مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد ٣٩ العدد ٤ (٢٠٢٣): ٢٩-٤٤

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vol. 39 No.3 (2023): 29-44

تأثير محرض المقاومة Benzothiadiazole (BTH) في نمو محصول البندورة وفيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة TYLCV

اوس علي حسن[١]، أحمد محمد مهنا[٢]

[١] الهيئة العامة للتقانة الحيوية- دمشق- سورية. aus.hasan@damascusuniversity.edu.

[٢] قسم وقاية النبات- كلية الزراعة- جامعة دمشق؛ [3]الجامعة السورية الخاصة SPU- سورية.
ahmad62.mouhanna@damascusuniversity.edu

الملخص:

هدف البحث لاختبار فاعلية تراكيز مختلفة من محرّض المقاومة BTH في نمو صنفين مختلفين لنبات البندورة (الصنفين أرجوان ونينار) وتأثيره على الإصابة بفيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة TYLCV. أثبت استخدام BTH عند تركيزي ٥٠ و١٠٠ppm فاعلية في تحفيز مؤشرات النمو لنباتات البندورة السليمة والمعداة بالسلالة TYLCV-IL. كانت الفروق معنوية بين متوسطات مؤشرات نمو النباتات المعاملة بتركيزي BTH ومتوسطات مؤشرات نمو معاملات الشاهد، من حيث طول النبات وقطر الساق وعدد الأزهار والوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري. وتفوقت معنوياً معاملة النباتات السليمة بتركيز ٥٠ppm عند الصنف نينار على مختلف المعاملات عند كلا الصنفين وبمتوسط قيم بلغت (٦٨,١٤، ١٥,٧٢، ١٢,٢٠، ٧٢,٧٤، ٤٠,٦٤) على التوالي لناحية الصفات المذكورة سابقاً.

النمو للنبات. وبالمثل تفوقت معنوياً متوسطات مؤشرات النمو في النباتات المعداة بالسلالة TYLCV-IL والمعاملة بتركيز BTH ٥٠ ppm على معاملات الشاهد المعدى غير المعامل وبمتوسط قيم بلغت (٥٨,٧٢، ١٢,٢٠، ٨,٤٠، ٥٩,١٠، ٢٩,٦٢) على التوالي عند الصنف أرجوانو(٦١,٣٢، ١٤,١٢، ٩,٦، ٦٤,٣٤، ٣٥,٩٢) على التوالي للصفات المذكورة سابقاً عند الصنف نينار. عند دراسة الشدة المرضية في النباتات المعاملة بمحرض المقاومة لوحظ انخفاض الأعراض الظاهرية المميزة للإصابة بفيروس TYLCV عند النباتات المعاملة بـ BTH، وكانت أقل نسبة مئوية للإصابة عند نباتات الصنف نينار المعداة بالفيروس والمعاملة بتركيز ٥٠ ppm لمحرض المقاومة بنسب مئوية (١٠%، ٢٠%، ٣٥%، ٤٠%، ٥٠%) خلال أسابيع التجربة الخمسة على الترتيب. كما ساعد استخدام محرض المقاومة BTH في وصول النبات إلى مقاومة أكثر استدامة لفيروس

تاريخ الايداع: ٢٠٢٢/٤/١١
تاريخ القبول: ٢٠٢٢/٦/٥

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

TYLCV من خلال الزيادة المعنوية لمؤشرات النمو المختلفة، وخفض نسبة الإصابة الفيروسية.

الكلمات المفتاحية: محرّض مقاومة، BTH، البندورة، فيروس TYLCV.

Effect of Benzothiadiazole (BTH) on Growth of Tomato Plants and on *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV)

Aus Ali Hasan[1], Ahmad Mouhammad Mouhanna[2]

[1] National Commission for Biotechnology- Damascus- Syria.
aus.hasan@damascusuniversity.edu.sy
[2] Department of plant protection - Faculty of Agriculture - Damascus University; Syrian Private University (SPU)- Syria.

Abstract:

This research aimed to test the effectiveness of different concentrations of the resistance inducer Benzothiadiazole (BTH) on growth of two tomato varieties (OURJOAN and NEENAR) and protect of *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV). BTH were used at two concentrations 50 and 100 ppm, proved to be effective in promoting the growth indicators of both healthy and infected tomato plants with TYLCV-IL strain. Differences of the average growth indicators were significant for the healthy treatments between the BTH treated plants and the control plants treated with only water in terms of stem diameter, number of flowers, and wet weight of the shoot and root systems. NEENAR variety healthy treated plants with 50 ppm BTH significantly exceeded all other treatments with average values of (68.14, 15.72, 12.20, 72.74, 40,64) respectively for the previously mentioned growth indicators. This indicates the efficiency of using low concentrations of 50 ppm of the BTH in stimulating plant growth. Similarly, plants infected with TYLCV-IL which were treated with the 50 ppm of BTH were significantly superior to positive infected control plants with average values of (58.72, 12.20, 8.40, 59.10, 29.62) respectively for OURJOAN variety and (61.32, 14.12, 9.6, 64.34, 35.92) respectively for NEENAR variety for the previously mentioned growth indicators. By evaluating the disease severity indices TYLCV symptoms decreased in plants treated with BTH, the lowest percentage of infection with TYLCV were for infected plants of NEENAR variety treated with the 50 ppm of BTH with percentage of (10%, 20%, 35%, 40%, 50%) respectively during the five weeks of experience. BTH helped the tomato plants to have more sustainable resistance to TYLCV by significantly increasing of many growth indices, and by reducing the percentage of viral infection.

Keywords: Resistance Inducer, Bth, Tomato, Tylcv.

Received:11/4/2022
Accepted: 5/6/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

المقدمة:

يُعدّ فيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة (TYLCV) *Tomato Yellow Curl Virus* من أهم الفيروسات التي تتبع جنس *Begomovirus*، تنتقل فيروسات هذا الجنس حصرياً بواسطة ذبابة التبغ البيضاء *Bemisia tabaci* بالطريقة الدوارة المثابرة، وظهرت الإصابة للمرة الأولى بهذا الفيروس في فلسطين المحتلة وبلدان منطقة الشرق الأوسط منذ ثلاثينات القرن الماضي، وسُجل منذ ذلك الحين انتشاره العالمي في مختلف المناطق المدارية وشبه المدارية وفي منطقة حوض البحر الأبيض المتوسط (Jones, 2003, 205).

كُشف في الساحل السوري خلال الأعوام ٢٠١٤-٢٠١٦ عن انتشار كل من السلالة المعتدلة TYLCV-Mld والشرسة TYLCV-IL (Hasan and Mouhanna, 2016, 278). بينما لوحظ خلال موسمي الزراعة٢٠١٨-٢٠١٩ ظهور أعراض ظاهرية أكثر حدّةً، مع تشابه عام بالأعراض التي يسببها فيروسTYLCVعلى نباتات البندورة، ما استدعى القيام بمسح حقلي لتحديد الفيروس أو السلالات المختلفة لـ TYLCV، وتبين انتشار كل من سلالة صقلية TYLCSV-Sic والسلالة الإسبانية TYLCSV-ES بشكل محدود في بعض البيوت المحمية في الساحل السوري إضافةً للسلالتين TYLCV-Mld و TYLCV-IL الموصوفتان سابقاً في الساحل السوري (حسن ومهنا، ٢٠٢١، ٥٩؛ حسن ومهنا، ٢٠٢٢-أ، ٧).

نُفّذَتْ العديد من الدراسات للحد من الخسائر التي يسببها هذا الفيروس على نبات البندورة، حيث تُحرّض مقاومة النبات ضد العوامل الممرضة بتطبيق عدد كبير من المحرضات الحيوية وغير الحيوية، تشمل المحرضات غير الحيوية مواد كيميائية تتداخل في مسارات نقل إشارة لتفعيل آليات المقاومة عند النبات التي تؤمن حماية طويلة الأمد وواسعة الطيف تجاه العوامل الممرضة (Li *et al*., 2017, 2 ؛Li *et al*., 2019, 1).

سُجلت العديد من المركبات التي تحرض المقاومة الجهازية المكتسبة Systemic Acquired Resistance (SAR) وتحمي النبات من إصابات مختلفة، ومنها النظائر الوظيفية لحمض الصفصاف Salicylic Acid (SA) مثل Benzo (1,2,3) Thiadiazole-7-carbothioic acid S- methyl ester (BTH) و Acibenzolar–S-Methyl (ASM) وغيرها (Monci *et al*., 2019, 1182).

يعد BTH مماكباً وظيفياً لحمض الصفصاف ويحّرض المقاومة الجهازية المكتسبة على مساره، ما يؤدي لردود فعل قوية عند النبات وبالتالي لتخليق العديد من المركبات أهمها المركبات الفينولية والتي تعزّز من مقاومة النبات، لذا فقد استخدم كعامل محرض للمقاومة في عدد كبير من المحاصيل الحساسة ضد الإصابة بالعوامل الممرضة (Tsai *et al*., 2019, 2؛ Delaney *et al*., 1994, 1247)، إذ يُعَدّ حمض الصفصاف الإشارة الرئيسية التي تنتقل في جميع أجزاء النبات بهدف مقاومة أمراض النبات، يُصنع هذا المركّب في النبات ويؤدي إلى تراكم البروتينات المرتبطة بالعامل الممرض (PRs) Pathogen Related proteins لتحريض المقاومة الجهازية المكتسبة ضد طيف واسع من الممرضات (Gao *et al*., 2015, 1).

سَجّلَ Ascencio-Ibañez وآخرون في عام (٢٠٠٨، ٤٣٧) تفعيل مسار حمض الصفصاف ضمن نبات الأرابيدوبسيس *Arabidopsis thaliana* عند الإصابة بفيروسات تتبع جنس *Begomovirus*، فقد بينت دراسة Total RNA المستخلص من نبات الأرابيدوبسيس المصاب بفيروس تجعد أوراق الملفوف *Cabbage leaf curl virus* (CaLCuV) أن الإصابة بهذا الفيروس تؤدي لردود دفاعية عند النبات عبر مسار حمض الصفصاف، فتصبح أقل حساسية بهذا الفيروس، ما يشير إلى أن مسار إشارة حمض الصفصاف يُضْعِفْ الإصابة بفيروسات الجنس *Begomovirus* (Ascencio-Ibañez*et al*., 2008, 437).

هدف هذا البحث إلى دراسة فعالية محرّض المقاومة Benzothiadiazole (BTH) في وقاية نبات البندورة من فيروس TYLCV، وتحديد فترة الوقاية، إضافةً لدراسة فعاليته بزيادة الإنتاجية وتحسين المواصفات المورفولوجية والبيولوجية لمحصول البندورة.

مواد البحث وطرائقه:

تحضير السلالة الفيروسية مصدر العدوى: أُخذت ٩ عينات نباتية من نباتات بندورة مزروعة ضمن عدة بيوت محمية في الساحل السوري والتي أظهرت أعراض نموذجية للإصابة بفيروسTYLCV والمتمثلة باصفرار الأوراق والتفاف حوافها نحو الأعلى وتقزم القمة النامية، ترافق ذلك مع جمع ٩عينات حشرية من الناقل الحيوي (ذبابة التبغ البيضاء) من النباتات ذاتها التي أُخذت منها العينات الورقية ووضعت ضمن أقفاص بلاستيكية صغيرة نقلت إلى المخبر ورُبيَت على نباتات بندورة سليمة وذلك لإجراء الاختبارات عليها للتأكد من احتوائها على فيروس TYLCV وتحديد السلالات لتستخدم فيما بعد في نقل الإصابة لنباتات سليمة.

فُحِصتْ العينات النباتية والحشرية ضمن مخبر التقانات الحيوية بكلية الزراعة في جامعة دمشق باختبار PCR باستخلاص الـ DNA من العينات النباتية حسب طريقة دوديسيل كبريتات الصوديوم Sodium Dodecyl Sulfate (SDS) الموصوفة من قبل Gilbertson وآخرون (1991, 2845) مع بعض التعديلات المعتمدة من قبل حسن ومهنا (٢٠١٦، ١٧٨) بإضافة بروتيناز K لمحلول الاستخلاص ورفع معدل سرعة التثفيل لترسيب أفضل للـ DNA (SDS: ٥٠ mM، Tris-HCL: ١٠٠ mM (pH= ٨)، EDTA: ٥٠ mM، NaCl: ٥٠٠ mM، β-mercaptoethanol: ١٠ mM، Potassium Acetate: ١٠ mM (pH= ٤,٥)، Proteinase K: ٠,١ mg/ml).

استخلص الـ DNA من ذبابة التبغ البيضاء المجموعة وفق الخطوات الموصى بها من قبل De Barro وDriver (١٩٩٧، ١٥٠) مع إجراء بعض التعديلات (KCl: ٥٠ mM، Tris-HCL: ١٠ mM، EDTA: ١ mM، Triton X-100: ٠,٣٠%، Tween 20: ٠,٣٠%، Proteinase-K: ٦٠ µl/ml) (Mouhanna and Barhoum, 2014, 18).

أُجريَ تفاعل PCR باستخدام مجموعة من البادئات الخاصة بالكشف عن فيروس TYLCV وسلالاته الأكثر انتشاراً في دول الجوار (TYLCV-Mld، TYLCV-IL، TYLCSV-ES، TYLCSV-Sic) (جدول ١) واعتُمِدَتْ السلالة الشرسة TYLCV-IL كمصدر للعدوى الفيروسية كونها تسبب الأعراض الأكثر حدّةً على النباتات المصابة (حسن ومهنا، ٢٠٢٢- ب)، واختيرت بالتالي العينات التي تم التأكد منها فيما إذا كانت مصابة بالسلالة الشرسة TYLCV-IL بمفردها. أنجز تفاعل الـ PCR بحجم كلي ٢٥ µl باستخدام PromegaGoTaq® Green Master Mix 2X، وباستخدام البادئات الموضحة في الجدول (١)، وباستخدام جهاز (UK) Thermocyclertechne Ltd. TC-5000 كالتالي: ٥ دقائق عند حرارة ٩٤°س للفصل الأولي Initial Denaturation. متبوعةً بـ ٤٠ دورة وفق ما يلي (٣٠ ثانية عند حرارة ٩٤°س لفصل سلسلتي الـ DNA DNA Denaturation، ٤٥ ثانية لارتباط البادئة Annealing والتي اختلفت تبعاً للبادئ (جدول ١)، دقيقة واحدة عند حرارة ٧٢°س للاستطالة Extension) ١٠ دقائق عند حرارة ٧٢° س للاستطالة النهائية Final Extension. رُحِّلتْ نواتج تضخيم الـ PCR على هلامة من الأغاروز تركيز ١,٥%.

الجدول(١): تسلسل نكليوتيدات البادئات المستخدمة للكشف عن أهم سلالات فيروس TYLCV

الفيروس	رمز البادئ	التسلسل النكليوتيدي 3'→5'	درجة الارتباط°C	المرجع
TYLCV	TycpV369	ACGCCCGYCTCGAAGGTTCG	٥٣	(Wyatt and Brown, 1996, 1289)
	TycpC1023	GTACAWGCCATATACAATAACAAGGC		
TYLCV-Mld	TYMF	AAGCGCTTCCAAATAAATTG	٤٧	(Al-Abdallat *et al*., 2011, 276)
	TYMR	TACTAATTCTTTAATGATTC		
TYLCV-IL	TYSF	CGTTTATTTAAAATATATGCC	٤٧	(Al-Abdallat *et al*., 2011, 276)
	TYSR	GGAAACTCCAAAATCAATGA		
TYLCSV-ES	TYAlmv2516	TTTTATTTGTTGGTGTTTGTAGTTGAAG	٦٢	(Anfoka *et al.*, 2005, 66)
	TYAlmc115	ATATTGATGGTTTTTTCAAAACTTAGAAG		
TYLCSV-Sic	Sa2267	TGGAAAGTACCCCATTCAAGAACATC	٥٢	(Anfoka *et al.*, 2008, 313)
	RVC427	TGCCTTGGACAATGGGGACAGCAG		

معاملة النباتات:

حُضِّر خليط من تربة ورمل وتوربٍ بنسبة (١:١:١) وعُقِّمَ عند درجة حرارة ١٢٠° س لمدة ٤٠ دقيقة. بعد ذلك، حُضِّرتْ صواني التشتيل الحاوية على التربة المعقمة، وزُرعتْ بذور البندورة (صنف أرجوان Ourjoan الحساس للإصابة بفيروس TYLCV، وصنف نينار Neenar متوسط التحمل لفيروس TYLCV) بمعدل ٥ مكررات لكل معاملة و٥ نباتات لكل مكرر بما فيها الشاهد وذلك تحت ظروف البيت البلاستيكي. نُقِلتْ الشتول بعد ٣٠ يوماً إلى أصص بلاستيكية بقطر ٢٥ سم وارتفاع ٢٤ سم مُحكمة العزل بواسطة أقفاص من قماش شبكي ناعم تحوي الخلطة الترابية ذاتها. عُومِلتْ النباتات بمحرّض المقاومة BTH من شركة Syngenta® عبر سقاية النباتات مرتين الأولى عند نقل الشتول إلى الأصص والثانية بعد ١٥ يوم وذلك بمعدل ٢٠٠ ميلي لتر من محرّض المقاومة المُحضّر بتركيزين: ٥٠ و١٠٠ ppm من المادة الفعالة ٥٠% حيث تم إجراء معاملتين بالتركيزين السابقين مع تطبيق العدوى الفيروسية، إضافةً إلى الشاهد الذي عومل بالماء فقط والشاهد المُعامَل بالـ BTH بتركيز ٥٠ ppm غير معدى بالفيروس، والشاهد المُعامَل بالـ BTH بتركيز ١٠٠ ppm غير معدى بالفيروس عند كلا الصنفين (جدول ٢).

العدوى بالسلالة TYLCV-IL: لإجراء العدوى الفيروسية على النباتات المعاملة بمحرّض المقاومة اختيرت العينات الحشرية التي أثبت اختبار PCR أنها حاملة للسلالة TYLCV-IL فقط، حيث جمعت الحشرات الكاملة لذبابة التبغ البيضاء بشفطها بوساطة جهاز الشفط ثم نُقلت إلى نباتات البندورة السليمة المعاملة بمحرّض المقاومة لنقل العدوى بالفيروس وتركت لمدة جيل واحد، ثم أُجري عليها اختبار PCR باستخدام البادئ TYSF/TYSR كما وُصف سابقاً للتأكد من نجاح العدوى وانتقال الفيروس إلى النباتات السليمة المعاملة بالمحرّض والنباتات الشاهد.

مؤشرات الدراسة:

لدراسة تأثير محرض المقاومة BTH على نمو صنفي البندورة وذلك بوجود وغياب الإصابة الفيروسية اختيرت المؤشرات التالية: متوسط طول النباتات، قطر الساق الرئيسية، الوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري، بينما حُدِّدَتْ الشدة المرضية اعتماداً على المعادلة المقترحة من قبل Yang وآخرون في عام (١٩٩٧، ٥٤٤). لدراسة تأثير العدوى الفيروسية على نباتات البندورة المعاملة إضافة لشاهد معدى بالفيروس بغياب المعاملة بمحرض المقاومة، واستُخدمت لذلك درجات السلم المقترحة من قبل Friedmann وآخرون (١٩٩٨، ١٠٠٥) كمايلي:

٠ =لا توجد أعراض ظاهرية حيث أظهرت كل من النباتات المعداة والسليمة معدل النمو والتطور نفسه.

١ = اصفرار خفيف جداً على حواف الوريقات القمية.

٢ = اصفرار والتفاف خفيف على النهايات الورقية.

٣ = التفاف الأوراق مع أخذ الشكل الكأسي بشكل واضح وامتداد الاصفرار بشكل واسع مع بعض التقزم في النبات (مع بقاء النبات قادراً على التطور).

٤ = اصفرار شديد مع تقزم واضح جداً والتفاف شديد مع أخذ الأوراق الشكل الكاسي الكامل وتوقف النبات عن النمو.

وذلك وفق المعادلة:

$$\text{الشدة المرضية (\%)} = \frac{\text{مجموع (درجة المرض} \times \text{عدد النباتات في كل درجة)}}{\text{(العدد الكلي للنباتات)} \times \text{(أعلى درجة للمرض)}} \times ١٠٠$$

دُرست الشدة المرضية بمراقبة ظهور الأعراض الفيروسية لكل معاملة على حدة بعد عشرة أيام من إجراء العدوى واستمر ذلك لمدة ٣٥ يوماً وبمعدل مرة كل أسبوع، بهدف معرفة بدء تكشف الأعراض وتطورها.

التحليل الإحصائي: شملت التجربة ستة معاملات وفق الجدول (٢)، وأخذت قراءات مؤشرات النمو بحساب متوسط أطوال النباتات وقطر الساق الرئيسية وعدد الأزهار أسبوعياً لمدة ثمانية أسابيع، وفي نهاية التجربة، تم حساب الوزن الرطب لكل من المجموع الخضري والجذري. حُلِّلت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج XLSTAT باختبار one way ANOVA(Kruskal-Wallace)، ومقارنة الفروق بين المتوسطات بحساب أقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية ٥%.

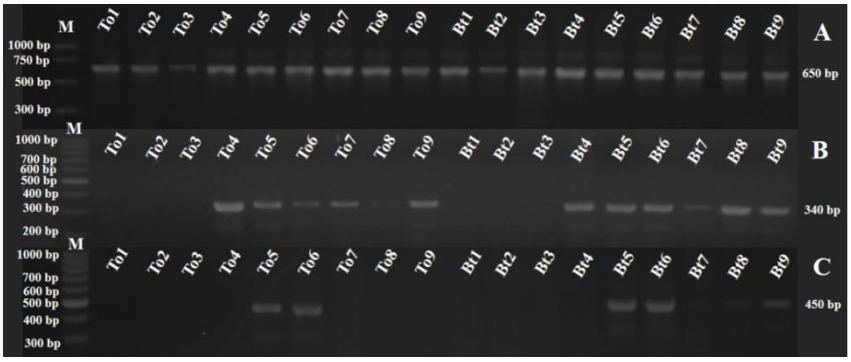
الجدول(٢): المعاملات المستخدمة في التجربة إضافة لمعاملات الشاهد.

م	المعاملة
١	شاهد سليم معامل بالماء
٢	شاهد معدى معامل بالماء
٣	شاهد سليم معامل بـ ٥٠ ppm من BTH
٤	شاهد سليم معامل بـ 100ppm من BTH
٥	معاملة معداة معاملة بـ ٥٠ ppm من BTH
٦	معاملة معداة معاملة بـ 100ppm من BTH

النتائج والمناقشة:

الكشف عن فيروس TYLCV عند العينات النباتية وعينات الذبابة البيضاء باختبار PCR

أظهر الرحلان الكهربائي لمنتجات الـ PCR Generic للكشف عن فيروس TYLCV باستخدام زوج البادئات المتعددة TycpV369/TycpC1023 وجود تفاعل إيجابي بظهور حزمة واحدة بوزن جزيئي ٦٥٠ bp عند العينات النباتية التسعة (To1، To2، To3، To4، To5، To6، To7، To8، To9) وعند العينات الحشرية جميعها (Bt1، Bt2، Bt3، Bt4، Bt5، Bt6، Bt7، Bt8، Bt9) ما يدل على إصابة جميع العينات النباتية والحشرية بالفيروس TYLCV (شكل ١). كما بينت نتائج الرحلان الكهربائي لمنتجات PCR باستخدام زوج البادئات TYSF/TYSR، وجود حزمة واحدة بوزن جزيئي ٣٣٦ bp عند ٦ من أصل ٩ عينات نباتية مختبرة وهي العينات (To4، To5، To6، To7، To8، To9)، وبالمثل أظهرت عينات الذبابة البيضاء المختبرة وجود حزمة عند العينات (Bt4، Bt5، Bt6، Bt7، Bt8، Bt9) فيما لم تتفاعل باقي العينات ولم تعطِ أي حزمة (شكل١). وأكدت نتائج اختبار PCR باستخدام زوج البادئات TYMF/TYMR للكشف عن السلالة الفيروسية TYLCV-Mld وجود تفاعل إيجابي بحزمة واحدة ذات وزن جزيئي ٤٥٠ bp لدى عينتين نباتيتين من أصل ٩ عينات مختبرة وهي العينات (To5، To6)، بينما أظهرت عينات الذبابة البيضاء المختبرة للبادئ ذاته وجود تفاعل إيجابي لدى أربعة من أصل تسعة عينات مختبرة وهي العينات (Bt5، Bt6، Bt8، Bt9) (شكل ١). بينما لم يلاحظ وجود حزم لأي من السلالتين الإسبانية TYLCSV-ES وصقلية TYLCSV-Sic لدى جميع العينات النباتية والحشرية المختبرة وذلك على الرغم من تسجيل وجودهما على نبات البندورة في الساحل السوري (حسن ومهنا، ٢٠٢١، ٥٩؛ حسن ومهنا، ٢٠٢٢-أ، ٧).



الشكل ١. الرحلان الكهربائي لمنتجات تفاعل البلمرة المتسلسل: A- اختبار Generic PCR باستخدام البادئات المتعددة TycpV369/TycpC1023للكشف عن سلالات TYLCV.B- اختبار PCR باستخدام زوج البادئات TYSF/TYSR للكشف عن إصابة العينات بالسلالة الشرسة TYLCV-IL. C- اختبار PCR باستخدام زوج البادئات TYMF/TYMR للكشف عن إصابة العينات بالسلالة المعتدلة TYLCV-Mld.

لذا فقد اختيرت عينتا الذبابة البيضاء Bt4 وBt7 لنقل العدوى الفيروسية لنباتات التجربة كونهما لا تحملان إلا فيروسات السلالة الشرسة TYLCV-IL.

تأثير BTH في تحفيز نمو نبات البندورة:

بينت الدراسة فاعلية مركب BTH في تحسين مؤشرات نمو كل من نباتات البندورة السليمة والمعداة بالسلالة TYLCV-IL عند تركيزي ٥٠ و١٠٠ ppm لدى الصنفين المدروسين (جدول ٣).

كانت الفروق معنوية بين متوسطات مؤشرات نمو النباتات السليمة المعاملة بتركيزي المادة BTH ومتوسطات مؤشرات نمو معاملات الشاهد. من حيث طول النبات وقطر الساق وعدد الأزهار والوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري لدى الصنفين المدروسين، حيث بلغ متوسط قيم هذه الصفات عند النباتات المعاملة بتركيز ٥٠ ppm (٦٥,٩٦، ١٣,٨٤، ١٠,٢، ٦٣,٣٨، ٣٧,١٢) مقارنةً بقيم الشاهد عند نباتات الصنف أرجوان (٥٣,٨٢، ١١,٩٦، ٨,٢٠، ٥٦,٣، ٢٧,٩٦) على التوالي، ومتوسط قيم عند نباتات الصنف نينار المعاملة بتركيز ٥٠ ppm بلغ (٦٨,١٤، ١٥,٧٢، ١٢,٢٠، ٧٢,٧٤، ٤٠,٦٤) مقارنةً بقيم الشاهد (٥٦,٠٢، ١٣,٩٢، ٩,٢، ٦٣,٦٢، ٣٢,٧) على التوالي (جدول ٣)، وبنسبة زيادة في هذه الصفات عند النباتات المعاملة بتركيز ٥٠ ppm كالتالي 22.6%، 15.7%، 24.4%، 12.6% و32.8% عند الصنف أرجوان و٢١,٦%، ١٢,٩%، ٣٢,٦%، ١٤,٣%، ٢٤,٣% عند الصنف نينار (جدول ٤) على التوالي وذلك بالمقارنة مع معاملات الشاهد السليم.

تفوقت معنوياً صفات طول النبات وقطر الساق وعدد الأزهار والوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري عند النباتات المعاملة بتركيز ١٠٠ppm بمتوسط قيم بلغ (٦٢,٠٤، ١٢,٩، ٩,٦، ٦٢,٨، ٣٥,٤٤) (جدول ٣) على التوالي وبنسب زيادة ١٥,٣%، ٧,٩%، ١٧,١%، ١١,٥% و٢٦,٨% (جدول ٤) بالمقارنة مع معاملات الشاهد السليم عند الصنف أرجوان، وبلغ متوسط قيم الصفات المذكورة سابقاً (٦٤,٣٤، ١٥,٤٤، ١٢، ٧٠,٧٤، ٣٩,٥) (جدول ٣) على التوالي وبنسب زيادة بالمقارنة مع الشاهد السليم بلغت ١٤,٩%، ١٠,٩%، ٣٠,٤%، ١١,٢%، ٢٠,٨% (جدول ٤) على التوالي عند الصنف نينار، وبالتالي فقد بلغت نسبة الزيادة عند النباتات السليمة المعاملة بتركيز ٥٠ppm على السليمة المعاملة بتركيز ١٠٠ppm لناحية الصفات المذكورة سابقاً ٦,٣%، ٧,٣%، ٦,٣%، ٠,٩% و٤,٧% عند الصنف أرجوان و٥,٩%، ١,٨%، ١,٧%، ٢,٨%، ٢,٩% عند الصنف نينار (جدول ٤) على التوالي، وهذا يتوافق مع دراسات أخرى أثبتت كفاءة التراكيز المنخفضة ٥٠ppm للنظائر الكيميائية BTH وASM لحمض الصفصاف SA في تحفيز نمو النبات (مهنا، ٢٠١٨، ٢٢٣)، إذ يتجاوز دور النظائر الكيميائية لحمض الصفصاف موضوع تحريض المقاومة ويعدّ من هرمونات النبات الأساسية التي تنظم مناعة النبات، وتزيد من مقاومة النبات لظروف الإجهاد غير الحيوي، وتحفز نمو النبات وتطوره بالإضافة للتأثير على الكائنات الحية الدقيقة في منطقة المحيط الجذري (Koo *et al.*, 2020, 1).

أما بالنسبة للنباتات التي أعديت بالسلالة TYLCV-IL والمعاملة بـ BTH فقد اختبرت بواسطة PCR للتأكد من إصابتها بالسلالة الشرسة وبينت النتائج نجاح عملية العدوى، وقد تفوقت النباتات المعداة المعاملة بتركيزي محرض المقاومة على نباتات الشاهد المعدى غير المعامل بمحرض المقاومة، إذ بلغ متوسط القيم لمؤشرات النمو المدروسة (طول النبات وقطر الساق وعدد الأزهار والوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري) عند النباتات المعداة والمعاملة بتركيز ٥٠ppm (٥٨,٧٢، ١٢,٢، ٨,٤، ٥٩,١، ٢٩,٦٢) مقارنةً بقيم بلغت (٤٦,٦٨، ١٠,٣٦، ٦,٤، ٤٧,٦٦، ٢٤,٤٢) (جدول٣) على التوالي عند الشاهد الإيجابي المعدى غير المعامل بمحرض المقاومة وبنسب زيادة بلغت ٢٥,٩%، ١٧,٨%، ٣١,٣%، ٢٤% و٢١,٣% (جدول ٤) على التوالي عند نباتات الصنف أرجوان، كما تفوقت معنوياً نباتات الصنف نينار المعداة والمعاملة بتركيز ٥٠ ppm على الشاهد المعدى غير المعامل وبقيم بلغت (٦١,٣٢، ١٤,١٢، ٩,٦، ٦٤,٣٤، ٣٥,٩٦) (جدول ٣) ونسبة

زيادة ٢٣,٦%، ١٧,١%، ٢٩,٧%، ٣٥%، ٣٣,٢% على التوالي (جدول ٤)، وتفوقت معنوياً النباتات المعداة والمعاملة بتركيز ١٠٠ppm على نباتات الشاهد المعدى غير المعامل وبمتوسط قيم بلغ (٥٦,١٦، ١١,٩٤، ٨,٨، ٥٨,٧٦، ٣٠,٩٦) (جدول ٣) على التوالي وبنسب ٢٠,٣%، ١٥,٣%، ٣٧,٥%، ٢٣,٣% و٢٦,٨% (جدول ٤) عند الصنف أرجوان، وكذلك الأمر فقد تفوقت معنوياً نباتات الصنف نينار المعداة والمعاملة بتركيز ١٠٠ ppm على نباتات الشاهد غير المعامل وبمتوسط قيم بلغ (٥٩,٤٦، ١٤,٠٤، ٩,٢، ٦٢,١٨، ٣٣,٦٦) (جدول ٣) على التوالي وبنسبة زيادة ١٩,٩%، ١٦,٤%، ٢٤,٣%، ٣٠,٥%، ٢٤,٩% على التوالي (جدول 4)، وتفوقت بشكل غير معنوي النباتات المعداة المعاملة بتركيز ٥٠ppm على المعاملة بتركيز ١٠٠ppm لناحية صفات طول النبات بنسبة ٤,٦% وقطر الساق ٢,٢% ووزن المجموع الخضري ٠,٦%، ولم يكن التفوق معنوياً للنباتات المعداة المعاملة بتركيز ١٠٠ppm على النباتات المعداة المعاملة بتركيز ٥٠ppm في صفتي عدد الأزهار بنسبة زيادة بلغت ٤,٥% ووزن المجموع الجذري بنسبة ٤,٣% عند نباتات الصنف أرجوان، كما تفوقت بشكل غير معنوي عند الصنف نينار النباتات المعداة المعاملة بتركيز ٥٠ppm على المعاملة بتركيز ١٠٠ppm لناحية مؤشرات النمو المدروسة (طول النبات وقطر الساق وعدد الأزهار والوزن الرطب للمجموعين الخضري والجذري) بنسب مئوية بلغت ٣,١%، ٠,٦%، ٤,٣%، ٣,٥%، ٦,٧% على التوالي (جدول4).

الجدول(٣): فاعلية مركب BTH في تحفيز نمو نباتات البندورة صنفي أرجوان ونينار المعداة بالسلالة TYLCV-IL بعد ثمانية أسابيع من المعاملة.

صنف أرجوان					
المعاملات	**طول النبات/سم**	**قطر الساق/مم**	**عدد الأزهار**	**وزن المجموع الخضري/غ**	**وزن المجموع الجذري/غ**
شاهد سليم غير معامل	*53.82^{E}	11.96^{B**}	8.20^{C}	56.30^{C}	27.96^{E}
شاهد معدى غير معامل	46.68^{F}	10.36^{C}	6.40^{D}	47.66^{D}	24.42^{F}
شاهد معامل BTH50	65.96^{A}	13.84^{A}	10.20^{A}	63.38^{A}	37.12^{A}
معاملة BTH50 معدى	58.72^{C}	12.20^{B**}	8.40^{C}	59.10^{B}	29.62^{D}
شاهد معامل BTH100	62.04^{B}	12.90^{AB}	9.60^{AB}	62.80^{A}	35.44^{B}
معاملة BTH100 معدى	56.16^{D}	11.94^{B**}	8.80^{BC}	58.76^{B}	30.96^{C}
LSD 5%	**0.5946**	**1.3494**	**0.8426**	**0.6555**	**0.5395**
صنف نينار					
المعاملات	**طول النبات/سم**	**قطر الساق/مم**	**عدد الأزهار**	**وزن المجموع الخضري/غ**	**وزن المجموع الجذري/غ**
شاهد سليم غير معامل	56.02^{E}	13.92^{B}	9.20^{B}	63.62^{C}	32.70^{D}
شاهد معدى غير معامل	49.60^{F}	12.06^{C}	7.40^{C}	47.66^{E}	26.96^{E}
شاهد معامل BTH50	68.14^{A}	15.72^{A}	12.20^{A}	72.74^{A}	40.64^{A}
معاملة BTH50 معدى	61.32^{C}	14.12^{B}	9.60^{B}	64.34^{C}	35.92^{C}
شاهد معامل BTH100	64.34^{B}	15.44^{A}	12.00^{A}	70.74^{B}	39.50^{B}
معاملة BTH100 معدى	59.46^{D}	14.04^{B}	9.20^{B}	62.18^{D}	33.66^{D}
LSD 5%	**1.3642**	**0.712**	**1.0921**	**1.0745**	**0.966**

* القيم الموجودة في الجدول عبارة عن متوسطات لخمس مكررات.

** القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال ٥%.

BTH = Benzothiadiazole، **BTH50**= تركيز ٥٠٠ ppm من BTH، **BTH100**= تركيز ١٠٠ ppm من BTH

الجدول(٤): النسب المئوية لتغير مؤشرات النمو بين كل من الشواهد السليمة والمعداة بالسلالة TYLCV-IL والمعاملة بتركيزي محرض المقاومة BTH لدى صنفي البندورة أرجوان ونينار

صنف أرجوان						
	%NC,NB5	%NC,NB10	%NB5,NB10	%PC,PB5	%PC,PB10	%PB5,PB10
طول النبات	22.6%	15.3%	6.3%	25.8%	20.3%	4.6%
قطر الساق	15.7%	7.9%	7.3%	17.8%	15.3%	2.2%
عدد الأزهار	24.4%	17.1%	6.3%	31.3%	37.5%	-4.5%
وزن خضري	12.6%	11.5%	0.9%	24.0%	23.3%	0.6%
وزن جذري	32.8%	26.8%	4.7%	21.3%	26.8%	-4.3%
صنف نينار						
	%NC,NB5	%NC,NB10	%NB5,NB10	%PC,PB5	%PC,PB10	%PB5,PB10
طول النبات	21.6%	14.9%	5.9%	23.6%	19.9%	3.1%
قطر الساق	12.9%	10.9%	1.8%	17.1%	16.4%	0.6%
عدد الأزهار	32.6%	30.4%	1.7%	29.7%	24.3%	4.3%
وزن خضري	14.3%	11.2%	2.8%	35.0%	30.5%	3.5%
وزن جذري	24.3%	20.8%	2.9%	33.2%	24.9%	6.7%

NC= شاهد سليم، **NB5**= شاهد سليم معامل بتركيز ٥٠ppm، **NB10**= شاهد سليم معامل بتركيز ١٠٠ppm، **PC**= شاهد معدى بسلالة TYLCV-IL، **PB5**= نباتات معداة معاملة بتركيز ٥٠ppm، **PB10**= نباتات معداة معاملة بتركيز ١٠٠ppm.

بمقارنة متوسطات مؤشرات النمو للنباتات السليمة المعاملة بتركيز ٥٠ ppm لناحية طول النبات وقطر الساق وعدد الأزهار ووزن المجموع الخضري ووزن المجموع الجذري لدى الصنفين المدروسين فقد كانت النسبة أعلى لهذه المتوسطات عند نباتات الصنف نينار بنسب بلغت ٣,٣%، ١٣,٦%، ١٩,٦%، ١٤,٨%، ٩,٥% على التوالي، وبالمثل بلغت هذه النسب عند الصنف نينار مقارنة بالصنف أرجوان ٤,٤%، ١٥,٧%، ١٤,٣%، ٨,٩%، ٢١,٣% على الترتيب عند نباتات البندورة المعاملة بتركيز ٥٠ ppm والمعداة بسلالة الفيروس TYLCV-IL (جدول ٥)

الجدول(٥): النسب المئوية للمقارنة بين صنفي أرجوان ونينار لتغير مؤشرات النمو لنباتات البندورة بين كل من الشواهد السليمة والمعداة بالسلالة TYLCV-IL والمعاملة بتركيزي محرض المقاومة BTH ٥٠ و١٠٠ ppm

	*aNC, **nNC	aNB5, nNB5	aNB10, nNB10	aPC, nPC	aPB5, nPB5	aPB10, nPB10
طول النبات	4.1%	3.3%	3.7%	6.3%	4.4%	5.9%
قطر الساق	16.4%	13.6%	19.7%	16.4%	15.7%	17.6%
عدد الأزهار	12.2%	19.6%	25.0%	15.6%	14.3%	4.5%
وزن خضري	13.0%	14.8%	12.6%	0.0%	8.9%	5.8%
وزن جذري	17.0%	9.5%	11.5%	10.4%	21.3%	8.7%

*a= صنف أرجوان **n= صنف نينار

نتائج دراسة الشدة المرضية لتأثير مادة BTH على الإصابة الفيروسية

بعد عشرة أيام من إجراء العدوى أخذت قراءات الشدة المرضية أسبوعياً واستمرت لخمس أسابيع حيث حسبت الشدة المرضية على نباتات كل معاملة أسبوعياً بناءً على درجات السلم المقترحة من قبل Friedmann وآخرون (١٩٩٨، ١٠٠٥). اختلفت الأعراض الظاهرية على كل نبات من نباتات التجربة وذلك تبعاً لاختلاف تركيزي محرّض المقاومة BTH وكذلك حسب المرحلة الزمنية، حيث تراوحت الأعراض بين اصفرار خفيف على بعض الأوراق والالتفاف إلى التقزم وتوقف النمو وفشل في الإزهار (شكل ٢)، وأظهرت نباتات الصنف نينار قدرةً أعلى على مقاومة الفيروس مقارنةً بنباتات الصنف أرجوان، حيث تأخر ظهور أعراض الإصابة والتي كانت أقل حدة خلال مختلف مراحل التجربة (جدول٦).

الشكل(٢): الأعراض الظاهرية عند بعض نباتات التجربة في الأسبوع الخامس بعد إجراء العدوى الفيروسية

أظهرت نباتات الشاهد السليم (المعامل بالماء فقط) عدم وجود أعراض إصابة في مختلف مراحل الدراسة باستثناء وجود ثلاثة مكررات أظهرت نباتاتها اصفرار خفيف على الأوراق القمية عند الأسبوع الخامس للدراسة حيث بلغت الشدة المرضية ١٥% وذلك عند نباتات الصنف أرجوان، وبالمثل لم تظهر نباتات الشاهد السلبي للصنف نينار أعراض إصابة باستثناء مكرر واحد ظهرت على نباتاته أعراض اصفرار خفيف على الأوراق القمية عند الأسبوعين الرابع والخامس للدراسة حيث بلغت الشدة المرضية ٥% خلال الأسبوعين ما قد يعزى لإجهادات فيزيولوجية. أظهرت نباتات الشاهد الإيجابي (معدى بالفيروس فقط) والنباتات المعاملة بتركيزي محرض المقاومة BTH ٥٠ و١٠٠ ppm أعراض إصابة تراوحت بين اصفرار خفيف على الأوراق القمية بالإضافة لبعض الالتفاف والاصفرار الخفيف على الأوراق الأخرى عند الأسبوع الأول حيث بلغت الشدة المرضية ٥٠%، ١٥%، ٢٥% على التوالي عند نباتات الصنف أرجوان وبدرجة أقل بلغت النسب المئوية ٤٠%، ١٠%، ١٥% على التوالي عند نباتات الصنف نينار. ازدادت شدة الأعراض في الأسبوع الثاني من حيث اصفرار الأوراق والتفافها بشكل أوضح على النباتات لتبلغ الشدة المرضية في نهاية الأسبوع الثاني عند نباتات الشاهد الإيجابي ومعاملتي BTH ٥٠ و١٠٠ ppm ٧٠%، ٢٥% و٣٠% على التوالي عند الصنف أرجوان و٦٠%، ٢٠%، ٣٠% على التوالي عند الصنف نينار. تطورت الأعراض أيضاً حيث بلغت الشدة المرضية في نهاية الأسبوع الثالث عند نباتات الشاهد الإيجابي ومعاملتي BTH ٥٠ و١٠٠ ppm ٨٠%، ٣٥% و٤٥% على التوالي للصنف أرجوان و٧٠%، ٣٥%، ٣٥% للصنف نينار (جدول ٦). ثمّ ازدادت شدة الأعراض بشكل متفاوت على النباتات تبعاً للمعاملات حيث حصل التفاف كبير للأوراق مع اصفرار عام وتقزم وتوقف النمو خاصة عند بعض نباتات الشاهد الإيجابي وبلغت الشدة المرضية في نهاية الأسبوع الرابع عند كل من نباتات الشاهد الإيجابي ومعاملتي BTH ٥٠ و١٠٠ ppm ٩٥%،

٤٥% و٥٥% على التوالي للصنف أرجوان و٩٠%، ٤٠%، ٥٠% للصنف نينار. في نهاية الدراسة وصلت النسبة المئوية للشدة المرضية إلى ١٠٠% عند نباتات الشاهد الإيجابي للصنف أرجوان وبنسبة أقل وصلت ٩٥% للصنف نينار، في حين كانت الأعراض الأقل شدة عند النباتات المعاملة بتركيز ٥٠ ppm من محرض المقاومة BTH حيث بلغت الشدة المرضية ٥٥% للصنف أرجوان و٥٠% للصنف نينار، أما عند التركيز ١٠٠ ppm من محرض المقاومة BTH فقد بلغت الشدة المرضية في نهاية الأسبوع الخامس ٦٠% للصنف أرجوان و٥٥% للصنف نينار، أي أن النسبة المئوية للإصابة بفيروس TYLCV قد انخفضت بمقدار ٤٥% و٤٠% للصنف أرجوان و٤٧,٣٧%، ٤٢,١% للصنف نينار على التوالي عند النباتات المعاملة بتركيز ٥٠ و١٠٠ ppm مقارنة بالشاهد الإيجابي غير المعامل (جدول ٦).

يبقى الدور الذي تلعبه محرضات المقاومة في مقاومة النبات لفيروس TYLCV غير واضح تماماً، إذ درس Li وآخرون (٢٠١٩، ١) إمكانية تحفيز مقاومة نبات البندورة للإصابة بفيروس TYLCV من خلال تطبيق الرش الخارجي لمحرضات المقاومة على النباتات المعاملة، وقد وُجِدَ على أن استخدام المماكبات الوظيفية لحمض الصفصاف مثل BTH أدى لإنتاج وتراكم حمض الأسكوربيك Ascorbic Acid (AsA)، ولوحظ نشاط لعدد من أنزيمات تنظيم مستويات أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS)، ونشاط للمورثات المرتبطة بالإجهاد، وجميعها ردود فعل دفاعية نباتية ضد الإجهادات الحيوية وغير الحيوية.

وعلى الرغم من انتشار عدد كبير من أصناف البندورة التجارية المقاومة للفيروس (Lapidot *et al*., 2014, 26)، يبقى الوصول إلى مكافحة فعّالة لهذا الفيروس يمثّل تحدياً خصوصاً بالنسبة لبعض أصناف بندورة المائدة القيّمة والحساسة للإصابة الفيروسية (Monci *et al*., 2019, 1181)، وبالتالي فإن تكامل استراتيجيات المكافحة كاستخدام محرض المقاومة BTH مع برامج المكافحة يُساعد على وصول النبات إلى مقاومة أشد استدامة لفيروس TYLCV من خلال الزيادة المعنوية لمؤشرات النمو المختلفة، وخفض نسبة الإصابة الفيروسية.

الجدول(٦): النسبة المئوية للشدة المرضية على نباتات التجربة خلال فترة الدراسة.

صنف أرجوان					
رمز المعاملة	% للشدة المرضية الأسبوع الأول	% للشدة المرضية الأسبوع الثاني	% للشدة المرضية الأسبوع الثالث	% للشدة المرضية الأسبوع الرابع	% للشدة المرضية الأسبوع الخامس
NC	٠	٠	٠	٠	١٥
PC	٥٠	٧٠	٨٠	٩٥	١٠٠
PB5	١٥	٢٥	٣٥	٤٥	٥٥
PB10	٢٥	٣٠	٤٥	٥٥	٦٠
صنف نينار					
رمز المعاملة	% للشدة المرضية الأسبوع الأول	% للشدة المرضية الأسبوع الثاني	% للشدة المرضية الأسبوع الثالث	% للشدة المرضية الأسبوع الرابع	% للشدة المرضية الأسبوع الخامس
NC	٠	٠	٠	٥	٥
PC	٤٠	٦٠	٧٠	٩٠	٩٥
PB5	١٠	٢٠	٣٥	٤٠	٥٠
PB10	١٥	٣٠	٣٥	٥٠	٥٥

NC= شاهد سليم، **PC**= شاهد معدى بسلالة TYLCV-IL، **PB5**= نباتات معداة معاملة بتركيز ٥٠ppm، **PB10**= نباتات معداة معاملة بتركيز ١٠٠ppm.

الاستنتاجات:

١. أثبت استخدام محرض المقاومة BTHعند تركيزي ٥٠ و١٠٠ ppm لدى الصنفين أرجوان ونينار فاعلية في تحفيز مؤشرات نمو نباتات البندورة السليمة والمعداة بالسلالة TYLCV-IL.

٢. انخفضت الشدة المرضية للإصابة بفيروس TYLCV عند النباتات المعاملة بتركيزي محرض المقاومة مقارنةً بالنبات الشاهد.

٣. تفوقت المعاملات بتركيز ٥٠ppm على المعاملات بتركيز ١٠٠ppm في تحفيز مؤشرات النمو وفي خفض مؤشر الشدة المرضية للإصابة بفيروس TYLCV.

٤. يحتاج فهم آلية تأثير محرض المقاومة BTH في تحفيز مؤشرات النمو ومقاومة الإصابة الفيروسية للمزيد من الدراسة على المستويين الجزيئي والفيزيولوجي الخلوي.

التمويل : هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

المراجع References:

١. حسن، اوس علي ومهنا، أحمد محمد. (٢٠٢١). التحري عن سلالة صقلية لفيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة TYLCSV-Sic على نبات البندورة ضمن البيوت المحمية في الساحل السوري. مجلة جامعة حماة. مج: ٤. عدد: ١٤. ص: ٥٩- ٦٨. حماة: سورية. جامعة حماة.

٢. حسن، اوس علي ومهنا، أحمد محمد. (٢٠٢٢- أ). التحري عن السلالة الإسبانية لفيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة TYLCSV-ES المنتشرة ضمن البيوت المحمية في الساحل السوري. مجلة وقاية النبات العربية.مج: ٤٠. عدد: ١. ص: ٧-١٤. بيروت: لبنان. الجمعية العربية لوقاية النبات.https://doi.org/10.22268/AJPP-40.1.007014

٣. حسن، اوس علي ومهنا، أحمد محمد (٢٠١٦). تقييم عدة طرائق لاستخلاص الـ DNA من نبات الفليفلة *Capsicum annuum* L. للكشف عن فيروسات تابعة لجنس *Begomovirus*. مجلة جامعة البعث، مج: ٣٨. عدد: ١٢. ص: ١٦٩-١٩٦. حمص: سورية. جامعة البعث.

٤. حسن، اوس علي ومهنا، أحمد محمد. (٢٠٢٢- ب). تحديد كفاءة استخدام التطعيم بالورقة الواحدة في نقل فيروس تجعد الأوراق الأصفر على البندورة. مجلة جامعة دمشق. قيد النشر.

٥. مهنا، أحمد محمد (٢٠١٨). تقويم أولي لفعالية محرض المقاومة Acibenzolar-S-Methyl (ASM) في تحفيز استجابات الدفاع والنمو عند نباتي البندورة/الطماطم والباذنجان تجاه الإصابة بنيماتودا تعقد الجذور *Meloidogyne incognita*. مجلة وقاية النبات العربية، مج: ٣٦. عدد: ٣. ص: ٢٢٣-٢٣٠. بيروت: لبنان. الجمعية العربية لوقاية النبات.

6. Jones, D. R. (2003). Plant viruses transmitted by whiteflies. *European Journal of Plant Pathology*.109, 195-219.https://doi.org/10.1023/A:1022846630513

7. Hasan, A. A.& Mohanna, A. M. (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(11), 278-286.

8. Li, T., Huang, Y., Xu, Z. Wang, F., & Xiong, A. (2019). Salicylic acid-induced differential resistance to the *Tomato yellow leaf curl virus* among resistant and susceptible tomato cultivars. *BMC Plant Biology*. 19, 173. https://doi.org/10.1186/s12870-019-1784-0

9. Li, Y., Qin, L., Zhao, J., Muhammad, T., Cao, H., Li, H., Zhang, Y.& Liang, Y. (2017). SlMAPK3 enhances tolerance to *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) by regulating salicylic acid and jasmonic acid signaling in tomato (*Solanum lycopersicum*). *PLoS ONE*. 12(2), e0172466. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172466

10. Monci, F., García-Andrés, S., Sánchez-Campos, S., Fernández-Muñoz, R., Díaz-Pendón, J. A. & Moriones, E. (2019). Use of Systemic Acquired Resistance and Whitefly Optical Barriers to Reduce Tomato Yellow Leaf Curl Disease Damage to Tomato Crops. *Plant Disease*. 103(6), 1181. DOI: 10.1094/PDIS-06-18-1069-RE

11. Tsai, W. A., Weng, S. H., Chen, M. C., Lin, J. S., & Tsai, W. S. (2019). Priming of Plant Resistance to Heat Stress and *Tomato Yellow Leaf Curl Thailand Virus* with Plant-Derived Materials. *Frontiers in Plant Science*. 10:906. https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00906

12. Delaney, T.P., Uknes, S., Vernooij, B., Friedrich, L., Weymann, K., Negrotto, D., Gaffney, T., Gut-Rella, M., Kessmann, H., Ward, E., &Ryals, J. (1994). A central role of salicylic acid in plant disease resistance. *Science*. 266,1247–1250. DOI: 10.1126/science.266.5188.1247

13. Gao, Q. M., Zhu, S., Kachroo, P., & Kachroo, A. (2015). Signal regulators of systemic acquired resistance. *Frontiers in plant science*. 6, 228. https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00228

14. Ascencio-Ibanez, J. T., Sozzani, R., Lee, T. J., Chu, T. M., Wolfinger, R. D., Cella, R. & Hanley-Bowdoin, L. (2008).Global analysis of Arabidopsis gene expression uncovers a complex array of changes impacting pathogen response and cell cycle during geminivirus infection. *Plant Physiology*. 148, 436-454.https://doi.org/10.1104/pp.108.121038

15. Gilbertson, R., Rojas, M., Russell, D.& Maxwell, D. (1991). Use of the asymmetric polymerase chain reaction and DNA sequencing to determine genetic variability of Bean golden mosaic Geminivirus in the Dominican Republic. *TheJournal of general virology*. 72, 2843-2848.https://doi.org/10.1099/0022-1317-72-11-2843

16. De Barro, P. J. & Driver, F. (1997). Use of RAPD to distinguish the B biotype from other biotypes of *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae). *Australian journal of entomology*. 36, 149-152.http://dx.doi.org/10.1111/j.1440-6055.1997.tb01447.x

17. Mouhanna. A. M. & Barhoum H. S. (2014). Detection of some genetic diversity between populations of *Bemisia tabaci* Genn. occurred on Tomato and Eggplant grown in greenhouses and fields of Syrian coast. *Arab Journal of Plant Protection*. 32(1).

18. Wyatt, S. D., & Brown, J. K. (1996). Detection of subgroup III geminivirus isolates in leaf extracts by degenerate primers and polymerase chain reaction. *Phytopathology*. 86, 1288-1293.https://doi.org/10.1094/Phyto-86-1288

19. Al-Abdallat, A., Al-Debei, H., Akash, M., Misbeh, S. & Kvarnheden, A. (2011). Complete Nucleotide Sequences and Construction of Infectious Clones of Two Jordanian Isolates of *Tomato Yellow Leaf Curl Virus*.*Jordan Journal of Agricultural Sciences*. 7(2), 273-283.

20. Anfoka, G. H., Abhary, M., & Nakhla, M. K. (2005). Molecular Identification of Species of the Tomato Yellow Leaf Curl Virus Complex in Jordan. *Journal of Plant Pathology*. 87, 65-70.https://dx.doi.org/10.4454/jpp.v87i1.898

21. Anfoka, G., Abhary, M., &Haj Ahmad, F. (2008). Survey of tomato yellow leaf curl disease-associated viruses in the Eastern Mediterranean Basin. *Journal of Plant Pathology*. 90, 311–320.https://dx.doi.org/10.4454/jpp.v90i2.667

22. Yang, X., Kang, L. & Tien, P. (1997). Resistance of tomato infected with cucumber mosaic virus satellite RNA to potato spindle tuber viroid. *Annals of Applied Biology*. 130, 207-215. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.1997.tb05795.x

23. Friedmann, M., M. Lapidot, S. Cohen &Pilowsky. M.(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

24. Koo, Y. M., Heo, A. Y., & Choi, H. W. (2020). Salicylic Acid as a Safe Plant Protector and Growth Regulator. *The plant pathology journal*. 36(1), 1–10. https://doi.org/10.5423/PPJ.RW.12.2019.0295

25. Lapidot, M., Legg, J. P., Wintermantel, W. M., &Polston, J. E. (2014). Management of whitefly-transmitted viruses in open-field production. systems.*Advances in virus research*. 90, 147-206. 10.1016/B978-0-12-801246-8.00003-2