



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

نشریه فنی

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی

نگارندگان:

کاوه بنانج

طیبه کشاورز

سارا قارونی

شماره ثبت:

۶۲۷۸۳

۱۴۰۱

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات گیاه پزشکی کشور

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی

نگارندگان:

کاوه بنانج

طیبه کشاورز

سارا قارونی

۱۴۰۱

مخاطبان نشریه فنی: کشاورزان پیشرو، مروجین و کارشناسان ارشد مراکز آموزشی،
پژوهشی و اجرایی وابسته به وزارت جهاد کشاورزی

موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور، نشریه فنی
ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی
نگارندگان: کاوه بنانج، طیبه کشاورز و سارا قارونی
ناشر: موسسه تحقیقات گیاهپزشکی کشور

سال نشر: ۱۴۰۱

شماره و تاریخ ثبت نشریه: شماره ثبت ۶۲۷۸۳ مورخ ۱۴۰۱/۱۰/۱۱
نشانی مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی: تهران، بزرگراه شهید چمران، خیابان یمن،
پلاک ۱ - سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

فهرست مندرجات

۱	پیش گفتار
۲	مقدمه
۳	عامل بیماری
۵	نشانه‌های بیماری
۸	دامنه میزبانی
۹	پراکنش جغرافیایی
۱۰	انتقال آلودگی
۱۲	روش‌های ردیابی ToBRFV
۱۲	بررسی مقاومت در ToBRFV
۱۳	مدیریت بیماری
۱۵	توصیه‌های راهبردی
۱۶	فهرست منابع

پیش گفتار

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV) از اعضای جنس توباموویروس (Tobamovirus) از مهمترین‌ترین ویروس‌های خسارت‌زای گوجه‌فرنگی و فلفل است. این ویروس از طریق بذر (seed coat) و نشاهای آلوده گوجه‌فرنگی و فلفل انتقال و انتشار می‌یابد. گوجه‌فرنگی و فلفل میزبان‌های طبیعی ToBRFV می‌باشند. ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی برای اولین بار از اردن در سال ۲۰۱۵ میلادی گزارش و سپس در مدت زمانی کوتاهی از ۳۵ کشور در قاره آسیا، اروپا، آفریقا و آمریکا و هم‌چنین ایران گزارش شد. بر اساس نتایج گزارش شده، ضد عفونی بذر گوجه‌فرنگی با برخی مواد شیمیایی موجب حذف آلودگی به میزان ۱۰۰٪ از بذور آلوده به ToBRFV شده است. تشخیص سریع و به موقع آلودگی بذر و نشاهای گوجه‌فرنگی و فلفل به ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی منجر به حذف منابع آلودگی و جلوگیری از انتشار آن به سایر مناطق می‌شود. صدور گواهی سلامت برای بذر و نشاهای مورد استفاده، جلوگیری از انتقال بذر و نشاهای آلوده به مناطق مختلف، از بین بردن علف‌های هرز میزبان، ضد عفونی وسایل کار، ریشه‌کشی و از بین بردن بوته‌های آلوده در مدیریت بیماری نقش بسیار موثری دارند.

مقدمه

گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، گیاهی از خانواده بادنجانیان *Solanaceae*، بومی کشور پرو در آمریکای جنوبی (Hanssen *et al.*, 2010) می‌باشد و یکی از محصولات مهم اقتصادی در دنیا با ارزش ۹۴ میلیارد دلار در سال ۲۰۱۸ میلادی و با تولید تقریبی ۱۸۱ میلیون تن در سال ۲۰۱۹ میلادی است (Rivarez *et al.*, 2021). چین با تولید سالیانه ۶۲ میلیون تن گوجه‌فرنگی بزرگترین تولید کننده در دنیا است (Zhi-yong *et al.*, 2021). میزان تولید گوجه‌فرنگی در ایران در مزارع حدود شش میلیون و نهصد هزار تن و در گلخانه حدود ۶۳۳ هزار تن می‌باشد (آمارنامه کشاورزی ۱۳۹۸). ویروس‌های گیاهی از مهمترین عوامل محدود کننده تولید گوجه‌فرنگی به شمار می‌آیند. توسعه و گسترش کشت گلخانه‌ای، در استقرار و ظهور مجدد بسیاری از عوامل بیماری‌زا از جمله ویروس‌های گیاهی موثر بوده و نتیجه آن کاهش قابل توجه کمی و کیفی محصول می‌باشد (Hanssen *et al.*, 2010). ویروس‌ها به عنوان بیمارگرهای غالب گوجه‌فرنگی به شدت تولید این محصول را تحت تاثیر قرار داده‌اند (Ma *et al.*, 2021; Zhi-yong *et al.*, 2021) و از لحاظ اهمیت اقتصادی و ایجاد خسارت در مقام دوم بعد از قارچ‌ها قرار دارند (Gallitelli, 2000). از ویروس‌های مهم آلوده کننده گوجه فرنگی می‌توان به ویروس‌های متعلق به جنس‌های مختلف از قبیل *Begomovirus*، *Tobamovirus*، و *Potexvirus* اشاره نمود (Luria *et al.*, 2017; Navas-Castillo *et al.*, 2011).

عامل بیماری

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی ToBRFV، از اعضای جنس توباموویروس *Tobamovirus* در تیره *Virgaviridae* است. جنس توباموویروس، بزرگترین جنس (۳۷ گونه) در میان هفت جنس حاضر در تیره مذکور می‌باشد. جنس توباموویروس در برگیرنده‌ی گونه‌های شناخته شده‌ی ای از قبیل *Tobacco mosaic virus*(TMV) ، *Tomato mosaic virus*(ToMV) ، *Tobacco mild green mosaic virus*(TMGMV) و *Pepper mild mottle virus*(PMMoV) می‌باشد (ICTV, 2021). اعضای متعلق به این جنس دارای پیکره‌های میله‌ای شکل به طول ۳۰۰ نانومتر بوده که دارای ژنوم آر. ان. ای تک لای مثبت (+ssRNA) به اندازه ۶/۲ کیلوباز (Kb)، شامل چهار چارچوب ژنی (ORF) می‌باشند (Luria et al., 2017). در انتهای ۵' ژنوم ویروس کلاهیک متیله شده و در انتهای ۳' آن ساختار شبه tRNA وجود دارد (Ishibashi and Ishikawa, 2016).

جنس توباموویروس بر اساس سازمان ژنوم و میزبان به سه زیر گروه آلوده کننده بشرح زیر تقسیم می‌شوند (Chanda et al., 2021):

۱- کدوییان Cucurbitaceae

۲- بادنجانیان Solanaceae

۳- کلمیان Brassicaceae و کاسنیان Asteraceae تقسیم می‌شوند.

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی ToBRFV یکی از ویروس‌های نوظهور در چند سال اخیر در گوجه‌فرنگی و فلفل است، که به عنوان یک تهدید جدی برای کشت گوجه‌فرنگی و فلفل به‌شمار می‌آید (Luria et al., 2017; Salem et al., 2016; Jewehan et al., 2022). توباموویروس‌ها تهدید بسیار

جدی برای تولید سبزیجات و گیاهان زینتی در جهان و ToBRFV به عنوان یک تهدید اختصاصی در تولید گوجه‌فرنگی در گلخانه‌ها مورد توجه قرار گرفته اند (Salem et al., 2016; Zhi-yong et al., 2021).

زیر گروه اول شامل گونه‌های ویروس موزاییک پیسک سبز خیار (CGMMV) و ویروس موزاییک کنف (SHMV) است که به ترتیب کدویان و حبوبات را آلوده می‌کنند (Letschert et al., 2002).

زیر گروه دوم شامل ویروس موزاییک توتون (TMV)، ویروس موزاییک گوجه‌فرنگی (ToMV)، ویروس پیسک خفیف فلفل (PMMV) و ویروس موزاییک خفیف سبز توتون (TMGMV) و ویروس لکه حلقوی ثعلب (ORSV) می‌باشد. بجز ویروس لکه حلقه‌ای ثعلب که ویروس شایع در ثعلب است، اکثر این ویروس‌ها، گیاهان تیره بادنجانیان را آلوده می‌کنند (Letschert et al., 2002). زیر گروه سوم شامل ویروس موزاییک بارهنگ (RMV) و ویروس رگبرگ روشنی شلغم (TVCV) می‌باشد که گیاهان تیره کلمیان را آلوده می‌کنند (Letschert et al., 2002).

نشانه‌های بیماری

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی دارای دامنه متنوع از علائم است که در بسیاری از موارد مشابه با علائم سایر آلودگی‌های ویروسی است. گیاه در

¹ *Cucumber green mottle mosaic virus*

² *Sunn- hemp mosaic virus*

³ *Pepper mild mottle virus*

⁴ *Tobacco mild green mosaic virus*

⁵ *Odontoglossum ring spot virus*

⁶ *Ribgrass mosaic virus*

⁷ *Turnip vein- clearing virus*

تمام مراحل رشد از مرحله جوانه‌زنی تا گلدهی و میوه‌دهی آلوده می‌شود. رقم گوجه فرنگی، مرحله رشدی گیاه، شرایط محیطی و زمان وقوع آلودگی در شدت علائم ToBRFV موثر است. به طور کلی علائم می‌تواند شامل موزائیک، سبزدی، ابلقی شدن، تاولی (Blistering)، بدشکلی و در برخی موارد باریک شدن برگ‌ها باشد (شکل ۱).



شکل ۱. علائم موزائیک بر روی برگ‌های گوجه فرنگی همراه با آلودگی به ToBRFV (اردبیل، تیر ۱۴۰۰)

موزائیک، پیچیدگی برگ، کوتولگی بوته‌های فلفل دلمه‌ای (شکل ۲) و ظهور لکه‌های زرد روشن بر روی میوه از سایر نشانه‌های همراه با آلودگی به ویروس ToBRFV است (شکل ۳).



شکل ۲. علائم موزائیک و کوتولگی بوته فلفل همراه با آلودگی به ToBRFV (یزد، تیر ۱۴۰۰)



شکل ۳. لکه‌های زرد روشن و موزائیک در میوه‌های فلفل دلمه‌ای همراه با آلودگی به ToBRFV (اراک، تیر ۱۴۰۰)

علائم آلودگی در میوه‌های گوجه فرنگی به صورت نقاط نکروزه و قهوه‌ای رنگ روی میوه‌های سبز (شکل ۴) و ظهور نوارهای سبز رنگ و لکه‌های زرد رنگ و یا چروکیده روی قسمت‌هایی از میوه رسیده ظاهر می‌شود. ظهور نوارهای سبز رنگ روی قسمت‌هایی از میوه، لکه‌های زرد رنگ روی میوه یا قهوه‌ای ای رنگ ماندن میوه‌های گوجه فرنگی (شکل ۵) می‌تواند از سایر نشانه‌های آلودگی باشد.



شکل ۴. ایجاد نقاط نکروزه و قهوه‌ای رنگ بر روی میوه نارس گوجه‌فرنگی آلوده به

ToBRFV

<https://www.canr.msu.edu>



شکل ۵. آلودگی به ToBRFV همراه با علائم قهوه‌ای شدن میوه گوجه فرنگی (ساوه، تیر ۱۴۰۰)

دامنه میزبانی

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی قادر به ایجاد آلودگی به روش مایه زنی مکانیکی در ۴۰ گونه گیاهی متعلق به چهار تیره تاج خروس (Amaranthaceae)، تیره خرزهره (Apocynaceae)، تیره کاسنیان (Asteraceae) و تیره بادنجانیان (Solanaceae) است (Chanda *et al.*, 2021). گوجه‌فرنگی و فلفل تنها میزبان‌های طبیعی شناخته شده برای این گونه ویروسی می‌باشند (Salem *et al.*, 2016; Luria *et al.*, 2017). علف‌های هرز اغلب در اکوسیستم‌های زراعی وجود دارند و به عنوان منابع بالقوه آلودگی‌های ویروسی ایفا نقش می‌کنند (Luria *et al.*, 2017; Caruso *et al.*, 2022). ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی به‌طور مصنوعی روی چندین گونه از جنس *Nicotiana* (*N. tabacum*, *N. benthamiana*, *N. clevelandii*, *N. glutinosa*, *N. occidentalis* subsp. *hesperis*, *N. debneyi*, *N. rustica*، *Physalis angulate*، *Solanum nigrum* و چندین علف هرز نظیر *C. album*، *C. quinoa*، *C. amaranticolor*، *Chenopodium murale*، *Gomphrena globosa* و *Datura stramonium* منتقل شدند (Luria *et al.*, 2017; Salem *et al.*, 2022; Chanda *et al.*, 2021). آلودگی طبیعی علف‌های هرز (*C. murale*) و (*S. nigrum*) به ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی در فلسطین اشغالی گزارش شده است (EPPO Bulletin 2020).

پراکنش جغرافیایی

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی برای اولین بار از اردن در سال ۲۰۱۵ میلادی گزارش شد و سپس بلافاصله در مدت زمانی کوتاهی از ۳۵ کشور در قاره‌های آسیا، اروپا، آفریقا و آمریکا از قبیل یونان (Beris *et al.*, 2020)، فرانسه (EPPO, 2020)، ترکیه (Fidan *et al.*, 2019)، چین (Yan *et al.*, 2019)، فلسطین (Alkowni *et al.*, 2019)، آلمان (Menzel *et al.*, 2019)، فلسطین اشغالی (Luria *et al.*, 2017)، انگلیس (Skelton *et al.*, 2019)، اسپانیا (Alfaro-Fernández *et al.*, 2021)، ایالات متحده (Ling *et al.*, 2019) اسلونی (Vucurovic *et al.*, 2022)، نروژ (Hamborg and Blystad, 2022)، عربستان سعودی (Sabra *et al.*, 2022)، مصر (Amer and Mahmoud, 2020) سوریه (Hasan *et al.*, 2022)، لبنان (Abou-Kubaa *et al.*, 2022) و ایران (Esmaeilzadeh *et al.*, 2022a; Esmaeilzadeh *et al.*, 2022b; Ghorbani *et al.*, 2021) گزارش شده است.

پراکنش جغرافیایی ToBRFV در ایران

آلودگی به ToBRFV برای اولین بار در ایران در شهریور ۱۴۰۱ از گلخانه گوجه-فرنگی در استان اصفهان گزارش شد (Ghorbani *et al.*, 2021). آلودگی چند گلخانه گوجه‌فرنگی در اطراف تهران و نمونه‌های فلفل (bell pepper) به ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی نیز گزارش شده است (Esmaeilzadeh and Koolivand, 2022a, 2022b).

آلودگی به ToBRFV در برخی از نمونه‌های گوجه‌فرنگی و فلفل جمع‌آوری شده از استان‌های مختلف کشور از قبیل تهران، اصفهان، یزد، البرز، قزوین، مرکزی، زنجان، اردبیل و آذربایجان شرقی در طی خرداد ۱۴۰۰ تا تیر ۱۴۰۱ و

استفاده از سه جفت آغازگر اختصاصی و انجام RT-PCR، باثبات رسید (مطالعات منتشر نشده بنانج و کشاورز).

انتقال آلودگی

بطور کلی توپامو ویروس‌ها در فواصل طولانی از طریق بذره‌ای با آلودگی سطحی (seed coat)، نشاء، لباس و دست کارگران، ابزار و خاک آلوده به آسانی انتقال و انتشار می‌یابند (Alon *et al.*, 2021). آسیب دیدگی گیاهان میزبان با عوامل زنده و غیرزنده ممکن است موجب افزایش حساسیت آن‌ها در آلودگی به توپامو ویروس‌ها شود. انتشار متانول در نتیجه آسیب‌های مکانیکی به احتمال زیاد باعث انتقال این گروه ویروسی میان گیاهان مجاور می‌شود (Dorokhov *et al.*, 2012).

انتقال ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی از طریق بذر (بصورت آلودگی سطحی (seed coat) یا آغشتگی) و نشاهای آلوده نقش اساسی در بروز وقوع اپیدمی در بیماری‌هایی مانند آنچه توسط توپامو ویروس‌ها ایجاد می‌شود را ایفا می‌کند. بذر گوجه‌فرنگی استخراج شده از میوه آلوده به ToBRFV، ۱۰٪ آلوده بودند (Dombrovsky and Smith, 2017; Samarah *et al.* 2021). نرخ انتقال از بذر آلوده به گیاهچه در مرحله دو برگی دو برگ کویلودون به میزان ۲/۸ درصد و به برگ سوم (برگ حقیقی) به میزان ۱/۸ درصد می‌باشد. (Davino *et al.*, 2020). انتقال مکانیکی در حین انجام عملیات کاشت از مهمترین روشهای انتقال و گسترش آلودگی از گیاهی به گیاه دیگر است (Salem *et al.*, 2016). ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی می‌تواند به آسانی توسط کارگران و از طریق تماس ریشه به ریشه منتقل شود (Rizzo *et al.*, 2020). آب‌های در

حال گردش در کشت‌های هیدروپونیک در انتقال ویروس دخالت دارند. پایداری بالای ویروس باعث دوام طولانی در خاک، بقایای گیاهی و روی چوب‌ها می‌شود (Dombrovsky and Smith, 2017; Dombrovsky et al., 2020).

زنبور مخملی (*Bombus terrestris*) که به‌طور گسترده به عنوان یک گرده‌افشان در تولید گوجه‌فرنگی استفاده می‌شود، می‌تواند ویروس را به گیاه سالم حمل کند (Oladokun et al., 2019; Zhang et al., 2022). هیچ گزارشی مبنی بر انتقال ToBRFV از یک گیاه به گیاه دیگر توسط شته‌ها و یا سفیدبالک‌ها منتشر نشده است (<https://www.canr.msu.edu/news/tobrfv-a-new-concern-for-tomato-and-pepper-producers>). بنابراین فعالیت حشراتی مانند زنبور می‌تواند گسترش ویروس را تسریع کند (Zhang et al. 2022).

بطور خلاصه روش‌های انتقال آلودگی عبارتند از: (Zhi-yong et al., 2021; Luria et al., 2017, Salem et al., 2016):

۱. انتقال و انتشار از طریق بذر و نشاءهای آلوده گوجه فرنگی و فلفل
۲. خاک آلوده
۳. آب‌های در حال گردش در کشت‌های هیدروپونیک
۴. انتقال مکانیکی در حین انجام کشت از گیاه به گیاه دیگر
۵. لباس و دستان آلوده کشاورزان
۶. ابزارآلات کشاورزی آلوده
۷. سازه‌های آلوده گلخانه
۸. زنبورها (bumblebees).

روش‌های ردیابی ToBRFV

در حال حاضر، روش‌های سرولوژیکی مانند الایزا (enzyme-linked immunosorbent assay- ELISA) و وسترن بلات (Western-blot) برای ردیابی ToBRFV استفاده می‌شوند. با این حال، این روش‌ها فاقد اختصاصیت گونه (species-specificity) هستند و نمی‌توان از آن‌ها برای تمایز ToBRFV از گونه‌های نزدیک به آن نظیر TMV و ToMV استفاده کرد (Luria *et al.*, 2017; Alon *et al.*, 2021; Zhi-yong *et al.*, 2021). دلیل این امر حفاظت شدگی بالای پروتئین پوششی (coat protein, CP) در توپاموویروس‌ها بوده که منجر به واکنش متقابل آنتی بادی (antibody cross-reactivity) بین گونه‌های این جنس می‌شود (Alon *et al.*, 2021).

برای مقابله با این چالش و تشخیص اختصاصی ToBRFV، روش‌های مولکولی از جمله توالی‌یابی نسل جدید، استفاده از آغازگرهای اختصاصی در واکنش زنجیره‌ای پلیمرز و نسخه‌برداری معکوس (reverse-transcription polymerase chain reaction- RT-PCR)، Real-Time RT-PCR و روش تکثیر هم‌دمای وابسته به حلقه (loop-mediated isothermal amplification- LAMP) پیشنهاد شدند (Luria *et al.*, 2017; Alon *et al.*, 2021; Rizzo *et al.*, 2020).

بررسی مقاومت به ToBRFV

در گوجه‌فرنگی سه ژن Tm-1، Tm-2 و Tm-2² مسئول ایجاد مقاومت در مقابل توپاموویروس‌های متعددی نظیر TMV و ToMV هستند (Fidan *et al.*, 2021; Zhi-yong *et al.*, 2021). امروزه مشخص شده است که ToBRFV بر همه‌ی ژن‌های مقاومت به توپاموویروس در گوجه‌فرنگی از جمله ژن پایدار Tm-22 که

در بسیاری از ارقام تجاری گوجه‌فرنگی وجود دارد و بیش از ۶۰ سال ناشکستی باقی مانده است، غلبه کرده (Alon *et al.*, 2021)، به طوری که میزان وقوع این بیماری در بعضی مناطق نزدیک به ۱۰۰ درصد گزارش شده است (Zhi-yong *et al.*, 2021). بنابراین تاکنون هیچ رقم مقاوم گوجه‌فرنگی به ToBRFV در دنیا گزارش نشده است (Zhi-yong *et al.*, 2021). ژن Tm-1 که روی کروموزوم شماره ۲ قرار دارد، دارای مقاومت با غالبیت جزئی بوده، از *Solanum habrochaites* PI 126,445 منشأ گرفته و تکثیر ویروس را سرکوب می‌کند (Jewehan *et al.*, 2022). ژن‌های Tm-2 و Tm-2² به ترتیب کشف شده در PI 126,926 و *S. peruvianum* PI 128,650، بر روی کروموزوم شماره ۹ قرار دارند و مقاومت غالب کامل را از طریق محدود کردن حرکت ویروس ایجاد می‌کنند. مقاومت‌هایی بر اساس سه ژن مقاومت فوق یافت شده‌اند، توسط سویه‌های جهش یافته TMV یا ToMV شکسته شدند (Jewehan *et al.*, 2022). گزارش‌هایی وجود دارد مبنی بر اینکه، اثربخشی مقاومت‌های مرتبط با ژن Tm وابسته به دما بوده و در دمای بالا (۲۸ تا ۳۵ درجه سلسیوس) شکسته می‌شود (Cirulli and Ciccicarese, 1975; Fraser and Loughlin, 1982).

مدیریت بیماری

بطور کلی در مورد آلودگی‌های ویروسی، پیشگیری مهم‌ترین روش جهت جلوگیری از وقوع آلودگی است. برخی از روش‌های پیشگیری از وقوع آلودگی ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی (ToBRFV) در دو میزبان شناخته شده آن (گوجه‌فرنگی و فلفل) عبارتند از:

- ۱- استفاده از بذور و نشاهای دارای گواهی سلامت (عاری از آلودگی به ToBRFV)

- ۲- جلوگیری از انتقال نشاهای گوجه فرنگی و فلفل فاقد گواهی سلامت از مراکز تولید نشا به استان‌های مختلف کشور.
- ۳- شناسایی دقیق و سریع آلودگی به ToBRFV
- ۴- رعایت اصول بهداشتی:
- ضد عفونی سطوح سازه‌های گلخانه خصوصا در محل‌های تهیه نشاهای گوجه‌فرنگی و فلفل.
 - ضد عفونی لباس کشاورزان و ابزارآلات کشاورزی
 - حذف بوته‌های مشکوک به آلودگی و ویروسی
 - استفاده از خاک عاری از آلودگی
- از زمان تشخیص و شناسایی ToBRFV، تنها اقدامات پیشگیرانه برای به حداقل رساندن خطر آلودگی توصیه شده است (Oladokun *et al.*, 2019; Samarah *et al.*, 2021). رعایت دستورالعمل‌های بهداشتی به‌عنوان یک راهکار اصلی در پیشگیری از وقوع ToBRFV مورد تاکید می‌باشد.
- تاکنون هیچ روش سم‌پاشی که در کاهش شیوع ویروس موثر باشد گزارش نشده است (<https://www.canr.msu.edu/news/tobrfv-a-new-concern-for-tomato-and-pepper-producers>).
- تا بحال رقم مقاوم و یا متحمل معرفی نشده است (Samarah *et al.*, 2021). تولید بذور و نشاء مراحل بسیار مهم و حیاتی بوده، زیرا وقوع آلودگی در این مرحله خطر آلوده شدن صدها و گاه هزاران گیاه را موجب می‌شود. به همین علت تهیه بذور گواهی شده از مکان‌های معتبر در پیشگیری از وقوع آلودگی به ToBRFV دارای اهمیت می‌باشد (Zhang *et al.*, 2022).

تیمار بذر گوجه‌فرنگی با اسید کلریدریک دو درصد به مدت ۳۰ دقیقه و یا تری سدیم فسفات ۱۰٪ بمدت ۳ ساعت موجب حذف آلودگی به میزان ۱۰۰٪ از بذور آلوده به ToBRFV شده است. بهبود جوانه‌زنی بذر، کاهش میانگین زمان جوانه‌زنی و بهبود رشد گیاهچه در مقایسه با بذرهای تیمار نشده نیز مشاهده گردیده است (Samarah *et al.*, 2021).

ضدعفونی لباس کشاورزان، ابزارآلات کشاورزی و سطوح صاف با توجه به ماندگاری طولانی مدت ویروس خصوصا در سطوح صاف باید مورد توجه قرار گیرد (Zhang *et al.*, 2022).

حذف نمونه‌های مشکوک به آلودگی و اجتناب از گسترش مواد گیاهی آلوده توسط تولیدکنندگان و مشتریان و استفاده از خاک عاری از آلودگی نیز در پیشگیری از وقوع ToBRFV مهم می‌باشد (Caruso *et al.*, 2022).

نتیجه مطالعات چاندا و همکاران (2021) مبنی بر کاربرد مواد ضدعفونی کننده علیه ToBRFV نشان‌دهنده اثربخشی ۹۰-۱۰۰٪ چندین ماده شیمیایی شامل: لاکتوفرین (Lactoferin) ۰.۵٪، ویروسید (Virocid) ۲٪، کلروکس (Clorox) ۱۰٪ و ویرکن (Virkon) ۳٪ علیه ToBRFV بود (Chanda *et al.*, 2021).

توصیه‌های راهبردی

با توجه به بذر زاد بودن ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی صدور گواهی سلامت بذر بسیار ضروری می‌باشد. با توجه به انتقال نشاهای گوجه‌فرنگی و فلفل از استانی به استان‌های دیگر، رعایت قرنطینه و صدور گواهی سلامت برای نشاهای تولیدی مورد تاکید می‌باشد. اقدامات پیشگیرانه رایج مانند حذف گیاهان

و بقایای آلوده، ضدعفونی بذرها و ابزار آلات آلوده و گلخانه‌ها و رعایت تناوب زراعی باعث کند شدن روند آلودگی و انتشار آن می‌شود.

فهرست منابع

آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی ۱۳۹۸

- Abou Kubaa, R., Choueiri, E., Heinoun, K., Cillo, F. and Saponari, M. 2022. First report of tomato brown rugose fruit virus infecting sweet pepper in Syria and Lebanon. *Journal of Plant Pathology* 104: 425.
- Alfaro-Fernández, A., Castillo, P., Sanahuja, E., Rodríguez-Salido, M.C. & Font, M.I. 2021. First report of tomato brown rugose fruit virus in tomato in Spain. *Plant Disease*, 105, 515
- Alkowni, R., Alabdallah, O. & Fadda, Z. 2019. Molecular identification of tomato brown rugose fruit virus in tomato in Palestine. *Journal of Plant Pathology*, 101, 719–723.
- Alon, D.M.; Hak, H.; Bornstein, M.; Pines, G. and Spiegelman, Z. 2021. Differential detection of the Tobamoviruses Tomato mosaic virus (ToMV) and Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) Using CRISPR-Cas12a. *Plants* 10: 1256.
- Amer, M. and Mahmoud, S. 2020. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* on tomato in Egypt. *New Disease Reports* 41: 24.
- Beris, D., Malandraki, I., Kektsidou, O., Theologidis, I., Vassilakos, N. and Varveri, C. 2020. First report of tomato brown rugose fruit virus Infecting tomato in Greece. *Plant disease* 104, no. 7: 2035. doi:10.1094/PDIS-01-20-0212-PDN
- Caruso, A.G., Bertacca, S., Parrella, G., Rizzo, R., Davino, S. and Panno, S., 2022. *Tomato brown rugose fruit virus*: A pathogen that is changing the tomato production worldwide. *Annals of Applied Biology*.
- Chanda, B., Shamimuzzaman, M., Gilliard, A. and Ling, K.S. 2021. Effectiveness of disinfectants against the spread of tobamoviruses: *Tomato brown rugose fruit virus* and *Cucumber green mottle mosaic virus*. *Virology Journal* 18:1–12.

- Cirulli, M. and Ciccarese, F. 1975. Interactions between TMV isolates, temperature, allelic condition and combination of the Tm resistance genes in Tomato. *Phytopathologia Mediterranea* 14: 100–105.
- Davino, S., Caruso, A. G., Bertacca, S., Barone, S. and Panno, S. 2020. Tomato brown rugose fruit virus: seed transmission rate and efficacy of different seed disinfection Treatments. *Plants* 9:1615.
- Dombrovsky, A. and Smith, E. 2017. Seed transmission of Tobamoviruses: Aspects of global disease distribution. *Advances in Seed Biology* 233–260.
- Dombrovsky, A., Gentit, P., Giltrap, N., Castrillon, J.M.G., Hanssen, I., Levi, T., Tomassoli, L., Ziebell, H., Suffert, M. and Picard, C. 2020. Pest Risk Analysis for *Tomato brown rugose fruit virus* (Tobamovirus). EPP0, Paris. Available at <https://gd.eppo.int/taxon/TOBRFV/documents>.
- Dorokhov, Y.L., Komarova, T.V., Petrunia, I.V., Frolova, O.Y., Pozdyshev, D.V. and Gleba, Y.Y. 2012. Airborne signals from a wounded leaf facilitate viral spreading and induce antibacterial resistance in neighboring plants. *PLoS Pathogens* 8: e1002640.
- EPP0 .2020. *Tomato brown rugose fruit virus*. EPP0, Bulletin50, 529–534). <https://doi.org/10.1111/epp.12711>
- Esmailzadeh, F. and Koolivand, D. 2022a. Occurrence of *Tomato brown rugose fruit virus* in tomato in Iran. *Journal of Plant Pathology* 104: 457.
- Esmailzadeh, F., and Koolivand, D. 2022b. First report of Tomato brown rugose fruit virus infecting bell pepper in Iran. *Journal of Plant Pathology*. <https://doi.org/10.1007/s42161-022-01094-2>.
- Fidan, H., Sarikaya, P. and Calis, O. 2019. First report of tomato brown rugose fruit virus on tomato in Turkey. *New Disease Reports* 39: 18.
- Fidan, H., Sarikaya, P., Yildiz, K., Topkaya, B., Erkis, G., Calis, O. 2021. Robust molecular detection of the new *Tomato brown rugose fruit virus* in infected tomato and pepper plants from Turkey. *Journal of Integrative Agriculture* 20: 2170-2179.

- Fraser, R.S.S. and Loughlin, S.A.R. 1982. Effects of temperature on the Tm-1 gene for resistance to tobacco mosaic virus in tomato. *Physiological Plant Pathology* 20: 109–117.
- Gallitelli, D., 2000. The ecology of *Cucumber mosaic virus* and sustainable agriculture. *Virus Research* 71, 9–21.
- Ghorbani, A., Rostami, M., Seif, S. and Izadpanah, K. 2021. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* in greenhouse tomato in Iran. *New Disease Reports* 44.
- Hamborg, Z. and Blystad, D. 2022. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* in tomato in Norway. *Disease Note* 106(7).
- Hasan, Z.M., Salem, N.M., Ismail, I.D., Akel, E.H. and Ahmad, A.v. 2022. First report of Tomato brown rugose fruit virus on greenhouse tomato in Syria. *Plant Disease*, 106(2):772.
- Hanssen, I.M., Lapidot, M., Thomma, B. P. 2010. Emerging viral diseases of tomato crops. *Mol Plant-Microbe Interact.* 23:539–548. doi: 10.1094/MPMI-23-5-0539.
- ICTV. 2021. Positive-sense RNA viruses, Virgaviridae, genus: Tobamovirus. Available at https://talk.ictvonline.org/ictv-reports/ictv_online_report/positive-sense-rna-viruses/w/virgaviridae/665/resources-virgaviridae [Accessed 28th April 2022].
- Ishibashi, K. and Ishikawa, M. 2016. Replication of tobamovirus RNA. *Annual Review of Phytopathology* 54: 55–78.
- Jewehan, A., Salem, N., Tóth, Z., Salamon, P. and Szabó, Z. 2022. Evaluation of responses to tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) and selection of resistant lines in *Solanum habrochaites* and *Solanum peruvianum* germplasm. *Journal of General Plant Pathology* 88: 187–196.
- Letschert, B., Adam, G., Lesemann, D. E., Willingmann, P., and Heinze, C. 2002. Detection and differentiation of serologically cross-reacting tobamoviruses of economical importance by RT-PCR and RT-PCR-RFLP. *Journal of virological Methods* 106:1-10.
- Ling, K.-S., Tian, T., Gurung, S., Gilliard, A. & Gilliard, A. 2019. First report of tomato brown rugose fruit virus infecting greenhouse tomato in the US. *Plant Disease*, 103, 1439.

- Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M., Levin, I., Elad, N., Tam, Y., Sela, N., Abu-Ras, A., Ezra, N., Haberman, A., Yitzhak, L., Lachman, O. and Dombrovsky, A.A. 2017. new Israeli tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes. *PLoS ONE* 12: e0170429.
- Ma, Z., Zhang, H., Ding, M., Zhang, Z., Yang, X. and Zhou, X. 2021. Molecular characterization and pathogenicity of an infectious cDNA clone of tomato brown rugose fruit virus. *Phytopathology Research* 3: 14.
- Menzel, W., Knierim, D., Winter, S., Hamacher, J. & Heupel, M. 2019. First report of Tomato brown rugose fruit virus infecting tomato in Germany. *New Disease Reports*, 39, 1.
- Navas-Castillo, J., Fiallo-Olive, E., and Sanchez-Campos, S. 2011. Emerging virus diseases transmitted by whiteflies. *Annual Review of Phytopathology*, 49: 219–248.
- Oladokun, J.O., Halabi, M.H., Barua, P. and Nath, P.D. 2019. Tomato brown rugose fruit disease: current distribution, knowledge and future prospects. *Plant Pathology* <https://doi.org/10.1111/ppa.13096>
- Rivarez, MPS., Vučurović, A., Mehle, N., Ravnikar, M. and Kutnjak, D. 2021. Global Advances in Tomato Virome Research: Current Status and the Impact of High-Throughput Sequencing. *Front. Microbiol.* 12:671925. doi: 10.3389/fmicb.2021.671925
- Rizzo, D., Da Lio, D., Panattoni, A., Salemi, C., Cappellini, G.; Bartolini, L. and Parrella, G. 2020. Rapid and Sensitive Detection of Tomato Brown Rugose Fruit Virus in Tomato and Pepper Seeds by Reverse Transcription Loop-Mediated Isothermal Amplification Assays (Real Time and Visual) and Comparison with RT-PCR End-Point and RT-qPCR Methods. *Frontiers in Microbiology* 12: 640932.
- Sabra, A., Al-Saleh, M.A., Al-Shahwan, I.M. and Amer, M.A. 2022. First report of Tomato Brown rugose fruit virus infecting the tomato crop in Saudi Arabia. *Plant Disease*, 106(4):1310.
- Salem, N., Mansour, A., Ciuffo, M., Falk, B.W. and Turina, M. 2016. A new tobamovirus infecting tomato crops in Jordan. *Archives of Virology* 161: 503–6.

- Salem, N.M., Sulaiman, A., Samarah, N., Turina, M. and Vallino, M. 2022. Localization and mechanical transmission of tomato brown rugose fruit virus in tomato seeds. *Plant Disease* 106: 275–281.
- Samarah, N., Sulaiman, A., Salem, N.M. and Turina, M. 2021. Disinfection treatments eliminated tomato brown rugose fruit virus in tomato seeds. *European Journal of Plant Pathology* 159: 153–162.
- Skelton, A., Buxton-Kirk, A., Ward, R., Harju, V., Frew, L., Fowkes, A. et al. 2019. First report of Tomato brown rugose fruit virus in tomato in the United Kingdom. *New Disease Reports*, 40, 12.
- Vucurovic, A, Brodaric, J. and Jakomin, T. 2022. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* in tomato in Slovenia. *Plant Pathology*, New disease report, DOI: 10.1002/ndr2.12079.
- Yan, Z.Y., Ma, H.Y., Han, S.H., Geng, C., Tian, Y.P. & Li, X.D. 2019. First re-report of tomato brown rugose fruit virus infecting tomato in China. *Plant Disease*, 103, 2973
- Zhang, S., Griffiths, G.S., Marchand, G., Bernards, M.A. and Wang, A. 2022. *Tomato brown rugose fruit virus*: An emerging and rapidly spreading plant RNA virus that threatens tomato production worldwide. *Plant Pathology* <https://doi.org/10.1111/mpp.13229>
- Zhi-yong, Y.A.N., Mei-sheng, Z.H.A.O., Hua-yu, M.A., Ling-zhi, L.I.U., Guang-ling, Y.A.N.G., Chao G.E.N.G., Yanping, T.I.A.N. and Xiang-dong, L.I. 2021. Biological and molecular characterization of tomato brown rugose fruit virus and development of quadruplex RT-PCR detection. *Journal of Integrative Agriculture* 20: 1871-1879.



**Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research, Education & Extension Organization
Iranian Research Institute of Plant Protection**

Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV)

Kaveh Bananej
Tayebeh Keshavarz
Sara Gharoni

62783

2023