



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه 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 گیاه پزشکی کشور، نشریه فنی

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه‌فرنگی

نگارندگان: کاوه بنانج، طیبه کشاورز و سارا قارونی

ناشر: موسسه تحقیقات گیاه پزشکی 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

۳	پیش گفتار
۳	مقدمه
۵	عامل بیماری
۷	نشانه‌های بیماری
۱۰	دامنه میزبانی
۱۱	پراکنش جغرافیایی
۱۲	انتقال آلودگی
۱۴	روش‌های ردیابی ToBRFV
۱۵	بررسی مقاومت در ToBRFV
۱۶	مدیریت بیماری
۱۸	توصیه‌های راهبردی
۱۹	فهرست منابع

پیش گفتار

ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه فرنگی (*Tomato brown rugose fruit virus*, ToBRFV) از اعضای جنس توباموویروس (*Tobamovirus*) از مهمترین ترین ویروس‌های خسارت‌زای گوجه‌فرنگی و فلفل است. این ویروس از طریق بذر (seed coat) و نشاهای آلوده گوجه فرنگی و فلفل انتقال و انتشار می‌یابد. گوجه‌فرنگی و فلفل میزبان‌های طبیعی ToBRFV می باشند. 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 هم چنین 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 بادنجانیا *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 ویروس های متعلق به جنس‌های مختلف از قبیل *Tobamovirus*، *Begomovirus* 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 برگ‌برنده‌ی گونه‌های شناخته شده‌ی از قبیل *Tomato mosaic virus* (TMV)، *Tobacco mosaic virus* (TMGMV) و *Tobacco mild green mosaic virus* (ToMV)، *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 کلاهک 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).
توبامو ویروس‌ها 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 گرفته‌اند (Salem *et al.*, 2016; Zhi-yong *et al.*, 2021).

زیر گروه اول شامل گونه‌های ویروس موزاییک پیسک سبز خیار^۱ (CGMMV) و ویروس موزاییک کنف^۲ (SHMV) است که به ترتیب کدوپیان 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^۳ (PMMV)، ویروس موزاییک خفیف سبز توتون^۴ (TMGMV) و ویروس لکه حلقوی ثعلب^۵ (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^۶ (RMV) و ویروس رگبرگ روشنی شلغم^۷ (TVCV) می‌باشد که گیاهان تیره کلمیان را آلوده می‌کند (Letschert *et al.*, 2002).

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*

نشانه‌های بیماری

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

⁷ Turnip vein- clearing virus

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 قهوه‌ای‌ای 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/news/tobrfv-a-new-concern-for-tomato-and-pepper-producers>



شکل ۵. آلودگی به ToBRFV همراه با علائم قهوه ای 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. *Physalis*, *Solanum nigrum*، *hesperis*, *N. debneyi*, *N. rustica* *angulate* و چندین علف هرز نظیر *Chenopodium murale*، *Gomphrena globosa*، *C. album*، *C. quinoa*، *amaranticolor* و *Datura stramonium* و *Petunia hybrida* منتقل شدند (Luria et al.,

آلودگی طبیعی علف های 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 قاره های 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 گوجه‌فرنگی 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 جمع-آوری 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 توپاموویروس‌ها در فواصل طولانی از طریق بذرها 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 توپاموویروس‌ها 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 توپاموویروس‌ها ایجاد می‌شود را ایفا می‌کند. بذر گوجه‌فرنگی استخراج شده از میوه آلوده به ToBRFV، ۱۰۰٪ آلوده بودند (Dombrovsky and

نرخ انتقال از بذر آلوده به گیاهچه (Smith, 2017; Samarah et al. 2021) در مرحله دو برگی دو برگ کوتیلودون 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 نشاء آلوده گوجه‌فرنگی و فلفل

۲- خاک آلوده

۳- آب های در حال گردش در کشت های هیدروپونیک

۴- انتقال مکانیکی در حین انجام کشت از گیاه به گیاه دیگر

۵- لباس و دستان آلوده کشاورزان

۶- ابزارآلات کشاورزی آلوده

۷- سازه های آلوده گلخانه

۸- زنبورها (bumblebees).

روش های ردیابی ToBRFV

در حال حاضر، روش های سرولوژیکی مانند الایزا (enzyme-linked immunosorbent assay- ELISA) و وسترن بلات (Western-blot) برای ردیابی ToBRFV استفاده می شوند. با این حال، این روش ها فاقد اختصاصیت گونه (species-specificity) هستند و نمی توان از آن ها برای تمایز ToBRFV از گونه های 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 توپاموویروس ها بوده که منجر به واکنش متقابل آنتی بادی (antibody cross-reactivity) بین گونه های این جنس می شود (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-Real-Time transcription polymerase chain reaction- RT-PCR loop-mediated) و روش تکثیر هم‌دمای وابسته به حلقه (RT-PCR 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)، به‌طوری 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 (Fraser and Cirulli and Ciccarese, 1975; Loughlin, 1982).

مدیریت بیماری

بطورکلی در مورد آلودگی‌های ویروسی، پیشگیری مهم‌ترین روش جهت جلوگیری از وقوع آلودگی است. برخی از روش‌های پیشگیری از وقوع آلودگی ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه فرنگی (ToBRFV) در دو میزان شناخته شده آن (گوجه فرنگی 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 خصوصاً در محل‌های تهیه

نشاهای گوجه فرنگی و فلفل.

- ضد عفونی لباس کشاورزان و ابزار آلات کشاورزی

- حذف بوته های مشکوک به آلودگی 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 دستورالعمل های بهداشتی به عنوان یک راهکار اصلی در پیشگیری از وقوع ToBRFV مورد تاکید می باشد. تاکنون هیچ روش سم پاشی 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 بذر و نشاء مراحل بسیار مهم و حیاتی بوده، زیرا وقوع آلودگی در این مرحله خطر آلوده شدن صدها و گاه هزاران گیاه را موجب می شود. به همین علت تهیه بذور گواهی شده از مکان های معتبر در پیشگیری از وقوع آلودگی به ToBRFV دارای اهمیت می باشد (Zhang *et al.*, 2022). تیمار بذر گوجه فرنگی با اسید کلریدریک دو درصد به مدت ۳۰ دقیقه و یا تری سدیم فسفات ۱۰٪ به مدت ۳ ساعت موجب حذف آلودگی به میزان ۱۰۰٪ از بذور آلوده به ToBRFV شده است. بهبود جوانه زنی بذر، کاهش میانگین زمان جوانه زنی و بهبود رشد گیاهچه در مقایسه با بذورهای تیمار نشده نیز مشاهده گردیده است (Samarah *et al.*, 2021).

ضد عفونی 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 ضد عفونی کننده علیه ToBRFV نشان دهنده اثربخشی ۹۰-۱۰۰٪ چندین ماده شیمیایی شامل: لاکتوفرین (Lactoferrin) ۰.۵٪، ویروسید (Virocid) ۲٪، کلروکس (Clorox) ۱۰٪ و ویرکن (Virkon) ۳٪ علیه ToBRFV بود (Chanda et al., 2021).

توصیه های راهبردی

با توجه به بذر زاد بودن ویروس چروکیدگی قهوه‌ای میوه گوجه فرنگی صدور گواهی سلامت بذر بسیار ضروری می باشد. با توجه به انتقال نشاهای گوجه فرنگی و فلفل از استانی به استان‌های دیگر، رعایت قرنطینه و صدور گواهی سلامت برای نشاهای تولیدی مورد تاکید می باشد. اقدامات پیشگیرانه رایج مانند حذف گیاهان و بقایای آلوده، ضد عفونی بذرها و ابزارآلات آلوده و گلخانه‌ها و رعایت تناوب زراعی باعث کند شدن روند آلودگی و انتشار آن می شود.

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). EPPO, 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.

EPPO .2020. *Tomato brown rugose fruit virus*. EPPO, 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.

Esmaeilzadeh, 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 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-port 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