مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (١٣) ٢٠٢٥

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (13) 2025

دراسة استجابة بعض هجن البندورة المحمية إزاء العدوى الاصطناعية بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة ToBRFV

د. عماد دأود اسماعيل*

د. إنصاف حسن عاقل**

د. أحمد يوسف أحمد***

زياد محمود حسن****

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/٩/٢٢ . قُبِل للنشر في ٢٠٢٥/١٠/٢٣)

□ ملخّص □

أجريت هذه الدراسة في موسم ٢٠٢١-٢٠٢٢ لاختبار استجابة ١٤ هجيناً مستورداً من البندورة المخصصة للزراعة المحمية إزاء إعدائها اصطناعياً بالطريقة الميكانيكية بالعزلة الفيروسية MZ447794 الخاصة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة ToBRFV الموصفة حيوياً ومصلياً وجزيئياً والمسجلة في البنك الوراثي الدولي، وقد أبدت جميع الهجن المختبرة قابليتها للإصابة بالفيروس المدروس بأعراض ظاهرية تباينت باختلاف الهجين وشملت بالعموم: موزاييك أوراق مختلف الشدة، تشوهات أوراق متباينة الشكل ما بين الأوراق المستدقة والتجعد، بالإضافة إلى أعراض عدم انتظام اللون والتجعد البني على الثمار. وقد تم تأكيد حدوث الإصابة بالفيروس المدروس على جميع نباتات الهجن المختبرة المعداة بواسطة اختبار DAS-ELISA. كما اختلفت الهجن المختبرة المعداة بالفيروس فيما بينها بعدد الأيام لظهور الأعراض بعد الإعداء والتي تراوحت بين ١٤-٢٤ يوم. وحسبت النسبة المئوية للفقد في الإنتاج الناجمة عن العدوى الاصطناعية بالفيروس المدروس لجميع هجن البندورة المختبرة وتراوحت بالمحصلة بين ٨,٥٥% و٤٩,٤٩%، وذلك بالمقارنة مع الشاهد السليم غير المعدى لكل هجين، وتراوحت النسبة المئوية للفقد بالإنتاج ما بين: ١٩,١٧% و٣٤.٩٦% في ٩ هجن من أصل ١٤ مختبرة، وكانت أقل نسبة للفقد في الإنتاج في الهجينين الماسة ويوليا بمقدار ١٩,١٧% و٢٠,٣٣% على التوالي.

الكلمات المفتاحية: البندورة، الهجن المختبرة، الإعداء، ToBRFV.

*أستاذ – قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية – سورية.

**مدير بحوث – مركز البحوث العلمية الزراعية باللاذقية – اللاذقية – سورية.

*** باحث رئيس – مركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس – طرطوس – سورية.

****طالب دكتوراه – كلية الهندسة الزراعية – جامعة اللاذقية – اللاذقية – سورية. ziad.hasan@latakia-univ.edu.sy

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٩) العدد (١٣) ٢٠٢٥

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies - engineering Sciences Series Vol. (9) No. (13) 2025

Studding the Response of Some Greenhouse Tomato Hybrids Against Artificial Inoculation of *Tomato Brown Rugose Fruit Virus* (ToBRFV)

Dr. Imad D. Ismail*
Dr. Ensaf H. Akel**
Dr. Ahmad Y. Ahmad***
Ziad M. Hasan****

(Received 22/9/2025 . Accepted 23/10/2025)

□ ABSTRACT □

In this study during 2021-2022 season, fourteen imported hybrids of greenhouse tomato were tested for their response to artificial inoculation by mechanical means with the viral isolate MZ447794 of *Tomato brown rugose fruit virus* (ToBRFV), which had been previously characterized biologically, serologically, and molecularly and is submitted in the GenBank. All the tested hybrids exhibited susceptibility to the studied virus, displaying symptoms that varied among hybrids and generally included: mild to severe leaf mosaic, variable leaf deformations including narrow leaves and crinkles, in addition to discoloration and brown rugose on the fruits. The occurrence of infection with the studied virus was confirmed in all plants of the tested inoculated hybrids using DAS-ELISA assay.

The tested and virus inoculated hybrids differed in the number of days post inoculation required for symptoms expression, which ranged between 14 and 24 days. The percentage loss in yield caused by artificial infection with the studied virus was calculated for all tested tomato hybrids and ranged overall from 8.55% to 49.49%, compared to the healthy, non-inoculated control of each hybrid. The yield loss percentage was ranged between 19.17% and 34.96% in 9 out of 14 tested hybrids. The lowest percentage loss in yield was observed in Almasa F1 and Yolia F1 hybrids amounting 8.55% and 9.18% respectively.

Keywords: Tomato, tested hybrids, inoculation, ToBRFV.

*Professor - Faculty of Agriculture Engineering – Lattakia University – Lattakia – Syria.

**Research manager – Scientific Agricultural Researches Center of Lattakia – Lattakia – Syria.

***Principal researcher – Scientific Agricultural Researches Center of Tartous – Tartous – Syria.

****Ph.D. Student – Faculty of Agriculture Engineering – Lattakia University – Lattakia – Syria. Email: ziad.hasan@latakia-univ.edu.sy

مقدمة:

تعدّ البندورة .*Solanum lycopersicum* L من أهم الخضروات الاقتصادية في العالم، إذ يتجاوز الإنتاج العالمي منها ١٨٠ مليون طن من مساحة تقدَّر بحوالي 5.03 مليون هكتار (FAO, 2021). يتأثر إنتاج البندورة بالإجهادات الإحيائية نظرًا لقابليتها للإصابة بأكثر من ٢٠٠ مرض، تشمل: الفطريات، البكتيريا، والفيروسات والتي يمكن أن تتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة (Singh *et al*., 2017). وعلى الرغم من استخدام جينات المقاومة الطبيعية المستمدة من الأنواع البرية للبندورة في تحسين مقاومة البندورة المزروعة للأمراض، إلا أنّ العوامل الحيوية المستجدة يمكن أن تتغلب على المقاومة التي توفرها هذه الجينات. ومن الأمثلة المستجدّة على ذلك فيروس التجعد البني على ثمار البندورة (ToBRFV) *Tomato brown rugose fruit virus* الذي اكتُشِفَ وسُجِّلَ مؤخراً في الأردن (Salem *et al*., 2016)، ثم انتشر بعدها في أنحاء منطقة الشرق الأوسط وأوروبا وأمريكا والصين، وقد تم الإبلاغ عنه في عدة دول على محصول البندورة، منها: الصين، المملكة المتحدة، الولايات المتحدة الأمريكية، ألمانيا، تركيا، إسبانيا، مصر ، والمكسيك (Luria *et al*., 2017; Cambron-Crisantos *et al*., 2019; Fidan *et al*., 2019; Ling *et al*., 2019; Menzel *et al*., 2019; Skelton *et al*., 2019; Yan *et al*., 2019; Alfaro-Fernandez *et al*., 2020; Amer and Mahmoud, 2020; Beris *et al*., 2020) وكذلك في سورية (Hasan *et al*., 2022). وقد أصبح من الأمراض التي تهدد إنتاج البندورة من خلال قدرته في التغلب على مقاومة المورثة Tm-22 التي كانت مسؤولة لسنوات طويلة عن إكساب هجن البندورة مقاومةً ضد فيروسات الجنس Tobamovirus ومنها فيروس موزاييك البندورة (ToMV) *Tomato mosaic virus* (Levitzky *et al*., 2019).

يصيب فيروس ToBRFV البندورة والفليفلة بشكل رئيسي، ولا تزال هناك تقارير متضاربة حول اعتبار الباذنجان والبطاطا كعوائل للفيروس أم لا (Chanda *et al*., 2021)، إلى أن ثبت مؤخراً إصابة نبات البطاطا به ولكن تجريبياً وليس طبيعياً (Gutierrez *et al*., 2024). يسبب فيروس ToBRFV على نبات البندورة أعراضًا من الموزاييك الخفيف إلى الشديد على الأوراق، مع حدوث مظهر الأوراق المستدقة غالباً، أما الثمار المصابة فيظهر عليها بقع صفراء ، ومناطق نكروزية وبنية تؤدي في النهاية إلى منتج غير قابل للتسويق (Salem *et al*., 2016; Luria *et al*., 2017; Fidan *et al*., 2021). وقد سببت الإصابة بالفيروس في ولاية فلوريدا انخفاضًا كليًا في إنتاج ثمار البندورة القابلة للتسويق بنسبة تتراوح بين ٣٠%–٧٠%، مما ينعكس بأثر اقتصادي سنوي يُقدَّر بـ ٢٦٢ مليون دولار أمريكي (Klap *et al*., 2020). ومع ذلك، ما تزال الدراسات المتعلقة بتقدير الخسائر الإجمالية في إنتاج ثمار البندورة قليلة وقيد الاستكمال (Jones, 2021).

ينتقل فيروس ToBRFV بشكل رئيسي بالطرق الميكانيكية (التلامس بين النباتات وبواسطة العمال وأدواتهم)، كما ينتقل أيضًا لمسافات طويلة بواسطة البذور والثمار الملوثة، وكذلك بواسطة النحل الطنان (Levitzky *et al*., 2019; Panno *et al*., 2020)، ويعتقد بأن الحشرات تلعب دوراً في انتقال فيروس التجعّد البنّي على ثمار البندورة وقد ثبت مؤخراً انتقاله بواسطة حافرة أنفاق البندورة *Tuta absoluta* (Caruso *et al*., 2024). كما يمكن لمصدر اللقاح الفيروسي بهذا المرض أن يثابر ويستمر في التربة، وعلى معدات البيوت المحمية، أو على جسم الإنسان (Oladokun *et al*., 2019).

ونظرًا لتفشي الإصابة بفيروس ToBRFV في عدد من الدول حول العالم، فقد أصبحت عملية تحديد مصادر مقاومة وراثية جديدة للفيروس أكثر أهمية، سواء في الأنواع البرية للبندورة أو في الهجن المزروعة (Chanda *et al.*, 2021).

أهمية البحث وأهدافه:

تعتبر البندورة المحمية من أهم الزراعات في منطقة الساحل السوري، بالمقابل فقد أصبح فيروس التجعد البني على ثمار البندورة أحد عوامل الخطورة والضرر الاقتصادي على زراعة البندورة عالمياً ومحلياً، ونظراً لعدم وجود دراسات محلية سابقة حول تأثير الإصابة بالفيروس في مختلف هجن البندورة المحمية الرائجة والمزروعة محلياً، فقد هدف هذا البحث إلى: مقارنة استجابة ١٤ هجيناً مستورداً من البندورة المخصصة للزراعة المحمية للعدوى الاصطناعية بعزلة معرّفة من فيروس التجعد البني على ثمار البندورة من حيث:

- موعد ظهور أعراض الإصابة بالفيروس.
- وصف الأعراض الظاهرية على المجموع الخضري والثمار.
- النسبة المئوية للفقد بالإنتاج.

طرائق البحث ومواده:

موقع تنفيذ الدراسة: نفذت الدراسة في مقر مركز البحوث العلمية الزراعية بطرطوس الواقع في منطقة عمريت جنوب المدينة، وذلك ضمن بيت بلاستيكي مخصص للتجربة ومحكم العزل.

العزلة الفيروسية المستخدمة: استخدمت العزلة الفيروسية MZ447794 الخاصة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة ToBRFV الموصفة حيوياً ومصلياً وجزيئياً والمسجلة في البنك الوراثي GenBank، والتي كانت مأخوذة من نبات بندورة أثبتت إصابته بفيروس ToBRFV، بالإضافة إلى نفي إصابته بالفيروسات الأكثر شيوعاً على البندورة (Hasan *et al.*, 2022).

هجن البندورة المختبرة: استخدم في التجربة ١٤ هجيناً مستورداً من البندورة المخصصة للزراعة المحمية، مدخلة إلى القطر بطريقة الاستيراد النظامية عبر الشركات الزراعية الوطنية ومسجلة لدى وزارة الزراعة بهدف اعتمادها في الزراعة المحمية، جدول (١).

جدول (١): هجن البندورة المختبرة* حقلياً إزاء العدوى الاصطناعية بفيروس ToBRFV

مسلسل	الهجين	الشركة المنتجة/ بلد المنشأ
١	أسما ف١/ Asma F1	New World Seeds/ USA
٢	يوليا ف١/ Yolia F1	Axia Vegetable Seeds B.V/ Netherlands
٣	يمنى ف١/ Yomna F1	Axia Vegetable Seeds B.V/ Netherlands
٤	أستونا ف١/ Astona F1	Nunhems/ Netherlands
٥	هدى ف١/ Huda F1	Nunhems/ Netherlands
٦	بستونا ف١/ Bestona F1	Nunhems/ Netherlands
٧	دومنا ف١/ Duwmna F1	Monsanto Holland BV/ Netherlands
٨	جواهر ف١/ Jawaher F1	Equity Seed Co/ Pakistan
٩	دلال ف١/ Dalal F1	Apollo Seeds/ USA

١٠	راما ف١/ Rama F1	SAIS s.p.a/ Italy
١١	مجدلينا ف١/ Magdalina F1	Enza Zaden/ Netherlands
١٢	بيوت ف١/ Boyut RZ F1	RIJK ZWAAN/ Netherlands
١٣	مندلون ف١/ Mandaloun F1	Enza Zaden/ Netherlands
١٤	الماسة ف١/ ALMASA F1	Green Global Seeds/ Thailand

*أسماء الهجن والمعلومات الواردة في الجدول مطابقة للمعلومات على المغلف التجاري لكل هجين.

الزراعة والعدوى الاصطناعية بالطريقة الميكانيكية: زرعت بذور الهجن المختبرة مطلع شهر كانون الثاني لعام ٢٠٢٢ في صواني جديدة من الستريوبور (الفلين) المخصصة لإنبات بذور الخضار، وكان وسط الزراعة المستخدم عبارة عن تورب تجاري معقم ومخصص لإنبات البذور ومن ماركة عالمية معروفة وموثوقة محلياً. وضعت صواني الإنبات في إحدى حجرات البيت الزجاجي الموجودة في موقع تنفيذ الدراسة وذلك في ظروف معزولة تماماً، وقدمت لها عمليات الخدمة اللازمة إلى حين وصول الشتول إلى حجم مناسب (بعمر ورقتين حقيقيتين) لنقلها إلى الأرض الدائمة، حيث زرعت الشتول في البيت المحمي المخصص للتجربة بتاريخ ٢٠٢٢/٢/٩. البيت المحمي المخصص للتجربة تمّ عزله بالكامل عن الخارج من مدخليه، وتمّ أيضاً فصله من وسطه بالكامل إلى قسمين متساويين بواسطة شباك مانعة لدخول الحشرات، وذلك ليخصص نصفه لمعاملة الشاهد غير المُعدَى (السليم)، والنصف الآخر لمعاملة الإعداء الاصطناعي بالفيروس المدروس، وتم تخطيط تربة البيت بالنظام الشائع عموماً لزراعة البندورة المحمية على شكل ٤ مساكب زراعة بعرض ٧٠ سم في كل منها خطي زراعة وممرات خدمة بين المساكب بعرض ٨٠ سم، شكل (A:١). زرعت الشتول من كل هجين مختبر في كلتا المعاملتين (السليم والمُعدَى) بواقع ٤ شتول في كل مكرر وبـ٣ مكررات لكل هجين، ومسافة الزراعة بين النباتات ٤٠ X ٤٠ سم في كل مكرر، وتركت مسافة ٦٠ سم بين كل مكرر والآخر لتجنب تلامس نباتات الهجن المختلفة لبعضها بحكم طبيعة الفيروس المدروس وسهولة انتقاله بالتلامس بين النباتات وبالتالي ضمان إحداث العدوى على كل هجين فقط باللقاح الفيروسي المعد لهذا الغرض وليس من هجين لآخر، وتركت بعدها شتول البندورة المزروعة لتنمو وتصل إلى الحجم المناسب (٥ – ٦ أوراق حقيقية) لإجراء العدوى الاصطناعية بهذا الفيروس بشكل العدوى الاصطناعية بالطريقة الميكانيكية على الشتول بتاريخ ٢٠٢٢/٢/٢٧ باستخدام العزلة الفيروسية MZ447794 الخاصة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة ToBRFV المحفوظة سابقاً على نبات بندورة في البيت الزجاجي، شكل (C:١)، وذلك بطحن أوراق فتية من النبات المصاب مصدر العزلة بنسبة ١٠/١ (أوراق مصابة/ محلول الاستخلاص Extraction Buffer درجة حموضته ٧ والمتوفر مع مجموعة الاختبار المصلي التجارية الخاصة بالفيروس المدروس)، وأضيفت مادة كربيد السيليكون إلى محلول العصير الخلوي بنسبة ١٠% لضمان تخريش أسطح أوراق الشتول المُعدَاة، حيث أجريت العدوى على الورقة الحقيقية الرابعة من كل نبات باستخدام قطعة شاش نظيفة يتم تغطيسها بمحلول الإعداء وتمريرها على ورقة النبات، غسلت الأوراق المُعدَاة بواسطة مرش يدوي بالماء المقطر بعد دقيقة من الإعداء للتخلص من بقايا محلول الإعداء (اللقاح الفيروسي) والأملاح الموجودة في محلول الاستخلاص وذلك منعاً لحدوث حروق موضعية على الأوراق المُعدَاة. أما الشتول المزروعة في نصف البيت المحمي المخصص للشاهد غير المُعدَى (السليم) فبقيت دون إعداء.

A

C B

شكل (١): A: مظهر عام للبيت المحمي يوضح الفصل بين المعاملتين، B: محلول الإعداء وعمر النباتات المُعدَاة، C: نبات البندورة مصدر العزلة الفيروسية المستخدمة في الإعداء

قدمت عمليات الخدمة المناسبة للشتول، وتم الحفاظ على إجراءات العزل طوال موسم نمو نباتات التجربة خاصة فيما يتعلق بـ: تخصيص مدخل مستقل إلى كل معاملة، خدمة النباتات في معاملة الشاهد قبل معاملة الإعداء، واتباع طرائق النظافة والوقاية المعروفة والخاصة بفيروسات الـTobamoviruses على البندورة في الزراعات المحمية.

القراءات المأخوذة والتقييم الحقلي: تم مراقبة نباتات التجربة يومياً بعد إجراء العدوى، وأخذت القراءات التالية على كل هجين على حده في معاملة الإعداء:

- عدد الأيام لظهور الأعراض بعد الإعداء (Days Post Inoculation (dpi: تم مراقبة النباتات المُعدَاة يومياً إلى حين ظهور الأعراض على آخر هجين ظهرت الأعراض عليه.
- وصف الأعراض الظاهرية على المجموع الخضري والثمار: حيث سجلت الأعراض أسبوعياً بعد ظهورها على آخر هجين معدى واستمرت حتى ١٠ أسابيع بعد موعد الإعداء.
- النسبة المئوية للفقد في الإنتاج: تركت النباتات لتنمو حتى وصولها إلى مستوى شباك التعليق المعدنية الداخلية للبيت المحمي بمرحلة العنقود الزهري الرابع أو الخامس حتى وصلت ثمارها إلى مرحلة النضج، قطفت الثمار الناضجة بإجمالي ٣ قطفات خلال فترة التجربة، وحسبت النسبة المئوية للفقد في الإنتاج باستخدام المعادلة التالية في تقدير الفاقد في الإنتاج الكلي حسب Tchymakov عام ١٩٧٤:

% للفقد في الإنتاج = 100 X A / (a − A)

حيث: A = الإنتاج في معاملة الشاهد غير المُعدَى بالـ كغ، a = الإنتاج في معاملة الإعداء بالـ كغ.

وللتأكد من خلو نباتات الشاهد السليم غير المعدى من الإصابة بالفيروس من جهة، وضمان نجاح الإعداء بالفيروس على النباتات المُعدَاة من جهة أخرى، جمعت بعد ٦ أسابيع من عملية الإعداء عينات ورقية مركبة من نباتات معاملتي التجربة كلتيهما، حيث مثلت كل عينة مركبة ١٢ نبات (٣ مكررات x ٤ نباتات) لكل هجين على حده، واختبرت جميع هذه العينات إزاء إصابتها بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة بواسطة اختبار إليزا بالاحتواء المزدوج للفيروس بالأجسام المُضادّة Double Antibody Sandwich-ELISA (DAS-ELISA) باستخدام مجموعة اختبار مصلي خاصة بالفيروس المدروس ومنتجة من قبل شركة LOEWE Biochemia الألمانية وذلك وفقاً للبروتوكول المرفق معها.

النتائج والمناقشة:

تباينت هجن البندورة المختبرة المُعدَاة في استجابتها إزاء العدوى الاصطناعية بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة وذلك تحت ظروف الزراعة في البيت البلاستيكي، وأبدت جميعها أعراضاً مرضية ظاهرية شبيهة بالأعراض الموصوفة للإصابة بالفيروس المدروس، وتباينت هذه الأعراض في شكلها وشدتها حسب الهجين المعدى بالمقابل، لم تبدِ جميع نباتات الهجن غير المُعدَاة (المزروعة في نصف البيت البلاستيكي المخصص للشاهد السليم) أية أعراض مرضية شبيهة بالأعراض الفيروسية، وبقيت سليمة ظاهرياً حتى نهاية التجربة.

أظهرت نتائج اختبار DAS-ELISA بعد ٦ أسابيع من الإعداء خلو جميع العينات المأخوذة من معاملة الشاهد السليم غير المعدى من الإصابة بالفيروس المدروس، بالمقابل أمكن الكشف عن الإصابة بالفيروس في جميع عينات معاملة الإعداء بواسطة الاختبار المذكور.

تمت مراقبة النباتات المُعدَاة يومياً إلى حين ظهور الأعراض على جميع الهجن، وتبين وجود اختلاف بين الهجن المُعدَاة في عدد الأيام لظهور الأعراض بعد الإعداء dpi، مما مكّن من توزيعها في خمس مجموعات تبعاً لموعد ظهور الأعراض، كما يوضح الجدول (٢).

جدول (٢): عدد الأيام لظهور الأعراض بعد الإعداء dpi بفيروس ToBRFV في هجن البندورة المحمية المختبرة

المجموعة	الهجين	dpi
١	أسمى، دلال	١٤
٢	الماسة	١٦
٣	هدى، أستونا، مندلون	١٨
٤	مجدولينا، بيوت، دومنا، بستونا، جواهر	٢١
٥	يمنى، يوليا، راما	٢٤

تباين موعد ظهور الأعراض الأولى على الهجن المُعدَاة المختبرة ما بين ١٤ يوماً في المجموعة الأولى التي شملت الهجينين أسمى ودلال، وحتى ٢٤ يوماً في المجموعة الخامسة التي شملت ثلاثة هجن هي: يمنى، يوليا وراما، مقابل ١٦–٢١ يوم لباقي الهجائن، ويعود هذا التباين غالباً إلى اختلاف ردّات فعل الهجن المختبرة إزاء الإعداء بالفيروس المدروس بسبب الاختلاف في التركيب الوراثي فيما بينها. وتشير الدراسات المرجعية في هذا المجال بأن شدة

المرض تزداد عند حدوث الإصابة في عمر مبكر للنباتات وتظهر الأعراض عادة بعد ١٢–١٨ يوماً من العدوى (FDACS, 2019).

أبدت جميع نباتات هجن البندورة المختبرة والمُعدَاة اصطناعياً أعراضاً مرضية شبيهة بالأعراض المعروفة للفيروس المدروس والذي يمتلك مجالاً واسعاً من الأعراض الظاهرية (EPPO Bulletin, 2020)، وتباينت الأعراض الظاهرية المسجلة في هذه الدراسة على مختلف الهجن المُعدَاة، وقد تم تسجيل ووصف الأعراض الظاهرية على مختلف الهجن المختبرة جراء العدوى الاصطناعية بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة وشملت ما يلي:

على المجموع الخضري: موزاييك (M) Mosaic، موزاييك خفيف (MM) Mild Mosaic، موزاييك شديد (SM) Severe Mosaic، تشوه أوراق على شكل تجعد (Cr) Crinkles، تشوه شديد للأوراق على شكل تجعد (SCr) Severe Crinkles، ثآليل خضراء داكنة على سطح الوريقات (GP) Green Bubbles، أوراق مستدقة (NL) Narrow Leaves، جدول (٣).

على الثمار: عدم انتظام لون الثمار (DC) Discoloration، SDC: عدم انتظام لون ثمار خفيف (SDC) Slightly Discoloration، BR: تجعد بني (BR) Brown Rugose، FD: تشوه شكل الثمار Fruit Deformation (FD)ن جدول (٣).

جدول (٣): الأعراض الظاهرية على هجن البندورة المُعدَاة بفيروس ToBRFV

الهجين	على المجموع الخضري	على الثمار
أسما ف١/ Asma F1	SM, SCr	DC, BR, FD
يوليا ف١/ Yolia F1	MM	SDC
يمنى ف١/ Yomna F1	MM	SDC
أستونا ف١/ Astona F1	M, Cr, GB	BR, DC
هدى ف١/ Huda F1	M, Cr, NL	DC
بستونا ف١/ Bestona F1	M, NL	DC, BR
دومنا ف١/ Duwmna F1	M, NL	DC
جواهر ف١/ Jawaher F1	MM	DC
دلال ف١/ Dalal F1	M, Cr, GB	DC
راما ف١/ Rama F1	MM	SDC
مجدلينا ف١/ Magdalina F1	M, Cr	DC
بيوت ف١/ Boyut RZ F1	SM, SCr, GB	DC, BR
مندلون ف١/ Mandaloun F1	M, Cr	BR, DC
الماسة ف١/ ALMASA F1	M	DC

تتشابه هذه الأعراض مع ما أشارت إليه الدراسات المرجعية حول أعراض الإصابة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة والتي تشمل وفقاً لهذه الدراسات على الأوراق: الشحوب، موزاييك وتبرقش على الأوراق العلوية تحت القمية، وعلى الأوراق القمية تلاحظ أعراض من التجعد والتشوه تصل حتى الأوراق المستدقة ومظهر التأبّر-needle like symptoms، كما تلاحظ مظاهر التبثير على سطح الوريقات، وقد تذبل الأوراق يعقبها موت كامل النبات. على

الساق: يمكن أن تظهر مناطق نكروزية بنية اللون، وكذلك على حامل العنقود الزهري والكأس والسبلات. أما على الثمار: فيسبب الفيروس أعرض البقع الصفراء، عدم انتظام لون الثمار، تشوه شكل الثمار، بقع خضراء على الثمار غير الناضجة وتجعد بني، وقد ينخفض عدد الثمار وحجمها في العنقود (Salem *et al*., 2016; Dombrovsky and Smith, 2017; Cambron-Crisantos *et al*., 2019; AHDB, 2019).

حُسِبَ متوسط إنتاج المكرر لجميع الهجن المختبرة السليمة والمُعَداة، وحُسبَت النسبة المئوية للفقد في الإنتاج الناجمة عن العدوى الاصطناعية بالفيروس لجميع هجائن البندورة المختبرة وكانت النتائج على الشكل التالي، جدول (٤).

جدول (٤): النسبة المئوية للفقد بالإنتاج في الهجائن المختبرة والمُعدَاة اصطناعياً بفيروس ToBRFV

الهجين	متوسط إنتاج الهجين* (كغ)		% للفقد بالإنتاج
	السليم	المُعدَى	
أسما ف١/ Asma F1	١٥	١١,٠٢	٢٦,٥٣
يوليا ف١/ Yolia F1	٩,٢٥	٨,٤	٩,١٨
يمنى ف١/ Yomna F1	١٢,٢	٨,٣٦	٣١,٤٨
أستونا ف١/ Astona F1	١٤,٧٥	٧,٥٤	٤٩,٤٩
هدى ف١/ Huda F1	١٤,٨١	٩,٧٨	٣٣,٩٦
بستونا ف١/ Bestona F1	١٤,٧٨	٨,٤٣	٤٢,٩٦
دومنا ف١/ Duwmna F1	١١,٩٨	٧,٠٧	٤٠,٩٨
جواهر ف١/ Jawaher F1	١٥	١٠,٤٣	٣٠,٤٧
دلال ف١/ Dalal F1	١٢,٤٣	٨,٩٦	٣٠,٠٩
راما ف١/ Rama F1	١٢,٨٣	١٠,٣٧	١٩,١٧
مجدلينا ف١/ Magdalina F1	١٢,١٨	٨,٧	٢٨,٥٧
بيوت ف١/ Boyut RZ F1	١١,٩٩	٨,٥٥	٢٨,٦٩
مندلون ف١/ Mandaloun F1	١٤,٥	٩,٤٣	٣٤,٩٦
الماسة ف١/ ALMASA F1	١٣,٣٣	١٢,١٩	٨,٥٥

*متوسط إنتاج الهجين في المكرر

سببت العدوى الاصطناعية بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة انخفاضاً في متوسط الإنتاج لجميع هجائن البندورة المُعدَاة بالمقارنة مع الشاهد السليم غير المُعدَى كما هو واضح في الجدول رقم (٤). وبلغت النسبة المئوية للفقد بالإنتاج أعلى قيمة لها بمقدار: ٤٩,٤٩%، ٤٢,٩٦% وَ٤٠,٩٨% في الهجائن الثلاثة التالية: أستونا، بستونا ودومنا على الترتيب، في حين كانت النسبة الأقل بمقدار: ٨,٥٥% وَ٩,١٨% في الهجينين: الماسة ويوليا. وتراوحت باقي القيم ما بين: ١٩,١٧% و٣٤,٩٦% لباقي الهجائن والبالغ عددها ٩، ويمكن أن تعزى هذه التباينات بين الهجن المختبرة إلى اختلاف التراكيب الوراثية للهجن فيما بينها الأمر الذي يؤدي إلى اختلاف ردات فعلها وأدائها إزاء الإصابة بالفيروس المدروس، حيث تشير الدراسات إلى تعدد واختلاف الأصول البرية للبندورة المستخدمة في تربية واستنباط

الهجن والمدخلات وبالتالي اختلاف أدائها إزاء الإصابة بفيروس ToBRFV (Kabas *et al*., 2022; Zinger *et al*., 2021).

وتشير الدراسات المرجعية إلى حدوث الضرر الاقتصادي على نباتات البندورة –والفليفلة كذلك– عند إصابتها بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة (Cambron-Crisantos *et al*., 2019)، حيث يسبب خسارة في غلة البندورة تتراوح بين ٣٠–٧٠% (FDACS, 2019). وبالإضافة إلى الخسائر في كمية الإنتاج التي يسببها الفيروس، وتبعاً للأعراض التي يسببها على الثمار المصابة فإنها تفقد قيمتها التسويقية جزئياً أو كلياً جراء الأعراض المرافقة للإصابة، علماً بأن شدة الأعراض تتباين تبعاً للهجائن، إجراءات الوقاية من الفيروس والظروف البيئية (EPPO Bulletin, 2020).

الاستنتاجات والتوصيات:

بالاعتماد على النتائج المتحصل عليها من هذه الدراسة يمكن استنتاج ما يلي:

- أظهر ١٤ هجيناً مستورداً من البندورة المخصصة للزراعة المحمية قابليته للإصابة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة.
- تباينت الأعراض الظاهرية للإصابة بالفيروس المدروس باختلاف الهجين.
- تراوح موعد ظهور الأعراض على نباتات الهجن المُعدَاة بين ١٤–٢٤ يوم بعد الإعداء.
- سببت الإصابة بالفيروس انخفاض متوسط الإنتاج لجميع الهجن المختبرة بالمقارنة مع الشاهد السليم غير المُعدَى، وتراوحت النسبة المئوية للفقد بالإنتاج بين ٨,٥٥% و٤٩,٤٩%.

وبناءً على ما سبق، تقترح التوصيات التالية:

- التوسع والاستمرار في دراسة مقدرة هجن أخرى من البندورة المحمية على مقاومة أو تحمل الفيروس المدروس نظراً لأهمية ذلك في إدارة المرض.
- ينصح بزراعة الهجن الماسة ويوليا في مناطق الإصابة أو المناطق التي يتوقع ظهور الفيروس فيها كونها كانت الأقل فقداً للإنتاج تحت ظروف الإعداء بالفيروس، مع ضرورة تعزيز أساليب الوقاية والسيطرة على الفيروس.

المصادر والمراجع:

1. AHDB, 2019. *Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV*). Poster. AHDB (Agriculture & Horticulture Development Board), pp. 1–2. https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/ImportedPublicationDocs/TomatoBrownRugoseFruitVirusPoster05_03_2019_ WEB.pdf.

2. Alfaro-Fernández, A., Castillo, P., Sanahuja, E., Rodríguez-Salido, M.C., and Font, M.I., 2020. *First report of Tomato brown rugose fruit virus in tomato in Spain*. Plant Disease 105(2):515.

3. Amer, M.A. and Mahmoud, S.Y., 2020. First report of *Tomato brown rugose fruit virus* on tomato in Egypt. New Disease Reports 41:24.

4. 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(7):2035.

5. Cambron-Crisantos, J.M., Rodrıguez-mendoza J., Valencia-luna J.B., Alcasia Rangel S., de Garcia-Avila C. and Lopez-Buenfil J.A., 2019. *First report of Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV) in Michoacan, Mexic*o. Mexican Journal of Phytopathology 37(1), 1–8.

6. Caruso, A.G.; Tortorici, S.; Davino, S.; Bertacca, S.; Ragona, A.; Lo Verde, G.; Biondi, A.; Noris, E.; Rizzo, R.; Panno, S., 2024. *The invasive tomato pest Tuta absoluta can transmit the emergent Tomato Brown Rugose Fruit Virus*. Entomologia Generalis, published online March 2024. DOI: 10.1127/entomologia/2024/2119.

7. Ghanim, M., Ellinard, A., Jaiswal, N., and Ling, K.S., 2021. *Comparative analysis of host range, ability to infect tomato cultivars with Tm-22 gene and real-time reverse transcription PCR detection of Tomato brown rugose fruit virus.* Plant Disease doi:10.1094/PDIS-05-20-1070-RE.

8. Dombrovsky A. and Smith E., 2017. *Seed transmission of tobamoviruses: Aspects of global disease distributio*n. In Advances in Seed Biology (Chapter 12, pp. 233–260). INTECH. https://doi.org/10.5772/intec hopen.70244235.

9. EPPO Bulletin, 2020. *Data sheets on pests recommended for regulation*, Tomato brown rugose fruit virus. Vol: 50, no: 3, p: 527-534.

10. FAO, 2021. FAOSTAT. *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome*, Italy. Available at http://www. fao.org/faostat/en/#data/QC (accessed 24 January 2021).

11. FDACS, 2019. *Florida Department of Agriculture and Consumer Services (FDACS).* Virus in Mexican Tomatoes Causing Concern, USDA Action Needed.

12. 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.

13. Fidan, H., Sarikaya, P., Yildiz, K., Topkaya, B., Erkis, G., and Calis, O., 2021. *Robust molecular detection of the new Tomato brown rugose fruit virus in infected tomato and pepper plant from Turkey*. Journal of Integrative Agriculture 20(8):2170-2179.

14. Gutierrez U. V., López H. L., Frías Trevino G. A., Ortiz J. C. D., Olivas A. F., Uribe L. A. A. and Juarez A. H., 2024. *"Biological exploration and physicochemical characteristics of Tomato Brown Rugose Fruit Virus in several host crops*", *Agronomy*, vol. 14, no. 2, pp. 388.

15. Hasan, Z. M., Salem, N. M., Ismail, I. D., Akel, E. H. and Ahmad, A. Y., 2022. *First Report of Tomato Brown Rugose Fruit Virus on Greenhouse Tomato in Syria. Plant Disease*, 106:2, P: 722.

16. Jones, R.A., 2021. Global plant virus disease pandemics and epidemics. Plants 10(2):233.

17. Kabas, A., Fidan, H., Kucukaydin, H. and Nur Atanm H., *2022. Screening of wild tomato species and interspecific hybrids for resistance/tolerance to Tomato brown rugose fruit virus (ToBRFV*). Chilean Journal of Agricultural Research, 82(1).

18. Klap, C., Luria, N., Smith, E., Bakelman, E., Belausov, E. and Laskar, O., 2020. *The potential risk of plant-virus disease initiation by infected tomatoes.* Plants 9(5):623.

19. Levitzky, N., Smith, E., Lachman, O., Luria, N., Mizrahi, Y., and Bakelman, H., 2019. *The bumblebee Bombus terrestris carries a primary inoculum of Tomato brown rugose fruit virus* contributing to disease spread in tomatoes. PLOS ONE 14(1):e0210871.

20. Ling, K.S., Tian, T., Gurung, S., Salati, R., and Gilliard, A., 2019. *First report of tomato Brown rugose fruit virus infecting greenhouse tomato in the United* States. Plant Disease 103(6):1439-1440.

21. Luria, N., Smith, E., Reingold, V., Bekelman, I., Lapidot, M. and Levin, I., 2017. *A new Israeli Tobamovirus isolate infects tomato plants harboring Tm-22 resistance genes*. PLOS ONE 12(1):e0170429.

22. Menzel, W., Knierim, D., Winter, S., Hamacher, J., and Heupel, M., 2019. *First report of Tomato brown rugose fruit virus infecting tomato in Germany*. New Disease Reports 39(1):1.

23. Oladokun, J.O., Halabi, M.H., Barua, P., and Nath, P.D., 2019. *Tomato brown rugose fruit disease: current distribution, knowledge and future prospect*s. Plant Pathology 68(9):1579-1586.

24. Panno, S., Caruso, A.G., Barone, S., LoBosco, G., Rangel, E.A., and Davino, S., 2020. *Spread of Tomato brown rugose fruit virus in Sicily and evaluation of the spatiotemporal dispersion in experimental conditions*. Agronomy 10(6):834.

25. 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, 503–506.

26. Singh, V.K., Singh, A.K., and Kumar, A., 2017. *Disease management of tomato through PGPB: current trend sand future perspective. 3 Biotech 7:255.*

27. Skelton, A., Buxton-Kirk, A., Ward, R., Harju, V., Frew, L. and Fowkes, A., 2019. *First report of Tomato brown rugose fruit virus in tomato in the United Kingdo*m. New Disease Reports 40:12.

28. Tchymakov, A. E., 1974. *Principle methods of Phytopathological researches*, Kolos, Moscow: 6-8.

29. Yan, Z.Y., Ma, H.Y., Han, S.L., Geng, C., Tian, Y.P., and Li, X.D., 2019. *First report of Tomato brown rugose fruit virus infecting tomato in China. Plant Disease 103(11)*:2973.

30. Zinger, A., Lapidot, M., Harel, A., Doron-Faigenboim, A., Gelbart, D., and Levin, I. 2021. *Identification and mapping of tomato genome loci controlling tolerance and resistance Tomato brown rugose fruit virus*. Plants 10:179.