

## تأثير سلالتين من بكتيريا الجذور المحفزة للنمو في نسبة وشدة الإصابة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة/الطماطم وفي بعض مؤشرات النمو لنبات البندورة/الطماطم تحت ظروف البيوت المحمية

إنصاف حسن عاقل<sup>1</sup>، قصي علي الرحية<sup>1</sup>، حنان نادر قواس<sup>1</sup> وعماد داود اسماعيل<sup>2</sup>

(1) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سورية، البريد الإلكتروني: ensafake15n4a@gmail.com

(2) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

### الملخص

عاقل، إنصاف حسن، قصي علي الرحية، حنان نادر قواس وعماد داود اسماعيل. 2020. تأثير سلالتين من بكتيريا الجذور المحفزة للنمو في نسبة وشدة الإصابة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة/الطماطم وفي بعض مؤشرات النمو لنبات البندورة/الطماطم تحت ظروف البيوت المحمية. مجلة وقاية النبات العربية، 38(3): 241-251.

أجريت الدراسة بهدف تقييم كفاءة السلالتين البكتيريتين (*Bacillus subtilis* FZB27، *Pseudomonas chlororaphis* MA342) في الحد من الإصابة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة/الطماطم (*TYLCV*) *Tomato yellow leaf curl virus* على نباتات البندورة/الطماطم، من خلال تقدير نسبة وشدة الإصابة بالفيروس، تقدير نشاط أنزيم البيروكسيداز، وتقدير بعض معايير النمو. نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية ضمن دفينة بلاستيكية، خلال موسم 2018/2019. تم تطبيق البكتيريا بطريقة معاملة البذور مع ري الجذور. أظهرت النتائج انخفاض نسبة الإصابة بفيروس *TYLCV* في النباتات المعاملة بالسلالتين البكتيريتين بعد 15-30 يوماً من الإعداء، مع وجود فرق معنوي بين الشاهد المعدي والسلالتين البكتيريتين، وكانت نسبة التخفيض 33.34% مع كلتا السلالتين بعد 15 يوماً من الإعداء، و 16.67% مع السلالة B27 بعد 30 يوماً من الإعداء، كما أظهرت انخفاض شدة الإصابة بالفيروس في النباتات المعاملة بالسلالتين البكتيريتين بعد 15 و 30 يوماً من الإعداء، وكانت أعلى نسبة تخفيض مع السلالة B27 (39.23% و 18.57%)، على التوالي. زادت السلالتين البكتيريتين من نشاط أنزيم البيروكسيداز في النباتات المعاملة بالمعدية والبكتيريا، وكانت أعلى نسبة زيادة مع السلالة B27 (39.13%) بعد 15 يوماً من الإعداء، و 204.34% مع السلالة MA بعد 30 يوماً من الإعداء. أسهمت السلالتين البكتيريتين بتحسين معايير نمو النباتات المعاملة بالفيروس والمعاملة بالبكتيريا، حيث زادت البكتيريا من ارتفاع النبات والوزن الجاف للمجموع الخضري والوزن الطري والجاف للمجموع الجذري في النباتات المعاملة بالبكتيريا والمعدية مقارنة بالشاهد المعدي، وكانت أعلى نسبة زيادة مع السلالة MA 39.12%، 47.26%، 42.18% و 33.64% للصفات المذكورة، على التوالي، كما زادت البكتيريا من الوزن الطري للمجموع الخضري، ووزن الثمار العاقدة مقارنة بالشاهد المعدي وكانت أعلى نسبة زيادة مع السلالة B27 42.31% و 83.79%، على التوالي.

كلمات مفتاحية: بكتيريا، *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas chlororaphis*، *TYLCV*، بيروكسيداز، نسبة الإصابة، معايير النمو.

### المقدمة

كبيراً في الإنتاج والتنوعية يصل إلى 100% تبعاً للسلالة، الصنف، والظروف البيئية (Martinez Zubiaur et al., 2004)؛ Moriones & Navas-Castillo, 2000)، وقد زاد انتشار الفيروس ليشكل مرضاً وبائياً (Czosnek, 2007). سجل الفيروس لأول مرة على البندورة عام 1964 في فلسطين المحتلة (Cohen & Harpaz, 1964)، وسجل لاحقاً في لبنان (Makkouk et al., 1979)، قبرص (Ioannou, 1985)، العراق، تركيا، السودان، تونس، نيجيريا، السنغال وتايلاند (Lana & Wilson, 1976؛ Verma et al., 1975)، وقد سجل الفيروس في سورية على البندورة وبعض الأعشاب البرية الشائعة (حسن وآخرون، 2011)، وسجل مؤخراً لأول مرة على الفاصولياء في سورية (Akel et al., 2019)، كما سجل بإصابات مختلطة مع فيروس الذبول المتبقي في البندورة/الطماطم

يعد محصول البندورة/الطماطم (*Solanum lycopersicum* L.)، من أهم محاصيل الخضار المزروعة في سورية، ويأتي في المرتبة الأولى في الزراعة المحمية من حيث المساحة والإنتاج في الساحل السوري، حيث بلغ عدد البيوت المحمية المزروعة بالبندورة 75172 بيتاً بمساحة تقدر بـ 3007 هكتاراً، وإنتاج 451032 طناً (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2016). يعد فيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة/الطماطم *Tomato yellow leaf curl virus* (*TYLCV*)، جنس *Begomovirus*، فصيلة *Geminiviridae*، من الفيروسات عالية الخطورة على محصول البندورة/الطماطم في جميع مناطق زراعتها في العالم، مسبباً انخفاضاً

*Tomato spotted wilt virus* (TSWV) على عدة محاصيل في سورية (Akel et al., 2019).

للفيروس عدة سلالات، سجل منها ثلاثة في بلدان حوض المتوسط (TYLCV-MILd) *Tomato yellow leaf curl virus-Mild*، (TYLCV-IL) *Tomato yellow leaf curl virus-Israel*، (TYLCSV) *Tomato yellow leaf curl Sardinia virus* (Anfoka) (et al., 2008). تعد السلالة الأوروبية (TYLCV-European) التي أطلق عليها سلالة سردينيا (TYLCV-Sardinia)، هي السلالة المنتشرة في سواحل أوروبا والبحر المتوسط (Macintosh et al., 1992)، وقد أُشير إلى وجود سلالتين في الساحل السوري هما TYLCV-MILd و (TYLCV-IL) (Hasan & Mouhanna, 2016). ينتقل الفيروس بواسطة ذبابة التبغ البيضاء *Gennadius tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) بالطريقة المثابرة (Mehta et al., 1994؛ Polston et al., 1999)، حيث أُشير في سورية إلى كفاءة أربعة طرز حيوية (M، Q، nonB، B) من ذبابة التبغ البيضاء المنتشرة في الساحل السوري في نقل عزلة محلية من الفيروس ضمن بيئة الحقل وفي البيت المحمي (مهنًا وآخرون، 2014)، وقد ينتقل الفيروس عبر بيوض الناقل (Ghanium et al., 1998)، ولا ينتقل بأنواع أخرى من الذباب الأبيض، كما ينتقل بواسطة التطعيم، لكنه لا ينتقل ميكانيكياً (Czosnek et al., 1988)، ولا بالبذور (Nitzany, 1975)، ولا من خلال التربة (Makkouk et al., 1979). تظهر الأعراض على النباتات المصابة في مرحلة مبكرة بشكل تقزم شديد، التقاف حواف الأوراق للأعلى أو الأسفل، اصفرار حواف الأوراق وبين العروق (Moriones & Navas-Castillo, 2000). اتبعت عدة أساليب للسيطرة على فيروس TYLCV، مثل الدورة الزراعية، مكافحة الناقل كيميائياً، واستخدام الأصناف المقاومة (Nakhla & Maxwell, 1998). إلا أن نشوء صفة المقاومة للذبابة البيضاء تجاه المبيدات وتزايد كثافتها العددية قلل من فعالية المبيدات (Schuster, 2007)، وعلى الرغم من أن تطوير أصناف بندورة مقاومة يعطي وعداً بتقليل تأثير TYLCV (Lapidot et al., 2001)، إلا أن الممارسات الزراعية كان لها الدور الأفضل في تخفيف TYLCV بسبب وجود مصادر للعدوى والناقل (الذبابة البيضاء) طوال السنة.

تحولت الأنظار فيما بعد باتجاه تطوير بدائل للسيطرة على الفيروس، بما فيها تحفيز مقاومة النبات للمرض، بما يعرف بالمقاومة الجهازية المستحثة (Induced Systemic Resistance)، والتي تعني عملية حث أو تحفيز النباتات على تفعيل دور الدفاعات الفيزيائية والكيميائية الموجودة طبيعياً في النباتات، ضد مسببات الأمراض باستخدام العوامل المحفزة، ومن ضمنها العوامل المحفزة الحيوية (Bio-inducer factors)، والتي تتمثل بمجاميع بكتيريا الجذور المحفزة

لنمو النبات (Plants growth promoting rhizobacteria). تعمل هذه البكتيريا على تعزيز النمو إما بشكل مباشر من خلال التسميد الحيوي وتحفيز نمو الجذور والامتصاص الكافي للمواد المغذية من التربة (Lenin & Jayanthi, 2012)، أو بشكل غير مباشر من خلال تقليل تأثير العوامل الممرضة بإنتاج المضادات الحيوية وإنتاج الهرمونات النباتية وتحفيز المقاومة الجهازية والتنافس على المواد الغذائية (Egamberdieva & Lugtenberg, 2014)، أشارت العديد من الدراسات إلى دور أنواع مختلفة من البكتيريا الجذرية في تحسين نمو النباتات وتحفيز مقاومتها تجاه الأمراض، وأثبت بعضها كفاءة في تحفيز مقاومة النبات ضد الفيروسات (Zehnder et al., 2001)، وعلى محاصيل عدة (van Peer et al., 1991؛ Kandan et al., 2007)، لذلك كان الهدف الرئيسي لهذا البحث هو تقويم تطبيق سلالتين من البكتيريا المحسنة لنمو النبات (PGPR) في تحفيز نمو نبات البندورة لتخفيف تأثير فيروس TYLCV على إنتاجية نباتات البندورة كطريقة جديدة بالاهتمام لإدارة الأمراض الفيروسية في زراعة البندورة المحمية في الساحل السوري.

## مواد البحث وطرائقه

### موقع تنفيذ البحث والمعاملات

نفذ البحث في مركز البحوث العلمية الزراعية في اللاذقية، تجربة حقلية ضمن دفيئة بلاستيكية، خلال موسم 2019/2018، صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، تضمنت 6 معاملات: 1= معداة ب TYLCV، 2= معداة بالبكتيريا *Bacillus subtilis* FZB27، 3= معداة بالبكتيريا *Pseudomonas chlororaphis* MA342 المقدمة من قبل الدكتور M. Hokeberg، BioAgri، Uppsala، السويد، 4= معداة ب TYLCV + *Bacillus subtilis* FZB27 المقدمة من قبل مركز البحوث في برلين، ألمانيا، 5= معداة ب TYLCV + *Pseudomonas chlororaphis* MA342، 6= الشاهد السليم. كررت التجربة في 4 مكررات لكل معاملة، وتضمن كل مكرر 12 نباتاً، حيث بلغ عدد نباتات التجربة 288 نباتاً. (السلالتين البكتيريتين محتفظ بهما عند الزملاء د. قصي الرحبة ود. عمر حمودي في مخبر الأمراض البكتيرية، مركز بحوث اللاذقية)

استخدم في هذه التجربة هجين البندورة هدى، وهو من الهجن المرغوبة غير محدود النمو، معامل بالثيرام، نسبة الإنبات 98%.

### العزلة الفيروسية المستخدمة والإعداد بالفيروس

تم الحصول على العزلة الفيروسية من نباتات بندورة موجودة في دفيئة بلاستيكية في محافظة طرطوس، أبدت العينة أعراض اصفرار حواف

قدرت شدة الإصابة وفق سلم (Friedmann *et al.*, 1998) المعدل بناءً على الأعراض الظاهرية وتطورها خلال فترة التجربة، على الشكل التالي: 0 = لا توجد أعراض ظاهرية، 1 = اصفرار خفيف على حواف الورقيات أو بين عروق الأوراق القمية، 2 = اصفرار واضح بين عروق الورقيات القمية، 3 = الاصفرار العام للنبات مع استمرار نمو النبات ببطء، 4 = اصفرار والتفاف خفيف للأوراق نحو الأعلى، مع ضعف نمو النبات (أو اصفرار وتجعد الورقيات القمية مع ضعف النمو)، 5 = اختزال حجم الورقيات وتقرم واضح جداً والتفاف الأوراق للداخل، 6 = موت النبات.

حسبت نسب الانخفاض في نسبة وشدة الإصابة بالاعتماد على معامل التصحيح وفق المعادلة التالية:

$$\text{معامل التصحيح} = \frac{\text{قيمة المعيار للمعاملة}}{\text{قيمة المعيار للشاهد المعدى}} \times 100$$

$$\text{نسبة الانخفاض في نسبة أو شدة الإصابة في الشاهد المعدى} \% = \frac{\text{نسبة أو شدة الإصابة في المعاملة} \%}{\text{نسبة أو شدة الإصابة في الشاهد المعدى}} \times 100$$

#### استخلاص وتقدير نشاط أنزيم البيروكسيداز

أستخلص أنزيم البيروكسيداز وفق طريقة Altunkaya & Gokmen (2011). تم جمع عينات ورقية من نباتات البندورة في أكياس بلاستيكية تحمل رقم المعاملة ورقم المكرر، وتم سحق 1 غ من أوراق البندورة مع 3 مل من محلول الاستخلاص (pH= 6.5) في جفنة بورسلان، ثم وُضع ناتج السحق في أنابيب خاصة سعة 2 مل، وعرضت للطرد المركزي لمدة 10 دقائق على سرعة 8000 دورة/دقيقة عند حرارة 4 °س. أُخذت الرشاحة الناتجة عن الطرد المركزي والتي تحتوي على مكونات العصير الخلوي بما فيها أنزيم البيروكسيداز، تسمى هذه الرشاحة المستخلص الإنزيمي. تم قياس نشاط أنزيم البيروكسيداز في المعهد العالي للبحوث البحرية في كلية الزراعة، جامعة تشرين، بعد تحضير مزيج التفاعل حسب Shahwan (2010) في أنابيب اختبار زجاجية سعة 10 مل، حيث أُضيف 3 مل محلول منظم فوسفاتي (Phosphate buffer) حموضة 6.5 (pH= 6.5) تركيز 0.1 مول، 200 ميكروليتر مستخلص أنزيم البيروكسيداز، و 6.2 ميكروليتر Guaiacol. وُضعت الأنابيب في حمام مائي عند حرارة 28-30 °س لمدة 5 دقائق. وقيل وضع العينات بجهاز المطياف الضوئي مباشرة، تم إضافة 12 ميكروليتر من بيروكسيد الهيدروجين (الماء الأوكسجيني) H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> إلى كل أنبوب من أنابيب الاختبار الحاوية

الورقيات وبين العروق على النبات، إضافة إلى اختزال في حجم الورقيات والتفافها على بعضها البعض، بالإضافة إلى تجعد وتقرم عام للنبات. تم تعريف العزلة الفيروسيية في مختبر الفيروسات/مركز بحوث اللاذقية ضمن عدة تجارب حيوية مختبرية وفقاً لطريقة (Juan *et al.*, 2010)، حيث تم إجراء العدوى بالفيروس بوساطة ذبابة التبغ البيضاء لمدة 4 أيام تحت تغطية شبكية. وتم تأكيدها مصلياً باختبار TAS-ELISA باستخدام المصل المضاد للفيروس من إنتاج شركة LOWE الألمانية، وفقاً لتعليمات الشركة المنتجة.

#### تحضير المعلمات البكتيرية

حضرت معلمات بكتيرية لكل سلالة بكتيرية على حدة، بتلقيح 50 مل بيئة سائلة معقمة TSB ببكتيريا مأخوذة من مزارع بكتيرية نامية على بيئة صلبة من كل سلالة، ومن ثم أخذ 2 مل ولقحت بها 200 مل مستتب سائل وتركت على هزاز ميكانيكي لمدة 48 ساعة عند درجة حرارة الغرفة. قدرت كثافة البكتيريا بطريقة cfu في المعلق البكتيري لكل سلالة وبلغت 10<sup>9</sup>/مل.

#### معاملة البذور بالمعلمات البكتيرية

تمت معاملة البذور قبل الزراعة بالمعلق البكتيري الخاص بكل سلالة بكتيرية على حدة بتركيز 10<sup>9</sup>×9 cfu/مل. بعدها زرعت البذور في صواني فلينية تحوي التورب المعقم تحت تغطية شبكية، وبعد 35 يوماً من الانبات تمت إضافة 5 مل من المعلق البكتيري الخاص بكل سلالة إلى كل شتلة ضمن صواني الانبات، وبعد عشرة أيام من التشتيل في الأرض الدائمة أُضيف 10 مل/شتلة من المعلق البكتيري الخاص بالسلالتين البكتيريتين إلى الشتول حسب معاملات التجربة.

#### المعايير المدروسة

تم دراسة نسبة وشدة الإصابة بعد 15 و30 يوماً، نشاط أنزيم البيروكسيداز بعد الإعداء ب 15 و 30 يوماً، وتم تقدير بعض معايير النمو بعد 4 شهور من الزراعة.

حُسبت نسبة الإصابة بعد 15-30 يوماً من الإعداء وفق المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الإصابة} \% = \frac{\text{عدد النباتات المصابة}}{\text{العدد الكلي للنباتات}} \times 100$$

حسبت شدة الإصابة بعد 15-30 يوماً من الإعداء وفق معادلة Yang *et al.* (1996):

شدة الإصابة % = [مجموع (درجة الإصابة × عدد النباتات لكل درجة) / (العدد الكلي للنبات × أعلى درجة)] × 100

## التحليل الإحصائي

حللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج CO-STAT 4.6 وتمت المقارنة بين المتوسطات باستخدام أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

## النتائج والمناقشة

نسبة الإصابة بفيروس TYLCV بعد 15 و 30 يوماً من الإعداء وصلت نسبة الإصابة بعد 15 يوماً من الإعداء في النباتات المعاملة بالبكتيريا 66.66% أقل من النباتات المعداة بالفيروس وغير المعاملة بالبكتيريا (100%) مع وجود فرق معنوي، وبعد 30 يوماً من الإعداء. كذلك كانت نسبة الإصابة في النباتات المعاملة بالسلاطين البكتيريتين B27 و MA (83.33-91.66%) على التوالي أقل منها في النباتات غير المعاملة (100%) (جدول 1).

خففت السلاطين البكتيريتين من نسبة الإصابة سواء بعد 15 أو بعد 30 يوماً من الإعداء، وكانت نسبة التخفيض بعد 15 يوماً من الإعداء 33.34% باستخدام السلاطين البكتيريتين، أما بعد 30 يوماً من الإعداء كانت نسبة التخفيض مع السلالة B27 16.76% يليها السلالة MA (8.34%) (جدول 1).

شدة الإصابة بفيروس TYLCV بعد 15 و 30 يوماً من الإعداء كانت شدة الإصابة في النباتات المعاملة بالسلاطين البكتيريتين، أقل من الشاهد المعدي في كلا الموعدين، مع وجود فروقات معنوية وبدون فروق معنوية بين السلاطين. خففت المعاملة بالبكتيريا من شدة الإصابة مقارنة بالشاهد المعدي وكانت أعلى نسبة تخفيض (39.23%) مع السلالة B27 بعد 15 يوم من الإعداء (جدول 1).

على المستخلص الإنزيمي. وضع 3 مل من مزيج التفاعل السابق في حجرة المطياف الضوئي (Spectrophotometer) (V632). أخذت قراءات امتصاص العينات مرة كل 30 ثانية لمدة 3-5 دقائق عند موجة طولها 430 نانومتر. يمثل النشاط الإنزيمي عدد ميكرومولات الماء الأوكسجيني التي تتفكك بواسطة 100 مغ من النسيج النباتي الداخل في تشكيل المستخلص الإنزيمي في الدقيقة الواحدة عند حرارة 25 °س. حُسب النشاط الإنزيمي وفق معادلة الشركة المصنعة للمادة القياسية للأنزيم (Technical bulletin) على الشكل التالي:

$$PA = B \times SDF / Rt \times V$$

حيث PA = نشاط أنزيم البيروكسيداز (Peroxidase activity)،  
B = كمية الماء الأوكسجيني  $H_2O_2$  المنخفضة بين الزمن الأولي والزمن النهائي، SDF = معامل تخفيف العينة (Sample Dilution Factor)،  
Rt = زمن التفاعل مقدراً بالدقيقة (Reaction time)، V = حجم العينة المضافة إلى حجرة المطياف الضوئي مقدرة بـ مل.  
حُسبت نسب الزيادة في نشاط أنزيم البيروكسيداز بفعل البكتيريا وفق المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الزيادة في نشاط الأنزيم \%} = \frac{\text{النشاط الإنزيمي في المعاملة - النشاط الإنزيمي في الشاهد الخاص بالمعاملة}}{\text{النشاط الإنزيمي في الشاهد الخاص بالمعاملة}} \times 100$$

## معايير النمو

قدرت بعض معايير النمو (ارتفاع النبات، الوزن الطري والجاف لكل من المجموع الخضري والجذري) في نهاية التجربة بعمر 4 شهور لنباتات التجربة، وحسبت نسب الزيادة في معايير النمو المدروسة وفق المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الزيادة في معيار النمو \%} = \frac{\text{قيمة المعيار في المعاملة - قيمة المعيار في الشاهد الخاص بالمعاملة}}{\text{قيمة المعيار في الشاهد الخاص بالمعاملة}}$$

**جدول 1.** نسبة وشدة إصابة (%) البندورة بفيروس TYLCV بعد 15 و 30 يوماً من الإعداء وتأثرهما بمعاملة البذور، وري الشتول بسلاطين البكتيريا B27 و MA.

**Table 1.** Effect of TYLCV inoculation of tomato plants on disease incidence and severity (%), 15 and 30 days after inoculation as influenced by tomato seeds treatment with the bacterial strains B27 and MA.

نسبة التخفيض % Reduction in severity of infection (%)		شدة الإصابة % Severity of infection (%)		نسبة التخفيض % Reduction in infection rate (%)		نسبة الإصابة % % Infection rate		المعاملة* Treatment*
30 يوم 30 days	15 يوم 15 days	30 يوم 30 days	15 يوم 15 days	30 يوم 30 days	15 يوم 15 days	30 يوم 30 days	15 يوم 15 days	
-	-	81.87 a	71.96 a	-	-	100.00 a	100.00 a	TYLCV
8.4	24.73	74.99 a	54.16 b	8.34	33.34	91.66 a	66.66 b	MA+TYLCV
18.57	39.23	66.66 b	43.73 b	16.76	33.34	83.33 a	66.66 b	B27+TYLCV
-	-	26.38	13.73	-	-	33.30	21.06	LSD <sub>0.05</sub>

\* MA= *Pseudomonas chlororaphis* MA342, B27= *Bacillus subtilis* FZB27, TYLCV= Tomato yellow leaf curl virus.

## نشاط أنزيم البيروكسيداز

بينت نتائج تقدير نشاط أنزيم البيروكسيداز بعد 15 يوماً من الإعداء بالفيروس بالنسبة للنباتات المعاملة بالبكتيريا فقط، أن نشاط الأنزيم كان أعلى في النباتات المعاملة بالبكتيريا MA (0.055 ميكرومول/مغ) مقارنة بالنباتات المعاملة بالبكتيريا B27 (0.03 ميكرومول/مغ)، دون وجود فروقات معنوية. وبالنسبة للنباتات المعداة بالفيروس والمعاملة بالبكتيريا، كان نشاط أنزيم البيروكسيداز أعلى في النباتات المعاملة بالبكتيريا B27 (0.032 ميكرومول/مغ) مقارنة بالنباتات المعداة والمعاملة بالبكتيريا MA (0.031 ميكرومول/مغ)، وكذلك أعلى من الشاهد المعدى (0.023 ميكرومول/مغ)، دون وجود أي فرق معنوي. كما بينت نتائج تقدير نشاط أنزيم البيروكسيداز بعد 30 يوماً من الإعداء في النباتات المعاملة بالبكتيريا فقط أن نشاط أنزيم البيروكسيداز كان أعلى في النباتات المعاملة بالبكتيريا (0.440-1.140 ميكرومول/مغ) مقارنة بالشاهد السليم (0.224 ميكرومول/مغ)، دون وجود فرق معنوي، وكان نشاط الأنزيم في النباتات المعاملة بالبكتيريا MA (0.140 ميكرومول/مغ) أعلى منه في النباتات المعاملة بالبكتيريا B27 (0.441 ميكرومول/مغ)، دون وجود فروقات معنوية (جدول 2). وبالنسبة للنباتات المعداة والمعاملة بالبكتيريا كان نشاط أنزيم البيروكسيداز أعلى في النباتات المعداة والمعاملة بالبكتيريا B27 (0.240-1.362 ميكرومول/مغ) مقارنة مع الشاهد المعدى (0.224 ميكرومول/مغ)، دون وجود فرق معنوي. كذلك كان نشاط الأنزيم أعلى مع البكتيريا MA (0.240 ميكرومول/مغ) مقارنة مع البكتيريا B27 (0.240 ميكرومول/مغ)، دون وجود أي فرق معنوي (جدول 2).

زادت المعاملة بالسلاطين البكتيريتين من نشاط أنزيم البيروكسيداز بعد 15 يوماً من الإعداء بالفيروس بنسب مختلفة سواء بوجود الفيروس أو بغيابه، ففي حال غياب الفيروس كانت أعلى نسبة زيادة في نشاط الأنزيم 96.42% مع السلالة MA، مقارنة بـ 7.14% مع السلالة B27. أما بوجود الفيروس فكانت أعلى نسبة زيادة في نشاط الأنزيم 39.13% مع السلالة B27 مقارنة بـ 34.78% مع السلالة MA. واستمرت زيادة نشاط الأنزيم بعد 30 يوماً من الإعداء وكانت أعلى نسبة زيادة في نشاط أنزيم البيروكسيداز مع السلالة MA، سواء بغياب الفيروس (408.9%) أو بوجود الفيروس (203.34%) مقارنة بالسلالة B27 بغياب الفيروس (96.87%) أو بوجود الفيروس (46.54%). توافقت نتائج زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز بفعل البكتيريا المحسنة لنمو النبات مع ما أشارت إليه بعض المراجع، حيث أشار Li et al. (2016) إلى زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز في نباتات البندورة خلال أول يومين بعد الإعداء بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة (TYLCV)، إضافة إلى زيادة نشاط أنزيم فينيل ألانين أمونيلياز في نباتات البندورة المعاملة بالبكتيريا *Enterobacter asburiae* BQ9 والمعداة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة (TYLCV). كما أشارت إحدى الدراسات أن أنواعاً من PGPR تحدث تغييرات فيزيولوجية وبيوكيميائية، منها تراكم البروتينات المرتبطة بالإمراضية Pathogenesis related proteins (PRs) (Benhamou et al., 1996)، وقد أثبتت تشكل البروتينات المرتبطة بالإمراضية في نباتات البندورة المعداة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة عند معاملتها بالسلالة البكتيرية *Enterobacter asburiae*، حيث أبدت النباتات المعاملة بالبكتيريا نسخ مكثف لجينات البروتينات المرتبطة بالإمراضية من مجموعة PR1، أكثر منها في النباتات غير المعاملة (Li et al., 2016).

**جدول 2.** تأثير السلالات البكتيرية *Pseudomonas chlororaphis* MA342 (MA) و *Bacillus subtilis* FZB27 (B27) في نشاط أنزيم البيروكسيداز في نبات البندورة بعد 15 و30 يوماً من الإعداء بفيروس TYLCV.

**Table 2.** Effect of bacterial strains *Pseudomonas chlororaphis* MA342 (MA) and *Bacillus subtilis* FZB27 (B27) on peroxidase enzyme activity in tomato plants 15 and 30 days after inoculation with TYLCV.

نسبة الزيادة في نشاط أنزيم البيروكسيداز (%)		نشاط أنزيم البيروكسيداز (ميكرومول/مغ) بعد الإعداء بالفيروس		Treatment	المعاملة
Increase in peroxidase enzyme activity (%)		Peroxidase enzyme activity (micromole/mg) after virus inoculation			
30 days يوم 30	15 days يوم 15	30 days يوم 30	15 days يوم 15		
-	-	0.224 a	0.028 a	Healthy control	الشاهد السليم
408.9	96.42	1.140 a	0.055 a	Bacterial strain MA	السلالة البكتيرية MA
96.87	7.14	0.441 a	0.030 a	Bacterial strain B27	السلالة البكتيرية B27
-	-	0.449 a	0.023 a		TYLCV
203.34	34.78	1.362 a	0.031 a		MA+ TYLCV
46.54	39.13	0.240 a	0.032 a		B27+TYLCV
-	-	1.418	0.040		LSD <sub>0.05</sub>

### تأثير البكتيريا في معايير النمو

أشارت نتائج تقدير معايير النمو لنباتات البندورة، أن نمو النباتات المعاملة بالبكتيريا فقط كان أفضل منه في نباتات الشاهد السليم، حيث وصل ارتفاع النباتات المعاملة بالبكتيريا إلى 152.18-148.94 سم بينما كان ارتفاع نبات الشاهد السليم 139.04 سم ولكن دون وجود فرق معنوي. كذلك كان ارتفاع النباتات المعاملة بالسلالة B27 152.18 سم مقارنة بـ 148.94 سم للنباتات المعاملة بالسلالة MA، دون وجود فرق معنوي. ووصل الوزن الطري للمجموع الخضري للنباتات المعاملة بالبكتيريا B27 إلى 565.602 غ بينما كان في الشاهد السليم 501.64 غ، وفي النباتات المعاملة بالبكتيريا MA 468.81 غ، ولكن بدون وجود فرق معنوي. وتراوح الوزن الجاف للمجموع الخضري للنباتات المعاملة بالبكتيريا MA في حدود 2171.25-2088.75 غ وكان أعلى منه في الشاهد السليم (1765 غ) دون وجود فرق معنوي. وكان الوزن الجاف للمجموع الخضري أعلى عند استخدام السلالة B27 (2171.25 غ) مقارنة بالسلالة MA (2088.75 غ)، دون وجود فرق معنوي. والوزن الطري للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا (23.85-26.35 غ) أعلى منه في الشاهد السليم (20.37 غ) دون وجود فرق معنوي، مع كون الوزن الطري للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا MA (26.35 غ) أعلى منه في النباتات المعاملة بالبكتيريا B27 (23.85 غ) دون وجود فرق معنوي. والوزن الجاف للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا (0.167-0.173 غ) أعلى منه في الشاهد السليم (0.135 غ) دون وجود فرق معنوي، مع كون الوزن الجاف للمجموع الجذري مع السلالة B27 (0.173 غ) أعلى منه مع السلالة MA (0.167 غ) دون وجود فرق معنوي، ووزن الثمار العاقدة في النباتات المعاملة بالبكتيريا (32.86-36.25 غ) أعلى منه في الشاهد السليم (29.21 غ) دون وجود فرق معنوي، مع كون وزن الثمار العاقدة مع السلالة MA (36.25 غ) أعلى منه مع السلالة B27 (32.86 غ) دون وجود فرق معنوي (جدول 3). بالنسبة لنباتات البندورة المعاملة بالبكتيريا المعدة بالفيروس فقد تحسن نموها مقارنة بالنباتات غير المعاملة، حيث زاد ارتفاع النباتات المعاملة بالبكتيريا (111.41-127.95 سم) مقارنة بالشاهد المعدي (91.97 سم)، مع تفوق معنوي للنباتات المعاملة بالبكتيريا MA على الشاهد المعدي، لكن دون وجود فرق معنوي مع النباتات المعاملة بالبكتيريا B27. وزاد الوزن الطري للمجموع الخضري للنباتات المعاملة بالبكتيريا والمعدة بالفيروس (452.58-510.64 غ) مقارنة بالشاهد المعدي (385.81 غ) دون وجود فرق معنوي، وكان الوزن الطري للمجموع الخضري مع السلالة B27 (510.64 غ) أعلى منه مع السلالة MA (452.85 غ) دون وجود فرق معنوي. والوزن الجاف للمجموع الخضري للنباتات المعاملة بالبكتيريا والمعدة (1654.75-1717.5 غ)

ويمكن للبروتينات المرتبطة بالإمراضية أن تكون عبارة عن أنزيمات مضادة للأكسدة، مثل أنزيم بولي فينيل أوكسيداز (PPO) كينونات سامة تكبح الفيروس من خلال تعطيل حمضه النووي (Damayanti *et al.*, 2007؛ Lamb & Dixon, 1997) وأنزيم البيروكسيداز من مجموعة PR-9 (Legrimini *et al.*, 1987)، الذي يعد من أولى سمات استراتجية الدفاع في النبات، كونه يسهم في زيادة بلورة الفينولات إلى مواد تشبه اللجنين، تترسب على جدر الخلايا مما يعيق نمو وانتشار المسبب المرضي.

كما يسهم في إتمام المرحلة الأخيرة من تخليق اللجنين (Harish *et al.*, 2009)، الذي يسهم بدور في تعزيز جدر الخلايا النباتية لتكون جزءاً من ردود الفعل الدفاعية ضد الإجهادات الحيوية وغير الحيوية التي يتعرض لها النبات (Shehata & El-Borollosy, 2008). لذا يترافق هذا الأنزيم مع القدرة المتزايدة على لحننة جدر الخلايا النباتية عند مهاجمة النبات بعامل ممرض أو عند تعرضه لأي أدنى ميكانيكي (Chittoor *et al.*, 1999)، ويسهم في أكسدة الفينولات إلى كينونات سامة للعامل الممرض، منتجاً بيروكسيد الهيدروجين، الذي يتراكم في الخلايا النباتية مما يعيق نمو المسبب المرضي (Fagain & Malcolm, 1994؛ Hathout *et al.*, 2010؛ Sudhakar *et al.*, 2007).

تبين من النتائج أن انخفاض نسبة وشدة الإصابة بوجود السلالة البكتيرية B27 بعد 15 يوماً من الإعداء ترافق مع زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز، بينما بعد 30 يوماً لم يترافق زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز بانخفاض شدة الإصابة، وهذا يشير إلى احتمال وجود دور لأنزيم البيروكسيداز في تخفيض أعراض الإصابة حتى 15 يوماً من الإعداء، أما بعد 30 يوماً من الإعداء فإن انخفاض نسبة وشدة الإصابة بفعل البكتيريا، ربما كان بسبب إعاقة حركة الفيروس وليس بسبب زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز، مما أدى إلى تخفيض أعراض المرض وبالتالي انخفاض نسبة وشدة الإصابة بالفيروس. بينما ترافق زيادة معايير النمو بفعل السلالة البكتيرية MA مع زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز مما يشير إلى احتمال دور أنزيم البيروكسيداز في تحسين معايير النمو من خلال مساهمته في استطالة الخلايا النباتية، على خلاف ما أشارت إليه دراسة سابقة أجريت لتقويم كفاءة أربع سلالات من البكتيريا المحسنة لنمو النبات في تحفيز المقاومة الجهازية إزاء فيروس موزاييك الخيار على البندورة في الزراعة المحمية، والتي أشارت إلى ارتفاع نشاط إنزيم البيروكسيداز مع انخفاض شدة الإصابة بوجود السلالة البكتيرية B27.

البكتيرية B27 فقط دوراً في زيادته في النباتات المعاملة بالبكتيريا فقط وذلك بنسبة 30.89% مقارنة بالشاهد السليم. بينما بوجود الفيروس كان للسلالتين البكتيريتين دوراً في تحسين الوزن الطري للمجموع الخضري لنباتات البندورة المعاملة بالبكتيريا مقارنة بالشاهد المعدي، وكانت أعلى نسبة زيادة (42.31%) مع السلالة B27. كما أسهمت السلالتان البكتيريتان في تحسين الوزن الجاف للمجموع الخضري لنباتات البندورة المعاملة بها مقارنة بالشاهد السليم، وكانت أعلى نسبة زيادة (23.01%) مع السلالة B27. كما تحسن الوزن الجاف للمجموع الخضري للنباتات المعاملة بالبكتيريا والمعدة بالفيروس مقارنة بالشاهد المعدي، وكانت أعلى نسبة زيادة (47.26%) مع السلالة MA. كما حسنت البكتيريا من الوزن الطري للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا مقارنة بالشاهد السليم، وكانت أعلى نسبة زيادة (17.08%) مع السلالة B27. وزادت من الوزن الطري للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا والمعدة بالفيروس مقارنة بالشاهد المعدي، وكانت أعلى نسبة زيادة (18.42%) مع السلالة MA. وزاد الوزن الجاف للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالسلالتين البكتيريتين مقارنة بالشاهد السليم، وكانت أعلى نسبة زيادة (28.14%) مع السلالة B27. وبوجود الفيروس كان الوزن الجاف للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا المعدة بالفيروس أعلى منه في الشاهد المعدي، وكانت أعلى نسبة زيادة (33.64%) مع السلالة MA.

أعلى منه في الشاهد المعدي (1166.25 غ) دون وجود فرق معنوي، مع كون الوزن الجاف للمجموع الخضري مع السلالة MA (1717.5 غ) أعلى منه مع السلالة B27 (1654.75 غ) دون وجود فرق معنوي. والوزن الطري للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا المعدة (17.04-20.18 غ) أعلى منه في نباتات الشاهد المعدي (17.04 غ) دون وجود فرق معنوي، مع كون الوزن الطري للمجموع الجذري مع السلالة MA (20.18 غ) أعلى منه مع السلالة B27 (17.94 غ) دون وجود فرق معنوي. والوزن الجاف للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا (0.13-0.143 غ) أعلى منه في الشاهد المعدي (0.107 غ) دون وجود فرق معنوي، والوزن الجاف للمجموع الجذري للنباتات المعاملة بالبكتيريا B27 (0.143 غ) أعلى منه في النباتات المعاملة بالبكتيريا MA (0.13 غ) دون وجود فرق معنوي. ووزن الثمار العاقدة في النباتات المعاملة بالبكتيريا (34.87-44.92 غ) أعلى منه في نباتات الشاهد المعدي (24.44 غ) دون وجود فرق معنوي، مع كون وزن الثمار العاقدة مع السلالة B27 (44.92 غ) أعلى منه مع السلالة MA (34.87 غ) دون وجود فرق معنوي.

أسهمت السلالتان البكتيريتان بزيادة ارتفاع النباتات المعاملة بالبكتيريا فقط مقارنة بالشاهد السليم وكانت أعلى نسبة زيادة مع السلالة B27 (9.45%)، وزادت من ارتفاع النباتات المعاملة بالبكتيريا المعدة بالفيروس مقارنة بالشاهد المعدي وكانت أعلى نسبة زيادة مع السلالة MA (39.12%). بالنسبة للوزن الطري للمجموع الخضري كان للسلالة

**جدول 3.** تأثير السلالات البكتيرية MA و B27 في بعض معايير النمو في نبات البندورة بعد 120 يوماً من الإعداد بفيروس TYLCV. القيم مابين الأقواس تمثل نسبة الزيادة (%) مقارنة بالنبات السليم.

**Table 3.** Effect of bacterial strains MA and B27 on some plant growth criteria in tomato plants 120 days after inoculation with TYLCV. Values between brackets are % of increase compared to the healthy plants.

متوسط وزن الثمار (غ) Average fruits weight (g)	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غ) Root dry weight (g)	الوزن الطري للمجموع الجذري (غ) Root fresh weight (g)	الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ) Plant foliage dry weight (g)	الوزن الطري للمجموع الخضري (غ) Plant foliage fresh weight (g)	ارتفاع النبات (سم) Plant (cm) Height	المعاملة* Treatment*
29.21 a	0.135 a	20.37 a	1765.00 a	501.64 a	139.04 ab	Healthy
36.25 a (24.10%)	0.167 a (23.7%)	26.35 a (14.62%)	2088.75 a (18.34%)	468.81 a (30.89%)	148.94 ab (7.12%)	MA
32.86 a (12.49%)	0.173 a (28.14%)	23.85 a (17.08%)	2171.25 a (23.01%)	565.602 a (30.89%)	152.18 a (9.45%)	B27
24.44 a	0.107 a	17.04 a	1166.25 b	358.81 a	91.97 d	TYLCV
44.92 a (83.79%)	0.130 a (21.49%)	17.94 a (5.28%)	1654.75 ab (41.88%)	510.64 a (42.31%)	111.41 cd (21.13%)	B27+TYLCV
34.87 a (42.67%)	0.143 a (33.64%)	20.18 a (18.42%)	1717.50 ab (47.26%)	452.58 a (26.13%)	127.95 bc (39.12%)	MA+ TYLCV
23.95	0.066	10.38	561.06	211.14	22.83	LSD <sub>0.05</sub>

\* MA= *Pseudomonas chlororaphis* MA342, B27= *Bacillus subtilis* FZB27, TYLCV= *Tomato yellow leaf curl virus*.

تحسين امتصاص العناصر الغذائية، أو بشكل غير مباشر عن طريق تغيير التوازن الحيوي في المحيط الجذري، من خلال تحفيز الميكروبات المفيدة في التربة وهذا ينسجم مع ما أشار إليه Siddiqui (2006)، كما قد يكون نتيجة إنتاج بعض هرمونات النمو بفعل البكتيريا بما فيها حمض الساليسيليك الذي يسهم في نقل الإشارة ضمن أجزاء النبات، ويتحكم بمقاومة النبات للضغوط البيئية إضافة لتأثيره في عملية التمثيل الضوئي والنتح، وامتصاص ونقل الأيونات، وبالتالي له تأثير في نمو وتطور النبات وذلك حسب ما أشار إليه Hayat & Ahmad (2007).

وفي الخلاصة يتبين من النتائج انخفاض نسبة وشدة الإصابة بوجود السلالة البكتيرية B27 بعد 15 يوماً من الإعداء ترافق مع زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز، وهذا يشير إلى دور أنزيم البيروكسيداز في تخفيض أعراض الإصابة بعد 15 يوماً، أما انخفاض نسبة وشدة الإصابة بفعل البكتيريا، بعد 30 يوماً من الإعداء، ربما كان بسبب إعاقة حركة الفيروس وليس بسبب زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز، مما أدى إلى تخفيض أعراض المرض وبالتالي انخفاض نسبة وشدة الإصابة بالفيروس، بينما ترافق زيادة معايير النمو بفعل السلالة البكتيرية MA مع زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز، يشير إلى دور أنزيم البيروكسيداز في تحسين معايير النمو من خلال مساهمته في استئصال الخلايا النباتية، على خلاف ما أشارت إليه دراسة سابقة أجريت لتقويم كفاءة أربع سلالات من البكتيريا المحسنة لنمو النبات في تحفيز المقاومة الجهازية إزاء فيروس موزايك الخيار على البندورة في الزراعة المحمية. حيث أشارت إلى ارتفاع نشاط إنزيم البيروكسيداز مع انخفاض شدة الإصابة بوجود السلالة B27.

زادت البكتيريا من وزن الثمار العاقدة للنباتات المعاملة بالبكتيريا مقارنة بالشاهد السليم، وكانت أعلى نسبة زيادة (24.10%) مع السلالة MA. كما زادت من وزن الثمار العاقدة للنباتات المعاملة بالبكتيريا المعداة بالفيروس مقارنة بالشاهد المعدى، وكانت أعلى نسبة زيادة (83.79%) مع السلالة B27.

تبين من النتائج دور السلالتين البكتيريتين في تحسين معايير النمو والإنتاجية، توافقت نتائج تحسن معايير النمو بفعل البكتيريا مع نتائج دراسة سابقة أجريت باستخدام السلالة BQ9 *Enterobacter asburiae* من سلالات بكتيريا الجذور في تحسين معايير نمو نباتات البندورة المصابة بفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة في ظروف البيت المحمي، حيث أثبتت الدراسة أنه بعد 20 يوماً من المعاملة بالبكتيريا أن النباتات المعاملة بالبكتيريا BQ9 أبدت زيادة في طول النبات وطول المجموع الجذري وفي الوزن الطري للنبات مقارنة بالنباتات غير المعاملة بالبكتيريا وبلغت نسبة الزيادة في الوزن الطري للنبات %37.84 (Li et al., 2016). أما من حيث تفوق السلالة MA على السلالة B27 في تحسن معايير نمو نباتات البندورة، لم تتوافق النتائج مع ما ذكر في دراسة سابقة أجريت لتقويم كفاءة أربع سلالات من البكتيريا المحسنة لنمو النبات في تحفيز نمو نباتات لبندورة في ظروف الإصابة بفيروس موزايك الخيار، حيث أشارت إلى تفوق السلالة B27 على السلالة MA في تحفيز النمو (قواس وآخرون، 2018). قد يعود التحسن في نمو النباتات المعاملة بالبكتيريا إلى تحسن نمو الجذور وبالتالي زيادة امتصاص الماء والعناصر الغذائية، أو قد يكون نتيجة تأثير بكتيريا الجذور التي تحفز نمو النبات، إما بشكل مباشر عن طريق إنتاج منظمات النمو، وبالتالي

## Abstract

Akel, E.H., Q.A. Al-Rhayeh, H.N. Kawas and I.D. Ismail. 2020. Effect of two strains of plant growth promoting rhizobacteria on the incidence and severity of infection with tomato yellow leaf curl virus and on some plant growth criteria for tomatoes grown under greenhouse conditions. Arab Journal of Plant Protection, 38(3): 241-251.

This study was conducted to evaluate the efficiency of two strains of plant growth promoting bacteria *Pseudomonas chlororaphis* MA342 (MA), and *B. subtilis* FZB27 (B27), in reducing infection rate and severity of infection with *Tomato yellow leaf curl virus* on tomato plants, in addition to its effects on peroxidase enzyme activity, and some growth parameters of tomato plants. The experiment was conducted at the Agricultural Scientific Research Center in Lattakia during the 2018/2019 growing season. Bacteria were applied by seed treatment and root irrigation. Results indicated that the two bacterial strains caused reduction in virus infection rate, 15-30 days after inoculation with the virus, compared with the healthy control. The two bacterial strains caused similar reduction (33.34%) in infection rate 15 days after virus inoculation, with higher reduction with F27 strains (16.67%) at 30 days after inoculation. Also the two bacterial strains reduced the severity of viral infection, and the highest reduction was with strain B27 (39.23%) compared with strain MA (24.73%), 15 days after virus inoculation. The two bacterial strains increased the activity of the peroxidase enzyme in treated plants, compared with the untreated. The highest increase in peroxidase enzyme activity was with B27 strain (39.13%) 15 days after virus inoculation. However, at 30 days after virus inoculation, treatment with the bacterial strain MA led to a significant increase in peroxidase enzyme activity of 204.34% obtained by the MA strain. The two strains used in this study increased the growth parameters in treated plants, compared with the untreated plants. With bacterial strain MA treatment, there was an increase in plant height, foliage dry weight, root fresh weight, and root dry weight of 39.12%. 47.26%. 18.42% and 33.64%, respectively, compared with the control treatment. Similarly, with the bacterial strain B27 treatment, an increase in foliage fresh weight and fruit weight of 42.31% and 83.79% was obtained, respectively, compared with the healthy control.

**Keywords:** *Pseudomonas chlororaphis* MA342, *Bacillus subtilis* FZB27, TYLCV, viral infection, peroxidase, growth parameter.

**Corresponding author:** Ensaf Hassan Akel. General Commission for Scientific Agricultural Research, Lattakia Research Center, Syria, Email: ensafakel5n4a@gmail.com

## References

- Czosnek, H., R. Ber, Y. Antigus, S. Cohen, N. Vavot and D. Zamir. 1988. Isolation of *Tomato yellow leaf curl virus*, a geminivirus. *Phytopathology*, 78: 508-512
- Damayanti, D., P. Hendra and N.R. Mubarik. 2007. Utilization of root-colonizing bacteria to protect hot-pepper against *Tobacco mosaic tobamovirus*. *HAYATI Journal of Biosciences*, 14: 105-109. <https://doi.org/104308/hjb.14.3.105>
- Egamberdieva, D. and B. Lugtenberg. 2014. Use of plant growth-promoting rhizobacteria to alleviate salinity stress in plants. Pages 73-96. In: *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*. M. Miransari (ed.). Springer, New York. 162 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9466-9>
- Fagain, O.R. and R.S. Malcolm. 1994. Horseradish Peroxidase the analysts Friend. *Essay in Biochemistry*, 28: 129-146.
- Friedmann, M., M. Lapidot, S. Cohen and M. Pilowsky. 1998. A novel source of resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* exhibiting a symptomless reaction to viral infection. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123: 1004-1007. <https://doi.org/10.21273/JASHS.123.6.1004>
- Ghanium, M., S. Morin, M. Zeidan and H. Czosnek. 1988. Evidence of transovarial transmission of *Tomato yellow leaf curl virus* by its vector, the whitefly *Bemisia tabaci*. *Virology*, 240: 295-303. <https://doi.org/10.1006/viro.1997.8937>
- Harish, S., M. Kavino, N. Kumar, P. Balasubramanian, and R. Samiyappan. 2009. Induction of defense-related proteins by mixtures of plant growth promoting endophytic bacteria against *Banana bunchy top virus*. *Biological Control*, 51: 16-25. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.06.002>
- Hasan, A.A. and A. Mouhanna. 2016. Detection of *Tomato yellow leaf curl virus* TYLCV in some vegetable crops in greenhouses and identify its strains in the Syrian Coast. *International Journal of ChemTech Research*, 9: 278-286.
- Hathout, T.A., M.S. Felafel, S.M. EL-Khallal, H.H. Aboghalia and A.G. Rabab. 2010. Biocontrol of *Phaseolus vulgaris* root rot using arbuscular mycorrhizae. *Egyptian Journal of Agriculture Research*, 88: 15-25.
- Hayat, S. and A. Ahmad. 2007. *Salicylic acid: a plant hormone*. 1<sup>st</sup> Ed. Published by Springer Dordrecht, The Netherlands, 401 pp. <https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0>
- Ioannou, N. 1985. Yellow leaf curl and other diseases of tomato in Cyprus. *Plant Pathology*, 34: 428-434. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.tb01383.x>
- حسن، زياد، عماد داود اسماعيل وصلاح الشعبي. 2011. التحري عن العوائل البرية المخزنة لفيروس تجعد واصفرار أوراق البندورة في الساحل السوري. مجلة جامعة تشرين، سلسلة العلوم البيولوجية، 33: 189-200.
- قواس، حنان، عمر حمودي، أحمد أحمد و عماد اسماعيل. 2018. تأثير معاملة بذور صنف البندورة ميريل بأربع سلالات من بكتيريا PGPR في تحفيز نشاط أنزيم البيروكسيداز وتحسين نمو النباتات. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 5: 114-124.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2016. مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، الجمهورية العربية السورية.
- مهنا، أحمد محمد، همام شعبان برهوم، لؤي أصلان وعصام قاسم. 2014. حصر المجموعات الرئيسية من ذبابة التبغ البيضاء *Bemisia tabaci* Genn. المنتشرة على عوائل مختلفة في الساحل السوري باستخدام مؤشرات الـ DNA الدنا العشوائية. مجلة وقاية النبات العربية، 32: 207-218.
- Akel, E., A.-R. Qusayi, A. Nadine and I.D. Ismail. 2019. First report of a mixed infection with *Tomato yellow leaf curl virus* TYLCV and *Tomato spotted wilt virus* TSWV in some economic crops in the Syrian Coastal Region. *Canadian Journal of Pesticides and Pest Management*, 1: 37-45. <https://doi.org/10.34195/can.j.ppm.2019.12.003>
- Altunkaya, A. and V. Gokmen. 2011. Purification and characterization of polyphenol oxidase, peroxidase and lipoxygenase from freshly cut lettuce (*L. sativa*). *Food Technology and Biotechnology*, 49: 249-256.
- Anfoka, G., M. Abhary and F. Haj Ahmad. 2008. Survey of *Tomato yellow leaf curl disease-associated viruses* in the Eastern Mediterranean Basin. *Journal of Plant Pathology*, 90: 311-320.
- Benhamou, N., R.R. Belanger and T.C. Paulitz. 1996. Induction of differential host responses by *Pseudomonas fluorescens* in Ri T-DNA transformed pea roots after challenge with *Fusarium oxysporum* f. sp. *pisi* and *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, 86: 1174-1178.
- Chittoor, J.M., J.E. Leach and F.F. White. 1999. Induction of peroxidase during defense against pathogens. Pages 171-193. In: *Pathogenesis Related Proteins in Plants*. S.K. Datta and S. Muthukrishnan (eds.). CRC Press, Boca Raton, FL. 291 pp.
- Cohen, S. and I. Harpaz. 1964. Periodic, rather than continual acquisition of a new tomato virus by its vector, the tobacco whitefly (*Bemisia tabaci* Gennadius). *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 7: 155-166. <https://doi.org/101111/j.1570-7458.1964.tb02435.x>
- Czosnek H. (ed.). 2007. *Tomato yellow leaf curl virus disease: management, molecular biology, breeding for resistance*. Springer, New York. 448 pp. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4769-5>

- Martinez Zubiaur, Y., D. Fonseca, M. Quinones and L. Palenzuela.** 2004. Presence of *Tomato yellow leaf curl virus* infecting squash (*Cucurbita pepo*) in Cupa. *Plant Disease*, 88: 572.  
<https://doi.org/10.1094/PDIS.2004.88.5.572c>
- Mehta, P., J.A Wyman, M.K. Nakhla and D.P. Maxwell** 1994. Transmission of *Tomato yellow leaf curl geminivirus* by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology*, 87: 1291-1297.  
<https://doi.org/10.1093/jee/87.5.1291>
- Moriones, E. and J. Navas-Castillo.** 2000. *Tomato yellow leaf curl virus*, an emerging virus complex causing epidemics worldwide. *Virus Research*, 71: 123-134.  
[https://doi.org/10.1016/s0168-1702\(00\)00193-3](https://doi.org/10.1016/s0168-1702(00)00193-3)
- Nakhla, M.K. and D.P. Maxwell.** 1998. Epidemiology and management of tomato yellow leaf curl disease. Pages 565-583. In: *Plant Virus Disease Control*. A. Hadidi, R.K. Khetarpal and H. Koganezawa (eds.), ST. Paul, MN: APS Press. 704 pp.  
<https://doi.org/10.1017/S0014479700221054>
- Nitzany, F.E.** 1975. *Tomato yellow leaf curl virus*. *Phytopathologia Mediterranea*, 14: 127-129.
- Polston, J.E., R. J. McGovern, and L. G. Brown.** 1999. Introduction of *Tomato yellow leaf curl virus* in Florida and implications for the spread of this and other geminiviruses of tomato. *Plant Disease* 83:984-988.
- Schuster, D.J.** 2007. Whitefly resistance update. Pages 23-27. In: *Florida Tomato Institute Proceedings*. A. Whidden, P. Gilreath and E. Simonne (eds.). University of Florida. 524 pp.
- Shahwan, E.D.M.** 2010. Inducing systemic resistance against some tomato virus diseases. Ph.D. Thesis, Plant Pathology Department, Faculty of Agriculture, Moshtohor, Benha University, Egypt. 225 pp.
- Shehata, S.F. and A.M. El-Borollosy.** 2008. Induction of resistance against *Zucchini yellow mosaic potyvirus* and growth enhancement of squash plants using some plant growth-promoting rhizobacteria. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 2: 174-182.
- Siddiqui, A.Z.** 2006. Induced systemic resistance as a mechanism of disease suppression by rhizobacteria. Pages 111-142. In: *PGPR: Biocontrol and Bio fertilization*. Z.A. Siddiqui (ed.). Publisher: Springer Netherlands. 318 pp.  
<https://doi.org/10.1007/1-4020-4152-7>
- Sudhakar, N., D. Nagendra-Prasad, N. Mohan and K. Murugesan.** 2007. Induction of systemic resistance in *Lycopersicon esculentum* cv. PKM1 (tomato) against *Cucumber mosaic virus* by using ozone. *Journal of Virological Methods*, 139: 71-78.  
<https://doi.org/10.1016/j.jviromet.2006.09.013>
- van Peer, R., G.J. Niemann and B. Schippers.** 1991. Induced resistance and phytoalexin in biological control of fusarium wilt of carnation by *pseudomonas* sp. Strain WCS417r. *Phytopathology*, 81: 728-734.  
<https://doi.org/10.1094/Phyto-81-728>
- Juan, A.D., M.C. Carmen, M. Enrique, R. Eduardo, C. Henryk and J. Navas-Castillo.** 2010. *Tomato yellow leaf curl viruses: ménage à trois* between the virus complex, the plant and the whitefly vector. *Molecular Plant Pathology*, 11: 441-450.  
<https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2010.00618.x>
- Kandan, A., M. Ramiah, V.J. Vasanthi, R. Radjaccomare, R. Nandakumar, A. Ramanathan and R. Samiyappan.** 2007. Use of *Pseudomonas fluorescens*-based formulations for management of *Tomato spotted wilt virus* (TSWV) and enhanced yield in tomato. *Biocontrol Science and Technology*, 15: 553-569.  
<https://doi.org/10.1080/09583150500088546>
- Lamb, C.I. and R.A. Dixon.** 1997. The oxidative burst in plant disease resistance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 251-275.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.48.1.251>
- Lana, A.F. and G.F. Wilson.** 1976. A similar virus disease in Nigeria. *Plant Disease Reporter*, 60: 296-298.
- Lapidot, M., M. Friedmann, M. Pilowsky, R. Ben-Joseph and S. Cohen.** 2001. Effect of host plant resistance to *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) on virus acquisition and transmission by its whitefly vector. *Phytopathology* 91: 1209-1213.  
<https://doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.12.1209>
- Legrimini, L.M., W. Burkhart, M. Moyer and S. Rothstein.** 1987. Molecular cloning of complementary DNA encoding the lignin-forming peroxidase from tobacco: Molecular analysis and tissue-specific expression. *Proceeding of the National Academy of Sciences of the United States of America*, November 1987, 84: 7542-7546.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.84.21.7542>
- Lenin, G. and M. Jayanthi.** 2012. Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria on enhancement and growth, yield, nutrient content of *Catharanthus roseus*. *International Journal of Research in Pure and Applied Microbiology*, 2: 37-42.
- Li, H., X. Ding, C. Wang, H. Ke, Z. WU, Y. Wang, H. Liu and J. Guo.** 2016. Control of *Tomato yellow leaf curl virus* disease by *Enterobacter asburiae* BQ9 as a result of priming plant resistance in tomatoes. *Turkish Journal of Biology*, 40: 150-159.  
<https://doi.org/10.3906/biy-1502-12>
- Macintosh, S., D.J. Robinson and B.D. Harrison.** 1992. Detection of three whitefly-transmitted geminiviruses occurring in Europe by tests with heterologous monoclonal antibodies. *Annals of Applied Biology*, 121: 297-303.  
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1992.tb03442.x>
- Makkouk, K.M., S. Shehb and S.E. Modjalani.** 1979. *Tomato yellow leaf curl virus*: incidence, yield losses and transmission in Lebanon. *Journal of Phytopathology*, 96: 263-267.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.1979.tb01648.x>

**Zehnder, G.W., J.F. Murphy, E.J. Sikora and J.W. Klopper.** 2001. Application of rhizobacteria for induced resistance. *European Journal of Plant Pathology*, 107: 39-50.  
<https://doi.org/10.1023/A:1008732400383>

**Verma, H.N., K.M. Srivastava and A.K. Mathur.** 1975. A whitefly-transmitted yellow mosaic virus disease of tomato from India. *Plant Disease Reporter*, 59: 494-498.

**Yang, X., K. Liangyi and P. Tien.** 1996. Resistance of tomato infected with *Cucumber mosaic virus* satellite RNA to potato spindle tuber viroid. *Annals of Applied Biology*. 129: 543-551.  
<https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1996.tb05775.x>

Received: April 4, 2020; Accepted: July 6, 2020

تاريخ الاستلام: 2020/4/28؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2020/7/6