

## دور بعض المخصبات الحيوية وحمض الساليسيليك في المحتوى الفيولي ونشاط أنزيم البيروكسيداز في أوراق نباتات الفليفلة المعدة بفيروس موزايك الخيار

محمد سلمان إبراهيم، ياسر علي حماد وسليم راعي

قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية، البريد الإلكتروني: Mohammad.ibrahim@tishreen.edu.sy

### الملخص

إبراهيم، محمد سلمان، ياسر علي حماد وسليم راعي. 2020. دور بعض المخصبات الحيوية وحمض الساليسيليك في المحتوى الفيولي ونشاط أنزيم البيروكسيداز في أوراق نباتات الفليفلة المعدة بفيروس موزايك الخيار. مجلة وقاية النبات العربية، 38(4): 327-332.

أجريت هذه الدراسة بهدف إمكانية الحد من الإصابة بفيروس موزايك الخيار في نباتات الفليفلة باستعمال نوعين من المخصبات الحيوية وحمض الساليسيليك ومعرفة فاعلية كل منهما على انفراد وفاعلية الخليط لكل منهما في مقاومة فيروس موزايك الخيار، عن طريق قياس نشاط أنزيم البيروكسيداز وكمية الفينولات الكلية. نفذ البحث في موسم 2019/2018 ضمن دفينة بلاستيكية في محافظة طرطوس. أظهرت معاملة التلقيح بالمخصب الحيوي الأول M1 مع حمض الساليسيليك خفضاً معنوياً واضحاً في الإصابة في كافة المعاملات المدروسة إذ كانت نسبة نشاط أنزيم البيروكسيداز بوجود وغياب العدوى بفيروس موزايك الخيار 0.325 و 0.183 ميكرومول/مغ، على التوالي، قياساً بمعاملي الشاهد السليم والمعدى بالفيروس غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك (0.032 و 0.059 ميكرومول/مغ، على التوالي)، بينما كان محتوى الفينولات الكلية بوجود وغياب العدوى بالفيروس 90.49 و 69.35 مغ/100 غ مقارنة مع الشاهد السليم والمعدى بالفيروس غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك (30.17 و 35.17 مغ/100 غ). أشارت هذه النتائج لإمكانية استخدام التلقيح البكتيري لبذور وشتول النباتات بمزيج من الأنواع البكتيرية مع حمض الساليسيليك لتحسين نمو نباتات الفليفلة وزيادة إنتاجها وتحفيز المقاومة الجهازية ضد فيروس موزايك الخيار.

**كلمات مفتاحية:** بكتيريا محفزة لنمو النبات، الفليفلة، فيروس موزايك الخيار، حمض الساليسيليك، فينولات كلية، أنزيم البيروكسيداز.

### المقدمة

الجوي وإذابة الفوسفات المعدني والبوتاسيوم والعناصر المغذية الأخرى (Singh, 2013; Saharan & Nehra, 2011).

تعد الأمراض الفيروسية إحدى أهم المشاكل التي تؤثر في إنتاج الفليفلة في العديد من البلدان، وقد أشار Nienhaus (1981) إلى إصابة محصول الفليفلة بـ 13 فيروساً، ومن ضمنها فيروس موزايك الخيار *Cucumber mosaic virus* (CMV)، جنس *Cucumovirus*، فصيلة *Bromoviridae*). ويمكن للأمراض الفيروسية أن تخفض إنتاج المحصول بمقدار 90% إضافة إلى صعوبة مكافحتها (Reddick & Habera, 1999)، وقد سجل الفيروس سابقاً على الفليفلة في المنطقة الوسطى والساحلية من سورية (اسماعيل وآخرون، 2007). يعد حمض الساليسيليك مركباً طبيعياً، ويسهم بدور مهم في تنظيم بعض العمليات الفسيولوجية في النبات مثل نمو وتطور النبات وامتصاص الأيونات ونقلها وفضائية الأغشية (Simaei et al., 2012)، ويمكن أن يحفز حمض الساليسيليك المقاومة الجهازية لمدى واسع من الممرضات ومنها الفيروسات، إذ يعمل على تحفيز المقاومة من خلال تأثيره في مراحل الإصابة الفيروسية وهي: مرحلة التضاعف، والانتقال

تعد الفليفلة (*Capsicum annuum* L.) أحد أهم محاصيل الخضار من الفصيلة الباذنجانية (*Solanaceae*) في العالم وتحتل المرتبة الثالثة من حيث الأهمية بعد البندورة/الطماطم والبطاطا/البطاطس (Ahmed et al., 2020)، إذ بلغت المساحة الإجمالية المزروعة بالفليفلة في سورية لموسم 2018 4603 هكتار أعطت 52280 طناً (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2018).

تضم البكتيريا المحفزة لنمو النبات *Plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) مجموعة متعددة من البكتيريا الموجودة في منطقة جذور النبات وعلى سطح الجذور وترتبط معها بعلاقة تكافلية، وتعمل على تحفيز نوعي وكمي لنمو النبات بشكل مباشر عن طريق تزويد النبات بمواد محفزة لنموه أو تسهيل امتصاص النبات للمواد الموجودة في التربة. أما التأثير غير المباشر للنمو فيظهر من خلال منعها للآثار الضارة لممرض واحد أو أكثر من التأثير في النبات وذلك من خلال القدرة على إنتاج أو تغيير تركيز منظمات النمو مثل حمض الأندول الخلي وحمض الجبرلين والسايوتوكينينات والاثيلين وتثبيت الأزوت

- المخصب الحيوي الأول (M1) مكون من النوع *Azotobacter chroococcum* (AT) وهي بكتيريا مثبتة للأزوت الجوي معزولة من تربة مزروعة بنبات البندورة/الطماطم (حماد والشامي، 2017)، والنوع *Bacillus megaterium* وهي بكتيريا مسيرة للفوسفور (حماد والشامي، 2017)، والنوع *Frateuria aurantia* وهي بكتيريا مسيرة للبيوتاسيوم (حماد والشامي، 2017)، والنوع *Rhizobium leguminosarum* وهي بكتيريا منشطة لنمو النبات (المغربي وآخرون، 2016).

- المخصب الحيوي الثاني (M2) مكون من النوع *Pseudomonas fluorescens* وهي بكتيريا مسيرة للفوسفور (حماد والشامي، 2017)، والنوع *Azotobacter chroococcum* (AC) وهي بكتيريا مثبتة للأزوت الجوي معزولة من تربة مزروعة بنبات الخيار، والنوع *Bacillus circulans* وهي بكتيريا مسيرة للبيوتاسيوم. ونشطت الأنواع البكتيرية المستخدمة بإعادة زراعتها على بيئات متخصصة للحصول على خلايا حديثة في أوج نشاطها الحيوي، وحضر المعلق باستخدام بيئة غذائية سائلة Tryptic soy broth (TSB) (حماد والشامي، 2017).

#### العزلة الفيروسية المستخدمة في الدراسة

استخدمت عزلة محلية من فيروس موزايك الخيار معرفة مصلياً في المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) في حلب ومحفوظة على نبات التبغ في مختبر الأمراض البكتيرية والفيروسية، كلية الزراعة، جامعة تشرين. تم تحضير اللقاح الفيروسي حسب طريقة Jeffries (1998).

#### تلقيح نباتات الفليفلة بالمخصبات الحيوية وحمض الساليسيليك والعدوى بفيروس موزايك الخيار

أضيفت اللقاحات البكتيرية المحضرة من الأنواع البكتيرية المختلفة (معلقات بتركيز  $10^9$  خلية/مل) إلى البذور قبل الزراعة وفق المعاملات المدروسة بنقعه لمدة 3 ساعات وزرعت في صواني الإنبات (Jarak et al., 2010)، ثم أضيف اللقاح البكتيري إلى التربة بالقرب من الجذر بعد نقلها إلى البيت المحمي بمعدل 25 مل لكل نبات من معلق بكتيري تركيزه  $10^9$  خلية/مل، وتم ري المعاملات بحمض الساليسيليك (SA) بثلاثة تراكيز (0.5، 1.0 و 2.0 ميلي مول) بمعدل 30 مل/نبات وذلك وفق مخطط التجربة. أعدت نباتات التجربة بلقاح فيروس موزايك الخيار على الورقتين الحقيقيتين الأولى والثانية بعد أسبوع من نقلها إلى البيت المحمي وبعد أسبوع من إضافة اللقاح البكتيري إلى التربة بما فيها نباتات الشاهد المعدى بالفيروس فقط. مع ترك شاهد

من خلية لأخرى، والحركة الجهازية ضمن النبات (Chaturvedi & Shah, 2007؛ Singh et al., 2004).

أشارت أبحاث سابقة (الشامي، 2019؛ Hahm et al., 2017) أن معاملة النباتات ببعض عزلات من البكتيريا المحفزة لنمو النبات أدى إلى انخفاض في حدوث وتطور الإصابة بفيروس موزايك الخيار وحفزت المقاومة الجهازية للنباتات، وزادت من الإنزيمات المرتبطة بالدفاع النباتي منها البيروكسيداز ومحتوى الفينولات الكلية.

نظراً للأهمية الاقتصادية والغذائية لمحصول الفليفلة في سورية، وبسبب تعرض نباتات الفليفلة للإصابة بفيروس موزايك الخيار في الزراعات الحقلية والمحمية، ولأهمية دور المخصبات الحيوية والمحفزات الكيميائية في تحفيز المقاومة الجهازية عند النبات ضد فيروس موزايك الخيار، هدف البحث لاختبار فعالية المخصبات الحيوية (*Bacillus chroococcum*، *Bacillus circulans*، *Bacillus megaterium*، *Pseudomonas fluorescens*، *Frateuria aurantia*، *Rhizobium leguminosarum*) والمحفز الكيميائي حمض الساليسيليك (SA) في زيادة المحتوى الفينولي ونشاط أنزيم البيروكسيداز ضمن النبات والتي تعد من مؤشرات تحريض المقاومة الجهازية ضد الأمراض الفيروسية ومن ضمنها فيروس موزايك الخيار.

#### مواد البحث وطرقه

##### المادة النباتية، موقع الدراسة، طريقة الزراعة وعمليات الخدمة

استخدم في الدراسة بذار هجين فليفلة سيرا نيفادا الجيل الأول (Sierra Nevada F1) صنف حلو غير محدود النمو (نسبة الإنبات 75% والنقاوة 98%)، إسبانية المنشأ، تم إنتاجها في العام 2018. نُفذ البحث في الساحل السوري في محافظة طرطوس، داخل دفيئة بلاستيكية. استخدم للزراعة تربة جيدة الخواص متوسطة القوام، وأضيف لها سماد عضوي متخمر بنسبة 3/1 حجماً، والتغطية بشريحة من البلاستيك الشفاف سماكته 200 ميكرون للتعقيم الشمسي، ثم عبت الخلطة الزراعية ضمن أكياس بلاستيكية أبعادها 30×40 سم سعتها 28 لتر. تم توزيع الأكياس ضمن البيت البلاستيكي حسب المعاملات والمكررات على 6 خطوط منفردة بحيث كان البعد بين النبات والآخر ضمن نفس الخط 50 سم وبين الخط والآخر 100 سم، وبلغ عدد نباتات التجربة 360 نباتاً، وقدم للنباتات كافة العمليات الزراعية اللازمة.

##### تنشيط الأنواع البكتيرية المستخدمة في الدراسة وتحضير اللقاح البكتيري

استخدمت سبع أنواع بكتيرية على شكل مخصبين حيويين وهم:

حمض الساليسيليك تركيز 2 ميلي مول، CMV= إلقاء بفيروس موزاييك الخيار.

سليم جرت عليه عدوى كاذبة من عصارة نباتات فليفلة سليمة من أجل توحيد المعاملات ويبقى المتغير هو العدوى الفيروسية فقط.

## النتائج والمناقشة

### محتوى الفينولات الكلي في أوراق نباتات الفليفلة

لدى مقارنة النتائج بطرائق التلقيح بالمخصبين الحيويين M1 وM2 وحمض الساليسيليك وفاعلية كل منهما على انفراد وفاعلية الخليط لكل منهما بوجود وغياب العدوى بفيروس موزاييك الخيار أظهرت معظم المعاملات المدروسة (جدول 1) تقوفاً واضحاً وبفروق معنوية في كمية الفينولات الكلي داخل النبات بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك. أظهرت المعاملة بالمخصب الحيوي الأول M1، بوجود وغياب العدوى بالفيروس، تقوفاً واضحاً وبفروق معنوية في محتوى الفينولات الكلي (72.36 و 60.33 مغ/100غ، على التوالي) على معاملة المخصب الحيوي الثاني M2 (70.20 و 56.84 مغ/100غ، على التوالي) مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك (30.25 و 35.17 مغ/100غ، على التوالي).

### التحليل والقراءات المنفذة

قدر نشاط أنزيم البيروكسيداز حسب طريقة Hammerschmidt *et al.* (1982) و Behera *et al.* (2012). كما تم تقدير المركبات الفينولية الكلية باستخدام طريقة كاشف الفولين سيوكالتو وفق Singleton & Rossi (1965).

### تصميم البحث والتحليل الإحصائي

اتباع في تصميم البحث نظام القطاعات العشوائية الكاملة حيث تضمن البحث 24 معاملة، ثلاثة مكررات و5 نباتات لكل مكرر. بلغ عدد النباتات الكلي 360 نباتاً. حلت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Genstat-12، واختبار (One-way ANOVA (without Blocking)، ومقارنة الفروق بين المتوسطات باستخدام واختبار دانكان عند مستوى احتمال 1%. وكانت معاملات البحث على الشكل التالي: M1=مخصب حيوي أول؛ M2=مخصب حيوي ثاني؛ S1=حمض الساليسيليك تركيز 0.5 ميلي مول؛ S2=حمض الساليسيليك تركيز 1 ميلي مول، S3=

**جدول 1.** كمية الفينولات الكلي (مغ/100غ) ونشاط أنزيم البيروكسيداز (ميكرومول/مغ) في أوراق نباتات الفليفلة الملقحة بالبكتيريا، معداة وغير معداة بفيروس موزاييك الخيار.

**Table 1.** Total phenols (mg/100 g) and peroxidase enzyme activity ( $\mu\text{mol}/\text{mg}$ ) in pepper leaves inoculated with rhizobacter, infected and non-infected with *Cucumber mosaic virus*.

نشاط أنزيم البيروكسيداز (ميكرومول/مغ) Peroxidase enzyme activity ( $\mu\text{mol}/\text{mg}$ )		محتوى الفينولات الكلي (مغ/100 غ) Total phenols content (mg/100 g)		المعاملات Treatments
ملقح بالبكتيريا ومعدى بفيروس CMV Inoculated with bacteria and CMV	ملقح بالبكتيريا وغير معدى بفيروس CMV Inoculated with bacteria but not with CMV	ملقح بالبكتيريا ومعدى بفيروس CMV Inoculated with bacteria and CMV	ملقح بالبكتيريا وغير معدى بفيروس CMV Inoculated with bacteria but not with CMV	
0.194 l	0.166 h	72.36 q	60.33 j	M1
0.186 k	0.155 g	70.20 p	56.84 i	M2
0.086 e	0.068 c	43.13 f	36.62 c	S1
0.091 e	0.070 c	45.66 g	38.24 d	S2
0.104 f	0.078 f	47.89 h	40.77 e	S3
0.224 m	0.172 hi	78.62 t	66.29 m	M1S1
0.261 o	0.176 ij	79.62 u	66.35 m	M1S2
0.325 q	0.183 k	90.49 w	69.35 o	M1S3
0.228 m	0.171 hi	76.78 s	62.33 k	M2S1
0.243 n	0.173 hi	73.73 r	64.17 l	M2S2
0.293 p	0.180 k	88.18 v	67.24 n	M2S3
	0.059 b		35.17 b	شاهد معدى بـCMV فقط Control infected with CMV
	0.032 a		30.25 a	شاهد سليم Healthy control

M1=مخصب حيوي أول، M2=مخصب حيوي ثاني، S1=حمض الساليسيليك تركيز 0.5 ميلي مول، S2=حمض الساليسيليك تركيز 1.0 ميلي مول، S3=حمض الساليسيليك تركيز 2.0 ميلي مول، CMV=إعطاء بـ *Cucumber mosaic virus*.

القيم التي يتبعها حروف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 1%.

M1=Biological fertilizer 1, M2= Biological fertilizer 2, S1= Salicylic acid 0.5 mM, S2= Salicylic acid 1.0 mM, S3= Salicylic acid 2.0 mM, CMV=infected with *Cucumber mosaic virus*.

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.01.

أوراق نباتات الفليفلة في المعاملات المدروسة جميعها بوجود وغياب العدوى الفيروسية وبفروق معنوية بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك.

وجد عند التلقيح بالمخصبين الحيويين M1 و M2 بوجود وغياب العدوى بالفيروس تفوق المعاملة بالمخصب الحيوي الأول M1 في نشاط أنزيم البيروكسيداز في أوراق نبات الفليفلة على المعاملة بالمخصب الحيوي الثاني M2 وبفروق معنوية إذ بلغ نشاط أنزيم البيروكسيداز 0.194 و 0.166 ميكرومول/مغ، على التوالي، بالمقارنة مع معاملة الشاهدين المعدى والسليم غير الملحق بالبكتيريا وغير المعامل بحمض الساليسيليك (0.059 و 0.032 ميكرومول/مغ، على التوالي).

عند استخدام تراكيز حمض الساليسيليك الثلاثة تفوقت المعاملة بحمض الساليسيليك S3 تركيز 2 ميلليمول على المعاملتين S1 و S2 على معاملي الشاهد السليم والمعدى بفروق معنوية إذ بلغ نشاط أنزيم البيروكسيداز بوجود وغياب العدوى بالفيروس 0.104 و 0.078 ميكرومول/مغ، على التوالي، مقارنة مع معاملة الشاهدين السليم والمعدى غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك.

وسجل أكبر نشاط لأنزيم البيروكسيداز لدى المعاملة بالمخصب الحيوي الأول مع التركيز الثالث لحمض الساليسيليك MIS3 وبفروق معنوية بالمقارنة مع كافة المعاملات والشاهدين بوجود وغياب العدوى بالفيروس حيث بلغت 0.325 و 0.183 ميكرومول/مغ، على التوالي، قياسا بمعاملة الشاهدين السليم والمعدى غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك. وبناءً على نتائج هذه الدراسة، تبين إن انخفاض أعراض الإصابة مع زيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز يشير إلى قدرة بكتيريا الدراسة على تحفيز آليات المقاومة الجهازية وتخفيض تأثير الفيروس في نباتات الفليفلة.

وبين Nie (2006) أن حمض الساليسيليك حفز نشاط أنزيم البيروكسيداز ومنع تضاعف وتراكم فيروس البطاطا/البطاطس واي (*Potato virus Y*). كما بين Hammerschmidt *et al.* (2001) وجود ارتباط إيجابي بين زيادة مستوى حمض الساليسيليك وزيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز وأنزيم الكيتيناز لدى نباتات الخيار. كما بين El-Borollosy & Oraby (2012) عند دراسة تأثير ثلاثة أنواع من بكتيريا الرايزوسفير المحفزة للنمو (*Bacillus subtilis* و *Pseudomonas fluorescens* و *Azotobacter chroococcum*) في فيروس موزاييك الخيار، لدى تلقيح نباتات الخيار بها، أنها خفضت من أعراض الإصابة كما سببت زيادة في تركيز انزيمي b-1,3-glucanase والبيروكسيداز. كما أشار Lancioni (2008) أن آليات المقاومة الجهازية داخل النبات بوجود الممرض وبكتيريا الرايزوسفير المحفزة للنمو، تتداخل فيما بينها بتكوين التعبير الجيني للمقاومة وتقدم استراتيجية جديدة في مقاومة

وبالنسبة لمعاملات التراكيز الثلاثة لحمض الساليسيليك المستخدمة، تفوقت المعاملة بحمض الساليسيليك S3 تركيز 2 مبللي مولار بوجود وغياب العدوى بالفيروس على المعاملتين S1 و S2 وعلى معاملة الشاهدين إذ بلغ محتوى الفينولات الكلي في أوراق الفليفلة بوجود وغياب العدوى الفيروسية (47.89 و 40.77 مغ/100غ، على التوالي) مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى غير الملحقين بالبكتيريا وغير المعاملين بحمض الساليسيليك.

ولدى مقارنة معاملات المخصبين الحيويين M1 و M2 مع تراكيز حمض الساليسيليك الثلاثة بوجود وغياب العدوى بفيروس موزاييك الخيار وجد تفوق معنوي في تحفيز تشكل المركبات الفينولية في أوراق نباتات الفليفلة في جميع المعاملات بالمقارنة مع الشاهدين ومع معاملي المخصبين M1 و M2، وكانت المعاملة MIS3 هي الأفضل في زيادة محتوى المركبات الفينولية مقارنة مع كافة المعاملات بوجود وغياب العدوى بالفيروس إذ بلغت 90.49 و 69.35 مغ/100غ، على التوالي، مقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى.

أشارت هذه النتائج إلى قدرة الأنواع البكتيرية المستخدمة بالمخصبين مع حمض الساليسيليك على تحفيز النبات على زيادة إنتاج المحتوى الفينولي ضمن أوراق نباتات الفليفلة المعدة وغير المعدة بفيروس موزاييك الخيار، وهذا ما اكده Abdul Qados (2015) أن حمض الساليسيليك حسن استجابة النبات ضد الممرضات النباتية عن طريق إعطاء الإشارة لتحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة بزيادة أنشطة الأنزيمات المضادة للأكسدة منها الكاتالاز والبيروكسيداز والفينولات، حيث بين van Loon *et al.* (1998) أن زيادة المحتوى الفينولي ضمن النبات دليل على تفعيل المقاومة الجهازية داخل النبات وقد أشير سابقا من قبل Shahwan (2010) ان مزيج من عدة أنواع من البكتيريا المحفزة لنمو الجذور، يمكن ان يساهم في المكافحة الحيوية ضد عدد من الممرضات النباتية عن طريق إعاقه عدد من ميكانيكيات تطور المرض كما أوضح Diyansah *et al.* (2012) إن زيادة المحتوى الفينولي في النبات تعمل على زيادة اللغنة في الخلايا النباتية ما يعيق حركة وانتقال الفيروس داخل النبات، ويحفز مسارات الدفاع النباتية والمقاومة الجهازية للنبات. توافقت نتائج هذه الدراسة مع دراسة مشابهة (الشامي، 2019؛ Dashti *et al.*, 2014) التي أكدت أن تلقيح النبات ببعض عزلات من البكتيريا المحفزة لنمو النباتات بشكل مفرد او مختلط زادتا من محتوى الفينول في النباتات الملقة بالبكتيريا بوجود وغياب العدوى بفيروس موزاييك الخيار مقارنة مع الشاهد المصاب بفيروس موزاييك الخيار.

#### نشاط أنزيم البيروكسيداز في أوراق نباتات الفليفلة

بينت نتائج هذه الدراسة (جدول 1) أن المعاملة بالمخصبين الحيويين وحمض الساليسيليك أدى إلى زيادة في نشاط أنزيم البيروكسيداز في

ويمكننا أن نستنتج من هذه الدراسة تفوق المعاملة M1S3 في زيادة المحتوى الفينولي ونشاط أنزيم البيروكسيداز في أوراق نباتات الفليفلة تليها المعاملة M2S3. كما أن ارتفاع المحتوى الكلي للمركبات الفينولية ونشاط أنزيم البيروكسيداز في النباتات الملقحة والمعدة كان أعلى مما هو عليه في النباتات الملقحة غير المعدة وقد يعود ذلك إلى تأثير العدوى الفيروسية بفيروس موزايك الخيار. وبناءً لما تقدم نوصي باختبار خلط المخصب الحيوي الأول مع المخصب الحيوي الثاني، واستخدام التلقيح بالمخصبات الحيوية وحمض الساليسيليك لأجل تحريض النبات وتحفيزه لمقاومة امراض النبات، ومن ضمنها الامراض الفيروسية.

الممرضات النباتية. وهذا ما أكدته دراسات سابقة (Hahm et al., 2017)؛ Nakkeeran et al., 2006) أن التلقيح بهذه البكتيريا أدى إلى زيادة كبيرة في نمو نبات الفليفلة وزاد من الانزيمات المرتبطة بالدفاع النباتي منها البيروكسيداز والمحتوى الفينولي مقارنة مع الشاهد. كما بين Al-Shami et al. (2017) أن التلقيح ببكتيريا *Azotobacter chroococcum*، *Bacillus megaterium*، *Frateruria aurantia* بوجود وغياب العدوى بفيروس موزايك الخيار حفز المقاومة الجهازية ضد الفيروس وزاد من نشاط أنزيم البيروكسيداز ومحتوى الفينولات الكلي في أوراق نباتات البندورة مقارنة مع الشاهد.

## Abstract

**Ibrahim, M.S., Y.A. Hammad and S. Rae. 2020. The role of some bio-fertilizers and salicylic acid in phenolic content and peroxidase enzyme activity in pepper plants infected with *Cucumber mosaic virus*. Arab Journal of Plant Protection, 38(4): 327-332.**

This study was conducted to determine the possibility of reducing infection with *Cucumber mosaic virus* in pepper plants by using two types of biological fertilizers and salicylic acid and investigate the effectiveness of each separately and their mixture in inducing systemic resistance in plants to *Cucumber mosaic virus* infection. Induction of resistance was assessed by measuring the peroxidase enzyme activity and total phenols in pepper plants planted within a greenhouse in Tartous, Syria during the 2018-2019 growing season. Results showed that the treatment with the first biological fertilizer M1 and salicylic acid showed a significant reduction in infection compared to all other treatments, with increase in peroxidase enzyme activity in the presence and absence of CMV infection (0.325 and 0.183  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ ), respectively), compared with healthy control and CMV-infected control without inoculation with bacteria (0.032 and 0.059  $\mu\text{mol}/\text{mg}$ , respectively). The total phenolic content in the presence and absence of CMV infection was 90.49 and 69.35 mg/100 g, whereas in the healthy control and infected control without inoculation with bacteria was 30.17 and 35.17 mg/100 g, respectively. The results obtained suggested the possibility of using bacterial inoculation together with salicylic acid treatment to the seeds and shoots of plants to improve their growth, productivity, and stimulate systemic resistance against CMV infection.

**Keywords:** PGPR, pepper, CMV, salicylic acid, total phenol, peroxidase activity.

**Corresponding author:** Mohammad Salman Ibrahim, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria, Email: [Mohammad.ibrahim@tishreen.edu.sy](mailto:Mohammad.ibrahim@tishreen.edu.sy)

## References

- conditions. International Journal of Agricultural Crop Sciences, 8: 107-113.
- Ahmed, W., M. Imran, M. Yaseen, T. Haq, M.U. Jamshaid, S. Rukh, R.M. Ikram, M. Ali, A. Ali, M. Maqbool, M. Arif and M.A. Khan. 2020. Role of salicylic acid in regulating ethylene and physiological characteristics for alleviating salinity stress on germination, growth and yield of sweet pepper. Peer J, 8: e8475. <http://doi.org/10.7717/peerj.8475>
- Al-Shami, R., I. Ismail and Y. Hammad. 2017. Effect of three species of rhizobacteria (PGPR) in stimulating systemic resistance on tomato plants against cucumber mosaic virus (CMV). International Journal of Agriculture and Environmental Science, 4: 11-16. <https://doi.org/10.14445/23942568/IJAES-V4I6P103>
- Behera, B., S. Ghanty, F. Ahmad, S. Santra and S. Banerjee. 2012. UV-visible spectrophotometric method development and validation of assay of paracetamol tablet formulation. Journal of analytical and bioanalytical techniques. Journal of Analytical and Bioanalytical Techniques, 3. <https://doi.org/10.4172/2155-9872.1000151>

## المراجع

- إسماعيل، عماد داود، باسل فهمي القاعي وريم نوفل يوسف. 2007. التحري عن بعض الأمراض الفيروسية على محصول الفليفلة في المنطقتين الوسطى والساحلية من سورية. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، 9: 97-105.
- حماد، ياسر ورامز الشامي. 2017. توصيف بعض أنواع بكتيريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث (سورية)، 39: 25.
- الشامي، رامز. 2019. تأثير بعض الأنواع البكتيرية (PGPR) في الحد من الإصابة بفيروس موزايك الخيار على البندورة. رسالة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية، الصفحات 90-101.
- المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2018. مديرية الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سورية.
- المغربي، صباح، ياسر حماد وبشرى رزق. 2016. دراسة تأثير بكتيريا *Fusarium Rhizobium leguminosarum* في نمو الفطر *oxysporum f.sp. lycopersici* العربية، 34: 141-135. <http://dx.doi.org/10.22268/AJPP-034.2.135141>
- Abdul Qados, A.M.S. 2015. Effects of salicylic acid on growth, yield and chemical contents of pepper (*Capsicum annum* L.) plants grown under salt stress

- Nakkeeran, S. K. Kavitha, G. Chandrasekar, P. Renukadevi and W. G. D. Fernando.** 2006. Induction of plant defense compounds by *Pseudomonas chlororaphis* PA23 and *Bacillus subtilis* BSCBE4 in controlling damping-off of hot pepper caused by *Pythium aphanidermatum*. *Journal of Biocontrol Science and Technology*, 16: 403-416. <https://doi.org/10.1080/09583150500532196>
- Nie, X.** 2006. Salicylic acid suppresses *Potato virus Y* isolate N:O-induced symptoms in tobacco plants. *Phytopathology*, 96: 255-263. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-96-0255>
- Nienhaus, F.** 1981. Virus and similar diseases in tropical and subtropical areas. Published by German Agency for Technical Cooperation (GTZ), Berlin, Germany. 216 pp.
- Reddick, B.B. and L.F. Habera.** 1999. New resistance to plant viruses in pepper. The University of Tennessee, Knoxville, TN, USA.
- Saharan, B.S. and V. Nehra.** 2011. Plant growth promoting Rhizobacteria: A Critical Review. *Life Sciences and Medicine Research*, 2011: LSMR-21.
- Shahwan, E.S.M.E.** 2010. Inducing systemic resistance against some tomato virus diseases. PhD dissertation, Benha University, Egypt. 256 pp.
- Simaei, M., R.A. Khavari-Nejad and F. Bernard.** 2012. Exogenous application of salicylic acid and nitric oxide on the ionic contents and enzymatic activities in NaCl-stressed soybean plants. *American Journal of Plant Sciences*, 3: 1495-1503. <https://doi.org/10.4236/ajps.2012.310180>
- Singh, D.P., C.A. Moore, A. Gilliland and J.P. Carr.** 2004. Activation of multiple antiviral defense mechanisms by salicylic acid. *Molecular Plant Pathology*, 5: 57-63. <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2004.00203.x>
- Singh, J.S.** 2013. Plant growth promoting Rhizobacteria. potential microbes for sustainable agriculture. *Resonance*, 18: 275-281. <https://doi.org/10.1007/s12045-013-0038-y>
- Singleton, V.L. and J.A. Rossi.** 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-58.
- van Loon, L.C., C.M.J. Bakker and P.A.H.M. Pieterse.** 1998. Systemic resistance induced by rhizosphere bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, 36: 453-483. <https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.36.1.453>
- Chaturvedi, R. and J. Shah.** 2007. Salicylic acid in plant disease resistance. Pages 335-370. In: *Salicylic Acid: A Plant Hormone*. S. Hayat and A. Ahmad (eds.). Springer, Dordrecht, Netherland. 401 pp. <https://doi.org/10.1007/1-4020-5184-0>
- Dashti, N.H., M.S. Montasser, N.Y.A. Ali and V.M. Cherian.** 2014. Influence of plant growth promoting rhizobacteria on fruit yield, pomological characteristics and chemical content in cucumber mosaic virus-infected tomato plants. *Biology Kuwait Journal of Science*, 41: 205-220.
- Diyansah, B., L.Q. Aini and T. Hadiastono.** 2012. The effect of PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus subtilis* on leaf mustard plant (*Brassica juncea* L.) infected by TuMV (*Turnip mosaic virus*). *Journal of Tropical Plant Protection*, 1: 30-38.
- El-Borollosy, A.M. and M.M. Oraby.** 2012. Induced systemic resistance against *Cucumber mosaic cucumovirus* and promotion of cucumber growth by some plant growth-promoting rhizobacteria. *Annals of Agricultural Science*, 57: 91-97.
- Hahm, M., J. Son, Y. Hwang, D. Kwon and S. Ghim.** 2017. Alleviation of Salt Stress in Pepper (*Capsicum annum* L.) Plants by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27: 1790-1797. <https://doi.org/10.1016/j.aogas.2012.08.001>
- Hammerschmidt, R., E.M. Nuckles and J. Kuc.** 1982. Association of enhanced peroxidase activity with induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiological Plant Pathology*, 20: 73-82. [https://doi.org/10.1016/0048-4059\(82\)90025-X](https://doi.org/10.1016/0048-4059(82)90025-X)
- Hammerschmidt, R., J.P. Metraux and L.C. van Loon.** 2001. Inducing resistance: a summary of papers presented at the First International Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases, Corfu, May 2000. *European Journal of Plant Pathology*, 107: 1-6. <https://doi.org/10.1023/A:1008753630626>
- Jarak, M.N., S.S. Duric and B.D. Dordevic.** 2010. Benefits of inoculation with *Azotobacter* in the growth and production of tomato and pepper. *Matica Srpska Journal of Natural Sciences*, 119: 71-76.
- Jeffries, C.J.** 1998. Potato. *FAO/IPGRI technical guidelines for the safe movement of germplasm*, 19: 62-63.
- Lancioni, P.** 2008. Studies on biotic and abiotic elicitors inducing defense responses in tomato. PhD. Thesis, Phytopathology Department, Faculty of Agriculture, University of Bologna, Italy. 125 pp.

Received: August 19, 2020; Accepted: November 12, 2020

تاريخ الاستلام: 2020/8/19؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2020/11/12