دانش بیماری‌شناسی گیاهی
سال ۱۳، جلد ۱، پاییز و زمستان ۱۴۰۲
Plant Pathology Science
Vol. 13(1), 2024
(eISSN:2588-6290, pISSN:2251-9270)
Website: http://yujs.yu.ac.ir/pps/

Applied Article

Management methods of whiteflies that transmit plants pathogenic viruses

Arezoo Pakdel✉, Mohammad Khanjani
Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
Received: 2023.10.31 Accepted:2024.02.02

Pakdel, A., & Khanjani, M. (2024). Management methods of whiteflies that transmit plants pathogenic viruses. *Plant Pathology Science, 13(1),*27-41.

Abstract
Most of the plant viruses that have recently spread in tropical, subtropical and temperate regions and have limited the production of important plant products are transmitted by whiteflies. Three important whitefly species *Bemisia tabaci*, *Trialeurodes vaporariorum* and *Trialeurodes abutiloneus* are known as carriers of most plant viruses. Plant viruses transmitted by whiteflies are in the genera: *Begomovirus*, *Crinivirus*, *Ipomovirus*, *Carlavirus*, *Torradovirus* and *Polerovirus*. Management of whiteflies is difficult because of their wide host range, high reproduction rate, large population size, and also their resistance to insecticides, but new methods of chemical, biological control and the production of resistant transgenic plants have been developed to manage them, which are described in this article.
Keywords: Bacteriocyte, *Begomovirus*, *Carlavirus*, *Ipomovirus*, *Torradovirus*

✉ Corresponding author: a.pakdel@basu.ac.ir

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

مقاله کاربردی

روش‌های مدیریت سفیدبالک‌های ناقل ویروس‌های بیمارگر گیاهان

آرزو پاکدل ، محمد خانجانی

گروه گیاه‌پزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان، ایران

دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۰۹ پذیرش: ۱۳/ ۱۴۰۲/۱۱

پاکدل، آ. ، خانجانی، م. (۱۴۰۲). روش‌های مدیریت سفیدبالک‌های ناقل ویروس‌های بیمارگر گیاهان. *دانش بیماری شناسی گیاهی ۱۳ (۱)*، ۴۱-۲۷.

چکیده

اغلب ویروس‌های گیاهان که اخیرا در نواحی گرمسیری، نیمه‌گرمسیری و معتدل شیوع یافته‌اند و تولید محصول‌های مهم گیاهی را محدود کرده‌اند، توسط سفیدبالک‌ها انتقال می‌یابند. سه گونه مهم سفید بالک *Bemisia tabaci*، *Trialeurodes vaporariorum* و *Trialeurodes abutiloneus* به عنوان ناقل بیشتر ویروس‌های‌گیاهی شناخته شده‌اند. ویروس‌های گیاهی که توسط سفید بالک‌ها انتقال می‌یابند در جنس‌های *Begomovirus*، *Crinivirus*، *Ipomovirus*، *Carlavirus*، *Torradovirus* و *Polerovirus* قرار دارند. مبارزه با سفیدبالک‌ها به دلیل اینکه دامنه میزبانی وسیع آنها، نرخ بالای تولید مثلی، اندازه جمعیت بزرگ، و همچنین مقاومت آنها به حشره‌کش‌ها مشکل است، ولی روشهای نوین مبارزه شیمیایی، زیستی و تولید گیاهان تراریخته مقاوم برای مدیریت آنها ابداع شده‌اند، که در این مقاله شرح داده شده‌اند.

واژگان کلیدی: باکتریوسیت، *Begomovirus, Carlavirus, Ipomovirus, Torradovirus*

مقدمه

مهمترین بخش در چرخه آلودگی ویروس‌های گیاهی، توانایی آنها برای انتقال از یک میزبان به میزبان دیگر است. حشرات در میان ناقلین ویروس‌های گیاهی، با توانایی تغذیه از بافتهای آوندی گیاهان عالی نقش بیشتری دارند. سفیدبالک‌ها (*Hemiptera: Aleyrodidae*) برای تغذیه از آوندهای آبکش گیاهان تخصص یافته‌اند (Nault 1997). اغلب بیماری‌های ویروسی که در سال‌های اخیر ظهور یافته‌اند توسط این حشرات انتقال می‌یابند و پراکنش جهانی ویروس‌هایی که با سفیدبالک‌ها انتقال می‌یابند در حال افزایش است (Brown & Czosnek 2002, Jones 2003). تقریباً ۱۵۰۰ گونه سفیدبالک تاکنون معرفی شده‌اند که تنها تعداد اندکی از آنها ناقل ویروس‌های گیاهی می‌باشند (Navas-Castillo et al. 2011). مهمترین آنها شامل *Bemisia tabaci*، *Trialeurodes vaporaviorum* و *Trialeurodes abutiloneus* می‌باشند (Fiallo-Olive et al. 2020)، از بین آنها *B. tabaci* مهمترین گونه است. این سفیدبالک پلی فاژ و دارای

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

گسترش جهانی وگونه‌ای مرکب از چندین گونه پنهانی می‌باشد (Fiallo-Olive et al. 2020, Malka et al. 2018). بر اساس میزان تنوع در ژن سیتوکروم اکسیداز I میتوکندریایی (mitochondrial cytochrome oxidase I= mtCOI)، سفید بالک *B. tabaci* به حداقل ۳۵ گونه در حدود ۱۱ گروه اصلی تقسیم شده است (Dinsdale et al. 2010). پژوهشهای انجام شده در ایران نیز نشان دهنده تنوع سفیدبالک‌ها در ایران می‌باشد. از روش‌های RAPD-PCR، ترادف نوکلئوتیدی mtCOI و نقش ناحیه ITS1 از دی‌ان‌ای ریبوزومی برای تعیین بیوتیپ‌های سابق استفاده شده است و بیوتیپ‌های سابق B و Cv از ایران گزارش شده‌اند که بیوتیپ B بیشترین فراوانی را داشته است (Shahbazi et al. 2010, Shahbazi et al. 2014).

بیش از ۳۰۰ ویروس بوسیله سفیدبالک ها انتقال می‌یابند (Lapidot & Polston 2010) که *B. tabaci* اغلب آنها را انتقال می‌دهد. ۹۰٪ این گونه ویروس‌ها متعلق به جنس *Begomovirus*، شش درصد به جنس *Crinivirus* و چهار درصد مربوط به جنس‌های *Ipomovirus* و *Carlavirus* می‌باشند (Jones 2003). ویروس‌های جنس *Torradovirus* در تیره *Secoviridae* نیز با سفیدبالک‌ها انتقال می‌یابند (Polston et al. 2014). غالبا رابطه ویروس-ناقل به صورت پایا (گردشی) است و هم‌تکاملی موثری بین جمعیت‌های ویروسی و ناقل وجود دارد (Brown & Czosnek 2002, Jones 2003, Navas-Castillo et al. 2011). اغلب سفیدبالک‌ها دارای یک همزیست اصلی و یک یا چند همزیست ثانویه از میان باکتری‌ها می‌باشند. همزیست‌های ثانویه به عنوان ژنوم‌های ضمیمه در سفید بالک‌ها قلمداد شده و در سرعت تکامل، سازگاری، دامنه میزبانی و نرخ بیماری‌های قابل انتقال توسط سفیدبالک‌ها اثر گذار می‌باشند (Navas-Castillo et al. 2011).

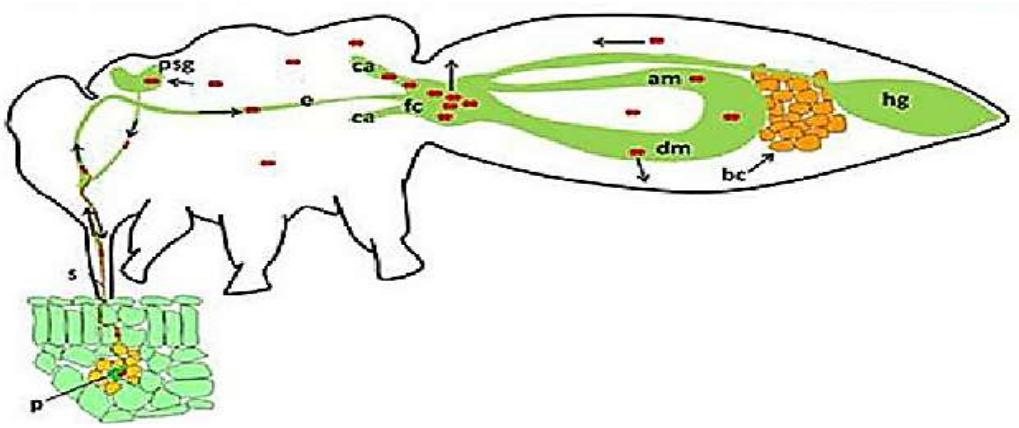
ویروس‌های دارای ناقل سفیدبالک

۱. جنس *Begomovirus*

گونه‌های جنس بگموویروس در تیره *Geminiviridae* توسط سفید بالک *B. tabaci* منتقل می‌شوند (Fiallo-Olive 2020). در سال‌های اخیر بگموویروس‌ها به عنوان یک محدودیت جدی در کشت انواع مختلف محصولهای گیاهی در مناطق مختلف جهان ظهور یافته‌اند و این ظهور مرتبط با افزایش شیوع حشره ناقل آنها می‌باشد (Navas-Castillo 2011). بیشترین مطالعه در مورد انتقال ویروس‌های گیاهی توسط سفیدبالک در مورد اعضای این جنس و بویژه در مورد بیماری پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی انجام شده است (Navas-Castillo et al. 2011, Gottlieb et al. 2006). بگموویروس‌ها توسط ناقل با رابطه پایا منتقل می‌شوند، البته شواهدی در مورد تکثیرشدن Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) در *B. tabaci* وجود دارد (Becker et al. 2015). اما بعضی پژوهشها نیز نشان داده‌اند که این ویروس در ناقل خود تکثیر نمی‌شود (Sánchez-Campos et al. 2016) مسیر دیگر برای کسب برخی بگموویروس‌ها توسط سفیدبالک

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

علاوه بر کسب ویروس در حین تغذیه، انتقال از طریق جفتگیری می‌باشد (Navas-Castillo et al. 2011, Gottlieb et al. 2006). این ویروس‌ها در استایلت، سر، معده میانی، همولنف و غدد بزاقی حشره ناقل ردیابی شده‌اند (شکل ۱). بگموویروس‌ها در فیلتر چمبر تجمع یافته و بیشترین مقدار ویروس وارد همولنف می شود و در بزاق، عسلک و همولنف قابل ردیابی می‌باشند. موانع اصلی از معده به همولنف و همولنف به غدد بزاقی وجود دارد (Czosnek 2007, Czosnek et al. 2002). عبور از این موانع یک فرایند فعال است و پس از تشخیص پروتیین پوششی (CP) توسط گیرنده‌های درون میکروویلی و حمل و نقل پیکره‌ها درون وزیکل های پوشش‌دار رخ می‌دهد (Czosnek 2007. Czosnek et al. 2002). انتقال گردشی بگموویروس‌ها با سفید بالک شامل شریک سوم یعنی باکتریهای همزیست نیز می‌باشد. CP بگموویروس با پروتیین‌های همولوگ GroEL، تولیدی باکتریهای درونی همزیست هم‌کنش می‌نماید و این هم‌کنش از تخریب پیکره‌های ویروسی در همولنف ناقل ممانعت می‌نماید (Akad et al. 2004). در واقع این هم‌کنش با پروتیین پوششی ویروس دارای شارژ مثبت بالا و دارای نواحی غنی از آرژنین انجام می‌شود (Akad et al. 2004). سن و جنس سفیدبالک در کارایی انتقال بگموویروس‌ها تأثیر گذار است (Hogenhout et al. 2008, Skaljac & Ghanim 2010). علاوه بر آن بگموویروس‌ها در میزان باروری و طول عمر ناقل سفید بالک *B. tabaci*



شکل ۱. تصویر شماتیک از آناتومی داخلی *B. tabaci* و مسیر اکتساب، گردش و انتقال ویروس پیچ خوردگی زرد برگ گوجه‌فرنگی (Tomato yellow leaf curl virus, TYLCV) (فلش). قسمت های قرمز: ذرات ویروس، p: آبکش، s: stylet، e: مری، fc: محفظه فیلتر، ca: caeca، dm: روده نزولی، am: روده صعودی، bc: باکتریوسیت ها، hg: روده عقبی، psg: غده بزاقی اولیه (Kliot et al. 2014).

Figure 1. Schematic picture of *B. tabaci* internal anatomy and acquisition, circulation, and transmission pathway of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) (arrows). Red parts: virus particles, p: phloem, s: stylet, e: esophagus, fc: filter chamber, ca: caeca, dm: descending midgut, am: ascending midgut, bc: bacteriocytes, hg: hindgut, psg: primary salivary gland (Kliot et al. 2014).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

اثرگذار می‌با شند (Bosco et al. 2004, Guo et al. 2010). بطور کلی تروپیـ سم اخت صا صی بافتی ناقل، مرزهای غشایی، مولکولهای شبه گیرنده در ناقل و مکانیسم های اندوسیتوز و اگزوسیتوز، حفاظت از پیکره ها هنگام عبور از همولنف و غدد بزاقی تو سط شاپرون‌های محلول یا مولکول‌های کمکی در همولنف برای انتقال موفق ضروری هستند (Caciagli et al. 2009, Diazi-Pendon et al. 2010). پژوهشها نشان داده‌اند که پروتیین BtHsp16 از خانواده SHsp که به عنوان شـــاپرون عمل می‌کند با پروتیین پوشـــشـــی برخی بگوموویروس‌ها هم‌کنش دارد (Akad et al. 2004, Caciagli et al. 2009). پروتیین مذکور مانع از تجمع پیکره‌های ویروسی در همولنف و ارگان‌های گوارشی حشره ناقل گردیده و با ایجاد یک شبکه شاپرونی، از پیکره‌های ویروس محافظت می‌نماید (Akad et al. 2004, Caciagli et al. 2009). از طرفی گزارش شده اسـت که هم‌کنش پروتیین پوشـشـی و پروتیین BtHsp16 موجب تغییر در سـاختار لیپیدهای غشـایی و تسهیل عبور پیکره‌های ویروسی از غشاهای درگیر در انتقال گردشی در حشره ناقل می‌گردد (Caciagli et al. 2009, Diazi-Pendon et al. 2010, Ghanim et al. 2001, Ghanim et al. 2009).

۲. جنس *Crinivirus*

این جنس در تیره *Closteroviridae* قرار دارد و توسط چندین گونه از سفیدبالک‌های دو جنس *Bemisia* و *Trialeurodes* با رابطه نیمه پایا انتقال می‌یابند (Brown & Czosnek 2002, Navas-Castillo et al. 2011). ویروس زردی عفونی کاهو (Lettuce infectious yellow virus) ویروس تیپ این جنس است و بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته است (Jones 2003). عضو دیگر این جنس Tomato chlorosis virus (ToCV) است و توسط سفیدبالک‌های *T. abutiloneus*، *T. vaporariorum* و *B. tabaci* منتقل می‌شود (Brown & Czosnek 2002, Navas-Castillo et al. 2011). توانایی انتقال با چهار ناقل سفید بالک متعلق به دو جنس مختلف منحصر بفرد بوده و این ویژگی در ویروس‌هایی که با سفیدبالک منتقل می‌شوند بسیار غیر معمول است (Brown & Czosnek 2002, Navas-Castillo et al. 2011). بنابراین شیوع گونه‌های مختلف سفیدبالک به طور قابل توجهی بر وقوع این ویروس‌ها اثر می گذارد. در اعضای این جنس پروتیین CPm کد شده توسط ویروس در انتقال اختصاصی بواسطه سفیدبالک ضروری است (Brown & Czosnek 2002, Navas-Castillo et al. 2011). پژوهشی نشان داده که در خصوصیات انتقال، کرینی‌ویروس‌ها کامل کننده یکدیگر می‌باشند و بنابراین فاکتورهای متعددی از قبیل کارایی انتقال، تیتر ویروس در میزبان، رقابت و هم‌کنش بین ویروس‌ها در طی آلودگی توام، در ظهور آنها موثر است (Wintermantel 2010).

۳. جنس *Ipomovirus*

ویروس‌های این جنس به تیره *Potyviridae* تعلق دارند و توسط سفید بالک‌ها به شیوه ناپایا یا نیمه‌پایا انتقال می‌یابند (Blanc et al. 2011, Hohn 2007). پروتیین کمکی ویروسی (helper component, HC) دارای موتیف‌های (پپتیدهای کوتاهی که برهم‌کنش پروتیینها را تسهیل می‌کنند = Motifs) بسیار حفاظت

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

شده در تیره پوتی‌ویریده می‌باشد و برای اتصال پیکره به زوائد دهانی حشره ناقل ضروری است . در مورد ویروس زردی رگبرگ کدو (Squash vein yellowing virus, SqVYV) موتیف DAG در CP آن مشاهده شده است (Ziegler-Graff & Brault 2007). این موتیف در پوتی‌ویروس‌ها بسیار حفاظت شده است و شامل سه اسید آمینه آسپارتیک اسید- آلانین- گلیسین می‌باشد که در انتهای آمینی (N- terminus) CP قرار دارند و در انتقال ویروس توسط ناقل نقش دارند(Atreya et al 1995). پژوهشها در مورد انتقال ویروس‌های غیر گردشی توسط سفیدبالک‌ها کمتر انجام شده است ولی احتمالا سازوکار آنها با انتقال ویروسها توسط شته‌ها همخوانی دارد (Adkins et al. 2006, Navas-Castillo et al. 2011, Ng & Falk 2006, Simmons et al. 2009). در ویروس موزائیک کلم گل (Cauliflower mosaic virus) موقعیت دقیق اتصال ویروس در انتهای Maxillary استایلت شته ناقل گزارش شده است. ویروس‌های غیر گردشی از استایلت ناقل آزاد شده و در طی فاز بزاقی مایه‌زنی می‌شوند. در شته‌ها تعداد زیادی پروتیین بزاقی در آزادسازی ویروس‌های غیر گردشی از استایلت نقش دارند (Blanc et al. 2011. Hohn 2007).

۴. جنس *Carlavirus*

این جنس متعلق به تیره *Betaflexiviridae* است (Navas-Castillo et al. 2011, Jones 2003). اکثر اعضای این جنس با شته انتقال می‌یابند و تعداد اندکی از آن‌ها از جمله cassava brown streak virus و cowpea mild mottle virus و melon yellowing associated virus بوسیله سفیدبالک *B. tabaci* با رفتار نیمه پایا منتقل می‌شوند و برای انتقال توسط ناقل به CP و HC کد شده توسط ویروس نیازمندند (Brown & Czosnek 2002, Navas-Castillo et al. 2011, Jones 2003).

۵. جنس *Torradovirus*

سه ویروس گیاهی tomato torrado virus ، tomato marchitez virus و tomato apical necrosis virus در جنس *Torradovirus* در تیره *Secoviridae* قرارگرفته‌اند. این ویروس‌ها توسط *B. tabaci* و *T. vaporariorum* منتقل می‌شوند (Turina et al. 2007. Verbeek et al. 2007). اما اطلاعاتی در مورد مدل انتقال آنها در دسترس نمی‌باشد (Navas-Castillo et al. 2011). این ویروس‌ها احتمالاً در مناطق مختلف جهان انتشار دارند ولی هنوز شناسایی نشده‌اند. مسلماً انتشار سریع این ویروس‌ها به دلیل انتقال با سفیدبالک رخ می‌دهد (Navas-Castillo et al. 2011, Turina et al. 2007, Verbeek et al. 2007).

۶. جنس *Polerovirus*

این جنس متعلق به تیره *Solemoviridae* است (ICTV 2021). ویروس‌های این جنس اغلب توسط شته‌ها منتقل می‌شوند اما مشخص شده است که pepper whitefly-borne vein yellows virus از این جنس استثنا بوده و توسط سفید بالک *B. tabaci* منتقل می‌شود (Ghosh et al. 2019).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

دلیل ظهور بیشتر بیماری‌های ویروسی با ناقل سفید بالک

پدیدار شدن بیماری ویروسی به دلیل انتشار ویروس‌های موجود به مکان جغرافیایی جدید، توانایی آلودگی یک میزبان جدید و یا در نتیجه ظهور گونه‌های ویروسی جدید رخ می‌دهد (Lapidot & Polston 2010, Wisler et al. 1998). فاکتورهای زیادی از قبیل تغییرات ژنتیکی در ژنوم ویروس در اثر جهش یا نوترکیبی، انتقال مواد گیاهی یا حشره ناقل به فواصل دور در نتیجه تجارت محصولهای کشاورزی و یا تغییرات در جمعیت‌های ناقلین در ظهور بیماری‌های ویروسی نقش دارند. تغییر در جمعیت ناقل بدلیل تغییر شرایط محیطی مثل تغییرات آب و هوایی یا فعالیت‌های انسانی رخ می‌دهد(Lapidot & Polston 2010, Wisler et al 1998). خصوصیات جمعیت حشره ناقل مانند گونه‌های موجود فاکتوری کلیدی در ظهور و توسعه بیماری‌های ویروسی می‌باشد. آلودگی‌های مخلوط بگموویروس‌ها در علف‌های هرز موجب ایجاد یک مکان برای تولید ویروس‌های جدید از طریق نوترکیبی شده است (Blanc et al. 2011, Navas-Castillo et al. 2011).

روش‌های نوین مدیریت سفیدبالک‌های ناقل ویروس‌های گیاهان

مبارزه با سفیدبالک‌ها به دلیل اینکه دامنه میزبانی وسیع آنها، نرخ بالای تولید مثلی، اندازه جمعیت بزرگ، و همچنین مقاومت آنها به حشره‌کش‌ها مشکل است (Naranjo 2001). بنابرای از روش‌های متفاوتی جهت مبارزه با سفیدبالک‌ها استفاده شده است.

۱. مبارزه شیمیایی: یکی از روش‌ها استفاده از روغن‌ها در مبارزه با سفیدبالک‌ها می‌باشد (Javadi khedri et al. 2019). مبارزه شیمیایی حشرات بالغ سفیدبالک گلخانه (*T. vaporariorum*) با استفاده از روغن‌های سیتووت، چریش یا ولک با دلتامترین توصیه شده است. در همین حال، کنترل پوره‌های این حشره با استفاده از مخلوط روغن‌های مذکور به همراه بپروفزین در قالب مدیریت تلفیقی اثر بخش بوده است (Hosseininia et al. 2017). نسل جدید حشره‌کش‌ها (مانند پیمتروزین) برای مبارزه با سفیدبالک‌ها ابداع شده‌اند (Polston & Sherwood 2003). پیمتروزین با جلوگیری از نفوذ استایلت در بافت گیاه، از تغذیه سفیدبالک‌ها جلوگیری کرده در نتیجه مرحله کسب ویروس از منبع آلودگی مختل شده و در نهایت پس از چند روز باعث مرگ سفید بالک‌ها می‌شود. این حشره کش هیچ گونه اثر سوء بر گیاه ندارد (Polston & Sherwood 2003).

۲. مبارزه زیستی: مشکلات ایجاد شده مرتبط با حشره‌کش‌های مورد استفاده در کشاورزی موجب توجه به کشف عوامل کنترل بیولوژیک برای مدیریت آفات حشره‌ای شده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که می‌توان از کنه شکارگر (*Phytoseiidae*) Acari: *Amblyseius swirskii* در برنامه‌های کنترل تلفیقی سفید بالک *B. tabaci* در گلخانه‌های فلفل دلمه‌ای استفاده نمود (Calvo et al. 2012). این شکارگر به طور موثری *B. tabaci* و *Frankliniella occidentalis* را در گلخانه‌های خیار کنترل نموده است (Calvo et al.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

2011, Golshan et al 2023). همچنین مشخص شده است که این کنه شکارگر توانایی قابل ملاحظه‌ای در کنترل بیولوژیک سفیدبالک *T. vaporariorum* در گلخانه دارد (Hosseininia et al. 2020). استفاده از این کنه شکارگر در کنترل بیولوژیکی تریپس و سفید بالک در گلخانه توت فرنگی نیز موفقیت‌آمیز بوده است و در مقایسه با این کنه شکارگر، کنه *Amblydromalus limonicus* عملکرد بهتری در کنترل سفیدبالک در گلخانه‌های توت فرنگی داشته است (Hoogerbrugge et al. 2011).

روش دیگر برای مبارزه با *B. tabaci* که نیاز به استفاده از حشره‌کش‌ها را کاهش می‌دهد استفاده از پارازیتوئید*Eretmocerus mundus* می‌باشد (Shahbazi et al 2013, Zandi-sohani et al. 2009). از طرف دیگر، ترکیبات ترپنی ارگانیک فرار آزاد شده بوسیله گیاهان نقش مهمی در توانایی سفیدبالک در تشخیص گیاه میزبان از فواصل و همچنین در جذب شکارگرها و پارازیتوئیدها دارند (Bleeker et al. 2009).

روابط همزیستی با باکتریها در بندپایان معمول است و این هم‌کنش‌ها اساساً روی زندگی هر دو شریک اثرگذار است (Gottlieb et al. 2008). همه سفیدبالک‌ها دارای یک همزیست اجباری اصلی (Primary endosymbiont) مانند (*Portiera aleyrodidarum*) و یک یا چند همزیست ثانویه (Secondary endosymbiont) می‌باشند. آلودگی همزمان با چند همزیست ثانویه معمول‌تر است. ژنوم همزیستهای ثانویه نسبت به همزیست اصلی دارای دینامیک بالاتری می‌باشند (Gottlieb et al. 2008, Chiel et al. 2007). این باکتریها در درون سلول‌های تخصص یافته به نام باکتریوسیت‌ها قرار دارند (Gottlieb et al. 2008). در سفیدبالک‌ها الگوی منحصر بفردی در مورد باکتریوسیت‌ها دیده می‌شود. بدین صورت که جایگاه همزیست های ثانویه و اولیه توام می‌باشند یعنی در یک سلول مشابه قرار دارند. این اکوسیستم مشترک درون سلولی پایدار است و از مادر به نتاج به ارث می‌رسد و فرصتهای بیشتری را برای هم‌کنش بین همزیست‌ها فراهم می‌کند. از طرفی این اکوسیستم مشترک امکان دستکاری و توسعه روش‌های مدیریتی را با استفاده از تنوع باکتریهای همزیست مهیا می‌سازد (Gottlieb et al. 2008, Chiel et al. 2007). به عنوان مثال ایجاد حشرات پاراتراژن (Paratransgene) حاوی باکتریهای همزیست ثانویه با توانایی بیان مواد ضد ویروس در پاتوژنهای انسانی دارای ناقل حشره‌ای انجام شده است. این همزیست‌ها بطور مستقیم در انتقال ویروس‌ها توسط سفیدبالک نقش دارند (Brumin et al. 2011. Chiel et al. 2007. Ghanim & Kontsedalov 2009. Gottlieb et al. 2008). *B. tabaci* پناهگاه باکتریهای همزیست‌های ثانویه مختلف از جنسهای *Hamiltonella*، *Arsenophonus*، *Cardinium*، *Wolbachia*، *Rickettsia* و *Fritschea* می باشد. درحالی که *T. vaporariorum* تنها پناهگاه *P. aleyrodidarum* می‌باشد (Gottlieb et al. 2008, Chiel et al. 2007). البته بیوتیپ‌های مختلف دارای ترکیبات همزیستی ثانویه متفاوتی می‌باشند (Chiel et al. 2007). توانایی انتقال ویروس‌ها توسط بیوتیپ‌های مختلف *B. tabaci* بر طبق ترکیب همزیست‌های ثانویه متفاوت می‌باشد و علاوه بر آن، همزیست‌ها اثرات مختلف بر بیولوژی، دامنه میزبانی، ایجاد مقاومت به حشره‌کش‌ها

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

و پارازیتوئیدها، تمایز جمعیتی و تحمل استرس‌های محیطی درسفیدبالک‌ها می گذارند (Brumin et al. 2011, Gottlieb et al. 2006). این باکتریها تولید شاپرون‌های (chaperon) مولکولی می‌کنند که به عنوان پروتیین همولوگ GroEL شناخته می‌شوند. همولوگ‌های پروتیین GroEL همزیست‌های مختلف موجب تفاوت در کارایی انتقال ویروس در *B. tabaci* می‌گردند (Ghanim & Kontsedalov 2009, Gottlieb et al. 2010, Kontsedalov et al. 2008). البته ترکیب همزیست‌های ثانویه موجود در سفیدبالک *B. tabaci* درحساسیت به تمام عوامل ذکر شده تاثیر گذار می‌باشد. همزیست‌های ثانویه موجود در بدن سفید بالک ها فاکتور مهمی در انتخاب گیاه میزبان است (Akad et al. 2004). یکی از روش‌های موثر و با طیف اثر وسیع، دستکاری و توسعه روش‌های مدیریتی با استفاده از تغییر و اصلاح باکتریهای همزیست سفیدبالکها بوده است که بطور مستقیم در انتقال ویروس‌ها توسط سفیدبالک‌ها نقش دارند (Chiel et al. 2007, Gottlieb et al. 2010).

۳. تولید گیاهان تراریخته مقاوم: رهیافت‌های جدید با تولید گیاهان تراژن بوسیله ترپن‌های تولیدی گیاهان بطور طبیعی ممانعت کننده سفیدبالک در انتقال ویروس و یا بیان پروتیین هومولوگ GroEL آنها در آوند آبکشی گیاهان امیدبخش بوده است (Akad et al. 2004, Bleeker et al. 2009, Edelbaum et al. 2009). استفاده از خاموشی ژن در سفیدبالک‌ها نیز موفقیت‌آمیز بوده است (Ghanim et al. 2007). همچنین ساخت گیاهان تراژن حاوی dsRNA القا کننده خاموشی ژن در سفیدبالک‌ها از روش‌های نوین می‌باشد (Upadhyay et al. 2011).

نتیجه‌گیری

دهها ویروس بیمارگر گیاهی از جنس‌های *Begomovirus*، *Crinivirus*، *Ipomovirus*، *Carlavirus*، *Torradovirus* و *Polerovirus* توسط سفیدبالکها منتقل و منتشر می‌شوند. مبارزه با سفیدبالک‌ها به دلیل اینکه دامنه میزبانی وسیع آنها، نرخ بالای تولید مثلی، اندازه جمعیت بزرگ، و همچنین مقاومت آنها به حشره‌کش‌ها مشکل است، ولی روشهای نوین مبارزه شیمیایی، زیستی و تولید گیاهان تراریخته مقاوم برای مدیریت آنها ابداع شده‌اند.

منابع

Referrences

1. Adkins S, Webb SE, Achor D, Roberts PD, Baker CA (2006) Identification and characterization of a novel whitefly-transmitted member of the family *Potyviridae* isolated from cucurbits in Florida. Virology 97:145-154.
2. Akad F, Dotan N, Czosnek H (2004) Trapping of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) and other plant viruses with a GroEL homologue from the whitefly *Bemisia tabaci*. Archives of Virology 149: 1481–1497.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

3. Andret-Link P, Fuchs M (2005) Transmission specificity of plant viruses by vectors. Journal of Plant Pathology 87: 153-165.

4. Atreya PL, Lopez-Moya JJ, Chu M, Atreya CD, Pirone TP (1995) Mutational analysis of the coat protein N-terminal amino acids involved in potyvirus transmission by aphids. Journal of General Virology 76: 265–70.

5. Becker N, Rimbaud L, Chiroleu F, Reynaud B, Thébaud G, Lett JM (2015) Rapid accumulation and low degradation: key parameters of tomato yellow leaf curl virus persistence in its insect vector *Bemisia tabaci.* Scientific Reports 5:17696.

6. Blanc S, Uzest M, Drucker M (2011) New research horizons in vector-transmission of plant viruses. Current Opinion in Microbiology 14:483–491.

7. Bleeker MP, Diergaarde PJ, Ament K, Guerra J, Weidner M, Schutz S, de Both MTJ, Haring MA, Schuurink RC (2009) The role of specific tomato volatiles in tomato-whitefly interaction. Plant Physiology 151: 925–935.

8. Bosco D, Mason G, Accotto GP (2004) TYLCV DNA, but not infectivity, can be transovarially inherited by the progeny of the whitefly vector *Bemisia tabaci* (*Gennadius*). Virology 323:276–283.

9. Brown JK, Czosnek H (2002) Whitefly transmission of plant viruses. Advances in Botanical Research 36:65-100.

10. Brumin M, Kontsedalov S, Ghanim M (2011) *Rickettsia* influences thermo tolerance in the whitefly *Bemisia tabaci* B biotype. Insect Science 18: 57–66.

11. Caciagli P, Piles VM, Marian D, Vecchiati M, Masenga V, Mason G, Falcioni T, Noris E (2009) Virion stability is important for the circulative transmission of Tomato Yellow Leaf Curl Sardinia Virus by *Bemisia tabaci*, but virion access to salivary glands does not guarantee transmissibility. Journal of virology 83:5784–5795.

12. Calvo FJ, Blockmans K, Belda JE (2011) Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. BioControl 56: 185-192.

13. Calvo FJ, Blockmans K, Belda JE (2012) Biological control-based IPM in sweet pepper greenhouses using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Biological Science and Technology 22 (12): 1398-1416.

14. Chare E.R, Holmes E.C (2004) Selection pressures in the capsid genes of plant RNA viruses reflect mode of transmission. Journal of General Virology 85: 3149-3157.

15. Chiel E, Gottlieb Y, Fein EZ, Daube NM, Katzir N, Inbar M, Ghanim M (2007) Biotype-dependent secondary symbiont communities in sympatric populations of *Bemisia tabaci*. Bulletin of Entomological Research 97:407–413.

16. Czosnek H (2007) Interaction of Tomato Yellow Leaf Curl with whitefly vector Pp.157–170. In: H Czosnek (ed.). Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease. Springer.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

17. Czosnek H, Ghanim M, Ghanim M (2002) The circulative pathway of begomoviruses in the whitefly vector *Bemisia tabaci*—insights from studies with Tomato yellow leaf curl virus. Association of Applied Biologists 140:215-231.

18. Diazi-Pendon JA, Canizares MC, Moriones E, Bejarano ER, Czosnek H, Navas-Castillo J (2010) Tomato yellow leaf curl viruses: ménage à trois between the virus complex, the plant and the whitefly vector. Molcular Plant Pathology 11: 441–450.

19. Dinsdale A, Cook I, Riginos C, Buckley YM, De Barro, P (2010) Refined global analysis of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Sternorrhyncha: Aleyrodoidea: Aleyrodidae) mitochondrial cytochrome oxidase 1 to identify species level genetic boundaries. Annals of the Entomological Society of America 103: 196-208.

20. Edelbaum D, Gorovits R, Sasaki S, Ikegami M, Czosnek H (2009) Expressing a whitefly GroEL protein in *Nicotiana benthamiana* plants confers tolerance to tomato yellow leaf curl virus and cucumber mosaic virus, but not to grapevine virus A or tobacco mosaic virus. Archives of Virology 154:399–407.

21. Fiallo-Olive E, Pan LL, Liu SS, NAVAS-Castiello J (2020) Transmission of begomoviruses and other whitefly-borne viruses: dependence on the vector species. Phytopathology 110: 10-17.

22. Ghanim M, Brumin M, Popovski S (2009) A simple, rapid and inexpensive method for localization of Tomato yellow leaf curl virus and Potato leaf roll virus in plant and insect vectors. Journal of Virological Methods 159:311–314.

23. Ghanim M, Kontsedalov S (2009) Susceptibility to insecticides in the Q biotype of *Bemisia tabaci* is correlated with bacterial symbiont densities. Pest Management Science 65(9):939-942.

24. Ghanim M, Kontsedalov S, Czosnek H (2007) Tissue-specific gene silencing by RNA interference in the whitefly *Bemisia tabaci* (*Gennadius*). Insect Biochemistry and Molecular Biology 37: 732–738.

25. Ghanim M, Rosell RC, Campbell LR, Czosnek H, Brown JK, Ullman DE (2001) Digestive, salivary, and reproductive organs of *Bemisia tabaci* (*Gennadius*) (Hemiptera: Aleyrodidae) B type. Journal of Morphology 248:22–40.

26. Ghosh S, Kanakala S, Lebedev G, Kontsedalov S, Silverman D, Alon T, Mor N, Sela N, Luria N, Dombrovsky A, Mawassi M, Haviv S, Czosnek H, Ghanim M (2019) Transmission of a new Polerovirus infecting pepper by whitefly *Bemisia tabaci.* Journal of Virology 93: e00488-19.

27. Golshan R, Shishehbor P, Esfandiari M (2023) Biological characteristics, functional and numerical responses of the predatory mite Amblyseius swirskii (Acari: Phytoseiidae) feeding on cotton whitefly, Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Entomological Society of Iran 43 (2): 97-111.

28. Gottlieb Y, Fein ZE, Daube NM, Kontsedalov S, Skaljac M, Brumin M, Sobol I, Czosnek H, Vavre F, Fleury F, Ghanim M (2010) The transmission efficiency of Tomato

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

Yellow Leaf Curl Virus by the whitefly *Bemisia tabaci* is correlated with the presence of a specific symbiotic bacterium species. Journal of Virology 48:9310–9317.

29. Gottlieb Y, Ghanim M, Chiel E, Gerling D, Portnoy V, Steinberg SH, Tzuri G, Horowitz AR, Belausov E, Daube NM, Kontsedalov S, Gershon M, Gal SH, Katzir N, Fein EZ (2006) Identification and localization of a *Rickettsia* sp. in *Bemisia tabaci* (*Homoptera: Aleyrodidae*). Applied Environmental Microbiology 72: 3646–3652.

30. Gottlieb Y, Ghanim M, Gueguen G, Kontsedalov S, Vavre F, Fleury F, Fein EZ (2008) Inherited intracellular ecosystem: symbiotic bacteria share bacteriocytes in whiteflies. FASEB Journal 22:2591-2599.

31. Guo JY, Ye GY, Dong ShZh, Liu ShSh (2010) An invasive whitefly feeding on a virus-infected plant increased its egg production and realized fecundity. PLoS ONE 5:1-8.

32. Hogenhout SA, Ammar ED, Whitfield AE, Redinbaugh MG (2008) Insect vector interactions with persistently transmitted viruses. Annual Review of Phytopathology 46:327–359.

33. Hohn TH (2007) Plant virus transmission from the insect point of view. PNAS 104:17905-17906.

34. Hoogerbrugge H, van Houten Y, Knapp M, Blckmans K (2011). Biological control of thrips and whitefly on strawberries with *Amblydromalus limonicus* and *Amblyseius swirskii*. International Organization for Biological Control 65-69.

35. Hosseininia A, Khanjani M, Asadi M, Soltani J (2020) Life-history of the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Acari: Phytoseiidae) on *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), *Carpoglyphus lactis* Linnaeus (Acari: Carpoglyphidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of Ornamental plants 10 (3): 155-166.

36. Hosseininia A, Khanjani M, Khoobdel M, Javadi khedri S (2017) Comparison of the efficiency of the current oils and insecticide compounds in control of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporarium* (Westwood), (Hem: Aleyrodidae) on rose and their interaction. Journal of Iranian Plant Protection Research 30 (4): 718-726. (In Persian with English abstract).

37. Hunter WB, Patte CP, Sinisterra XH, Achor DS, Funk CJ, Polston JE (2001) Discovering new insect viruses: whitefly *Iridovirus* (*Homoptera: Aleyrodidae*: *Bemisia tabaci*). Journal of Invertebrate Pathology 78: 220–225.

38. International Committee on Taxonomy of Viruses (ICTV) 2021. Virus taxonomy: 2021 release. https://ictv.global/taxonomy/. Accessed March 2022

39. Javadi khedri S, Khoobdel M, Khanjani M, Hosseininia A, Sadeghi Sorkhe Dizaji B, Hosseini SM, Sobati H (2019) Insecticidal effect of essential oils from two medicinal plants against *Aleuroclava jasmine* (Hemiptera: Aleyrodidae). Journal of crop protection 8(1): 57-67. (In Persian with English abstract).

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

40. Jones DR (2003) Plant viruses transmitted by whiteflies. European Journal of Plant Pathology 109: 195–219.

41. Kliot A, Kontsedalov S, Lebedev G, Brumin M, Cathrin PB, Marubayashi JM, Skaljac M, Belausov E, Czosnek H, Ghanim M (2014) Fluorescence in situ Hybridizations (FISH) for the localization of viruses and endosymbiotic bacteria in plant and insect tissues. Journal of Visualized Experiments e51030, doi:10.3791/51030.

42. Kontsedalov S, Fein EZ, Chiel E, Gottlieb Y, Inbar M, Ghanim M (2008) The presence of *Rickettsia* is associated with increased susceptibility of *Bemisia tabaci* (*Homoptera: Aleyrodidae*) to insecticides. Pest Management Science 64(8): 789-792.

43. Lapidot, M., and J. E. Polston. (2010). Biology and epidemiology of Bemisia-Vectored viruses, pp. 227–231. In P. A. Stansly and S. E. Naranjo (eds.), Bemisia: bionomics and management of a global pest. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

44. Leshkowitz D, Gazit SH, Reuveni E, Ghanim M, Czosnek H, McKenzie C, Shatters RL, Brown JK (2006) Whitefly (*Bemisia tabaci*) genome project: analysis of sequenced clones from egg, instar, and adult (viruliferous and non viruliferous) cDNA libraries. BMC Genomics 7:1-19.

45. Malka O, Santos-Garcia D, Feldmesser E, Sharon E, Krause-Sakate R, Delatte H, Brunschot S, Patel M, Visendi P, Mugerwa H, Seal S, Colvin J, Morin S (2018) Species-complex diversification and host-plant associations in *Bemisia tabaci:* A plant-defense, detoxification perspective revealed by RNA-seq analyses. Molecular Ecology 27(21): 4241-4256.

46. Naranjo SE (2001) Conservation and evaluation of natural enemies in IPM systems for Bemisia tabaci. Crop Protection 20: 835–852.

47. Nault LR (1997) Arthropod transmission of plant viruses: A new synthesis. Annals of the Entomological Society of America 90:521-541.

48. Navas-Castillo JN, Olive EF, Campos FF (2011) Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. Annual Review of Phytopathology 49:219–248.

49. Ng JCK, Falk BW (2006) Virus-vector interactions mediating non persistent and semi persistent transmission of plant viruses. Annual Review of Phytopathology 44:183–212.

50. Polston JE, DeBarro P, Boykin L (2014) Transmission specificities of plant viruses with the newly identified species of the *Bemisia tabaci* species complex. Pest Management Science Published online in Wiley Online Library: DOI 10.1002/ps.3738.

51. Polston JE, McGovern RJ, Brown, LG (1999) Introduction of Tomato yellow leaf curl virus in Florida and implications for the spread of this and other geminiviruses of tomato. Plant Disease. 83:984-988.

52. Polston JE, Sherwood T (2003) Pymetrozine interferes with transmission of Tomato Yellow Leaf Curl Virus by the whitefly *Bemisia tabaci*. Phytoparasitica 31:490-498.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

53. Rehman M, Chakraborty P, Tanti B, Mandal B, Ghosh A (2021) Occurrence of a new cryptic species of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae): an updated record of cryptic diversity in India. Phytoparasitica 49: 869-882.

54. Sánchez-Campos S, Rodríguez-Negrete EA, Cruzado L, Grande-Pérez A, Bejarano ER, Navas-Castillo J, Moriones E (2016) Tomato yellow leaf curl virus: No evidence for the replication in the insect vector *Bemisia tabaci*. Scientific Reports 6:30942.

55. Shahbazi M, Behjatnia SAA, Alichi M (2013) Taxonomic Position of Iranian Isolates of *Eretmocerus mundus* (Merect), a Parasitoid of *Bemisia tabaci* (Gennadius). Iran Agricultural Research 32:11-17.

56. Shahbazi M, Behjatnia, SAA, Alichi M, Bananej K, Izadpanah K (2010) Identification of *Bemisia tabaci* biotypes in Iran based on ITS1 region of ribosomal DNA and DNA polymorphism. In: 19th Iranian Plant Protection Congress. Tehran. Iran. P 298.

57. Shahbazi M, Behjatnia SAA, Alichi M, Roumi V, Izadpanah K (2014) Biotypes of *Bemisia tabaci* from Fars Province. Iranian Journal of Plant Protection Science 45:201-211

58. Simmons AM, Ling KSH, Harrison HF, Jackson DM (2009) Sweet potato leaf curl virus: Efficiency of acquisition, retention and transmission by *Bemisia tabaci* (*Hemiptera: Aleyrodidae*). Crop Protection 28: 1007–1011.

59. Skaljac M, Ghanim M (2010) Tomato yellow leaf curl disease and plant–virus vector interactions. Israel Journal of Plant Sciences 58:103–111.

60. Stafford CA, Walker GP, Ullman DE (2011) Infection with a plant virus modifies vector feeding behavior. PNAS 108:9350-9355.

61. Turina M, Ricker MD, Lenzi R, Masenga V, Ciuffo M (2007) A Severe disease of tomato in the Culiacan Area (Sinaloa, Mexico) is caused by a new Picorna-Like viral species. Plant Disease 9:932-941.

62. Upadhyay SK, CHandrashkar K, Thakur N, Verma PC, Borgio JF, Singh PK, Tuli R (2011) RNA interference for the control of whiteflies (*Bemisia tabaci*) by oral route. Journal of Biosciences 36: 153–161.

63. Verbeek M, Dullemans AM, van den Heuvel JFJM, Maris PC, van der Vlugt RAA (2007) Tomato marchitez virus, a new plant picorna-like virus from tomato related to tomato torrado virus. Archives of Virology 153:127-134.

64. Wintermantel WM (2010) Transmission efficiency and epidemiology of Criniviruses. Pp.319-331. In: PA Stansly, SE Naranjo (ed.). *Bemisia*: Bionomics and Management of a Global Pest. Springer Science.

65. Wisler GC, Duffus JE, Liu HY, Li RH (1998) Ecology and epidemiology of whitefly-transmitted closteroviruses. Plant Disease 82:270‑280.

66. Zandi-Sohani N, Shishehbor P, Kocheili F (2009) Parasitism of cotton whitefly, *Bemisia tabaci* on cucumber by *Eretmocerus mundus*: Bionomics in relation to temperature. Crop Protection 28: 963–967.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]

67. Ziegler-Graff V, Brault V (2007) Role of vector-transmission proteins. Pp.81-95. In: GD Foster, IE Johansen, Y Hong, PD Nagy (ed.). Viral Sequence to Protein Function. Humana Press, Totowa, NJ.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2024-10-26]