مقاله مروری

مدیریت تلفیقی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* در گلخانه‌ها و مزارع گوجه‌فرنگی

سیدحسن ملکشی[۱]، شهرام فرخی[۲]، آرزو یوسفی‌پرشکوه[۳]

۱، ۲، ۳- استادیار، استادیار، دکتری، موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

مسئول مکاتبات: سیدحسن ملکشی، ایمیل: h.malkeshi@gmail.com

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۰ ۱۰(۱) ۱–۳۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۱/۱۶

چکیده

شب‌پرهٔ مینوزگوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick) یکی از آفات بسیار مهم و کلیدی گیاهان تیرهٔ بادمجانیان (Solanaceae) است. لارو آفت از همهٔ اندام‌های هوایی گیاه میزبان از جمله برگ، ساقه و میوه تغذیه می‌کند و در صورت عدم مهار جمعیت آفت، می‌تواند به نابودی کامل محصول منجر شود. از نظر کشاورزان اصلی‌ترین شیوهٔ مهار آفات قرنطینه، به‌ویژه در سال‌های اولیهٔ ورود آن به مناطق جدید، استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی است. اما باقی‌مانده آفت‌کش‌ها و اثرات سوء آن‌ها بر محیط زیست، تهدید جدی برای سلامت مصرف‌کنندگان است. استفاده از روش‌های کنترل غیرشیمیایی از جمله بکارگیری مهارگرهای زیستی، از راهکارهای موثر برای کاهش جمعیت آفات و تولید سبزی و صیفی با کیفیت محسوب می‌شود. طی چند دههٔ گذشته، مطالعات گسترده‌ای روی کاربرد دشمنان طبیعی آفات صورت گرفته است. در این نوشتار، به مرور پژوهش‌هایی در مورد زیست‌شناسی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه‌ها و مزارع و راهبردهای زراعی، بیوشیمیایی، زیستی و شیمیایی در قالب برنامهٔ مدیریت تلفیقی این آفت پرداخته شده و نتایج کاربرد عوامل مهارگر زیستی مانند پارازیتوئیدها، شکارگرها، نماتدها، قارچ‌ها و سایر عوامل میکروبی مورد بحث قرار گرفته است. در مجموع می‌توان بیان داشت که حفاظت از دشمنان طبیعی و یا رهاسازی پارازیتوئیدها، شکارگرها و بکارگیری باکتری باسیلوس تورنژینسیس (Bt) به‌صورت انفرادی یا توام و در تلفیق با سایر ابزارها و روش‌ها، زمینه اجرای مدیریت تلفیقی *T. absoluta* را در مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی کشور فراهم خواهد نمود.

واژه‌های کلیدی: شب پره مینوز گوجه‌فرنگی، مدیریت تلفیقی، مهار زیستی، مهار غیرشیمیایی

مقدمه

گوجه‌فرنگی با نام علمی *Solanum lycopersicum* Miller گیاهی علفی و چندساله از تیرهٔ بادمجانیان، Solanaceae است که در مناطق معتدل و سردسیری به‌صورت یک ساله کشت می‌شود و از نظر اقتصادی در جهان در مقام دوم قرار دارد (Lang & Bronson, 1981). این محصول یکی از رایج‌ترین سبزیجات مصرفی است که به‌صورت تازه‌خوری و فرآوری شده مورد استفاده قرار می‌گیرد. سطح زیرکشت، میزان تولید و عملکرد در هکتار گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در ایران به ترتیب ۲۴۲۴ هکتار، ۶۸۲۰۰۰ تن با عملکرد ۲۸۰۰۰۰ کیلوگرم در هکتار و گوجه‌فرنگی فضای باز به ترتیب ۱۳۱۶۶۳ هکتار، ۶۳۵۹۷۰۳ تن و ۴۸۳۰۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (Ahmadi *et al*., 2019). با توجه به اهمیت اقتصادی این محصول، حفاظت از آن در مقابل عوامل خسارت‌زای ناشی از آفات و بیماری‌های گیاهی ضروری است.

با ورود بید یا شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی، *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) به ایران و اضافه شدن آن به فهرست آفات گوجه‌فرنگی، تولید این محصول در مزارع و گلخانه‌ها با تهدید جدی مواجه شد. منشاء آفت آمریکای جنوبی و کشور پرو است (Filho *et al.*, 2000; Torres *et al.*, 2001). در برزیل نیز این گونه یکی از مهم‌ترین آفات گوجه‌فرنگی است که در برخی سال‌ها منجر به نابودی کامل محصول کشاورزان شده است (Urbaneja *et al.*, 2009). این آفت برای اولین بار از اروپا در سال 2006 از اسپانیا (Desneux *et al.*, 2010) گزارش و به تدریج با انتقال به شمال آفریقا و حوزه مدیترانه، در کشورهای دیگری مانند مراکش، الجزایر، فرانسه، یونان، مالت و مصر نیز مشاهده شد (Braham & Hajji, 2012).

شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی در ایران جزو آفات قرنطینه‌ای بود و اولین‌بار در تیرماه ۱۳۸۹ از یک مزرعه گوجه‌فرنگی در اطراف ارومیه جمع‌آوری و شناسایی شد (Baniameri & Cheraghian, 2011). در مدت بیش از یک سال، این حشره به بسیاری از مناطق کشور گسترش یافت و توانست مزارع گوجه‌فرنگی را در تعداد زیادی از استان‌های کشور آلوده نماید. مینوز گوجه‌فرنگی در سنین مختلف لاروی به همهٔ مراحل رشدی گیاه میزبان خسارت می‌زند. تشخیص خسارت آفت روی گیاه ساده است، مسیر تغذیه لاروها روی برگ، به‌صورت لکه‌های نامنظم در آمده و فضولات لاروی به‌صورت دانه‌های کوچک سیاه رنگ داخل دالان‌ها قابل مشاهده هستند. هم‌چنین لاروها ممکن است، تونل‌هایی در ساقه و درون میوه ایجاد نمایند که محل ورود عوامل بیماری‌زای ثانویه بوده و موجب پوسیدگی و فساد میوه می‌شوند. خسارت ناشی از حشره به محصول گوجه‌فرنگی از نظر کمی و کیفی قابل توجه است و چنانچه جمعیت آن مهار نشود خسارت وارده به محصول به۱۰۰ درصد نیز می‌رسد (Sannino & Espinosa, 2010; Luna *et al.*, 2012). با توجه به سطح زیرکشت وسیع گوجه‌فرنگی در کشور و اهمیت اقتصادی محصول، بیم آن می‌رود تا آلودگی بیش از این گسترش یابد و تهدیدی برای تولید گوجه‌فرنگی باشد (Farrokhi *et al.*, 2011, Malkeshi, 2018). چرا که این آفت از توانایی تولیدمثل بالایی برخوردار بوده و قادر است در شرایط مساعد تا ۱۲ نسل در سال تولید کند.

مخاطرات ناشی از کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی بر سلامت عمومی افراد جامعه و زیست‌بوم‌ها، بر کسی پوشیده نیست. اما از زمانی که *T. absoluta* در آمریکای جنوبی گزارش شد، روش اصلی مهار آن راهبرد شیمیایی بوده است. استفاده مکرر از حشره‌کش‌ها علاوه بر ایجاد مقاومت آفت به مواد شیمیایی، منجر به آلودگی آب، خاک، هوا و محصولات کشاورزی شده و نگرانی‌هایی را در باره محیط زیست به وجودآورد (Lietti *et al.*, 2005). حشره‌کش‌های فسفره و پایروتروئیدی از آفت‌کش‌هایی هستند که برای مهار جمعیت شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی استفاده می‌شوند، اخیرا حشره‌کش اسپینوساد با نحوهٔ تاثیر متفاوت نیز برای مهار این حشره به کار می‌رود (Reyes *et al.*, 2012). در برخی مناطق، سم‌پاشی به‌صورت هفتگی انجام می‌شود که در کوتاه مدت کاهش تراکم آفت و افزایش محصول را در پی دارد، اما روش مبارزه شیمیایی، در بلند مدت موجب بروز مقاومت در جمعیت آفت شده است (Reyes *et al.*, 2012). در حال حاضر بسیاری از گلخانه‌داران کشور برای مهار عوامل خسارت‌زا از آفت‌کش‌های شیمیایی استفاده می‌کنند (Baniameri & Farrokhi, 2011). با توجه به اینکه گوجه‌فرنگی محصولی است که مصرف تازه‌خوری نیز دارد باید برای کاهش خسارت اقتصادی آفات، از روش‌هایی که با سلامت انسان سازگار باشند، استفاده شود. استفاده از راهبرد مهار زیستی از جمله کاربرد دشمنان طبیعی بسیار حائز اهمیت است (Luna *et al.*, 2012). محصولات گلخانه‌ای در جهان به‌عنوان سالم‌ترین و مرغوبترین محصولات کشاورزی ویژگی‌های ارزآوری و صادراتی بالایی داشته و از طرفی بازارهای صادراتی تنها پذیرای محصولات گواهی شده و با ارزش غذایی بالا هستند. لذا پیش‌بینی‌های لازم و برنامه‌ریزی در جهت عملیاتی‌شدن روش‌هایی که بتواند ضمن مهار جمعیت آفت، کمترین اثرات سوء بر دشمنان طبیعی موجود در گلخانه‌ها و مزارع گوجه‌فرنگی داشته باشد و سلامت محصول را نیز تضمین

نماید، ضرورت دارد. خوشبختانه بر اساس سوابق و نتایج فعالیت‌های پژوهشی پژوهشگران، راهبردهای مهار زیستی و غیرشیمیایی مناسبی برای مدیریت جمعیت شب پره مینوز گوجه‌فرنگی وجود دارد که در ادامه به آن‌ها اشاره خواهد شد.

زیست‌شناسی آفت

حشرات بالغ تخم‌ها را به‌صورت انفرادی و در بیشتر موارد در سطح زیرین برگ‌ها، ساقه‌ها و روی میوه‌ها می‌گذارند. تخم‌ها بیضی و به‌رنگ سفیدصدفی تا زرد روشن می‌باشند که در زمان تفریخ تیره‌رنگ شده و کپسول سر لارو از طریق پوسته تخم مشاهده می‌شود. لارو سن اول به داخل بافت برگ، ساقه و میوه گوجه‌فرنگی نفوذ کرده و با ایجاد دالان‌هایی از آن‌ها تغذیه می‌کند. در داخل دالان، مواد دفعی حشره به‌صورت دانه‌های سیاه‌رنگ مشاهده می‌شوند. وجود دالان‌های لاروی راه را برای ورود عوامل بیمارگر باز کرده و منجر به پوسیدگی میوه‌ها و کاهش ارزش بازارپسندی محصول می‌شود. حشره مذکور چهار سن لاروی داشته که در سن اول سفید رنگ بوده و با نوع تغذیه به کِرِم مایل به سبز تغییر رنگ می‌دهد. دورهٔ لاروی بین ۱۳ تا ۳۷ روز است (Desneux *et al.*, 2010). لاروها تا زمانی که غذا برای آن‌ها فراهم باشد از ورود به مرحلهٔ دیاپوز خودداری می‌کنند. لاروهایی که تغذیهٔ خود را کامل کرده‌اند معمولا با ترشح و تولید تار ابریشمی به سمت زمین افتاده و در خاک شفیره می‌شوند و در مواقعی نیز شفیره‌ها روی برگ‌ها ایجاد می‌شوند. شفیره‌ها به طول ۳/۸ تا ۴/۵ میلی‌متر و مخروطی شکل بوده که در ابتدای تشکیل به رنگ مایل به سبز و در نزدیکی زمان ظهور حشرات بالغ قهوه‌ای می‌شوند (Anonymous, 2011). حشرات بالغ به‌طول ۶ تا ۷ میلی‌متر، دارای شاخک نخی و بال‌های رویی دارای فلس‌های نقره‌ای تا خاکستری می‌باشند که لکه‌های سیاه روی بال‌های جلویی وجود دارند. شب‌پره‌های ماده درشت‌تر از نرها می‌باشند. حشرات بالغ معمولا شب‌ها فعالیت دارند و در سپیده‌دم فعالیت بیشتری را برای جابجایی و پرواز از خود نشان می‌دهند و در روشنایی روز بین برگ‌ها پنهان می‌شوند (Fera, 2009). در شرایط آب و هوایی معتدله – مدیترانه‌ای حشرات بالغ در تمام فصول سال مشاهده می‌شوند (Vercher *et al.*, 2010). طول عمر حشرات بالغ ماده ۱۰ تا ۱۵ روز و حشرات نر ۶ تا ۷ روز می‌باشد (Malkeshi, *et al*., 2018, ،Estay, 2000). اکثر پژوهشگران طول عمر شب‌پره‌های ماده را بیشتر از نرها گزارش نموده‌اند (Estay, 2000, Salama *et al*., 2014; Malkeshi, *et al*., 2018). ماده‌ها در شبانه روز فقط یک‌بار و در طول دورهٔ زندگی تا شش بار جفت‌گیری می‌کنند. حداکثر میزان تخم‌ریزی آفت یک هفته پس از اولین جفت‌گیری بوده و ماده‌ها ۷۶ درصد تخم‌ها را در این زمان می‌گذارند. بیشترین میزان باروری در طول عمر حشرهٔ ماده ۲۶۰ عدد تخم می‌باشد (Uchôa–Fernandes *et al.*, 1995). همچنین دورهٔ پیش از تخمریزی *T. absoluta* روی گوجه‌فرنگی ۲/۴۰ روز است (Fernandes & Montange, 1990). در شرایط مساعد، شب پره مینوز گوجه‌فرنگی بین ۱۰ تا ۱۲ نسل در سال دارد (Desneux *et al*., 2010) و بسته به شرایط محیطی چرخه زندگی آن حدود ۳۰ تا ۳۵ روز به‌طول می‌انجامد. بارینتوز و همکاران میانگین زمان یک نسل آن را در دماهای ۱۹/۷ و ۲۷/۱ درجه سلسیوس به‌ترتیب ۳۹/۸ و ۲۳/۸ روز گزارش کرده‌اند (Barrientos *et al.*, 1998). مطالعات گسترده‌ای توسط پژوهشگران مختلف روی زیست‌شناسی و پراسنجه‌های زیستی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی انجام شده است که می‌توان به پژوهش‌های انجام شده توسط Barrientos *et al*. (1998), Miranda *et al*. (1998), EPPO (2005), Pereyra & Sanchez (2006), Hatem & Reda (2012), Gharekhani & Salek–Ebrahimi (2014), Cekin & Yasar (2015), Attwa *et al*. (2015), Tamoli Torfi *et al*. (2016), Rostami *et al*. (2017), Ahmadipour (2016), Malkeshi (2018) اشاره کرد. پراسنجه‌های جمعیتی نشان می‌دهد که این شب‌پره گونه‌ای با استراتژی r می‌باشد (Pereyra & Sánchez, 2006). نسبت جنسی حشرات نیز تحت تاثیر نوع گیاه میزبان، دمای محیط پرورش و کیفیت گیاه میزبان قرار می‌گیرد. Fernandes & Montange (1990) و Malkeshi *et al*. (2018) نسبت جنسی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی را به نفع ماده‌ها اعلام کردند. در حالی‌که

Cuthbertson *et al*. (2013) نسبت جنسی را به نفع نرها گزارش نموده‌اند.

گیاهان میزبان

گیاه گوجه‌فرنگی از گیاهان مرجح برای مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشد، اما این آفت از سایر گیاهان قابل کشت این تیره مانند بادمجان (*Solanum melongena* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.)، فلفل‌شیرین (*Capsicum annuum* L.) و توتون (*Nicotiana tabacum* L.) نیز تغذیه می‌کند (Vargas,1970; Campos, 1976). فعالیت و تغذیهٔ مینوز گوجه‌فرنگی از گیاهان خودرو تیرهٔ Solanaceae مانند داتوره (*Datura stramonium* L.)، تنباکو درختی (*Nicotina glauca* Graham) و تاج‌ریزی (*Solanum nigrum* L.) نیز گزارش شده است (Garcia & Espul, 1982). میزبان‌های دیگر مانند *Physalis peruviana* (Tropea Garzia, 2009)، لوبیا *Phaseolus vulgaris* (EPPO, 2009)، *Lycium* sp. و *Malva* sp. نیز مورد تغذیهٔ این آفت قرار می‌گیرند. در جدول ۱ دامنهٔ میزبانی مینوز گوجه‌فرنگی فهرست شده است.

جدول ۱– میزبان‌های گیاهی شب پره مینوز گوجه‌فرنگی *Tuta absoluta*.

Table 1. Host plants of tomato leaf miner, *Tuta absoluta*.

Host plant type	Name	Sientific name	
main plant	Tomato	*Solanium lycopersicum* L.	Stol *et al*. (2009), Arno & Gabarra (2010), Muruvanda *et al.* (2013)
secondary	Pepper	*Capsicum Annuum* L.	Stol *et al*. (2009), Muruvanda *et al*. (2013)
	Hairy tomato	*Lycopersicon hirsutum* Dunal	Eppo, (2005), Arno & Gabarra (2010), Muruvanda *et al.* (2013)
	Tree tobacco	*Nicotiana glauca* Graham	Muruvanda *et al.* (2013)
	Tobacco	*N. tabacum* L.	Muruvanda *et al*. (2013)
	Lyreleaf nightshade	*Solanium lyratum* Thunb.	Arno & Gabarra (2010), Muruvanda *et al*. (2013)
	Aubergine	*S. melongena* L.	Muruvanda *et al.* (2013)
	Sweet cucumber	*S. muricatum* Ation	Arno & Gabarra (2010), Garzia *et al.* (2011), Muruvanda *et al.* (2013), Caparros Megido *et al*. (2013)
	Potato	*S. tuberosum* L.	Stol *et al*. (2009), Muruvanda *et al*. (2013), Unlu (2012)
wildling	Dature	*Datura ferox* Kunth	Eppo (2005), Arno & Gabarra (2010), Lmer (2011), Muruvanda *et al*. (2013),
	Dature	*D. stramonium* L.	Vagas (1970), Muruvanda *et al*. (2013)
	Yaoyín (Spanish)	*Lycium chilense* Bertero	Muruvanda *et al*. (2013)
	–	*Lycopersicum puberulum* Phil.	Vagas (1970), Muruvanda *et al*. (2013)
	Goldenberry	*Physalis peruviana* L.	Garzia (2009)
	Dutch eggplant	*Solanum aculeatissimum* Jacq	Muruvanda *et al*. (2013)

بحث

گستردگی گیاهان بیان‌گر این است که مینوز گوجه‌فرنگی گرایش بالایی برای استفاده از گیاهان متنوع تیره Solanaceae به‌عنوان میزبان ثانویه دارد (Desneux *et al.*, 2010). در کشور ترکیه نیز این آفت از گوجه‌فرنگی، بادمجان، سیب‌زمینی، فلفل، سیب‌زمینی شیرین، پیچک صحرایی *Convolvolus arvensis* L. و سلمک *Chenopodium album* L. گزارش شده است (Portakaldali *et al.*, 2013). با توجه به اهمیت خسارت‌زائی، مینوز گوجه‌فرنگی در فهرست آفات قرنطینه‌ای بسیاری از کشورها قرار گرفته است.

راهبردهای کنترل جمعیت آفت

راهبردهای سازگار با محیط‌زیست برای مهار جمعیت شب پره مینوز گوجه‌فرنگی وجود دارد که می‌توان از راهبردهای زراعی (ایجاد تناوب زراعی، حذف مواد گیاهی آلوده)، کاربرد دشمنان طبیعی (شکارگرها، پارازیتوییدها و عوامل بیمارگر) (Desneux *et al*, 2010)، آفت‌کش‌های گیاه پایه و استفاده از ارقام مقاوم نام برد. ادغام این روش‌ها با یکدیگر و کاربرد حداقلی حشره‌کش‌های خطرناک برای محیط زیست برای مهار جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی، بدون ایجاد اختلال در تعادل زیست‌بوم ضروری و امکان‌پذیر است. آفت‌کش‌هایی با منشاء گیاهی، میکروبی و دشمنان طبیعی از عوامل موثر و امیدوارکننده برای مهار مینوز گوجه‌فرنگی نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی می‌باشند. بنابراین با توجه به شرایط موجود در زیست‌بوم‌ها، اتخاذ راهبرد مناسب برای به کارگیری یک عامل و یا مجموعه‌ای از عوامل از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. شناخت ویژگی‌های عامل و مجموعه‌ای از اطلاعات حاصل از آفت و زیست‌بوم‌ها از مهمترین راهبردها برای مدیریت تلفیقی آفت می‌باشند. در این نوشتار به برخی راهبردها برای مهار جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط گلخانه و مزرعه اشاره می‌شود.

راهبرد پیشگیرانه

شیوهٔ پیشگیری ارزان‌ترین و موثرترین روش کاهش جمعیت آفت است (Berlinger *et al.*, 1999). در این شیوه اقدامات زراعی برای مهار *T. absoluta* بیشتر مورد توجه قرار داشته و توصیه می‌شود. اتخاذ روش‌های پیشگیرانه می‌تواند رمز موفقیت مهار آفات، به‌ویژه در گلخانه‌ها باشد (Arno & Gabarra, 2010). در مراحل اولیه و قبل از کاشت محصول، راهبرد پیشگیری از موثرترین روش‌ها برای جلوگیری از ورود آفت به داخل گلخانه محسوب می‌شود. در این روش با نصب توری برای دریچه‌های تهویه هوا و همچنین استفاده از درب ورودی دوم در فضایی موسوم به اتاقک انتظار می‌توان از ورود آفت به داخل گلخانه‌ها ممانعت کرد. اما متاسفانه در شرایط ایران بهره‌برداران به این مورد توجه نمی‌کنند و در خیلی از موارد دریچه‌های تهویه فاقد توری می‌باشد و آفات از مزارع و گلخانه‌های مجاور به داخل گلخانه وارد می‌شوند و مشکلاتی را برای گلخانه‌داران ایجاد می‌کنند (Malkeshi, 2018)، همچنین در برنامه‌های پیشگیری با بازدیدهای روزانه از گلخانه‌ها و مزارع می‌توان به‌موقع از وجود آفت مطلع شد و نسبت به راهبردهای مهار آفت اقدام نمود.

راهبردهای زراعی و مکانیکی

در روش مکانیکی، حذف فیزیکی آفت و قسمت‌های آلوده محصول و یا سوزاندن آن و دفن بقایا در زیر خاک را شامل می‌شود، کنترل موثر علف‌های هرز قبل و در طول کشت محصول و عدم کشت سایر گیاهان میزبان جایگزین مانند سیب‌زمینی و توتون (جدول ۱)، و اجرای تناوب زراعی با محصولات غیرمیزبان به مهار آفت کمک می‌کند. حذف محصول و یا محصور کردن آن برای جلوگیری از مهاجرت حشرات بالغ از مزارع باز و یا گلخانه‌ها و همچنین شخم، آفتاب‌دهی خاک و استفاده از نشاهای عاری از آفت و تغذیه گیاهی از سایر اقدامات زراعی است که می‌تواند در مدیریت آفت موثر باشد (Balzan & Moonen, 2012). در کشت‌های گلخانه‌ای پوشش کامل تمام منافذ و دریچه‌های تهویه با توری‌های مناسب به‌نحوی که از ورود حشرات بالغ

آفت به داخل گلخانه جلوگیری کند، بسیار حائز اهمیت است.

پوشش بقایای محصول با پلاستیک برای مدت زمان حدود سه هفته موجب کاهش ۹۴ درصدی حشرات بالغ *T. absoluta* در طول پاییز می‌شود، البته باقی‌مانده محصول را می‌توان حذف کرد. متاسفانه در شرایط ایران، برخی از گلخانه‌داران بقایای آلوده محصول خود را به‌طور صحیح جمع‌آوری و معدوم نمی‌کنند. بقایایی که در زمین‌های مجاور گلخانه‌ها ریخته می‌شوند، جمعیت آفت به‌طور کامل حذف نشده و در بهار مجدداً احیاء شده و مشکلاتی را برای بهره‌برداران ایجاد می‌کنند (Malkeshi, 2018).

تناوب محصول با گیاهان غیرمیزبان نیز ضروری است (Robredo Junco & Cardeoso Herrero, 2008). آفتاب‌دهی خاک پس از برداشت محصول و در آب و هوای گرم برای ایجاد تلفات در شفیره‌هایی که در خاک باقی مانده‌اند توصیه شده است (Balzan & Moonen, 2012). استفاده از مقاومت ژنتیکی نیز شیوه دیگری برای کاهش خسارت آفت می‌باشد، زیرا برخی از منابع مقاومت در برابر مینوز برگ در تعدادی از ارقام گوجه‌فرنگی وحشی گزارش شده است. دو پدیدهٔ مقاومت آنتی‌زنوز و آنتی‌بیوز در گیاهان وجود دارد که گیاهان با این دو روش به مقاومت و مقابله با آفات بروند (Oliveira *et al*., 2009).

تقویت گیاه با استفاده از کودهای ریزمغذی و آبیاری منظم و همچنین استفاده از واریته‌های مقاوم گوجه‌فرنگی، برای کاهش خسارت این آفت بسیار موثر است. در بین گیاهان میزبان، ارقام مختلف در دو محصول گوجه‌فرنگی و سیب‌زمینی تاثیر بیشتری روی *T. Absoluta* داشته‌اند (Cherif & Verheggen, 2019). همانطور که در بالا نیز اشاره شد، جمع‌آوری بقایای محصول و حذف آن‌ها، شخم و رعایت تناوب زراعی با گیاهانی متعلق به تیره‌هایی غیر از سولاناسه به‌منظور جلوگیری از انتقال آفت به فصل دیگر و نیز آیش در مناطقی که آلودگی بالاست، ضروری است (Korycinska & Moran, 2009; De Oliviera *et al*., 2012).

استفاده از تله‌های نوری، فرمونی (Caparros Megido *et al*., 2013) و کارت‌ها و نوارهای چسبنده رنگی برای شکار حشرات بالغ آفت به‌منظور ردیابی و پایش آفت و در صورت افزایش تعداد آن‌ها برای مهار جمعیت حشرات بالغ مینوز گوجه‌فرنگی از سایر روش‌های موثر می‌باشد. در آزمایش‌های ارزیابی کارت‌های رنگی در شکار حشرات بالغ مینوز گوجه‌فرنگی، مشاهده شد که طی دو سال کارت های سفید و آبی نسبت به کارت های سبز، زرد و قرمز بیشترین شکار حشرات بالغ را داشتند (Shiberu & Getu, 2017). در مصر نیز محمود و همکاران کارایی تله‌های رنگی مختلف به همراه فرمونی جنسی را در شکار حشرات بالغ مینوز گوجه فرنگی در شرایط مزارع در تابستان ارزیابی کردند. نتایج نشان داد تله‌های رنگی سفید به همراه فرمون که در مرکز و جنوب مزرعه قرار گرفته بودند بیشترین شکار را داشتند (Mahmoud *et al*., 2014). البته در سال‌های اخیر استفاده از کارت‌های سیاه به همراه فرمون جنسی را هم برای ردیابی و شکار حشرات بالغ مینوز گوجه فرنگی پیشنهاد می‌شود که لازم است بررسی‌های بیشتری در این زمینه صورت گیرد. در نهایت مهمترین و اساسی‌ترین شیوه پیشگیری از حضور آفت در گلخانه‌ها و مزارع استفاده از نشاءهای سالم و عاری از آلودگی می‌باشد که لازم است در برنامهٔ مدیریت تلفیقی آفت مورد توجه قرار گیرد که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته می‌شود.

راهبرد بیوشیمیایی

فرمون‌های جنسی به‌طور گسترده‌ای برای پایش، نظارت و کاهش جمعیت آفات پروانه‌ای استفاده می‌شوند (Prasad, & Prabhakar 2012). فرمون‌های جنسی سیگنال‌های شیمیایی هستند که توسط موجود زندهٔ ماده منتشر می‌شوند تا جنس مخالف از همان گونه را برای جفت‌گیری جذب کنند (Cocco *et al*., 2013) قبل از سال ۱۹۹۵، از حشرات ماده باکره شب‌پره مینوز برگ برای شکار حشرات نر استفاده می‌شد و تنها حدود ۱۰۰ فرد نر در هر تله گرفتار می‌شد (Quiroz, 1978). به دلیل اینکه حشرات نر زودتر از ماده‌ها در طبیعت ظاهر می‌شوند و همچنین ماده‌ها قادر هستند تا

چندین مرتبه جفت‌گیری نمایند، لذا فرمون‌های حشرات ماده یک روش موثر در جلب و شکار حشرات نر و نهایتا کاهش جمعیت آفات است. اجزای فرمون شب‌پره مادهٔ مینوز برگ (3E،8Z،11Z) –3،8،11–tetradecatrien–1–yl acetate یا TDTA و (3E،8Z) –3،8–tetradecadien–1–yl acetate یا TDDA می‌باشد (Megido, *et al*., 2013). از فرمون جنسی می‌توان برای شناسایی آفات، نظارت بر جمعیت، شکار انبوه و اختلال در جفت‌گیری استفاده کرد (Abbes *et al*., 2011). از تله‌های حاوی آب و مواد شوینده به جای سطوح چسبناک نیز استفاده می‌شود. حشرات نر جذب فرمون جنسی می‌شوند و سپس در آب می‌افتند و تلف می‌شوند. آب موجود در تله‌ها تعداد زیادی از حشرات بالغ را بدون جذب به فرمون جنسی نیز شکار می‌کنند. تنها اشکالی که تله‌های فرمون جنسی دارند، شکار افراد نر مینوز برگ می‌باشد و در شکار افراد ماده که تخم‌ریزی می‌کنند و موجب آلودگی محصول می‌شوند، موثر نیستند. لذا برای کنترل موثر جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی، استفاده از تله فرمونی باید با سایر روش‌ها و در تلفیق با تله نوری همراه با تشتک آب (موسوم به فرولایت) که علاوه بر افراد نر، پروانه‌های ماده را نیز جلب می‌کند، بکار گرفته شود.

با توجه به اینکه شب‌پره مینوز برگ حشره‌ای با پروازهای کوتاه است، لذا تله‌های فرمونی باید در فاصلهٔ ۶۰ سانتی متر تا یک متری از زمین قرار گیرند و پس از ۴ تا ۶ هفته تعویض شوند (Uchoa–Fernandes *et al*, 1995). عواملی که هنگام استفاده از تله‌ها باید مورد توجه قرار گیرند، عبارتند از: ۱– رنگ تله (تله‌های رنگ تیره حشرات بیشتری نسبت به رنگ‌های روشن‌تر شکار می‌کنند) (Uchoa–Fernandes *et al*., 1995)، ۲– ارتفاع تله، ۳– موقعیت تله نسبت به پوشش گیاهی، ۴– تراکم تله‌ها بر اساس مساحت مزرعه یا گلخانه (Howse *et al*., 1998). علاوه بر این عوامل، تله‌های کاملاً باز می‌توانند تعداد حشرات شکار شده در هر تله را افزایش دهند.

تله‌های فرمونی ابزاری هستند که در مهار تلفیقی آفت کاربرد دارند. با کاربرد تله فرمونی امکان پایش و آگاهی از طغیان احتمالی آفت وجود دارد و همچنین تراکم و انبوهی آفت را تخمین زد. در این نوع تله‌ها فرمون جنسی ماده برای جلب شب پره‌های نر استفاده می‌شود. شب پره‌های نر به محض ورود به داخل تله در اثر تماس با سطح چسبنده داخل آن به دام می‌افتند و شکار می‌شوند.کاربرد تله فرمونی در شکار انبوه شب پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی هم رضایت‌بخش گزارش شده است (Bloem & Esther, 2011). برای شکار انبوه، تراکم تله‌های فرمونی در هر هکتار به ترتیب ۲۰ تا ۲۵ عدد تله اطراف گلخانه‌ها، ۳۰ تله داخل گلخانهٔ آلوده و ۴۰ تله در مزرعه توصیه شده است (Bolkmans, 2009; Fredon–Corse, 2009). طبق گزارش‌های موجود، هر تله به طور میانگین ۳۰۰ شب پرهٔ نر را در شب به دام می‌اندازد. تلهٔ فرمونی باید قبل از ظهور نسل اول مورد استفاده قرار گیرد و کاربرد آن تا پایان فصل ادامه یابد، تا موثر واقع شود. دو نوع تله قیفی و دلتا برای این آفت استفاده می‌شود. در صورت بالا بودن تراکم جمعیت آفت و یا وجود گرد و غبار در هوا (اکثر استان‌های غربی و جنوبی ایران با آن مواجه هستند) تلهٔ قیفی نسبت به تلهٔ دلتا کارایی بهتری از خود نشان می‌دهد. در مزارع گوجه فرنگی، تله نزدیک به بالاترین نقطهٔ گیاه و تقریبا در ارتفاع یک متری از سطح زمین نصب می‌شود. با توجه به اینکه هر تله تا۳۰۰ عدد پروانه نر بالغ را در روز شکار می‌کند، این امر منجر به کند شدن روند تولیدمثل آفت می‌شود. اختلال در جفت‌گیری به‌طور قابل توجهی خسارت میوه را ۶۲ تا ۸۹ درصد کاهش می‌دهد و می‌تواند در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات گوجه‌فرنگی گنجانده شود (Cocco *et al*., 2013). نتایج و یافته‌های آوند فقیه نشان می‌دهد که توسعهٔ روش اختلال در جفت‌گیری می‌تواند در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی که شرایط مناسب برای کاربرد این روش را دارند، به‌عنوان جایگزین استفاده از آفت‌کش‌های حشره‌کش موجب مهار جمعیت و کاهش خسارت لارو *T. absoluta* شود (Avand–Faghih, 2014). البته در بسیاری از مناطق نیز برای کنترل آفت از

روش شکار انبوه با استفاده از فرمون‌های جنسی و تله‌های نوری همراه با تشتک آب استفاده می‌شود.

راهبرد مهار زیستی

با توجه به اثرات سوء کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی و نظر به استقبال مصرف‌کنندگان به استفاده از محصولات عاری از باقی‌ماندهٔ آفت‌کش‌های شیمیایی، ضروری است از یک روش موثر، پایدار، ایمن و سازگار با محیط زیست برای مهار جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی استفاده شود. در این زمینه مهارگرهای زیستی از جمله پارازیتوئیدها، شکارگرها، عوامل بیمارگر و نماتدهای بیمارگر (Desneux *et al.*, 2010; Urbaneja *et al.*, 2012) می‌تواند به‌عنوان یک روش جایگزین نسبت به مواد شیمیایی برای مهار آفت یاد شده به کار گرفته شوند. بیش از ۹۰ درصد گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در هلند (Lenteren, 2007) و بیش از ۱۰۰۰ هکتار از گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در مراکش (Hanafi *et al.*, 1997) از روش مهار زیستی برای کاهش جمعیت آفات استفاده می‌کنند. کاربرد دشمنان طبیعی در کنترل این آفت در کشورهایی همانند تونس، مراکش، اردن، لبنان، عربستان، ترکیه، کنیا، اغلب کشورهای اروپایی، آمریکا، کانادا، مکزیک، اکوادور، ژاپن و کره‌جنوبی انجام می‌شود و از حدود یک دهه قبل در ایران نیز برنامه کنترل بیولوژیک در کشت‌های گلخانه‌ای رواج پیدا کرده است. در ذیل شرح مختصری از هر یک از مهارگرهای زیستی آورده شده است:

پارازیتوئیدها

تاکنون پارازیتوییدها در بین دشمنان طبیعی مهمترین نقش را در کنترل شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی داشته‌اند. کاربرد عملی پارازیتوییدها یکی از کارامدترین، سودمندترین و بادوام‌ترین دشمنان طبیعی محسوب می‌شوند (Knutson, 1998). برخی پارازیتوئیدهای گزارش شده از روی *T. absoluta* شامل زنبورهایی از خانواده‌های Braconidae، Chalcididae، Encyrtidae، Eulophidae، Ichneumonidae و Trichogrammatidae می‌باشند (جدول ۲).

در حال حاضر دو گونه زنبور پارازیتویید مهم برای مینوز گوجه‌فرنگی در دنیا وجود دارد. زنبورهای *Trichogramma achaeae* Nagarkatti & Nagaraja و *Necremnus artynes* (Walker) به‌ترتیب به‌عنوان پارازیتوییدهای مراحل تخم و لارو آفت مطرح می‌باشند. به‌علاوه نیازهای آب و هوایی این دو دشمن طبیعی متفاوت بوده اما هر دو گونه در مزرعه فعال هستند. از مزایای استفاده از زنبور تریکوگراما، امکان تکثیر و تولید انبوه، کاهش هزینه کنترل آفات، کاهش اثرات سوء آفت‌کش‌های شیمیایی، پارازیتیسم میزبان در مراحل اولیه و پیش از خسارت و بالاخره مهار آفات بسیار مهم همچون حشرات خانواده‌های Pyralidae، Noctuidae وTortricidae می‌باشد (Li, 1994). در ایران نیز نزدیک دو دهه از کاربرد وسیع زنبورهای تریکوگراما می‌گذرد (Attaran & Dadpour, 2011). با توسعهٔ محصولات گلخانه‌ای به‌ویژه گوجه‌فرنگی، مطالعات بیشتری در خصوص به‌کارگیری زنبورهای تریکوگراما در مهار زیستی شب پره مینوز گوجه‌فرنگی ضروری به نظر می‌رسد.

از حداقل ۲۰ گونه از زنبورهای خانوادهٔ Trichogrammatidae به‌طور گسترده و تجاری در برنامه‌های مهار زیستی آفات استفاده می‌شود (Li, 1994). دو گونهٔ *Trichogramma pretiosum* و *T. achaeae* از مهمترین گونه‌ها برای کنترل جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشند (Kumar *et al*., 2009; Suckling & Brockerhoff, 2010; Chailleux *et al*., 2012). گونه‌های مذکور می‌توانند آفت را در مرحلهٔ تخم و قبل از ایجاد خسارت و مخفی شدن لارو پارازیت کنند. گونه *T. pretiosum* در سطحی معادل ۲۶۰۰ هکتار از مزارع گوجه‌فرنگی در کشورهای آمریکای لاتین رهاسازی شده (Bueno & van Lenteren, 2002)، و از کارایی مناسبی در مدیریت آفات گوجه‌فرنگی در تلفیق با *Bacillus thuringiensis* و کنه‌کش‌های انتخابی در کشت و

صنعت‌های وسیع نواحی شمال شرقی برزیل برخوردار می‌باشد.

Cabello و همکاران (۲۰۱۲) با انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای، کارایی گونه *T. achaeae* را به عنوان پارازیتوئید تخم مینوز گوجه‌فرنگی مناسب ارزیابی نمودند. همچنین در بررسی کارایی دو گونه زنبور تریکوگراما (*T. urquijoi, T. achaeae*) و سن *N. tenuis* که در شرایط گلخانه گوجه‌فرنگی انجام شده بود، ضمن مشاهدهٔ رقابت درون رسته‌ای بین زنبور و سن شکارگر، گونه *T. achaeae* در مقایسه با گونهٔ دیگر از برتری نسبی برخوردار بوده است (Cabello *et al*., 2012b). نتایج ارزیابی کارایی ۲۹ جمعیت اروپایی از زنبورهای تریکوگراما برای کنترل *T. absoluta*، در شرایط گلخانه نیز نشان داد که سه اکوتیپ از گونه‌های *T. achaeae*، *T. euproctidis* و *T. evanescens* در پارازیتیسم تخم مینوز گوجه‌فرنگی موثر بوده‌اند (Chailleux *et al*., 2012). در آزمایش‌های مجزای گلخانه‌ای دو گونهٔ *T. achaeae* و *T. euproctidis* از قدرت جستجو و پارازیتیسم مناسبی برخوردار بودند که بیشترین میزان پارازیتیسم در گونهٔ *T. achaeae* جمع‌آوری شده از جزایر قناری مشاهده شد. Öztemiz (2013) نیز از زنبور *T. evanescens* و سن شکارگر *N. teunis* برای مهار زیستی *T. absoluta* در گلخانه‌ای در ناحیه مدیترانه‌ای ترکیه به‌صورت جداگانه و توام استفاده نمود. ایشان کاهش تخم و لارو مینوز را در کرت‌هایی که زنبور پارازیتوئید تخم و سن شکارگر توام رهاسازی شده بودند را بیشتر از رهاسازی تک تک این عوامل ارزیابی کرده است. در تحقیق اخیر van Lenteren و همکاران، پیشنهاد شده است که با توجه به قابلیت سن شکارگر *Macrolophus basicornis* در تشخیص تخم‌های پارازیت شده *T. absoluta* توسط زنبور *T. pretiosum*، بهتر است در صورت استفاده توام این دو عامل در کشت‌های گوجه فرنگی، زنبور تریکوگراما چند روز زودتر از سن شکارگر رهاسازی شود (Lenteren *et al*., 2023).

براساس پژوهشی که توسط احمدی‌پور و همکاران در تعیین پذیرش میزبان و میزان پارازیتیسم تخم شب پره مینوز گوجه‌فرنگی توسط ۱۲ جمعیت بومی زنبور تریکوگراما در شرایط آزمایشگاه انجام شد، دو جمعیت گوربند (*T. evanescens*) و بابلسر (*T. brassicae*) بیشترین میزان پارازیتیسم را داشتند. در این بررسی‌ها مشخص شد که تعدادی از تخم‌های *T. absoluta* در اثر پارازیتیسم به‌طور کامل و مشخص سیاه شدند، در حالی‌که تعدادی از تخم‌ها به مرحله پیش شفیرگی زنبور نرسیده و چروکیده شده بودند (Ahmadipour, 2016; Ahmadipour *et al*., 2016).

گونه *Pseudapanteles dingus* (Muesebeck) از خانوادهٔ Braconidae یکی از مهمترین پارازیتوئیدهای لارو مینوز گوجه‌فرنگی می‌باشد. میزان پارازیتیسم آفت توسط گونه مذکور بالغ بر ۳۱ درصد در شرایط آزمایشگاهی برآورد شده است (Sanchez *et al*., 2009). همچنین عسگری در سال ۱۳۹۷ گونه *Bracon hebetor* Say را به‌عنوان پارازیتوئید لارو آفت مذکور از مزارع گوجه‌فرنگی ورامین معرفی نمود (Asgari, 2018). سهرابی و همکاران، زنبور *Neochrysocharis formosa* (Westwood) را به‌عنوان پارازیتوئید لاروهای شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی از ایران گزارش کرده‌اند (Sohrabi *et al*., 2014). جالب توجه اینکه از بین ۲۳ گونه زنبور پارازیتوئید وابسته به *T. absoluta* که از مبدا اولیه این آفت جمع‌آوری و گزارش شده، *N. formosa* تنها گونه‌ای است که در هر چهار قاره آمریکا، اروپا، آفریقا و آسیا با این آفت همبستگی داشته است (Gervassio *et al*., 2019).

جدول۲– زنبورهای پارازیتویید شب پره مینوز گوجه‌فرنگی، گزارش شده از اروپا، شمال آفریقا و خاورمیانه (غرب منطقهٔ پالئارکتیک) (اقتباس از : Zapala *et al*., 2013).

Table 2. Parasitoid wasps recoverd on tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in Western Palaearctic countries (Adapted from: Zapala *et al*., 2013).

Order / Family	Genus	Host stage	Country	Season	Reference
Hymenoptera					
Ichneumonidae	*Diadegma* sp., *Diadegma ledicola* Horstmann	Mature larvae/pupae	Italy	Summer, Autumn	Zappala *et al.* (2012a), Ferracini *et al.*(2012a)
	Diadegma pulchripes (Kokujev)	Mature larvae/pupae	Italy	Summer, Autumn	Zappala *et al.* (2012a)
	Hyposoter didymator (Thunberg)	Not specified	Algeria	Spring	Boualem *et al.* (2012)
	Temelucha anatolica (Sedivy)	Not specified	Spain	Not specified	Gabarra *et al.* (2013)
	Zoophthorus macrops Bordera & Horstmann	Not specified	Spain	Not specified	Gabarra *et al.* (2013)
Braconidae	*Agathis* sp., *Agathis fuscipennis* Zetterstedt	Larvae not specified	Italy	Summer, Autumn	Ferracini *et al.* (2012a), Loni *et al.* (2011)
	Apanteles sp.	Larvae not specified	Spain		Gabarra *et al.* (2013)
	Bracon sp.	Mature larvae	Tunisia	Spring, Summer	Abbes *et al.* (2013)
	Bracon didemie Beyarslan	Mature larvae	Turkey	Spring	Doganlar &Yigit (2011)
	Bracon hebetor Say	Mature larvae	Algeria, Iran, Palestine, Turkey, Italy	Spring, Summer	Asgari (2018), Doganlar & Yigit (2011), Ferracini *et al.* (2012a), Guenaoui & Dahliz unpublished data, Shaltiel–Harpaz & Gerling unpublished data
	Bracon nigricans Szepligeti, *Bracon* sp. near *nigricans*	Mature larvae	Egypt, France, Italy, Jordan, Palestine, Spain	Spring, Summer	Al–Jboory *et al.* (2012), Urbaneja *et al.* (2012), Zappala *et al*. (2012b), Biondi *et al*. (2013b), El–Arnaouty unpublished data, Gabarra & Arno (2010), Gabarra *et al*. (2013), Shaltiel–Harpaz & Gerling unpublished data
	Bracon osculator (Nees)	Mature larvae	Italy	Summer, Autumn	Ferracini *et al.* (2012a), Zappala *et al.* (2012a)
	Chelonus sp., *Choeras semele* (Nixon), *Cotesia*	Not specified	Spain	Not specified	Gabarra *et al.* (2013)

	sp., *Diolcogaster* sp., *Dolichogenidea litae* (Nixon)				
Chalcididae	*Brachymeria secundaria* (Ruschka)	Larvae not specified	Turkey	Spring	Doganlar & Yigit (2011)
	Hokeria unicolor (Walker)	Larvae not specified	Turkey, Spain	Spring	Doganlar & Yigit (2011) Gabarra *et al*. (2013)
Eulophidae	*Baryscapus bruchophagi* (Gahan)	Not specified	Turkey	Spring	Doganlar &Yigit (2011)
	Chrysocharis sp.	Larvae not specified		Spring, Summer, Autumn	Zappala *et al*. (2012a)
	Chrysocharis pentheus (Walker)	Larvae not specified	Italy	Not specified	Giorgini *et al.* (2012)
	Cirrospilus sp.	Larvae not specified	Algeria	Spring	Guenaoui unpublished data
	Closterocerus clarus (Szelenyi)	L1	Turkey	Spring	Doganlar &Yigit (2011)
	Diglyphus sp.	L2	Algeria	Spring	Guenaoui unpublished data
	Diglyphus crassinervis Erdös	Not specified	Spain, Italy	Not specified	Gabarra *et al*. (2013), Giorgini *et al.* (2012)
	Diglyphus isaea (Walker)	Larvae not specified	Algeria, Spain	Not specified	Boualem *et al.* (2012), Gabarra *et al*. (2013)
	Elachertus inunctus species group	Larvae not specified	Italy	Spring	Zappala *et al*. (2012a)
	Elasmus phtorimaeae Ferriere	Not specified	Spain	Not specified	Gabarra *et al*. (2013)
	Elasmus sp.	Larva	Italy	Not specified	Giorgini *et al.* (2012)
	Hemiptarsenus ornatus (Nees)	Larvae not specified	Palestine	Not specified	Shaltiel–Harpaz & Gerling unpublished data
	Hemiptarsenus zilahisebessi Erdös	L2	Algeria	Not specified	Guenaoui *et al.* (2011b)
	Necremnus artynes (Walker), *N.* near *artynes*	L1–L2–L3	Algeria, Italy, France, Spain, Tunisia, Egypt	Spring, Summer	Gabarra & Arno (2010), Molla *et al*. (2010), Delvare atal. (2010), Guenaoui *et al*. (2011b), Kolai *et al*. (2011), Rizzo *et al.* (2011), Boualem *et al.* (2012) Ferracini *et al.* (2012a), Zappala *et al.* (2012a) Abbes *et al.* (2013), Biondi *et al*. (2013b), Gabarra *et al*. (2013)
	Necremnus metalarus Walker	L1–L2	Spain	Not specified	Urbaneja *et al*. (2012)
	Necremnus tidius (Walker),	L1–L2	Italy	Spring, Summer	Riciputi (2011), Ferracini *et al.*

	N. near *tidius*				(2012a), Zappala *et al.* (2012a)
	Necremnus tutae Ribes & Bernardo	Larva	Spain	Not specified	Arno *et al.* (2021)
	Neochrysocharis sp.	Not specified	Algeria	Spring	Boualem *et al.* (2012)
	Neochrysocharis formosa (Westwood)	L1–L2–L3	France, Iran, Italy, Spain, Algeria	Spring, Summer	Sohrabi *et al.* (2014), Lara *et al.* (2010), Guenaoui *et al.* (2011b), Ferracini *et al.* (2012a), Zappala *et al.* (2012a), Biondi *et al.* (2013b), Gabarra *et al.* (2013)
	Pnigalio cristatus (Ratzeburg)	L1–L2	Italy, Spain, Turkey	Spring, Summer, Autumn	Doganlar &Yigit (2011) Ferracini *et al.* (2012a), Zappala *et al.* (2012a), Gabarra *et al.* (2013), Giorgini *et al.* (2012)
	Pnigalio sp. *soemius* complex	L1–L2	Italy	Summer, Autumn	Ferracini *et al.* (2012a), Zappala *et al.* (2012a)
	Pnigalio soemius (Walker)	Not specified	Spain, Italy	Not specified	Gabarra *et al.* (2013), Giorgini *et al.* (2012)
	Pnigalio incompletus (Boucek)	Not specified	Italy, Turkey	Spring	Doganlar & Yigit (2011), Zappala *et al.* (2012a), Giorgini *et al.* (2012)
	Stenomesius sp.	L2–L3	Algeria	Spring	Guenaoui *et al.* (2011b)
	Stenomesius sp. near *japonicus*	L2–L3	France, Spain	Spring, Summer	Gabarra & Arno (2010), Biondi *et al.* (2013b), Gabarra *et al.* (2013)
	Sympiesis sp.	Not specified	Italy, Algeria	Spring	Boualem *et al.* (2012) Zappala *et al.* (2012a)
	Sympiesis sp. near *flavopicta*	Not specified	Palestine	Not specified	Shaltiel–Harpaz & Gerling, unpublished data
Pteromalidae	*Halticoptera aenea* (Walker)	Larvae not specified	Italy	Spring	Zappala *et al.* (2012 a), Giorgini *et al.* (2012)
	Pteromalus intermedius (Walker)	Larvae not specified	Turkey	Spring	Doganlar & Yigit (2011
	Pteromalus semotus (Walker)	Not specified	Spain	Not specified	Gabarra *et al.* (2013)

Trichogrammatidae	*Trichogramma* spp.	Egg	Algeria, Iran, Egypt, France, Italy, Spain	Spring, Summer, Autumn	Gabarra & Arno (2010) ,Boualem *et al.* (2012), Zappala *et al* (2012a), Biondi *et al.* (2013b), Gabarra *et al.* (2013), El–Arnaouty unpublished data, H. Madadi, Pers. Comm.
	Trichogramma achaeae Nagaraja & Nagarkatti	Egg	France	Summer	Biondi *et al.* (2013b)
	Trichogramma bourarachae Pintureau & Babault	Egg	Tunisia	Spring	Zouba *et al.* (2013)

شکارگرها

گونه‌های شکارگر متعددی از روی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی از آمریکای جنوبی و اروپا شناسایی شده‌اند (Desneux *et al.*, 2010). از شکارگرهایی که روی *T. absoluta* فعالیت دارند می‌توان به خانواده‌های Miridae، Vespidae، Formicidae، Nabidae، Anthocoridae، Chrysopidae و Coccinellidae اشاره کرد که مهم‌ترین آن‌ها *Nesidiocoris tenuis* Reuter و *Macrolophus pygmaeus* Rambur از خانوادهٔ Miridae می‌باشند (جدول ۳). سن‌های مذکور بومی منطقهٔ پالئارکتیک بوده و از تخم و لاروهای (به‌ویژه سن اول) مینوز گوجه‌فرنگی تغذیه می‌کنند (Urbaneja *et al.*, 2009). بررسی‌های آزمایشگاهی و گلخانه‌ای مولا و همکاران نشان داد که گونه‌های شکارگر مذکور روی *T. absoluta* اثر قابل توجهی داشتند (Molla *et al.*, 2009). دو سن شکارگر یادشده در صورت کاهش منابع غذایی خود از شیرهٔ گیاهی نیز تغذیه می‌کنند و این عمل منجر به حفظ جمعیت آن‌ها می‌شود. لذا در صورت رهاسازی پیش از مشاهده آفت در گلخانه می‌توان جمعیت آن‌ها را قبل از طغیان آفت بالا نگه داشت (Castane *et al.*, 2011). البته در موارد افزایش جمعیت سن شکارگر *N. tenuis* قادر است به گیاهان گوجه‌فرنگی نیز خسارت وارد کند. لذا گلخانه داران باید توجه داشته باشند تا جمعیت شکارگر به سطح خسارت‌زا افزایش پیدا نکند (Sanchez. & Lacaza, 2008; Perdikis *et al.*, 2009).

استفاده از شکر (ساکاروز) به عنوان مادهٔ غذایی تکمیلی برای حفظ و استقرار سن شکارگر *N. tenuis* در گلخانه توصیه شده است (Urbaneja *et al.*, 2012). نرخ رهاسازی شکارگر مذکور ۰/۲۵ تا یک عدد سن در هر مترمربع فضای گلخانه در مرحلهٔ پیشگیری و ۴ تا ۶ عدد سن بالغ در مترمربع در مرحلهٔ خسارت و تراکم بالای آفت پیشنهاد شده است (Castane & Zapata, 2005). سن *N. tenuis* از استان‌های گیلان، تهران، اردبیل و زنجان گزارش شده است (Linnavuori, 2007). سهرابی و حسینی (۲۰۱۵) سن یاد شده را از برازجان بوشهر گزارش کردند (Sohrabi & Hosseini, 2015). فعالیت این گونه در مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی سمپاشی‌نشدهٔ استان‌های تهران، البرز، شاهرود و اصفهان مشاهده شده است (Malkeshi *et al.*, 2017a). شکارگر یاد شده به‌دلیل داشتن پاهای بلند قادر به حرکت سریع روی برگ‌هایی با پرزهای بلند مانند گوجه‌فرنگی و بادمجان است. Malkeshi (2018) در پژوهش خود نشان داد که پوره‌ها و افراد بالغ سن شکارگر *N. tenuis* با تغذیه از تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی، از توانایی قابل توجهی در مهار جمعیت آفت برخوردار هستند، اما لاروهای آفت به‌دلیل تحرک بالا و ایجاد دالان‌های لاروی در داخل برگ و میوهٔ گوجه‌فرنگی، در اکثر موارد از دسترس سن‌های شکارگر خارج می‌شوند و به محصول گوجه‌فرنگی خسارت وارد می‌کنند.

Malkeshi *et al.* (2018) پراسنجه‌های رشدی سن یاد شده را در شرایط آزمایشگاهی روی برگچه‌های

گوجه‌فرنگی با تغذیه از تخم‌های بید آرد و مینوز گوجه‌فرنگی مقایسه کردند. برای محیط‌های گلخانه‌ای، سن شکارگر *N. tenuis* را روی تخم‌های بید آرد تولید انبوه کرد و سپس علیه مینوز گوجه‌فرنگی به کار گرفت، بدون اینکه نگران کاهش ویژگی‌های زیستی شکارگر باشیم. همچنین طی پژوهش‌های نامبرده و همکاران میزان شکارگری سن *N. tenuis* روی تخم‌های بیدآرد و مینوزگوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاهی بررسی شد. جنسیت شکارگر و نوع طعمه در میزان شکارگری مؤثر هستند. سن ماده طی ۲۴ ساعت از تخم‌های بیدآرد و مینوزگوجه‌فرنگی به ترتیب از ۵۸ و ۷۷ عدد و و میزان تغذیه سن نر نیز به ترتیب ۲۷ و ۶۱ عدد بود که تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (Malkeshi *et al.*, 2017a). در مطالعهٔ ترجیح طعمه توسط سن شکارگر *N. tenuis* به تخم‌های بید آرد و مینوز گوجه‌فرنگی (شاخص بتای منلی)، بررسی‌ها نشان داد که سن ماده ترجیح بیشتری به تغذیه از تخم بیدآرد دارد تا نیازهای غذایی خود را تأمین کند. لذا می‌توان در رهاسازی سن شکارگر یاد شده در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی در کمبود یا غیاب طعمهٔ اصلی از تخم‌های بیدآرد به عنوان مادهٔ غذایی جایگزین استفاده کرد (Malkeshi *et al.*, 2017b).

بررسی‌های شکارگری سن مذکور روی سفیدبالک گوجه‌فرنگی بطور گسترده انجام شده است (Kajita, 1978; Bagheri *et al*, 2016, Calvo *et al*., 2009 & 2102) علاوه بر این شکارگری سن یاد شده از روی پوره‌های تریپس غربی گل (Riudavetes & (Castane, 1998) *Frankliniella occidentalis* (Pergande) لاروهای مگس مینوز *Liriomyza trifolii* (Burgess) در گوجه‌فرنگی و کنه‌های تارتن دولکه‌ای *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) تخم و لاروهای سنین اولیهٔ بال‌پولک‌داران نیز گزارش شده است (Urbaneja *et al*., 2005).

در کشورهای اروپایی، تولید و رهاسازی سن شکارگر *N. tenuis* برای کنترل آفات گلخانه‌ای از جمله شب پره مینوز گوجه‌فرنگی انجام می‌شود (Urbaneja *et al*., 2005). در ایران نیز تولید پایدار سن شکارگر مذکور در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک در حال انجام است (Namvar & Malkeshi, 2020) و دانش فنی شیوهٔ تولید انبوه سن‌های شکارگر خانواده Miridae (*N. tenuis* و *M. pygmaeus*) به سه شرکت داخلی منتقل شده است و برخی از آن‌ها نسبت به تولید و کاربرد سن‌های مذکور اقدام نموده‌اند.

لازم به توضیح است که در برخی از گلخانه‌های کشور که دریچه‌های تهویه فاقد توری می‌باشند، به جهت وجود گیاه و شرایط مطلوب دمایی، با سرد شدن هوا سن‌ها بصورت طبیعی وارد گلخانه‌ها می‌شوند و در کنترل جمعیت مینوز و سفیدبالک گوجه‌فرنگی بسیار موثر می‌باشند. اما با گرم شدن هوا و وجود غذای مطلوب در داخل گلخانه‌ها، رشد و نمو سن‌ها افزایش یافته و جمعیت آن‌ها فزونی می‌یابد. افزایش جمعیت موجب می‌شود تا رژیم غذایی گیاه‌خواری سن‌ها تشدید یابد و به جوانه‌ها و سرشاخه‌های گوجه‌فرنگی خسارت وارد شود. البته در مواردی گلخانه‌داران با تله‌های زرد و شیوهٔ مکانیکی اقدام به کاهش جمعیت سن‌های خسارت‌زا می‌شوند (اطلاعات منتشر نشده). سن شکارگر *M. pygmaeus* در همهٔ مناطق پالئارکتیک غربی یافت می‌شود (Kerzhner & Josifov, 1999; Sanchez *et al*., 2012) و از حوزهٔ دریای مدیترانه سرچشمه می‌گیرد (Ingegno *et al*., 2011; Prieto *et al*., 2016).

شکارگر مذکور در گلخانه‌ها و مزارع گوجه‌فرنگی اروپا به‌عنوان یکی از دشمنان طبیعی سفیدبالک‌ها، شته‌ها و بال‌پولک‌داران مورد استفاده قرار می‌گیرد (Lenteren, 2012; Moerkens *et al*., 2017).

شکارگر یاد شده توسط Chaileux *et al*. (2013b) علیه مینوز گوجه‌فرنگی معرفی شده است. بر اساس پژوهش‌های Urbaneja *et al*. (2012)، گونهٔ *M. pygmaeus* برای مناطق با آب و هوای مختلف مناسب است، در حالی‌که گونهٔ *N. tenuis* برای عرض‌های جنوبی‌تر و مناطق گرم توصیه شده است.

جدول ۳– شکارگرهای شب پره مینوز گوجه‌فرنگی گزارش شده از اروپا، شمال آفریقا و خاورمیانه (غرب منطقهٔ پالئارکتیک) (اقتباس از: Zapala*et al*., 2013).

Table 3. Predators of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in Western Palaearctic countries (Adapted from: Zapala *et al*., 2013).

Order / Family	Species	Prey stage	Country	Season	Reference
Mezostigmata					
Phytoseiidae	*Amblyseius swirskii* Athias–Henriot	Egg, Larva	Spain	Summer	Molla *et al*. (2010)
	Amblyseius cucumeris (Oudemans)	Egg, Larva	Spain	Summer	Molla *et al*. (2010)
Heteroptera					
Miridae	*Dicyphus* sp.	Egg, Larva	France Italy	Summer	Biondi *et al*. (2013b), Zappala *et al*. unpublished data
	Dicyphus errans (Wolff)	Egg, Larva	Italy, Algeria	Summer, Spring	Boualem *et al*. (2012), Ferracini *et al*. 2012b), Ingegno *et al*. (2013),
	Dicyphus maroccanus Wagner	Egg, Larva	Spain	Summer	Molla *et al*. (2010)
	Dicyphus tamaninii Wagner	Egg, Larva	Algeria		Guenaoui *et al*. (2011a)
	Macrolophus pygmaeus (Rambur)	Egg, Larva	Algeria, France, Italy, Spain	Spring, Summer Autumn	Arno *et al*. (2009), Molla *et al*. (2010a) Guenaoui *et al*. (2011a), Boualem *et al*. (2012), Biondi *et al*. (2013b), Ingegno *et al*. (2013)
	Nesidiocoris tenuis (Reuter)	Egg, Larva	Algeria, Greece Egypt, France, Jordan, Iran, Palestine, Italy, Maracanus, Spain Turkey	All year round	Arno *et al*. (2009), Guenaoui *et al*. (2011a), Karabuyuk (2011); Rizzo *et al*. (2011), Al–Jaboory *et al*. (2012) Al–Jboory *et al*. (2011), Boualem *et al*. (2012), El–Arnaouty & Kortam (2012) Biondi *et al*. (2013b), R. Bouharroud pers. comm., T. Kilic¸ pers. comm., Martinou & Stavrinides, unpublished data; Shaltiel–Harpaz & Gerling. unpublished data
Anthocoridae	*Orius albidipennis* (Reuter)	–	Jordan	Spring	Al–Jboory *et al*. (2012)
Nabidae	*Nabis* sp.	Egg, Larva	Iran	Summer	Madadi, unpublished data
	Nabis pseudoferus Ibericus	–	Spain		Molla *et al*. (2010)
Hymenoptera					
Sphecidae	Unknown species	Larva	Spain		Molla *et al*. (2008)
Formicidae	*Tapinoma nigerrimum* (Nylander)	Larva	Algeria	Summer	Guenaoui *et al*. (2011b)

میزان باروری سن شکارگر *M. pygmaeus* در تغذیه از تخم شب‌پرهٔ آرد وتخم شب‌پرهٔ مینوز با دیسک برگی گوجه‌فرنگی به ترتیب ۴۸/۱ عدد (۳/۱ عدد در روز) و ۳ عدد (۰/۱ عدد در روز) و طول عمر ماده ۲۲ و ۲۹/۵ روز به‌دست آمد (Molla *et al*., 2014). همچنین Ghasemzadeh & Gharekhani, (2018) امکان‌سنجی

پرورش سن شکارگر مذکور را با استفاده از سیست آرتمیا *Artemia urmiana* Gunther به منظور پرورش انبوه آن و کاهش هزینه‌های تولید را بررسی نمودند.

سن‌های شکارگر *Geocoris punctipes, Macrolophus basicornis, Engytatus varians* نیز برای اولین‌بار از برزیل به‌عنوان شکارگرهای تخم مینوز گوجه‌فرنگی گزارش شده‌اند (Bueno *et al*., 2012). همچنین شکارگرهای دیگری نیز برای مهار زیستی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی گزارش شده است که می‌توان به *xylocoris* sp. (Anthocoridae) و *Cycloneda sanguinea* L. (Coccinellidae) اشاره کرد (Miranda *et al*., 2005).

بیمارگرها

باکتری‌های بیمارگر

استفاده از آفت‌کش‌های میکروبی به حدود صد سال پیش برمی‌گردد. فعالیت حشره‌کشی باکتری باسیلوس تورنژینسیس (Bt) اولین‌بار در سال ۱۹۱۱ کشف شد و در دههٔ ۶۰ میلادی شکل تجاری به‌خود گرفت. اولین تولید تجاری Bt در سال ۱۹۳۸ با نام اسپورین که از زیر گونهٔ *kurstaki* تهیه شده بود، در فرانسه عرضه شد. چندین واریتهٔ Bt فعالیت بیمارگری روی حشرات هدف دارند و موجب تلفات در آن‌ها می‌شوند. در بین بیمارگرهایی که علیه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی به‌کار می‌روند گونهٔ *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* را می‌توان نام برد که در همهٔ سنین لاروی آفت ایجاد بیماری می‌کند (Giustolin *et al*., 2001a). باکتری *B. thuringiensis* یک باکتری همه‌جازی، گرم مثبت بوده که در طی مرحلهٔ سکون چرخهٔ رشدی خود تولید کریستال می‌کند (Berbert–Molina *et al*., 2008). باکتری مزبور یک حشره‌کش موفق در کشاورزی است و منبع کلیدی از ژن‌ها در گیاهان تراریخته، برای ایجاد مقاومت به آفات در گیاهان می‌باشد. دوام و پایداری اسپورهای Bt در آزمایشگاه، گلخانه، مزرعه و جنگل به‌خوبی مطالعه شده است (Petras & Casida, 1985). اسپورهای Bt می‌توانند مدتی را پس از استفاده در محیط باقی بمانند، گرچه کاهش سریع در جمعیت و بیمارگری نیز گزارش شده است و روش‌های تشخیص پایداری Bt در محیط محدود به شمارش اسپورها می‌باشد. این باکتری در همولنف حشرات به سرعت تکثیر شده و موجب ایجاد عفونت خونی می‌شود (Heierson *et al*., 1986). پژوهش‌های Gonzalez–Cabrera *et al*. (2011) نشان داد که جمعیت آفت بدون نیاز به حشره‌کش‌های شیمیایی تنها با محلول‌پاشی Bt کاهش می‌یابد. ایشان اظهار داشتند در صورت تلفیق Bt با سایر مهارگرهای زیستی، مانند سن‌های شکارگر Miridae از تعداد دفعات محلول‌پاشی کاسته خواهد شد. تعداد ۱۲ جدایه از باکتری جنس *Bacillus* از لاروهای مینوز گوجه‌فرنگی جمع‌آوری شده است (Youssef & Hassan, 2013). بررسی‌های Tohidi (2014) نشان داد که کارایی حشره‌کش Bt روی مینوز گوجه‌فرنگی پس از ۱۵ روز حداکثر به ۳۹ درصد می‌رسد و این حشره‌کش با یک نوبت محلول‌پاشی قادر به مهار جمعیت مینوز نمی‌باشد، به‌ویژه اگر محلول‌پاشی زمانی انجام گیرد که بیشتر لاروها در داخل دالان باشند، از طرف دیگر، نیمه عمر Bt به خاطر وجود اشعهٔ مادون قرمز خورشید در مزرعه خیلی کوتاه است. بنابراین برای داشتن کارایی قابل قبول با ترکیب زیستی فوق، افزایش دفعات محلول‌پاشی و کابرد آن در مرحله‌ای که آفت در خارج از برگ فعالیت می‌کند، می‌تواند کارایی مناسب داشته باشد. البته طبق گفته حافظی و همکاران، کاربرد باکتری Bt توانسته است تا ۷۲ درصد نیز در لاروهای مینوز گوجه‌فرنگی تلفات ایجاد کند (Hafesi *et al*., 2012). سن اول لاروی مینوز گوجه‌فرنگی در مقایسه با سنین دوم و سوم آن نسبت به این باکتری حساس‌تر است (Gonzales–Cabrera, 2011; Hafesi *et al*., 2012; Hashemitassujii *et al*., 2015). لاروهای سن اول شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی به‌دلیل عدم تکامل سیستم دفاعی در مقابل آفت‌کش‌ها و تماس کریستال‌های باکتری با سطح برگ و نهایتا تغذیهٔ لاروها از برگ و حفر دالان، نسبت به لاروهای سنین بالاتر که اغلب در داخل دالان از پارانشیم برگ تغذیه می‌کنند، بیشتر در معرض ترکیب زیستی قرار گرفته و تلفات بیشتری ایجاد می‌کنند (Malkeshi, 2018). بنابراین ترکیب‌های تجاری Bt با توجه به قیمت پایین، عدم

تاثیر سوء بر محیط زیست و قابلیت تلفیق با سایر عوامل زیستی، می‌توانند در مراحل اولیهٔ زیستی مینوز گوجه‌فرنگی، جایگزین مناسبی برای آفت‌کش‌های شیمیایی باشند. استفادهٔ مکرر از این ترکیبات، احتمال مقاومت آفات را در پی داشته، لذا باید با ارایه راهکارهای مناسب و در قالب برنامه‌های مدیریت تلفیقی مورد استفاده قرار گیرند (Gould *et al*., 1995).

قارچ‌های بیمارگر

قارچ‌ها بر خلاف باکتری‌ها قادر هستند تا حشرات را از طریق نفوذ مستقیم به کوتیکول تحت تاثیر قرار دهند. قارچ‌هایی که علیه مینوز گوجه‌فرنگی به کار می‌روند می‌توان به *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok.و *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. اشاره کرد. تاثیر قارچ *M. anisopliae* برای مهار جمعیت*T. absoluta* مطالعه شده است (Pires *et al*., 2009). نتایج نشان داد که تخم‌ریزی یا باروری ماده‌های بالغ *T. absoluta* آلوده به قارچ، کاهش نمی‌یابد. اما آلودگی قارچ مذکور ۳۷ درصد تلفات در ماده‌های مینوز گوجه‌فرنگی را به‌همراه دارد. تخم‌هایی که در معرض *M. anisopliae* قرار دارند بعد از ۷۲ ساعت همه آلوده شدند. قارچ *B. bassiana* به‌تنهایی یا در ترکیب با باکتری Bt برای کنترل *T. absoluta* در مزارع گوجه‌فرنگی در اسپانیا آزمایش شده است (Torres Gregorio *et al*., 2009). در هر دو تیمار تعداد و شدت خسارت میوه را کاهش دادند. تغذیه لارو *T. absoluta* از رقم مقاوم گوجه‌فرنگی کاهش بقای لارو را به دنبال دارد و هنگامی که *B. bassiana* با باکتری Bt در برگ‌های گوجه‌فرنگی استفاده شود، اثر سینرزیستی داشته و تلفات در همهٔ سنین لاروی مینوز گوجه‌فرنگی رخ می‌دهد (Giustolin *et al*., 2001b). همچنین بیمارگری *M. anisopliae* و *B. bassiana* علیه تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی۶۰ تا ۸۰ درصد ارزیابی شد (Marta Rodriguez *et al*., 2005; Mpires *et al*., 2010).

نماتدهای بیمارگر

نماتدها جزو آن دسته از مهارگرهای زیستی آفات هستند که در دهه‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کرده اند (Hunt, 2007). نماتدها، به‌دلیل مرگ سریع در میزبان و قابلیت استفاده از آن‌ها همراه با سایر مهارگرهای زیستی و نیز آفت‌کش‌های شیمیایی، به‌عنوان یک گزینه مناسب در مدیریت تلفیقی آفات معرفی شده‌اند (Koppenhofer & Grewal, 2005). گونه‌هایی از نماتدهای متعلق به دو خانوادهٔ Steinernematidae و Heterorhabditidae دارای توانایی بالایی در مهار آفات هستند (Sharma *et al*., 2011). از ایران تاکنون گونه‌های *Steinernema feltiae* Filipjev، *Steinernema carpocapsae* Tallosi، *Steinernema glaseri* Steiner، *Steinernema bicornutum* Tallosi, Peters & Ehlers و *Heterorhabditis bacteriophora* Poinar از آذربایجان شرقی و غربی، اردبیل، تهران و خراسان شمالی گزارش شده‌اند (Tanha Maafi *et al*., 2003; Nikdel *et al*., 2010; Kamali *et al*., 2013; Eivazian Kary *et al*., 2009). گونه‌های *S. feltiae*، *S. carpocapsae* و *H. bacteriophora* منجر به پارازیتیسم لارو *T. absoluta* در شرایط آزمایشگاهی به‌ترتیب ۹۰، ۷۰ و ۷۱ درصد داخل پارانشیم برگ (دالان) و ۹۴/۸ و ۹۴/۱ و ۸۸/۹ درصد خارج از آن شدند (Batalla– Carrera *et al*., 2010). همچنین در صورت محلول‌پاشی ۱۰۰۰ لارو نماتد در میلی‌لیتر از گونه‌های مذکور روی بوته‌های آلوده به مینوز، ۸۷ تا ۹۵ درصد آفت تلف شدند (Batalla–Carrera *et al*., 2010). اثر آنتاگونیستی این سه گونه نماتد روی مراحل مختلف زیستی *T. absoluta* در شرایط آزمایشگاهی نشان داد که به ترتیب ۹۶/۷، ۱۰۰ و ۵۲/۳ درصد لاروها پارازیته شدند (Garsia *et al*., 2013). بررسی بیمارگری نماتد *S. feltiae* روی سنین مختلف لاروی مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط آزمایشگاه و همچنین غلظت موثر نماتد در مهار آفت در شرایط گلخانه نشان داد که غلظت‌های صفر، ۱۲۵، ۳۵۵، ۶۳۲ و ۱۱۲۴ عدد لارو عفونت‌زای سن سوم نماتد (Infective juveniles, IJs) لاروهای سنین دو تا چهار مینوز برگ را ظرف مدت ۴۸ ساعت بیمار کرد و با افزایش تراکم جمعیت نماتد، درصد تلفات نیز افزایش یافت (Abootorabi, 2014; Abootorabi & Farrokhi, 2019).

طبق گزارش Dowds & Peters (2002)، نماتدها، لاروهای سنین بالاتر شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی را به‌دلیل داشتن جثه و روزنه‌های بزرگ‌تر تنفسی بیشتر مورد هدف قرار می‌دهند. همچنین گونه‌های *S. feltiae*، *S. carpocapsae* و *H. bacteriophora* بیشترین تاثیر را روی سنین سوم و چهارم لاروی داشتند (Damme *et al*., 2015).

Ben Husin & Port (2021) نیز ضمن ارائه نتایجی مشابه در خصوص این سه گونه نماتد، تاثیر دما و رطوبت نسبی میکروکلیمای گیاه را در میزان کارایی آنها قابل توجه ارزیابی نموده‌اند.

آفت‌کش‌های گیاهی

گیاهان منابع طبیعی بسیار مهمی هستند که برای کنترل آفات مختلف کشاورزی استفاده می‌شوند (Isman, 2006). عصاره‌های خام گیاهی از قسمت‌هایی مانند دانه، برگ، پوست، پیاز و میوه گونه‌های مختلف گیاهان استخراج می‌شوند (Isman, 2006). عصارهٔ گیاه چریش علیه مینوز برگ گوجه‌فرنگی موثر است (Durmusoglu, *et al.*, 2011). گیاه چریش حاوی تعدادی متابولیت فعال مانند آلکالوئیدها است که می‌توانند جمعیت حشرات را مهار کنند. گیاه فلفل سیاه (*Acmella oleracea*) نیز دارای الکالوئیدهایی است که علیه مینوز گوجه‌فرنگی موثر است (Moreno, Shaiene *et al.*, 2012).

عصاره‌ها یا روغن‌ها به عنوان گزینه‌های بالقوه‌ای نسبت به آفت‌کش‌های شیمیایی برای مهار آفات استفاده می‌شوند. عصارهٔ اتانولی برگ فلفل *Piper amalago* موجب ۷۰ درصد تلفات روی لاروهای سن یک مینوز می‌شود (Brito *et al*., 2015) مواد شیمیایی موجود در Piperaceae دارای خواص حشره‌کشی می‌باشند. ترکیب پیرامید فعالیت زیستی دوگانه روی حشرات دارد، این ترکیب سمیت عصبی دارد و همچنین بر متابولیسم لیپید تأثیر می‌گذارد و از این ترکیب می‌توان در مقابل آفاتی که در برابر مواد شیمیایی مقاومت پیدا کرده‌اند استفاده کرد.

عصارهٔ دانه‌های چریش (*Azadirachta indica*) و عصارهٔ دانه‌های Jatropha (*Jatropha curcus*) از خانوادهٔ افوربیاسه روی مراحل تخم و لاروهای آفت آزمایش شده است. عصارهٔ چریش منجر به تلفات ۲۴/۵ درصد تخم‌ها و ۸۶/۷ تا ۱۰۰ درصد لاروها شد. عصارهٔ گیاه جاتروفا نیز پس از ۴ روز موجب ۱۸ تا ۲۵ درصد تلفات در تخم‌ها و ۸۷ تا ۱۰۰درصد تلفات در لاروهای مینوز شد (Moreno Shaiene *et al*., 2012).

عصارهٔ دانه جوجوبا (*Simmondsia chinsis*) در غلظت ۱۰۰ درصد منجر به تلفات ۷۵ درصد در سن دو لاروی مینوز برگ شد. عصاره‌های گیاه آویشن باغی (*Thymus vulgaris*) و کرچک (*Ricinus communis*) نیز به ترتیب باعث ۹۵ و ۵۸ درصد تلفات لاروهای مینوز شد. عصاره‌های حاصل از پنج گونه مختلف گیاهی تلفات متوسط تا زیاد را در مراحل رشد مینوز برگ نشان دادند. این عصاره‌ها از برگ و میوهٔ گیاه دارویی *Melia azedarach* با ۹۱ درصد، شمعدانی *Pelargonium zonale* با ۸۷ درصد، سیر *Allium sativu* با ۸۵ درصد، پیاز *Allium cepa* با ۸۰ درصد، گل ریحان *Ocimum basilicum* با ۷۴ درصد و برگ ریحان با ۵۴ درصد تلفات لارو سن دوم با غلظت ۶ درصد پس از ۵ روز در معرض قرار گرفتن با عصاره،ایجاد کردند. سیر همچنین با ۳۷/۵ درصد به‌عنوان دفع کننده لارو عمل می‌کند و موجب کاهش وزن سنین اولیه لاروهای مینوز می‌شود. عصارهٔ روغن شبدر (*Trifolium repens*) و اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis*) با غلظت ppm ۲۰۰۰ نیز پس از ۶ روز، موجب تلفات ۶۷ و ۶۳ درصد در لاروهای سن یک ایجاد کرد (Chhetri, 2018).

Tom *et al*. (2013) تاثیر عصاره درخت نیم (*Azadirachta indica*, Neem) را روی شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی بررسی کردند. آفت‌کش یاد شده علاوه بر اثر کشندگی، خاصیت دورکنندگی نیز دارد و از تخم‌ریزی و حرکت لاروها جلوگیری می‌کند.

راهبرد مبارزه شیمیایی

مبارزه شیمیایی روش عمدهٔ مهار آفت از زمان ورود شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی به بسیاری از کشورها بوده است. سابقهٔ مبارزه شیمیایی مینوز گوجه‌فرنگی نسبتا طولانی است

در دهه‌های ۱۹۷۰ و ۱۹۸۰ به ترتیب حشره‌کش‌های فسفرهٔ آلی و پیرتروییدی استفاده می‌شد که بیشترین گزارش مقاومت *T. absoluta* مربوط به آن‌ها می‌باشد (Lietti *et al.*, 2005; Siqueira *et al.*, 2000b). از سال ۱۹۹۰ حشره‌کش‌های جدید نظیر آبامکتین، اسپینوساد، تبوفنوزاید و کلرفناپیر مصرف می‌شود (Lietti *et al.* 2005). اما این روش در مهار خسارت آفت چندان رضایت‌بخش نبوده است، زیرا با توجه به اینکه محل زندگی لاروها درون بافت گیاه (مزوفیل برگ یا درون میوه) می‌باشد، می‌تواند از آفت‌کش‌ها در امان باشد (Cocco *et al.*, 2013). هم‌چنین اثرات جانبی چند حشره‌کش روی زنبور پارازیتوئید *T. pretiosum* نشان داد که حشره‌کش‌های فنتوات و کارتاپ تلفات زنبورهای مادهٔ تریکوگرامای ظاهر شده را افزایش می‌دهد و نیز توانایی پارازیتیسم زنبورهای باقی‌مانده را کاهش می‌دهد (Consoli *et al.*, 1998). از طرف دیگر آفت به تعدادی از حشره‌کش‌ها مقاومت نشان داد (Siqueira *et al.*, 2000a; Siqueira *et al.*, 2000b; Siqueira *et al.*, 2001; Lietti *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2011; Reyes *et al.*, 2012). در آمریکای لاتین مقاومت شدید و گسترده‌ای در جمعیت‌های مزرعه‌ای مینوز گوجه‌فرنگی نسبت به ارگانوفسفره‌ها، پایروتروئیدهای مصنوعی و بنزوئیل اوره گزارش شده است (Bloem & Esther, 2011). احتمالا مقاومت نسبت به گروه‌های جدید آفت‌کش‌ها نیز گسترش پیدا کرده است، زیرا جمعیت‌های مقاوم آمریکای لاتین به سوی اروپا، شمال آفریقا و خاورمیانه مهاجرت کرده‌اند. بنابراین آنچه در درجهٔ اول اهمیت دارد، تهیهٔ نقشهٔ حساسیت جمعیت‌های مختلف *T. absoluta* از سوی کارشناسان محلی بوده تا امکان توصیهٔ محلی و بومی برای مصرف آفت‌کش‌ها در مهار جمعیت آفت یاد شده عملی شود.

در صورت نیاز به آفت‌کش‌های شیمیایی برای مهار این آفت می‌توان از حشره‌کش‌های دیمیلین، ایندوکساکارب به نسبت یک در هزار علیه مرحله لاروی آن استفاده کرد، اما ممکن است اثرات سویی روی مهارگرهای زیستی یا حشرات گرده‌افشان داشته باشد. استفاده از آوانت نیز به‌دلیل دورهٔ کارنس طولانی آن (۲۱ روز) و برداشت روزانه گوجه‌فرنگی توصیه نمی‌شود. اما از آفت‌کش‌های اسپینوساد، ایندوکساکارب و نیز کلرپیریفوس به هنگام مشاهده شب‌پره مینوز می‌توان استفاده کرد (Tafreshi *et al.*, 2010). همچنین کاربارایل و آزینفوس متیل اثر خوبی را روی این آفت از خود نشان داده اند (Monserrat, 2009). بررسی‌های Tohidi (2014) نیز نشان داد حشره‌کش‌های اپتیما، پیریدالیل و ایندوکساکارب هر کدام با غلظت ۰/۵ در هزار علیه مینوز گوجه‌فرنگی کارایی قابل قبولی دارند. Moeini–Naghade *et al.* (2020) با بررسی کارایی چند آفت‌کش روی مراحل مختلف زیستی بید گوجه فرنگی، آبامکتین و اسپینوساد را در مواقعی که مزارع گوجه فرنگی به همه مراحل زیستی آفت (تخم، لارو و حشره کامل) آلوده هستند و در صورت لزوم، حشره‌کش انتخابی ایندوکساکارب را در هنگام فعالیت دشمنان طبیعی مراحل لاروی آفت توصیه نموده‌اند. بنابراین به منظور پیشگیری از ایجاد مقاومت، توصیه می‌شود آفت‌کش‌های یاد شده همراه با ترکیبات زیست‌پایه (Biorationals) و به صورت متناوب استفاده شوند (جدول ۴).

راهبرد کنترل تلفیقی

مدیریت جمعیت آفت، به صورت پایدار و کارامد بر پایه تلفیق روش‌های مختلف پیشگیری و کنترل استوار است و استفاده از یک روش خاص و اصرار بر آن نتیجه مطلوبی نخواهد داشت. در این زمینه لازم است ترتیب و توالی مناسبی از روش‌های مختلف رعایت شود و همیشه راهبرد مبارزه شیمیایی در آخرین مرحلهٔ برنامه گنجانده شود. البته در مواردی می‌توان ابتدا با روش شیمیایی جمعیت آفت را کاهش داد و سپس عامل زنده را رهاسازی کرد تا جمعیت آفت را در حالت پایدار نگه دارد. Cortez در قالب پروژه TCP در ایران، در یک کارگاه آموزشی، برنامه‌های کنترل بیولوژیک و تولید سن شکارگر *N. tenuis* را برای گلخانه‌های گوجه‌فرنگی آلمریا اسپانیا تشریح کرد و یک مثال عملی برای تنوع در کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی و

زیست‌پایه، مانند عوامل کنترل بیولوژیک و عصاره‌های گیاهی برای آن منطقهٔ ارایه نمود (جدول ۴).

Biondi *et al*. (2018) با اشاره به اثرات مخربی که کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی به IPM گوجه‌فرنگی در کشورهای اروپایی وارد نمود، کارایی قابل توجه و موثر سن‌های شکارگر، زنبورهای پارازیتوئید و حشره‌کش‌های مبتنی بر Bt را ضمن در نظر گرفتن سایر عوامل زنده و غیرزنده، در مهار جمعیت بید گوجه‌فرنگی مطرح نموده‌اند. در یک مقاله مروری دیگر نیز، راهبردی غیرشیمیایی برای مدیریت خسارت جمعیت *T. absoluta* در شرایط مزارع گوجه‌فرنگی منطقه خاورمیانه و شمال آفریقا، با تلفیقی از روش‌های حمایت و رهاسازی دشمنان طبیعی (پارازیتوئید و شکارگر)، کاربرد آفتکش‌های میکروبی و زیست‌پایه پیشنهاد شده است (Mansour & Biondi, 2020).

جدول ۴– تقویم محلول‌پاشی آفت‌کش‌های شیمیایی و زیست‌پایه برای کنترل شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در اسپانیا (کورتِس، ۱۳۹۳؛ منتشر نشده).

Table 4. Foliar spraying calendar of chemical pesticides and biorationals to control tomato leaf miner in Spain (Cortés, 2014; unpublished).

Week No.	Pesticide	Week No.	Pesticide
1	Flubendiamide	11	Indoxacarb
2	Flubendiamide	12	Emamectin
3	Bt	13	Bt
4	Bt	14	Bt
5	Bt	15	Bt
6	Spinosad	16	Chlorantraniliprole
7	Azadirachtin	17	Chlorantraniliprole
8	Azadirachtin	18	Azadirachtin
9	Azadirachtin	19	Azadirachtin
10	Indoxacarb	20	Azadirachtin

Bt: *Bacillus thuringiensis* (Microbial pesticide)

آفت‌کش‌های شیمیایی روی مهارگرهای زیستی اثر سوء دارند، لذا باید قبل از کاربرد سموم شیمیایی از عوامل زیستی استفاده کرد و فاصله زمانی بین کاربرد سموم شیمیایی با مهارگرهای زیستی را رعایت کرد. پژوهش‌ها نیز نشان داده است که حشره‌کش‌ها تاثیر سوء بر پرآسنجه‌های زیستی سن‌های شکارگر دارند (Arno & Gabarra, 2011; Khoshabi *et al*., 2016; Sharifiyan 2015). بنابراین در کاربرد تلفیقی آفت‌کش‌های شیمیایی با مهارگرهای زیستی لازم است از ترکیب‌های سازگار استفاده کرد تا کمترین اثر سوء را روی دشمنان طبیعی داشته باشند. کاربرد توام Bt و حشره‌کش تری‌فلوموروون برای مهار جمعیت لاروهای مینوز گوجه‌فرنگی در یک برنامهٔ تلفیقی در آرژانتین توصیه شده است (Riquelme *et al*., 2006). همچنین کاربرد توام Bt و اسپینوساد منجر به تلفات بیشتر روی سه سن لاروی مینوز گوجه‌فرنگی نسبت به استفادهٔ جداگانه هر یک از ترکیب‌ها شد (Hashemitassujii *et al*., 2015). در پژوهشی مشابه، کاربرد توام اسپینوساد و Bt با ۸۸/۳۳ درصد و زنبور تریکوگراما و اسپینوساد با ۷۸/۳۳ درصد تلفات در جمعیت شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی به‌عنوان روشی موثر و کارامد در قالب برنامهٔ مدیریت تلفیقی آفت در شرایط گلخانه‌ای پیشنهاد شده است (Abdoli, 2016; Jamshidnia *et al*., 2016). در حالی که برهم‌کنش باکتری Bt با ترکیب‌های شیمیایی آبامکتین، آزادیراختین، ایندوکساکارپ، کلرانترانیل پیرول، دیکلرووس و متافلومیزون اثر کاهشی بر کارایی باکتری داشته است. بنابراین تا حد امکان از کاربرد توام باکتری Bt با ترکیب‌های مذکور به‌طور همزمان

خودداری شود (Amizadeh *et al*., 2015). استفادهٔ همزمان Bt و سن شکارگر *N. tenuis*، خسارت مینوز گوجه‌فرنگی را به‌میزان ۹۷ درصد کاهش داد (Molla *et al*., 2011). همچنین کاربرد توام زنبور *Trichogramma achaeae* (۲۵ عدد در مترمربع)، سن *Macrolophus caliginosus* (۰/۲۵ در مترمربع) و Bt (یک گرم در لیتر) کاهش محسوسی را در تعداد دالان‌های لاروی مینوز گوجه‌فرنگی ایجاد کرد (Kortam *et al*., 2014). تلفیق کاربرد همزمان زنبورهای تریکوگراما با سن شکارگر *M. pygmaeus* نیز نشان داد که تلفیق راهبردهای مهار جمعیت آفت می‌تواند اثر افزایشی در کنترل بیولوژیک شب‌پرهٔ مینوز گوجه‌فرنگی داشته باشد (Chailleux *et al*., 2013a). در ترکیه نیز کاربرد توام زنبور تریکوگراما و سن *N. tenuis*، منجر به افزایش تلفات تخم و لارو مینوز گوجه‌فرنگی شد (Öztemiz, 2013). Malkeshi, *et al*. (2019) در مطالعات خود نشان دادند که برای مهار جمعیت آفت، استفاده توام سن‌های شکارگر با ترکیب‌های تجاری حاصل از باکتری Bt در اوایل آلودگی بوته‌های گوجه‌فرنگی به آفت موثرتر می‌باشد. کاربرد باکتری روی محصول، موجب آغشته شدن برگ‌ها به کریستال‌ها و اسپورهای باکتری شده و با تغذیه لاروها، در جمعیت آفت تلفات ایجاد می‌شود. کاربرد سایر دشمنان طبیعی (سن‌های شکارگر و زنبورهای پارازیتویید)، استفادهٔ تناوبی از ترکیب‌های تجاری حاصل از سایر عوامل میکروبی و همچنین آفت‌کش‌های گیاهی در دوره‌های مختلف رشدی محصول، می‌تواند جمعیت قابل توجهی از آفت را کاهش دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

به دلیل وجود خطرات ناشی از مصرف آفت‌کش‌های شیمیایی، طی سالیان اخیر تعداد زیادی از آن‌ها از فهرست آفت‌کش‌های مجاز حذف شده‌اند. از طرف دیگر، تقاضای جامعه برای استفاده از محصول گواهی شده و استاندارد افزایش یافته است، لذا به‌منظور حفظ سلامت جامعه و تامین غذای سالم، جوامع بشری تمایل دارند تا آفت‌کش‌های شیمیایی مرسوم را در مهار آفات با ترکیبات سالم و کم‌خطر جایگزین نمایند. با توجه به مطالب ذکر شده هیچ یک از روش‌ها، اعم از راهبرد شیمیایی یا مهار زیستی به تنهایی قادر به مهار آفت نوظهور نمی‌باشند، لذا برای کاهش میزان خسارت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی و جلوگیری از سم‌پاشی‌های مکرر که نتیجه‌ای جز اتلاف سرمایه و ایجاد مخاطرات بهداشتی و زیست‌محیطی نخواهد داشت، لازم است تا ابتدا سطح آگاهی کشاورزان و کارشناسان مربوطه با برگزاری دوره‌های آموزشی مناسب در خصوص "مدیریت تلفیقی مبتنی بر روش‌های غیرشیمیایی و بیولوژیک" افزایش یابد. امروزه برای کشاورزان آشکار شده است که بیشتر حشره‌کش‌های گروه فسفرهٔ آلی و کارباماتی قادر به کنترل جمعیت شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی نمی‌باشند. با انجام توصیه‌های بهداشتی و زراعی اولیه مانند حذف بقایای گیاهی و علف‌های هرز، رعایت تناوب زراعی، ردیابی دقیق آفت و نصب توری مناسب (در گلخانه‌ها) و هم‌چنین استفاده صحیح از تله‌های چسبنده و تشت‌های آب مجهز به فرومون و لور جلب‌کننده، امکان فعالیت انواع دشمنان طبیعی اعم از بندپایان شکارگر و پارازیتوئید در شرایط مزرعه یا گلخانه‌های گوجه‌فرنگی، فراهم خواهد شد.

یکی از موانع اصلی کاربرد گستردهٔ مهار زیستی به روش افزایشی در مدیریت آفات، هزینهٔ بالای تولید تجاری دشمنان طبیعی است. در دسترس بودن منابع غذایی ارزان‌تر، هزینه‌های تولید شکارگرها را به طور عمده کاهش می‌دهد و می‌تواند موجب استفاده بیشتر از آن‌ها در مهار زیستی شود. استفاده از رژیم غذایی مصنوعی برای تولید انبوه سن‌های شکارگر منجر به کاهش قابل توجهی از هزینه‌های تولید آن‌ها می‌شود که به نوبهٔ خود ممکن است موجب افزایش استفاده از راهکار زیستی در مقابل شیمیایی شود (Lenteren, 2012). پژوهش‌ها نشان داده است که کمیت و کیفیت مواد غذایی میزبان، بر دورهٔ رشد، اندازهٔ بالغین، طول عمر، زادآوری و نسبت جنسی حشرات مفید تأثیرگذار است (Tillman & Cate, 1993). یکی از مهمترین میزبان‌های آزمایشگاهی شب‌پرهٔ مدیترانه‌ای آرد (*Ephestia kuehniella* Zeller) می‌باشد (Tillman & Cate, 1993). مراحل تخم و لارو آفت به‌عنوان منبع غذایی برای پرورش

بسیاری از شکارگرها و پارازیتوئیدها مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این شیوه از مدیریت آفت، استفاده از حشره‌کش‌های گیاه پایه مانند ترکیبات تجاری آزادیراختین (Azadirachtin)، *B. thuringiensis* var. *kurstaki* و یا اسپینوساد می‌تواند کارایی دشمنان طبیعی را در کاهش جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی تکمیل نماید و می‌توان امیدوار بود که با انجام پژوهش‌های همه جانبه کاربردی در ایران، بتوان میزان کاربرد آفت‌کش‌های شیمیایی و به تبع آن مقادیر باقی‌مانده آفت‌کش‌ها را در محصولات کشاورزی که موجب ایجاد مشکلات متعددی برای سلامت عمومی افراد جامعه می شوند، کاهش داد.

به‌طور کلی، برنامه‌ریزی برای استفاده از پارازیتوئیدها، شکارگرها، نماتدها و عوامل بیمارگر میکروبی در مهار زیستی شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی در دو کشت متفاوت محصول به این شرح جمع‌بندی می‌شود:

-در کشت‌های گلخانه‌ای: مدیریت تلفیقی با محوریت شیوهٔ مهار زیستی در تلفیق با روش‌های فیزیکی و پیشگیرانه، زراعی، استفاده از تله‌ها و آفت‌کش‌های میکروبی و عصاره‌های گیاهی (زیست پایه) و رهاسازی تلقیحی بندپایان شکارگر و پارازیتوئید

-در مزارع و کشت‌های فضای باز: مدیریت تلفیقی مبتنی بر روش‌های غیرشیمیایی و حمایت از دشمنان طبیعی در تلفیق با روش‌های زراعی، نصب تله‌های نوری و فرمونی، حفاظت و حمایت از دشمنان طبیعی و در نهایت استفاده از آفتکش‌های زیست پایه یا آفت‌کش‌های شیمیایی انتخابی و کم‌خطر

پیشنهادات

در برنامه‌های مدیریت تلفیقی آفات و به‌ویژه شب‌پره مینوز گوجه‌فرنگی از مجموعه راهبردها برای مهار جمعیت آفات استفاده کرد و اجرای روش‌های پیشگیرانه و زراعی در گلخانه‌ها و محیط پیرامون آن‌ها از جمله راهکارهای اصولی و اولیه محسوب می‌شود. مهمترین موارد و اقدامات پیشنهادی در مدیریت جمعیت *T. absoluta* عبارتند از:

-در مرحلهٔ اول استفاده از نشاء سالم گوجه‌فرنگی در داشتن یک گلخانه یا مزرعه عاری از شب‌پره مینوز است. لذا گلخانه‌دار و کشاورز به این مسئله باید توجه داشته باشد.

-نصب توری ضدحشره در دریچه‌های تهویه و استفاده از درب‌های دوتایی در ورودی‌ها برای ممانعت از ورود آفت پیشنهاد می‌شود.

-جمع‌آوری و حذف کامل بقایای گیاه گوجه‌فرنگی و سایر گیاهان تیره Solanaceae از مزارع و گلخانه‌ها در کاهش جمعیت آفت در کشت بعدی می‌تواند موثر باشد.

-اجرای تناوب زراعی با گیاهان غیرمیزبان آفت در گلخانه‌ها و مزارع گوجه‌فرنگی توصیه می‌شود.

-در مزارع و گلخانه‌های کشت خاکی آلوده به آفت، شخم زمین برای حذف شفیره‌های خاک در کاهش آلودگی موثر است.

-تغذیه و آبیاری مطلوب گیاهان گوجه‌فرنگی در مزارع و گلخانه‌ها می‌تواند در جبران خسارت وارده به محصول موثر باشد.

-آفتاب‌دهی خاک گلخانه‌ها پیش از شروع کشت جدید و با کشیدن پلاستیک روی بستر خاک در فصول گرم سال به مدت ۶ هفته می‌تواند در کاهش جمعیت مینوز و سایر آفات، بیماری‌ها و بذر علف های هرز موثر باشد.

-استفاده از روش جلب و کشتن حشرات بالغ در گلخانه‌ها و مزارع پیشنهاد می‌شود. در این شیوه از ترکیب ماده جلب کننده مینوز و یک آفت‌کش شیمیایی در تله‌ها استفاده می‌شود.

-در شرایط مزارع و گلخانه‌ها برای ردیابی و پایش و در صورت افزایش جمعیت حشرات بالغ مگس مینوز و سفیدبالک از کارت‌ها و نوارهای چسبنده رنگی (سفید، آبی و زرد) به همراه فرمون جنسی می‌توان به صورت مقطعی استفاده کرد. این کارت‌ها و نوارها در ارتفاع یک تا دو متری از گیاه در مزرعه و با فاصله ۵۰ تا ۷۰ سانتی‌متر از تاج گیاه در گلخانه نصب شوند.

-کاربرد تله‌های ترکیبی حاوی مخزن آب، فرمون و منبع نوری در شکار شب‌پره‌های بالغ نر و ماده مینوز گوجه‌فرنگی در شرایط مزارع و گلخانه‌های گوجه‌فرنگی موثر است. تعداد

تله‌ها بسته به تراکم آفت می‌تواند بین ۲۰ تا ۲۵ عدد تله در گلخانه‌ها و ۴۰ تا ۵۰ عدد تله در مزارع گوجه‌فرنگی فضای باز به ازای هر هکتار باشد.

-استقرار زودهنگام سن‌های شکارگر *M. pygmaeus* و *N. tenuis* روی گیاه بهترین راه مقابله با مینوزگوجه‌فرنگی است، لذا از سمپاشی‌های غیرضرور در گلخانه‌ها برای حفظ و حمایت از سن‌های شکارگر و سایر عوامل زیستی خودداری شود.

-رهاسازی اشباعی زنبور *Trichogramma* spp. با شکار اولین حشرات بالغ یا مشاهده نخستین تخم‌های آفت انجام شود. زنبور تریکوگراما حداکثر ۲۸ درصد تخم‌های مینوز گوجه‌فرنگی را می‌تواند پارازیته کند. البته اثر زنبورهای تریکوگراما در شرایط گلخانه‌ها و مزارع مانند نتایج آزمایش‌هایی که در شرایط آزمایشگاه انجام می‌شود، قابل پیش‌بینی نبوده که لازم است آزمایش‌های تکمیلی در داخل گلخانه‌ها و مزارع انجام شود.

-کاربرد Bt همراه با (یا پس از) رهاسازی پارازیتوئیدهای تخم با هدف کاهش لاروهای آفت پیشنهاد می‌شود.

در برنامه‌های مهار زیستی آفت، کاربرد یک عامل تاثیر قاطعی در کاهش جمعیت آفت ندارد، لذا از دو یا چند عامل برای مهار جمعیت آفت استفاده کرد. پژوهش‌ها و فعالیت‌ها در زمینه کاربرد دو یا چند عامل مهار زیستی برای مدیریت جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی در خارج و داخل کشور انجام شده و به اثبات رسیده است و پژوهش‌های تکمیلی در برخی زمینه‌ها همچنان مورد نیاز است:

-تکثیر انبوه، رهاسازی و ذخیره‌سازی گونه‌های مهم شکارگرها و بررسی کارایی پارازیتوییدهای بومی و غیربومی در مهار جمعیت

-بررسی کارایی توام عامل شکارگر با پارازیتویید یا بیمارگر در برنامه‌های مهار جمعیت مینوز گوجه‌فرنگی

بنابراین، کاهش یا حذف استفاده از آفت‌کش‌های شیمیایی قبل و بعد از برداشت، با توسعه راهبردهای جایگزین، همچنان یک اولویت پژوهشی است. با وجود این، چنانچه جمعیت آفت از آستانه زیان بالاتر رود ضروری است تا با کاربرد آفت‌کش‌های گیاه پایه و کم‌خطر و استفاده از آن‌ها در زمان و مکان مناسب با در نظر گرفتن زیست شناسی آفت و دشمن طبیعی استفاده شود. لذا لازم است فقط از آفت‌کش‌های توصیه شده توسط سازمان حفظ نباتات کشور استفاده کرد (Shayan & Karimi, 2016). البته به منظور حفاظت از مهارگرهای زیستی و حشرات گرده افشان در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی و برای جلوگیری از بروز مقاومت در جمعیت مینوز، لازم است تعداد دفعات مصرف حشره‌کش‌ها در هر فصل محدود و از آفت‌کش‌های با نحوه تاثیر متفاوت که مورد توصیه کارشناسان سازمان حفظ نباتات است استفاده شود.

نوشتار مروری حاضر، تحلیلی بر کاربرد عوامل پارازیتوئید، شکارگر و میکروبی به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای آفت‌کش‌های شیمیایی ارایه شده است. با توجه به موفقیت چشمگیر عوامل یاد شده در مهار مینوز گوجه‌فرنگی، انتظار می‌رود که استفاده از عوامل مذکور در سال‌های آینده در ایران توسعه یابد و به عنوان بخشی از یک راهبرد منسجم برای مدیریت آفت و آفات مشابه، در نظر گرفته شود.

سپاسگزاری

بخشی از مقاله حاضر، حاصل پژوهش‌هایی است که در قالب پروژه‌های پژوهشی، رساله و پایان‌نامه‌های دانشجویی با حمایت مالی موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور و با امکانات موسسه در بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک اجرا شده است، لذا نویسندگان مقاله از مدیریت محترم موسسه و بخش تحقیقات کنترل بیولوژیک تقدیر و تشکر می کنند.

References

Abbes, K. & Chermiti, B. 2011. Comparison of two Marks of Sex Pheromone Dispensers Commercialized in Tunisia for their Efficiency to Monitor and to Control by Mass–Trapping *Tuta absoluta* under Greenhouses. Tunisian Journal of Plant Protection, 6(2): 133–148.

Abdoli, S. 2016. The combined use of *Trichogramma brassicae* and *Bacillus thuringiensis* in control of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick). MSc Thesis. University of Tehran, College of Abouraihan, 96 pp.

Abootorabi, E. 2014. Report of native isolate pathogenicity of *Steinernema feltiae* on tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. Biocontrol in Plant Protection, 1: 107–109.

Abootorabi, E. & Farrokhi, S. 2019. Efficacy of a native isolate of *Steinernema feltiae* on tomato leaf miner (*Tuta absoluta*) under laboratory and greenhouse conditions. Biocontrol in Plant Protection, 6(2): 31–41.

Ahmadi, K., Ebadzadeh, H.R., Hatami, F., Mohammadnia Afrozi, sh., Taghani, A. & Yari, Sh. Agricultural statistics for the year 2019-2020. Ministry of Jihad Agriculture, Planning and Economic Deputy, Information and Communication Technology Center.

Ahmadipour, R. 2016. Evaluation of *Trichogramma* egg parasitoids to control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Meyrick) in Iran. University of Lorestan, 133p.

Ahmadipour, R., Shakarami, J., Farrokhi, S. & Jafari, S. 2016. Evaluation of *Trichogramma brassicae* native populations as egg parasitoids of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) in the laboratory conditios. Journal ofBioCin Plant Protection, 3(2): 109–122.

Amizadeh, M., Hejazi, M.J., Niknam, G.R. & Arzanlou, M. 2015. Compatibility and interaction between *Bacillus thuringiensis* and certain insecticides: perspective in management of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae), Biocontrol Science and Technology, 25(6): 671–684.

Anonymous, 2011. New pest response guidline: Tomato leaf miner (*Tuta absoluta*). Washinton, Dc: United State Department of Agriculture, 176 P.

Arno, J. & Gabarra, R. 2011.Side effects of selected insecticides on the *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) predators *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis* (Hem.: Miridae). Journal of Pest Science, 84(4): 513–520.

Arno, J., Molina, P., Aparicio, Y., Denis, C., Gabarra, R. & Riudavets, J. 2021. Natural enemies associated with *Tuta absoluta* and functional biodiversity in vegetable crops. BioControl, 66: 613–623.

Asgari, Sh. 2018. Investigating the natural enemies of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in Tehran province and determining the effectiveness of the dominant species of the predator in controlling the pest. The final report of Tehran Agriculture and Natural Resources Research and Training Center.

Attaran, M.R. & Dadpour Moghanloo, H. 2011. An Analytical Review of Present Status and Future Prospective in Utilization of *Trichogramma* Wasps for Biological Control of Agricultural Pests in Iran. National conference on the development of biological control in Iran, August 1–6, Tehran, 94–112.

Attwa, W.A., Omar, N.A., Ebadah, I.M.A., Wahab, A.E., Moawad, T.E., Hanaa, S.M. & Sadek, E. 2015. Life table parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) and potato tuber moth *Phthorimaea operculella* Zeller (Lep.: Gelechiidae) on tomato plants in Egypt. Agricultural Science Research, 5: 1–5.

Avand–Faghih, A. 2014. Evaluation of mating disruption for controlling the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae), by Isonet T in Iran. Final Report of Project. Iranian Research Institute of Plant Protection, 23p.

Bagheri, M.R., Hassanpour, M., Golizadeh, A., Farrokhi, S. & Samih, M.A. 2016. Age–stage two–sex life table and predation capacity of *Nesidiocoris tenuis* feeding on *Trialeurodes vaporariorum* on three important greenhouse crops. Journal of BioControl in Plant Protection, 3(2): 77–96.

Balzan, M. & Moonen, A. 2012. Management strategies for the control of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) damage in open field cultivations of processing tomato in Tuscany (Italy). EPPO Bulletin, 42: 217–225.

Baniameri, V. & Cheraghian, A. 2011. "The first report and control strategies of *Tuta absoluta* in Iran". Eppo Bulletin, 42(2): 322–324.

Baniameri, V. & Farrokhi, S. 2011. Implementation of biological control program in greenhouse crops in Iran. Proceedings of the biological control development congress in Iran. Tehran, Iran, 27–28 July 2011. Iranian Research Institute of Plant Protection, 325–346.

Barrientos, Z.R., Apablaza, H.J., Norero, S.A. & Estay, P.P. 1998. Temperatura base y constante térmica de desarrollo de la polilla del tomate, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae). Ciencia e Investigación Agraria, 25: 133–137.

Batalla–Carrera, L., Morton, A. & Garcia– delpino, F. 2010. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer *Tuta absoluta* in laboratory and greenhouse conditions. Biol Control, 55: 523–530.

Ben Husin, T.O. & Port, G.R. 2021. Efficacy of entomopathogenic nematodes against *Tuta absoluta*. Biological Control, 160. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104699.

Berbert–Molina, M.A., Prata, A.M.R., Pessanha, L.G. & Silveira, M.M. 2008. Kinetics of *Bacillus thuringiensis* var. israelensis growth on high glucose concentrations. Journal of industrial microbiology and biotechnology, 35(11): 1397–1404.

Berlinger, M.J., Jarvis, W.R. Jewett, T.J.Y. & Lebiush–Mordechi, S. 1999. Managing the greenhouse, crop and crop Environment.Integrated pest and disease management in greenhouse crops. Kluver Academic Publishers. Dordrecht, 97–123.

Biondi, A., Geedes, R.N.C., Wan, F.H. & Desneux, N. 2018. Ecology, worldwide spread and management of the invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*: Past, Present and Future. Annual Review of Entomology, 63: 239–258.

Bloem, S. & Esther, S. 2011. New pest response guidelines tomato leafminer (*Tuta absoluta*). United States Department of Agriculture, 84: 403–408.

Bolkmans, K. 2009. Integrated pest management of the exotic invasive pest *Tuta absoluta*. 4th Annual Biocontrol Industry Meeting International Biocontrol Manufacturers Association, Lucerne, Switzerland. First edition issued.

Braham, M. & Hajji, L. 2012. Management of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) with insecticides on tomatoes. Insecticides–Pest Engineering, 333–354.

Brito, F., Baldin, L., Silva, M., Ribeiro, P. & Vendramim, D. 2015. Bioactivity of piper extracts on *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) in tomato. Pesquisa Agropecuaria Brasileira, 50: 196–202.

Bueno, V.H.P. & van Lenteren, J.C. 2000. The popularity of augmentative of biological control in latin America: History and state of affairs. 1st International Symposium on Biological Control of Arthropods, 180–184.

Bueno, V.H.P., Montes., F.C., Pereira., A.M.C., Jr. Lins, J.C. & van Lenteren, J.C. 2012. Can recently found Brazilian hemipteran predatory bugs control *Tuta absoluta.* Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate, IOBC–WPRS Bulletin, 80: 63–67.

Cabcllo, T., GalJego, J.R., Vila, E., Solcrl, A.M., del Pino, M., C'amcroj, A., Hcmandez–Suarez, E. & Polaseck. A. 2009. Biological control of the South American Tomato Pinworm, Tuta absoluta (Lep.: Gelechiidae), with releases of *Trichogramma achaeae* (Hym.: Trichogrammatidae) in tomato greenhouses of Spain. Integrated control in protected crops. Mediterraneum climate IOBC/wprs Bulletin, 19: 225–230.

Cabello, T., Gallego, J.R., Fernandez, F.J., Gamez, M., Vila, E., Pino, M.D. & Hernandez Suarez, E. 2012a. "Biological control strategies for the South American tomato moth (Lep.: Gelechiidae) in greenhouse tomatoes". Journal of Economic Entomology, 105(6): 2085–2096.

Cabello, T., Gamez, M., Varga, Z., Garay, J., Carreno, R., Gallego, J.R., Fernandez, F.J. & Vila, E. 2012b. Selection of *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) for the biological control of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) in greenhouses by an entomo–ecological simulation model. Integrated Control in Protected Crops, Mediterranean Climate. IOBC–WPRS Bull., 80: 171–176.

Calvo, F.J., Lorente, M., Stansly, P. & Belda, J. 2012. Preplant release of Nesidiocoris tenuis and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. Entomologia. Experimentalis et Applicata, 143: 111–119.

Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P. & Urbaneja, A. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* BioControl, 54: 237–246.

Campos, R.G. 1976. Control quı´mico del ‘minador de hojas y tallos de la papa’’ (*Scrobipalpula absoluta* Meyrick) en el valle del Cañete. Revista Peruana de Entomologia, 19: 102–106.

Caparros Megido, R., Haubruge, E. & Verheggen, F.J. 2013. Pheromone–based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae). A review. Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, 17(3): 475–482.

Castane, C. & Zapata, R. 2005. Rearing the predatory bug *Macrolophus caliginosus* on a meat–based diet. Biological Control, 34: 66–72.

Castane, C., Arno, J., Gabarra, R. & Alomar, O. 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators, Biological Control, 59(1): 22–29.

Cekin, D. & Yasar, B. 2015. The life table *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) Of different tomato varieties, Tarim Bilimler Dergisi. Journal of Agriculture Sciences, 21(2): 199–206.

Chailleux, A., Bearez, P., Pizzol, J., Amiens–Desneux, E., Rammirez–Romero, R. & Desneux, N. 2013a. Potential for combined usd of parasitoids and generalist predators for biological control of the key invasive tomato pest *Tuta absoluta*. Journal of Pest Science, 86(3): 533–541.

Chailleux, A., Biondi., A., Han., P., Tabone, E. & Desneux, N. 2013b. Suitability of the Pest–Plant System *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae)–Tomato for *Trichogramma* (Hym.: Trichogrammatidae) Parasitoids and Insights for Biological Control. Journal of Economic Entomology, 106(6): 2310–2321.

Chailleux, A., Desneux, N., Seguret, J., Do Thi Khanh, H. & Maignet, P. 2012. Assessing european egg parasitoids as a mean of controlling the invasive South American tomato pinworm *Tuta absoluta*. Plos One, 7(10): e48068.

Cherif, A. & Verheggen, F. 2019. Areview of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae) host plants and their impact on management strategies. Biotechnol. Agron. Soc. Environ, 23(4): 270–278.

Chhetri, L.B. 2018. Tomato Leafminer (*Tuta absoluta)* an emerging agricultural pest: Control and management strategies: A Review. World Scientific News Jouranal. 114: 30–43.

Cocco, A., Deliperi, S. & Delrio, G. 2013. Control of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) in greenhouse tomato crops using the mating disruption technique. Journal of Applied Entomology, 137(1–2): 16–28.

Cônsoli, F.L., Parra J.R.P. & Hassan, S.A. 1998. Side–effects of insecticides used in tomato fields on the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum* Riley (Hym., Trichogrammatidae), a natural enemy of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae). Journal of Applied Entomology, 122: 43–47.

Cuthbertson, A.G.S., Blackburn., L.F. Northing., P., Mathers, J.J., Luo, W. & Walters, K.F.A. 2013. Population Development of *Tuta absoluta* (Meyrick)(Lep.: Gelechiidae) under Simulated UK Glasshouse Conditions. Insects, 4(2): 185–197.

Damme, V.M., KEG Beck, B., Berckmoes, E., Moerkens, R., Wittemans, L., De Vis, R., Nuyttens, D., Casteels, H.F., Maes, M., Tirry, L. & De Clercq, P. 2015. Efficacy of entomopathogenic nematodes against larvae of Tuta absoluta in the Laboratory. Pest manag Society of Chemical Industry (SCI). 8 P.

De Oliveira, C.M., De Andrade Júnior, V.C., Maluf, W.R., Neiva, I.P. & Maciel, G.M. 2012. Resistance of tomato strains to the moth *Tuta absoluta* imparted by allelochemicals and trichome density. Ciência e Agrotecnologia, 36: 45–52.

Desneux, N., Luna, M.G., Guillemaud, T. & Urbaneja, A. 2011. The invasive South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*, continues to spread in Afro–Eurasia and beyond: the new threat to tomato world production. Jounal of Pest Science, 84: 403–408.

Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia S., NarvaezVasquez, C.A., Gonzalez–Cabrera, J., Catalan Ruescas, D., Tabone, E., Frandon, J., Pizzol, J., Poncet, C., Cabello, T. & Urbaneja, A. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. Journal of Pest Science, 83(3): 197–215.

Dowds, B.C.A & Peters, A. 2002. Virulence mechanisms. Pp. 79–98 In*:* R. Gaugler, ed. Entomopathogenic nematology. New York, NY: CABI.

Durmusoglu, E., Hatipoglu, A. & Balci, H. 2011. Efficiency of some plant extracts against *Tuta absoluta* (Meyrick,) (Lep.: Gelechiidae) under laboratory conditions. Turk. Entomol. Dergisi – Turkish J. Entomol. 651–663 .

Eivazian Kary, N., Niknam, G., Griffin, C.T & Mohammadi, S.A. 2009. A survey of entomopathogenic nematodes of the families Steinernematidae and Heterorhabditidae (Nematoda: Rhabditida) in the north–west of Iran. Nematology, 11(1): 107–116.

EPPO. 2005. Pest "*Tuta absoluta"* EPPO Bulletin, 35: 434–435.

EPPO. 2009. EPPO Reporting service–Pest & Diseases. No 8, Paris, 2009–08–01.

Farrokhi, S., Zerehgar, Kh., Heidari, H. & Marzban, R. 2011. *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae): A serious threat to tomato farming in Iran. EPPO/IOBC/FAO/NEPPO Joint international symposium on management of *Tuta absoluta* (tomato borer). Morocco. Agadir: p78.

Fera, 2009. Managing *Tuta absoluta* infestations at packing sites in the UK: Best practice guidelines to mitigate the risk of spread of this pest in the UK. Food and Environment Research Agency, Department for Environment Food and Rural Affairs.

Fernandes, S. & Montange, A. 1990. Preferencia de Oviposicion de las hembrasy drura cion, cre cimientoy sobrevivencia de las larvas de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) en diferentes Solanaceae. Entomology Venezuela, 5(13): 100–106.

Filho, M.M., Vilela., E.F., Attygalle, A.B., Meinwald, J. Svatos, A. & Jham, G.N. 2000. Field trapping of tomato moth, *Tuta absoluta* with pheromone traps. Journal of Chemical Ecology, 26: 875–881.

Fredon–Corse, 2009. Mesures de lutte contre *Tuta absoluta*. Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles de Corse. http:// www. fredoncorse. com/standalone/ 1/ CE5Bk98q 7hNOOAd4qo4s D67a.pdf

Garcia–del–Pino, F., Alabern, X. & Morton, A. 2013. Efficacy of soil treatments of entomopathogenic nematodes against the larvae, pupa and adults of *Tuta absoluta* and their intraction with the insecticides used against this insect. Bio Control, 58: 723–731.

Garcia, M.F. & Espul, J.C. 1982. Bioecología de la polilla del tomate (*Scrobipalpula absoluta*) en Mendoza, República Argentina. Rev. Invest. Agropecuarias INTA (Argentina). 18: 135–146.

Gervassio, N.G.S., Aquino, D., Vallina. C., Biondi, A. & Luna, M.G. 2019. A re–examination of *Tuta absoluta* parasitoids in South America for optimized biological control. Journal of Pest Science, 92: 1343–1357.

Gharekhani, G.H. & Salek–Ebrahimi, H. 2014. Life table parameters of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) on different varieties of tomato. Journal of Economic Entomology, 107(5): 1765–1770.

Ghasemzadeh, M. & Gharekhani, Gh. 2018. Feasibilty of Rearing of Predatory Bug *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Hem.: Miridae) Using Urmia Lake *Artemia* (*Artemia urmiana* Gunther) under Laboratory Conditions, 7(4): 1–17.

Giustolin, T.A., Vendramim, J.D., Alves, S.B. & Vieira, S.A. 2001a. Susceptibility of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) reared on two species of Lycopersicon to *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*. Journal of Applied Entomology, 125: 551–556.

Giustolin, T.A., Vendramim, J.D., Alves, S.B. & Vieira, S.A. 2001b. Patogenicidade de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Sobre *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) Criada em Dois Genótipos de Tomateir.

Gonzalez–Cabrera, J., Molla., O., Monto´n, H. & Urbaneja, A. 2011. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) in controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). BioControl, 56(1): 71–80.

Gould, F., Anderson, A., Alan Reynolds, A., Bumgarner, L. & Moar, W. 1995. Selection and genetic Analysis of a *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) Strain with High Levels of Resistance to *Bacillus thuringiensis* Toxins. Journal of Economic Entomology, 88(6): 1554–1559.

Hafesi, A., Abbes, K., Chermiti, B. & Nasraoui, B. 2012. Response of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) to thirteen insecticides in semi–natural conditions in Tunisia, EPPO Bulletin, 42: 312–316.

Hanafi, A., Achouri, M. & Baudoin, W.O. 1997. Production & Protection Intégrées (PPI), Proceeding Symposium International, Agadir, Marocco.

Hashemitassujii, A., Safaralizadeh, M.H., Aramideh, S. & Hashemitassuji, Z. 2015. Effect of *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki and Spinosad on three larval stages 1st, 2nd and 3rd of tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) in laboratory conditions, Archives of Phytopathology and Plant Protection, 48(5): 377–384.

Hatem, A.E. & Reda, A.M.A. 2012. Biological and eradication parameters of the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Affected by two bio pesticides. Bulletin de sanidad vegetal. Plagas, 38(2): 321–333.

Heierson, A., Sidén, I., Kivaisi, A. & Boman, H.G. 1986. Bacteriophage–resistant mutants of *Bacillus thuringiensis* with decreased virulence in pupae of Hyalophora cecropia. Journal of bacteriology, 167(1): 18–24.

Howse, P., Stevens, I. & Jones, O. 1998. Insect pheromones and their use in pest management. Chapman and Hall. 344.

Hunt, D.J. 2007. Entomopathogenic Nematodes: Systematics, Phylogeny a Bacterial Symbionts, Nematology Monographs and Perspectives. Koninklijke Brill NV, Leiden, 1–26.

Ingegno, B.L., Pansa, M.G. & Tavella, L. 2011. Plant preference in the zoophytophagous generalist predator *Macrolophus pygmaeus* (Het.: Miridae). Biological control, 58(3): 174–181.

Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology, 45–66.

Jamshidnia, A., Abdoli, S., Farrokhi, S. & Sadeghi, R. 2018. Efficiency of spinosad, *Bacillus thuringiensis* and *Trichogramma brassicae* against the tomato leafminer in greenhouse. BioControl, 63(5): 9p.

Kajita, H. 1978. The feeding behavior of *Cyrtopeltis tenuis* Reuter on the greenhouse whitefly, *Trialeurodes.*

Kamali, S., Karimi, J., Hosseini, M., Campos–Herrera, R. & Duncan, L.W. 2013. Biocontrol potential of the entomopathogenic nematodes *Heterorhabditis bacteriophora* and *Steinernema carpocapsa* on cucurbit fly, Dacus ciliates (Diptera: Tephritidae). Biocontrol Science and Technology, 23(11): 1307–1323.

Kerzhner, I.M. & Josifov, M. 1999. Cimicomorpha. pp 577 In: Aukema B and Rieger C (eds.), II: Miridae. Catalogue of the Heteroptera of the Palaearctic Region. The Netherlands: Wageningen.

Khoshabi, J., Sabahi, Q., Sharifian, I. 2016. Lethal and sublethal effects of abamectin, acetamiprid and indoxacarb on predatory bug, *Nesidiocoris tenuis* feeding on tomato leafminer, *Tuta absoluta*, 47(1): 71–81.

Knutson, A. 1998: The Trichograma manual. Agricultural Communications, Texas Agricultural Extension Service. A&M University System College Station, TX, U.S.A. pp: 37

Koppenhofer, A.M. & Grewal, P.S. 2005. Nematodes as biocontrol agents. 505 p.

Kortam, M.N., El Arnaouty, S.A. Afifi, A.L. & Heikal, I.H. 2014. Efficacy of different biological methods for controlling the tomato leaf miner, *tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) on tomato in greenhouse in Egypt. Egyptian Journal of Biological Pest Control, 24(2): 523–528.

Korycinska, A. & Moran, H. 2009. South American tomato moth (*Tuta absoluta*): plant pest factsheet. Sand Hutton, York, UK: FERA.

Kumar, G.A., Jalali., S.K., Venkatesan, T., Stouthamer, R., Niranjana, P. & Lalitha, Y. 2009. Internal transcribed spacer–2 restriction fragment length polymorphism (ITS–2–RFLP) tool to differentiate some exotic and indigenous trichogrammatid egg parasitoids in India. Biological. Control, 49: 207–213.

Lange, W.H. & Bronson. L. 1981**.** Insect pests of tomatoes. Annual review of entomology, 26: 345–371.

Lenteren, J.C. 2007. Biological control for insect pests in greenhouses: an unexpected success. In: Vincent, C., Goettel, M.S. and Lazarovits, G. (eds.), Biological Control, A global perspective. CABI, 105–117.

Lenteren, J.C., 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. Biological Contro, l57(1): 1–20.

Lenteren, J.C., Bueno, V.H.P., Santos–Silva, M., Montes, F.C. & Fatouros, N.E. 2023. The mirid predator *Macrolophus basicornis* smells and avoids eggs of *Tuta absoluta* parasitized by *Trichogramma pretiosum*. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs–2449997/v1.

Li, L.L. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops., In: Biological Control with Egg Parasitoids, eds. Wajnberg, E. & Hassan, S.A., Wallingford: CAB International, UK, 37–53.

Li, L.Y. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. In Wajnberg, E. and Hassan, S.A. (eds.), Biological Control with Egg Parasitoids. CAB International, Wallingford, United Kingdom, 37–54

Lietti, M.M.M., Botto, E. & Alzogaray, R.A. 2005. Insecticide resistance in Argentine populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Neotropical Entomology, 34(1): 113–119.

Linnavuori, R. 2007. Studies on the Miridae (Heteroptera) of Gilan and the adjacent provinces in northern Iran. II. List of species. Acta Entomologica Musei Natinalis Pragae, 47: 17–56.

Luna, M., Sánchez, N.E., Pereyra, P.C., Nieves, E., Savino, V., Luft., E., Virla, E. & Speranza, S. 2012. Biological control of *Tuta absoluta* in Argentina and Italy: Evaluation of indigenous insects as natural enemies. Eppo Bulletin, 42(2): 260–267.

Madboni, M.A.Z., Samih, M.A., Namvar, P. & Biondi, A.2017. Temperature–dependent functional response of *Nesidiocoris tenuis* (Hem.: Miridae) to different densities of pupae of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* (Hem.: Aleyrodidae), European Journal Entomology, 114: 325–331.

Mahmoud, Y.A., Ebadah, I.M.A. Abd–Elrazik, A.S. Abd–Elwahab T.E. & Deif, S.H. 2014. Efficiency of Different Colored Traps Baited with Pheromone in Capturing Tomato Adult Moth, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) during Summer Plantation. World Applied Sciences Journal, 30(4): 406–412.

Malkeshi, S.H. 2018. Study on biological and predatoty characteristics of *Nesidiocoris tenuis* (Hem. Miridae) and its interaction with *Bacillus thuringiensis* in controlling of tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep. Gelechiidae). PhD Thesis. University of Tehran, 170 pp.

Malkeshi, S.H., Mohaghegh, J., Talaei Hassanlouii, 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 disease, 7(2): 17–30.

Malkeshi, S.H, Mohaghegh, J., Talaei Hassanlouii, R. & Allahyari, H. 2019. A comparative study on life history parameters of predatory bug, *Nesidiocoris tenuis* feeding on *Ephestia kuheniella* and *Tuta absoluta* eggs. Proceedings of the 23rd Iranian Plant Protection Congress, 27–30 Aug., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, P. 977.

Malkeshi, S.H., Talaei Hassanlouii, R., Mohaghegh, J. & Allahyari, H. 2017a. Predation rate and prey preference of *Nesidiocoris tenuis* on *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs in laboratory. Biocontrol in Plant Protection, 5(1): 31–43.

Malkeshi, S.H., Talaei Hassanloui1, R., Mohaghegh, J. & Allahyari, H. 2017b. Prey preference of *Nesidiocoris tenuis* on *Ephestia kuehniella* and *Tuta absoluta* eggs under laboratory conditions. 2nd Iranian International Congress of Entomology, September 2–4. P. 213.

Malkeshi, S.H., Talaei Hassanlouii, R., Mohaghegh, J. & Allahyari, H. 2019. Efficiency of *Nesidiocoris tenuis* and *Bacillus thuringiensis* in control of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* under laboratory and greenhouse conditionse. Procceding of 3 rd Iranian international congress of Entomology 17–19 Agust Tabriz Iran.

Mansour, R. & Biondi, A. 2020. Releasing natural enemies and applying microbial and botanical pesticides for managing *Tuta absoluta* in the MENA region. Phytoparasitica, https://doi.org/10.1007/s.12600–020–00849–w.

Marta Rodriguez, S., Marcos Gerding, P. & Andrés France, I. 2005. Entomopathogenic fungi isolates selection for egg control of tomato moth, *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: gelechiidae) eggs. Agricultura Tecnica (Chile), 66(2): 151–158.

Megido, R.C., Haubruge, E. & Verheggen, F.J. 2013. Pheromone–based management strategies to control the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae). A review, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 17(3), 475–482.

Miranda, M.M.M., Picanco, M., Zanuncio, K.C., Guedes, R.N.C., 1998. Ecological life table of *Tuta absolata* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). Biol Cont Sci Technol, 8: 597–606.

Miranda, M.M.M., Picanço, M.C., Zanuncio, J.C., Bacci, L. & da Silva, É.M. 2005. Impact of integrated pest management on the population of leaf miners, fruit borers, and natural enemies in tomato. Ciência Rural, 35(1): 204–208.

Moeini–Naghade, A., Sheikhigarjan, A., Moeini–Naghade, N. & Zamani, A. 2020. Effect of different insecticides on egg, larva and adult of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). J. Crop Protection, 9(3): 439–446.

Moerkens, R., Berckmoes, E., van Damme, V., Wittemans, L., Tirry, L, Casteels, H., De Clercq, P. & De Vis, R. 2017. Inoculative release strategies of *Macrolophus pygmaeus* Rambur (Het: Miridae) in tomato crops: population dynamics and dispersal. Plant Diseases and Protection, 124(3): 295–303.

Molla, O., Biondi, A., Alonso–Valiente, M. & Urbanega, A. 2014. A comparative life history study of two mirid bugs preying on *Tuta absoluta* and *Ephestia kuehniella* eggs on tomato crops, implications for biological control, BioControl, 59(2): 175–183.

Mollá, O., González–Cabrera, J. & Urbaneja, A. 2011. The combined use of *Bacillus thuringiensis* and *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta*. BioControl, 56: 883–891.

Mollá, O., Monton, H., Vanaclocha, P., Beitia, F. & Urbaneja, A. 2009. Predation by the mirids *Nesidiocoris tenuis* and *Macrolophus pygmaeus* on the tomato borer *Tuta absoluta*. Proceedings of the IOBC/WPRS working group" Integrated control in protected crops", Crete, Greece, 6–11 September 2009. International organization for biological and integrated control of noxious animals and plants (IOBC/OILB), west palaearctic regional section, 209–214.

Monserrat, A. 2009. La polilla del tomate *Tuta absoluta* en la Region de Murcia: bases para su control. Serie Tecnica y de Estudios No. 43. Conserjeria de Agriculture y Agua.

Moreno Shaiene, C., Carvalho Geraldo, A., Picanço Marcelo, C., Morais Elisangela, G.F. & Pereira, R.M. 2012. Bioactivity of compounds from *Acmella oleracea* against *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) and selectivity to two non target species. Pest Management Science, 68 :386–393

Mpires, L., Marques., E.J., Oliveira, J.V.DE. & Alves, S.B. 2010. Seleção de Isolados de Fungos Entomopatogênicos para o Controle de *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) e sua Compatibilidade com Alguns Inseticidas Usados na Cultura do Tomateiro. Neotropical Entomology, 39(6): 977–984.

Namvar, P. & Malkeshi, S.H. 2020. Access to the technical knowledge of mass production of *Nesidiocoris tenuis* Reuter and study on its efficiency to control of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* Meyrick in tomato greenhouses. Final Report of Project. Iranian Research Inistitute of Plant Protection, 42 P.

Nikdel, M., Niknam, G., Griffin, C.T & Eivazian Kary, N. 2010. Diversity of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Steinernematidae, Heterorhabditidae) from Arasbaran forests and rangelands in north–west Iran. Nematology, 12: 767– 773.

Oliveira, A., da Silva, H., Leite, D., Jham, G., Picanço, M. 2009. Resistance of 57 greenhouse–grown accessions of *Lycopersicon esculentum* and three cultivars to *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Scientia Horticulturae, 119: 182–18.

Öztemiz, S. 2013. "Population of *Tuta absoluta* and natural enemies after releasing on tomato grown greenhouse in Turkey". African journal of biotechnology, 12(15): 1882–1887.

Perdikis, D.A. Fantinou, N., Garantonakis, K.P. Pavlos, D., Maselou & Panagakis, S. 2009. Studies on the damage potential of the predator *Nesidiocoris tenuis* on tomato plants, Bulletin of Insectology, 62: 41–46.

Pereyra, P.C. & Sánchez, N.E. 2006. Effect of two solanaceous plants on developmental and population parameters of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Neotropical Entomology, 35: 671–676.

Petras, S.F. & Casida, L.E. 1985. Survival of *Bacillus thuringiensis* spores in soil. Applied and Environmental Microbiology, 50(6): 1496–1501.

Pires, L.M., Marques., E.J., Teixeira., V.W., Teixeira., A.C., Alves, L.C. & Alves, E.S.B. 2009. Ultrastructure of *Tuta absoluta* parasitized eggs and the reproductive potential of females after parasitism by *Metarhizium anisopliae*. Micron, 40(2): 255–261.

Portakaldali, M., Öztemiz, S. & Kütük, H. 2013. A new host plant for *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) in Turkey. Journal of the Entomological Research Society, 15(3): 21–24.

Prasad, Y. & Prabhakar, M. 2012. Pest monitoring and forecasting. In: Shankar U. & Abrol D.P., eds. Integrated pest management: principles and practice. Oxfordshire, UK: Cabi, 41–57.

Prieto, J.D., Trotta, V., Fanti, P., Castane, C. & Battagila, D. 2016.Predation by *Macrolophus pygmaeus* (Het.: Miridae) on Acyrthosiphon pisum (Hem: Aphididae): Influence of prey age/size and predator's intraspecifi c interactions. European Journal of Entomology, 113: 37–43.

Quiroz, CE. 1978. Utilizacion de trampas con hembras virgenes de *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) en estudios de dinamica de poblacion. Agric. Tec. (Chile), 38: 94–97.

Reyes, M., Rocha, K., Alarcón, L., Siegwart, M. & Sauphanor, B. 2012. Metabolic mechanisms involved in the resistance of field populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) to spinosad. Pesticide Biochemistry and Physiology, 102(1): 45–50.

Riquelme, M.B., Botto, E.N. & Lafalce, C. 2006. Evaluacion de algunos insecticidas para el control de la "polilla del tomate', *Tuta absoluta* (Lep.; Gelechiidae) y su efecto residual sobre el]arasitoide Trichogrammatidae bactrae (Hym.: Trichogrammatidae). Revista de la sociedad Entomol A^{3}gica Argentina, 65(3–4): 57–65.

Riudavetes, J. & Castane, C. 1998. Identification and evaluation of native predators of Frankliniella occidentalis (Thy.: Thripidae) in the Mediterranean. Environmental Entomology, 27: 86–93.

Robredo Junco, F. & Cardeoso Herrero, J. M. 2008. Strategies for control of the tomato moth, *Tuta absoluta*, Meyrick. Agricultura, Revista Agropecuaria, 77: 70–74.

Rostami, E., Madadi, H., Abbasipour, H., Allahyari, H. & Cuthbertson, A.G.S. 2017. Life table parameters of the tomato leaf miner *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) on different tomato cultivars. Journal of Appide Entomology, 141: 88–96.

Salama, H., Fouda, M., Ismail, I. A., Ebada, I. & Shehata, I. 2014. Life table parameters and fluctuations in the population density of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Current Science International, 3(3): 252–259.

Sanchez, J.A. & Lacaza, A. 2008. Impact of the zoophytophagous plant bug *Nesidiocoris tenuis* (Het.: Miridae) on tomato yield, Journal Economic Entomological, 101:1864–1870.

Sánchez, N.E., Pereyra, P.C. & Luna, M.G. 2009. Spatial patterns of parasitism of the solitary parasitoid *Pseudapanteles dignus* (Hym.: Braconidae) on *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae). Environmental Entomology, 38(2): 365–374.

Sanchez, J.A., Spina, M.L. & Perera, O.P. 2012. Analysis of the population stracture of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hem.: Miridae) in the palaertic region using microsatellite markers. Ecology and Evolution, 2(12): 3145–3159.

Sharifian, E. 2015. Effects of insecticides, abamectin, imidacloprid and chlorpyriphos on demographic and physiologic changes of predatory bug *Macrolophus pygmaeus* (Wagner) the predator of leaf miner moth. A thesis PhD. College of Agriculture and Natural Resources University of Tehran, P: 154.

Sharifian, I., Q. Sabahi & Khoshabi, J. 2016. Functional response of *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) and *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) feeding on two different prey species, Archives of Phytopathology and Plant Protection, 48: 910–920.

Sharma, M.P., Sharma, A.N. & Hussaini, S.S. 2011. Entomopathogenic nematodes, a potential microbial biopesticide: mass production and commercialisation status – a mini review. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 44(9): 855– 870.

Shayan, A. & Karimi, K. 2016. Implementation guidelines for tomato leaf miner, *Tuta absoluta*. Plant Protection Organization, 6 p.

Shiberu, T. & Getu, E. 2017. Evaluation of Colored Sticky Traps for the Monitoring of *Tuta absoluta* Meyrick (Lep.: Gelechiidae) in Tomato under Glasshouse in Ethiopia. Agricultural Research & Technology, 9(3): 71–73

Silva, G.A., Picanço, M.C., Bacci, L., Crespo, A.L., Rosado, J.F. & Guedes, R.N. 2011. Control failure likelihood and spatial dependence of insecticide resistance in the tomato pinworm, *Tuta absoluta*. Pest Management Science, 67(8): 913–920.

Siqueira, H.A., Guedes, R.N. & Picanco, M.C. 2000a. Cartap resistance and synergism in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). Journal of Applied Entomology, 124(5–6): 233–238.

Siqueira, H.A., Guedes, R.N. & Picanco, M.C. 2000b. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). Agricultural and Forest Entomology, 2(2): 147–153.

Siqueira, H.A., Guedes, R.N., Fragoso, D.B. & Magalhaes, L.C. 2001. Abamectin resistance and synergism in Brazilian populations of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). International. Journal of Pest Management, 47(4): 247–251.

Sohrabi, F. & Hosseini, R. 2015. *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (Het: Miridae), a predatory species of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae) in Iran. Journal of Plant Protection Research, 55(3): 322–323.

Sohrabi, F., Lotfalizadeh, H. & Salehipour, H. 2014. Report of larval parasitoid of *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep., Gelechiidae) from Iran. Journal of Plant Protection Research, 54(3): 306–307.

Suckling, D.M. & Brockerhoff, E.G. 2010. Invasion biology, ecology, and management of the light brown apple moth (Tortricidae). Annual review of entomology, 55: 285–306.

Tafreshi, Z., Garjan, E. & Hasanpor, M. 2010. Lethal and non–lethal effects of insecticides abamectin and deltamethrin on potato moth (Lep: Gelechiidae) *Phthorimaea operculella* (Zeller). Thesis MSc, researcher at City University, 136 p.

Tamoli Torfi, E., Seraj, A.A. & Rajabpour, A. 2016. Biological characteristics and population parameters of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) on potato and tobacco plants under laboratory conditions. Plant Protection (Scientific Journal of Agriculture), 38(4): 79–89.

Tanha Maafi, Z., Subbotin, S.A. & Mens, M. 2003. Molecular identification of cyst forming nematodes (Heteroderidae) from Iran and a phylogenybased on ITS–rDNA sequencs. Nematology, 5: 99–111.

Tillman, P.G. & Cate, J.R. 1993. Effect of host size on adult size and sex ratio of Braconmelitor (Hymenoptera: Braconidae). Environmental Entomology, 22(5): 1161–1165.

Tohidi, M.T. 2014. Comparison study on seven chemical and biological insecticides to control of tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Final Report of Project. Center of Agriculture Research and Natural Resources of Kermanshah Province. 17P.

Tome, H.V.V., Martins, J.C., Correa, A.S., Galdino, T.V.S., Picanço, M.C. & Guedes, R.N.C. 2013. Azadirachtin avoidance by larvae and adult females of the tomato leafminer *Tuta absoluta.* Crop Protection, 46: 63–69.

Torres Gregorio, J., Argente., J., Angel Díaz, M. & Yuste, A. 2009. Application of *Beauveria bassiana* in the biological control of *Tuta absoluta*. Aplicación de *Beauveria bassiana* en la lucha biológica contra *Tuta absoluta*. Agricola Vergel: Fruticultura, Horticultura, Floricultura, Citricultura, 28(326): 129–132.

Torres, J.B., Faria., C.A., Evangelista, W.S. & Pratissoli, D. 2001. Within plant distribution of leaf miner *Tuta absoluta* (Meyrick) immatures inprocessing tomatoes, with notes on plant phenology. International Journal of Pest Management, 47(3):173–178.

Tropea Garzia, G. 2009. *Physalis peruviana* L. (Solanaceae), a host plant of *Tuta absoluta* in Italy. IOBC/WPRS Bulletins, 49: 231–232.

Tropea Garzia, G., Siscaro, G., Biondi, A. & Zappalà, L. 2012. *Tuta absoluta*, a South American pest of tomato now in the EPPO region: biology, distribution and damage. EPPO Bulletin, 42(2): 205–210.

Uchôa–Fernandes, M.A., Della Lucia, T.M.C. & Vilela, E.F. 1995. Mating, oviposition and pupation of *Scrobipalpula absoluta* (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Anais da Sociedade Entomologica do Brasil, 24: 159–164.

Urbaneja, A., Monton, H. & Molla, O. 2009. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. Journal of Applied Entomology, 133(4): 292–296.

Urbaneja, A., Tapia, G. & Stansly, P. 2005. Influence of host plant and prey availability on developmental time and surviorship of *Nesidiocoris tenius* (Het.: Miridae). Biocontrol Science and Technology, 15(5): 513–518.

Urbaneja, A.J., Gonzalez–Cabrera, Arno, J. & Gabarra, R. 2012. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin, Pest Manage Science, 68: 1215–1222.

Vargas, H.C. 1970. Observaciones sobre la biología y enemigos naturales de la polilla del tomate, *Gnorimoschema* absoluta (Meyrick) (Lep.: Gelechiidae). Idesia, 1: 75–110.

Vercher, R., Calabuig, A. & Felipe, C. 2010. Ecología, muestreos y umbrales de *Tuta absoluta* (Meyrick). Phytoma España, 217: 23–26.

Youssef, N.A. & Hassan, G.M. 2013. Bio insecticide activity of *Bacillus thuringiensis* isolates on tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) and their molecular identification. African Journal Biotechnology, 12: 3699–3709.

Zappala, L., Biondi, A., Alma, A., Al–Jboory, I.J., Arno, J., Bayram, A., Chailleux, A., El–Arnaouty, A., Gerling, D., Guenaoui, Y., Shaltiel–Harpaz, L., Siscaro, G., Stavrinides, M., Tavella, L., Vercher, Aznar, R., Urbaneja, A. & Desneux, N. 2013. Natural enemies of the South American moth, *Tuta absoluta*, in Europe, North Africa and Middle East, and their potential use in pest control strategies, Journal Pest Science, 86:635– 647.

Integrated pest management of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* in greenhouses and tomato fields

Seyed Hassan Malkeshi[1], Shahram Farrokhi[2], Arezoo Yousefi porshokouh[3]

1., 2., 3. Assistant Professor, Assistant Professor, Ph.D., Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.

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

Received: Dec., 01, 2022 10(1) 1–32 Accepted: Feb., 05, 2023

Abstract

Tomato leaf miner moth, *Tuta absoluta* (Meyrick) is one of the most important and key pests of Solanaceae family. The pest larvae feed on all the aerial organs of the host plant, including leaves, stems and fruits, and if the pest population is not controlled, it can lead to the complete destruction of the crop. According to farmers, the main method of the pest, especially in the early years of its invasion, is the use of chemical pesticides. However, the pesticides residue and their adverse effects on the environment are a serious threat to the health of consumers and ecosystems. Currently, establishing the role and place of replacing chemical products with biological control agents can be effective in reducing these risks. In the meantime, extensive studies over the past few decades have revealed that the method of biological control of pests is considered one of the safe methods for living organisms and the environment as well as effective for controlling pests of greenhouse plants. We review the basic research on the biology of *T. absoluta* in greenhouses conditions and farms and try to propose an integrated pest management program based on agronomic, biochemical, biological and chemical solutions. A discussion is presented on the methods of using biological control agents such as parasitoids, predators, nematodes and microbial and their individual and combined efficiency of natural enemies and Bt bacteria in tomato fields and greenhouses integrated with other environmentally compatible solutions over quality and healthy crop production.

Keywords: *tomato leaf miner, integrated pest management, biological control, non–chemical control*