارازیتوئید Tachinidae به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک موثر آفات کشاورزی و عرصه‌های طبیعی، نقش آنها در کنترل آفات کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. نه تنها در ایران، بلکه در بسیاری از نقاط جهان نیز افراد این خانواده به صورت تجاری در دسترس نمی‌باشند و تنها برخی از گونه‌های این خانواده تکثیر انبوه شده‌اند. در دهه اخیر، پژوهش‌های قابل توجهی در مورد شناسایی و طبقه‌بندی دوبالان خانواده Tachinidae در ایران انجام شده است و تاکنون بیش از ۲۷۰ گونه از این خانواده در کشور گزارش شده است. در این مقاله، جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی و پرورش مگس‌های پارازیتوئید خانواده Tachinidae و مثال‌هایی از برنامه‌های کنترل بیولوژیک انجام شده در جهان و جایگاه آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک آفات مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این بررسی، آشکار ساختن نقش گونه‌های این خانواده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک و بکارگیری آنها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات کلیدی کشور می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: دوبالان پارازیتوئید، کنترل بیولوژیک، زیست‌شناسی، رهاسازی، پرورش انبوه

مقدمه

و یا حداقل کمترین آلودگی را برای محیط زیست ایجاد کند. خوشبختانه امروزه افزایش آگاهی جامعه نسبت به عوارض کاربرد بی‌رویه آفت‌کش‌های شیمیایی، موجب ترغیب بخش کشاورزی به کاهش مصرف سموم و تولید محصولات سالم و ارگانیک با تکیه بر کنترل بیولوژیک شده است (Rezaei & Moharramipour, 2019; Silveira et al., 2019; Rezaei & Talebi, 2020).

پارازیتوئیدها در پنج راسته از حشرات با دگردیسی کامل مشاهده می‌شوند که شامل بال‌غشاییان، دوبالان،

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت، موضوع تامین مواد غذایی و در پی آن آلودگی محیط زیست از اهمیت بسزایی برخوردار است. سالانه خسارت چشم‌گیری توسط آفات به محصولات کشاورزی وارد می‌شود. نیاز به روش‌های موثر کنترل آفات جهت فراهم کردن مواد غذایی سالم برای جمعیت در حال رشد جهان از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. این روش‌ها باید به گونه‌ای باشد که به کارگیری آنها موجب کاهش آلودگی محیط زیست شود

دوبالان می‌باشد (O'Hara, 2013; Kara *et al.*, 2020) و بعد از بال‌غشاییان گروه Parasitica دومین گروه پارازیتوئیدها از نظر تنوع و اهمیت اکولوژیک است (Seyyedi Sahebari & Talebi, 2021). در میان گونه‌های این خانواده، ۲۸۶۴ گونه در منطقه نئوتروپیکال، ۱۳۴۵ گونه در منطقه نئارکتیک، بیش از ۲۱۰۰ گونه در منطقه پالئارکتیک، ۱۰۰۶ گونه در منطقه آفروتروپیکال، ۷۲۵ گونه در منطقه اورینتال و ۸۰۸ گونه در منطقه استرالین توصیف شده است (O'Hara, 2020). این خانواده شامل چهار زیرخانواده Exoristinae، Tachininae، Dexiinae و Phasiinae می‌باشد (O'Hara, 2013). در کشور ترکیه ۳۴۱ گونه از افراد خانواده Tachinidae گزارش شده است که زیرخانواده Exoristinae با ۱۳۹ گونه بزرگ‌ترین زیرخانواده می‌باشد. پس از آن زیرخانواده‌های Tachininae، Phasiinae و Dexiinae به ترتیب با تعداد گونه ۹۱، ۶۳ و ۴۸ قرار دارند (Kara *et al.*, 2020).

موارد زیادی از بکارگیری گونه‌های خانواده Tachinidae در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک و اشباعی بویژه در مناطق نئارکتیک و نئوتروپیکال برای مهار جمعیت بالپولکداران گیاهخوار وجود دارد که برخی از این برنامه‌ها با موفقیت و برخی با شکست مواجه شده است (Feener & Brown, 1997; Grenier, 1988). دلایل گوناگونی برای شکست و موفقیت این برنامه‌ها ارائه شده است. از دلایل شکست برخی از این برنامه‌های کنترل بیولوژیک می‌توان به کمبود دانش از ویژگی‌های زیست‌شناسی، رفتاری و اکولوژی عامل کنترل بیولوژیک و همچنین عدم توسعه تکنیک‌های بهینه پرورش و حمل و نقل مناسب اشاره کرد (Stireman *et al.*, 2006; Dindo & Grenier, 2014). یکی از بارزترین موفقیت‌های بدست آمده، بکارگیری مگس پارازیتوئید *Cyzenis albicans* Fallén برای کنترل شب‌پره زمستانی *Operophtera brumata* L. (Lep.: Geometridae) در این برنامه کنترل بیولوژیک حدود ۱۵۰۰۰ مگس پارازیتوئید در سال‌های ۱۹۷۹-۱۹۸۰ از اروپا وارد و در کانادا رهاسازی شد. در نتیجه این رهاسازی جمعیت مگس *C. albicans*

قاب‌بالان و بالتوری‌ها می‌باشد. بال‌غشاییان نزدیک به ۷۸ درصد از تعداد گونه‌های پارازیتوئید تخمین زده شده را به خود اختصاص می‌دهند. در صورتیکه دوبالان حدود ۲۰ درصد از تعداد کل گونه‌های پارازیتوئیدها را تشکیل می‌دهند و دومین گروه از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای حشرات پس از بال‌غشاییان می‌باشند (Silveira *et al.*, 2019). بسیاری از گونه‌های دوبالان پارازیتوئید براساس ویژگی‌های زیست‌شناسی، فیزیولوژی و رفتاری قادر هستند میزبان را در مکان‌هایی به دور از چشم یا در خاک جست‌وجو کنند. با این حال نقش آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کمتر مورد توجه قرار گرفته است، که ممکن است ناشی از تعداد گونه‌های کمتر آنها در مقایسه با پارازیتوئیدهای بال‌غشاییان باشد (Feener & Brown, 1997; Stireman *et al.*, 2006). لذا مطالعات فراوانی در زمینه زیست‌شناسی، روابط میزبان-پارازیتوئید، تکنیک‌های پرورش انبوه و امکان بکارگیری در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کاربردی برای دوبالان پارازیتوئید مورد نیاز می‌باشد. یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار در موفقیت این گروه از دشمنان طبیعی در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کاربردی (بویژه رهاسازی اشباعی)، توسعه تکنیک‌های بهینه پرورش انبوه می‌باشد (Beneli, 2018; Dindo *et al.*, 2019). موارد انگشت شماری از تکثیر و تولید انبوه دوبالان پارازیتوئید وجود دارد. در صورتیکه گونه‌هایی از دوبالان شکارگر مانند پشه شکارگر *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae) و مگس گل *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae) (De Geer) به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک کاربردی در سطح تجاری تولید می‌شوند. خانواده‌های حائز اهمیت از دوبالان پارازیتوئید در برنامه‌های کنترل بیولوژیک شامل Sarcophagidae، Tachinidae، Phoridae، Bombyliidae و Cryptochaetidae می‌باشند (Feener & Brown, 1997; Dindo & Grenier, 2014).

خانواده Tachinidae حدود ۱۵۰۰ جنس معتبر و بیش از ۸۵۰۰ گونه توصیف شده در جهان دارد و بزرگترین و با اهمیت‌ترین خانواده از پارازیتوئیدهای غیر بال‌غشاییان است. این خانواده پس از Limoniidae بزرگترین خانواده راسته

و Pyralidae که از منظر اقتصادی حائز اهمیت هستند، تعلق دارند (Dindo & Grenier, 2014). براساس کاتالوگ جامع میزبان‌های منطقه پالئارکتیک، ۸۲۵ گونه تاکنون از ۲۶۷۲ گونه میزبان پرورش یافتند که این میزبان‌ها به ۱۱ راسته از حشرات و یک راسته از صدپایان تعلق داشتند (Tschorsnig, 2017). اکثریت گونه‌های خانواده Tachinidae پلی‌فاژ می‌باشند. چرخه زندگی افراد این خانواده شامل تخم، سه مرحله لاروی، شفیرگی و حشره کامل می‌باشد (شکل ۱). مگس‌های تاکنید پارازیتوئیدهای انفرادی یا تجمعی (gregarious) هستند و در طول عمر خود حدود ۱۰۰ تخم تولید می‌کنند. لاروها پس از خروج از طریق سوراخ کردن جلد بدن وارد بدن میزبان شده و با تغذیه از محتویات بدن میزبان مراحل لاروی را داخل بدن میزبان طی نموده و سپس از بدن میزبان خارج شده و مرحله شفیرگی در خاک سپری می‌شود (Chen et al., 2020).

استراتژی‌های تخمگذاری در افراد خانواده Tachinidae با توجه به گونه پارازیتوئید ممکن است به صورت مستقیم، غیرمستقیم یا به ندرت ترکیبی از این دو استراتژی باشد. برای مثال، افراد گروه Ormiine ممکن است روی بدن میزبان (به صورت مستقیم) یا در نزدیکی میزبان (به صورت غیرمستقیم) تخمگذاری کنند. استراتژی غیرمستقیم در پارازیتوئیدهای این خانواده بسیار رایج‌تر از پارازیتوئیدهای بال‌غشاییان می‌باشد. حدود ۴۰ درصد از گونه‌های پالئارکتیک خانواده Tachinidae برای تخمگذاری استراتژی غیرمستقیم دارند. از قبیله‌های دارای این استراتژی تخمگذاری می‌توان *Goniini*، *Blondeliini*، *Tachinini*، *Dexiini* و *Polideini* را نام برد. در این گروه افراد ماده تخم‌های خود را در نزدیک میزبان می‌گذارند و در برخی گونه‌ها (برای مثال *Archytas marmoratus* (Townsend)) لارو سن اول پارازیتوئید برای عبور میزبان در انتظار می‌ماند. در دیگر گونه‌ها (برای مثال *Lixophaga diatraeae* (Townsend)) لارو سن اول برای یافتن میزبان به جست‌وجو می‌پردازد. اکثر گونه‌های قبیله *Goniini* تخم‌های کوچک میکروتایپ (Microtype eggs) را روی غذای میزبان قرار می‌گذارند. تخم پارازیتوئید تنها در

بخوبی مسقر شد و مهار جمعیت آفت را به دنبال داشت (Horgan et al., 1999).

با وجود پتانسیل بالای مگس‌های پارازیتوئید Tachinidae به عنوان عوامل کنترل بیولوژیک موثر آفات کشاورزی، نقش آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک طبیعی و کاربردی نیاز به پژوهش‌های بسیار بیشتری دارد. نه تنها در ایران بلکه در بسیاری از نقاط جهان گونه‌های این خانواده به صورت تجاری در دسترس نمی‌باشند و تنها برخی از گونه‌ها تکثیر انبوه شده‌اند. یکی از دلایل عدم تکثیر انبوه مگس‌های پارازیتوئید خانواده Tachinidae اندازه بزرگ آنها می‌باشد که در مقایسه با بال‌غشاییان پارازیتوئید، نیاز به منبع غذایی و فضای بیشتری برای تکثیر انبوه دارند (Dindo et al., 1999; 2003; 2019). در این مقاله مروری جنبه‌های مختلف زیست‌شناسی و پرورش مگس‌های پارازیتوئید خانواده Tachinidae و مثال‌هایی از برنامه‌های کنترل بیولوژیک انجام شده در جهان و جایگاه آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک در ایران مورد بررسی قرار گرفته است. هدف از این بررسی آشکار ساختن نقش گونه‌های این خانواده در برنامه‌های کنترل بیولوژیک و بکارگیری آنها در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات کلیدی کشور می‌باشد.

زیست‌شناسی دوبالان پارازیتوئید Tachinidae

لاروهای دوبالان خانواده Tachinidae پارازیتوئید داخلی حشرات راسته‌های قاب‌بالان، بالپولکداران، راست‌بالان، بال‌غشاییان، دوبالان، نیم‌بالان یا ناجوربالان، شیخک‌ها و چوبک‌سانان و تعدادی کمی از گونه‌ها پارازیتوئید سایر بندپایان نظیر عقرب‌ها و عنکبوت‌ها هستند (Kara et al., 2020). اکثر گونه‌های این خانواده پارازیتوئید مرحله لاروی حشرات با دگردیسی کامل بوده و تاکنون هیچ گونه‌ای به عنوان پارازیتوئید مرحله تخم شناسایی نشده است اگرچه برخی از گونه‌ها پارازیتوئید لارو-شفیره می‌باشند. حدود ۷۰ درصد از میزبان‌های شناسایی شده برای دوبالان پارازیتوئید Tachinidae متعلق به راسته بالپولکداران می‌باشد و در میان آنها بیش از ۵۰ درصد گونه‌های میزبان به چهار خانواده Tortricidae، Geometridae، Noctuidae

از تخم تا خروج حشرات کامل به طور میانگین ۱۶ روز به طول می‌انجامد. مراحل زیستی تخم، لاروی و شفیرگی در دمای ذکر شده به ترتیب ۳، ۶ و ۸ روز زمان می‌برد (Marchetti *et al.*, 2008). لاروهای سن اول از طریق محل زخم ایجاد شده روی بدن لارو آفت، وارد بدن میزبان می‌شوند. در طی سن اول و دوم لاروی، لاروها از همولنف و اجزای چربی بدن میزبان تغذیه می‌کنند. پس از تغذیه از بدن لارو میزبان و تکمیل دوره لاروی، پوست بدن میزبان را پاره کرده و پس از خروج، در نزدیکی میزبان روی برگ یا روی سطح خاک تبدیل به شفیره می‌شوند (Ichiki & Shima, 2003). حشرات کامل بلافاصله پس از ظهور جفت‌گیری می‌کنند. دوره پیش از تخم‌گذاری متغیر است اما ۲-۳ روز در دمای ۲۵ درجه سلسیوس زمان می‌برد (Dindo *et al.*, 2007). ماده‌ها به صورت میانگین روزانه هفت تخم را در مدت ۲۵-۲۰ روز می‌گذارند (Hafez, 1953). اکثر تخم‌ها در ۱۰ روز اول پس از بالغ شدن گذاشته می‌شود (Dindo *et al.*, 1999). در طبیعت حشرات کامل از مواد قندی مانند، شهد و عسلک تغذیه می‌کنند. طول عمر حشرات کامل مگس پارازیتوئید *E. larvarum* برای افراد نر و ماده به ترتیب ۱۸ و ۲۱-۲۲ روز می‌باشد. فاکتورهایی مانند منبع غذایی و شرایط محیطی در طول عمر حشرات کامل مؤثر هستند (Dindo *et al.*, 1999; 2019). در بررسی انجام شده با موضوع تغذیه حشرات بالغ مگس *E. larvarum* براساس ویژگی‌های کنترل کیفیت (طول عمر، تعداد تخم گذاشته شده، تعداد شفیره تشکیل شده و ظهور حشرات کامل) گرده زنبور عسل به عنوان مناسب‌ترین ترکیب غذایی برای تغذیه حشرات بالغ گزارش شده است. این رژیم غذایی برای حشرات بالغ از مزایای دیگری نیز بهره‌مند می‌باشد. به عنوان مثال، به صورت هفتگی قابل تعویض است و مشکلاتی مانند آلودگی قارچی و خشک شدن را به همراه ندارد (Dindo *et al.*, 2019).

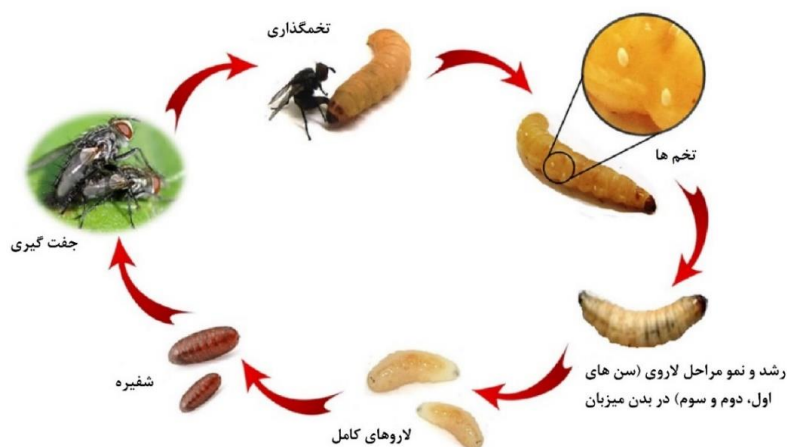
بررسی زیست‌شناسی مگس پارازیتوئید *Compsilura concinnata* (Meigen) (Diptera: Tachinidae) در شرایط آب و هوایی مازندران نشان داده است که طول دوره لاروی حدود ۷-۱۲ روز و طول دوره شفیرگی ۷-۹ روز به

صورتی تفریح می‌شود که توسط میزبان بلعیده شود. از آنجایی که در روش تخم‌گذاری غیرمستقیم میزان زنده‌مانی تخم‌ها بسیار پایین می‌باشد، پارازیتوئیدهای دارای این گروه باروری بسیار بالایی (بیش از هفت هزار تخم) دارند. استراتژی دیگر که تخم‌گذاری مستقیم نام دارد، در افراد خانواده Tachinidae بسیار رایج می‌باشد. این روش را به دو گروه تخم‌گذاری مستقیم داخلی و خارجی تقسیم نموده‌اند. در تخم‌گذاری مستقیم خارجی تخم‌های ماکروتایپ (Macrotypic eggs) روی پوست بدن میزبان گذاشته می‌شوند. از افراد این گروه می‌توان به قبیله‌های Eryciini (زیر خانواده Exoristinae)، Blondeliini (اکثر گونه‌ها)، Winthemiini، Exoristiini، Strongygastrini، Voriini Blondeliini (برخی از گونه‌ها)، جنس *Aplomya* (قبیله Eryciini) و زیر خانواده Phasiinae اشاره کرد. اما در گروه تخم‌گذاری مستقیم داخلی مانند مگس پارازیتوئید *C. concinnata* تخم‌ها به هموسل بدن میزبان تزریق می‌شوند. گونه‌های دارای این استراتژی تخم‌گذاری در قبیله Blondeliini (برای مثال جنس‌های *Blondelia* و *Eucelatoria*)، زیر خانواده‌های Dexiinae (قبیله Palpostomatini)، Phasiinae و Exoristiinae (برای مثال جنس *Phorocera*) مشاهده می‌شوند (Stireman *et al.*, 2006; Dindo & Nakamura, 2018).

مطالعات گوناگونی به بررسی زیست‌شناسی دوبالان پارازیتوئید خانواده Tachinidae پرداخته است (Hafez, 1953; Mellini *et al.*, 1993; Simoes *et al.*, 2004; Dindo *et al.*, 2007; Elkinton & Boettner, 2012). مثال، لاروهای مگس پارازیتوئید *Exorista larvarum* (Diptera: Tachinidae) (Linnaeus) پس از سه روز در شرایط محیطی ۲۶ درجه سلسیوس تفریح می‌شوند. دوره رشد و نمو لاروی ۳ تا ۵ روز در دمای ۲۶ درجه سلسیوس به طول می‌انجامد. شفیره‌ها خارج از بدن میزبان تشکیل می‌شوند. دوره رشد و نمو پارازیتوئید از مرحله تخم تا حشرات کامل حدود ۱۵ روز زمان می‌برد (Hafez, 1953; Dindo *et al.*, 1999). مطالعات انجام شده در ایتالیا نشان داده است که در دمای ۲۷ درجه سلسیوس، دوره رشد و نمو

نسل در سال ایجاد می کند که نسل آخر معمولاً داخل بدن لارو میزبان زمستان گذرانی می کند (Abbasipour & Tschorsnig, 2008).

طول می انجامد. در فصل تابستان از مرحله قرار دادن لارو در بدن میزبان تا مرحله ظهور حشرات کامل حدود ۲۰ روز زمان می برد. همچنین این مگس پارازیتوئید حداکثر چهار



شکل ۱- چرخه زندگی مگس پارازیتوئید *Exorista larvarum* (Dindo & Nakamura, 2018)

Figure 1. The life cycle of *Exorista larvarum* (Dindo & Nakamura, 2018)

را تسهیل نماید. پرورش حشرات مفید از همزمانی سه عامل شامل گونه مفید، گونه میزبان و گیاه یا غذای مصنوعی میزبان تشکیل شده است (Singh, 1982; Rezaei et al., 2018). پارازیتوئیدها با اهداف مختلف در آزمایشگاه پرورش داده می شوند. پرورش پارازیتوئیدها نیازمند دانش عمیق از ویژگی های زیست شناسی و رفتاری (بویژه دامنه میزبانی، استراتژی های تخم گذاری و روابط متقابل میزبان-پارازیتوئید) می باشد. مگس های پارازیتوئید Tachinidae به دو روش روی میزبان و محیط کشت در شرایط آزمایشگاهی پرورش می یابند.

۱- پرورش روی میزبان های طبیعی و حد

واسط (In vivo rearing)

وجود دانش کافی از دامنه میزبانی مگس های پارازیتوئید جهت توسعه تکنیک های بهینه پرورش برای مطالعات آزمایشگاهی و برنامه های کنترل بیولوژیک مورد نیاز می باشد (Dindo & Grenier, 2014). میزبان های طبیعی ممکن است به آسانی قابل استفاده برای پرورش نباشند، از دلایل آن می توان به ویژگی های ظاهری آنها مانند وجود پوشش موئی روی بدن لارو، نیاز به شرایط ویژه محیطی که ممکن است بخوبی شناخته شده نباشد، فقدان رژیم غذایی

پرورش دوبالان پارازیتوئید خانواده Tachinidae

پرورش حشرات اساس تحقیق و پژوهش در علم حشره شناسی است که نیازمند تلاش های قابل توجه برای توسعه و پیشرفت تکنیک های ویژه برای هر گونه می باشد. در دهه های اخیر، پیشرفت های چشم گیری در پرورش بسیاری از گونه های حشرات از راسته های گوناگون بدست آمده است (Morales-Ramos et al., 2013). در حال حاضر در بخش کشاورزی و بویژه در برنامه های مدیریت تلفیقی آفات، نیاز بالایی به روش ها و تکنیک های بهینه پرورش تولید حشرات با کیفیت قابل قبول و مقرون به صرفه می باشد. این تکنیک ها و روش های بهینه تولید، نقش بسزایی را در موفقیت برنامه های مدیریت تلفیقی آفات ایفا می کنند زیرا هدف در روش کنترل بیولوژیک اشباعی (Augmentation biological control)، کنترل آفت کلیدی توسط رهاسازی تعداد زیادی از عامل کنترل بیولوژیک در محیط می باشد. پرورش و رهاسازی انبوه دشمنان طبیعی پایه و اساس برنامه های کنترل بیولوژیک اشباعی می باشد. این هدف محقق نمی شود، مگر با توسعه تکنیک ها و روش های بهینه پرورش که تولید با سطح وسیع

روی *G. mellonella* بیشتر بود (Dindo et al., 1999). در بررسی کیفیت میزبان و سوپرپارازیتسم بر عملکرد مگس پارازیتوئید *Compsilura concinnata* مشخص شد که افراد ماده پارازیتوئید لاروهای سنین مختلف شب‌پره *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lep.: Noctuidae) را پارازیت می‌کنند اما نرخ ظهور حشرات کامل روی لاروهای سنین بالاتر بیشتر بود. این تحقیق همچنین نشان داد سوپرپارازیتسم موجب کاهش وزن شفیره‌ها و طول دوره رشد مراحل پیش از بلوغ پارازیتوئید و افزایش نتاج نر می‌شود (Caron et al., 2010).

شب‌پره موم‌خوار بزرگ، *G. mellonella*، به عنوان یک میزبان جایگزین مناسب برای پرورش مگس‌های پارازیتوئید خانواده Tachinidae در نظر گرفته می‌شود. این میزبان با استفاده از رژیم غذایی مصنوعی در محیط کاملاً تاریک با دمای ۳۰ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی ۶۵٪ پرورش می‌یابد (Campadelli, 1988). در آزمایشگاه حشره‌شناسی دانشگاه بولونیا (ایتالیا) شب‌پره موم‌خوار بزرگ برای دهه‌های متوالی است به عنوان میزبان جایگزین برای پرورش مگس‌های تاکینید مورد استفاده قرار می‌گیرد (Dindo et al., 2003; 2021). رژیم غذایی مورد استفاده برای پرورش میزبان جایگزین توسط Campadelli (1987) توسعه پیدا کرده است که شامل پودر شیر خشک (منبع پروتئین)، آرد گندم، آرد ذرت، عسل، موم زنبور عسل، مخمر آبجو و گلیسرین (Glycerin) می‌باشد. این رژیم غذایی کارایی خود را از منظر کمی و کیفی در بلند مدت اثبات کرده است اما از لحاظ اقتصادی نسبتاً گران و مورد چالش می‌باشد. گزارش شده است که برای تولید ۹/۴ کیلوگرم رژیم غذایی حدود ۵۳/۹۷ یورو هزینه می‌شود. پرهزینه‌ترین جزء غیرطبیعی این رژیم غذایی پودر شیر خشک می‌باشد. در بررسی انجام شده پودر شیر خشک با آرد سویا که بسیار ارزان‌تر جایگزین شده است اما این جایگزینی برای پرورش بلند مدت شب‌پره موم‌خوار بزرگ (بیش از دو نسل) مناسب نمی‌باشد (Dindo & Francati, 2022).

مصنوعی و یا حتی هزینه‌های بالای پرورش اشاره داشت (De Clercq, 2008). بنابراین، معمولاً گونه‌های جایگزین با میزبان طبیعی انتخاب می‌شوند. ممکن است که میزبان جایگزین در شرایط طبیعی مورد حمله پارازیتوئید قرار نگیرد اما در شرایط آزمایشگاهی مگس پارازیتوئید قابلیت رشد و نمو مستمر روی این میزبان را دارا می‌باشد (Beneli, 2018). برای مثال، کارایی مگس *E. larvarum* روی سه گونه آفت بالپولکدار خانواده Noctuidae و میزبان حدواسط آن *Galleria mellonella* (L.) (Lep.: Pyralidae) در دماهای مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. لاروهای هر یک از سه گونه شب‌پره، *Peridroma saucia* (Hubner) *Xestia c-nigrum* (L.) و *Pseudaletia unipuncta* (Haw.) از خانواده Noctuidae توسط پارازیتوئید مورد پذیرش قرار گرفتند و میزان باروری آن روی لاروهای سه میزبان در دماهای ۲۰ و ۲۵ درجه سلسیوس از میزبان حدواسط بیشتر بود اما همچنان *G. mellonella* برای پرورش مگس پارازیتوئید *E. larvarum* قابل توصیه می‌باشد (Simoes et al., 2004). در مطالعه دیگری، میزان پذیرش و مناسب بودن لاروهای *Spodoptera littoralis* (Boisd) (Lep.: Noctuidae) و *G. mellonella* به عنوان میزبان برای *E. larvarum* مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاکی از آن است که این پارازیتوئید، لاروهای هر دو گونه میزبان را به یک اندازه مورد پذیرش قرار می‌دهد اما لاروهای *G. mellonella* برای رشد و نمو پارازیتوئید مناسب‌تر هستند (Depalo et al., 2010). همچنین مطالعه ترجیح میزبانی لاروهای شب‌پره شمشاد، *Cydalima perspectalis* (Walker) (Lep.: Crambidae) و *G. mellonella* توسط مگس پارازیتوئید *E. larvarum* نشان داد تعداد تخم‌های گذاشته شده روی لاروهای میزبان طبیعی کمتر بود ولی این تفاوت معنی‌دار نبود (Martini et al., 2019). مقایسه میزان پارازیتسم لاروهای پروانه ابریشم باف ناجور، *Lymantria dispar* (L.) (Lep.: Erebidae)، و شب‌پره موم‌خوار بزرگ، *G. mellonella* توسط مگس پارازیتوئید *E. larvarum* در شرایط آزمایشگاهی مشخص ساخت که درصد پارازیتسم

برنامه‌های کنترل بیولوژیک با روش رهاسازی اشباعی، توسعه تکنیک‌های پرورش دشمنان طبیعی روی محیط کشت یا رژیم غذایی مصنوعی را در جایگزینی با میزبان طبیعی به دنبال داشته است (Grenier & De Clercq, 2003). در همین راستا مطالعاتی برای گونه‌های خانواده Tachinidae انجام شده است (Mellini & Campadelli, 1993; Dindo *et al.*, 2021). برای مثال، مگس *E. larvarum* یکی از گونه‌هایی است که روی بستر مصنوعی قابل پرورش می‌باشد (Dindo & Grenier, 2014). اولین بستر مصنوعی برای این مگس پارازیتوئید توسط Mellini *et al.* (1993) توسعه پیدا کرد. این محیط مصنوعی پرورش عمدتاً تشکیل شده از سرم گاوی و ترکیب شفییره‌های *G. mellonella* بود. تلاش‌های دیگری برای ساده‌سازی تهیه محیط کشت مصنوعی و حذف اجزای میزبان طبیعی انجام شد. در نتیجه، بستر پرورش مصنوعی کارآمد تشکیل شده از شیر بدون چربی، عصاره مخمر، زرده تخم مرغ و ساکاروز توسط Mellini & Campadelli (1996) توسعه پیدا کرد. این محیط کشت مصنوعی از منظر عملکرد حشرات کامل و وزن شفییرگی مشابه با نتایج بدست آمده از پرورش میزبان طبیعی بود. اما همچنان رژیم‌های غذایی مصنوعی نیازمند توسعه و بهینه‌سازی می‌باشند. به منظور جلوگیری از غرق شدن لاروهای پارازیتوئید، یک حمایت کننده فیزیکی مانند، آگار یا پنبه مورد نیاز می‌باشد (Dindo *et al.*, 2003). برای جلوگیری از ایجاد آلودگی‌های قارچی، محیط کشت به صورت مستمر با جنتامیسین (Gentamicin) تیمار می‌شود و همچنین کلیه مواد مصرفی باید با الکل ضد عفونی شوند (Mellini & Campadelli, 1996; Dindo *et al.*, 2021). تاکنون برای حشرات بالغ این خانواده تخمگذاری مستقیم روی محیط مصنوعی پرورش توسعه پیدا نکرده است. به همین دلیل نیاز به پرورش مستمر میزبان طبیعی می‌باشد. پرورش روی محیط کشت مصنوعی با جمع‌آوری تخم‌های موجود از روی بدن لارو میزبان و انتقال آنها روی محیط کشت مصنوعی انجام می‌شود. همچنین از تخم‌های گذاشته شده به دیواره قفس‌های پرورش حشرات بالغ نیز می‌توان

برای پرورش مگس پارازیتوئید *E. larvarum* روی میزبان *G. mellonella*، حشرات بالغ مگس (۵۰-۷۰ فرد) در قفس‌های پلکسی گلاس در شرایط کنترل شده محیطی (۲۶ درجه سلسیوس، ۶۵٪ رطوبت نسبی و دوره روشنایی و تاریکی ۱۶:۸ ساعت) نگهداری می‌شوند. برای تغذیه حشرات بالغ از آب مقطر، قطعه‌های قند و پنبه آغشته به محلول آب عسل استفاده می‌شود (Dindo *et al.*, 2019). حدود سه لارو کامل شب‌پره موم‌خوار بزرگ به ازای هر فرد ماده پارازیتوئید در قفس قرار می‌گیرد. این عمل در هفته یکبار انجام می‌شود. پس از گذشت ۶۰-۴۰ دقیقه، ۶-۴ تخم روی هر لارو میزبان قابل مشاهده می‌باشد. این تعداد تخم پارازیتوئید به ازای هر لارو سن آخر میزبان برای پرورش بهینه می‌باشد (Mellini & Campadelli, 1996). لاروهای پارازیتوئید شده میزبان از داخل قفس خارج می‌شوند و در قفس‌های پلاستیکی (۲۴ × ۱۳ × ۸ سانتی‌متر) تهویه‌دار در شرایط محیطی مشابه تا زمان تشکیل شدن شفییره‌های مگس پارازیتوئید قرار می‌گیرند. همچنین قابلیت لارو *Spodoptera littoralis* (Lep.: Noctuidae) برای پرورش آزمایشگاهی مگس *E. larvarum* مورد بررسی قرار گرفته است (Depalo *et al.*, 2010). این شب‌پره به عنوان میزبان طبیعی این پارازیتوئید در مصر شناخته می‌شود (Assal & Koilab, 1984). مشخص شده است که وزن شفییره‌های بدست آمده پارازیتوئید از میزبان *G. mellonella* بیشتر از *S. littoralis* می‌باشد. در تمامی گونه‌های پارازیتوئید Tachinidae، موفقیت پارازیتیسیم نه تنها وابسته به گونه میزبان بلکه فاکتورهای دیگری مانند تعداد تخم گذاشته به ازای هر میزبان و سن میزبان نیز موثر می‌باشد (Dindo & Grenier, 2014). سوپرپارازیتیسیم در مگس‌های پارازیتوئید Tachinidae بسیار معمول می‌باشد اما این پدیده باید برای تولید بهینه از پارازیتوئید محدود شود. با وقوع سوپرپارازیتیسیم اندازه حشرات کامل تولید شده و نیازهای غذایی هر فرد در بدن میزبان کاهش می‌یابد (Baronio *et al.*, 2002).

۲- پرورش روی محیط کشت (In vitro)

(rearing)

کوبا می‌باشد. گزارش شده است که برای این برنامه کنترل بیولوژیک بیش از ۱۰۰ میلیون مگس پارازیتوئید *L. diatraeae* در ۵۴ انسکتاریوم در یک سال تولید شد و جمعیت این مگس پارازیتوئید در تمامی ۱۵ استان این جزیره به صورت موفقیت آمیز مستقر شد (Dindo & renier, 2014). همچنین مگس پارازیتوئید *L. diatraeae* به کشور چین (گوانگشی) برای کنترل ساقه‌خوار زرد نیشکر، *Chilo infuscatellus* Snellen (Lep.: Pyralidae) و دیگر آفات بالپولکدار نیشکر واردسازی شده است که کارایی بالای این عامل کنترل بیولوژیک در شرایط آزمایشگاهی و صحرایی مشاهده شده است (Deng et al., 2008). در آمریکای لاتین، دیگر تاکینیدهای پارازیتوئید شامل *Lydella minense* (Townsend) از برزیل و *Billaea claripalpis* van de Wulp از مکزیک، برای کنترل ساقه‌خوار نیشکر (*Diatraea* spp.) در قالب برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک و اشباعی بکار گرفته شده‌اند (Weir et al., 2007). در کشورهای آمریکای جنوبی (شامل، برزیل، کلمبیا و پرو)، سرمایه‌گذاری بالایی توسط دولت برای تولید انبوه عوامل کنترل بیولوژیک و همچنین این دو گونه مگس پارازیتوئید انجام شده است (van Lenteren & Bueno, 2003). در دهه ۱۹۸۰، تعداد ۵/۷ میلیون مگس از گونه‌های *L. minense* و *P. claripalpis* در ۱۷ انسکتاریوم Copersucar (بزرگترین کمپانی اتانول و شکر برزیل) تولید شده است. همچنین مگس‌های پارازیتوئید *P. claripalpis* و *L. minense* توسط انسکتاریوم‌های تجاری در پرو و کلمبیا نیز انبوه‌سازی شده‌اند. در دهه‌های ۱۹۸۰ و ۱۹۹۰ در ایالات‌های جنوبی آمریکا، جمعیت گونه *Archytas marmoratus* (Townsend) (Diptera: Tachinidae)، پارازیتوئید لاروی و شفیرگی شب‌پره‌های Noctuidae، به صورت موفقیت آمیزی انبوه‌سازی شد و برای کنترل کرم قوزه، *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lep.: Noctuidae) و شب‌پره *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lep.: Noctuidae) در کشت و کار ذرت رهاسازی اشباعی انجام شد (Dindo & Grenier, 2014). مگس پارازیتوئید

استفاده کرد (Dindo et al., 2007; Marchetti et al., 2008).

مروری بر برنامه‌های کنترل بیولوژیک مگس‌های پارازیتوئید Tachinidae در جهان

برنامه‌های کنترل بیولوژیک کاربردی متعددی در سراسر جهان با بکارگیری دوبالان خانواده Tachinidae انجام شده است (جدول ۱). در اوایل دهه ۱۹۰۰، شانزده گونه مگس پارازیتوئید تاکینید از اروپا به ایالات‌های شمالی آمریکا برای کنترل پروانه ابریشم باف ناجور، *L. dispar* و شب‌پره دم قهوه‌ای، *Euproctis chrysorrhoea* (L.) (Lep.: Lymantriidae)، وارد شد. دو گونه مگس پارازیتوئید *E. larvarum* و *Parasetigena silvestris* (Robineau-Desvoidy) برای کنترل پروانه ابریشم باف ناجور در اروپا به خوبی شناخته شده می‌باشند و همچنین در ایالات متحده با روش رهاسازی تلقیحی در قالب کنترل بیولوژیک کلاسیک بکارگرفته شدند و جمعیت آنها به خوبی مستقر شد (Feener & Brown, 1997; Dindo & Grenier, 2014). استقرار موفقیت آمیز جمعیت دوبالان پارازیتوئید بیشتر از آنکه وابسته به تعداد مگس رهاسازی شده باشد، بستگی به شرایط اکولوژیک و اقلیمی در منطقه رهاسازی دارد (Dindo & Grenier, 2014). معمولاً بهترین موفقیت از برنامه‌های کنترل بیولوژیک کلاسیک در جزیره‌ها بدست می‌آید. همچنین نمونه‌های مختلفی از کنترل موثر جمعیت کرم ساقه‌خوار نیشکر، *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lep.: Crambidae) رهاسازی اشباعی مگس پارازیتوئید *L. diatraeae* در مناطق لوئیزیانا و فلوریدا در آمریکا گزارش شده است (King et al., 1981). این نتایج باوجود تحرک بالای این مگس‌ها و موقعیت قاره‌ای این ایالت‌ها بدست آمده است که بسیار امیدبخش می‌باشد. رهاسازی اشباعی *L. diatraeae* برای کنترل *D. saccharalis* و دیگر بالپولکداران ساقه‌خوار نیشکر در کوبا به صورت گسترده و موفقیت آمیز انجام شده است (Nicholls et al., 2002). کنترل *D. saccharalis* یکی از اهداف اساسی برای برنامه کنترل بیولوژیک ملی

گزارش شده است. در شرایط محیطی مناسب این گونه توانایی جلوگیری از افزایش جمعیت سن گندم به آستانه زیان اقتصادی را دارد (Abdulhai et al., 2007).

مطالعه دوبالان پارازیتوئید خانواده Tachinidae در ایران

در دهه اخیر، بررسی‌های قابل توجهی با موضوع شناسایی و طبقه‌بندی دوبالان خانواده Tachinidae در ایران انجام شده است و تاکنون در مجموع بیش از ۲۷۰ گونه از این خانواده در کشور گزارش شده است (Seyyedi- Sahebari et al., 2018; O'Hara et al., 2020). تعداد گونه‌های شناسایی شده در زیرخانواده‌های مختلف و دامنه میزبانی آنها در جدول دو ارائه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که بیشترین تعداد گونه‌های شناسایی شده مربوط به زیرخانواده Exoristinae می‌باشد که عمدتاً پارازیتوئید بالپولکداران، قاب‌بالان و بال‌غشاییان می‌باشند.

گیلاسیان و همکاران طی بررسی فون دوبالان خانواده Tachinidae در منطقه هفتاد قله استان مرکزی، ۸۶ گونه از ۶۷ جنس جمع‌آوری و شناسایی کردند که از این تعداد ۴۶ گونه و ۱۹ جنس برای اولین بار از ایران گزارش شد (Gilasian et al., 2022). سیدی صاحب‌اری و طالبی (۱۴۰۰) در هفت منطقه از استان گیلان ارزیابی فراوانی نسبی و تنوع گونه‌ای این خانواده را بررسی کردند. آنها در مجموع تعداد ۲۴۹ نمونه مگس از ۵۷ گونه و ۴۵ جنس و چهار زیرخانواده از این خانواده جمع‌آوری و شناسایی کردند که گونه‌های زیرخانواده Exoristinae (۲۶ گونه و ۲۵ جنس) بیشترین فراوانی را در مناطق مورد مطالعه داشت و پس از آن زیر خانواده Tachininae (۱۵ گونه و ۱۱ جنس) قرار گرفت. مطالعه ترکیب ساختاری و فراوانی گونه‌ها در استان گیلان نشان می‌دهد که بیشترین فراوانی نسبی مربوط به گونه *C. concinnata* و پس از آن گونه *Peribaea tibialis* (Robineau-Desvoidy) می‌باشد (Seyyedi Sahebari & Talebi, 2021). جنس *Susamyia* Ziegler & Gilasian gen. nov. و گونه تایپ آن *Susamyia mira* Ziegler & Gilasian gen. et sp. nov. برای اولین بار در ایران از منطقه

Trichopoda pennipes (Fabricius) بومی ایالات جنوبی آمریکا و کشورهای آمریکای جنوبی می‌باشد. این مگس، پارازیتوئید سن سبز *N. viridula* بوده و در کشورهای مختلف جهان برای کنترل این آفت به صورت موفقیت آمیز واردسازی شده است. تلاش‌های انجام شده برای واردسازی *Trichopoda giacomelli* (Blanchard) در استرالیا (کوئزلند) موفقیت‌آمیز بود و جمعیت این دشمن طبیعی بخوبی مستقر و پتانسیل آن در کاهش جمعیت سن *N. viridula* اثبات شد (Coombs & Sands, 2001). مگس پارازیتوئید *E. larvarum* یکی از مهم‌ترین دشمنان طبیعی پروانه ابریشم باف ناجور می‌باشد (Beneli et al., 2017; 2018). پس از ورود پروانه ابریشم باف ناجور به آمریکا، در قرن ۲۰ تلاش‌های زیادی برای واردسازی دشمنان طبیعی از اروپا به آمریکای شمالی برای مهار جمعیت این آفت مخرب انجام شد. درحالی‌که جمعیت بسیاری از این دشمنان طبیعی مستقر نشد، جمعیت مگس پارازیتوئید *E. larvarum* با رهاسازی‌های تفریحی دوره‌ای به صورت موفقیت آمیزی مستقر شد و نقش موثری را در کنترل پروانه ابریشم باف ناجور به دنبال داشت (Kenis & Vaamonde, 1998). مطالعات انجام شده در گروه حشره‌شناسی دانشگاه بولونیا ایتالیا، نتایج امیدوارکننده‌ای را برای رهاسازی اشیاعی مگس *E. larvarum* برای مهار جمعیت آفاتی همچون *X. littoralis*، *P. saucia*، *P. unipuncta*، *c-nigrum*، *Mythimna unipuncta* (Haworth) (Lep.: Noctuidae) مشخص نمود (Simoes et al., 2004; Depalo et al., 2012). همچنین گونه‌های مختلفی از خانواده Tachinidae به عنوان پارازیتوئید آفت سن گندم از کشورهای گوناگون گزارش شده است. گونه‌های جنس *Phasia* از زیر خانواده Phasiinae که دارای ۲۱ گونه توصیف شده در منطقه پالنارکتیک می‌باشند، از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای سن گندم، *Eurygaster integriceps* Puton (Hemiptera: Scutelleridae)، به شمار می‌آیند (Gilasian et al., 2013). در مناطق بالکاریا و کاباردینو کشور روسیه درصد پارازیتیسیم گونه *Elizeta helluo* (F.) (Diptera: Tachinidae) روی آفت سن گندم حدود ۷۸ درصد

(2006, *al.* در بررسی انجام شده توسط غیبی و استوان (۱۳۸۸) در استان فارس در مجموع ۶۳ گونه متعلق به ۵۰ جنس و چهار زیرخانواده از خانواده Tachinidae گزارش شد (Gheibi & Ostovan, 2008). در بررسی پارازیتوئیدهای بومی شب‌پره تارتن پاییزی، *Hyphantria cunea* (Drury) (Lep.: Erebiidae) در استان گیلان سه گونه از دوبالان خانواده Tachinidae شامل *C. concinnata*، *E. larvarum* و یک گونه از جنس *Pales* شناسایی شدند (Karami *et al.*, 2023).

در ایران گونه‌های زیر خانواده Phasiinae به دلیل اهمیت سن گندم، *E. integriceps* مورد توجه و مطالعه بیشتری قرار گرفته اند (Amir-Maafi, 2001; Ebadi & Jozeyan, 2001; Jozyan, 2004; Iranipour *et al.*, 2010; Javanmard & Abbasipour, 2017). گونه‌های این زیرخانواده پارازیتوئید پوره‌های سنین ۴ و ۵ و حشرات کامل سن‌ها می‌باشند. در شرایط آب و هوایی مزارع گندم استان ایلام پراکنش چهار گونه مگس پارازیتوئید *E. helluo*، *Phasia subcoleoptrata* L.، *Elomyia lateralis* Meg. و *Ectophasia* sp. به ترتیب با درصد فراوانی ۶۳/۸، ۲۷/۵، ۵/۶ و ۳/۱ گزارش شده است. گونه غالب در این استان *E. helluo* می‌باشد که در منطقه لومار میزان کارایی آن در اواخر فروردین ماه ۴۶ درصد بوده است (Jozyan, 2004). همچنین در منطقه الشتر استان لرستان سه گونه مگس پارازیتوئید شامل *E. helluo*، *P. subcoleoptrata* و *E. lateralis* از حشرات کامل سن گندم جمع‌آوری و شناسایی شدند که جمعیت *E. helluo* نسبت به دو گونه دیگر بیشتر بود (Javanmard & Abbasipour, 2017). گونه غالب مگس پارازیتوئید سن گندم در شرایط آب و هوایی اصفهان، *P. subcoleoptrata* گزارش شده است. این گونه در شرایط مذکور دارای دو نسل در سال می‌باشد و زمستان را به صورت شفیره در خاک، زیر بوته‌های اماکن تابستان‌گذرانی و زمستان‌گذرانی سن گندم به سر می‌برد (Ebadi & Jozeyan, 2001). دو گونه *Phasia obesa* (Fabricius) و *Phasia pusilla* Meigen برای اولین بار از ایران توسط گیلاسیان و همکاران گزارش شده است

جنوب غربی استان خوزستان گزارش شده است (Gilasian *et al.*, 2021). گزارش‌های متعددی از گونه‌های خانواده Tachinidae از نقاط مختلف ایران تاکنون انجام گرفته است (Gheibi *et al.*, 2010; Gilasian *et al.*, 2016; Seyyedi-E. *larvarum* Sahebaei *et al.*, 2021). برای اولین بار به عنوان پارازیتوئید *L. dispar*، *Malacosoma neustria* L. (Lep.: Lasiocampidae) و *Mamestra brassicae* L. (Lep.: Noctuidae) از *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lep.: Noctuidae) ایران گزارش شده است (Samet *et al.*, 1977). سپس این گونه با جمع‌آوری نمونه‌های شب‌پره برگ‌خوار فریون، *Simyra dentinosa* Freyer (Lep.: Noctuidae) در ارومیه توسط کریم‌پور و همکاران (۱۳۸۴) گزارش شد (Karimpour *et al.*, 2005). همچنین مگس پارازیتوئید *E. larvarum* برای اولین بار از سفیده بزرگ کلم، *Pieris brassicae* (L.) (Lep.: Pieridae) از ارومیه گزارش شده است (Razmi *et al.*, 2011). در بررسی دینامیسم جمعیت شب‌پره تک نقطه‌ای برنج، *M. unipuncta*، در غرب مازندران، نمونه‌های مگس پارازیتوئید *C. concinnata* از لارو شب‌پره فوق جمع‌آوری و گزارش شد. مگس *C. concinnata* از جمله فعال‌ترین پارازیتوئیدهای لارو *M. unipuncta* در مزارع برنج غرب مازندران می‌باشد و از روی تعداد زیادی از بالپولکداران خانواده Noctuidae، Sphingidae، Pieridae، Nymphalidae، Zygaenidae و Goemetridae نیز گزارش شده است (Abbasipour & Tschorsnig, 2008). در بررسی‌های انجام شده در خصوص شناسایی عوامل کنترل طبیعی شب‌پره شمشاد در جنگل‌های هیرکانی، مگس *C. concinnata* از ذخیره‌گاه شمشاد چشمه بلبل منطقه بندر گز واقع در استان گلستان جمع‌آوری شد (Farahani *et al.*, 2018). همچنین، این پارازیتوئید در منطقه ارسنجان فارس به عنوان پارازیتوئید پروانه برگ‌خوار خاکستری بنه، *Thaumetopoea solitaria* (Freyer) (Lep.: Notodontidae)، معرفی شده است و میزان پارازیتیسم آن ۲/۱۶ درصد تعیین شده است (Dehghani Zahedani *et*

بار از ایران گزارش شدند (Gilasian *et al.*, 2017).

(Gilasian *et al.*, 2013). همچنین در مطالعه دیگری، هفت

گونه و سه جنس *Opesia*، *Subclytia* و *Xysta* برای اولین

جدول ۱- دوبالان خانواده Tachinidae که در قالب کنترل بیولوژیک کلاسیک آفات در دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

the world. Table 1. Tachinidae parasitoids utilized in classical biological control programs throughout			
Tachinid species	Target pests	Collected and released areas	References
<i>Siphona samarensis</i> (Villeneuve)	<i>Lymantria dispar</i> (L.)	Europe – Canada, Northern USA	Fuester <i>et al.</i> (2001)
<i>Bessa remota</i> (Aldrich)	<i>Levuana iridescens</i> Bethune–Baker	Malaysia – Fiji islands	Hoddle (2006)
<i>Blepharella lateralis</i> Macquart	<i>Penicillaria jocosatrix</i> Guenée	India – Guam	Nafus (1991)
<i>Blepharipa pratensis</i> (Meigen)	<i>L. dispar</i> , <i>Nygmia phaerhoea</i> Don.	Europe – Northern USA	Blumenthal <i>et al.</i> (1979)
<i>Compsilura concinnata</i> (Meigen)	<i>L. dispar</i> , <i>N. phaerhoea</i>	Europe – Northern USA	Blumenthal <i>et al.</i> (1979)
<i>Cyzenis albicans</i> Fallén	<i>Operophtera brumata</i> (L.)	Europe – Canada	Horgan <i>et al.</i> (1999)
<i>Panzeria consobrina</i> (Meigen)	<i>Mamestra configurata</i>	Germany – Canada	Mason <i>et al.</i> (2002)
<i>Eurysthaea scutellaris</i> (Robineau–Desvoidy)	<i>Yponomeuta malinellus</i>	France – USA, Washington state	Unruh <i>et al.</i> (2003)
<i>Exorista larvarum</i> (Linnaeus)	<i>L. dispar</i>	Europe – Northern USA	Sabrosky & Reardon (1976)
<i>Lixadmontia franki</i> Wood & Cave	<i>Metamasius callizona</i> (Chevrolat)	Mexico – Southern USA (Florida)	Cooper <i>et al.</i> (2011)
<i>Lixophaga diatraeae</i> (Townsend)	<i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius), other lepidopterous sugarcane borers	China, Cuba, etc – Southern USA, West Indies islands, South America, Southeast Asia	Deng <i>et al.</i> (2008; 2010)
<i>Lydella Jalisco</i> Woodley	<i>Eoreuma loftini</i> (Dyar)	Mexico – USA (Texas)	Lauziere <i>et al.</i> (2001)
<i>Lydella minense</i> (Townsend)	<i>Diatraea</i> spp.	Mexico – Brazil, Colombia and Peru	Weir <i>et al.</i> (2007)
<i>Billaea claripalpis</i> van de Wulp			
<i>Myxexoristop hertingi</i> Mesnil	<i>Acantholyda erythrocephala</i> L.	Italy – Canada	Lyons (2013)
<i>Ormia depleta</i> (Wiedemann)	<i>Neoscapteriscus</i> spp.	Brazil – Southern USA (Florida)	Frank & Parkman (1999)
<i>Parasetigena sylvestris</i> (Robineau–Desvoidy)	<i>L. dispar</i>	Europe – Northern USA	Kenis & Lopez Vaamonde (1998)
<i>Trichopoda giacomelli</i> (Blanchard)	<i>Nezara viridula</i> (L.)	Southern United States, South America – Australia	Coombs & Sands (2000)
<i>Trichopoda pennipes</i> (Fabricius)	<i>N. viridula</i>	Southern United States, South America – Different countries	O'Hara (2008)

جدول ۲- تعداد گونه های شناسایی شده در زیرخانواده های مختلف خانواده Tachinidae و دامنه میزبانی آنها در ایران.

Table 2. The number of identified species in Tachinidae subfamilies and their host range in Iran.

Subfamily	Number of species (percentage)	Main hosts	References
Dexiinae	35 (13%)	Lep., Coleoptera	O'Hara <i>et al.</i> (2020);
Exoristinae	97 (36%)	Lep., Coleoptera, Hymenoptera	Seyyedi-Sahebari <i>et al.</i> (2021); Gilasian <i>et al.</i> (2022)
Phasiinae	66 (24%)	Heteroptera	
Tachininae	76 (27%)	Lep., Coleoptera, Hymenoptera	

اردیبهشت ماه مشاهده شد. همچنین از میان ۵۸۱ سفیره جمع آوری شده آفت، از چهار نمونه مگس پارازیتوئید *C. concinnata* خارج شده است (Farahani *et al.*, 2018). گزارش های گوناگونی از پتانسیل مگس های پارازیتوئید خانواده Tachinidae در کنترل آفت شب پره شمشاد از نقاط مختلف جهان موجود می باشد (Wan *et al.*, 2014; Martini *et al.*, 2019). در بررسی آزمایشگاهی انجام شده در دانشگاه بولونیا ایتالیا، پتانسیل مگس پارازیتوئید *E. larvarum* در کاهش جمعیت آفت به اثبات رسیده است (Martini *et al.*, 2019). در شمال غربی رومانی فعالیت مگس پارازیتوئید *E. larvarum* روی آفت شب پره شمشاد گزارش شده است و درصد پارازیتیسیم آن روی لاروهای آفت در شهرهای مختلف از ۵/۱ تا ۱۳/۴ تخمین زده شده است (Huluhan *et al.*, 2021). سه گونه مگس از خانواده Tachinidae شامل *Exorista* sp., *Pseudoperichaeta* (Walker) و *nigrolineata* در آسیا به عنوان پارازیتوئید لاروی شب پره شمشاد شناخته می شوند (Shima, 1973; Wan *et al.*, 2014). در شهر شین یانگ واقع در استان هنان کشور چین، درصد مرگ و میر مراحل لاروی و شفیرگی آفت توسط گونه های جنس *Exorista* به ترتیب ۳۲/۶ و ۴۷/۵ گزارش شده است (Shi & Hu, 2007). مگس *P. nigrolineata* به عنوان پارازیتوئید شب پره شمشاد از ژاپن گزارش شده است (Shima, 1973). این مگس پارازیتوئید دارای دامنه میزبانی بسیار بالایی می باشد به گونه ای که حداقل ۹ خانواده از راسته بالپولکداران بویژه خانواده های Crambidae, Pyralidae و

اهمیت دوبالان پارازیتوئید خانواده Tachinidae در کنترل شب پره شمشاد

شب پره شمشاد، *C. perpectalis*، یکی از مهم ترین و مخرب ترین آفات درختان شمشاد جنگلی یا شمشاد خزری در ایران و جهان است که بومی کشورهای آسیای شرقی (چین، ژاپن، تایوان و کره) و بخش هایی از شرق روسیه و هند می باشد. این آفت برای اولین بار در سال ۱۳۹۵ از ایران گزارش شد و طی مدت کوتاهی خسارت های چشمگیری را به رویشگاه های مختلف شمشاد استان های شمالی کشور (گیلان، مازندران و گلستان) وارد کرد (Ahangaran, 2016; Farahani *et al.*, 2016; 2018). چرخه زندگی این آفت در شرایط آزمایشگاهی و طبیعی (جنگل های هیرکانی) مورد بررسی قرار گرفته و گزارش شده است که دارای دونسل کامل و یک نسل زمستانگذران در سال می باشد (Farahani *et al.*, 2021). از آنجایی که شب پره شمشاد در دهه اخیر از ایران گزارش شده است تاکنون مطالعات گسترده ای با موضوع عوامل کنترل کننده طبیعی آن انجام نشده است. برای مثال، قارچ بیمارگر *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Ascomycota: Hypocreales) روی لاروهای آفت جمع آوری شده از استان گیلان، برای اولین بار جداسازی و گزارش شد (Zamani *et al.*, 2017). برای اولین بار در جنگل های هیرکانی در بهار ۱۳۹۷، مگس *C. concinnata* به عنوان پارازیتوئید شب پره شمشاد از ذخیره گاه شمشاد چشمه بلبل منطقه بندر گز واقع در استان گلستان جمع آوری و گزارش شد. در این منطقه فعالیت پارازیتیسیم *C. concinnata* در نسل اول، در اواسط

رژیم غذایی مصنوعی مطالعات بیشتری برای بکارگیری دوبالان خانواده Tachinidae در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کاربردی مورد نیاز می‌باشد. تولید تجاری گونه‌های مختلف مگس‌های تاکینید وابسته به بکارگیری آن‌ها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کاربردی می‌باشد. مثال‌های ذکر شده از برنامه‌های کنترل بیولوژیک موفقیت‌آمیز، انگیزه بکارگیری و انجام مطالعات بیشتر روی گونه‌های این خانواده را دو چندان می‌کند. با در نظر داشتن مطالعات انجام شده، گونه‌هایی همچون *E. larvarum* و *C. concinnata* از پتانسیل قابل قبولی برای کنترل آفات کلیدی کشور بویژه شب‌پره شمشاد برخوردار می‌باشند. بهینه‌سازی تکنیک‌های پرورش این عوامل کنترل بیولوژیک، استفاده از آن‌ها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک را تسهیل می‌کند. همچنین مطالعات بیشتری در زمینه شناسایی گونه‌های خانواده Tachinidae ضروری است تا امکان استفاده گسترده‌تر از این پارازیتوئیدها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک فراهم شود.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از طرح پسادکتری تصویب شده در صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) به شماره ۹۹۰۲۶۳۰۶ می‌باشد. بدین وسیله از حمایت‌های این سازمان و دانشگاه تربیت مدرس تهران که امکانات اجرای این طرح را فراهم کردند، قدردانی می‌شود.

Tortricidae را مورد حمله قرار می‌دهد. گونه *C. concinnata* در کشور ژاپن یکی دیگر از تاکینیدهای پارازیتوئید شب‌پره شمشاد است که دارای دامنه میزبانی وسیعی شامل حداقل ۱۸۰ گونه از راسته‌های بالپولکدران و بال‌غشاییان می‌باشد (Wan *et al.*, 2014). این گونه به عنوان پارازیتوئید آفت شب‌پره شمشاد از منطقه جنوب غربی اروپا جمع‌آوری شده است (López *et al.*, 2022). شناسایی دشمنان طبیعی شب‌پره شمشاد در فرانسه نشان داد که ۲۲ درصد از پارازیتوئیدهای جمع‌آوری شده متعلق به خانواده Tachinidae بودند و گونه غالب مگس پارازیتوئید *C. concinnata* بود. میانگین درصد پارازیتیسیم این گونه ۱/۸۳ گزارش شده است (Morel *et al.*, 2021).

نتیجه‌گیری

دوبالان دومین گروه از مهم‌ترین پارازیتوئیدهای حشرات پس از بال‌غشاییان می‌باشند که در کنترل طبیعی گونه‌های گیاهخوار در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی نقش بسیار مهمی دارند. با این حال نقش آنها در برنامه‌های کنترل بیولوژیک کاربردی کمتر مورد توجه قرار گرفته است، که ممکن است ناشی از تعداد گونه‌های کمتر آنها در مقایسه با بال‌غشاییان پارازیتوئید باشد (Dindo & Grenier, 2014; Dindo *et al.*, 2019). دوبالان پارازیتوئید حدود ۲۰ درصد از حشرات پارازیتوئید را شامل می‌شوند (Marchetti *et al.*, 2008). با در نظر داشتن ویژگی‌های زیست‌شناسی افراد این خانواده و امکان پرورش آن‌ها روی میزبان‌های حد واسط و

References

- Abbasipour, H. & Tschorsnig, H.P. 2008. Report of parasitoid flies, *Compsilura concinnata* and *Peribaea tibialis* (Dip.: Tachinidae) on the rice armyworm from Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 27(2): 3–6.
- Abdulhai, M., Canhilal, R., El Bouhssini, M., Reid, W. & Rihawi, F. 2007. Survey of Sunn pest adult parasitoids in Syria. pp. 315–318. In: Parker, B. L. & Skinner, M. (eds.) Sunn pest management: A decade of progress (1994–2004). Published by the Arab Society for Plant Protection, Beirut, Lebanon.
- Ahangaran, Y. 2016. The first report of the Box Tree Moth from Iran, *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lep.: Crambidae) (short report). *Applied Entomology and Phytopathology*, 84(1): 209–211.
- Ahmadi Javanmard, S. & Abbasipour, H. 2017. Parasitoid flies of the sunn pest, *Eurygaster integriceps* and their parasitism in cereal fields of Alshtar area of Lorestan province. *Applied Plant Protection*, 6(2): 73–83.
- Amir-Maafi, M. 2001. An investigation for identifying and efficiency of parasitoid flies of cereal sunn pest (*Eurygaster integriceps* Puton) in Karaj. M.Sc. thesis, Faculty of Agriculture, University of Tehran, Iran.
- Assal, O.M. & Kolaib, M.O. 1984. Parasites of the cotton leaf-worm, *Spodoptera littoralis* in lower Egypt. *Minufiya Journal of Agricultural Research*, 8: 449–462.

- Baronio, P., Dindo, M.L., Campadelli, G. & Sighinolfi, L. 2002. Intraspecific weight variability in tachinid flies: response of *Pseudogonia rufifrons* to two host species with different size and of *Exorista larvarum* to variations in vital space. *Bulletin of Insectology*, 55: 55–62.
- Beneli, M. 2018. Effect of short-term suboptimal temperature storage to assist large-scale production of two dipterans: *Exorista larvarum* (L.) and *Bactrocera tryoni* (Froggatt). Ph.D. thesis, Department of Entomology, University of Bologna, Italy.
- Benelli, M., Marchetti, E. & Dindo, M.L. 2017. Effects of storage at suboptimal temperatures on the in vitro-reared parasitoid *Exorista larvarum* (Diptera: Tachinidae). *Journal of Economic Entomology*, 110(4): 1476–1482.
- Blumenthal, M.E., Fusco, R.A. & Reardon, R.C. 1979. Augmentative release of two established parasite species to suppress populations of the gypsy moth. *Journal of Economic Entomology*, 72(2): 281–288.
- Campadelli, G. 1987. Effects of the low temperature on the host-parasite couple *Galleria mellonella* L., *Pseudogonia rufifrons* Wied. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" della Università degli Studi di Bologna*, 41: 29–49.
- Campadelli, G. 1988. *Galleria mellonella* as a substitute host for insect parasites. *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" dell'Università di Bologna*, 42: 47–65.
- Caron, V., Myers, J.H. & Gillespie, D.R. 2010. The failure to discriminate: superparasitism of *Trichoplusia ni* Hübner by a generalist tachinid parasitoid. *Bulletin of Entomological Research*, 100(3): 255–261.
- Chen, J., Li, W., Mi, Q., Zhang, F., Shi, S. & Zhang, J. 2020. A newly reported parasitoid, *Pentatomophaga latifascia* (Diptera: Tachinidae), of adult *Halyomorpha halys* in Beijing, China. *Insects*, 11(10, 666): 1–8.
- Coombs, M. & Sands, D.P. 2000. Establishment in Australia of *Trichopoda giacomellii* (Blanchard) (Diptera: Tachinidae), a biological control agent for *Nezara viridula* (L.) (Hemiptera: Pentatomidae). *Australian Journal of Entomology*, 39(3): 219–222.
- Cooper, T.M., Frank, J.H., Cave, R.D., Burton, M.S., Dawson, J.S. & Smith, B.W. 2011. Release and monitoring of a potential biological control agent, *Lixadmontia franki*, to control an invasive bromeliad-eating weevil, *Metamasius callizona*, in Florida. *Biological Control*, 59(3): 319–325.
- De Clercq, P. 2008. Culture of natural enemies on factitious foods and artificial diets. pp. 1133–1136. In: Capinera, J. L. (eds.), *Encyclopedia of entomology*. Springer, Dordrecht, Netherlands.
- Dehghani Zahedani, M., Al-e-Mansoor, H., Khalghani, J., Kamali, K., Zeegers, T. & Al-e-Hosseini, A. 2006. Identification and efficiency of tachinid flies on *Thaumetopoea solitaria* Freyer. (Lep.: Thaumetopoeidae) in Arsanjan region of Fars province. *Proceeding of 17th Iranian Plant Protection Congress*, Karaj, Iran. 41 (In Persian with English summary).
- Deng, Z.Y., He, W.Z., Tan, Y.M., Chen, Y.Z. & Liang, C.X. 2008. Biological and ecological studies of *Lixophaga diatraeae* Townsend [J]. *Sugar Crops of China*, 4: 4–6.
- Depalo, L., Dindo, M.L. & Eizaguirre, M. 2012. Host location and suitability of the armyworm larvae of *Mythimna unipuncta* for the tachinid parasitoid *Exorista larvarum*. *BioControl*, 57(4): 471–479.
- Depalo, L., Marchetti, E., Baronio, P., Martini, A. & Dindo, M.L. 2010. Location, acceptance and suitability of *Spodoptera littoralis* and *Galleria mellonella* as hosts for the parasitoid *Exorista larvarum*. *Bulletin of Insectology*, 63(1): 65–69.
- Dindo, M.L. & Grenier, S. 2014. Production of dipteran parasitoids. pp. 101–143. In: Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G. & Shapiro-Ilan, D.I. (eds.), *Mass Production of Beneficial Organisms Invertebrates and Entomopathogens*. Academic Press, Elsevier.
- Dindo, M.L. & Francati, S. 2022. Soy flour versus skimmed milk powder in artificial diets for *Galleria mellonella*, a factitious host for *Exorista larvarum*. *Bulletin of Insectology*, 75(2): 273–280.
- Dindo, M.L. & Nakamura, S. 2018. Oviposition strategies of tachinid parasitoids: two *Exorista* species as case studies. *International Journal of Insect Science*, 10: 1–6.
- Dindo, M.L., Farneti, R., Scapolatempo, M. & Gardenghi, G. 1999. In vitro rearing of the parasitoid *Exorista larvarum* (L.) (Dip.: Tachinidae) on meat homogenate-based diets. *Biological Control*, 16(3): 258–266.
- Dindo, M.L., Marchetti, E. & Baronio, P. 2007. In vitro rearing of the parasitoid *Exorista larvarum* (Dip.: Tachinidae) from eggs laid out of host. *Journal of Economic Entomology*, 100(1): 26–30.
- Dindo, M.L., Marchetti, E., Galvagni, G. & Baronio, P. 2003. Rearing of *Exorista larvarum* (Dip.: Tachinidae): simplification of the in vitro technique. *Bulletin of Insectology*, 56: 253–258.
- Dindo, M.L., Modesto, M., Rossi, C., Di Vito, M., Burgio, G., Barbanti, L. & Mattarelli, P. 2021. *Monarda fistulosa* hydrolyte as antimicrobial agent in artificial media for the in vitro rearing of the tachinid parasitoid *Exorista larvarum*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 169(1): 79–89.
- Dindo, M.L., Rezaei, M. & De Clercq, P. 2019. Improvements in the rearing of the tachinid parasitoid *Exorista larvarum* (Dip.: Tachinidae): influence of adult food on female longevity and reproduction capacity. *Journal of Insect Science*, 19(2): 1–6.
- Ebadi, R. & Jozeyan, A. 2001. Biology of Dominant Parasitoid Fly *Phasia subcoleoprata* L. (Dip.:Tachinidae) of Sunn Pest in Isfahan. *Journal of Water and Soil Science*, 5(1): 207–219.

- Elkinton, J.S. & Boettner, G.H. 2012. Benefits and harm caused by the introduced generalist tachinid, *Compsilura concinnata*, in North America. *BioControl*, 57(2): 277–288.
- Farahani, S., Omid, R., Salehi, M. & Arefipour, M.R. 2016. The record of new pest *Cydalimaper spectalis* (Walker, 1859) (Lep.: Crambidae) from Iran. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 14(1): 68–72.
- Farahani, S., Salehi, M., Farashiani, M.E., Gilasian, E., Khaleghi Teruji, S.N. & Ahangaran, Y. 2018. *Compsilura concinnata* (Meigen), parasitoid of box tree moth, *Cydalima perspectalis* (Walker) from Iran. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 16(1): 102–106.
- Farahani, S., Salehi, M., Farashiani, M.E., Kazerani, F., Kouhjeni-Gorji, M., Khaleghi Truji, S.N., Ahangaran, Y., Babaei, M.R., Yarmand, H., Omid, R. & Talebi, A.A. 2021. Life Cycle of *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) (Lep.: Crambidae), an Invasive Exotic Pest in Hyrcanian Forests of Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(2): 361–370.
- Feener Jr, D.H. & Brown, B.V. 1997. Diptera as parasitoids. *Annual Review of Entomology*, 42(1): 73–97.
- Frank, J.H. & Parkman, J.P. 1999. Integrated pest management of pest mole crickets with emphasis on the southeastern USA. *Integrated Pest Management Reviews*, 4(1): 39–52.
- Fuester, R.W., Kenis, M., Swan, K.S., Kingsley, P.C., Lopez-Vaamonde, C. & Hérard, F. 2001. Host range of *Aphantorhaphopsis samarensis* (Dip.: Tachinidae), a larval parasite of the gypsy moth (Lep.: Lymantriidae). *Environmental Entomology*, 30(3): 605–611.
- Gheibi, M. & Ostovan, H. 2008. Preliminary Investigation on the Fauna of Tachinid Flies (Dip.: Tachinidae) in Fars Province, Iran. *Journal of Novel Research on Plant Protection*, 1(2): 140–166.
- Gheibi, M., Ostovan, H. & Kamali, K. 2010. A contribution to the tachinid flies of the subfamilies Exoristinae and Tachininae (Diptera: Tachinidae) from Fars province, Iran. *Turkish Journal of Zoology*, 34(1): 35–43.
- Gilasian, E., Talebi, A.A., Ziegler, J. & Manzari, S. 2013. A taxonomic study of the genus *Phasia* (Dip.: Tachinidae) in Iran, with two new records. *Journal of Entomological Society of Iran*, 33(2): 19–31.
- Gilasian, E., Talebi, A.A., Ziegler, J., Manzari, S. & Parchami-Araghi, M. 2017. New records of the subfamily Phasiinae (Diptera: Tachinidae) from Iran. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 3(1): 7–19.
- Gilasian, E., Ziegler, J. & Parchami-Araghi, M. 2016. A review of the genus *Minthodes* Brauer & Bergenstamm (Diptera: Tachinidae) in Iran, with the description of a new species. *Zootaxa*, 4173(2): 125–136.
- Gilasian, E., Ziegler, J. & Parchami-Araghi, M. 2022. The fauna of the family Tachinidae (Diptera) in Haftad-Qolleh Protected Area (Markazi Province), with forty-six new records from Iran and description of a new species. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 8(1): 049–091.
- Gilasian, E., Ziegler, J., Tóthová, A. & Parchami-Araghi, M. 2021. A new genus and species of tachinid flies from Iran (Diptera, Tachinidae, Goniini). *European Journal of Taxonomy*, 746: 162–185.
- Grenier, S. & De Clercq, P. 2003. Comparison of artificially vs. naturally reared natural enemies and their potential for use in biological control. pp. 115–131. In: van Lenteren, J.C. (eds.), *Quality control and production of biological control agents, theory and testing procedures*. CABI Publishing, Cambridge, Massachusetts, USA.
- Grenier, S. 1988. Applied biological control with tachinid flies (Diptera, Tachinidae): a review. *Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz*, 61(3): 49–56.
- Hafez, M. 1953. Studies on *Tachina larvarum* L. (Dip.: Tachinidae) III. Biology and life-history. *Bulletin de la Societe Fouad Ier d Entomologie*, 37: 305–335.
- Hoddle, M.S. 2006. Historical review of control programs for *Levuana iridescens* (Lep.: Zygaenidae) in Fiji and examination of possible extinction of this moth by *Bessa remota* (Dip.: Tachinidae). *Pacific Science*, 60(4): 439–453.
- Horgan, F.G., Myers, J.H. & Van Meel, R. 1999. *Cyzenis albicans* (Dip.: Tachinidae) does not prevent the outbreak of winter moth (Lep.: Geometridae) in birch stands and blueberry plots on the lower mainland of British Columbia. *Environmental Entomology*, 28(1): 96–107.
- Hulujan, I.B., Florian, T., Florian, V.C. & Oltean, I. 2021. Zoophagous entomofauna and entomopathogenic agents reported on *Cydalima perspectalis* (Walker, 1859) in north-western of Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 49(1): 11786.
- Ichiki, R. & Shima, H. 2003. Immature life of *Compsilura concinnata* (Meigen) (Dip.: Tachinidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 96(2): 161–167.
- Iranipour, S., Pakdel, A.K., Radjabi, G. & Michaud, J.P. 2011. Life tables for sunn pest, *Eurygaster integriceps* (Heteroptera: Scutelleridae) in Northern Iran. *Bulletin of Entomological Research*, 101(1): 33–44.
- Jozyan, A. 2004. Efficacy of the sunn pest parasitoid flies (Dip.: Tachinidae) and their role in reducing fecundity in adult female. *Journal of Entomological Society of Iran*, 24(1): 17–27.
- Kara, K., Tschorsnig, H.P. & Atay, T. 2020. Checklist of Turkish tachinidae (insecta, diptera) with new records. *Journal of the Entomological Research Society*, 22(2): 163–190.

- Karami, A., Talebi, A.A., Gilasian, E., Fathipour, Y. & Mehrabadi, M. 2023. Native parasitoids of the fall webworm, *Hyphantria cunea* (Lep.: Erebidae), an invasive alien pest in northern Iran. *Journal of Insect Biodiversity and Systematics*, 9(1): 81–101.
- Karimpour, Y., Fathipour, Y., Talebi, A.A. & Moharrampour, S. 2005. Biology of leafy spurge defoliator moth *Simyra dentinosa* (Lep., Noctuidae) and determination of its parasitoids in Orumieh, Iran. *Iranian Journal of Agricultural Sciences*, 36(2): 475–484.
- Kenis, M.A.R.C. & Vaamonde, C.L. 1998. Classical biological control of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (L.) in North America: prospects and new strategies. *Proceedings: Population Dynamics, Impact and Integrated Management of Forest Defoliating Insects* (USDA Forest Service General Technical Report NE-247). Washington, DC: US Department of Agriculture, 213–221.
- King, E.G., Sanford, J., Smith, J.W. & Martin, D.F. 1981. Augmentative release of *Lixophaga diatraeae* [Dip.: Tachnidae] for suppression of early-season sugarcane borer populations in Louisiana. *Entomophaga*, 26(1): 59–69.
- Lauziere, I., Legaspi, J., Legaspi, B. & Saldana, R. 2001. Field release of *Lydella jalisco* Woodley (Diptera: Tachinidae) in sugar-cane and other gramineous crops for biological control of *Eoreuma loftini* (Dyar) (Lep.: Pyralidae) in Texas. *Subtrop. Plant Science*, 49: 53–64.
- López, C., Las Heras, S., Garrido-Jurado, I., Quesada-Moraga, E. & Eizaguirre, M. 2022. Survey of natural enemies of the invasive boxwood moth *Cydalima perspectalis* in southwestern mediterranean Europe and biocontrol potential of a native *Beauveria bassiana* (Bals. -Criv.) Vuill. Strain. *Insects*, 13(9): 781.
- Lyons, D.B. 2013. *Acantholyda erythrocephala* L., sic [L.], pine false webworm (Hymenoptera: Pamphiliidae). pp. 54–65. In: Mason, P.G. & Gillespie D.R. (eds.), *Biological Control Programmes in Canada 2001–2012*. CABI, Wallingford, U.K.
- Marchetti, E., Baronio, P. & Dindo, M.L. 2008. In vitro rearing of the tachinid parasitoid *Exorista larvarum* with exclusion of the host insect for more than one generation. *Bulletin of Insectology*, 61(2): 333–336.
- Martini, A., Di Vitantonio, C. & Dindo, M.L. 2019. Acceptance and suitability of the box tree moth *Cydalima perspectalis* as host for the tachinid parasitoid *Exorista larvarum*. *Bulletin of Insectology*, 72(1): 150–160.
- Mason, P.G. & Huber, J.T. 2002. *Biological Control Programmes in Canada, 1981–2000*. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Mellini, E. & Campadelli, G. 1996. Formulas for "inexpensive" artificial diets for the parasitoid *Exorista larvarum* (L.). *Bollettino dell'Istituto di Entomologia "Guido Grandi" dell'Università di Bologna*, 50: 95–106.
- Mellini, E., Campadelli, G. & Dindo, M.L. 1993. Artificial culture of the parasitoid *Exorista larvarum* L. (Dipt. Tachinidae) on bovine serum-based diets. *Boll Ist Ent 'G. Grandi' Univ Bologna*, 47: 221–229.
- Morales-Ramos, J.A., Rojas, M.G. & Shapiro-Ilan, D.I. 2013. *Mass production of beneficial organisms: invertebrates and entomopathogens*. Academic Press, Elsevier, USA.
- Morel, E., Capelli, M., de Bodard, M., Colombel, E., Michel, T. & Tabone, E. 2021. Research for native parasites and predators of the box tree moth *Cydalima perspectalis*, in natural boxwood forest in France. *International Scientific Events–10th International Conference Agriculture & Food*. August, Burgas, Bulgaria, 231–242.
- Nafus, D. 1991. Biological control of *Penicillaria jocosatrix* (Lep.: Noctuidae) on mango on Guam with notes on the biology of its parasitoids. *Environmental Entomology*, 20(6): 1725–1731.
- Nicholls, C.I., Pérez, N., Vasquez, L. & Altieri, M.A. 2002. The development and status of biologically based integrated pest management in Cuba. *Integrated Pest Management Reviews*, 7(1): 1–16.
- O'Hara, J.E. 2008. Tachinid flies (Dip.: Tachinidae). pp. 3675–3686. In: Capinera, J.L. (eds.), *Encyclopedia of Entomology*, second ed. Springer, Dordrecht.
- O'Hara, J.E. 2013. History of tachinid classification (Diptera, Tachinidae). *ZooKeys*, (316): 1–34.
- O'Hara, J.E., Henderson, S.J. & Wood, D.M. 2020. Preliminary checklist of the Tachinidae (Dip.) of the world. Version 2.1. Available from: http://www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/Checklist/Tachchlist_ver2.1.pdf.
- Razmi, M., Karimpour, Y., Safaralizadeh, M. & Safavi, S. 2011. Parasitoid complex of cabbage large white butterfly *Pieris brassicae* (L.) (Lep.: Pieridae) in Urmia with new records from Iran. *Journal of Plant Protection Research*, 51(3): 248–251.
- Rezaei, M. & Moharrampour, S. 2019. Efficacy of Dayabon, a botanical pesticide, on different life stages of *Myzus persicae* and its biological control agent, *Aphidius matricariae*. *Journal of Crop Protection*, 8(1): 1–10.
- Rezaei, M. & Talebi, A.A. 2020. Insect Pest Management for Healthy Seed Production. pp. 211–264. In Tiwari, A. K. (eds.), *Advances in Seed Production and Management*. Springer.
- Rezaei, M., Karimzadeh, J. & Shakarami, J. 2018. Size of interacting resource–host–parasitoid populations influence mass rearing of *Cotesia vestalis*. *Journal of the Entomological Research Society*, 20(3): 23–32.
- Sabrosky, C.W. & Reardon, R.C. 1976. Tachinid parasites of the gypsy moth, *Lymantria dispar*, with keys to adults and puparia. *Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America*, 10(2): 126.

- Sahebari, F.S., Khaghaninia, S. & Talebi, A.A. 2018. New data of the subfamily Tachininae (Dip.: Tachinidae) from north-western Iran. *Zoology and Ecology*, 28(3): 252–258.
- Samet, Kh., Farzaneh, A. & Barkhordari, M. 1977. Primary list of Diptera (Tachinidae) of Iran. *Journal of Entomological Society of Iran*, 4(1,2): 15–86.
- Seyyedi Sahebari, F. & Talebi, A.A. 2021. Species diversity of family Tachinidae (Diptera) in Gilan province. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 19(1): 125–140.
- Seyyedi Sahebari, F., Khaghaninia, S. & Talebi, A.A. 2021. Review of the Tribe Eryciini Robineau-Desvoidy (Diptera: Tachinidae: Exoristinae) from Iran, with New Records. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 23(5): 1073–1090.
- Shi, H.Z. & Hu, K.F. 2007. Occurrence regularity and control techniques of *Diaphania perspectalis* (Walker). *Hubei Agricultural Sciences*, 46: 76–78.
- Shima, H. 1973. New host records of Japanese Tachinidae (Diptera: Calypttrata). *Sieboldia*, 4 :153–160.
- Silveira L.C.P., Souza I.L., Tomazella, V.B. & Mendez H.A.G. 2019. Parasitoid Insects. pp. 97–109. In: Souza, B., Vázquez, L. & Marucci, R. (eds.), *Natural Enemies of Insect Pests in Neotropical Agroecosystems*. Springer, Cham.
- Simoes, A.M.A., Dindo, M.L. & Grenier, S. 2004. Development and yields of the tachinid *Exorista larvarum* in three common Noctuidae of Azores Archipelago and in a laboratory host. *Bulletin of Insectology*, 57(2): 145–150.
- Singh, P. 1982. The rearing of beneficial insects. *New Zealand Entomologist*, 7(3): 304–310.
- Stireman III, J.O., O'Hara, J.E. & Wood, D.M. 2006. Tachinidae: evolution, behavior, and ecology. *Annual Review of Entomology*, 51: 525–555.
- Tschorsnig, H-P. 2017. Preliminary host catalogue of Palaearctic Tachinidae (Diptera). Available from: http://www.nadsdiptera.org/Tach/WorldTachs/CatPalHosts/Cat_Pal_tach_hosts_Ver1.pdf.
- Unruh, T., Short, R., Herard, F., Chen, K., Hopper, K., Pemberton, R., Lee, J.H., Ertle, L., Fuester, R. & LaGasa, E. 2003. Introduction and establishment of parasitoids for the biological control of the apple ermine moth, *Yponomeuta malinellus* (Lep.: Yponomeutidae), in the Pacific Northwest. *Biological Control*, 28(3): 332–345.
- Van Lenteren, J.C. & Bueno, V.H. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. *BioControl*, 48(2): 123–139.
- Wan, H., Haye, T., Kenis, M., Nacambo, S., Xu, H., Zhang, F. & Li, H. 2014. Biology and natural enemies of *Cydalima perspectalis* in Asia: Is there biological control potential in Europe? *Journal of Applied Entomology*, 138(10): 715–722.
- Weir, L.E.H., Contreras, W. & Gil de Weir, K. 2007. Biological control of *Diatraea* spp. (Lep.: Pyralidae) in sugarcane crops in Central Venezuela. *Revista de biología tropical*, 55(2): 655–658.
- Zamani, S., Farahani, S., Farashiani, M., Salehi, M. & Samavat, S. 2017. The first record of *Beauveria bassiana* on box tree moth, *Cydalima perspectalis* in Iran. *Iranian Journal of Forest and Range Protection Research*, 15(2): 199–202.

A review of the importance of Tachinidae (Diptera: Oestroidea) in biological control programs

Mehran Rezaei, Mohammad Mehrabadi, Ali Asghar Talebi

Department of Entomology, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Corresponding authors: Mehran Rezaei, Mohammad Mehrabadi, emails: mehran.rezaei@modares.ac.ir; m.mehabadi@modares.ac.ir

Received: Dec., 09, 2022

9(2) 181–198

Accepted: Mar., 13, 2023

Abstract

Dipteran flies are the second most important group of insect parasitoids after hymenopteran parasitoids and they represent about 20% of all insect parasitoids. The Tachinidae comprises approximately 1500 valid genera and more than 8500 described species in the world and is the largest and most important family of dipteran parasitoids. This family is divided into four subfamilies: Exoristinae, Tachininae, Dexiinae, and Phasiinae, of which the Exoristinae is the most species-rich subfamily. Some species of the Tachinidae have been used in classical and augmentative biological control programs, especially in the Nearctic and Neotropical regions. Despite the high potential of Tachinidae parasitoids as effective biological control agents, their role in pest management programs has been less studied. Not only in Iran, but also in many parts of the world, the tachinid species are not commercially available and only some species of the family have been mass reared. In the last decade, considerable research has been conducted on the identification and classification of Tachinidae in Iran, and more than 270 species of this family have been reported in the country. In the current review, various aspects of the Tachinidae have been investigated including, biology, rearing methods, and examples of application and their potential in biological control programs. This review aims to reveal the role of the tachinid flies in biological control programs and to use them in the integrated management programs of key pests in Iran.

Keywords: dipteran parasitoids, biological control, biology, release, mass rearing
