The effectiveness of the organic fertilizer SALSICO in stimulating acquired systemic resistance of tomato plants in protected agriculture against infection with *cucumber mosaic virus*

Dr. Nasr Sheikh Suleiman*
Dr. Saleem Rai**
Dr. Hassan Ahmad***
Wissam Tahan****

(Received 17 / 12 / 2024. Accepted 16 / 1 /2025)

□ ABSTRACT □

The effect of the SALSICO compound containing Salicylic Acid (SA) and Sugar Alcohols was studied in inducing Systemic Acquired Resistance (SAR) in tomato plants protected against infection with *Cucumber mosaic virus* (CMV). The experimental plants were treated with two irrigation and Spraying methods, with two concentrations of 3 and 6 ml/L of the SALSICO compound, four times at an interval of two weeks, and the first time was three days before mechanical infection with the virus, in the autumn of 2022 in Tartous Governorate, Syria. The incidence of acquired systemic resistance was assessed by determining the timing of infection symptoms, disease severity, free salicylic acid concentration, and peroxidase activity in the experimental plants. The results showed that treatment with the SALSICO compound delayed the appearance of symptoms of viral infection by up to 23 days compared to 12 days for the control, and reduced infection severity to 33.4% in the spray treatment at a concentration of 6 ml/L and it was the best treatment compared to the control infected with the virus and not treated with the SALSICO compound by 81.6%, Compare with the rest of the treatments. The value of free salicylic acid increased to 134.8 µg/g compared to the healthy control (21.54 µg/g) and the infectious control not treated with SALSICO (13.73 µg/g), and the peroxidase enzyme concentration also increased to 0.278 µmol/mg compared to the healthy control (0.044 µmol /mg) and the infected control not treated with SALSICO (0.112 µmol/mg) .

The increase in the content of free salicylic acid and peroxidase enzyme activity, the delay in the onset of mechanical infection symptoms, and the decrease in the severity of the infection are biological and chemical indicators of the induction of systemic acquired resistance as a result of treatment with the SALSICO compound containing salicylic acid and sugar alcohols.

Keywords: SALSICO compound (Salicylic Acid - Sugar Alcohols), systemic acquired resistance, cucumber mosaic virus, tomato plant, greenhouse.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **Professor- - Faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University- Lattakia, Syria.**
****Professor- Faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University- Lattakia, Syria.**
***** Ministry of Agriculture and Agrarian Reform- Tartous Agriculture Directorate- Syria.**
****** (Ph.D) student - Faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University- Lattakia, Syria**

فعالية المخصب العضوي SALSICO في تحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة لنباتات البندورة في الزراعة المحمية ضد العدوى بفيروس موزاييك الخيار

د. نصر شيخ سليمان*

د. سليم راعي**

د. حسان أحمد***

وسام يوسف طحان****

(تاريخ الإيداع 17 / 12 / 2024. قبل للنشر في 16 / 1 / 2025)

□ ملخّص □

دُرس تأثير مركب SALSICO الحاوي على حمض الساليسيليك Salicylic Acid (SA) والسكريات الكحولية Sugar Alcohols في تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة Systemic Aquired Resistance (SAR) في نباتات البندورة المحمية ضد العدوى بفيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus* (CMV)، تمت معاملة نباتات التجربة بطريقتي الري والرش بتركيزين 3 و6 مل/ ل من مركب SALSICO، أربع مرات بفاصل أسبوعين وكانت المرة الأولى قبل ثلاث أيام من العدوى الميكانيكية بالفيروس وذلك في خريف 2022 في محافظة طرطوس، سورية. قُيّم حدوث المقاومة الجهازية المكتسبة من خلال تحديد موعد ظهور أعراض الإصابة، الشدة الإمراضية، تركيز حمض الساليسيليك الحر، ونشاط إنزيم البيروكسيداز في نباتات التجربة.

أظهرت النتائج بأن المعاملة بمركب SALSICO أخرّ موعد ظهور أعراض العدوى الفيروسية حتى 23 يوماً بالمقارنة مع 12 يوم للشاهد وخفَضت شدة الإصابة إلى 33.4 % في معاملة الرش بتركيز 6 مل/ ل وكانت هي المعاملة الأفضل بالمقارنة مع الشاهد المعدى بالفيروس وغير المعامل بمركب سالسيكو 81.6 %، مقارنة مع بقية المعاملات. ارتفعت قيمة حمض الساليسيليك الحر إلى 134.8 ميكروغرام/غ مقارنة مع الشاهد السليم (21.54 ميكروغرام/غ) والشاهد المعدى غير المعامل بمركب SALSICO (13.73 ميكروغرام/غ)، وكذلك ارتفع تركيز إنزيم البيروكسيداز إلى 0.278 ميكرومول/مغ مقارنة مع الشاهد السليم (0.044 ميكرومول/مغ) والشاهد المعدى وغير المعامل بمركب SALSICO (0.112 ميكرومول/مغ).

إن الزيادة في محتوى حمض الساليسيليك الحر ونشاط إنزيم البيروكسيداز وتأخير موعد ظهور أعراض العدوى الميكانيكية وانخفاض شدة الإصابة هي مؤشرات حيوية وكيميائية على تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة نتيجة المعاملة بمركب SALSICO الحاوي على حمض الساليسيليك والسكريات الكحولية.

الكلمات المفتاحية: مركب SALSICO (حمض الساليسيليك – سكريات كحولية)، المقاومة الجهازية المكتسبة، فيروس موزاييك الخيار، نبات البندورة، بيت بلاستيكي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

*أستاذ، ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

**أستاذ، ، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

*** مديرية زراعة طرطوس، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، سوريا.

****طالبة (دكتوراه)، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا.

مقدمة:

ينتمي نبات البندورة إلى الفصيلة الباذنجانية Solanacea، أطلق عليها كارل لينيوس التسمية العلمية في القرن الثامن عشر *Solanum lycopersicum* L. (*Lycopersicon esculentum* Mill.) وهي كلمة يونانية تعني خوخ الذئب الصالح للأكل (Hui, 2004).

تعد البندورة واحدة من أهم محاصيل الخضار الأساسية اقتصادياً وأوسعها انتشاراً في العالم (Tonon *et al.*, 2005)، تحتل المرتبة الثانية في الأهمية بين محاصيل الخضار في العالم بعد محصول البطاطا *Solanum tubersum* L. (Georgé *et al.*, 2011)، وتستهلك طازجة ومطبوخة ومصنعة ويعزى انتشارها الواسع لقيمتها الغذائية وأهميتها التصنيعية حيث تستعمل في التعليب والتجميد وصناعة رب البندورة والكاتشب، وكمنتج يستخرج منه مركبات دوائية (Rao, 2002 ; Rao and Rao 2007 ; Georgé *et al.*, 2011)

قد تصاب البندورة في الزراعة المحمية بالآفات ومسببات الأمراض نفسها التي تصيبها في الزراعة المكشوفة، إلا أن الظروف المناخية داخل البيوت المحمية من ارتفاع في رطوبة الهواء النسبية ودرجات الحرارة وعمليات الخدمة المتبعة فيها تزيد من فرص الإصابة بها، تصاب نباتات البندورة بالعديد من الأمراض الفيروسية التي تسبب فقداً كبيراً في الإنتاج والنوعية، وقد سجل عالمياً إصابة البندورة بأكثر من 30 فيروساً تتبع 16 عائلة مختلفة (Francki *et al.,* 1979 ; Martelli and Quacquarelli, 1983 ; Gallitelli *et al.,* 1988 ; Hanssen *et al.,* 2010)، تسبب الأمراض الفيروسية خسارة اقتصادية كبيرة في إنتاج نباتات البندورة في كل من البيوت المحمية والزراعات الحقلية قد تصل إلى 90% من الإنتاج (Balogun and Daudu, 2007). ويعد فيروس موزاييك الخيار من أهم الفيروسات التي تحدث ضرراً اقتصادياً كبيراً لدى نباتات البندورة ويسبب خسارة في الإنتاجية وفي نوعية الثمار (Francki *et al.,* 1979; Gallitelli *et al.,* 1988).

من الإصابات الفيروسية التي تشكل خطورة على نبات البندورة هي الإصابة بفيروس موزاييك الخيار *Cucumber mosaic virus*، وتؤدي الإصابة به إلى ظهور أعراض الموزاييك وتشوه الأوراق الحديثة لتأخذ شكل رباط الحذاء، وتضيق لتصبح الوريقات على شكل محاليق، ولهذا ينخفض الإنتاج بشدة، ويتقزم النبات وتموت القمم (Brunt *et al.,*1996; Sutic *et al.,* 1999 ; Agrios, 2005; Cerkauskas,2004).

يعد فيروس موزاييك الخيار من الفيروسات المهمة اقتصادياً نظراً للمدى العوائلي الواسع حيث يصيب أكثر من 1300 نوعاً تتبع لأكثر من 500 جنساً نباتياً ولأكثر من 100 فصيلة نباتية وفي كل عام تقريباً تُكتشف عوائل جديدة له (Palukaitis and Garcia–Arenal, 2003).

تعرّف المقاومة الجهازية للنبات بأنها تطور القدرة الدفاعية للنبات وزيادتها بوجود الممرضات النباتية (Van Loon, 1998). تستخدم النباتات إشارات جزيئية جهازية متعددة تسمى الهرمونات النباتية والتي تحفز الاستجابة الدفاعية للنبات (Thaler *et al.,* 2012)، ومنها حمض الساليسيليك والإيثلين وحمض الجاسمونيك. يعمل حمض الساليسيليك على تحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة SAR بتشكيل البروتينات المتعلقة بالإمراضية Pathogen Releated Proteins (PRs) والتي تنتقل جهازياً ضمن النبات ما يزيد مقاومة النبات للأمراض، وإن زيادة الأنزيمات النباتية ومنها إنزيم البيروكسيداز يمكن أن تترافق مباشرة بالقدرة المتزايدة على حماية الأنسجة جهازياً باللجننة عند مهاجمة النباتات بالممرضات النباتية (Fu and Dong, 2013 ; Jones and Dangl, 2006 ; Bakker *et al.*, 2014 ; Van Loon, 1998).

يعدّ حمض الساليسليك مركباً طبيعياً، في النبات منظماً لنموه، ويزيد من تحمله للظروف غير الحيوية (Hussain *et al.*, 2011)، كما يساعد في مقاومة الإجهادات الحيوية من خلال تنظيم الإشارات الداخلية أو تحفيز الجينات التي تنتج مختلف مركبات الدفاع النباتية (Zhang *et al.,* 2009). يمكن أن يحفز حمض الساليسيليك المقاومة الجهازية لمدى واسع من الممرضات النباتية ومنها الفيروسات، إذ يعمل على تحفيز المقاومة من خلال تأثيره بمراحل الإصابة الفيروسية الثلاث وهي: مرحلة التضاعف، والانتقال من خلية لأخرى، والحركة الجهازية ضمن النبات (Singh *et al.*, 2004 ; Chaturvedi and Shah 2007). لقد نشر سابقاً بأن حمض الساليسيليك يحفز المقاومة الجهازية المكتسبة للنباتات ضد العدوى الفيروسية عن طريق إبطاء حركة وانتشار الفيروس ضمن النبات وبالتالي إضعاف تأثير الفيروس في النبات وتأخير ظهور أعراض الإصابة وخفض الشدة المرضية (Naylor *et al.,* 1998).

تؤثر مستويات حمض الساليسيليك المتشكل داخل نباتات التبغ المصابة بفيروس موزاييك التبغ بشكل معنوي في زيادة المقاومة الجهازية وتحفيزها وتشكيل البروتينات المرتبطة بالإمراضية (Yalpani *et al.*, 1991 ; Enyedi *et al.*, 1992). وفي دراسة أخرى وُجد أن حمض الساليسيليك حفز المقاومة الجهازية المكتسبة في نباتات التبغ صنفي بيرلي وفرجينيا المعداة بفيروس البطاطا واي، حيث زادت مستوياته في أوراق النباتات المعاملة به وتأخر ظهور أعراض الإصابة بالمقارنة مع الشاهد المعدى والسليم (خدام وآخرون، 2014).

يتواجد أنزيم البيروكسيداز لدى الكائنات الحية جميعها، ويلعب دوراً أساسياً في حياة النبات بمشاركته في مجموعة واسعة من العمليات الفسيولوجية كالاستقلاب داخل جدر الخلايا ولجننتها والتئام الجروح ويساعد في نمو الثمار ونضجها وإنبات البذور (Passardi *et al.*, 2005). كما وجد ارتباط بين زيادة أنزيم البيروكسيداز وزيادة تركيز اللجنين في جدر الخلايا لدى نباتات البندورة (Quiroga *et al.*, 2000). وتلعب البيروكسيدات النباتية دوراً هاماً في تعزيز المقاومة ضد الممرضات عن طريق تعزيز الحواجز الفيزيائية لجدار الخلية والتي تضم اللجنين والسوبرين والسكريات المعقدة والجليكوبروتينات (Vance *et al.*, 1980 ; fry, 1986.) كما تحفز إنتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية التي تعمل كإشارة وسيطية وكعوامل مضادة للممرضات (Bolwell *et al.*, 2002; Kawano and Muto, 2000).

أثبتت دراسات أخرى زيادة نشاط وتركيز البيروكسيدات النباتية عند حدوث الإصابات الفيروسية (Van Loon and Kammen, 1970 ; Vera *et al.*, 1993)

وفي دراسة أخرى تشير إلى ارتباط زيادة حمض الساليسيليك بزيادة كمية ونشاط أنزيم البيروكسيداز في نباتات التبغ المصابة بفيروس البطاطا واي (Nie, 2006).

تعرف السكريات الكحولية بأنها كربوهيدرات وتتميز بسهولة الحركة داخل النبات، ووجدت محملة بالبورون الطبيعي إضافة إلى العناصر الأخرى داخل اللحاء وتسمى POLYOLS (Brown and Hu, 1996). وتعد السكريات الكحولية من أهم المنتجات الطبيعية لعملية التمثيل الضوئي، وتسمى كحولية بسبب تركيبها الكيميائي بشكل عام يتشكل الكحول عندما يتم اختزال مجموعة الألدهيد (CHO) إلى كحول (OHCH2) (Marschner, 2009).

ومن أمثلة السكريات الكحولية سكر السوربيتول (C6H14O6) الذي يسهل نقل البورون والعناصر الثانوية الأخرى الموجودة داخل أنابيب اللحاء، يتم تصنيع السوربيتول في الأوراق عن طريق عملية التمثيل الضوئي، ويمكن نقله في العديد من النباتات، لأنه يساهم في استقلاب الكربوهيدرات الأساسية (Al-Nuaimi, 2013) و (Al-Shammari, 2018). يعمل السوربيتول كمصدر للطاقة وهو مسؤول عن نقل الهياكل الكربونية أي أنه يعمل كجزيء إشارة يساعد في مقاومة الضغوط الأحيائية واللا أحيائية وينظم نمو النبات (Khaliq et al., 2023).

وتعد السكريات الكحولية من أهم العوامل التي يمكن أن تغير الاستجابات الفسيولوجية والكيميائية في النباتات (Twaij *et al.,* 2022)، إذ تعمل على تحسين الامتصاص الورقي للنبات وهي مغذيات طبيعية مهمة وهذا يساعد على زيادة كفاءة امتصاص العناصر الغذائية ولذلك يعد السوربيتول أحد السكريات الكحولية الذي له تأثيرات مهمة في نمو النبات، بما في ذلك التمثيل الضوئي للنبات والتنفس وعمليات النمو، كما أن له ارتباط في تحفيز الجذور وزيادة امتصاص العناصر ويعد مصدر للكربون (Yu et al., 2023).

تلعب السكريات الكحولية دوراً مهماً في تنظيم الجهد الأسموزي عندما تتراكم داخل النبات، مما يؤدي إلى تحسين امتصاص النبات للماء والمغذيات من التربة (Al- Sahaf, 1989).

يعد المانيتول أحد أشكال السكريات الكحولية التي تعمل على تسهيل نقل عنصر البورون الموجود داخل أنابيب اللحاء (Gutiérrez and Gaudillère, 1997).

يمكن أن يساهم سكر السوربيتول في نقل العناصر الغذائية الكبرى والصغرى، وحركتها بسهولة داخل أنسجة النبات، وهو أحد الأشكال التي تساهم في نقل المواد العضوية داخل اللحاء بصورة مواد معقدة التركيب، حيث يساعد نقل العناصر على تحسين العمليات الفيزيولوجية والاستقلابية؛ فهي مهمة لعملية التركيب الضوئي والتنفس، إضافةً إلى دوره في تصنيع الهرمونات (الأوكسينات، والسيتوكينينات) التي تحفز عمليات الانقسام والاستطالة الخلوية، ومن ثمّ تنشيط النمو (Awuchl, 2017).

يؤدي الرش بالسكريات الكحولية (السوربيتول، والمانيتول) إلى تحسين نمو النبات وزيادة إنتاجه، لما لها من تأثير في نفاذية الأغشية الخلوية نظراً إلى صغر حجم جزيئاتها؛ مما يسهّل عملية اختراقها للأوراق فتتراكم في أنسجة النبات (Serenella *et al.,* 2002).

ويساعد تسهيل حركة السكريات الذائبة المنتجة في الأوراق في التركيب الضوئي إلى أماكن استهلاكها في تحسين العمليات الفيزيولوجية والحيوية المختلفة لنمو النبات؛ حيث تعمل السكريات الكحولية مستقبلاً للهيدروجين، فتزيد من نشاط الإنزيمات التي تؤدي دوراً مهماً في التفاعل مع مركبات الفوسفوليبيد الموجودة في تركيب أغشية الخلايا، وتعمل هذه المركبات حاملاً لنقل المغذيات من خارج الخلية إلى داخلها، مما يزيد من نفاذيته للأغشية الخلوية، ومن ثم زيادة امتصاص الماء والعناصر المغذية (Silke, 2011).

تعد السكريات ضرورية لتزويد الطاقة اللازمة للدفاعات عند النبات وتكون بمثابة إشارات لتنظيم جينات الدفاع (Ehness et al., 1997؛ Roitsch et al., 2003؛ Bolton, 2009). أدت الأدوار الرئيسية المحتملة لبعض السكريات فيما يتعلق بمناعة النبات مؤخرًا إلى مفاهيم "المناعة الحلوة" و"الدفاع المعزز بالسكر" (Bolouri-Moghaddam and Van Den Ende, 2013). فيما يتعلق بأدوارها في مناعة النبات، فإن السؤال هو تحديد ما إذا كانت الكربوهيدرات يمكن أن تكون مفيدة في السيطرة على أمراض النبات في الظروف الحقلية (Delaunois et al., 2014). تشارك السكريات أيضًا في مناعة النبات كجزيئات إشارة (Sheen et al., 1999; Rolland et al., 2006).

كما عرض (Bolouri-Moghaddam and Van Den Ende, 2013)، يمكن للسكريات الأخرى مثل psicose أو D-allose أن تحفز مناعة النبات وتنظم التعبير عن جينات الدفاع.

تعرف العلاقة بين حالة الكربوهيدرات النباتية والدفاع/المقاومة ضد مسببات الأمراض باسم "المقاومة العالية للسكر" (Horsfall and Dimond, 1957).

أشارت العديد من الأبحاث العلمية إلى تغيرات في محتوى السكر في خلايا النباتات عند تعرضها للإصابة بالمسببات المرضية (Bolouri-Moghaddam and Van Den Ende, 2012). وتم تحريض جينات المقاومة عندها (Herbers et al., 1996a؛ Tang et al., 1996؛ Ehness et al.,1997 ؛ Schaarschmidt et al., 2007 ؛ Kocal et al., 2008).

إن السكريات القابلة للاستقلاب والمحفزات المرتبطة بالدفاع تُنظِم بشكل منسق الاستجابات الدفاعية (Ehness et al., 1997). مثل هذا التنظيم يمكن أن يساهم في توفير الطاقة للدفاعات ويحسن الاستجابة الدفاعية ضد مسببات الأمراض (Roitsch et al., 2003).

أهمية البحث وأهدافه:

- الأهمية الاقتصادية الكبيرة لمحصول البندورة في الزراعة المحلية (المكشوفة منها والمحمية) فضلاً عن قيمته الغذائية المرتفعة وأهميته التصنيعية حيث يعد من أهم خضار التصنيع.
- انتشار فيروس موزاييك الخيار على البندورة في الزراعة المحمية.
- الخسائر الكبيرة التي تسببها الإصابات الفيروسية لمحصول البندورة.

إضافة إلى بيان فعالية السكريات الكحولية في تحسين تغذية النبات وتوفيرها العناصر الغذائية الصغرى المحملة والمرتبطة بالمركبات العضوية البسيطة التي تتخلق بصورة طبيعية في النبات ودورها في تسهيل حركة العناصر الغذائية الكبرى والصغرى في النبات، مما يؤدي إلى إمكانية رفع مقاومة النبات ضدّ مسببات الأمراض الفيروسية بالتزامن مع تأثير حمض الساليسيليك في تنظيم نمو نباتات البندورة، وبالتالي فقد هدف البحث إلى:

- تحسين المقاومة الجهازية المكتسبة في نباتات البندورة ضد العدوى بفيروس موزاييك الخيار عند تقديم توليفة من السكريات الكحولية وحمض الساليسيليك الموجودة في مركب SALSICO بطريقتي الرش والري.

طرائق البحث ومواده:

1- المادة النباتية المستخدمة ومكان تنفيذ التجربة: استخدمت بذور هجين البندورة دانا، وهو هجين مبكر النضج غير محدود النمو مناسب للزراعة الخريفية يتميز بإنتاجيته العالية وحساسيته للأمراض الفيروسية. نُفِّذَ البحث في قرية كرتو، محافظة طرطوس (30 كلم جنوب مدينة طرطوس). أجريت التجربة ضمن بيت بلاستيكي (42x8=336 متراً مربعاً)، ضمن عبوات فلينية سعتها 28 ليتر، وذلك في خريف 2022.

2- تحضير تربة الأصص وإنتاج الشتول: تم التعقيم الشمسي للتربة المستخدمة في الأصص، ثم تم خلط التربة المعقمة مع التورب المعقم بنسبة 2:1 (تربة معقمة: تورب)، وتم إنتاج الشتول بزراعة بذور الهجين دانا في صواني فلينية من الستريبور تحوي على 200 فتحة بأبعاد 4*4*7 سم مملوءة بالتورب الزراعي المعقم بمعدل بذرة واحدة في كل فتحة. زرعت البذور على عمق 1 سم، وتم خدمة الشتول إلى حين موعد نقلها إلى العبوات الفلينية بمعدل 3 نباتات في العبوة بتاريخ 15/ 10/ 2022 واستبعد كل نبات أبدى مظاهر وأعراض غير طبيعية.

3- تحضير اللقاح الفيروسي والعدوى الميكانيكية: حُضِّرَ اللقاح الفيروسي بطحن أوراق حديثة من نباتات البندورة المعداة بالعزلة المحلية لفيروس موزاييك الخيار مع المحلول المنظم (بنسبة 1 غرام/5 مل محلول فوسفاتي منظم pH=7)، مع إضافة كربيد السليكون في جفنة بورسلان حتى الحصول على عصارة متجانسة. استخدمت عزلة محلية

من فيروس موزاييك الخيار معرفة مصلياً في المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا) في حلب، ومحفوظة على نبات التبغ في مخبر الأمراض البكتيرية والفيروسية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، سوريا.

أجريت العدوى الميكانيكية لنباتات التجربة بمعدل 2 مل من اللقاح الفيروسي لكل نبات (بعد ثلاثة أيام من المعاملة بمحاليل المواد المستخدمة)، بنثر مسحوق كربيد السيليكون بشكل خفيف على كامل الأوراق الفلقية (Nontajak *et al.*, 2014)، ومن ثمَّ مُسِحَت كامل الأوراق بقطعة قطن مبللة باللقاح الفيروسي باتجاه واحد وكُرِّرَ المسح ثلاث مرات لكل ورقة. غسلت الأوراق المعداة بالماء المقطر بعد خمس دقائق للتخلص من بقايا اللقاح الفيروسي المستخدم، وفي نفس الوقت أعديت عدد من أوراق النبات الدال *Chenopodium album* L. من نفس اللقاح المستخدم في معاملات التجربة وذلك للتأكد حيوياً من نشاط الفيروس في اللقاح المستخدم.

4- تحضير محلول مركب SALSICO: SALSICO هو مخصب عضوي نباتي حامضي التفاعل، يحتوي على سكريات كحولية وأحماض كربوكسيلية (حمض الساليسيليك) وفيما يلي التركيب الكيميائي للمركب الجدول (1):

- مادة عضوية عالية النقاوة 80% (W/V).
- مواد مستحلبة ولاصقة وناشرة ومواد خافضة للتوتر السطحي، مع شوائب من الفيتامينات والأنزيمات النباتية، وبعض العناصر الصغرى اللازمة لتحقيق أهداف المركب، مع تركيز مناسب من الكربون الفعال 50 % (W/W)، وفق الجدول التالي (وزن/حجم %):

الجدول (1) تركيب العناصر الموجودة في مركب SALSICO:

المركب / العناصر	Mgo	B2o3	Cuo	Zn	Mn	O.M	O.C%
SALSICO	0.5	1	0.5	1	0.50	80	50.00

5- معاملات التجربة: تضمّنت التجربة معاملة النباتات بمركب SALSICO بالتراكيز 3 و6 مل / ل وبطريقتي الرش والري، ومع العدوى بفيروس موزاييك الخيار وبدونها، بالإضافة إلى معاملتي الشاهد المعدى غير المعامل بمركب SALSICO والشاهد السليم غير المعامل بمركب SALSICO، وبلغ عدد المعاملات الكلي عشرة، كرر كل منها ثلاث مرات واحتوى كل مكرر 6 نباتات، وبلغ عدد المكررات الكلي 30 مكرر وعدد النباتات الكلي 180 نباتاً (جدول 2).

الجدول (2) المعاملات التي تضمنتها التجربة

رقم المعاملة	المعاملة	طريقة المعاملة
1	Healthy شاهد سليم	-
2	شاهد معدى بفيروس CMV	-
3	SALSICO 3 ML/L	رش
4	SALSICO 6 ML/L	
5	SALSICO 3 ML/L + CMV	
6	SALSICO 6 ML/L + CMV	
7	SALSICO 3 ML/L	ري
8	SALSICO 6 ML/L	
9	SALSICO 3 ML/L + CMV	
10	SALSICO 6 ML/L + CMV	

6- طريقة تنفيذ المعاملات: تمت المعاملة بطريقتي الرش والري عند وصول النبات إلى مرحلة 4-5 أوراق حقيقية، أربع مرات بفاصل أسبوعين وبدأت الرشة الأولى بعد الزراعة في الأصص الفلينية بثلاث أيام.

طريقة الرش: استُخدِم فيها مرش يدوي يعطي رذاذ دقيق حيث تمّ رش كل نبات ضمن المعاملة بمحاليل التراكيز المدروسة بمعدل 10 مل لكل نبات حتى مرحلة التقاطر، وطريقة الري: تم فيها ري النباتات بأحد المحلولين بالتركيزين السابقين بمعدل 30 مل لكل نبات ضمن المعاملة (عتيق وآخرون، 2013).

7- القراءات والقياسات المأخوذة: أولاً: المؤشرات المرضية: (1) موعد تكشف الأعراض الظاهرية للفيروس: تم تسجيل عدد الأيام التي مضت بعد إجراء العدوى الميكانيكية بفيروس CMV لتحديد موعد بدء تكشّف ظهور أعراض الإصابة بفيروسCMV (شفافية العروق وبداية ظهور أعراض الموزاييك).

(2) شدة الإصابة بفيروس موزاييك الخيار: حسبت شدة الإصابة بالفيروس بعد 30 يوماً من العدوى اعتماداً على معادلة Yang وآخرون (1996) والأعراض التي ظهرت في التجربة:

$$\text{شدة الإصابة \%} = \frac{\text{مجموع (درجة الإصابة} \times \text{عدد النباتات في كل درجة)}}{\text{العدد الكلي للنباتات} \times \text{أعلى درجة إصابة}} \times 100$$

قدرت درجة الإصابة لكل نبات باستعمال السلم التالي: 0= لا يوجد أعراض، 2= موزاييك خفيف على الأوراق، 4= موزاييك واضح على الأوراق، 6= موزاييك وتشوه أوراق، 8= تشوه شديد على الأوراق، 10= تشوه أوراق مع تقزم (Murphy *et al.*, 2003).

ثانياً: مؤشرات المقاومة الجهازية المكتسبة: (1) تقدير تركيز حمض الساليسيليك الحر في أوراق نبات البندورة- قُدِّر تركيز حمض الساليسيليك في أنسجة النبات المعامل والشاهد السليم والمعدى وفقاً لطريقة Maria و-Martinez Merino (2007) بعد أسبوع من إجراء العدوى الميكانيكية، باستخدام الكلوروفورم، وبالتفاعل مع محلول كلور الحديدي (0.5%) حيث يظهر اللون البنفسجي الدال على تركيز حمض الساليسيليك. وتم قراءة تركيز حمض الساليسيليك (ppm) والامتصاصية بواسطة مقياس الطيف الضوئي Spectrophotometer عند طول موجة 540 نانومتر في المعهد العالي للبحوث البحرية.

(2) تقدير نشاط إنزيم البيروكسيداز في أنسجة نبات البندورة- قُدِّرَ نشاط إنزيم البيروكسيداز بعد أسبوع من العدوى بفيروس موزاييك الخيار في البندورة، استخلص إنزيم البيروكسيداز وفقاً لطريقة Whitaker و Bernhard (1972) ، وقدر نشاط إنزيم البيروكسيداز بعدد ميكرومولات الماء الأوكسجيني التي تتفكك بواسطة 100 مغ من النسيج النباتي الداخل في تشكيل المستخلص الإنزيمي في الدقيقة الواحدة عند 25 °س (Behera *et al.*, 2012).

8- **تصميم التجربة والتحليل الاحصائي:** صُمِّمَت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، وحُلِّلَت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج الحاسوب Genstat-12، One-way ANOVA وحساب قيمة أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 5% لتحديد الفروقات المعنوية بين المعاملات.

النتائج والمناقشة:

1. تأثير المعاملة بمركب SALSICO في موعد ظهور أعراض الإصابة بعد الإعداء بفيروس CMV والشدة المرضية في نبات البندورة:

أشارت النتائج (جدول 3) بأن هناك تباين في موعد ظهور أعراض الإصابة الفيروسية بين المعاملات المدروسة، إذ تكشفت الأعراض على الأوراق الحديثة بعد 19 و 23 يوماً من العدوى الفيروسية في النباتات المعاملة بمركب

SALSICO بطريقة الرش بالتركيزين3 و6 مل/ل على التوالي، وبعد 18 و20 يوماً من العدوى في النباتات المعاملة بمركب SALSICO بطريقة الري بالتركيزين3 و6 مل/ل، على التوالي، في حين كان موعد ظهور الأعراض بعد 12 يوم من العدوى في نباتات الشاهد المعدى وغير المعامل بمركب SALSICO.

وكانت معاملة طريقة الرش تركيز 6 مل/ل هي الأكثر تأثيراً في تأخير موعد ظهور أعراض الإصابة الفيروسية مقارنة مع بقية المعاملات وبفروق معنوية. وفي نفس السياق، كان تأثير الرش بحمض الساليسيليك في تأخير موعد ظهور أعراض الإصابة الفيروسية رشاً هو الأفضل مقارنة مع المعاملة رياً بغض النظر عن نوع الفيروس ونوع النبات (خدام وآخرون، 2014 ; Radwan *et al.,* 2007 ; Mayers *et al.,* 2005 ; Murphy and Carr, 2002).

بعد مضي 30 يوماً من العدوى بفيروس موزاييك الخيار والمراقبة شبه اليومية لجميع النباتات المدروسة تبين أن شدة الإصابة لنباتات البندورة المعاملة بمركب SALSICO بطريقة الرش تركيز 3 و6 مل/ل بلغت 44.3 و33.4 %، على التوالي، مقارنة مع الشاهد المعدى 81.6 % وغير المعامل بمركب SALSICO. ولقد أشارت أبحاث سابقة (Ahmad وآخرون، 2008؛ خدام وآخرون، 2014؛ Radwanوآخرون، 2007؛ Mayers وآخرون، 2005؛ Murphy and Carr (1999) Masuta *et al.* (2002)، إلى فاعلية تأثير الرش بحمض الساليسيليك تركيز 1 و2 ميلي مول في خفض شدة الإصابة الفيروسية بغض النظر عن نوع الفيروس ونوع النبات.

توافقت هذه النتائج مع نتائج دراسة قام بها Ahmad وآخرون (2008) عند رش نباتات البطاطا بحمض الساليسيليك بالتركيزين 1 و2 ميلي مول خفّضت من شدة الإصابة بفيروس البطاطا واي (PVY) بعد 25–30 يوم من عملية الرش، كما أدت المعاملة إلى التقليل من تأثير العدوى بفيروس البطاطا واي على نمو وإنتاج نباتات البطاطا تحت ظروف العدوى الميكانيكية.

أدت معاملة أوراق التبغ بحمض الساليسيليك إلى تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة ضد فيروس موزاييك التبغ *Tobacco mosaic virus*وفيروس موزاييك الخيار وأخرت ظهور أعراض الإصابة وخفضت شدتها (Murphy and Carr, 2002). وأشار Mayers وآخرون (2005) إلى أن معاملة نبات الكوسا بحمض الساليسيليك قد أخّر من ظهور أعراض الإصابة بفيروس موزاييك الخيار وخفضَ من شدتها.

وبين خدام وآخرون (2014) أن تأخّر ظهور أعراض الإصابة بفيروس البطاطا واي PVY بفرق معنوي عند معاملة نباتات التبغ (صنفي برلي وفرجينيا) بالتركيزين 0.5 و0.75 ميلي مول من حمض الساليسيليك وانخفاض في الشدة المرضية للفيروس عند كلا الصنفين. وأوضح Radwan وآخرون (2007) أنّ معاملة نبات الكوسا بالتركيز 50 ميكرومول من حمض الساليسيليك أدت إلى تأخير ظهور أعراض الإصابة بفيروس الموزاييك الأصفر في الكوسا أربعة أيام عن موعد ظهورها في الشاهد المعدى في حين أدت المعاملة بالتركيز 100 ميكرومول من حمض الساليسيليك إلى تأخيرها بما يزيد عن سبعة أيام. كما بين Masuta وآخرون (1999) أنّ معاملة نباتات التبغ بتراكيز مختلفة من حمض الساليسيليك أدى إلى تحريض مقاومة جهازية تمثلت بانخفاض في شدة الإصابة بفيروس البطاطا واي في أجزاء النبات العلوية النبات.

الجدول (3) فترة ظهور أعراض الإصابة بعد الإعداء بفيروس CMV والشدة المرضية في نبات البندورة تبعاً لكل معاملة وطريقة تطبيقها

المعاملة		طريقة التطبيق	فترة ظهور الأعراض بعد الإعداء (يوم)	الشدة المرضية بعد 30 يوم من الإعداء (%)
تراكيز مركب SALSICO بدون عدوى	3 ML/L	رش Spray	–	–
	6 ML/L		–	–
	3 ML/L	ري Irrigation	–	–
	6 ML/L		–	–
تراكيز مركب SALSICO بوجود عدوى	3 ML/L+ CMV	رش Spray	19_b	44.3_b
	6 ML/L + CMV		23_c	33.4_a
	3 ML/L+ CMV	ري Irrigation	18_b	51.2_c
	6 ML/L + CMV		20_{bc}	37.6_a
شاهد Control	سليم Healthy		–	–
	معدىInoculated		12_a	81.6_d
أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% LSD at P=0.05			3.546	4.602

CMV= فيروس موزاييك الخيار، – = لا يوجد أعراض. القيم التي يتبعها حروف متشابهة في نفس العامود لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

وأشار Mayers وآخرون (2005) في دراسة مشابهة إلى أن معاملة نبات الكوسا بحمض الساليسيليك قد أخّر من ظهور أعراض الاصابة بفيروس موزاييك الخيار على الأوراق العلوية وخفضَ من شدتها، وكذلك الأمر تأخرَ ظهور أعراض الاصابة بفيروس موزاييك التبغ (TMV) *Tobbaco mosaic virus* عند معاملة أوراق التبغ بحمض الساليسيليك (Murphy and Carr, 2002).

إضافة إلى دور السوربيتول في المساهمة في رفع كفاءة الجذور في امتصاص أكبر كمية من العناصر الغذائية والماء من التربة واستخدامها من قِبَل النبات في انقسام وتمايز الخلايا مما يؤدي إلى تحسين النمو، إضافة إلى أن رش السوربيتول سيمتص ويخزن في النبات على شكل كربوهيدرات (Hu and Brown,1996) وسَيُستَخدمُ في زيادة التنفس وتحرير الطاقة ATP المهمة في العمليات الحيوية للنبات واستخدام أيضها في بناء المواد الضرورية للنبات من بروتينات وببتيدات وأنزيمات وهرمونات نباتية مثل الأوكسينات والسايتوكينين الضروريان في نمو النبات (Taiz Zeiger, 2006; Wu *et al.*,2015) وهذا ما يفسر قدرة النبات على تأخير موعد ظهور الأعراض وتخفيض شدة الإصابة المرضية.

2. تأثير المعاملة بمركب SALSICO في زيادة تركيز حمض الساليسيليك الحر وزيادة نشاط إنزيم البيروكسيداز في أوراق نباتات البندورة:

يلعب أنزيم البيروكسيداز دوراً هاماً في تعزيز المقاومة ضد الممرضات عن طريق تعزيز الحواجز الفيزيائية لجدار الخلية (Vance *et al.*, 1980; Fry, 1986).

حيث أشارت النتائج في هذه الدراسة (جدول 4) إلى زيادة محتوى أوراق نباتات البندورة من حمض الساليسيليك الحر وإنزيم البيروكسيداز في كافة المعاملات، وفي كل من طريقتي الري والرش بمركب SALSICO وبوجود أو غياب العدوى الفيروسية بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى، كما وُجد أن معاملة الشاهد المعدى غير المعامل بمركب SALSICO تفوقت معنوياً على معاملة الشاهد السليم غير المعامل بمركب SALSICO، إذ بلغ محتوى حمض الساليسيليك الحر 21.54 و 13.73 ميكروغرام/غ وزن رطب، على التوالي، وبلغ تركيز إنزيم البيروكسيداز 0.112 و 0.044 ميكرومول/مغ، على التوالي، وقد يعود ذلك لتحفيز الفيروس على زيادة انتاج حمض الساليسيليك داخل النبات كونه المسؤول عن تحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة. نلاحظ من الجدول (4) أن طريقة المعاملة بالرش تفوقت معنوياً في محتوى حمض الساليسيليك الحر ونشاط إنزيم البيروكسيداز على طريقة الري في كافة المعاملات المدروسة، وكان التركيز 6 مل /ل بطريقة الرش هو الأفضل، حيث بلغ محتوى حمض الساليسيليك الحر في الأوراق 134.8 و119.3 ميكروغرام/غ رطب)، ونشاط إنزيم البيروكسيداز بلغ 0.278 و0.234 ميكرومول/مغ، بوجود أو غياب العدوى الفيروسية، على التوالي.

أما في طريقة الري أعطت المعاملة بالتركيز 6 مل/ ل من مركب SALSICO أفضل النتائج وبفروق معنوية في زيادة محتوى حمض الساليسيليك الحر في أوراق نباتات البندورة بوجود أو غياب العدوى الفيروسية (125.2 و104.4 ميكروغرام/غ رطب) ونشاط إنزيم البيروكسيداز (0.249 و0.214 ميكرومول/مغ)، على التوالي، بالمقارنة مع معاملة الشاهد السليم والمعدى.

لوُحِظ بأن ازدياد مستوى حمض الساليسيليك الحر لجميع المعاملات في النباتات غير المعداة لم يصل إلى مستوى حمض الساليسيليك لذات المعاملات في النباتات المعداة، ويمكن أن يعزى السبب إلى أن الإصابة الفيروسية تزيد من تراكم حمض الساليسيليك في النبات كرد فعل من النبات تجاه الإصابة الفيروسية، وهذا ما أشار إليه Malamy وآخرون (1990) بأن زيادة مستوى حمض الساليسيليك الحر في نباتات التبغ عند إصابتها بفيروس موزاييك التبغ (TMV) *Tobacco mosaic virus* أدى إلى تحريض البروتينات المتعلقة بالإمراضية بشكل جهازي الذي يؤدي بدوره إلى تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة في أنسجة النبات قبل حدوث العدوى في الأوراق غير المعداة.

أشارت النتائج أن كل من طريقتي الري والرش بمركب SALSICO تفوق معاملة الشاهد المعدى معنوياً على معاملة الشاهد السليم، من حيث محتوى الأوراق من حمض الساليسيليك الحر وإنزيم البيروكسيداز، وقد يعزى ذلك إلى تحفيز فيروس موزاييك الخيار للنبات على إنتاج حمض الساليسيليك كرد فعل دفاعي تجاه الفيروس، والذي يعمل على تحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR)، نتيجة تنشيط بعض مورثات الدفاع في النبات وإنتاج البروتينات المرتبطة بالإمراضيةPathogen Releated Proteins.

الجدول (4): متوسط تركيز حمض الساليسيليك الحر ونشاط إنزيم البيروكسيداز في أوراق نباتات البندورة بوجود أو غياب العدوى بفيروس CMV

المعاملة		طريقة التطبيق	تركيز حمض الساليسيليك الحر (ميكروغرام/غ طازج)	نشاط إنزيم البيروكسيداز (ميكرومول/مغ)
تراكيز مركب SALSICO بدون عدوى	3 ml/L	رش Spray	102.3_{d}	0.179_{d}
	6 ml/L		119.3_{e}	0.234_{h}
	3 ml/L	ري Irrigation	88.7_{c}	0.168_{c}
	6 ml/L		104.4_{d}	0.214_{g}
تراكيز مركب SALSICO مع عدوى	3 ml/L + CMV	رش Spray	115.3_{e}	0.203_{f}
	6 ml/L + CMV		134.8_{g}	0.278_{j}
	3 ml/L + CMV	ري Irrigation	100.1_{d}	0.191_{e}
	6 ml/L + CMV		125.2_{f}	0.249_{i}
شاهد	سليم Healthy		13.73_{a}	0.044_{a}
	معدىInoculated		21.54_{b}	0.112_{b}
أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5% LSD at P=0.05			4.819	0.005725

CMV= فيروس موزاييك الخيار، القيم التي يتبعها حروف متشابهة في نفس العامود لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

توضح النتائج دور السوربيتول في تنشيط العديد من الأنزيمات مما أعطى للنباتات القدرة على مقاومة الإجهادات الحيوية وغير الحيوية (Laher and Brien, 1983). وبالتالي أدى إلى تحسين امتصاص النبات للماء والمغذيات من التربة لاستخدامها في زيادة نمو النبات، وتماشت هذه النتائج مع LoBianco وآخرون(2000) الذي وجد زيادة في نمو أشجار الخوخ *Prunus persica* صنف Nemaguard بوجود السوربيتول بالرغم من تعرضها للإجهاد، وكذلك تماشت مع دراسة Wu وآخرون (2015) الذي اقترح أن السوربيتول يشارك في أيض الكربوهيدرات الأساسية وتحفيز العديد من الجينات المسؤولة عن إنتاج المواد التي ترفع من قابلية النبات على تحمل الظروف غير الملائمة والأمراض وإنتاج حامض الابسسيك ABA وحامض الساليسيليك SA والجسمونك GA في أشجار التفاح Apple (*Malus domestica*) وبالتالي يُعزز من كفاءة تحمل الأشجار للإجهادات الحيوية وغير الحيوية ويعزز النمو الخضري للنبات.

كما أن السوربيتول يعمل على زيادة كفاءة الامتصاص الورقي للنبات من خلال زيادة الوقت الذي يحتاجه النبات لامتصاص العناصر الغذائية وخاصة البورون قبل أن تجف على سطح الورقة إذ ستعمل على تغطية الورقة بشكل كامل وبالتالي زيادة المساحة السطحية لامتصاص العناصر الغذائية (Bielski, 2005).

وبيّن Hondo وآخرون (2007) أن حمض الساليسيليك حفز تشكيل الجينات المضادة للإمراضية PR1 وPR2 لدى نباتات البندورة، وفي دراسة أخرى بين أن معاملة نباتات التبغ بحمض الساليسيليك حفز نشاط إنزيم البيروكسيداز وأبطأ تضاعف وتراكم فيروس البطاطا واي (Nie, 2006). كما بين Hammerschmidt وآخرون (2001) وجود ارتباط إيجابي بين زيادة مستوى حمض الساليسيليك وزيادة نشاط إنزيم البيروكسيداز وإنزيم الكيتيناز لدى نباتات الخيار، ووجد Chittoor وآخرون (1999) و Ebrahim وآخرون (2011) أن زيادة الإنزيمات النباتية ومنها إنزيم البيروكسيداز يمكن أن تترافق مباشرة بالقدرة المتزايدة على حماية الأنسجة جهازياً باللجنة عند مهاجمة النباتات بالممرضات النباتية.

في حين بينت دراسة على نباتات الفليفلة المعاملة بثلاث تراكيز من حمض الساليسيليك (0.5–1–2 ميلي مول) زيادة في محتوى أوراق نباتات الفليفلة من حمض الساليسيليك وبفروق معنوية مقارنة مع الشاهدين المعدى والسليم، وحققت المعاملة بحمض الساليسيليك تركيز 2ميلي مول أعلى زيادة في محتوى أوراق نباتات الفليفلة من حمض الساليسيليك وبفروق معنوية بوجود أو غياب العدوى بفيروس موزاييك الخيار وبنسبة زيادة وصلت ما يقارب 103 و78 % بالمقارنة مع الشاهد السليم والمعدى على التوالي (ابراهيم وآخرون، 2023).

تماثلت هذه النتائج مع دراسة سابقة على فيروس موزاييك التبغ TMV ونبات البندورة حيث أكدت أنّ معاملة نبات البندورة بالتركيز 2 ميلي مول من حمض الساليسيليك خفّضت تركيز فيروس موزاييك التبغ TMV بنسبة 51 % مقارنة مع تركيزه في نبات الشاهد المعدى (Basim, 2016). كما تم الحصول على نتائج مشابهة لفيروسات أخرى وعلى محاصيل غير البندورة عند معاملتها بحمض الساليسيليك (Radwan et al., 2006; Ahmad et al., 2008; Nie et al., 2006; Chandra et al., 2007; Sedghi et al., 2013; Abo–Alnasr et al., 2005).

بالإضافة إلى دور الكحولات السكرية في نقل العناصر الغذائية من الأوراق إلى الجذور والسيقان والفروع، وبالتالي تحسين العمليات الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية للنبات وتحسين نمو النبات (Hu *et al.,* 1997).

في دراسة تمت فيها معاملة نبات الخيار بمواد كيميائية وبتراكيز مختلفة، أعطت المعاملة بحمض الساليسيليك (0.5%) أفضل النتائج في زيادة مقاومة نباتات الخيار ضد فيروس *Zucchini yellow mosaic virus* (ZYMV)، ومنعت ظهور أعراض الإصابة الفيروسية وخفّضت الشدة المرضية (Abo–Elnasr *et al.*, 2005). وفي دراسة أخرى أشار Murphy وآخرون 2004 إلى أن زيادة حمض الساليسليك داخل النبات مرتبط بزيادة المقاومة الجهازية للنبات ضد الممرضات الفيروسية (Van Loon, 1997، 1998، 1999) ، كما بين Naylor وآخرون (1998) أن حمض الساليسليك حفز المقاومة الجهازية للنباتات ضد فيروس موزاييك الخيار عن طريق منع الحركة الانتقالية الجهازية للفيروس ضمن النبات والتي تتأثر بحمض ساليسيل هيدروكساميك. وبيّن Hondo وآخرون (2007) أن حمض الساليسيليك حفز تشكيل الجينات المضادة للإمراضية PR1 وPR2 لدى نباتات البندورة.

وفي دراسة أخرى بين Nie (2006) أن حمض الساليسليك حفز نشاط أنزيم البيروكسيداز ومنع تضاعف وتراكم فيروس البطاطا واي. كما بين Hammerschmidt (2001) وجود ارتباط إيجابي بين زيادة مستوى حمض الساليسليك وزيادة نشاط أنزيم البيروكسيداز وأنزيم الكيتيناز لدى نباتات الخيار. وجد Chittoor وآخرون (1999) و Ebrahim وآخرون (2011) أن زيادة الأنزيمات النباتية ومنها إنزيم البيروكسيداز يمكن أن تترافق مباشرة بالقدرة المتزايدة على حماية الأنسجة جهازياً باللجننة عند مهاجمة النباتات بالممرضات النباتية.

خفّضَ رش نبات الفاصولياء بحمض الساليسيليك عدد البقع الموضعية بنسبة 75% الناتجة عن العدوى بفيروس موزاييك الفصة AMV، وتثبيط تضاعف فيروس موزاييك الفصة AMV بنسبة 99% في نبات اللوبياء Huijsduijnen (Hooft Van *et al.*, 1986).

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

يمكننا أن نستنتج مما سبق أن لحمض الساليسيليك والسكريات الكحولية تأثيراً واضحاً في تأخير ظهور أعراض الإصابة على نباتات البندورة عند العدوى بفيروس موزاييك الخيار، حيث يؤثر مركب SALSICO عند استخدامه

بطريقتي الري والرش بالتركيزين 3 و 6 مل/ ل إلى تحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة وذلك من خلال ازدياد نشاط أنزيم البيروكسيداز وارتفاع مستوى حمض الساليسيليك الحر في جسم النبات وبالتالي تأخير موعد ظهور الأعراض وتخفيض شدة الإصابة المرضية.

التوصيات:

1- استخدام مركب SALSICO بطريقتي الري والرش بالتركيز 6 مل/ ل على نبات البندورة لتحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة ضد فيروس موزاييك الخيار.

02- إجراء دراسات حول تأثير المعاملة بالمخصب سالسيكو في الوقاية من العدوى بفيروس موزاييك الخيار بهدف زيادة الإنتاجية.

3- إجراء دراسات حول دور السكريات الكحولية في تحفيز المقاومة الجهازية المكتسبة.

References:

ابراهيم، محمد. تأثير بعض المخصبات الحيوية والمحفزات الكيميائية في خواص التربة ونمو نبات الفليفلة ومقاومته لفيروس موزاييك الخيار CMV في الزراعة المحمية. أطروحة دكتوراه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، سورية، 2023. 117 صفحة.

[Ibrahim, M. The effect of some biofertilizers and chemical stimulants on soil properties, pepper plant growth, and its resistance to Cucumber mosaic virus (CMV) in protected agriculture. Doctoral thesis, Faculty of Agricultural Engineering, Tishreen University, Syria. 2023, 117 pages].

2- خدام، مازن، مفيد ياسين وسليم يونس راعي. دور حمض الساليسيليك في حث المقاومة الجهازية المكتسبة في صنفي التبغ برلي وفرجينيا إزاء فيروس البطاطا واي في سورية. *مجلة وقاية النبات العربية*، 32: (1)، 2014، 88-91 ص.

[Khaddam, M., Mufid, Y. and Salim Y. R. The role of salicylic acid in inducing acquired systemic resistance in tobacco cultivars Burley and Virginia to potato virus Y in Syria. Arab Journal of Plant Protection, 32: (1), 2014, 88-91].

3- عتيق، عمر، أحمد الأحمد، محمد أبو شعر، محمد موفق بيرق ومصطفى خطيب. 2013. تحريض المقاومة الجهازية المتكسبة في نبات البندورة/ الطماطم إزاء الأمراض التي تحدثها بعض الأنواع من الفطر *Alternaria*. مجلة وقاية النبات العربية، 31(2)،168-176.

[Atiq, O., Ahmed, A., Muhammad, A., Muhammad, M. B. And Mustafa, K. Induction of systemic acquired resistance in tomato plants against diseases caused by some species of the fungus Alternaria. Arab Journal of Plant Protection, 31(2), 2013, 168-176].

4- ABO EL-NASR, M. A., El- DOUGDOUG, Kh. A., EL-KATTAN, M. H. and SALEM, E. A. Induction of salicylic acid in cucumber against ZYMV potyvirus by some nutrient chemicals. Egyptian Journal of Virology, 1, 2005, 301-312.

5- AHMAD, A. Y., MOUSTAFA, T. A., ABO-ELABBAS, F. M. and RASHED, M. A. Efficacy of acquired resistance in controlling potato virus Y. Ph. D. thesis, Plant pathology Department, Faculty of Agriculture, Ain Shams University, Egypt, 2008, 155 pp.

6- AGRIOS, G.N. Plant Pathology, 5th edition. Elsevier, 2005, 922 pp.

7- AL-NUAIMI, S. M. T. The effect of potassium spraying and cultivation method on the growth and yield of two melon hybrids under protected agriculture. Master's thesis, College of Agriculture, University of Anbar, 2013.

8- AL-SAHAF, F. H. Applied plant nutrition. University of Baghdad, Ministry of Higher Education and Scientific Research, 1989, 45–47. pp.
9- AL-SHAMMARI, M. F. M. The role of boron spraying and sugar alcohols (sorbitol and mannitol) in the growth, yield, and seeds of pepper plants. Doctoral thesis, College of Agriculture, University of Baghdad, Republic of Iraq, 2018.
10- AWUCHL, C. G. Sugar alcohols chemistry production, importance of mannitol, sorbitol, and erythritol. International Journal of Advanced Academic Research Sciences, Technology Engineering. 3(2488), 2017, 49–98.
11- BAKKER, P., RAN, L. AND MERCADO-BLANCO, J. Rhizobacterial salicylate production provokes headaches. Plant Soil, 2014, 382:1 https://doi.org/10.1007/s11104-014-2102-0.
12- BALOGUN, O. S. and DAUDU, A. K. Comparative pathogenic responses of some tomato accessions to Cucumber mosaic virus. Research on Crops, 8, 2007, 689-694.
13- BASIM. H. K. Enhancement of Systemic Acquired Resistance in Lycopersicom esculentum L. against Tobacco Mosaic Virus by Salicylic Acid. European Academic Research, 4(1), 2016, 890-899.
14- BEHERA, B.C., MAHADIK, N. AND MOREY, M. Antioxidative and cardiovascular protective activities of metabolite usnic acid and psoromic acid produced by lichen species usnea complanate under submerged fermentation. Pharmaceutical Biology, 50(8) ,2012 ,968-979.
15- BIELSKI, R. L. Taxonomic patterns in the distribution of polyols within the Proteaceae. Aust. J. Bot (53), 2005, 205-217.
16- BOLOURI-MOGHADDAM, M. R. AND VAN DEN ENDE, W. Sweet immunity in the plant circadian regulatory network. J. Exp. Bot. 64, 2013, 1439–1449. doi: 10.1093/jxb/ert046
17- BOLTON, M. D. Primary metabolism and plant defense–fuel for the fire. Mol. Plant Microbe Interact. 22, 2009, 487–497. doi: 10.1094/MPMI-22-5-0487
18- BOLWELL, G. P., BINDSCHEDLER, L. V., BLEE, K. A., BUTT, V.S. AND DAVIES. The apoplastic oxidative burst in response to biotic stress in plants: a three component system. J Exp Bot, 53, 2002, 1367-1376.
19- BRIENS, M., AND LARHER, F. Sorbitol accumulation in Plantaginaceae: Further evidence for a function in stress tolerance. Anal Biochem, 72 ,1983, 248-254.
20- BROWN, PH. AND HU, H. Phloem mobility of boron is species dependent: Evidence for phloem mobility in sorbitol-rich species. Annals of Botany. 77(5) ,1996, 497–506.
21- BRUNT, A., CARBTREE, K., DALLWITZ, M. GIBBS, A. AND WATSON, L. Viruses of plants: descriptions and lists from the VIDE database. CAB. International. Printed and bound in the UK at the University press, Cambridge, 1996, 1484pp.
22- CERKAUSKAS, R. Cucumber mosaic virus (CMV). Published by AVRDC- The World Vegetable Center, P.O. Box 42. Shanhua, Taiwan, 2004,741ROC.
23- CHANDRA, A., ANAND, A. AND DUBEV, A. Effect of salicylic acid on morphological and biochemical attributes in cowpea. Journal of Environmental Biology, 28(2) ,2007, 193-196.
24- CHATURVEDI, R. AND SHAH, J. Salicylic acid in plant disease resistance. In Salicylic acid: A plant hormone. Hayat S and Ahmad A, eds., Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2007, 335-370 PP.
25- CHITTOOR, J. M., LEACH, J. E. AND WHITE, F. F. Induction of peroxidase during defense against pathogens. In: Pathogenesis: Related proteins in plants. S.K. Datta, S. Muthukrishnan (Eds). CRC Press, Boca Raton, FL, 1999, 291 pp.

26- DELAUNOIS, B., FARACE, G., JEANDET, P., CLÊMENT C., BAILLIEUL, F. AND DOREY, S. Elicitors as alternative strategy to pesticides in grapevine? Current knowledge on their mode of action from controlled conditions to vineyard. Environ. Sci. Pollut. Res. Int. 21, 2014, 4837–4846. doi:10.1007/s11356-013-1841-4.
27- EBRAHIM, S., USHA, K. AND BHUPINDER. S. Pathogenesis Related (PR) Proteins in Plant Defense Mechanism. Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances. 2011, 12 pp.
28- EHNESS, R., ECKER, M., GODT, D. E. AND ROITSCH, T. Glucose and stress independently regulate source and sink metabolism and defense mechanisms via signal transduction pathways involving protein phosphorylation. Plant Cell, 9, 1997, 1825–1841. doi:10.1105/tpc.9.10.1825
29- ENYEDI, A. J., YALPANI, N., SILVERMAN, P. AND RASKIN, I. Localization, conjugation and function of salicylic acid in tobacco during the hypersensitive reaction to Tobacco Mosaic Virus. Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 89, 1992, 2480-2484.
30- FRANCKI, R., MOSSOP, D. AND HATTA, T. Cucumber mosaic virus. In: Harrison BD, Mutant AF, editors. CMI/AAB Descriptions of Plant Viruses, vol. 6, 1979, 213 PP
31- FRY, S. C. Cross-linking of matrix polymers in the growing cells of angiospems. Ann Rev Plant Physiol 37, 1986, 165-186.
32- FU, Z. Q. AND DONG, X. Systemic acquired resistance: turning local infection into global defense. Annu Rev Plant Biol, 64, 2013, 839–863.
33- GALLITELLI, D., DI FRANCO, A., VOVLAS, C. AND KAPER, J. M. Infezioni miste del virus del mosaico del cetriolo (CMV) edi potyvirus in colture ortive di Puglia e Basilicata. Informa Fitopatol. 12, 1988, 57–64.
34- GEORGÉ, S., TOURNIAIRE, F., GAUTIER, H., GOUPY, P., ROCK, E. AND CARIS-VEYRAT, C. Changes in the contents of carotenoids, phenolic compounds and vitamin C during technical processing and lyophili sation of red and yellow tomatoes. Food Chemistry, 124, 2011, 1603-1611.
35- GUTIÉRREZ, E. AND GAUDILLÉRE, J. P. Carbon partitioning in source leaves of peach, a sorbitol-synthesizing species, is modified by photosynthetic rate. Physiologia Plantarum. 1997; 100:353–360.
36- HAMMERSCHMIDT, R., M´ETRAUX, J. P. AND VAN LOON, L. C. Inducing resistance: a summary of papers presented at the First International Symposium on Induced Resistance to Plant Diseases, Corfu. European Journal of Plant Pathology, 107, 2001, 1–6.
37- HANSSEN, I. M., LAPIDOT, M. AND THOMMA, B. Emerging Viral Diseases of Tomato Crops. Mol Plant-Microbe Interact 23 (5), 2010, 48-539.
38- HERBERS, K., TAKAHATA, Y., MELZER, M., MOCK, H. P., HAJIREZAEI, M. AND SONNEWALD, U. Regulation of carbohydrate partitioning during the interaction of Potato virus Y with tobacco. Mol. Plant Pathol. 1, 2000, 51–59.doi:10.1046/j.1364-3703.2000.00007.x
39- HONDO, D., HASE, S., KANAYAMA, Y., YOSHIKAWA, N., TAKENAKA, S. AND TAKAHASHI, H. The LeATL6 -associated ubiquitin/proteasome system may contribute to fungal elicitor-activated defense response via the jasmonic acid-dependent signaling pathway in tomato. Molecular Plant-Microbe Interactions, 20, 2007,72-81.
40- HORSFALL, F. G. AND DIMOND, A. E. Interactions of tissue sugar, growth substances, and disease susceptibility. Z. Pflanzenkr. Pflanzenschutz 64, 1957, 415–421.
41- HU, H., PENN, S. G., LEBRILLA, C. B. AND BROWN, PH. Isolation and characterization of soluble boron complexes in higher plants. Plant Physiology. 113(2),1997, 649–655.

42- HUSSAIN, M., NAWAZ, K., MAJEED, A., ILYAS, U., LIN, F., ALI, K. AND NISAR, M. F. Role of exogenous salicylic acid applications for salt tolerance in violet. Sarhad J. Agric. 27, 2011, 151-175.
43- HUI, Y. H. Handbook of frozen foods, New York :Marcel Dekker, 2004, 415 PP.
44- JONES, J. D. G., AND DANGL, J. L. The plant immune system. Nature 444, 2006, 323–329.
45- KAWANO, T. AND MUTO, S. Mechanism of peroxidase actions for salicylic acid induced generation of active oxygen species and an increase in cytosolic calcium in tobacco suspension culture. J Exp Bot 51, 2000, 685-693.
46- KHALIQ, M., NAWAZ, K., HUSSAIN, K., JAVERIA, M., IQBAL, I., ARSHAD, N., AND QURBAN, M. Foliar application of sorbitol is a shotgun approach to alleviate the adverse effects of salinity stress on two varieties of wheat (Triticum aestivum L.). Pak J Bot, 55, 2023, 1243-56.
47- KOCAL, N., SONNEWALD, U. AND SONNEWALD, S. Cell wall-bound invertase limits sucrose export and is involved in symptom development and inhibition of photosynthesis during compatible interaction between tomato and Xanthomonas campestris pv esicatoria. Plant Physiol. 148, 2008, 1523–1536.doi: 10.1104/pp.108.127977
48- LO BIANCO, R., RIEGER, M. AND SUNG, S. J. S. Effect of drought on sorbitol and sucrose metabolism in sinks and sources of peach. Physiologia Plantarum, 108(1), 2000, 71-78.
49- MALAMY, J., CARR, J. P. KLESSIG, D. F. AND RASKIN, I. Salicylic acid a likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Science, 250, 1990, 1002-1004.
50- MASUTA, C., NISHIMURA, M., MORISHITA, H. AND HATYA, T. A. Single amino acid in viral genome- associated protein of potato virus Y correlates with resistance breaking in “virgin a mutant” tobacco. Phytopathology, 89, 1999,118-123.
51- MARIA, J. AND MARTENIZ-MERINO, V. Determination of the salicylic acid concentration in aspirin by forming Fe^{+3} complexes. Exercise I.11 In: A. Monge and C. R. Ganellin (Eds.) Practical Studies for Medicinal Chemistry: An integrated approach for developing countries. IUPAC Publications, 2007. WWW.iupac.org/publications/cd/medicinal-chemistry/.
52- MARSCHNER, H. Response of Sweet Melon to Different Levels of Nitrogen and Potassium Fertigation. Biennial Agricultural Research Report, 35, 2009.
53- MARTELLI, G. P. AND QUACQUARELLI, A. The present status of Tomato and pepper viruses. Acta Horticulturae. (ISHS). 127, 1983, 39-64.
54- MAYERS, C. N., LEE, K. C., MOORE, C. WONG, S. M. AND CARR, J. P. Salicylic acid- induced resistance to Cucumber mosaic virus in Sequash and Arabidopsis thaliana: Contrasting mechanisms of induction and antiviral action. Molecular Plant-Microbe Interactions, 18,2005, 428-434.
55- MURPHY, A. M. AND CARR, J. Salicylic acid has cell-specific effects on Tobacco mosaic virus replication and cell-to-cell movement. Plant Physiology, 128 (2), 2002, 552-563.
56- MURPHY, A. M., GILLILAND, A., YORK, C. J., HYMAN, B. AND CARR, J. P. High-level Expression of alternative oxidase protein sequences enhances the spread of viral vectors in esistant and susceptible plants. J Gen Virol 85, 2004, 3777–3786.
57- MURPHY, J. F., REDDY, M. S., RYU, CH. M., KLOEPPER, J. W. AND LI, R. Rhizobacteria-Mediated Growth Promotion of Tomato Leads to Protection Against Cucumber mosaic virus. Phytopathology, 93, 2003, 1301-1307.
58- NAYLOR, M., MURPHY, A., BERRY, J. AND CARR, J. Salicylic Acid can induce resistance to plant virus movement. Molecular plant - Microbe Interactions, 11, 1998, 860-868.

59- NIE, X. Salicylic acid suppresses Potato virus Y isolate N:O-induced symptoms in tobacco plants. Phytopathology. 96, 2006, 255–263.
60- NONTAJAK, S., VULYASEVI, S., JONGLAEKHA, N. AND SMITAMANA, P. Effect of Mixed Viruses Infection on Symptom Expression in Zucchini (Cucurbita pepo L.). Journal of Agricultural Technology, 10(5), 2014, 1329-1341.
61- PALUKAITIS, P. AND GARCíA-ARENAL, F. Cucumo viruses. Advances in Virus Research. Vol. 62, 2003, 241–323 PP.
62- PASSARDI, F. CASIO, C. PENEL, C. AND DUNAND, C. Peroxidases have more functions than a Swiss army knife. Plant CHK.DL HGFDV. SDH. Cell Rep 24, 2005, 255-265.
63- QUIROGO, M. GUERRERO, C. BOTELLA, M. A. BARCELO, A. AND AMAYA, I. A tomato peroxidase involved in the synthesis of lignin and suberin. Plant Physiol. 12, 2000, 1112-1119.
64- RADWAN, D. M., FAYEZ, K. A. MAHMOUD, S. K. HAMD, A. AND LU, G. Physiological and metabolic changes of cucurbita pepo leaves in response to zucchini yellow mosaic virus (ZYMV) infection and salicylic acid treatments. Plant Pathology and Biochemistry, 45, 2007, 480-489.
65- RAO, A. V. Lycopene, tomatoes, and the prevention of coronary heart disease. Experimental Biology and Medicine, 227, 2002, 908-913.
66- RAO, A. V. and RAO, L. G. Carotenoids and human health. Invited review. Pharma cological Research, 55, 2007, 207-216.
67- ROITSCH, T., BALIBREA, M. E., HOFMANN, M., PROELS, R. AND SINHA, A. K. Extracellular invertase: key metabolic enzyme and PR protein. J. Exp. Bot. 54, 2003, 513–524. doi:10.1093/jxb/erg050
68- ROLLAND, F., BAENA-GONZALEZ, E., AND SHEEN, J. Sugar sensing and signaling in plants: conserved and novel mechanisms. Annu. Rev. Plant Biol. 57, 2006, 675–709. doi: 10.1146/annurev.arplant.57.032905.105441
69- SERENELLA, N., PIZZEGHELLOA, D., MUSCOLOB, A. AND VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry. 34(11), 2002, 1527–1536.
70- SEDGHI, M., BASIRI, H. KH. AND SHARIFI, R. S. Effects of salicylic acid on the antioxidant enzymes activity in sunflower. Annals of West University of Timisoara, Biology series, 16(2), 2013, 67-72.
71- SILKE, W. Boron foliar fertilization: Impacts on absorption and subsequent translocation of foliar applied boron. Ph.D. Dissertation in Agricultural Sciences. Faculty of Agricultural Sciences, University of Hohenheim, Germany; 2011. 93 pp.
72- SINGH, D. P., MOORE, C. A., GILLILAND, A. AND CARR, J. P. Activation of multiple antiviral defense mechanisms by salicylic acid. Molecular Plant Pathology, 5, 2004, 57–63.
73- SHEEN, J., ZHOU, L. AND JANG, J. C. Sugars as signaling molecules. Curr. Opin. Plant Biol. 2, 1999, 410–418. doi:10.1016/S1369-5266(99)00014-X
74- SCHAARSCHMIDT, S., KOPKA, J., LUDWIG-MüLLER, J., AND HAUSE, B. Regulation of arbuscular mycorrhization by apoplastic invertases: enhanced invertase activity in the leaf apoplast affects the symbiotic interaction. Plant J. 51, 2007, 390–405. doi: 10.1111/j.1365-313X.03150.x
75- SUTIC, P. D., FOR, R. E., AND TOSIC, M. T. Hand book of plant virus diseases. CRC prees, 1999, 553pp.

76- TANG, X., RUFFNER, H. P., SCHOLES, J. D. AND ROLFE, S. A. Purification and characterization of soluble invertases from leaves of Arabidopsis thaliana. Planta, 198, 1996, 78–23.doi:10.1007/BF00197581
77- TAIZ, L. AND ZEIGER, E. Plant physiology sinauer associates. Inc., Publisher. Sunderland, Massachussetts, 2006.
78- THALER, J. S., HUMPHREY, P. T. AND WHITEMAN, N. K. Evolution of jasmonate and salicylate signal crosstalk. Trends Plant Sci 17, 2012, 260–270.
79- TONON, R. V., BARONI, A. F. AND HUBINGER, M. D. Mass Transfer Kinetics of smodehydrated Tomato Halves. In: 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering. Rio das Pedras. Anais 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering, 2005.
80- TWAIJ. B. M., TAHA, A. J., BHUIYAN, F. H. AND HASAN, M. N. Effect of saccharides on secondary compounds production from stem derived callus of Datura inoxia. Biotechnology Reports, 33, 2022, 701.
81- VAN LOON, L. C. AND VAN KAMMEN, A. Polyacrylamide disc lectrophoresis of the soluble leaf proteins from Nicotiana tabacum var. 'Samsun' and Samsun NN': II. Changes in protein constitution after infection with Tobacco Mosaic Virus. Virol 40, 1970, 199-211.
82- VAN LOON, L. C. Induced resistance in plants and the role of pathogenesis related proteins. European J. Plant Pathol. 103, 1998, 753-765.
83- VANCE, C. P., KIRK, T. K. AND SHERWOOD, R. T. Lignification as a mechanism of disease resistance. Annual Review of Phytopathology, 18, 1980, 259-288.
84- VERA, P., TORNERO, P. AND CONEJERO, V. Cloning and expression analysis of a viroid-induced peroxidase from tomato plants. Mol Plant Microbe Interact 6, 1993, 790-794.
85- WHITAKER, J. R. AND BERNHARD, R. A. Experiments for an Introduction of Enzymology. The Wibber Press. Davis, California, 1972.
86- WU, T., WANG, Y., ZHENG, Y., FEI, Z. DANDEKAR, A. M., XU, K. AND CHENG, L. Suppressing sorbitol synthesis substantially alters the global expression profile of stress response genes in apple (Malus domestica) leaves. Plant and Cell Physiology, 56(9), 2015, 1748-1761.
87- YALPANI, N., SILVERMAN, P., WILSON, T., KLEIER, D. AND RASKIN, I. Salicylic acid is a systemic signal of pathogenesis related protein in virus infected tobacco. Plant Cell 3, 1991, 809-818.
88- YANG. X., LIANGYI, K. AND TIEN, P. Resistance of tomato infected with cucumber mosaic virus satellite RNA to potato spindle tuber viroid, Annals of Applied Biology, 129(3), 1996, 543-551.
89- YU, H., SHAO, W., XU, G., XIE, N., YANG, X., GAO, D. AND SI, P. Soil amendment with sorbitol and mannitol changes the soil microbial community and its enzymatic activities. Journal of Soils and Sediments, 23(4), 2023, 1857-1876.
90-ZHANG, Z., LI, Q., LI, Z., STASWICK, P., WANG, M., ZHU, Y. AND HE, Z. Dual regulation role of GH3.5 in salicylic acid and auxin during Arabidopsis-Pseudomonas syringae interaction. Plant Physiol. 145, 2009, 450-464.