

تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة في نبات البندورة/الطماطم إزاء الأمراض التي تحدثها بعض الأنواع من الفطر *Alternaria*

عمر عتيق¹، أحمد الأحمد²، محمد أبو شعر²، محمد موفق يبرق¹ ومصطفى خطيب¹

(1) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز البحوث العلمية الزراعية بحلب، حلب، سورية، البريد الإلكتروني: omaratik5@gmail.com

(2) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية

المخلص

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

يعد مرض اللفحة المبكرة (*Alternaria solani*) من أهم الأمراض الفطرية التي تصيب محصول البندورة/الطماطم وأكثرها انتشاراً في العالم وفي سورية. سجل مرض تبقع الأوراق الألترناري (*Alternaria alternata*) في مناطق مختلفة من العالم، وسجل مؤخراً في سورية كمرض اقتصادي على البندورة. هدف البحث إلى دراسة فاعلية بعض المواد الكيميائية المساعدة في تحريض المقاومة الجهازية لنباتات البندورة وطرائق استخدامها الأمثل لخفض الإصابة بالمرض. أُختبر التأثير المباشر لأربعة تراكيز مختلفة من ثلاث مواد محرضة للمقاومة الجهازية (SA، Bion، BABA) في النمو القطري لميسيليوم كلا الفطرين *A. solani* و *A. alternata* تحت ظروف المختبر. نفذت تجارب تحريض المقاومة على نباتات من صنف البندورة (باكمور) باستخدام المواد آنفة الذكر بتراكيزها المختلفة، كما استخدمت طريقتان لمعاملة نباتات البندورة بهذه المواد وهي رش كامل المجموع الخضري مباشرة بمعدل 10 مل من محلول المادة/نبات، وري الجذور بمعدل 30 مل/نبات، وتمت معاملة النباتات بالمواد المحرضة في ثلاثة مواعيد (3 أو 5 أو 7 أيام قبل العدوى بالمرض)، ثم قُوم رد الفعل بعد 10 أيام من الإعداء بالفطرين باستخدام سلم تقييس 1-5. أظهرت النتائج أن أفضل مقاومة تحققت عند ري النباتات قبل 3 أيام من الإعداء بمحلول من حمض الساليسيليك (0.4 ميلي مولر)، إذ أدت تلك المعاملة إلى خفض شدة الإصابة باللفحة المبكرة إلى 1.4 و إلى 1.3 بمرض تبقع الأوراق. أما استخدام Bion رياً بمحلول 0.4 ميلي مولر قبل 5 أيام من الإعداء فأدى إلى خفض شدة الإصابة بكلتا المرضين إلى 1.1 و 1.3، على التوالي، أما استخدامه رشاً فأدى إلى انخفاض الشدة بكلتا المرضين إلى 1.8 و 1.5، على التوالي. كما أن ري النباتات بمحلول 0.6 ميلي مولر من مركب BABA قبل 5 أو 3 أيام من الإعداء أعطى شدة إصابة بالمرض الأول 1.4، والثاني 1.5 فقط، مقارنة مع 3.5 و 3.4 عند الشاهد.

كلمات مفتاحية: البندورة/الطماطم، اللفحة المبكرة، التبقع الألترناري، المقاومة الجهازية المكتسبة، *Alternaria*.

المقدمة

العديد من الأعمال انتشار مرض اللفحة المبكرة (*Alternaria solani* sorauer (Ellis & Martin)) على البندورة في معظم مناطق العالم (10، 23، 29)، بينما لم يسجل الفطر Keissler *Alternaria alternata* كسبب لمرض تبقع ولفحة أوراق البندورة سوى في بعض المناطق، منها الهند والباكستان (5). أما في سورية، فلم تسجل إصابات بمرض اللفحة المبكرة سوى في دقيقتين فقط، كما سجل الفطر *Alternaria alternata* لأول مرة كسبب لمرض تبقع ولفحة أوراق البندورة بنسب وشدة إصابة متباينتين معنوياً في جميع الحقول المكشوفة المدروسة (3).

يعتمد برنامج الإدارة المتكاملة لمرض اللفحة المبكرة والتبقع الألترناري على البندورة بشكل أساسي على إجراء بعض عمليات الخدمة الزراعية، واستخدام المبيدات الكيميائية والأصناف المقاومة (6)، (8، 13، 14، 20). كما تعتبر المقاومة الجهازية المكتسبة أحد مكونات

تحمل البندورة/الطماطم (*Lycopersicon esculentum* Mill) مركزاً مهماً بين محاصيل الخضار في جميع أنحاء العالم، وذلك لما تتمتع به من قيمة غذائية عالية، إذ تحتوي على مواد سكرية بنسبة 4%، كما تعتبر من أغنى الخضار بفيتامين الريبوفلافين (B2) (2). وقد ازدادت المساحة المزروعة بالبندورة في سورية خلال السنوات الأخيرة نظراً لاستخداماتها الكبيرة والطلب المتزايد عليها. وبلغت المساحة الكلية المزروعة في عام 2010 حوالي 18500 هكتاراً، قدر إنتاجها بحوالي 1156300 طنناً و غلة 62502 كغ/هكتار (4).

تصاب البندورة بالعديد من الآفات المرضية التي تؤثر في كمية الإنتاج ونوعيته، وتعتبر أمراض تبقع ولفحات الأوراق من أهم الأمراض الفطرية التي تصيب هذا المحصول (2، 30). سجّلت

هذا البرنامج (7، 9، 11)، والتي تعرّف بأنها نظام مُستحثّ للمقاومة، يعبر عنها في النبات حتى بغياب مورثات المقاومة ضد الكائن الممرض. وعندما تُستحث أنسجة النبات بوساطة الكائنات الممرضة أو باستخدام محرضات كيميائية، تتولد فيها إشارة تنتقل إلى كل أنسجة النبات حيث تتولد فيها مقاومة إزاء الكائن المهاجم. ويعتبر حمض الساليسيليك ممراً أساسياً في نقل تلك الإشارة الجهازية المكتسبة (18، 22، 26، 29).

نظراً للمخاطر البيئية والصحية الناجمة عن استخدام المبيدات الكيميائية، وعزوف المستهلكين عن الثمار المعاملة بها، بالإضافة لعدم توافر أصناف بندورة تجارية ذات مستوى عالٍ أو كافٍ من المقاومة لهذين الفطرين، ورغبة من المنتج السوري في الحصول على طرائق أكثر اقتصادية تستجيب لنداء البيئة، وهي في آن معاً موثوقة في مقاومة الأمراض، هدفت هذه الدراسة إلى اختبار دور العديد من المواد الكيميائية (الأمنة بيئياً وصحياً) وتحديد تراكيزها المناسبة وطرائق استخدامها الفضلى لتحريض المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR) في نبات البندورة إزاء مرضي اللبحة المبكرة وتبغ الأوراق الألترناري.

مواد البحث وطرائقه

اختبار التأثير المباشر لبعض المواد المحرّضة للمقاومة في النمو الفطري لميسيليوم الفطرين *Alternaria solani* و *A. alternata*. أُختبر التأثير المباشر لثلاث مواد محرّضة للمقاومة الجهازية في النمو الفطري لميسيليوم كلا الفطرين *Alternaria solani* و *A. alternata* تحت ظروف المختبر. استخدمت 4 تراكيز (0.1، 0.2، 0.4، 0.6، 0.6 ميلي مولر) من مادة ذات أصل عضوي طبيعي، وهي حمض الساليسيليك (SA) Salicylic acid، ومادتين ذواتا أصل عضوي مركب، وهما بيتا-أمينو بيوتريك أسيد (BABA) amino biutyric و β -acid ومركب البنزوثياديازول benzothiadiazole (BTH) أو (Bion).

أضيفت التراكيز المختبرة من المواد الثلاث إلى المستنبت المغذي المعقم (PDA) قبل تصلبه بعد تمريرها عبر فلتر معقم (0.02 ميكرون). صببت 25 مل من مستنبت PDA الذي يحوي المادة المستخدمة في أطباق بتري (9 سم)، ثم بعد تصلبها، زرع في مركز الطبق قرص من ميسيليوم الفطر بقطر (0.5 سم). لقت الأطباق بالفطر في ثلاثة مكررات بواقع ثلاثة أطباق لكل مكرر، كما لقت أطباق بدون إضافات كشواهد. حضنت الأطباق عند 1 ± 23 °س و 16 ساعة إضاءة / 8 ساعات ظلام. أخذت قراءات أقطار المستعمرات (سم) كل يومين حتى اليوم التاسع من التلقيح. حسبت

النسبة المئوية لتثبيط النمو الفطري لكلا الفطرين حسب معادلة هندرسون وتلتون في السمية (15): (التثبيط % = قطر المستعمرة في الشاهد (سم) - قطر المستعمرة في المعاملة (سم) / قطر المستعمرة في معاملة الشاهد (سم) $\times 100$). واعتبر أن المادة المضافة ليس لها أي تأثير تثبيطي لنمو الفطر إذا كانت نسبة التثبيط أقل من 16%.

تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة في نبات البندورة إزاء مرضي اللبحة المبكرة والتبغ الألترناري

استخدمت في الدراسة العزلة L1 من الفطر *Alternaria solani* المعزولة من أوراق بندورة مصابة طبيعياً بمرض اللبحة المبكرة في الدفيئات البلاستيكية من محافظة اللاذقية، حيث زرع الفطر *A. solani* على مستنبت بطاطا-دكستروز-أجار (PDA) ثم حُضِن عند 1 ± 25 °س وإضاءة 16 ساعة : ظلام 8 ساعات لمدة 14 يوماً. قطعت المستعمرة ضمن الطبق باستخدام مشرط معقم إلى أشرطة (عرض 1 سم) ثم نقلت إلى دورق يحتوي 250 مل ماء مقطر معقم. رُج الدورق بشدة لمدة دقيقة ثم ترك لمدة 10 دقائق، وأخذ 1.5 مل من المعلق الميسيليومي ونُشر فوق سطح مستنبت معجون بندورة-كربونات كالسيوم-آجار Tomato Mash Calcium Carbonate (TMCA) Agar (200 مل بندورة بعد إزالة القشرة وطرح العصير، 3 غ كربونات كالسيوم $(CaCO_3)$ ، 15 غ آجار، 800 مل ماء مقطر، $pH=7-7.4$) (3). حضنت الأطباق تحت ظروف إضاءة مستمرة عند 18 °س لمدة أسبوع. ثم أضيف 10 مل ماء معقم (مضافاً إليه Tween 20 (0.01%) لخفض التوتر السطحي وتسهيل انزلاق الأبواغ) إلى كل طبق ومن ثم حُرِّك سطحه برفق باستخدام فرشاة رهيبة حتى تتحرر الأبواغ ضمن السائل، ومرر الناتج عبر طبقتين من الشاش. حُسب تركيز المعلق البوغي باستخدام شريحة العد (Haemocytometer)، وعُدّل التركيز بإضافة الماء المقطر ليصبح 10×15^3 بوغ/مل. بينما استخدمت العزلة A39 من الفطر *A. alternata* المعزولة من أوراق بندورة مصابة طبيعياً بمرض تبغ الأوراق الألترناري جمعت من منطقة السفيرة بمحافظة حلب (3). حضر اللقاح المعدي من مستعمرات نمت على PDA، ثم حضنت الأطباق عند 1 ± 25 °س ونظام إنارة مشابه لما سبق ذكره لمدة أسبوع. حصدت الأبواغ من مستعمرات عمرها 9 أيام بالطريقة ذاتها المستخدمة للفطر *A. solani*، ثم حضر معلق بوغي تركيزه 10×10^5 بوغ/مل.

نفذت تجارب تحريض المقاومة باستخدام صنف البندورة "باكور"، إذ زرعت البذور في مشاتل ضمن صناديق صغيرة ($10 \times 20 \times 30$ سم) تحوي خليطاً معقماً من تربة طينية ورمل وتورب بنسبة 1:1:1 (حجم: حجم: حجم). حضنت الصناديق في غرفة نمو

تأثيرات مثبتة بسيطة (دون 16%) عند جميع التراكيز من المواد Bion و BABA .

ومما سبق نلاحظ أن النسبة المئوية للتثبيط لم تكن مرتفعة (15)، وليس لهذه المواد -بجميع تراكيزها المختبرة - أي تأثير مثبت مباشر في النمو القطري لكلا الفطرين. وذلك يعني أنه يمكن اختبارها كمواد محرّضة للمقاومة الجهازية المكتسبة في نباتات البندورة إزاء كلا الممرضين المدروسين. وهذا يتوافق مع العديد من الدراسات في أن هذه المقاومة تنتج من خلال تحريضها في أنسجة النبات، وليس بالمكافحة المباشرة للكائن الممرض (1، 16، 21).

تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة في البندورة إزاء مرضي اللفحة المبكرة والتبقع الألترناري

أظهرت النتائج تبايناً معنوياً في ردود فعل نباتات البندورة (صنف باكمر) إزاء مرضي اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق الألترناري، وذلك عند معاملتها بتراكيز وطرائق ومواعيد مختلفة من كلٍ من حمض الساليسيليك (SA) ومركب البنزوثياديازول (Bion) و مركب بيتا-أمينو بيوتريك أسيد (BABA) (الجدول 2، 3 و 4). وقد يعزى هذا التباين في ردود الفعل إلى دور هذه المواد في تحريض المقاومة الجهازية في النبات عند استخدامها بالتراكيز والطريقة المناسبين، و يتوافق ذلك مع العديد من الدراسات السابقة (17، 22، 30).

أشارت النتائج إلى تباين تأثير حمض الساليسيليك بمعاملته المختلفة في تحفيز مقاومة النبات وخفض شدة الإصابة بمرض اللفحة المبكرة مقارنة مع الشاهد غير المعامل (جدول 2). إذ سجلت أدنى شدة إصابة (1.4) وثاني أدنى نسبة إصابة (37%) عند ري النباتات قبل 3 أيام من إجراء العدوى الاصطناعية بمحلول من حمض الساليسيليك تركيزه 0.4 ميللي مولر أو 0.6 ميللي مولر. كما أن ري النباتات بهذا الحمض (تركيز 0.1 ميللي مولر) قبل 7 أيام من الإعداء أدى إلى خفض معنوي في نسبة الإصابة وشدها، حيث بلغت 47% و 1.4، على التوالي. أما بالنسبة لطريقة رش المجموع الخضري، فقد لوحظ تفوق معنوي لمعاملة رش النباتات بحمض الساليسيليك (0.6 ميللي مولر) قبل 7 أيام من الإعداء، حيث سجلت نسبة الإصابة الأدنى (30%) وثاني أدنى شدة إصابة (1.5) بمرض اللفحة المبكرة مقارنة مع الشاهد. كما ظهر انخفاض معنوي في نسبة الإصابة (47%) وشدها (1.6) لدى رش النباتات قبل 5 أيام من الإعداء بمحلول 0.4 ميللي مولر من هذا الحمض (جدول 2).

أما بالنسبة لمرض تبقع الأوراق الألترناري، فقد أظهرت النتائج (جدول 2) تفوقاً معنوياً لمعاملة ري النباتات قبل 3 أيام من الإعداء بمحلول من حمض الساليسيليك تركيزه 0.2 ميللي مولر، ثم تلتها

متحكم بها في مختبر أمراض النبات في مركز البحوث العلمية الزراعية بحلب عند 1 ± 24 °س، ونظام إنارة 16 ساعة إضاءة/8 ساعات ظلام. نقلت الشتول بعد 30 يوماً من الزراعة إلى كؤوس بلاستيكية صغيرة (قطر 7 سم) مملوءة بالخلطة الترابية ذاتها بمعدل بادرة/كأس، ووضعت في أحواض بلاستيكية تحتوي على الماء حتى تشربت كفايتها، ثم نقلت إلى غرف النمو وحضنت تحت الشروط ذاتها وروبت عند الحاجة، واستخدمت النباتات بعمر 8 أسابيع. استخدم لكل تركيز ضمن كل مادة 10 أصص (نبات/أصيص) بواقع ثلاثة مكررات. واستخدمت طريقتان لمعاملة نباتات البندورة بهذه المواد، وهي رش كامل المجموع الخضري مباشرة بمعدل 10 مل مادة/نبات، وري الجذور بمعدل 30 مل مادة/نبات، في حين تم رش وسقاية نباتات الشاهد بالماء.

عوملت النباتات بالمواد المختلفة في ثلاثة مواعيد: 3، 5، 7 أيام قبل إجراء العدوى الاصطناعية. وضعت النباتات في غرف زجاجية رطبة في الظلام عند 1 ± 23 °س لمدة 48 ساعة قبل إجراء العدوى الاصطناعية التي طبقت برش المعلق البوغي لكل فطر على حدة باستخدام مرش يدوي على النباتات بمعدل 10 مل/نبات. أعيد تغطية الحجره بإحكام لتحقيق رطوبة نسبية عالية ضرورية لنجاح عملية العدوى، وتركت في الظلام عند درجة الحرارة ذاتها لمدة 24 ساعة. حضنت النباتات بعد ذلك تحت الشروط ذاتها من إنارة وحرارة، ثم أزيل الغطاء البلاستيكي عن الحجره بشكل تدريجي خلال أربعة أيام، ومن ثم تركت النباتات المعدة لمدة أسبوع. قوم رد الفعل بعد 10 أيام من الإعداء بالفطرين، وذلك باستخدام سلم تقييس خماسي (1-5) تم إعداده من قبلنا حيث 1: عالي المقاومة (منيع)، 1.1-2: مقاوم، 2.1-3: متوسط المقاومة/متوسط القابلية للإصابة، 3.1-4: قابل للإصابة، 4.1-5: عالي القابلية للإصابة.

حللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج Genstat 7 وجدول تحليل التباين ANOVA وأقل فرق معنوي LSD عند مستوى احتمال 0.05.

النتائج والمناقشة

اختبار التأثير المباشر للمواد المحرّضة للمقاومة في النمو القطري للفطرين المدروسين

تشير النتائج (جدول 1) إلى أنه في جميع التراكيز المختبرة من حمض الساليسيليك (SA) لم تسبب التراكيز الثلاثة الأولى منه أي تثبيط للنمو القطري لميسيليوم الفطرين *Alternaria solani* و *A. alternata* مقارنة مع الشاهد. بينما أحدث التركيز الرابع (الأعلى) لهذه المادة (0.6 ميللي مولر) نسبة تثبيط 25% للفطر *A. solani*. وظهرت

لنباتات البندورة، أدت إلى زيادة مستوى الحمض الحر داخل النبات إلى 65 ضعفاً بعد 48 ساعة من الإضافة. وكذلك أدت هذه الإضافة إلى التعبير عن مورثات البروتينات المتعلقة بالإمراضية (PR-1B)، وبالتالي خفض 77% من مساحة الورقة المصابة باللفحة المبكرة المتسببة عن الفطر *Alternaria solani* مقارنة مع الشاهد.

سُجّلت النتائج (جدول 3) أدنى نسبة وشدة إصابة بمرض اللفحة المبكرة عند ري النباتات قبل 5 أيام من الإعداء بمحلول (0.4 ميللي مولر) من مركب البنزوثياديازول (Bion)، حيث بلغت 33% و 1.1، على التوالي. تلتها معاملة النباتات بالتركيز وطريقة التطبيق ذاتهما ولكن قبل 3 أيام من الإعداء، حيث انخفضت عندها شدة الإصابة إلى 1.3، وبلغت في الشاهد 3.4. بينما لم يلاحظ تفوق معنوي لأي معاملة بطريقة الرش في خفض شدة الإصابة بهذا المرض.

كما يشير الجدول ذاته إلى تحقيق انخفاض معنوي في نسبة الإصابة وشدها بمرض تبقع الأوراق الألترناري عند ري النباتات قبل 5 أيام من الإعداء بمحلول من البيون تركيزه 0.4 أو 0.6 ميللي مولر، حيث انخفضت نسبة الإصابة إلى 33%، وسجلت شدة الإصابة الأدنى (1.3) عند تطبيق هاتين المعاملتين. كما لوحظ تفوق معنوي لمعاملة رش النباتات بمادة البيون (0.4 ميللي مولر) قبل 5 أيام من الإعداء، حيث انخفضت نسبة الإصابة وشدها بهذا المرض إلى 57% و 1.5، في حين بلغت في الشاهد 97% و 3.3، على التوالي.

معاملة ري النباتات في الموعد نفسه ولكن بتركيز 0.6 ميللي مولر، حيث انخفضت شدة الإصابة إلى 1.2 في المعاملة الأولى، وإلى 1.3 في الثانية، في حين بلغت في الشاهد غير المعامل 3.3 (جدول 2). كما تفوقت معاملة رش النباتات قبل 5 أيام من الإعداء بمحلول من حمض الساليسيليك تركيزه 0.4 ميللي مولر، حيث بلغت نسبة الإصابة 43% و شدتها 1.5.

وقد تفسر فعالية حمض الساليسيليك في خفض نسبة الإصابة وشدها بمرض اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق الألترناري بزيادة مستوى حمض الساليسيليك الحر داخل النبات، وتحريض البروتينات المتعلقة بالإمراضية (PRs) بشكل جهازي، وبالتالي تحريض المقاومة الجهازية المكتسبة في أنسجة النبات، ويتفق ذلك مع ما أشارت إليه العديد من الأبحاث والدراسات حول دور التطبيق الخارجي لهذا الحمض في تحريض SAR (19، 31، 32).

كما أشارت النتائج (جدول 2) إلى فعالية طريقة الري بحمض الساليسيليك - مقارنة مع الرش على المجموع الخضري- في تحريض مقاومة نباتات البندورة إزاء كلا الممرضين، وقد يعزى ذلك إلى سهولة امتصاص جذور النبات لهذا الحمض مقارنة مع امتصاصه عن طريق الأوراق وخاصة بوجود أوبار كثيفة على السطح العلوي للورقة، أو قد يعود لاستمرار وجود الحمض في التربة فترة أطول تمكن النبات من امتصاصه بالشكل والكمية المناسبة. أشارت دراسة سابقة (30) إلى أن إضافة 200 ميكرومولر من حمض الساليسيليك إلى المحلول المغذي

جدول 1. التأثير المباشر للمواد المحرصة للمقاومة في النمو القطري لميسيليوم الفطرين *Alternaria solani* و *Alternaria alternata* تحت ظروف المختبر.

Table 1. Direct effect of resistance inducers on mycelium radial growth of both *Alternaria solani* and *Alternaria alternata* in *Vitro*.

تثبيط النمو القطري للفطر % % Inhibition of mycelium radial growth		قطر المستعمرة بعد 9 أيام من العدوى Colony diameter after 9 days of infection		التركيز (ميلي مولر) Concentration (mM)	المواد المحرصة Inducers
<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>	<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>		
1.3 a	0.0 a	7.4	6.4	0.1	SA
2.7 b	1.6 ab	7.3	6.3	0.2	
13.3 e	10.9 de	6.5	5.7	0.4	
17.3 g	25.0 i	6.2	4.8	0.6	
8.0 c	1.6 ab	6.9	6.3	0.1	Bion
8.0 c	3.1 abc	6.9	6.2	0.2	
14.7 ef	9.4 d	6.4	5.8	0.4	
9.3 d	14.1 defg	6.8	5.5	0.6	
8.0 c	9.4 d	6.9	5.8	0.1	BABA
13.3 e	14.1 defg	6.5	5.5	0.2	
13.3 e	15.6 efgh	6.5	5.4	0.4	
13.3 e	12.5 def	6.5	5.6	0.6	
0.0	0.0	7.5	6.4	0.0	شاهد Control
1.234	5.669				LSD at P= 0.05

القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في نفس العمود لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 0.05

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05

جدول 2. متوسط نسبة الإصابة وشدها عند نباتات صنف البندورة (باك مور) عند تحريض مقاومتها الجهازية إزاء مرضي اللفحة المبكرة وتيقع الأوراق الألترناري باستخدام تراكيز وطرائق ومواعيد مختلفة من حمض الساليسيليك (SA).

Table 2. Disease incidence and severity of tomato's (CV. Bakmour) early blight and Alternaria spot diseases, when systemic acquired resistance was induced by different concentrations, methods and times of salicylic acid (SA) application.

متوسط شدة الإصابة (سلم 1-5) Average of disease severity (scale 1-5)		متوسط نسبة الإصابة % Average of disease incidence		موعد المعاملة Application Time	طريقة المعاملة Application Method	التركيز ميلي مولر Concentration mM
<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>	<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>			
3.0 lm	3.1 kl	87 lm	80 ghij	3 dbi *	رش	0.1
3.1 mn	3.0 k	93 lmno	80 ghij	5 dbi	Spraying	
2.3 h	2.0 fg	70 fghij	73 fgh	7 dbi		
2.6 ij	2.1 gh	70 fghij	57 de	3 dbi	ري	
1.5 c	1.8 de	63 efghi	57 de	5 dbi	Irrigation	
2.7 jk	1.4 a	73 hijk	47 bc	7 dbi		
2.0 ef	2.0 fg	60 defgh	73 fgh	3 dbi	رش	0.2
2.5 i	2.6 j	73 hijk	73 fgh	5 dbi	Spraying	
2.3 h	1.7 cd	80 jkl	53 cd	7 dbi		
1.2 a	1.8 de	17 a	47 bc	3 dbi	ري	
1.6 cd	1.6 bc	50 cde	47 bc	5 dbi	Irrigation	
1.9 e	1.9 ef	53 cdef	47 bc	7 dbi		
1.9 e	1.9 ef	57 defg	53 cd	3 dbi	رش	0.4
1.5 c	1.6 bc	43 c	47 bc	5 dbi	Spraying	
1.6 cd	2.0 fg	47 cd	73 fgh	7 dbi		
1.3 ab	1.4 a	23 ab	37 ab	3 dbi	ري	
2.5 i	2.4 i	87 lm	90 jk	5 dbi	Irrigation	
2.9 l	1.6 bc	60 defgh	63 def	7 dbi		
2.5 i	2.4 i	77 jkl	70 efg	3 dbi	رش	0.6
2.1 fg	2.0 fg	73 hijk	77 ghi	5 dbi	Spraying	
3.0 lm	1.5 ab	90 lmn	30 a	7 dbi		
3.1 mn	1.4 a	90 lmn	37 ab	3 dbi	ري	
1.9 e	1.9 ef	70 fghij	77 ghi	5 dbi	Irrigation	
2.1 fg	1.8 de	73 hijk	57 de	7 dbi		
3.3 o	3.2 m	97 mnop	93 kl			شاهد Control
0.17	0.19	13.04	12.04			LSD at P= 0.05

القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 0.05.

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05

* dbi=days before inoculation

* dbi = تمثل عدد الأيام قبل الإعداء الإصطناعي

كما أظهرت النتائج (جدول 4) تفوقاً معنوياً لمعاملة ري نباتات البندورة - قبل 3 أيام من الإعداء - بمحلول 0.6 ميلي مولر من مركب BABA في خفض نسبة الإصابة وشدها بمرض اللفحة المبكرة، حيث انخفضت إلى 27% و 1.4، مقارنة مع الشاهد (100 و 3.5، على التوالي). ثم تلتها بفارق غير معنوي لمعاملة ري النباتات بمحلول 0.4 ميلي مولر من مركب BABA بالتركيز والموعود السابقين ذاتهما، حيث بلغت نسبة الإصابة 33% وشدها 1.5. بينما لم تظهر معاملات الرش الورقي خفضاً معنوياً في شدة الإصابة بهذا المرض، باستثناء معاملة رش النباتات قبل 3 أيام من الإعداء بمحلول (0.6 ميلي مولر) من BABA، حيث كانت نسبة الإصابة 60% وشدها 1.5.

أشارت النتائج إلى تحريض مقاومة جهازية مكتسبة إزاء كلا المرضين عند معاملة النباتات بالبيون (Bion)، وقد يعزى ذلك إلى الطبيعة الجهازية لهذا المركب، وبالتالي انتقاله داخل النبات وتحريض إنتاج البروتينات المتعلقة بالإمراضية (PRs) كالغلوكاناز (PR2) والكيبتيناز (PR3) والتي تسهم في تثبيط الكائن الممرض، ويتوافق ذلك مع ما أشير إليه سابقاً (25، 28). أو قد يعزى إلى تراكم الماء الأوكسجيني (H₂O₂) في الأنسجة المعاملة، وبالتالي تحريض أنزيم البيروكسيداز الذي يلعب دوراً في تقوية جدر الخلايا وزيادة مقاومة الأمراض (16). أشار Ruess وآخرون (24) إلى أن معاملة نبات القمح وقائياً بالمركب (ASM) Acebenzolar-S-methyl بمعدل 30 غ/هكتار تكفي لحماية النبات من الإصابة بالبياض الدقيقي لمدة 10 أسابيع.

جدول 3. متوسط نسبة الإصابة وشدها عند نباتات صنف البندورة (باكمور) عند تحريض مقاومتها الجهازية إزاء مرضي اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق الألترناري باستخدام تراكيز وطرائق ومواعيد مختلفة من البيون (Bion).

Table 3. Disease incidence and severity of tomato's (CV. Bakmour) early blight and Alternaria spot diseases, when systemic acquired resistance was induced by different concentrations, methods and times of Bion application.

متوسط شدة الإصابة (سلم 1-5)		متوسط نسبة الإصابة %		موعد المعاملة	طريقة المعاملة	التركيز ميلي مولر
Average of disease severity (scale 1-5)		Average of disease incidence		Application Time	Application Method	Concentration mM
<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>	<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>			
2.8 jk	2.6 jk	83 ijkl	67 efgh	3 dbi *	رش	0.1
2.0 de	2.3 hi	57 cd	80 hijkl	5 dbi	Spraying	
3.0 klm	3.0 mn	80 hijk	90 klmno	7 dbi		
2.5 hi	3.3 op	73 fgghi	70 efghi	3 dbi	ري	
2.4 gh	2.6 jk	77 ghij	70 efghi	5 dbi	Irrigation	
2.9 kl	2.9 lm	87 jklm	83 hijklm	7 dbi		
2.2 efg	1.9 ef	73 fgghi	77 ghijk	3 dbi	رش	0.2
2.0 de	1.9 ef	63 cdef	63 efg	5 dbi	Spraying	
1.7 bc	1.8 de	53 c	83 hijklm	7 dbi		
3.0 klm	2.1 fgh	70 efgh	57 cde	3 dbi	ري	
2.0 de	1.8 de	53 c	60 ef	5 dbi	Irrigation	
2.1 ef	1.6 cd	73 fgghi	57 cde	7 dbi		
2.1 ef	3.1 mno	70 efgh	87 jklmn	3 dbi	رش	0.4
1.5 ab	1.8 de	57 cd	53 bcd	5 dbi	Spraying	
2.0 de	2.7 jkl	70 efgh	73 efghij	7 dbi		
2.0 de	1.3 ab	37 ab	40 ab	3 dbi	ري	
1.3 a	1.1 a	33 a	30 a	5 dbi	Irrigation	
1.8 cd	1.4 bc	57 cd	47 bc	7 dbi		
3.1 lmn	3.1 mno	83 ijkl	90 klmno	3 dbi	رش	0.6
2.2 efg	2.8 kl	57 cd	60 ef	5 dbi	Spraying	
2.6 hij	2.5 ij	67 defg	67 efgh	7 dbi		
2.5 hi	2.0 efg	60 cde	77 ghijk	3 dbi	ري	
1.3 a	2.1 fgh	33 a	77 ghijk	5 dbi	Irrigation	
1.8 cd	3.1 mno	57 cd	93 klmnop	7 dbi		
3.3 no	3.4 pq	97 mn	100 nopq			شاهد Control
0.27	0.22	12.66	16.61			LSD at P=0.05

القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 0.05.

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05

* dbi=days before inoculation

* dbi = تمثل عدد الأيام قبل الإعداء الإصطناعي

Phytophthora infestans أصبحت مقاومة عند معاملتها بالمركب BABA (تركيز 1 ميلي مولر) قبل يومين من الإعداء (27). نلاحظ مما سبق أن طريقة الاستخدام الأمثل لحمض الساليسيليك في سبيل تحريض مقاومة جهازية مكتسبة في نباتات البندورة إزاء مرضي اللفحة المبكرة وتبقع الأوراق الألترناري، هي ري النباتات قبل 3 أيام من إجراء العدوى الاصطناعية بمحلول من هذا الحمض تركيزه 0.4 ميلي مولر. أما بالنسبة للبيون (Bion) فيعتبر ري النباتات أو رشها بمحلول 0.4 ميلي مولر قبل 5 أيام من الإعداء هو الإجراء الأفضل لتخفيض نسبة الإصابة وشدها إزاء كلا المرضين. بينما تعتبر معاملة ري النباتات بمحلول 0.6 ميلي مولر من مركب BABA قبل 5 أيام من الإعداء ومن ثم تكرارها بعد يومين من المعاملة الأولى هي طريقة الاستخدام الفضلى لهذا المركب لوقاية النبات من الإصابة بكلا المرضين.

بينما انخفضت نسبة الإصابة وشدها بمرض تبقع الأوراق الألترناري بشكل معنوي عند ري النباتات قبل 5 أيام من الإعداء بمحلول من مركب BABA تركيزه 0.4 أو 0.6 ميلي مولر. حيث بلغت نسبة الإصابة في هذه المعاملة 37% و شدتها 1.4، مقارنة مع الشاهد 100% و 3.4، على التوالي. بينما لم تبد معاملات رش المجموع الخضري تخفيضاً معنوياً في شدة إصابة النباتات بهذا المرض باستثناء معاملة النباتات قبل 3 أيام من الإعداء بمحلول 0.2 ميلي مولر من مركب BABA (جدول 4). قد تعزى فعالية مركب BABA في تخفيض شدة الإصابة بكلا المرضين إلى تحريض مورثات المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR genes) بشكل مستقل عن تراكم حمض الساليسيليك (SA) (27، 28)، أو قد تعود لتغيرات في تركيب جدر الخلايا، وبالتالي زيادة مقاومة النبات (12). كما لوحظ أن نباتات البطاطا/البطاطس القابلة للإصابة بمرض اللفحة المتأخرة

جدول 4. متوسط نسبة الإصابة وشدتها عند نباتات صنف البندورة (باك مور) عند تحريض مقاومتها الجهازية إزاء مرضي اللقحة المبكرة وتبقع الأوراق الألترناري باستخدام تراكيز وطرائق ومواعيد مختلفة من مركب بيتا-أمينو بيوتريك أسيد (BABA).

Table 4. Disease incidence and severity of tomato's (CV. Bakmour) early blight and Alternaria spot diseases, when systemic acquired resistance was induced by different concentrations, methods and times of BABA application.

متوسط شدة الإصابة (سلم 5-1)		متوسط نسبة الإصابة %		موعد المعاملة	طريقة المعاملة	التركيز ميلي مولر
Average of disease severity (scale 1-5)		Average of disease incidence		Application Time	Application Method	Concentration mM
<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>	<i>A. alternata</i>	<i>A. solani</i>			
3.2 mno	2.5 hi	90 kl	60 de	3 dbi *	رش	0.1
2.8 kl	2.4 gh	63 efg	67 efg	5 dbi	Spraying	
2.2 fg	3.1 klm	50 bcd	87 ijk	7 dbi		
2.4 ghi	1.6 abc	73 ghij	43 bc	3 dbi	ري	
2.0 def	2.0 ef	43 ab	63 def	5 dbi	Irrigation	
2.4 ghi	3.0 kl	67 efg	80 hij	7 dbi		
1.5 ab	3.3 mn	47 abc	93 kl	3 dbi	رش	0.2
2.3 gh	2.5 hi	73 ghij	60 de	5 dbi	Spraying	
3.4 op	2.9 k	80 ijk	73 fgh	7 dbi		
1.7 bc	2.0 ef	47 abc	60 de	3 dbi	ري	
1.4 a	2.9 k	37 a	73 fgh	5 dbi	Irrigation	
1.8 cd	2.6 hij	57 cde	60 de	7 dbi		
2.7 jk	3.0 kl	73 ghij	73 fgh	3 dbi	رش	0.4
2.4 ghi	2.2 fg	60 def	53 cd	5 dbi	Spraying	
3.0 lm	3.0 kl	63 efg	77 ghi	7 dbi		
1.5 ab	1.5 ab	43 ab	33 ab	3 dbi	ري	
1.4 a	2.5 hi	37 a	73 fgh	5 dbi	Irrigation	
1.9 cde	3.3 mn	63 efg	93 kl	7 dbi		
2.5 hij	1.5 ab	70 fghi	60 de	3 dbi	رش	0.6
3.4 op	1.6 abc	93 lm	53 cd	5 dbi	Spraying	
3.1 mn	1.7 bcd	63 efg	63 def	7 dbi		
1.5 ab	1.4 a	37 a	27 a	3 dbi	ري	
1.5 ab	1.9 de	43 ab	53 cd	5 dbi	Irrigation	
2.0 def	2.2 fg	63 efg	80 hij	7 dbi		
3.4 op	3.5 no	100 lmn	100 lm			شاهد
0.21	0.23	10.95	11.04			LSD at P= 0.05

القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفس لا يوجد بينها فروق معنوية عند مستوى احتمال 0.05.

Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05

* dbi=days before inoculation

* dbi = تمثل عدد الأيام قبل الإعداد الإصطناعي

Abstract

Atik, O., A. El-Ahmed, M. Abou Shaar, M.M. Yabrak and M. Khatib. 2013. Induction of systemic acquired resistance in tomato plants against diseases caused by some *Alternaria* species. Arab Journal of Plant Protection, 31(2): 168-176.

Early blight (EB) (*Alternaria solani*) is the most important fungal disease on tomato worldwide and in Syria. Alternaria leaf spot (ALS) (*Alternaria alternata*) was reported in different countries worldwide and recently, it was reported as an economic disease on tomato. The objective of this study is to study the efficiency of some chemical inducers, and to determine the optimal application methods to reduce the severity of the two diseases. The direct effect of three systemic acquired resistance (SAR) inducers (salicylic acid (SA), Bion and beta amino biutiric acid (BABA)) on mycelial radial growth was tested *in vitro* using four concentrations of each. SAR induction experiments were carried out using tomato cv. "Pakmor", and four concentrations of SA, Bion and BABA. Two methods (irrigation and spraying) and three pre-inoculation times (3, 5, and 7 days) were applied. Plant responses were evaluated after 10 days by using a 1-5 scale. Results showed that these compounds have no direct inhibition effect, and significant increase in plant resistance was observed against both pathogens, where severity of plants infection decreased to 1.4 (EB) and 1.3 (ALS) when 0.4 mM of salicylic acid (SA) was added to the pots 3 days before inoculation. Irrigating plants by Bion (0.4 mM) 5 days before inoculation, showed reduction in disease severity to 1.3 (EB) and 1.1 (ALS), whereas disease severity was 1.8 (EB) and 1.5 (ALS) when plants were sprayed by Bion under similar conditions. High plant resistance level was recorded after plants' irrigation with BABA (0.6 mM) 3 days (EB=1.4, ALS=1.5) or 5 days (EB=1.9, ALS=1.5) before inoculation with spores suspension of both pathogens, whereas AB and ALS disease severity were 3.5 and 3.4 in the control plants.

Keywords: *Alternaria*, Alternaria leaf spot, early blight, tomato, systemic acquired resistance.

Corresponding author: General Commission for Scientific Agricultural Research, Center of Scientific Agricultural Research in Aleppo, Aleppo, Syria, Email: omaratik5@gmail.com

16. Iriti, M. and F. Faoro. 2003. Benzothiadiazole (BTH) induces cell-death independent *Uromyces appendiculatus*. Journal of Phytopathology, 151: 171-177.
17. Jakab, G., V. Cottier, V. Toquin, G. Rigoli, L. Zimmerli, J. Metraux and P. Mauch-Mani. 2001. β -Aminobutyric Acid-induced resistance in Plants. European Journal of Plant Pathology, 107: 29-37.
18. Kessmann, H., T. Staub, C. Hofmann, T. Maetzke, J. Herzog, E. Ward, S. Uknes and J. Ryals. 1994. Induction of systemic acquired resistance in plants by chemicals. Annual Review of Phytopathology, 32: 439-459.
19. Malamy, J., J.P. Carr, D.F. Klessig and I. Raskin. 1990. Salicylic acid: A likely endogenous signal in the resistance response of tobacco to viral infection. Science, 250: 1002-1004.
20. Mohammad, S.E. 1988. Control of tomato early blight under plastic house conditions in Ninevah province, Iraq. Mesopotamia Journal of Agriculture, 20: 359-366.
21. Ohashi, Y., T. Murakami, I. Mitsuhashi and S. Shegemi. 2004. Rapid down and upward translocation of salicylic acid in tobacco plants. Biotechnology, 21: 95-101.
22. Oostendorp, H., W. Kunz, B. Dietrich and S. Theodor. 2001. Induced disease resistance in plants by chemicals. European Journal of Plant Pathology, 107: 19-28.
23. Pandey, P.K., G. Kalloo and M.K. Banerjee. 2003. Resistance to early blight of tomato with respect to various parameters of disease epidemics. Journal of General Plant Pathology, 69: 364-371.
24. Ruess, W., K. Mueller, G. Knauf-Beiter and T. Staub. 1996. Plant activator CGA-245704: an innovative approach for disease control in cereals and tobacco. Brighton Crop Protection Conference- Pest and Diseases, 53-60.
25. Ryals, J., U. Neuenschwander, M. Willits, A. Molina, H. Steiner and M. Hunt. 1996. Systemic acquired resistance. Plant Cell, 8: 1809-1819.
26. Schlosser, E. 1997. Systemic acquired resistance-a new dimension in plant protection. Arab Journal of Plant Protection, 15: 147-149.
27. Si-Ammour, A., B. Mauch-Mani and F. Mauch. 2003. Quantification of induced resistance against *Phytophthora* species expressing GFP as a vital marker: β -aminobutyric acid but not BTH protects potato and Arabidopsis from infection. Molecular Plant Pathology, 4: 237-248.
28. Siegrist, J., M. Orober and H. Buchenauer. 2000. β -aminobutyric acid mediated enhancement of resistance in tobacco to tobacco mosaic virus depends on the accumulation of salicylic acid. Physiological and Molecular Plant Pathology, 56: 95-106.
1. أبو عرقوب، محمود موسى. 2002. المضادات الحيوية والمقاومات الثلاثة (مكتسبة- مستحثة- حيوية) ودورها في أمراض النبات. المكتبة الأكاديمية. القاهرة. مصر. 714 صفحة.
2. حسن، أحمد عبد المنعم. 1998. الطماطم (تكنولوجيا الإنتاج، والفسولوجية والممارسات الزراعية، والحصاد والتخزين). الدار العربية للنشر والتوزيع، القاهرة، مصر. 435 صفحة.
3. عتيق، عمر. 2007. دور المقاومة الجهازية المكتسبة في نبات البنندورة إزاء الأمراض المتسببة عن الجنس *Alternaria* (رسالة ماجستير)، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية. 106 صفحات.
4. المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية. 2010. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. مديرية الإحصاء والتخطيط، دمشق، سورية.
5. Akhtar, K.P., M.Y. Saleem, M. Asghar and M.A. Haq. 2004. New report of *Alternaria alternata* causing leaf blight of tomato in Pakistan. Plant Pathology, 53: 816.
6. Ben-Noon, E., D. Shtienberg, E. Shlevin and A. Dinoor. 2003. Joint action of disease control measures: A case study of *Alternaria* leaf blight of carrot. Phytopathology, 93: 1320-1328.
7. Bhatt, J.C., A. Gahlain and S.K. Pant. 2000. Recorded of *Alternaria alternata* on tomato, capsicum and spinach in Kumaon hills. Indian Phytopathology, 53: 495-496.
8. Brammall, R.A. 1993. Effect of foliar fungicide treatment on early blight and yield of fresh market tomato in Ontario. Plant Disease, 77: 484-489.
9. Brisset, M.M. 2000. Acibenzolar-S-methyl induces the accumulation of defense-related enzymes in apple and protects from fire blight. European Journal of Plant Pathology, 106: 529-536.
10. Bussey, M.J. and W.R. Stevenson. 1991. A leaf disk assay for detecting resistance to early blight caused by *Alternaria solani* in juvenile potato plants. Plant Disease, 75: 385-390.
11. Choulwar, A.B. and V.V. Datar. 1991. Physiological studies on *Alternaria solani* causing early blight of tomato. Journal of Maharashtra Agricultural University, 16: 265-266.
12. Cohen Y. 1994. B-Aminobutyric acid induces systemic resistance against *Peronospora tabacina*. Physiological and Molecular Plant Pathology, 44: 273-88.
13. Foolad, M.R., N. Ntahimpera, B.J. Christ and G.Y. Lin. 2000. Comparison of field, greenhouse, and detached leaflet evaluation of tomato germplasm for early blight resistance. Plant Disease, 84: 967-972.
14. Hawamdeh, A.S. and S. Ahmad. 2001. *In vitro* control of *Alternaria solani*, the cause of early blight of tomato. Journal of Biological Sciences, 1: 949-950.
15. Henderson C.F. and E.W. Tilton. 1955. Mechanism for induced systemic resistance in cucumber. Physiology and Plant Pathology, 20: 61-71.

31. **Sticher, L., B. Mauch-Mani and J.P. Metraux.** 1997. Systemic acquired resistance. Annual Review of Phytopathology, 35: 235–270.
32. **Ward, E.R., S.J. Uknes, S.C. Williams, S.S. Dincher and D.L. Wiederhold.** 1991. Coordinate gene activity in response to agents that induce systemic acquired resistance. Plant Cell, 3: 1085–94.
29. **Singh, R.S.** 1989. Plant diseases (sixth edition). Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi, 373-376.
30. **Spletzer, M.E. and A.J. Enyedi.** 1999. Salicylic acid induces resistance to *Alternaria solani* in hydroponically grown tomato. Phytopathology, 89: 722-727.

Received: December 28, 2011; Accepted: May 24, 2012

تاريخ الاستلام: 2011/12/28؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2012/5/24