استجابة نباتات البندورة المعداة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة للمعاملة بمستخلص الطحالب البحرية ومصل اللبن في ظروف الساحل السوري

سارة ورزيك * [1] وعماد اسماعيل [1] وجمال الأحمد [1]

(1). قسم وقاية النبات، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(*للمراسلة: م. سارة ورزيك. البريد الالكتروني: sarawarzik1996@gmail.com).

تاريخ الاستلام:2024/08/26 تاريخ القبول:2025/01/19

الملخص

نفذ هذا البحث في قرية حريصون، طرطوس، سورية خلال الموسم الزراعي 2022 – 2023 بهدف دراسة تأثير المعاملة بمستخلص الطحالب البحرية وفق تركيزين (0.5، 1 غ/ل) ومصل اللبن بالتراكيز (10، 20 مل/100 مل) في إمكانية الحد من انتشار فيروس التجعد البني على ثمار البندورة؛ وأظهرت النتائج فعالية عالية لكلا المركبين في معظم مؤشرات الدراسة مقارنة بالشاهد المعدى، وقد سجلت المعاملة المشتركة بمستخلص الطحالب البحرية تركيز 1 غ/ل مع مصل اللبن تركيز 20 مل/100 مل تفوقاً معنوياً في الوزن الرطب والجاف للأوراق (898.32، 132.77 غ، على التوالي)، الكلورفيل a، b، الكلي، الكاروتنويدات (905.44، 632.65، 1538.1، 62.15 ميكروغرام\غ وزن رطب، على الترتيب)؛ متوسط عدد العناقيد الزهرية، وعدد الأزهار الكلي على النبات، وعدد الأزهار في النورة الواحدة، ونسبة العقد (6.5 عنقود زهري/نبات، 43.8 زهرة/نبات، 6.74 زهرة/نورة، 78.18%، على التوالي) وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات على النباتات المعداة، وقد لوحظ أن هذه المعاملة قد سجلت أدنى متوسط لشدة الإصابة بعد 30، 60 يوم من إجراء العدوى الميكانيكية للنباتات (25.33، 50.66 %، على التوالي).

الكلمات المفتاحية: البندورة، مستخلص الطحالب البحرية، مصل اللبن، فيروس التجعد البني على ثمار البندورة، تحريض المقاومة.

المقدمة:

تعد البندورة (*Solanum lycopersicum*) واحدة من أكثر الخضروات أهمية وشعبية في العالم (Pritesh and Subramanian, 2011). وهي من أهم محاصيل الخضار المدارية المزروعة (Hadian *et al.*, 2011). حيث تنتمي البندورة إلى عائلة الباذنجانيات (*Solanaceae*)، وتحتل المرتبة الأولى في الإنتاج العالمي من الخضار وتشير تقديرات منظمة الأغذية والزراعة الدولية (FAO) إلى أن مجمل الإنتاج العالمي من البندورة بلغ 186,107,972.48 طناً، وتعد أمريكا والصين وإيطاليا أكثر الدول المنتجة للبندورة في العالم (FAO, 2022). وأدت ملائمة الظروف المناخية في منطقة الساحل خلال فصل الشتاء لانتشار زراعة البندورة المغطاة بصورة رئيسية في محافظتي طرطوس واللاذقية. وبلغت المساحة المزروعة بالبندورة في سورية 13394 هكتاراً لعام 2022، ووصل انتاجها الى 650056 طناً وكانت الغلة 48535 كغ/هكتار (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2022).

تعد فيروسات النباتات من الجنس *Tobamovirus* التابعة لعائلة *Virgaviridae* هي مسببات أمراض مهمة للمحاصيل، وتسبب أضراراً كبيرة في الزراعة العالمية (Dombrovsky *et al.*, 2017)؛ حيث يحتوي جنس *Tobamovirus* على عدة أنواع تصيب عائلة الباذنجانيات، بما في ذلك فيروس موزاييك التبغ وفيروس موزاييك البندورة، وقد ظهر فيروس التجعد البني على ثمار البندورة

Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV)، في البيوت المحمية في الأردن عام 2014 (Salem *et al.*, 2016). وقد وجد أن هذا الفيروس قادر على التغلب على جميع جينات المقاومة لفيروسات *Tobamovirus* في البندورة (Hak and Spiegelman, 2021)، وتشير التوقعات أن تفشي الفيروس المذكور، في أوروبا (Beris *et al.*, 2020)، وأمريكا الشمالية (Camacho-Beltrán *et al.*, 2019)، وآسيا (Fidan *et al.*, 2019) قد يقود إلى وباء عالمي سريع الانتشار.

بذلت جهوداً بحثية للعثور على مدخلات زراعية عضوية مختلفة قابلة للتطبيق غير ضارة في صحة الإنسان، ومستدامة اتجاه البيئة، ويعد مستخلص الطحالب البحرية التجارية من المنشطات الحيوية وليست أسمدة لأنها تحفز استجابة الدفاع والنمو عند النباتات. علاوة على ذلك، لم يثبت أن مستخلصات الطحالب البحرية تحتوي بشكل طبيعي على مركبات أسمدة عند المستوى الذي يؤهلها لاستخدامها كسماد، فقد تم التركيز كثيراً على مستخلصات من الأعشاب البحرية منذ أن كشفت الدراسات أن هذه المركبات المعقدة تمتلك مركبات تحفيزية حيوية متنوعة مثل أشكال مختلفة من الكربوهيدرات والأحماض الأمينية وكميات صغيرة من الهرمونات النباتية والحاميات الأسموزية والبروتينات (Khan *et al.*, 2009; Du Jardin, 2015). بالإضافة إلى تعزيز تحمل الإجهاد، وامتصاص العناصر الغذائية، والنمو، والإنتاجية، فقد ثبت أيضاً أن المنشطات الحيوية الناتجة من الأعشاب البحرية تساعد في تقليل فترة سكون البذور وتحسن أنظمة الجذر، والإزهار (Ali *et al.*, 2019)، وجودة الفاكهة، وطعمها (Kapur *et al.*, 2018)، وحتى جودة المحصول (Li and Mattson, 2015) وتؤدي هذه التأثيرات الشاملة إلى تحسين إنتاجية المحاصيل.

كما يمثل مصل اللبن الحامضي خليطاً غنياً ومتجانساً من البروتينات المفرزة ذات الصفات الغذائية والحيوية/البيولوجية المتنوعة (Abdelbacki *et al.*, 2010)؛ هو المنتج الثانوي للسائل المتبقي بعد تصفية اللبن الرائب لإنتاج اللبنة، ويحتوي على نسب مرتفعة من حمض اللاكتيك Lactic acid بالإضافة إلى احتوائه على كميات محدودة من اللاكتوز والغالاكتوز وفوسفات الكالسيوم (Erickson, 2017).

استخدم Ortiz-Martínez and Ochoa-Martínez (2023) بعض المحفزات الحيوية والنباتية (مركبات تجارية لمستخلص الطحالب البحرية) بهدف دراسة تأثيرها على الشكل الخارجي، الإنتاجية، وجودة الثمار في نباتات البندورة المصابة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة وأظهرت نتائجهم أن أفضل المعالجات من حيث متغيرات الإنتاجية كانت للمحفزات Virablock® 3G50، وOptifert®، وSilicant®. بينما أثبت Haifa ProteK™ Total فعاليته الأكبر في المتغيرات الشكلية/المورفولوجية وجودة الثمار، في حين حفز NitroBac Plus® نمو الجذور بشكل أكبر.

بينت دراسة Abdelbacki *et al.* (2010) للنشاط المضاد للفيروسات لمجموعة مختلفة من بروتينات مصل اللبن الطبيعية والمعدلة بالإسترة (الألفا لاكتالبومين، البيتا لاكتوجلوبولين، واللاكتوفيرين) بهدف تثبيط فيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة (TYLCV) في نباتات البندورة المصابة، وأظهرت النتائج أن أكبر تثبيط لتكاثر الفيروس تم ملاحظته بعد 7 و15 يوماً باستخدام اللاكتوفيرين والألفا لاكتالبومين على التوالي؛ وأظهر اللاكتوفيرين الطبيعي والمعدل بالأسترة تثبيطاً كاملاً بعد 7 أيام. من جهة أخرى، أظهر البيتا لاكتوجلوبولين الطبيعي تثبيطًا بعد 7 و15 يوماً، في حين كان البيتا لاكتوجلوبولين المعدل بالإسترة أكثر فعالية نسبياً بعد 7 أيام، كما كانت كمية الحمض النووي الفيروسي أقل تأثراً بالألفا لاكتالبومين المعدل بالإسترة، بينما الألفا لاكتالبومين الطبيعي حقق تثبيطاً كاملاً لتكاثر الفيروس بعد 15 يوماً.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية:

استخدم في البحث بذور من صنف البندورة نينار (Neenar) وهو هجين (F1) يعد من الأصناف غير محدودة النمو، والمبكرة، والمخصص للزراعة المحمية، غزير الإنتاج مع جودة عالية للثمار من حيث الشكل واللون والصلابة، ويتراوح وزن الثمرة بين 135 و185 غ، كما يتميز بمقاومته الجيدة للأمراض بشكل عام.

مكان تنفيذ البحث:

نفذ هذا البحث في مختبر الأمراض البكتيرية والفطرية، جامعة تشرين، كلية الهندسة الزراعية، قسم وقاية النبات، وأجريت التجارب الحقلية خلال الموسم الزراعي 2022 – 2023 ضمن بيت محمي غير مدفأ في قرية حريصون (التي تقع أقصى شمال محافظة طرطوس) على الحدود الإدارية مع محافظة اللاذقية، والتي تبعد حوالي 7كم عن مدينة بانياس، ولا يتجاوز ارتفاعها 7–10م عن مستوى سطح البحر.

الزراعة:

زرعت شتول البندورة بعمر 23 يوماً (من إنبات البذور)، في الأرض الدائمة في خطوط مزدوجة البعد بينها 60 سم، وبين النباتات 40 سم، وبين المعاملات وأطراف التجربة 1م، وذلك في العروة الخريفية.

الإعداء الميكانيكي للنباتات:

تم أخذ أوراق نبات بندورة مصاب بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة (عزلة مشخصة ومحفوظة) ومختبر مصلياً من قبل Hasan *et al.* (2021) في مختبر الأمراض الفطرية والبكتيرية في قسم وقاية النبات في كلية الهندسة الزراعية بجامعة تشرين. وضعت الأوراق المصابة في جفنة بورسلان نظيفة وأضيف لها الماء المقطر بمعدل 3 مل ماء/ 1غ أوراق، مع كمية قليلة من المادة المخرشة (زجاج مطحون)، ثم سُحقت بوساطة الهاون حتى الحصول على عصارة متجانسة. تم اختيار نباتات سليمة ظاهرياً ومتجانسة في الطول والحجم (مرحلة 6 – 7 أوراق حقيقية، بعمر 22 يوم من الإنبات) وخالية من أي أعراض ظاهرية. تم تحديد (3) أوراق تحت الحديثة، تم دهنها بالعصارة النباتية الحاوية على اللقاح الفيروسي باستخدام قطعة من القطن المعقم والنظيف باتجاه واحد فقط، ومن ثم غسلت الأوراق بالماء فقط.

المعاملات المدروسة:

استخدم في تنفيذ هذه التجربة مستخلص الطحالب البحرية التجاري (Algi Firt Top) (وهو مسحوق تام الانحلال بالماء 100%، ويتكون من المواد التالية: كربون عضوي 20% بصورة أحماض أمينية وحمض الفولفيك والأمينو أسيد مستخلصة من الطحالب البحرية + نتروجين +10%(N)أوكسيد فوسفور + 4% (P2O5)أكسيد بوتاسيوم + 15% (K2O)عناصر صغرى {حديد– زنك– بورون– منغنيز – نحاس– مولبيديوم} بشكل شوائب؛ من إنتاج مؤسسة المزارع الخضراء) بتركيزين (0.5، 1 غ/ل)، ومصل اللبن بتركيزين (10، 20 مل/100 مل) رشاً على المجموع الخضري، حيث تمت عملية الرش مرتين، الأولى بعد الزراعة بـ 15يوماً (قبل مرحلة بدء ظهور العنقود الزهري الأول) والثانية بعد 15 يوماً من الرشة الأولى. فكانت معاملات التجربة على النحو التالي:

- T1: شاهد سليم، رش النباتات بالماء المقطر.
- T2: شاهد معدى، رش النباتات بالماء المقطر.
- T3: رش النباتات المعداة بمستخلص الطحالب البحرية التجارية بتركيز 0.5غ / ل ماء.
- T4: رش النباتات المعداة بمستخلص الطحالب البحرية التجارية بتركيز 1 غ / ل ماء.
- T5: رش النباتات المعداة بمصل اللبن (Milk serum) بتركيز 10 مل / 100 مل ماء.

- T6: رش النباتات المعداة بمصل اللبن (Milk serum) بتركيز 20مل / 100 مل ماء.
- T7: T5 + T3 (رش النباتات المعداة بمستخلص الطحالب البحرية التجارية تركيز 0.5غ / ل ماء، ومصل اللبن تركيز 10 مل / 100 مل ماء)
- T8: T6 + T4 (رش النباتات المعداة بمستخلص الطحالب البحرية التجارية تركيز 1غ / ل ماء، ومصل اللبن تركيز 20 مل / 100 مل ماء)

شملت التجربة على ثمان معاملات، كررت كل معاملة ثلاثة مرات، وشمل كل مكرر على خمسة نباتات؛ فكان العدد الكلي للنباتات 120 نباتاً.

المؤشرات المدروسة:

الوزن الرطب والجاف للأوراق ونسبة المادة الجافة (غ):

حُسب الوزن الرطب والجاف (كأول اختبار) على أساس متوسط وزن أوراق النبات الواحد لكل معاملة، وحُسب الوزن الجاف بعد التجفيف في الفرن على الدرجة 105 مْ حتى ثبات الوزن وحسبت نسبة المادة الجافة (%) وفق المعادلة: (الوزن الجاف\الوزن الرطب) × 100 وذلك عند وصول النباتات إلى شبكة الأسلاك الحاملة (صدقة وبجاش، 2018).

محتوى الأوراق من الكلوروفيل والكاروتنويدات (ميكروغرام / غ وزن رطب):

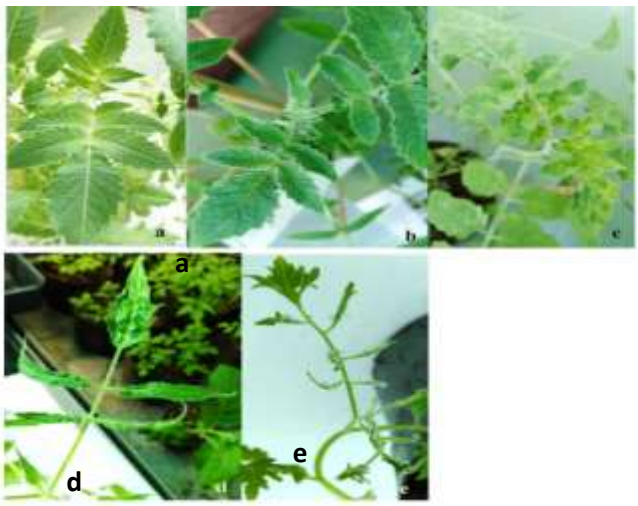
تم تقدير المحتوى الكلي من الصبغات بالنسبة الى الوزن الطري للأوراق (ميكروغرام / غ وزن رطب) (أوراق مكتملة النمو مأخوذة من وسط النبات) حسب (Lichtenthaler, 1987).

تقدير شدة الإصابة بالفيروس:

تم تقدير شدة الإصابة على المجموع الخضري في مرحلتين، بعد العدوى بـ 30 و60 يوماً، وفق السلم المبين في الجدول (1)، والشكل (1) حسب Jewehan *et al.* (2022):

الجدول (1): فئات الخطورة والأعراض المسجلة لحساب مؤشر شدة الإصابة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة

Classes	No symptoms لا توجد أعراض
0	**موزاييك خفيف، وبرقشة Mild mosaic or mottling**
1	**موزاييك Mosaic**
2	**موزاييك وتشوه أوراق Mosaic and leaf deformation**
3	**موزاييك وتشوه أوراق واستطالة الأوراق مثل رباط الحذاء Mosaic and leaf deformation, shoestring**
4	**موزاييك شديد، تشوه أوراق، استطالة أوراق النبات مثل رباط الحذاء، وتقزم النبات Severe mosaic, leaf deformation, rolling, shoestring, stunting**
5	**لا توجد أعراض No symptoms**



الشكل (1): درجات أعراض مرض (ToBRFV) النموذجية حسب

a= لا توجد أعراض، b= موزاييك خفيف، c = موزاييك، d= موزاييك مع تشوهات في الأوراق، e= موزاييك، تشوه الأوراق والتفافها (shoestring). (Jewehan *et al.*, 2022)

وحسبت شدة الإصابة وفق المعادلة التالية:

$$DSI\ \%= \sum_{e=0}^{4} \frac{e.Re\ x\ 100}{5N}$$

حيث: DSI: دليل شدة الإصابة، e: الفئة (Class)، Re: عدد النباتات عند كل فئة، N: عدد النباتات الكلي.

المؤشرات الزهرية:

- عدد العناقيد الزهرية/نبات
- عدد الأزهار في العنقود الزهري
- عدد الأزهار على النبات
- نسبة العقد (%)

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي

تم تصميم التجربة بطريقة القطاعات العشوائية الكاملة، وأجري التحليل الإحصائي للنتائج باستخدام البرنامج الإحصائي Costat 5.918-، حيث تم إخضاع جميع المتوسطات لتحليل التباين ANOVA مع تحديد أقل فرق معنوي (LSD) لتقدير الفروق بين المتوسطات عند درجة معنوية 5%.

النتائج والمناقشة:

1- تأثير المعاملة بمستخلص الطحالب البحرية ومصل اللبن في الوزن الرطب والجاف للأوراق ونسبة المادة الجافة (غ) لنبات البندورة:

بينت نتائج دراسة الوزنين الرطب والجاف للأوراق ونسبة المادة الجافة في مرحلة وصول النباتات لشبكة الأسلاك الحاملة والمدونة في الجدول (2) تفوق معاملة الشاهد السليم على كافة المعاملات الأخرى في الوزن الرطب (1165.43غ) والجاف (165.12غ). كما تفوقت معظم معاملات الرش على معاملة الشاهد المعدي في وزن الأوراق الرطب والجاف لاسيما المعاملة T8 التي تفوقت في وزن الأوراق الرطب (898.15غ) والجاف (132.77غ) على جميع معاملات الرش الأخرى، باستثناء المعاملة T4 التي لم تسجل فرق معنوي في الوزن الجاف (125.23غ) مع المعاملة السابقة. حققت المعاملتان T2 وT5 أعلى نسبة مادة جافة (17.85،

17.21% على التوالي) وتفوقتا معنوياً على كافة المعاملات الأخرى. كما نلاحظ تفوق جميع المعاملات المعدية بالفيروس في نسبة المادة الجافة على معاملة النباتات السليمة T1، باستثناء المعاملة T8.

الجدول (2): الوزن الرطب والجاف للأوراق ونسبة المادة الجافة في مرحلة وصول النباتات لشبكة الأسلاك الحاملة

المعاملة	وزن الأوراق الرطب \غ	وزن الأوراق الجاف \غ	نسبة المادة الجافة%
T1:شاهد سليم	1165.43a	165.12a	14.16d
T2:شاهد معدى	404.63h	72.26e	17.85a
T3:طحالب0.5غ	633.11e	102.69c	16.22b
T4: طحالب 1غ	817.45c	125.23b	15.32c
T5:مصل 10مل	486.60g	83.74de	17.21a
T6:مصل 20مل	578.55f	95.75cd	16.55b
(T5+T3):T7	713.15d	107.89c	15.13c
(T6+T4):T8	898.32b	132.77b	14.78cd
LSD5%	78.9	17.81	0.65

2- تأثير المعاملة بمستخلص الطحالب البحرية ومصل اللبن في محتوى الأوراق من الكلوروفيل والكاروتنويدات (ميكروغرام / غ وزن رطب):

سجلت أعلى كمية من الكلوروفيل a وb، والكلوروفيل الكلي في معاملة الشاهد السليم (1138.33، 798.97، 1907.3 ميكروغرام\غرام، على التوالي) متفوقة معنوياً على جميع المعاملات الأخرى. كما تفوقت المعاملة T8 في كمية الكلوروفيل الكلي (1538.10 ميكروغرام\غ) على معاملة الشاهد المعدي وعلى جميع معاملات الرش الأخرى (الجدول 3). كما تفوقت معاملة الشاهد السليم على جميع المعاملات في كمية الكاروتنويدات (78.49 ميكروغرام\غ)، تلتها المعاملة T8 (62.15 ميكروغرام\غ) التي تفوقت بدورها على المعاملات الأخرى.

الجدول (3): كمية الكلوروفيل والكاروتنويدات في الأوراق لمختلف المعاملات المختبرة (ميكروغرام\غ وزن رطب)

المعاملة	كلوروفيل A	كلوروفيل B	الكلوروفيل الكلي A+B	الكاروتنويدات
T1:شاهد سليم	1138.33a	798.97a	1907.3a	78.49a
T2:شاهد معدى	767.36e	472.81f	1240.17e	44.57f
T3:طحالب0.5غ	851.55cd	545.33cd	1396.88cd	51.66de
T4: طحالب 1غ	885.22bc	561.25cd	1446.47c	58.34c
T5:مصل 10مل	815.13de	522.17e	1337.30d	49.75e
T6:مصل 20مل	845.29cd	539.65de	1384.94cd	53.80cde
(T5+T3):T7	875.13bc	584.25c	1459.38c	56.14cd
(T6+T4):T8	905.44b	632.65b	1538.10b	62.15b
LSD5%	51.75	36.28	78.11	5.15

3- تقدير درجات وشدة الإصابة بالفيروس ToBRFV:

بينت دراسة أعراض الإصابة على النباتات بعد 30 يوماً من العدوى بالفيروس ToBRFV توزع أغلب النباتات حسب أعراض الإصابة بين الدرجتين 1 و2، وتراوح عدد النباتات المصابة في الدرجة الأولى (Class 1) بين 4 و11 نباتاً، وفي الدرجة الثانية (Class 2)بين 9 و4 نباتاً في المعاملتين T2 وT8 على التوالي، كما سجلت المعاملتان T2 وT5 أعراض إصابة من الدرجة الثالثة (2 و1 نبات) على التوالي (الجدول 4).

الجدول (4): درجات الإصابة المسجلة لمختلف المعاملات المختبرة بعد 30 يوماً من عدوى النباتات بالفيروس

المعاملة	عدد النباتات في كل فئة (درجة)			
	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3
T1:شاهد سليم	15	0	0	0
T2:شاهد معدى	0	4	9	2
T3:طحالب0.5غ	0	9	6	0
T4: طحالب 1غ	0	10	5	0
T5:مصل 10مل	0	7	7	1
T6:مصل 20مل	0	8	7	0
T7:(T5+T3)	0	9	6	0
T8:(T6+T4)	0	11	4	0

نلاحظ من الجدول (5) تطور أعراض الإصابة على النباتات المعدية بالفيروس بعد 60 يوماً لتصبح من الدرجة الثالثة والرابعة، وحتى من الدرجة الخامسة في معاملة الشاهد المعدي.

الجدول (5): درجات الإصابة المسجلة لمختلف المعاملات المختبرة بعد 60 يوماً من عدوى النباتات بالفيروس

المعاملة	عدد النباتات في كل فئة (درجة)					
	Class 0	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4	Class 5
T1:شاهد سليم	15	0	0	0	0	0
T2:شاهد معدى	0	0	0	3	10	2
T3:طحالب0.5غ	0	0	3	11	1	0
T4: طحالب 1غ	0	0	6	8	1	0
T5:مصل 10مل	0	0	2	5	8	0
T6:مصل 20مل	0	0	4	5	6	0
T7:(T5+T3)	0	0	4	9	2	0
T8:(T6+T4)	0	0	7	8	0	0

أظهرت النتائج المدونة في الجدول 6، وجود فروق معنوية في دليل شدة الإصابة DSI حسب الزمن من جهة (بعد 30 و60 يوماً) من تطبيق العدوى الميكانيكية للنباتات بالفيروس ToBRFV وحسب المعاملات من جهة أخرى.

بلغ متوسط شدة الإصابة بعد 30 يوماً (25.83%) مقابل (53.49%) بعد 60 يوماً، وسجلت أعلى قيمة له ولكلا الموعدين في معاملة الشاهد المعدى (37.33% و78.66%، على التوالي) وأدناها في المعاملة T8 وللموعدين السابقين (25.33 و50.66%، على التوالي).

الجدول (6): دليل شدة الإصابة DSI % بعد 30 و60 يوماً من تطبيق العدوى الميكانيكية للنباتات بالفيروس

المعاملة	DSI بعد 30 يوماً من العدوى	DSI بعد 60 يوماً من العدوى	المتوسط (تأثير المعاملات)
T1:شاهد سليم	0 i	0 i	0e
T2:شاهد معدى	37.33f	78.66a	58a
T3:طحالب0.5غ	28h	57.33d	42.66c
T4: طحالب 1غ	26.67h	53.33e	40c
T5:مصل 10مل	32g	68b	50b
T6:مصل 20مل	29.33gh	62.66c	46c
T7:(T5+T3)	28h	57.33d	42.66c
T8:(T6+T4)	25.33h	50.66e	38d
المتوسط (تأثير الزمن)	25.83B	53.49A	
LSD(A)5%= 3.83 تأثير المعاملات LSD(B)5%= 3.75 تأثير الزمن LSD(A.B)5%= 3.58 التأثير المشترك للمعاملات والزمن			

يتضح من الجدول السابق أن تطبيق معاملات الرش قد ساهم في تخفيض شدة الإصابة بشكل معنوي وذلك مقارنة بالشاهد المعدي، والتي بلغت أدنى قيمة في المعاملة T8 (38%) بفارق 20% عن معاملة الشاهد (58%).

4- تأثير المعاملة بمستخلص الطحالب البحرية ومصل اللبن في المؤشرات الزهرية:

حققت معاملة الشاهد السليم أعلى القيم لجميع مؤشرات الإزهار المدروسة وبفروق معنوية مع باقي المعاملات، بينما كانت أدناها في معاملة الشاهد المعدي (الجدول 7).

الجدول (7): بعض المؤشرات الزهرية للمعاملات المختبرة

لمعاملة	متوسط عدد العناقيد الزهرية على النبات	متوسط عدد الأزهار الكلي على النبات	متوسط عدد الأزهار في النورة الواحدة	نسبة العقد %
T1:شاهد سليم	7a	58a	8.28a	90.38a
T2:شاهد معدى	5e	23.6e	4.72c	39.25e
T3:طحالب0.5غ	5.8cd	36.7cd	6.32b	60.9d
T4: طحالب 1غ	6.3bc	40.5bc	6.42b	71.5bc
T5:مصل 10مل	5.25de	32.6d	5.57b	58d
T6:مصل 20مل	5.5d	35d	6.36b	61.3d
(T5+T3):T7	6.15b	40.2bc	6.53b	67.4cd
(T6+T4):T8	6.5b	43.8b	6.74ab	78.18b
$LSD_{5\%}$	0.41	5.53	1.56	6.65

تفوقت معاملتا الرش T7 وT8 على معاملة الشاهد المعدي ومعاملتي الرش بمصل اللبن في متوسط عدد العناقيد الزهرية (6.15 و6.5 عنقود زهري\نبات) وعدد الأزهار الكلي على النبات (40.2 و43.8 زهرة\نبات)، في حين سجلت معاملة الرش T5 أدناها (5.25 و32.6 على التوالي). لم يتم تسجيل فروق معنوية في متوسط عدد الأزهار في النورة بين جميع معاملات الرش التي تفوقت على معاملة الشاهد المعدي، كما لم يسجل فرق معنوي بين المعاملتين T1 وT8 (8.28، 6.74 زهرة\نورة) (الشكل 2).

الشكل (2): اختلاف عدد الأزهار في العنقود الزهري لبعض المعاملات المختبرة

ظهرت فروق معنوية واضحة في نسبة عقد الأزهار بين المعاملات المختلفة والتي تراوحت بين 58 و90.38% في المعاملتين T5 وT1، وتفوقت المعاملة T8 في نسبة العقد على معاملة الشاهد المعدي ومعاملات الرش الأخرى، باستثناء المعاملة T4، بواقع 78.18%، كما تفوقت المعاملة T4 بدورها على معاملتي الرش بالمصل بواقع 71.5%.

من الجدير بالذكر، أنه تمت ملاحظة حدوث انخفاض واضح في متوسط عدد الأزهار على العنقود الزهري ونسبة العقد في النباتات المعدية بالفيروس خصوصاً في معاملة الشاهد في العناقيد الزهرية العلوية، ولا سيما العناقيد الثلاث الأخيرة.

قد ترجع الزيادة في صفات النمو الخضري والزهري الناتجة عن المعاملة بمستخلص الطحالب البحرية إلى ما تحتويه هذه المستخلصات من الأوكسينات (Ali *et al.*, 2021)، التي لها دور فعال في زيادة انقسام الخلايا وأتساعها مما يؤدي إلى حجم

خضري أكبر، ينعكس على الإنتاجية وجودة الثمار (Gollan and Wright, 2006). كما أن مستخلصات الطحالب البحرية تحوي السيتوكينينات التي تشجع الفعاليات الفيزيولوجية وتزيد من الكلوروفيل الكلي مما يؤثر إيجابياً في فعالية التمثيل الضوئي والمواد المصنعة مما ينعكس إيجابياً على صفات النمو الخضري، والإنتاجية للنبات (Kulkarni *et al.*, 2019). وقد يعود السبب إلى ما تحتويه هذه المستخلصات الطحلبية على العديد من العناصر الغذائية الكبرى والصغرى (Spinelli *et al.*, 2009)، كالحديد الذي يعد مهماً في تنشيط أنزيمات الأكسدة والاختزال في سلسلة نقل الإلكترونات بعملية التنفس ومساعدته في بناء الكلوروفيل وتخزين الحديد في الكلوروبلاست بشكل Phytoferritin مما يؤدي إلى نمو خضري أكبر (Al-Sahaf, 1989)، كما أن عنصر الزنك الذي تحتويه مستخلصات الطحالب البحرية يساهم في تصنيع الحمض الأميني التربتوفان (Tryptophan) وهو المادة الأساسية في تصنيع الأوكسين IAA (حمض إندول الخليك) المهم في انقسام الخلايا واتساعها والذي يقود إلى نمو خضري أكبر، وكذلك النحاس والبورون الموجودان في مستخلصات الطحالب البحرية والمهمان في نقل الإلكترونات ونقل السكريات مما يشجع عملية التمثيل الضوئي وعمليات النمو الأخرى (Rafiee *et al.*, 2016).

وقد يعزى انخفاض أعراض وشدة الإصابة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة الناتجة عن المعاملة بمصل اللبن، نظراً للمكونات البيولوجية لبروتينات مصل اللبن، بما في ذلك البيتا لاكتوجلوبولين، الألفا لاكتالبومين، اللاكتوفيرين، اللاكتوبيروكسيداز، الأجسام المضادة والجليكوماكروبيتيدات، التي تظهر نطاقاً واسعاً من الخصائص المعززة للمناعة، وتعمل كمضادات للأكسدة، مضادة للفيروسات، ومضادة للميكروبات (Marshall, 2004). حيث تظهر نتائج هذه الدراسة أن استخدام مستخلص الطحالب البحرية ومصل اللبن بعد العدوى بالفيروس، تعمل على تحريض مقاومة النبات لفيروس التجعد البني على ثمار البندورة، ويمكن اعتباره بديل مستدام للحد من فقدان الغلة في النباتات المصابة بالفيروس وهذا يتفق مع نتائج Ortiz-Martínez and Ochoa-Martínez (2023)، و Abdelbacki *et al.* (2010).

الاستنتاجات:

1. أدت عملية عدوى النباتات بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة لا سيما في معاملة الشاهد إلى خفض قيمة جميع المؤشرات الخضرية والزهرية المدروسة.
2. ساهمت معاملة النباتات بكل من مستخلص الطحالب البحرية ومصل اللبن بشكل منفرد أو بالاثنين معاً إلى خفض أعراض وشدة الإصابة بفيروس التجعد البني على ثمار البندورة على النباتات مقارنة بمعاملة الشاهد المعدي.

المراجع:

المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية (2022). وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. مديرية الإحصاء والتخطيط، قسم الإحصاء، دمشق، الجمهورية العربية السورية.

Abdelbacki, A. M., Taha, S. H., Sitohy, M. Z., Dawood, A. I. A., Hamid, M. M. A. E., and Rezk, A. A. (2010). Inhibition of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) Using Whey Proteins. Virology Journal, vol. 7, pp. 1-6.

Ali, O., Ramsubhag, A., and Jayaraman, J. (2019). Biostimulatory Activities of Ascophyllum Nodosum Extract in Tomato and Sweet Pepper Crops in a Tropical Environment. PLoS One, vol. 14, no. 5.

Ali, O., Ramsubhag, A., and Jayaraman, J. (2021). Phytoelicitor Activity of Sargassum Vulgare and Acanthophora Spicifera Extracts and Their Prospects for Use in Vegetable Crops for Sustainable Crop Production. Journal of Applied Phycology, vol. 33, no. 1, pp. 639-651.

Al-Sahaf, Fadhil Hussein. (1989). Applied Plant Nutrition. Baghdad University, pp. 259.

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, vol. 104, no. 7, pp. 2035.

Camacho-Beltrán, E., Pérez-Villarreal, A., Leyva-López, N. E., Rodríguez-Negrete, E. A., Ceniceros-Ojeda, E. A., and Méndez-Lozano, J. (2019). Occurrence of Tomato Brown Rugose Fruit Virus Infecting Tomato Crops in Mexico. Plant Disease, vol. 103, no. 6, pp. 1440-1440.

Dombrovsky, A., Tran-Nguyen, L. T., and Jones, R. A. (2017). Cucumber Green Mottle Mosaic Virus: Rapidly Increasing Global Distribution, Etiology, Epidemiology, and Management. Annual Review of Phytopathology, vol. 55, pp. 231-256.

Du Jardin, P. (2015). Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. Scientia Horticulturae, vol. 196, pp. 3-14.

Erickson, B. E. (2017). Acid Whey: Is the Waste Product an Untapped Goldmine. Chemical & Engineering News, vol. 95, no. 6, pp. 26-30.

FAO. (2022). FAOSTAT. Food and Agriculture Organization.

Fidan, H., Sarikaya, P., and Calis, O. (2019). First Report of Tomato Brown Rugose Fruit Virus on Tomato in Turkey. New Disease Reports, vol. 39, no. 18, pp. 2044-0588.

Gollan, J. R., and Wright, J. T. (2006). Limited Grazing Pressure by Native Herbivores on the Invasive Seaweed Caulerpa Taxifolia in a Temperate Australian Estuary. Marine and Freshwater Research, vol. 57, no. 7, pp. 685-694.

Hadian, S., Rahnam, K., Jamali, S., and Escandari, A. (2011). Comparing New Extract with Chemical Control on Fusarium Oxysporum and Meloidogyne Incognita Complex of Tomato. Advances in Environmental Biology, vol. 5, no. 8, pp. 2052-2057.

Hak, H., and Spiegelman, Z. (2021). The Tomato Brown Rugose Fruit Virus Movement Protein Overcomes Tm-22 Resistance in Tomato While Attenuating Viral Transport. Molecular Plant-Microbe Interactions, vol. 34, no. 9, pp. 1024-1032.

Hasan, Z. M., Salem, N. M., Ismail, I. D., Akel, E. H., and Ahmad, A. Y. (2021). First report of Tomato brown rugose fruit virus on greenhouse tomato in Syria. Plant Disease, 106(2), 772.

Jewehan, A., Salem, N., Tóth, Z., Salamon, P., and Szabó, Z. (2022). Screening of Solanum (Sections Lycopersicon and Juglandifolia) Germplasm for Reactions to the Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV). Journal of Plant Diseases and Protection, pp. 1-7.

Kapur, B., Sarıdaş, M. A., Çeliktopuz, E., Kafkas, E., and Kargı, S. P. (2018). Health and Taste Related Compounds in Strawberries under Various Irrigation Regimes and Bio-Stimulant Application. Food Chemistry, vol. 263, pp. 67-73.

Khan, W., Rayirath, U. P., Subramanian, S., Jithesh, M. N., Rayorath, P., Hodges, D. M., Critchley, A. T., Craigie, J. S., Norrie, J., and Prithiviraj, B. (2009). Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. Journal of Plant Growth Regulation, vol. 28, pp. 386-399.

Kulkarni, M. G., Rengasamy, K. R., Pendota, S. C., Gruz, J., Plačková, L., Novák, O., Doležal, K., and Van Staden, J. (2019). Bioactive Molecules Derived from Smoke and Seaweed Ecklonia maxima Showing Phytohormone-Like Activity in Spinacia oleracea L. New Biotechnology, vol. 48, pp. 83-89.

Li, Y., and Mattson, N. S. (2015). Effects of Seaweed Extract Application Rate and Method on Post-Production Life of Petunia and Tomato Transplants. HortTechnology, vol. 25, no. 4, pp. 505-510.

Lichtenthaler, H. K. (1987). Chlorophylls and Carotenoids: Pigments of Photosynthetic Biomembranes. Methods in Enzymology, vol. 148, Academic Press, pp. 350-382.

Marshall, Keri. (2004). Therapeutic Applications of Whey Protein. Alternative Medicine Review, vol. 9, no. 2, pp. 136-156.

Ortiz-Martínez, Luis Enrique, and Daniel Leobardo Ochoa-Martínez. (2023). Elicitors and Biostimulants in the Production of Tomato Infected with Tomato Brown Rugose Fruit Virus. Journal of Plant Diseases and Protection, vol. 130, no. 2, pp. 351-360.

Pritesh, P., and R. B. Subramaniwehan. (2011). PCR Based Method for Testing Fusarium Wilt Resistance of Tomato. African Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 3, no. 5, p. 222.

Rafiee, H., Naghdi Badi, H. A., Mehrafarin, A., Qaderi, A., Zarinpanjeh, N., Sękara, A., and Zand, E. (2016). Application of Plant Biostimulants as New Approach to Improve the Biological Responses of Medicinal Plants-A Critical Review. Journal of Medicinal Plants, vol. 15, no. 59, pp. 6-39.

Salem, N., Mansour, A., Ciuffo, M., Falk, B. W., and Turina, M. (2016). A New Tobamovirus Infecting Tomato Crops in Jordan. Archives of Virology, vol. 161, pp. 503-506.

Spinelli, F., Fiori, G., Noferini, M., Sprocatti, M., and Costa, G. (2009). Perspectives on the Use of a Seaweed Extract to Moderate the Negative Effects of Alternate Bearing in Apple Trees. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, vol. 84, no. 6, pp. 131-137.

Response of Tomato Plants Infected with Tomato Brown Rugose Fruit Virus to Treatment with Seaweed Extract and Whey under Coastal Syrian Conditions

Sarah Warzik *(1), Imad Ismail (1), and Jamal Al-Ahmad (1)

(1). Plant Protection Department, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Lattika, Syria.

(*Corresponding author: Sara Warzik. Email: sarawarzik1996@gmail.com)

Received:26/08/2024 Accepted: 19/01/2025

Abstract

This research was conducted in the village of Harisson, Tartous, Syria, during the 2022-2023 agricultural season. The objective was to study the effect of treatment with seaweed extract at two concentrations (0.5, 1 g/L) and whey at concentrations (10, 20 ml/100 ml) on the potential reduction of Tomato Brown Rugose Fruit Virus (ToBRFV) spread on tomato fruits. The results showed high efficacy of both compounds in most study indicators compared to the infected control. The combined treatment of seaweed extract at a concentration of 1 g/L with whey at 20 ml/100 ml showed significant superiority in the fresh and dry weight of leaves (898.32, 132.77 g, respectively), chlorophyll a, b, total chlorophyll, carotenoids (905.44, 632.65, 1538.1, 62.15 µg/g fresh weight, respectively); average number of flower clusters, total number of flowers per plant, number of flowers per cluster, and fruit set percentage (6.5 clusters/plant, 43.8 flowers/plant, 6.74 flowers/cluster, 78.18%, respectively) compared to other treatments on

infected plants. It was noted that this treatment recorded the lowest average infection severity after 30, 60 days of mechanical inoculation (25.33%, 50.66%, respectively).

Keywords: Tomato, Seaweed Extract, Whey, Tomato Brown Rugose Fruit Virus, Resistance Induction.