DOI: http://dx.doi.org/10.22092/jaep.2016.106535
آفات و بیماری‌های گیاهی
جلد ۸٤، شماره ۱، شهریور ۱۳۹۵

تحلیلی بر وضعیت بیماری ویروسی پیچیدگی برگ زرد گوجه فرنگی

کاوه بنانج✉

بخش تحقیقات ویروس‌شناسی، موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی،تهران، ایران

(تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱۳۹۵؛ تاریخ پذیرش: تیر ۱۳۹۵)

چکیده

بیماری پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (Tomato Yellow Leaf Curl Disease, TYLCD) برای اولین بار همراه با طغیان جمعیت زیادی از سفیدبالک (*Bemisia tabaci*) در مزارع گوجه‌فرنگی (*Solanum esculentum*) دره اردن در اواخر سال ۱۹۳۰ میلادی گزارش و از اوایل دهه ٦۰ میلادی به یکی از بیماری‌های مهم و خسارت‌زا در بسیاری از مزارع گوجه‌فرنگی دنیا تبدیل گردید. در طی سه دهه اخیر بیماری TYLCD به مشکل جدی تولید گوجه‌فرنگی در بسیاری از کشورها در دنیا تبدیل گشته است. خسارت ناشی از این بیماری در برخی از مزارع گوجه‌فرنگی بین ۹۳ تا ۱۰۰ درصد گزارش شده است. گیاهان آلوده دارای میوه‌های کم، ریز و در برخی موارد به دلیل ریزش پیش از موعد گل، فاقد میوه هستند. ماهیت ویروسی TYLCD و ارتباط آن با سفیدبالک (*B. tabaci*) برای اولین بار در سال ۱۹٦٤ میلادی اثبات گردید. سپس ویروس عامل بیماری TYLCD شناسایی و تحت عنوان ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (*Tomato yellow leaf curl virus*, TYLCV) نام‌گذاری و در اواخر دهه هشتاد میلادی ژنوم آن بطور کامل تعیین توالی گردید. ویروس TYLCV از تیره ویروس‌های دوقلو (*Geminiviridae*) و از اعضای جنس بگوموویروس (*Begomovirus*) است. بیماری TYLCD برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۷۲ از برخی مزارع گوجه‌فرنگی استان‌های هرمزگان و سیستان و بلوچستان و سپس در فاصله یک دهه از بسیاری استان‌های کشور از قبیل کرمان، بوشهر، خوزستان، مرکزی، اصفهان، تهران، گلستان، مازندران، خراسان رضوی و یزد گزارش و در حال حاضر به یکی از عوامل اصلی کاهش میزان محصول گوجه‌فرنگی در ایران تبدیل گشته است.

واژه‌های کلیدی: گوجه‌فرنگی، ویروس، TYLCV.

An analysis on the status of Tomato Yellow Leaf Curl disease

K. BANANEJ✉

Iranian Research Institute of Plant Protection, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran

Abstract

Tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) was reported firstly in tomato (*Solanum esculentum*) fields, association with outbreaks of the whitefly *Bemisia tabaci*, in the late 1930s in Jordan valley. Since 1960s, TYLCD has become the most destructive disease of tomato throughout the world. Tomato crops are severely affected by TYLCD and 93-100% yield losses have been recorded in some cases. Infected tomato plants have a few, small fruits and in some cases, flower abscission resulted to the loss of fruits. The viral nature of the disease agent and its transmission with whitefly was proved in 1964. The disease viral agent was then identified and named *tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) and its genome sequence was determined in the late 1980s. TYLCV is a member of the genus *Begomovirus* in the family *Geminiviridae*, which includes the viruses transmitted by the whitefly *B. tabaci*. In Iran TYLCD was first detected in tomato fields from two provinces (Hormozgan and Sistan-Baluchestan) in the south, in 1990. Thereafter, during one decade, the disease was reported from many other provinces such as Kerman, Khuzestan, Bushehr, Markazi, Isfahan, Tehran, Golestan, Mazandaran, Yazd and Khorasan-Razavi. TYLCD has now become a major agent of tomato yield reduction in the Iranian tomato fields.

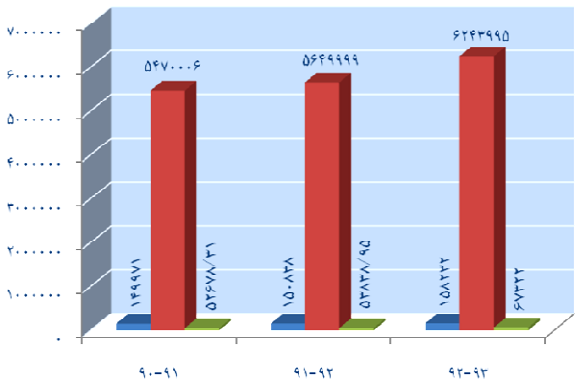
Key words: Tomato, TYLCV, virus.

✉ **Corresponding author: k_bananej@yahoo.com**

مقدمه

طبق آخرین آمار وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۳، سطح زیرکشت مزرعه‌ای گوجه‌فرنگی در کشور برابر با ۱۵۸۲۳۲ هکتار بوده است (شکل ۱) که حدود ٤٠ درصد آن به استان‌های جنوبی کشور: فارس (۱۸۲۸٤هکتار)، جنوب کرمان (۱۷۳٦۲هکتار)، بوشهر (۱۳۸٤٥ هکتار) و هرمزگان (۱۳۷٥۰ هکتار) اختصاص دارد (شکل ۳). میزان تولید گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای در سال ۱۳۹۳ بالغ بر ٦۲٤۳۹۹٥ تن بوده (شکل ۱) که حدود ٤٠ درصد از آن مربوط به استان‌های جنوبی کشور: فارس (۹۰۳۰٤۷ تن)، بوشهر (٥۹۷٦۳۳ تن)، جنوب کرمان (٥۰۱۹۲۱ تن) و هرمزگان (٤۷٥۳۷۸ تن) می‌باشد (شکل ٤).

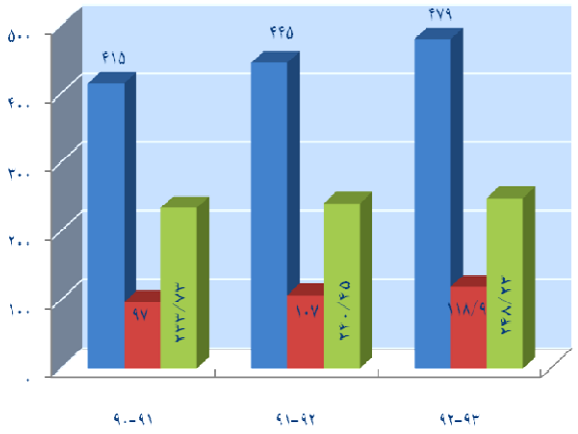
مساحت گلخانه‌های کشور در سال ۱۳۹۳، به میزان ۹٦۰٥/٦ هکتار می‌باشد. بیشترین سطح گلخانه‌های کشور در سال ۱۳۹۳ به ترتیب به استان‌های تهران ۲۷/۹٤ درصد (۲٦۸٤ هکتار)، جنوب کرمان ۱٥/۰۹ درصد (۱٤٥۰ هکتار)، یزد ۱۳/۰۳ درصد (۱۲٥۲ هکتار) و اصفهان ۱۲/۹۱ درصد (۱۲٤۱ هکتار) اختصاص دارد. به عبارت دیگر ٦۹ درصد از سطح گلخانه‌های کشور در این چهار استان واقع شده است. از میزان ۹٦۰٥/٦ مساحت گلخانه‌های کشور، ٦۸٥۱/٦ هکتار (۷۱/۳۳ درصد) به کشت سبزی و صیفی (خیار، گوجه‌فرنگی، فلفل و بادمجان) اختصاص یافته و میزان تولید انواع سبزی و صیفی ۱٦۲۲/۳٥ هزار تن می‌باشد. بیشترین تولید انواع سبزی وصیفی در گلخانه‌های کشور در سال ۱۳۹۳ به ترتیب مربوط به استان‌های تهران (٤۸۲/۷ هزار تن)، یزد (۳٥۹/٦ هزار تن)، جنوب کرمان (۲۸۷/۷٥ هزار تن) و اصفهان (۱۷۹/٦ هزار تن) اختصاص دارد. به عبارت دیگر استان تهران ۲۹/۷٥ درصد، یزد ۲۲/۱٦ درصد، جنوب کرمان ۱۷/۷٤درصد و اصفهان ۱۱/۰۷ درصد از تولید سبزی و صیفی در گلخانه‌ها را داشته‌اند. از تولید ۱٦۲۲/۳٥ هزارتن انواع سبزی و صیفی در سال ۱۳۹۳در کشور، میزان تولید گوجه‌فرنگی ۱۱۸/۹ هزار تن (۷/۳۳ درصد) و سطح زیرکشت حدود ٤۷۹ هکتار (۷ درصد سطح زیر کشت گلخانه‌های سبزی و صیفی) می‌باشد (شکل ۲). گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای رتبه دوم از نظر سطح زیرکشت گلخانه‌ای و همچنین میزان تولید در میان انواع سبزی و صیفی را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 2016).



شکل ۱- وضعیت کشت گوجه‌فرنگی مزرعه‌ای در ایران

Fig. 1. Status of field tomato cultivation in Iran

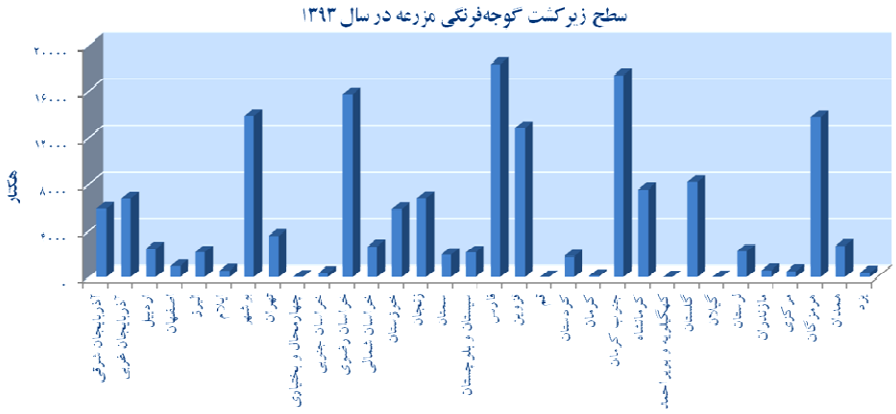
■ سطح زیرکشت (هکتار) ■ میزان تولید (تن) ■ عملکرد (کیلوگرم/هکتار)



شکل ۲- وضعیت کشت گوجه‌فرنگی گلخانه‌ای در ایران

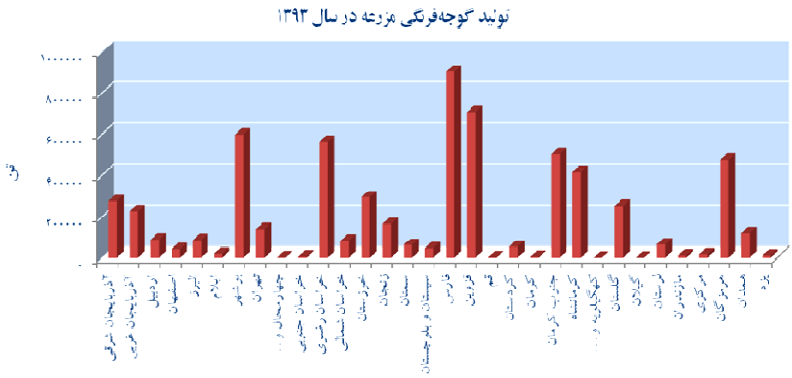
Fig. 2. Status of greenhouse tomato cultivation in Iran

■ سطح زیرکشت (هکتار) ■ میزان تولید (هزار تن) ■ عملکرد (تن/هکتار)



شکل ۳- میزان سطح زیرکشت گوجه فرنگی(مزرعه) به تفکیک استان (سال ۱۳۹۳)

Fig. 3. The area under cultivation of tomatoes (field) in each province (2014)



شکل ۴- میزان تولید گوجه فرنگی(مزرعه) به تفکیک استان (سال ۱۳۹۳)

Fig. 4. The tomato production (field) in each province (2014)

روش بررسی

نشانه‌های بیماری: نشانه‌های بیماری TYLCD معمولاً بسته به شرایط آب و هوایی و رقم گوجه‌فرنگی دو تا سه هفته بعد از وقوع آلودگی قابل مشاهده می‌باشد. در صورت وقوع آلودگی در مراحل اولیه رشد، کوتولگی شدید بوته‌های گوجه‌فرنگی، کاهش تعداد و اندازه میوه در مزارع براحتی قابل مشاهده می‌باشد. نشانه‌های مشخص آلودگی در ابتدا به صورت زرد شدن حاشیه برگ‌ها، قاشقی شدن و فنجانی شدن برگ‌ها، ریز شدن شدید برگ‌های انتهایی و در نهایت کوتولگی بوته‌های گوجه‌فرنگی ظاهر می‌شود (شکل ۵). در برخی موارد، بعد از وقوع آلودگی تا ۹۰ درصد گل‌ها ریزش کرده و به همین دلیل باعث کاهش شدید میزان میوه و یا ریز شدن میوه‌ها می‌گردد. وقوع آلودگی قبل از مرحله گلدهی نیز باعث کاهش شدید میزان محصول می‌شود. در صورت آلودگی نشاهای گوجه‌فرنگی بلافاصله بعد از انتقال به زمین اصلی، نشانه‌های آلودگی با سرعت بیشتری ظاهر شده و شدت آلودگی در این چنین مزارع نیز بیشتر می‌باشد (Diaz-Pendon *et al.*, 2010). البته تنها با مشاهده نشانه‌های آلودگی تشخیص قطعی آلودگی قابل اعتماد نیست و نشانه‌های فوق ممکن است در اثر آلودگی به سایر ویروس‌ها و یا شرایط آب و هوایی نیز ظاهر شود. لذا تشخیص قطعی آلودگی از طریق انتقال بیماری به گیاهان سالم (از طریق حشره ناقل و یا پیوند) و آزمون‌های سرولوژیکی و مولکولی امکان‌پذیر است.

شکل ۵- نشانه‌های پیچیدگی و ریز شدن برگ‌ها در گوجه‌فرنگی آلوده به ویروس TYLCV در ورامین و بهبهان

Fig. 5. Leaves symptoms on infected tomato by TYLCV in Varamin and Behbahan areas

عامل بیماری: ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (TYLCV) از اعضای جنس بگوموویروس *Begomovirus*، تیره ویروس‌های دوقلو *Geminiviridae* است (Lazarowitz, 1991). با توجه به میزان خسارت وارده خصوصاً در مزارع گوجه‌فرنگی و انتشار گسترده آن در بسیاری از نقاط دنیا، ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (TYLCV) به عنوان یکی از ده ویروس گیاهی مهم در دنیا (رتبه سوم) معرفی شده است (Rybicki, 2015; Scholthof *et al*., 2010). بیش از ده گونه و نژاد از ویروس مذکور در ارتباط با بیماری (TYLCD) گزارش شده‌اند (Diaz-Pendon *et al*., 2010; Lefeuvre *et al*., 2010). اعضای تیره ویروس‌های دوقلو دارای ژنوم از نوع د-اکسی ریبونوکلئیک اسید تک لای حلقوی (circular single-stranded DNA) می‌باشند که در پیکره‌های دوقلو (geminate) (شکل ٦ و ٧) با اندازه متوسط ۳۰ × ۱۸ نانومتر، بسته‌بندی می‌شوند (Lazarowitz, 1991). تیره ویروس‌های دوقلو براساس ساختار ژنوم (genome organization)، دامنه میزبانی (host range) و حشره ناقل (insect vector) طبقه‌بندی و دارای هفت جنس به نام‌های: *Mastrevirus*، *Curtovirus*، *Topocuvirus*، *Becurtovirus*، *Begomovirus* و *Turncurtovirus* و *Eragrovirus* است (Varsani *et al*., 2014). تمام اعضای جنس ماسترویروس، توپوکوویروس، کورتوویروس و تعدادی از اعضای جنس بگوموویروس دارای ژنوم یک بخشی (Monopartite) می‌باشند. در اغلب اعضای جنس بگوموویروس، ژنوم بصورت دوبخشی (Bipartite) و در تعدادی از اعضای این جنس ژنوم بصورت یک بخشی است (Padidam *et al*., 1995). برخلاف اغلب ویروس‌های قابل انتقال توسط سفید بالک‌ها (Whiteflies) در تیره ویروس‌های دوقلو (*Geminiviridae*) که ژنوم آن‌ها بصورت دوبخشی می‌باشد، ژنوم ویروس‌های دخیل در بیماری TYLCD بصورت یک بخشی (Monopartite) است، به استثناء دو ویروس *Tomato yellow leaf curl Thailand virus* و ویروس *Tomato yellow leaf curl Kanchanaburi virus* که دارای ژنوم دوبخشی (Bipartite) هستند. اندازه ژنوم TYLCV حدود ۲/۸ کیلوباز است (Diaz-Pendon *et al*., 2010).

وقوع نوترکیبی (Recombination) در میان جدایه‌ها و نژادهای مختلف ویروس TYLCV عامل اصلی بروز تنوع

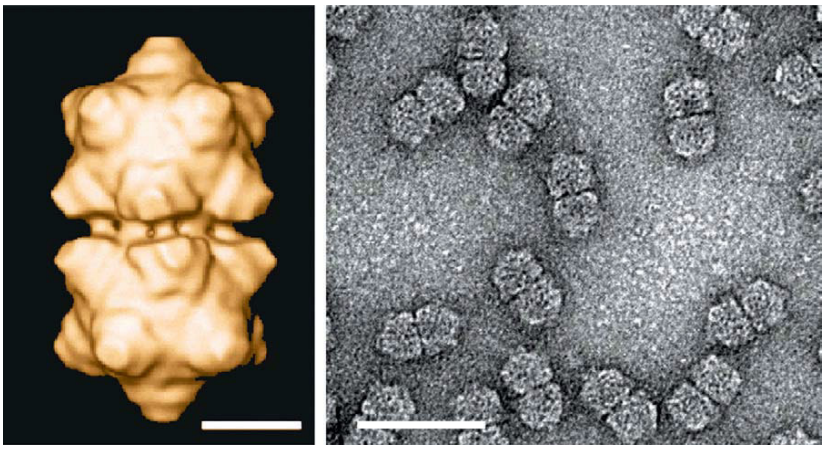
ژنتیکی بسیار بالا در این ویروس می‌باشد (Garcia-Andres *et al*., 2007). نتایج به‌دست آمده از مطالعات فیلوژنتیکی نشانگر آن بود که جدایه ایرانی ویروس (TYLCV-IR, Acc. No. Aj132711) حاصل وقوع نوترکیبی در ناحیه (Intergenic region) بین جدایه ایرانی (*Tomato leaf curl Iran virus,* Acc. No. AY29792) (Behjatnia *et al*., 2004) و جدایه فلسطین اشغالی (اسرائیل) ویروس (TYLCV-Mid, Acc. No. X76319) می‌باشد (Bananej *et al*., 2004).

تمام اعضای جنس بگوموویروس توسط حشره ناقل (*B. tabaci*) (شکل ٦) از گیاهی به گیاه دیگر انتقال می‌یابند و دامنه میزبانی آن‌ها محدود به گیاهان دولپه‌ای (dicotyledonous) می‌باشد (Van Regenmortel *et al*., 2000).

دامنه میزبانی: ویروس TYLCV دارای دامنه میزبانی وسیع و قادر به ایجاد آلودگی در بیش از ۳۰ گونه گیاهی از ۱۲ تیره می‌باشد. سبزیجات، گیاهان زینتی، گیاهان وحشی و گونه‌های مختلف علف‌های هرز از میزبان‌های TYLCV می‌باشند (Czosnek, 2007). گوجه‌فرنگی (*S. esculentum*) میزبان اولیه و اصلی TYLCV است. اکثر گونه‌های گوجه‌فرنگی وحشی از قبیل *S. chilense*، *S. habrochaites*، *S. peruvianum* و *S. pimpinellifolium* میزبان‌های فاقد علائم این ویروس هستند.

شکل ٦- a- پیکره‌های دوقلو با اندازه ۳۰×۲۰ نانومتر **b-** گیاه گوجه‌فرنگی آلوده با نشانه‌های آلودگی(چپ) و گیاه گوجه فرنگی سالم (راست) **c-** حشره ناقل *B. tabaci* (Czosnek, 2008)

Fig. 6. a- Twin bodies with size 30×20 nm **b-** symptoms of infection with TYLCV in tomato plant (left) and healthy tomato (Right) **c-** *B. tabaci* the insect vector of TYLCV(Czosnek, 2008)



شکل ۷- تصویر میکروسکوپ الکترونی از ویروس مخطط ذرت MSV, *Maize streak virus* (http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123846846)

Fig. 7. Electron microscope image of *Maize streak virus*, MSV (http://www.sciencedirect.com/science/book/9780123846846)

گیاهانی از قبیل لوبیا (*Phaseolus vulgaris*)، اطلسی (*Petunia hybrida*) و لسیانتوس (*Eustoma grandiflorum*) میزبان TYLCV بوده و نشانه‌های شدید آلودگی را بعد از انتقال آلودگی توسط سفیدبالک نشان می‌دهند. علائم مشخص آلودگی در علف‌های هرزی از قبیل *Datura stramonium*، *Cynonchum acutum* کاملاً قابل مشاهده می‌باشد، در حالی که برخی دیگر از جمله *Malva parviflora* میزبان‌هایی بدون نشانه‌های آلودگی هستند. گیاهانی که از آن‌ها برای دور کردن سفیدبالک استفاده می‌شود از قبیل کتان (*Gossypium hirsutum*) و بادمجان (*Solanum melongea*) نسبت به این ویروس ایمن هستند. از علف هرز داتوره (*Datura stramonium*) به عنوان یک میزبان آزمایشگاهی مناسب استفاده می‌شود. بعضی از گیاهان از قبیل *Nicotiana benthamiana* و *N. tabacum* در شرایط طبیعی و انتقال از طریق سفیدبالک به سختی آلوده شده و در برخی موارد از خود مقاومت نشان می‌دهند، ولی آلودگی آن‌ها توسط همسانه‌های عفونت‌زا (infectious clone) امکان‌پذیر است (Czosnek, 2008).

ویروس TYLCV در ایران، از برخی مزارع فلفل (*Capsicum annuum*) در کرمان (جیرفت) و استان هرمزگان (Shirazi *et al.,* 2008)، خیار (*Cucumis sativus*)، یونجه زرد (*Melilotus officinalis*)، هویج (*Dacus* sp.)، شنبلیله (*Trigonella* sp.) و پنیرک (*Malva* sp.) گزارش شده است (Shirazi *et al*., 2010). گیاهان زراعی از قبیل فلفل قرمز، فلفل دلمه‌ای، لوبیا چشم بلبلی (*Phaseolus vulgaris*)، خیار (*Cucumis sativus*)، طالبی و علف‌های هرز عروسک پشت پرده (*Physalis alkekenge*)، پنیرک (*Malva sylvestris*)، آفتاب پرست (*Heliotropis* sp.)، سلمه تره (*Chenopodium album*)، تاجریزی (*Solanum nigrum*) و سوروف (*Echinochloa crus-galli*) نیز به عنوان میزبان‌های طبیعی این ویروس در جنوب استان کرمان معرفی شدند (Azadvar *et al*., 2016).

پراکنش جغرافیایی: از اوایل دهه ۱۹۶۰ میلادی کشت گوجه‌فرنگی در سراسر جهان با تهدید دائمی ویروس TYLCV روبرو شده است. این ویروس به سرعت در خاورمیانه، آسیای مرکزی، شمال و غرب آفریقا، جنوب شرقی اروپا، جزایر کارائیب، جنوب شرقی آمریکا و مکزیک گسترش یافته است. TYLCV در ایتالیا، مغرب، آفریقای‌غربی و شبه جزیره عربی شناسایی و ردیابی شده است. ویروس TYLCV همچنین دراواسط و اواخر دهه ۷۰ میلادی از قبرس، اردن و لبنان گزارش شد. TYLCV سپس در اوایل دهه ۸۰ میلادی در مصر و ترکیه و در اواسط و اواخر ۹۰ میلادی از جمهوری‌های آسیایی شوروی سابق، ایران، عربستان سعودی و یمن گزارش شده است. دو جدایه بسیار مرتبط با جدایه‌های ویروس خاورمیانه، در ژاپن در اواخر ۱۹۹۰ توصیف شد. در چین جدایه TYLCV در جنوب غربی استان Guangxi شناسایی شد. در ۱۹۹۰ دو جدایه ویروسی متعلق به یک گونه جدید مرتبط با TYLCV خاورمیانه با نام *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* در ساردینیا (TYLCV-Sar) و سیسیلی (TYLCV-Sic) در ایتالیا شناسایی گردید. جدایه ساردینی در اوایل ۱۹۹۰از اسپانیا و جدایه خاورمیانه TYLCV در پرتقال و اسپانیا در اواسط ۱۹۹۰ شناسایی شد. سپس TYLCV از شمال آفریقا گزارش گردید، که احتمالاً منشا آن از اسپانیا و ایتالیا می‌باشد. در اوایل سال ۲۰۰۰ در مراکش نژادهای خاورمیانه و ایتالیا شناسایی و گزارش شدند. جدایه ایتالیایی از تونس در اوایل سال ۲۰۰۰ میلادی، جنوب فرانسه در سال ۱۹۹۹ و یونان در سال ۲۰۰۰ میلادی گزارش شد. به احتمال زیاد ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه فرنگی از اوایل دهه هفتاد میلادی در شرق آفریقا (سودان) وجود داشته است. جدایه خاورمیانه TYLCV در نیمکره غربی در اواسط ۱۹۹۰ در جزایر کارائیب، ابتدا در جمهوری دومینیکن، سپس در کوبا، جامائیکا، پورتوریکو و باهاما ظاهر و از آنجا به آمریکا رسید. در اواخر سال ۱۹۹۰ ابتدا در ویرجینیا و سپس در فلوریدا، جورجیا، لوئیسیانا، کارولینای شمالی و می‌سی‌سی‌پی گزارش شد. با توجه به مطالب فوق، TYLCV با سرعت زیادی در حال گسترش

می‌باشد و به عامل اصلی محدودکننده کشت گوجه‌فرنگی در بسیاری از مناطق دنیا تبدیل گشته است. در بسیاری از مناطق جدایه مهاجم مدیترانه‌ای TYLCV با جدایه‌های بومی آن مناطق به‌طور هم زمان با هم وجود داشته‌اند. تا چندی قبل این فرضیه وجود داشت که توسعه و گسترش TYLCV یک جهته و از سمت مدیترانه شرقی به دیگر قسمت‌های جهان بوده است ولی با توجه به گزارش جدایه ساردینی TYLCV در اردن و فلسطین اشغالی(اسراییل) در سال‌های اخیر، فرضیه فوق دچار چالش شده است (Czosnek, 2008).

پراکنش جغرافیایی بیماری ویروسی TYLCD در ایران: بیماری ویروسی (TYLCD) برای اولین بار در ایران در سال ۱۳۶۹ از برخی مزارع گوجه‌فرنگی استان‌های سیستان و بلوچستان و هرمزگان ردیابی و سپس در سال ۱۳۷۲گزارش گردید (Hajimorad *et al*., 1993). علی‌رغم نمونه برداری از ۱۰ استان کشور: خراسان، سمنان، مازندران، تهران، اصفهان، سیستان و بلوچستان، کرمان، هرمزگان، خوزستان و بوشهر، (TYLCD) فقط از بعضی مزارع گوجه فرنگی در استان‌های جنوبی کشور از قبیل سیستان و بلوچستان، هرمزگان، کرمان، بوشهر و خوزستان گزارش گردید (Hajimorad *et al*., 1996). در سال‌های بعد، بیماری ویروسی TYLCD از استان تهران (ورامین)(Shahriary and Bananej, 1997)، استان مرکزی (دلیجان)، اصفهان (دهنو)، گلستان (گرگان)، مازندران (خزرآباد) و خراسان (مشهد، درگز و سرخس) (Bananej *et al*., 2003a; Bananej *et al*., 1998)، خوزستان (بهبهان، دزفول، شوش، سوسنگرد، اهواز، اندیمشک، رامهرمز و شوشتر) (Malekzadeh *et al*., 2008; Malekzadeh *et al*., 2011)، سیستان (شیب آب، پشت آب، شهرکی و نارویی) (Vahdat *et al*., 2008)، یزد (اشکذر) (Bananej *et al*., 2009) گزارش گردید.

وضعیت آلودگی گلخانه‌ها در ایران: ویروس پالامپور پیچیدگی برگ گوجه‌فرنگی *Tomato leaf curl Palampur virus* (ToLCPMV) در سال ۱۳۸۹ از برخی گلخانه‌های خیار در استان یزد (تفت) گزارش شده است (Hessari *et al*., 2010).

ناقل بیماری: سفیدبالک (*B. tabaci*) برای اولین بار و در اواخر سال ۱۹۲۰ میلادی از شمال هند به عنوان یک آفت مهم و خسارت‌زا گزارش شد (Misra and Lamba, 1929) و در حال حاضر در تمام قاره‌های دنیا (به استثنا Antarctica) انتشار یافته است (Martin *et al*., 2000). تخمین زده شده است که بیش از ۲۰ میلیون هکتار سطح زیرکشت محصولات کشاورزی و ۱۵ میلیون کشاورز بطور مستقیم توسط سفیدبالک (*B. tabaci*) خسارت دیده‌اند (Anderson and Morales, 2005). سفیدبالک (*B. tabaci*) برای اولین بار در سال ۱۸۸۹ میلادی در یونان توصیف شد و ابتدا تحت نام *Aleyrodes tabci* (Gennadius, 1889) و سپس به نام *B. tabaci* نامگذاری گردید (Russell, 1957). سفیدبالک *B. tabaci* از بیش از ۷۰۰ گونه و ۸٦ تیره گیاهی تغذیه می‌کند (Jones, 2003) و مهم‌ترین تاثیر و خسارت آن از طریق انتقال بیش از ۱۱۰ ویروس گیاهی می‌باشد (Navas-Castillo *et al*., 2011). سفیدبالک *B. tabaci*، قبل از تبدیل شدن به حشره کامل در طی ۳-٤ هفته مراحل متعددی را طی می‌نماید. یک حشره ماده قادر به تخم‌گذاری به میزان ٤۰۰-۲۰۰ عدد در طول زندگی خود می‌باشد. تخم‌ها در طی ۱۰-۵ روز باز شده و پوره‌هایی بنام کراولر (Crawler) ظاهر شده و فاصله بسیار کوتاهی را طی نموده و سپس متوقف می‌شوند. پس از طی ۳ مرحله پورگی (پوره سن یک، دو و سه) به مرحله شفیرگی رسیده و طی یک هفته حشره کامل جوان ظاهر می‌شود. طول زندگی حشره کامل تا ۵ هفته گزارش شده است (Ghanim and Czosnek, 2016).

در طبیعت، TYLCV منحصراً توسط سفیدبالک *B. tabaci* بصورت پایا (Persistent) منتقل می‌شود. *B. tabaci* دارای بیوتیپ‌های مختلفی است که می‌توانند ار نظر دامنه میزبانی، باروری و هم چنین مارکرهای مولکولی از یکدیگر متمایز شوند. علائم روی گیاهچه‌های آلوده دو تا سه هفته پس از اولین تغذیه حشره ظاهر می‌گردد. ایجاد آلودگی در مزارع

می‌تواند بلافاصله بعد از انتقال نشاء اتفاق بیفتد. نشاهای آلوده گوجه‌فرنگی کوتاه باقی‌مانده و میوه تولید نمی‌کنند. ایجاد آلودگی در مراحل دیرتر، رشد رویشی و تولید میوه را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وقوع بیماری به سرعت افزایش یافته و در مناطق با آلودگی شدید منجر به کاهش تولید تا میزان ۱۰۰درصد می‌شود. اگر چه پوره‌های سفیدبالک قادر به انتقال بگوموویروس‌ها هستند ولی نقش اصلی انتقال و انتشار آن به عهده حشرات بالغ است (Gerling and Mayers, 1996). یک حشره کامل قادر به کسب و انتقال ویروس TYLCV به گوجه‌فرنگی می‌باشد. حداقل زمان لازم برای کسب ویروس (Acquisition access period, AAP) و مایه‌زنی (Inoculation access period, IAP) برای جدایه‌های ویروس TYLCV توسط بیوتیپ B به ترتیب از ۱۵ تا ٦۰ و ۱۵ تا ۳۰ دقیقه می‌باشد (Cohen and Harpaz, 1964; Mansour and Al-Musa, 1992; Mehta *et al*., 1994).

میزان تشخیص ویروس در بدن حشره ناقل با افزایش زمان (AAP) افزایش می‌یابد. بعد از کسب ویروس توسط حشره ناقل، بگوموویروس‌ها برای آلودگی فوری در دسترس نمی‌باشند و نیاز است که مدتی را در داخل بدن حشره ناقل بگذرانند که این مدت به دوره نهان (latent period) معروف است. تخمین مدت زمان دوره کمون بسته به شرایط محیطی، ویروس و ناقل متفاوت می‌باشد. به‌طوری‌که دوره نهان برای جدایه فلسطین اشغالی (اسرائیل) در اوایل ۱۹٦۰ میلادی، ۲۱ ساعت و در سال ۱۹۹۵ (۳۵ سال بعد) دوره نهان ۸ ساعت گزارش شده است (Ghanim *et al*., 2001). مشابه تمام بگوموویروس‌ها، TYLCV یک مسیر مشخص را در ناقل خود طی می‌کند. زمانی که استایلت سفیدبالک به آوند آبکش غنی از ویروس برگ‌های آلوده می‌رسد، از آن تغذیه می‌کند. TYLCV تقریبا ۱۰ دقیقه بعد از آغاز تغذیه توسط حشره ناقل در سر (Head) حشره قابل ردیابی است. ویروس پس از عبور از مری (Esophgus) و رسیدن به قسمت میانی (Midgut) دستگاه گوارش قابل ردیابی می‌باشد، که تقریباً ۳۰ دقیقه بعد از یافت شدن ویروس در سر حشره می‌باشد. در این نقطه بعضی از ویروس‌ها ممکن است از طریق قسمت انتهایی (Hindgut) دستگاه گوارش دفع شوند. عبور TYLCV از قسمت میانی دستگاه گوارش به همولنف بسیار سریع صورت می‌گیرد. ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی ۳۰ دقیقه بعد از ردیابی در قسمت (Midgut)، به همولنف می‌رسد که در واقع ۹۰ دقیقه بعد از شروع AAP می‌باشد. به نظر می‌رسد که عبور از دستگاه گوارش حشره طی یک فرآیند فعال انجام می‌پذیرد که گیرنده‌های اختصاصی در آن نقش دارند. به منظور جلوگیری از هضم در همولنف، ویروس‌های دوقلو با پروتئین GroEL که توسط باکتری‌های همزیست داخلی حشره تولید و به داخل همولنف ترشح می‌شوند، تعامل دارند. TYLCV تقریبا ۵/۵ ساعت بعد از ردیابی اولیه در همولنف در قسمت (Salivary gland, SG) قابل ردیابی است. در واقع ویروس بعد ازهفت ساعت از شروع (APP)، در قسمت (SG) قابل ردیابی می‌باشد و پس از گذشت یک ساعت از ردیابی در قسمت (SG) حشره ناقل قادر به انتقال ویروس به گیاه می‌شود. ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی می‌تواند در بین سفیدبالک‌ها و در غیاب منبع آلودگی انتقال یابد. ویروس TYLCV می‌تواند از طریق حشرات نر آلوده، به حشرات ماده و یا برعکس انتقال یابد، اما در میان حشرات با جنسیت یکسان انتقال نمی‌یابد (Czosnek, 2008). جنسیت (Gender) و سن (Age) حشره ناقل در میزان انتقال موثر می‌باشد. تقریباً تمام حشرات ماده با سن یک تا دو هفته قادر به ایجاد آلودگی در گوجه‌فرنگی بودند، در حالیکه ۲۰ درصد حشرات نر با همان سن قادر به ایجاد آلودگی بودند. توانایی سفیدبالک برای انتقال TYLCV هم زمان با افزایش سن کاهش می‌یابد. در حالیکه ٦۰درصد حشرات ماده با سن سه هفتگی هنوز قادر به ایجاد آلودگی بودند ولی تقریباً حشرات نر در همان سن قادر به ایجاد آلودگی نیستند. در سن ٦ هفتگی تنها ۲۰درصد حشرات ناقل ماده قادر به انتقال آلودگی بودند. بعد از ۲٤ تا ٤۸ ساعت از

زمان کسب ویروس توسط حشره ناقل، بگوموویروس‌ها می‌توانند برای هفته‌های متعدد و حتی در بعضی موارد برای تمام طول زندگی حشره ناقل در بدن آن‌ها باقی بمانند. در بسیاری از موارد این مدت زمان بیش از زمان توانایی ایجاد آلودگی می‌باشد. به عنوان مثال ویروس (TYLCSV) بعد از ۲۰ روز از (AAP) در بدن حشره ناقل قابل ردیابی بود، در حالیکه تنها تا ۸ روز بعد از (AAP) قادر به ایجاد آلودگی بود. دوره زندگی حشرات آلوده به ویروس (Viruliferous) در مقایسه با حشرات فاقد آلودگی ویروسی (Non-viruliferous) حداقل ۲۰درصد کاهش نشان می‌دهد. وجود طولانی مدت ویروس در بدن حشره ماده در ارتباط مستقیم با کاهش میزان باروری (Fertility) حشره می‌باشد. ویروس TYLCV در میزان تخم‌گذاری موثر است، ولی در میزان خروج پوره‌ها از تخم حشره ناقل نقشی ندارد (Rubinstein and Czosnek, 1997; Czosnek 2007).

وضعیت ناقل در ایران: سفیدبالک (*B. tabaci*) برای اولین بار در ایران در سال ۱۹٤٤ میلادی از حوالی کرمان (Kiriukhin, 1947) و سپس از بسیاری از نقاط کشور از قبیل فارس، کرمان، خوزستان، سیستان و بلوچستان، مازندران و گلستان، یزد، اصفهان، هرمزگان و بوشهر. گزارش شده است (Habibi, 1975; Javanmoghadam, 1993). نتایج بدست آمده تحقیقات بعمل آمده نشانگر آن است که بر مبنای الگوی ناحیه ITS1 دی.ان.ای ریبوزومی، نمونه های جمع آوری شده سفید بالک از برخی مزارع گوجه فرنگی در ایران بیوتیپ B تشخیص داده شدند. اما بر اساس باندهای تشکیل شده دی.ان.ای ژنومی در RAPD-PCR با استفاده از آغازگر H16 علاوه بر بیوتیپ B بیوتیپ های دیگری از جمله بیوتیپ Cv نیز ردیابی شد (Shahbazi *et al*., 2010). نتایج تحقیق دیگری نیز نشان داد که بیوتیپ B جمعیت غالب *B. tabaci* را در ایران تشکیل می‌دهد (Rajaei Shoorcheh *et al*., 2008).

کنترل بیماری

الف- روش‌های غیر شیمیایی

۱- اجتناب از آلودگی: تعیین تاریخ مناسب کاشت و هم‌چنین تعیین مناطق دور از منابع آلودگی به ویروس عامل بیماری و یا حشره ناقل در اکثر مواقع تاثیر قابل ملاحظه‌ای در کاهش وقوع آلودگی داشته است. از کشت‌های جدید گوجه‌فرنگی در مجاورت کشت‌های قدیمی و یا گیاهانی که به عنوان میزبان ویروس TYLCV محسوب می‌شوند، می‌بایستی اجتناب نمود. نتایج بدست آمده از یک تحقیق نشانگر آن است که تاریخ کشت گوجه فرنگی در اوایل دی ماه در شرایط آب و هوایی زاهدان باعث کاهش میزان آلودگی به ویروس TYLCV گردیده است (Jafari *et al*., 2010). تأخیر در انتقال نشاهای گوجه فرنگی به زمین‌های اصلی (با هدف فرار از بیماری) و در عین حال انتقال همزمان و یکنواخت تمام نشاهای گوجه فرنگی موجود در منطقه به زمین اصلی به عنوان یکی از راهکارهای کاهش آلودگی پیشنهاد شده است (Azadvar *et al*., 2016).

۲- حذف منابع آلودگی: حذف گیاهان جوان آلوده باعث جلوگیری از انتشار ثانویه آلودگی در مزرعه می‌شود. البته این روش هنگامی موفقیت‌آمیز است که میزان آلودگی در مزرعه و در ابتدای فصل کمتر از ۱۰درصد باشد. در مزارعی که سن گیاهان بیش از ٦ هفته باشد روش مذکور کاربردی نیست (Polstone and Lapidot, 2007). نتایج بدست آمده نشانگر ارتباط مثبت بین میزان جمعیت حشره ناقل و میزان انتشار ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی می‌باشد. برخی از کشاورزان در فلوریدا با گشت‌زنی‌های مداوم در مزارع به محض مشاهده اولین نشانه‌های آلودگی، اقدام به درآوردن گیاهان مذکور از خاک و گذاردن آن‌ها در کیسه‌های پلاستیکی نموده و نسبت به حذف آن‌ها اقدام می‌نمایند. مشاهدات مزرعه‌ای و نتایج بدست آمده نشانگر تاثیر حذف گیاهان آلوده در کاهش میزان آلودگی در مزارع می باشد. در قبرس، حذف گیاهان گوجه‌فرنگی باقی‌مانده از فصل قبلی در اوایل بهار و قبل از ظهور حشرات کامل سفید بالک نقش بسیار مهمی در کاهش میزان آلودگی داشته است (Ioannou,

1987). در دره اردن حذف گیاه (*Cynanchum acutum*) به عنوان میزبان ذخیره ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه فرنگی در زمستان نقش بسیار مهمی در جلوگیری از آلودگی مزارع گوجه فرنگی داشته است (Cohen *et al*., 1988). مزارع قدیمی گوجه فرنگی مهم‌ترین منبع برای TYLCV و حشره ناقل آن می‌باشند. سفیدبالک‌ها به سرعت و آسانی از گیاهان مسن به گیاهان جوان انتقال می‌یابند. مزارع قدیمی گوجه‌فرنگی که در آنها کنترل حشره ناقل به فراموشی سپرده شده است، به عنوان منابع مهم آلودگی در مناطق کشت و تولید گوجه‌فرنگی بشمار می‌آیند (Czosnek, 2007). نتایج بدست آمده از ارزیابی آلودگی علف‌های هرز اطراف مزارع آلوده گوجه‌فرنگی نشانگر محدودیت بسیار شدید دامنه میزبانی ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه فرنگی در جنوب کرمان بود (Azadvar *et al*., 2016).

۳- کاشت گیاهان تله: نتایج بدست آمده نشان داده‌اند که کشت خیار (*Cucumis sativus*) در بین ردیف‌های کشت گوجه فرنگی و با فاصله زمانی یک ماه قبل از انتقال نشاهای گوجه‌فرنگی به زمین اصلی باعث تاخیر قابل ملاحظه در وقوع آلودگی شده، باعث کاهش انتشار ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی و تعداد بوته‌های آلوده در دو ماه اول کشت گوجه‌فرنگی در دره اردن شده است (Al-Musa, 1982). کشت خیار در فاصله بین ردیف‌های گوجه‌فرنگی در مزرعه آزمایشی در منوجان (استان کرمان) و سرخون(استان هرمزگان) نیز باعث کاهش میزان آلودگی گوجه‌فرنگی شده است، بطوریکه میزان آلودگی بوته‌های گوجه‌فرنگی به ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی در کشت مخلوط در دو سال اجرای طرح برابر با ۱۱درصد و ۹ درصد بود در حالیکه میزان آلودگی در کشت معمول گوجه‌فرنگی به ترتیب برابر با ٤٧درصد و ٤٤ درصد بود (Bananej *et al*., 2003b). مکانیزم کنترل میزان آلودگی توسط خیار به عنوان گیاه تله احتمالاً در ارتباط با مناسب بودن بافت خیار به عنوان میزبان مناسب برای سفیدبالک (*B. tabaci*) و همچنین میزان سایه انداز برگ‌های خیار در مقایسه با گوجه‌فرنگی می‌باشد (Czosnek, 2007).

٤- موانع فیزیکی: بطورکلی استفاده از هر گونه پوشش توری که به‌طور فیزیکی باعث دور نگاه داشتن حشره ناقل (*B. tabaci*) و ممانعت از دستیابی آن به گیاه هدف (گوجه‌فرنگی) گردد، نهایتاً منجر به کاهش میزان آلودگی به TYLCV می‌شود. البته بایستی به تهویه مناسب و تامین نور کافی برای گیاه توجه خاص داشت. پوشش‌های منفذدار از جنس پلی اتیلن و پلی پروپیلن در بسیاری از موارد باعث کاهش میزان آلودگی شده است. پوشش‌های با منافذ با اندازه ۵۰ مش برای حفاظت گلخانه‌ها و ممانعت از ورود سفیدبالک بسیار موثر می‌باشد. استفاده از این پوشش‌ها در بسیاری از کشورهای مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری اجباری است (Berlinger *et al*., 1991). استفاده از توری ضد حشره ناقل درخزانه‌ها و بلافاصله در زمین اصلی در کاهش شدید میزان آلودگی در مزارع گوجه‌فرنگی بسیار موثر بوده است. با توجه به احتمال وقوع آلودگی در خزانه‌ها و نقش نشاهای آلوده در خزانه‌ها به عنوان منابع آلودگی در زمین اصلی، حفاظت نشاها در خزانه‌ها از آلودگی به ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد. میزان آلودگی در زمین اصلی که از نشاهای تولید شده در زیر توری‌های ضد حشره ناقل استفاده شده است، در مقایسه با مزارع گوجه فرنگی که از نشاهای تولید شده در خارج از توری‌های ضد حشره ناقل استفاده نموده‌اند، بسیار کمتر و دارای تفاوت معنی‌داری بود (Bananej *et al*., 2003b).

۵- موانع اپتیکی: عملکرد موانع اپتیکی از طریق ایجاد اختلال در دید حشره می‌باشد. تکامل همزمان حشرات با گیاهان در طول سالیان متمادی باعث بوجود آمدن مکانیزم‌هایی شده، که حشره را قادر به تشخیص گیاه میزبان مناسب برای تغذیه و تخم‌گذاری نموده است. رنگ، شکل، اندازه و بوی متصاعد شده از گیاه میزبان در هدایت حشره به گیاه میزبان مناسب نقش اساسی دارند (Dobson, 1994). اغلب

حشرات کامل دارای چشم‌های مرکب هستند که آن‌ها را قادر به تشخیص رنگ‌ها می‌نماید. حشرات قادر به تشخیص طیف نور ماوراء بنفش با استفاده از چشم‌های مرکب هستند (Mellor *et al*., 1997). طیف ماوراء بنفش نقش مهمی در رفتارهای جهت‌یابی، تغذیه و تعامل بین جنس نر و ماده ایفا می‌کند (Selinger *et al*., 1994). طیف ماوراء بنفش (۳۶۰ تا ۴۰۰ نانومتر) باعث تحریک سفیدبالک‌ها به پرواز می‌شود. به عنوان مثال سفیدبالک *Trialeurodes vaporariorum* وقتی در معرض طول موج کمتر از ۴۰۰ نانومتر قرار می‌گیرد نسبت به زمانی‌که در معرض طول موج ۴۰۰ تا ۵۰۰ نانومتر قرار می‌گیرد، بسیار راحت‌تر و سریع‌تر جابجا می‌شود (Coombe, 1982). میزان تغذیه سفیدبالک (*B. tabaci*) وقتی که در معرض طول موج زرد قرار می‌گیرد تشدید می‌شود، که این موضوع می‌تواند قسمتی از مکانیزم انتخاب گیاه میزبان توسط سفیدبالک باشد (Mound, 1962). استفاده از مالچ‌های زردرنگ برای کنترل ویروس‌های قابل انتقال با سفیدبالک‌ها از جمله ویروس پیچیدگی برگ زرد گوجه‌فرنگی (TYLCV) گزارش شده است (Cohen and Berlinger, 1986). تأثیر حفاظتی مالچ زردرنگ از طریق جلب سفیدبالک‌ها به رنگ زرد مالچ و سپس مرگ و میر سفیدبالک‌ها در نتیجه گرمای منعکس شده از مالچ‌ها گزارش شده است (Cohen and Melamed-Madjar, 1978). اخیراً نقش حفاظتی مالچ‌های زرد رنگ و پلی اتیلن نقره در مزارع آزمایشی به نمایش گذاشته شده است. تعداد سفیدبالک‌ها در گیاهان کدوی رشد یافته در ردیف‌های پوشیده شده با مالچ زرد رنگ و یا پلی‌اتیلن نقره، ۱۰ برابر کمتر از گیاهان کشت شده در ردیف‌های بدون پوشش بود. آلودگی به ویروس دوقلو قابل انتقال با سفیدبالک پیچیدگی برگ کدو (*Squash leaf curl begomovirus*, SLCV)، با ۲۰ روز تاخیر انجام شد. این تاخیر باعث افزایش معنی‌دار میزان محصول در مقایسه با کدوهای کشت شده در ردیف‌های بدون پوشش بود (Antignus *et al*., 2005). بطورکلی در بسیاری از گلخانه‌ها، پوشش‌های پلی اتیلن با هدف حفاظت گیاهان از باد، باران و تگرگ مورد استفاده قرار می‌گیرند. این گونه پوشش‌ها کشاورزان را قادر به کنترل کیفیت و شدت نور در داخل گلخانه‌ها می‌سازد. در سال‌های اخیر با اضافه کردن مواد جاذب UV به پوشش‌های پلی‌اتیلنی (UV-blocking polyethylene films, UV-BPF) تولید و مورد استفاده قرار گرفته است. با استفاده از این پوشش‌ها ۵درصد از کل نور ماوراء بنفش انتقال می‌یابد، در حالیکه این میزان برای پوشش‌های پلی اتیلنی معمولی ۲۰-۱۳درصد می‌باشد. نتایج بدست آمده از کاربرد UV-BPF نشانگر آن است که پوشش‌های مذکور در کاهش ورود حشره ناقل به داخل گلخانه و همچنین در کاهش انتشار بیماری‌های ویروسی قابل انتقال با حشرات از جمله سفیدبالک‌ها در داخل گلخانه‌ها بسیار موثر بوده‌اند. نتایج بدست آمده از کاربرد پوشش‌های (UV-BPF) نشانگر کاهش میزان جابجایی سفیدبالک ناقل ویروس TYLCV در فضای داخلی گلخانه‌ها می‌باشد. در تمام آزمایشات حفاظت گلخانه‌های گوجه‌فرنگی از سفید بالک‌ها و TYLCV توسط پوشش‌های پلی اتیلنی ضد UV مشاهده شده است که کاهش میزان آلودگی به ویروس همیشه بسیار بیشتر از کاهش میزان جمعیت حشره ناقل بوده است و این یافته نشانگر آن است که پوشش‌های (UV-BPF) علاوه بر تاثیر در کاهش هجوم جمعیت حشره ناقل در بازده انتقال آلودگی ویروسی نیز نقش دارند. البته علاوه بر هزینهٔ بالای استفاده از پوشش‌های مذکور، افزایش میزان رطوبت و دمای داخل گلخانه‌ها در اثر کاربرد پوشش‌های (UV-BPF) می‌بایستی مورد توجه قرار گیرد (Antignus *et al*., 1996).

۶- استفاده از ارقام مقاوم: استفاده از ارقام مقاوم، در صورت دسترسی به آن‌ها، بهترین توصیه برای کاهش میزان آلودگی به TYLCV می‌باشد. نتایج بدست آمده از برنامه‌های اصلاحی منجر به تولید ارقام متعدد با درجات مختلفی از مقاومت در ۳۰ سال اخیر شده است. امروزه مسئله اصلی برنامه‌های اصلاحی دسترسی به ارقام مقاوم به TYLCV و در عین حال قابلیت تولید میوه با کیفیت بالا می‌باشد. برخی از

ارقام مقاوم به TYLCV فاقد مقاومت به بیمارگرهای باکتریایی و قارچی در فلوریدا بوده‌اند و به همین جهت کشاورزان در فلوریدا کماکان بر استفاده از روش‌های زراعی و سموم شیمیایی برای کنترل آلودگی به ویروس TYLCV تاکید دارند (Czosnek, 2007).

ب- روش‌های شیمیایی

کنترل شیمیایی بر علیه ویروس‌های پایا و یا نیمه پایا در برخی موارد موفقیت آمیز بوده است. ظاهراً در این گونه موارد حشره ناقل به مدت زمان کافی در معرض سموم شیمیایی قرار گرفته و حشره‌کش به اندازه کافی باعث تغییر در رفتار حشره ناقل شده و از این طریق در میزان انتقال ویروس توسط حشره ناقل باعث ایجاد اخلال می‌گردد (Perring *et al*., 1999). در مورد ویروس (TYLCV)، سموم شیمیایی گروه‌های مختلف از قبیل سموم کلره (Chlorinated hydrocarbons)، ارگانوفسفات‌ها (Organophosphates)، نئونیکوتینوئیدها (Neonicotinoids)، پیریدین-آزومتین (Pyridine-Azomethines) و پیرتروئیدها (Pyrethroides) در کاهش میزان جمعیت حشره ناقل ویروس موثر می‌باشند. استفاده از نئونیکوتینوئیدها در خزانه‌های گوجه‌فرنگی باعث جلوگیری از آلودگی نشاهای گوجه فرنگی در ۲ هفته اول در مزارع گوجه‌فرنگی شده است. البته استفاده مداوم و گسترده از این سموم در بسیاری از موارد منجر به بروز مقاومت در جمعیت‌های حشره ناقل شده است (Polstone and Lapidot, 2007). کاربرد مداوم سموم شیمیایی برای کنترل سفیدبالک ناقل ویروس در برخی موارد باعث ظهور و بروز آفات ثانویه از قبیل مینوزها (Leafminers) شده است (Rafie *et al*., 1999). کنترل شیمیایی سفیدبالک (*B. tabaci*) تا اندازه‌ای که بتواند باعث کاهش قابل توجه در میزان آلودگی به (TYLCV) شود، مشکل می‌باشد. سفیدبالک‌ها در زیر برگ‌ها مستقر بوده و تغذیه می‌کنند و لایه مومی که بدن حشرات نابالغ را پوشانده است، باعث محافظت حشرات ناقل از سموم شیمیایی می‌شود (Sharaf, 1986). استفاده از سموم گروه نئونیکوتینوئید (Neonicotinoids) در جلوگیری از افزایش جمعیت‌های حشره ناقل موثر بوده است. این سموم شیمیایی (Thiomethoxam, Imidaclipride Dinotefuron) در یک دهه اخیر بطور گسترده‌ای برای کاهش وقوع آلودگی به (TYLCV) در مزارع گوجه‌فرنگی مورد استفاده قرار گرفته‌اند (Ahmed *et al*., 2001). زنبور Bumblebee کارآمدترین حشره گرده افشان در گلخانه‌های گوجه‌فرنگی می‌باشد. استفاده از سموم شیمیایی و تاثیر آن‌ها روی حشرات گرده افشان به ویژه درگلخانه‌های گوجه‌فرنگی باید مورد توجه قرار گیرد (Zaks, 1997). استفاده مداوم از این سموم مانند سایر حشره‌کش‌ها باعث بروز مقاومت در جمعیت‌های سفیدبالک‌ها شده است (Byrne *et al*., 2003). در دره اردن در اواخر تابستان و فصل پائیز هنگامی که جمعیت حشره ناقل به بالاترین حد می‌رسد، جلوگیری از انتشار ویروس‌های دوقلو امکان‌پذیر نمی‌باشد، حتی اگر این گروه از سموم به‌طور مداوم و گسترده مورد استفاده قرار گیرند (Czosnek, 2007).

بنابراین کنترل موفق ویروس‌های قابل انتقال توسط سفیدبالک‌ها بر ۳ اصل مهم استوار می‌باشد: در دسترس بودن سموم شیمیایی موثر و متنوع، گلخانه‌های غیرقابل دسترس برای حشرات، استفاده از ارقام مقاوم و یا متحمل

همچنین برای جلوگیری از وقوع آلودگی و یا کاهش میزان آلودگی رعایت موارد زیر ضروری می‌باشد:

- تولید نشاهای گوجه‌فرنگی در گلخانه‌های حفاظت شده با توری‌های غیرقابل نفوذ به حشره ناقل (۵۰ مش یا کمتر) با هدف جلوگیری از آلودگی نشاهای گوجه‌فرنگی
- در صورت تولید نشاهای گوجه‌فرنگی در گلخانه‌های سنتی استفاده از حشره‌کش‌ها و سم‌پاشی نشاهای تولیدی در این گونه گلخانه‌ها توصیه می‌شود.
- ردیابی نشانه‌های اولیه آلودگی و حذف گیاهان آلوده و یا مشکوک به آلودگی و قراردادن آن‌ها در کیسه‌های پلاستیکی، بخصوص در ٤-۳ هفته ابتدای فصل کشت.
- سفیدبالک (Whitefly) علاقه‌مند به تغذیه از بافت برگ گیاهان جوان می‌باشد. لذا برای جلوگیری از آلودگی، لازم

است که سن نشاهای گوجه فرنگی به هنگام انتقال به زمین اصلی، حداقل ۳۰ روز باشد.

– پایش جمعیت حشره ناقل در تمام طول فصل کشت.

– زمان انتقال نشاهای گوجه‌فرنگی به زمین اصلی نیز یکی دیگر از عوامل موثر در کنترل TYLCV می‌باشد. زمان انتقال باید با توجه به میزان جمعیت حشره ناقل در زمین اصلی تعیین شود. بنابراین انتقال نشاهای گوجه‌فرنگی به زمین اصلی در زمانی که جمعیت حشره ناقل بالا می‌باشد، توصیه نمی‌شود.

– جلوگیری از هم‌پوشانی کشت گوجه‌فرنگی با سایر محصولات با هدف جلوگیری از ازدیاد جمعیت حشره ناقل.

– حذف علف‌های هرز میزبان برای (TYLCV) با هدف کاهش منابع آلودگی.

– تولید و تکثیر نشاهای گوجه فرنگی در مناطقی به دور از مزارع گوجه فرنگی.

– کشت گوجه‌فرنگی با فاصله زمانی و مکانی از سایر میزبان‌ها از قبیل (کلم، کدوئیان، سویا، پنبه و علف‌های هرز).

– کشت گیاهانی از قبیل ذرت در اطراف مزارع گوجه فرنگی.

– استفاده از مالچ‌های زرد رنگ.

– سمپاشی گیاهان آلوده قبل از برداشت با هدف جلوگیری از مهاجرت حشرات ناقل به سایر گیاهان.

– حذف بوته‌ها در مزارع گوجه‌فرنگی بلافاصله پس از برداشت.

– کشت گیاهان تله (bait plants) از قبیل خیار.

– کنترل شیمیایی با استفاده از حشره‌کش‌های سیستمیک در طی مرحله گیاهچه‌ای با هدف کاهش جمعیت حشره ناقل.

– تناوب در استفاده از سموم شیمیایی با هدف جلوگیری از ایجاد مقاومت در حشره ناقل به سموم شیمیایی.

– روغن‌پاشی سطح زیرین برگ‌ها با هدف کنترل حشرات بالغ مستقر شده در زیر برگ‌ها.

– استفاده از ارقام متحمل یا مقاوم به TYLCV.

نتیجه و بحث

متاسفانه بیماری ویروسی پیچیدگی برگ زرد گوجه فرنگی TYLCD در اکثر مناطق کشت گوجه فرنگی در جنوب، نواحی مرکزی و شمالی کشور(مزرعه و گلخانه) شیوع و گسترش یافته و در عین حال جمعیت‌های زیادی از حشره ناقل *B. tabaci* نیز در بسیاری از مناطق کشور در نتیجه تغییرات شرایط آب‌وهوایی در سال‌های اخیر نیز ظاهر شده است. علاوه بر این، با توجه به نرخ بالای نوترکیبی (Recombination) در بین اعضای جنس بگوموویروس، انتظار بروز و ظهور استرین‌های جدید نیز قابل پیش بینی می باشد کمااینکه گزارشاتی در این مورد وجود دارد. با توجه به موارد فوق و همچنین سیاست توسعه کشت‌های گلخانه‌ای در کشور، در صورت عدم رعایت روش‌های کنترل ارائه شده، خسارت شدیدتری برای کشت گوجه‌فرنگی در کشور پیش بینی می شود. جلوگیری از تولید و انتقال نشاهای آلوده گوجه‌فرنگی از اولویت بالایی برخوردار می باشد و صدور گواهی سلامت توسط نهادهای ذیربط بطور موکد توصیه می‌شود. با توجه به تازه خوری گوجه فرنگی و همچنین بروز سریع مقاومت حشره ناقل به سموم شیمیایی، استفاده از سموم کم خطر و با کیفیت مناسب و موثر نیز از اهمیت بسزایی برخوردار است. رعایت اصول فنی با هدف جلوگیری از ورود حشره ناقل بیماری TYLCD به محیط‌های گلخانه‌ای به هنگام ساخت گلخانه‌های تولیدی نیز یکی دیگر از مواردی می‌باشد که می‌بایستی تحت نظارت و کنترل دقیق دستگاه‌های اجرایی قرار گیرد. در بسیاری از کشورهای دنیا با رعایت موارد فوق، موفقیت‌های قابل توجهی در جلوگیری از انتشار بیماری TYLCD به سایر نقاط و کاهش میزان خسارت بدست آمده است.

References

AHMED, N. E., H. O. KANAN, Y. Ma.Y. Q. SUGIMOTO and S. INANAGA, 2001. Effect of imidacloprid on incidence of tomato yellow leaf curl virus. Plant Disease 85: 84-87.

AL-MUSA, A. 1982. Incidence, economic importance and control of tomato yellow leaf curl in Jordan. Plant Dis.66, 561-563.

ANDERSON, P. K. and F. J. MORALES, 2005. Whitefly and whitefly-borne viruses in the tropics: building a knowledge base for global action (p. 351). Cali: CIAT.

ANONYMOUS, 2016. http://amar.maj.ir/Portal/File/ShowFile.aspx?ID=e0b180a1-71de-4f1e-8798-31dd0f3132f.

ANTIGNUS, Y., N. MOR, R. BEN-JOSEPH, M. LAPIDOT, and S. COHEN, 1996. UV-absorbing plastic sheets protect crops from insect pests and from virus disease vectored by insects. Environmental Entomology 25: 919-924.

ANTIGNUS, Y., O. LANCHMAN and M. PEARLSMAN. 2005. Light manipulation by soil mulches protect crops from the spread of Begomoviruses. Abstracts of the IX International Plant Virus Epidemiology Symposium, Lima, Peru.

AZADVAR, M., P. NAMVAR and A. DARINI, 2016. Study on control methods of Tomato yellow leaf curl disease in Southern Kerman. Final project of Agricultural Extension, Education and Research Organization, Project No. 14-70-16-9152. Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP) Tehran, Tehran, Iran.

BANANEJ, K., A. AHOONMNESH and N. SHAHRAEEN, 1998. Occurrence and identification of Tomato yellow leaf curl virus from Khorasan province of Iran. In: Proceedings of the 13th Iranian Plant Protection Congress, Karaj-Iran, p. 193.

BANANEJ, K., A. KHEYR-POUR, G. HOSSEINI-SALEKDEH and A. HOONMANESH. 2004. Complete nucleotide sequence of Iranian tomato yellow leaf curl virus isolate: further evidence for natural recombination amongst begomoviruses. Archives of Virology, 149: 1435-1443.

BANANEJ, K., M. ESKANDARI and S. JALALI, 2003a. Geographical distribution of *Tomato yellow leaf curl virus* in Iran. Applied Entomology and Phytopathology 71: 141-143.

BANANEJ, K., A. RIVANDI and R. AZAD-VAR, 2003b. Study on control methods of *Tomato yellow leaf curl virus* in the main regions of tomato cultivation in Iran. Final project of Agricultural Extension, Education and Research Organization, Project No. 100-11-76-144. Iranian Research Institute of Plant Protection (IRIPP) Tehran, Tehran, Iran.

BANANEJ, K., A. VAHDAT and G. HOSSEINI-SALEKDEH, 2009. Begomoviruses Associated with Yellow Leaf Curl Disease of Tomato in Iran. Journal of Phytopathology 157:243–247.

BEHJATNIA, S. A. A., K. IZADPANAH, I. B. DRY and A. REZAIAN, 2004. Molecular characterization and taxonomic position of the Iranian isolate of Tomato leaf curl virus. Iranian Journal of Plant Pathology 40: 77-94.

BERLINGER, M. J., S. MORDECHI, A. LIPER, A. PIPER, J. KATZ and N. LEVAV, 1991. The use of nets to prevent the penetration of *Bemisia tabaci* into greenhouses. Hassadeh 71, 1579- 1583 (in Hebrew).

BYRNE, F. J., S. CASTLE, N. PREBHAKER and N. C. TOSCANO, 2003. Biochemical study of resistance to imidacloprid in B biotype, *Bemisia tabaci* from Guatemala. Pest Manag. Sci. 59, 347- 352.

COHEN, S. and I. HARPAZ, 1964. Periodic, rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). Entomology Experience Applied 7: 155–166.

COHEN, S. and M. J. BERLINGER, 1986. Transmission and cultural control of whitefly-borne viruses agric Ecosyst. Environ. 17, 89-97.

COHEN, S. and V. MELAMED-MADJAR, 1978. Prevention by soil mulching of the spread of tomato yellow leaf curl virus transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) in Israel. Bull. Entomol. Res. 68, 465- 470.

COHEN, S., J. KERN, I. HARPAZ and R. BEN-JOSEPH, 1988. Epidemiological studies of the tomato yellow

leaf curl virus (TYLCV) in the Jordan Valley, Israel. Phtoparasitica 16: 259-270.

COOMBE, P. E. 1982. Visual behavior of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum*. Physiol. Entomol. 7,243- 251.

CZOSNEK, H. 2007. Tomato Yellow Leaf Curl Virus Disease: Management, Molecular Biology, Breeding for Resistance. Springer, ISBN 978-1-4020-4768-8.

CZOSNEK, H. 2008. Tomato Yellow Leaf Curl Virus. *Encyclopedia of Virology*, Third edition, Oxford: Elsevier. (B.W.J. Mahy and M.H.V. Van Regenmortel, Editors), 5: 138-145.

DIAZ-PENDON, J. A., M. CARMEN-CANIZARES, M. MORIONES, E. R. BEJARANO, H. CZOSNEK and J. NAVAS-CASTILO, 2010. Tomato yellow leaf curl viruses: *ménage à trois* between the virus complex, the plant and the whitefly vector. Molecular Plant Pathology 11: 441-450.

DOBSON, H. E. 1994. Floral volatiles in insect biology . In E. A. Bernays (Ed.), Insect – Plant Interactions, Vol. 5. Florida: CRC Press, pp. 47- 81.

GARCIA-ANDRES, S., G. P. ACCOTTO, J. NAVAS-CASTILLO and E. MORIONES, 2007. Founder effect, plant host, and recombination shape the emergent population of begomoviruses that cause the tomato yellow leaf curl disease in the Mediterranean basin. Virology 359: 302–312.

GENNADIUS, P. 1889. Disease of tobacco plantations in the Trikonia. The aleyrodid of tobacco. Ellenike Georgia, 5: 1–3.

GERLING, D. and R. MYERS, 1996. Bemisia 1995: Taxonomy, Biology, Damage, Control and Management, Intercept, Andover, Hampshire, UK.

GHANIM, M. and H. CZOSNEK, 2016. Interactions between the Whitefly *Bemisia tabaci* and Begomoviruses: Biological and Genomic Perspectives. Book: Management of Insect Pests to Agriculture Lessons Learned from Deciphering their Genome, Transcriptome and Proteome. Page: 181-200. ISBN 978-3-319-24047-3. DOI 10.1007/978-3-319-24049-7.

GHANIM, M., R. C. ROSELL, L. R. CAMPBELL, H. CZOSNEK, J. K. BROWN and D. E. ULLMAN, 2001. Digestive, salivary and reproductive organs of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) biotype B. Journal of Morphology 248: 22–40.

HABIBI, J. 1975. The cotton whitefly *Bemisia tabaci* Genn. Biological and methods of control. Entomologie et Phytopathologie Applquees 38: 3-4.

HAJIMORAD, M. R., A. AHOONMANESH, M. BAHAR, A. KHEYRPOUR and M. A. REZAIAN, 1993. Occurrence and identification of tomato leaf curl geminivirus in Iran. Iranian Journal of Plant Pathology 29: 112.

HAJIMORAD, M. R., A. KHEYR-POUR, V. ALAVI, A. AHOONMANESH, M. BAHAR, M. A. REZAIAN and B. GRONENBORN, 1996. Identification of whitefly transmitted Tomato yellow leaf curl geminivirus from Iran and a survey of its distribution with molecular probes. Plant Pathology 45, 418–425.

HESSARI, M., J. HEYDARNEJAD, N. KYVANI, A. MOZAFFARI, H. MASSUMI and Z. LORI, 2010. New natural hosts and introduction of *Tomato leaf curl Palampur virus* to central Iran. In: Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran-Iran, p. 675.

IOANNOU, N. 1987. Cultural management of tomato yellow leaf curl disease in Cyprus. Plant Pathology, 36:367-373.

JAFARI, M., M. VALIZADEH, J. VALIZADEH, F. ERTIAEI and M. BEIGOMI, 2010. The effect of sowing date and sowing method on damage reduction of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) in greenhouses of Baluchestan region. 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, Iran, 667.

JAVANMOGHADAM, H. 1993. Aspects of *Bemisia tabaci* Genn. In Iran and the world. 11th Iranian Plant Protection Congress, Rasht, Iran, p300.

JONES D. R., 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. European Journal of Plant Pathology 109: 195-219.

KIRIUKHIN, P. G. 1947. Quelques Aleurododea de l'Iran. Entomologie et Phytopathologie Applquees 5: 8-10.

LAZAROWITZ, S. G. 1991. Molecular characterization of two bipartite geminiviruses causing squash leaf curl disease: role of viral replication and movement

functions in determining host range. Virology 180, 70–80.

LEFEUVRE, P., D. P. MARTIN, G. HARKINS, P. LEMEY, A. J. A. GRAY, S. MEREDITH, F. LAKAY, A. MONJANE, J. M. LETT, A. VARSANI and J. HEYDARNEJAD, 2010. The spread of Tomato yellow leaf curl virus from the Middle East to the world. PLOS Pathogus. 6, e1001164.

MALEKZADEH, S., A. VAHDAT, J. HAYATI and K. BANANEJ, 2008. Occurrence and Geographical distribution of *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) in Khuzestan province (Iran). In: Proceedings of the 18th Iranian Plant Protection Congress, Hamedan-Iran, p. 502.

MALEKZADEH, S., K. BANANEJ and A. VAHDAT, 2011. Serological and molecular identification of *Tomato yellow leaf curl viru*s in Khuzestan province of Iran. Phytopathologia Mediterranea 50: 303–309.

MANSOUR, A. and A. AL-MUSA, 1992. Tomato yellow leaf curl virus: host range and vector-virus relationships. Plant Pathology 41:122–125.

MARTIN, J. H., D. MIFSUD and C. RAPISARDA, 2000. The whiteflies (Hemiptera: Aleyrodidae) of Europe and the Mediterranean Basin. Bulletin of Entomological Research, 90: 407–448.

MEHTA, P., J. A. WYMAN, M. K. NAKHLA and D. P. MAXWELL, 1994. Transmission of tomato yellow leaf curl geminivirus by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Journal Economy Entomology 87: 1291–1297.

MELLOR, H. E., J. BELLINGHAM and M. ANDERSON, 1997. Spectral efficiency of the glasshouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* its hymenopteran parasitoid. Ent. Exp. App. 83, 11- 20.

MISRA, C. S. and S. K. LAMBA, 1929. The cotton whitefly (*Bemisia gossypiperda* n. sp.). Bulletin of Agriculture Research Institute, Pusa, 196: 1–7.

MOUND, L. A. 1962. Studies on the olfaction and colour sensitivity of *Bemisia tabaci* (GENN)(Homoptra, Aleurodidae). Entomol. Exp. Appl. 5, 99- 104.

NAVAS-CASTILLO, J., E. FIALLO-OLIVE and S. SAMCHEZ-CAMPOS, 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. Annual Review of Phytopathology, 49: 219–248.

PADIDAM, M., R. N. BEACHY and C. M. FAQUET, 1995. Tomato leaf curl geminivirus from India has a bipartite genome and coat protein is not essential for infectivity. Journal of General Virology 76: 25-35.

PERRING. T. M., N. M. GRUENHAGEN and C. A. FARRAR, 1999. Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors. Annual Review of Entomology 44: 457- 481.

POLSTONE, J. E. and M. Lapidot, 2007. Management of Tomato yellow leaf curl virus: US and Israel perspectives. Chapter 2, 251-262, Book: Tomato Yellow Leaf Curl Virus. Encyclopedia of Virology, 5 vols. (B.W.J. Mahy and M.H.V. Van Regenmortel, Editors), pp. 138-145 Oxford:Elsevier.

RAFIE, A., J. DIAZ and P. MCLEOD, 1999. Effects of forage groundnut in reducing the sweetpotato whitefly and associated geminivirus disease in bell pepper in Honduras. Tropical Agriculture 76: 208–211.

RAJAEI SHOORCHEH, H., B. KAZEMI, S. MANZARI, J. K. BROWN and A. SARAFRAZI, 2008. Genetic variation and *mtCOI* phylogeny for *Bemisia tabaci* (Hemiptera, Aleyrodidae) indicate that the 'B' biotype predominates in Iran. Journal of Pest science 81: 99-206.

RUBINSTEIN, G. and H. CZOSNEK, 1997. Long-term association of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. Journal of General Virology 78: 2683–2689.

RUSELL, L. M. 1957. Synonyms of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera, Aleyrodidae). Bulletin Brooklyn Entomology Society, 52: 122–123.

RYBICKI, E. 2015. A top ten list for economically-importnt plant viruses. Archives of Virology 160: 17-20.

SCHOLTHOF, K., S. ADKINS, H. CZOSNEK, P. PALUKAITIS, E. JACQUOT, T. HOHN, B. HOHN, K. SAUNDERS, T. CANDRESSE, P. AHLQUIST, C. HEMENWAY and G. FOSTER, 2010. Top 10 plant viruses in molecular plant pathology. Molecular Plant Pathology 12: 938-954.

SELINGER, H. H., A. B. LALL and W. H. BIGGLEY, 1994. Blue through UV polarization sensitivities in insects. Optimizations for the range of atmospheric polarization conditions. Journal of physiology 175: 475-486.

SHAHBAZI, M., S. A. A. BEHJATNIA, M. ALICHI, K. BANANEJ and K. IZADPANAH, 2010. Identification of *Bemisia tabaci* biotypes in Iran based on ITS1 region og ribosomal DNA and DNA polymorphism. 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran, Iran, p551.

SHAHRIARY, D. and K. BANANEJ, 1997. Occurrence of Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) in tomato fields of Varamin. Applied Entomology and Phytopathology 65, 109–110.

SHARAF, N. 1986. Chemical control of *Bemisia tabaci*. Agric. Ecosyst. Environ. 17, 111-127.

SHIRAZI, M., J. MOZAFARI, F. RAKHSHANDEROO and M. SHAMS-BAKHSH, 2008. Molecular detection of Tomato yellow leaf curl virus in pepper (*Capsicum annum*) and tomato (*Lycopersicum esculentum*) crops. In: Proceedings of the 18th Iranian Plant Protection Congress, Hamedan-Iran, p. 532.

SHIRAZI, M., J. MOZAFARI, F. RAKHSHANDEROO and M. SHAMS-BAKHSH, 2010. Host range of Tomato yellow leaf curl virus in Iran. In: Proceedings of the 19th Iranian Plant Protection Congress, Tehran-Iran, p. 702.

VAHDAT, A., M. SHAHRAKI and K. BANANEJ, 2008. Occurrence of Tomato yellow leaf curl disease (TYLCD) in Sistan (Iran). In: Proceedings of the 18th Iranian Plant Protection, Hamedan-Iran, p. 511.

VAN REGENMORTEL, M. H. V., C. M. FAQUET, D. H. L. BISHOP, E. B. CARSTENS, M. K. ESTES, S. M. LEMON, J. MANILOFF, M. A. MAYO, D. J. MCGEOCH, C. R. PRINGLE and R. B. WICKNER (eds.), 2000. Virus Taxonomy, Classification and Nomenclature of Viruses. In: Seventh Report of the International Committee on Taxonomy of Viruses. Academic Press, USA.

VARSANI, A., J. NAVAZ-CASTILLO, E. MORIONES, C. HERNANDEZ-ZEPEDA, A. IDRIS, J. K. BROWN, F. M. ZERBINI and D. P. MATIN, 2014. Establishment of three new genera in the family Geminiviridae: Becurtovirus, Eragrovirus and Turncurtovirus. Archives of Virology, 159:2193–2203.

ZAKS, Y. 1997. Recommendations for Pest Control in Vegetable Crops. Israel Ministry of Agriculture: Publication of the Agriculture Extension Service, pp. 81–83 (in Hebrew). contaminants. Environmental Toxicology and Chemistry, 23: 2465–72.