تقييم فاعلية عدد من محرضات المقاومة في حماية نباتات التبغ من الإصابة بمرض البياض الزغبي المتسبب عن شبه الفطر *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* ودورها في تحسين الإنتاج

حسن علي منصور[1]، وليد نفاع[2] وأحمد محمد مهنا[1،3*]

(1) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية؛ (2) جامعة دمشق، فرع السويداء، كلية الزراعة الثانية، فرع السويداء، جامعة دمشق، سورية؛ (3) كلية الطب، الجامعة السورية الخاصة، سورية.

*البريد الإلكتروني للباحث المراسل: A.M.Mouhanna@gmail.com

الملخص

منصور، حسن علي، وليد نفاع وأحمد محمد مهنا. 2025. تقييم فاعلية عدد من محرضات المقاومة في حماية نباتات التبغ من الإصابة بمرض البياض الزغبي المتسبب عن شبه الفطر *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* ودورها في تحسين الإنتاج. مجلة وقاية النبات العربية، 43(4):472-479. https://doi.org/10.22268/AJPP-001361

هدف هذا البحث إلى تعزيز مقاومة صنفين من التبغ (فرجينيا والبلدي "شكّ البنت") باستخدام محرض المقاومة Benzothiadiazole (BTH) بالإضافة لسلالتين من بكتيريا محيط الجذور المحرضة لنمو النبات (PGPR) (*Bacillus subtillis* FZB27 و *Pseudomonas chlororaphis* Ma342)، وذلك تحت ظروف العدوى الاصطناعية بشبه الفطر *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* المسبب لمرض البياض الزغبي على التبغ. لوحظ عند دراسة الشدة المرضية عدم ظهور أعراض إصابة عند النباتات المعاملة بمحرضات المقاومة BTH، BTH مع MA342، BTH مع FZB27 وذلك بالنسبة لنباتات الصنف "فرجينيا" المعاملة في الحقل والمشتل معاً. لم تبدِ نباتات الصنف ذاته أية أعراض إصابة في المشتل عند المعاملة بمحرضات المقاومة BTH، بكتيريا FZB27، BTH مع FZB27. كذلك لم تظهر أية أعراض إصابة عند نباتات صنف التبغ البلدي (شكّ البنت) المعاملة في الحقل والمشتل بمحرضات المقاومة BTH، BTH مع MA342، BTH مع FZB27، بينما بلغت الشدة المرضية 0% عند النباتات المعاملة بمحرض المقاومة BTH في المشتل فقط خلال مختلف مراحل التجربة. كما أظهرت النتائج تفوق كلٍّ من BTH والسلالة MA342 معاً معنوياً على باقي المعاملات المدروسة في تحفيز مؤشرات النمو لدى صنف التبغ فيرجينيا لكلٍّ من النباتات المعاملة في الحقل والمشتل معاً والنباتات المعاملة في المشتل فقط، وبلغت 98.1، 81.3، 52.8 و 42.0%، على التوالي، مقارنة بالشاهد غير المعامل لصفتي وزن ومساحة الأوراق، على التوالي. بينما تفوقت مؤشرات النمو معنوياً لدى نباتات الصنف البلدي المعاملة ببكتيريا السلالة FZB27 في الحقل والمشتل معاً، وبلغت 46.5 و 47.6%، على التوالي. بلغ وزن ومساحة أوراق النباتات المعاملة في المشتل 29.4 و 29.1%، على التوالي، مقارنة بالشاهد غير المعامل. أظهرت النباتات المعاملة بمحرضات المقاومة في الحقل والمشتل معاً لدى صنفي التبغ كليهما تفوقاً معنوياً على النباتات المعاملة في المشتل فقط.

كلمات مفتاحية: بياض زغبي، التبغ، تحريض المقاومة، مؤشرات النمو، *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*.

المقدمة

ينتمي التبغ (*Nicotiana tabacum* L.) إلى العائلة الباذنجانية (Solanaceae) ويُستخدم في تحضير السجائر والسيجار ودخان الغليون. كما يُستخدم جزء صغير من أوراقه لإنتاج بعض الفيتامينات والأحماض العضوية (Lewis, 2020). بلغت المساحة المزروعة بمحصول التبغ في سورية خلال موسم 2022 حوالي 3700 هكتاراً، قدر انتاجها بحوالي 4500 طناً، حيث احتلت طرطوس المرتبة الأولى في الأهمية، تلتها محافظة اللاذقية (المجموعة الاحصائية الزراعية، 2022). نظراً لتعرض محاصيل التبغ في الساحل السوري للعديد من الآفات الزراعية، وبخاصةٍ الأمراض الفطرية، تعدّ مشكلة البياض الزغبي التي يُسببها الفطر *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* من أبرز هذه التحديات. يظهر هذا المرض على الأوراق بمظهر قشرة بيضاء وزغب بنفسجي، مما يؤدي في بعض الحالات إلى جفاف الأوراق وتساقطها مبكراً (Reuveni *et al.*, 1986)، وبالتالي حدوث تلف في الأوراق (الجزء الاقتصادي) مما يسبب خسائر فادحة وبخاصةٍ في حالات الإصابة الوبائية.

بشكل عام، تعدّ المقاومة الطبيعية ضعيفة داخل نبات التبغ، إلا أنها تعتمد على عوامل مثل عمر النبات وحالته الفسيولوجية والظروف البيئية (Develey & Galiana, 2007). حُدّدت العديد من الاستجابات

https://doi.org/10.22268/AJPP-001361
© 2025 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

الدفاعية التي تحدث في التبغ إزاء الفطر *P. hyoscyami* f. sp. *tabacina* أثناء العدوى، وتشمل تحريض الاستجابات الدفاعية المرتبطة بالمورثات، وزيادة في نشاط البروتينات المرتبطة بنشوء المرض (PR- Pathogenesis-related proteins) مثل بروتينات Peroxidases، Chitinases، Lipoxygenases و β-1,3-glucanases (Mouhanna, 2001؛ Mouhanna & Schloesser, 1998؛ Nishi *et al*., 2003).

تعزز المحرضات الحيوية وغير الحيوية مقاومة النبات عن طريق تنشيط آليات المقاومة بتداخلها في مسارات نقل الإشارة. تم تسجيل العديد من المركبات التي تعزز المقاومة الجهازية المكتسبة (SAR) مثل Benzo (1,2,3) Thiadiazole-7-carbothioic acid S- methyl ester (BTH) حيث يعمل BTH كمرافق وظيفي لحمض الصفصاف، محفزاً استجابات قوية في النبات وتوليف مركبات مثل المركبات الفينولية التي تعزز من مقاومة النبات ضد العوامل الممرضة (Yi *et al.,* 2013). أثبتت دراسات عديدة فعالية تحفيز المقاومة النباتية ضد الإصابة بفطر *P. tabacina* عن طريق تنشيط مسار SAR باستخدام حمض الساليسيليك (SA) أو مشتقاته الكيميائية مثل BTH وأمكن تطبيقها عن طريق رش أو سقي النبات، أو معالجة البذور لتعزيز المقاومة النباتية ضد الأمراض، حيث أثبتت العديد من الأبحاث دور الـ BTH في زيادة الإنتاجية لدى النباتات وذلك من خلال تحسين المواصفات الشكلية والحيوية (حسن ومهنا، 2022). من جهة أخرى، تعرف المقاومة الجهازية المحرضة (ISR) بأنها مقاومة غير متخصصة تُفعَّل عند إصابة جذور النبات بسلالات غير ممرضة من الريزوبكتيريا المحفزة للنمو النباتي (PGPR). حيث تحفز أنواع PGPR تعزيز تعبير مورثات محددة تؤدي إلى استجابات دفاعية سريعة على المستوى الخلوي كالانفجار التأكسدي، وتعزيز الجدار الخلوي، وتراكم الإنزيمات الدفاعية، ومنتجات الاستقلاب الثانوية. بفعل ذلك، تحمي بكتيريا PGPR النباتات عن طريق التفاعل مع ممرضات التربة، سواء عن طريق إفراز نواتج الاستقلاب البكتيرية كحاملات الحديد (Siderophores) وحمض سيانيد الهيدروجين (HCN) والمضادات الحيوية، أو عن طريق تنشيط إفراز بعض الإنزيمات خارج الخلية، التي تؤثر سلباً على العوامل الممرضة مثل Glucanases وإنزيمات تحلل الكيتين (Chitinases) (Saharn & Nehra, 2011).

تعدّ بكتيريا *Bacillus* و *Pseudomonas* أكثر أجناس بكتيريا PGPR دراسةً، وقد أثبت دورها في تحفيز المقاومة الجهازية المحرضة عند نبات التبغ. كما أكدت الدراسات فعالية استخدام بكتيريا الـ PGPR كسماد ومحفز حيوي للنبات حيث تعمل على تحفيز نمو النبات من خلال تسهيل امتصاص النبات للمواد الغذائية في التربة (ديبة، 2020).

نظراً لأهمية مرض العفن الأزرق *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* وانتشاره في مناطق زراعة التبغ في الساحل السوري، فقد هدفت هذه الدراسة إلى تقييم فعالية محفز المقاومة BTH مع سلالتين من بكتيريا المحيط الجذري المحفزة للنمو، *Pseudomonas chlororaphis* Ma342 و *Bacillus subtilis* B27، في تحفيز مؤشرات النمو الشكلية والحيوية لدى نباتات التبغ المصابة بفطر البياض الزغبي.

مواد البحث وطرائقه

محرضات المقاومة

استخدم في هذه الدراسة محرض المقاومة BTH بتركيز 60 جزء بالمليون من شركة Syngenta®، كما استخدمت السلالتان البكتيريتان *Pseudomonas chlororaphis* MA342 (من Dr M. Hokeberg، Bioagri، Upsall، السويد) و *Bacillus subtilis* FZB27 (من مركز االبحوث، برلين، ألمانيا).

زراعة النباتات وتجهيز التجربة

جُهّزت المشاتل ضمن حقول أبحاث مؤسسة التبغ والتنباك بمحافظة اللاذقية بأبعاد 1×8 م بمعدل مشتلة واحدة لكل صنف (فرجينيا أو شكّ البنت)، ثم قُسّمت كل مشتلة إلى ثمانية أقسام (أبعاد كل منها 1×1 م)، لكلا الصنفين. أي أنه تم إجراء ثمان معاملات كما هو موضح في الجدول 1.

جدول 1. المعاملات المستخدمة في هذه الدراسة على صنفي التبغ "شك البنت وفرجينيا" ومعدل استخدام كلٍّ من محرضات المقاومة المختبرة.
Table 1. Treatments used in the study on two tobacco varieties "Shak Al-Bint and Virginia" and the utilization rate of each of the tested resistance inducers.

Treatment المعاملة	رمز المعاملة Treatment code
شاهد معدى بالفطر ومعامل بالماء Fungus-infected control treated with water	PC
Pseudomonas chlororaphis MA342 (50 ml)	P
Bacillus subtillis FZB27 (50 ml)	B
P. chlororaphis MA342 (25 ml) + *B. subtillis* FZB27 (25 ml)	PB
BTH Benzothiadiazole (60 ppm)	Bt
Benzothiadiazole (60 ppm) + *P. chlororaphis* MA342 (50 ml)	PBt
Benzothiadiazole (60 ppm) + *B. subtillis* FZB27 (50 ml)	BBt
Benzothiadiazole (60 ppm) + *P. chlororaphis* MA342 (25 ml) + *B. subtillis* FZB27 (25 ml)	PBBt

تم تحضير البذار ضمن وعاء خُلطت فيه كمية البذار المطلوبة مع الرمل البحري الأحمر (القيرواني) جيداً ثم نثرت يدوياً لتغطية كامل سطح المشتلة، بمعدل 8125 بذرة (0.625 غ) لكل معاملة، ثم وزعت كمية من السماد العضوي بمعدل 350 غ لكل معاملة، بحيث غطت كامل مساحة السطح المعامل، وسُقيت المشاتل بعدها باستخدام مرشّ يدوي، وغطيت بأكياس من الخيش للحفاظ على رطوبة وتهوية مناسبتين، وبعد إنبات البذور استبدلت أكياس الخيش بشرائح بلاستيكية مثبّتة على عوارض بشكل أقواس. بعد 48 ساعة من الزراعة، عوملت المشاتل سقاية بالمعلق البكتيري بتركيز 10^7 وحدة تكوين مستعمرة/مل وبمحرض المقاومة BTH بتركيز 60 جزء بالمليون (جدول 1).

التجربة الحقلية

نفّذت التجربة في قرية الدالية بمنطقة جبلة، بعد حراثة الأرض وتنظيفها من الأعشاب، وتقسيمها إلى 32 مسكبة (1×1 م) بمعدل 8 معاملات بالمحرضات تمت في المشتل فقط، و 8 معاملات بمحرضات المقاومة في المشتل والحقل معاً لكل صنف من أصناف التبغ مع معاملات الشاهد. زرعت الشتول وسقيت مباشرة وبعد يومين أعيدت السقاية لضمان استمرار نمو الشتول، ثم نُظِّمت السقاية بمعدل مرة واحدة كل 7 أيام. عوملت الشتول سقايةً بمحرضات المقاومة بعد 7 أيام من الزراعة.

إجراء العدوى بالفطر

أجريت الجولات الحقلية وجمع 70 عينة (35 عينة من الصنف فرجينيا، 35 عينة من الصنف البلدي "شك البنت")، وتم التشخيص بالاعتماد على الأعراض الظاهرية للمرض، وذلك من خلال ملاحظة النمو الزغبي المائل إلى الأزرق أو البنفسجي على السطح السفلي للأوراق، والتي قابلها ظهور بقع صفراء دائرية على السطح العلوي. تم كشط النموات الزغبية عن الوجه السفلي للأوراق المصابة، وحضر معلق بوغي بالماء. أجريت العدوى بعد 7 أيام من المعاملة بمحرضات المقاومة برش المعلق البوغي على أوراق النبات، وطبقت العدوى الاصطناعية على الورقة الحقيقية الثانية والثالثة برش 10 مل لكل نبات من المعلق البوغي، وغطيت النباتات بأكياس بلاستيكية شفافة لمدة 24 ساعة لتأمين الرطوبة الكافية لحدوث العدوى، وتمت مراقبة الشتول للتأكد من نجاح العدوى وظهور الأعراض، ثم أخذت القراءات بشكل مستمر.

مؤشرات النمو والإنتاجية

لدراسة تأثير محرضات المقاومة BTH والسلالتين البكتيريتين على نمو وإنتاجية نبات التبغ المعدى بفطر العفن الأزرق، اختيرت المؤشرات التالية: وزن الأوراق بواسطة ميزان حساس، وتم حساب مساحة المسطح الورقي بحساب حاصل ضرب طول الورقة بعرضها.

حددت الشدة المرضية بعد 30 يوماً من العدوى باستخدام سلم تقييس خماسي (0–4) يلائم تطور المرض (Wiglesworth *et al.*,1994) وفقاً لما يلي: 0= لا توجد أعراض والنبات سليم، 1= إصابة ضعيفة: تشمل الإصابة 1–10% من المجموع الخضري بوجود أو بدون إثمارات للفطر، 2= إصابة متوسطة: تشمل الإصابة 11–25% من المجموع الخضري وتحولها إلى اللون البني ووجود ضعيف لإثمارات الفطر، 3= إصابة شديدة: تشمل الإصابة 26–50% من المجموع الخضري والساق خضراء مع وجود إثمارات كثيفة على السطح السفلي، 4= إصابة شديدة جداً: تشمل الإصابة أكثر من 51% من المجموع الخضري وظهور كثيف لإثمارات الفطر، أو موت النبات بالكامل.

قُدر معامل شدة الإصابة باستخدام المعادلة التالية (Willocquet *et al.*, 2023):

$$DI\ \% = \frac{\sum(a \times b)}{N \times K} \times 100$$

حيث أن: DI= معامل الشدة المرضية؛ $\sum(a \times b)$ = مجموع النباتات المصابة ضمن المعاملة مضروباً بدرجة اصابتها وفق سلم التقييس؛ N= عدد النباتات المختبرة ضمن كل عينة (12 نبات)؛ K = أعلى درجة إصابة في السلم 4.

التحليل الإحصائي

صممت التجربة وفق تحليل القطاعات العشوائية الكاملة، وشملت ثمان معاملات بمحرضات المقاومة BTH والسلالتين البكتيريتين FZB27 و MA342؛ إضافة للشاهد (جدول 1). ضمت كل معاملة ثلاثة مكررات بمعدل 12 نبات لكل مكرر، وأخذت قراءات مؤشرات الإنتاجية: وزن الأوراق، ومساحة المسطح الورقي في نهاية التجربة. حُلّلت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج XLSTAT باختبار one way ANOVA (Kruskal-Wallace)، ومقارنة الفروق بين المتوسطات بحساب أقل فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.

النتائج والمناقشة

تأثير محرضات المقاومة في مؤشرات الإنتاجية

بينت النتائج تباين تأثير محرضات المقاومة المدروسة في مؤشرات الإنتاجية (وزن ومساحة الورقة) تبعاً للصنف وطريقة المعاملة. إذ تفوقت المعاملة المشتركة بـ BTH والسلالة البكتيرية MA342 معاً معنوياً على باقي المعاملات المدروسة بمتوسط 21.13 غ و 578.4 سم^2، وزيادة 98.1 و 81.3% مقارنةً بالشاهد، لصفتي وزن ومساحة الأوراق، على التوالي، في نباتات الصنف فرجينيا المعاملة في المشتل والحقل (جدول

2). فيما كانت أقل نسبة لتحفيز مؤشرات النمو لدى المعاملة بسلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً وبتفوق معنوي على الشاهد، حيث بلغ متوسط الصفات المدروسة لصفتي وزن ومساحة الأوراق 11.97 غ و 361.81 سم^2، وبنسبة زيادة 12.2 و 13.4% عن الشاهد لصفتي وزن ومساحة الأوراق، على التوالي (جدول 2). أظهرت نتائج الدراسة تفوقاً معنوياً لنباتات الصنف فيرجينيا المعاملة في المشتل فقط مقارنةً بالشاهد، وذلك لجميع المعاملات المدروسة باستثناء المعاملة بالسلالة البكتيرية FZB27، وكذلك المعاملة بسلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً، بينما كانت أعلى نسبة لتحفيز النمو عند المعاملة بـ BTH وبكتيريا السلالة MA342 معاً مقارنةً بباقي المعاملات بمتوسط بلغ 16.3 غ و 53 سم^2 وزيادة 52.8 و 42 % لصفتي وزن ومساحة الأوراق، على التوالي، مقارنةً بالشاهد (جدول 2).

تفوقت نباتات الصنف البلدي (شك البنت) المعاملة بمحرضات المقاومة في الحقل والمشتل معاً معنوياً على نباتات الشاهد، وذلك في جميع المعاملات باستثناء المعاملة بسلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً مقارنةً بالشاهد غير المعامل، وكانت أعلى نسبة لتحفيز مؤشرات النمو عند المعاملة ببكتيريا السلالة FZB27 بمتوسط مؤشرات نمو بلغ 26.67 غ و 740.8 سم^2 وبزيادة 46.5 و 47.6 % لصفتي وزن ومساحة الأوراق، على التوالي، مقارنةً بالشاهد غير المعامل (جدول 2).

تبين بنتيجة دراسة تأثير محرضات المقاومة على نباتات الصنف البلدي (شك البنت) المعامل في المشتل فقط على أن النباتات المعاملة ببكتيريا السلالة FZB27 تفوقت معنوياً بصفتي وزن ومساحة الورقة على باقي المعاملات بمتوسط بلغ 23.5 غ و 647.27 سم^2 وبنسب زيادة بلغت 29.1 و 29.4% مقارنةً بالشاهد، فيما كان لإضافة سلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً تأثيراً سلبياً، حيث انخفض متوسط مؤشري وزن ومساحة الورقة بنسب 10.4% و 6.5%، على التوالي، مقارنةً بالشاهد لدى نباتات الصنف البلدي المعامل في المشتل فقط.

تتفق النتائج السابقة مع دراسة Singh *et al.* (2013)، التي بينت عمل سلالات البكتيريا PGPR على التحفيز الكمي والنوعي للنبات بشكل مباشر عن طريق تزويد النبات بمواد محفزة لنموه مُنتجة من قبل هذه البكتيريا، أو تسهيل امتصاص النبات للمواد الموجودة في التربة عن طريق إنتاج أو تغيير تركيز منظمات النمو، كما يتوافق أيضاً مع Ashry *et al.* (2022) الذين أشاروا إلى أن معاملة نباتات التبغ بعدد من سلالات الـ PGPR أدت إلى تحسين النمو الخضري بزيادة في طول الشتول المعاملة وصلت حتى 66%، وفي طول الجذور 66%، وفي الوزن الجاف لكل من المجموعين الخضري والجذري وصلت حتى 100 و 129%، على التوالي، وفي الوزن الرطب لكل من المجموعين الخضري والجذري بزيادة 79 و 104%، على التوالي.

جدول 2. فاعلية محرضات المقاومة على مساحة ووزن أوراق نباتات التبغ المعداة بفطر العفن الأزرق من صنفي التبغ فيرجينيا والبلدي (شك البنت).
Table 2. The effectiveness of resistance inducers on area and weight of the tobacco leaves infected with the blue mold fungus of the two tobacco cultivars Virginia and Baladi (Shuk al-Bint).

صنف البلدي (شك البنت) Baladi cultivar (Shuk al-Bint)				صنف فرجينيا Virginia cultivar				
معامل بالمشتل Treated in the nursery		معامل في المشتل والحقل Treated in the nursery and in the field		معامل في المشتل Treated in the nursery		معامل في المشتل والحقل Treated in the nursery and in the field		
المساحة (سم^2) Area (cm^2)	الوزن (غ) Weight (g)	المساحة (سم^2) Area (cm^2)	الوزن (غ) Weight (g)	المساحة (سم^2) Area (cm^2)	الوزن (غ) Weight (g)	المساحة (سم^2) Area (cm^2)	الوزن (غ) Weight (g)	رمز المعاملة* Treatment code*
10.67 f	319.10 g	10.67 e	319.10 f	18.20 f	501.83 f	18.20 d	501.83 e	PC
16.87 c	479.75 d	12.13 cd	366.92 d	22.53 d	605.57 d	21.10 c	571.57 d	P
15.40 d	440.07 e	10.33 e	307.70 f	26.67 a	740.80 a	23.50 a	649.27 a	B
11.97 e	361.81 f	8.670 f	257.57 g	18.87 ef	514.80 f	16.30 e	469.03 f	PB
17.63 c	496.80 c	12.90 c	395.07 c	23.07 cd	638.03 c	22.07 b	602.73 c	Bt
21.13 a	578.40 a	16.30 a	453.02 a	23.73 c	656.30 c	22.43 b	605.00 c	PBt
19.67 b	518.41 b	14.77 b	421.33 b	25.17 b	704.20 b	22.67 b	628.10 b	BBt
17.37 c	482.07 cd	11.97 d	345.77 e	19.73 e	544.07 e	18.80 d	519.77 e	PBBt

القيم الموجودة في الجدول عبارة عن متوسطات لثلاثة مكررات. القيم المتبوعة بأحرف متشابهة في العمود نفسه لا يوجد بينها فرق معنوي عند مستوى احتمال 5%.
Values in the table are averages of three replicates. Values followed by the same letters in the same column are not significantly different at P=0.05.

* يرجى الاطلاع على رمز المعاملة في الجدول رقم 1.
* Please see treatment code in Table 1.

تأثير وقت المعاملة في مؤشرات نمو نباتات الصنف الواحد

من خلال رصد وتقييم التغيرات في مؤشرات النمو (وزن النبات ومساحة الأوراق) لكل من الصنفين فيرجينيا وبلدي تحت تأثير محفزات المقاومة المختلفة وتحت ظروف المعاملات المختلفة (جدول 3)، تبين بالنسبة لصنف التبغ فيرجينيا أن المعاملة P (معاملة ببكتيريا السلالة MA342) أدت إلى زيادة بنسبة 39% في الوزن و 31% في مساحة الأوراق. في حين أن المعاملة B (معاملة ببكتيريا السلالة FZB27) أظهرت زيادة بنسبة 49% في الوزن و 43% في مساحة الأوراق، بينما أدت المعاملة P (معاملة ببكتيريا السلالة MA342) في صنف التبغ البلدي إلى زيادة بنسبة 7% في الوزن و 6% في مساحة الأوراق. في حين أن المعاملة B(معاملة ببكتيريا السلالة FZB27) أظهرت انخفاضاً بنسبة 4% في الوزن و 7% في مساحة الأوراق.

بناءً على ماورد أعلاه يمكن أن نستنتج تباين تأثير المعاملات المختلفة في الصنفين، مما يظهر أهمية اختيار المحفز المناسب لتحسين مؤشرات النمو في كل صنف. إذ أن هذا التحليل يعكس كيفية تفاعل الصنف مع كل نوع من المحفزات، ويمكن استخدام هذه المعلومات لتحسين استراتيجيات زراعة كل صنف.

تفوق الصنف فيرجينيا عند المعاملة في الحقل والمشتل معاً على المعاملة في المشتل فقط (جدول 3)، وكانت أعلى نسبة للتفوق عند النباتات المعاملة ببكتيريا السلالة FZB27 بلغت 49% و 43% لصفتي وزن ومساحة الأوراق، على التوالي (جدول 3).

جدول 3. مقارنة التغير في مؤشرات النمو لنباتات صنفي التبغ فيرجينيا والبلدي (شـــك البنت) المعاملين بمحرضـــات المقاومة المختلفة ســـواء المعاملة منها في المشتل فقط أو تلك المعاملة في الحقل والمشتل معاً.

Table 3. Comparison of change in plant growth parameters of two tobacco cultivars Virginia and Baladi (Shuk al-Bint) treated with different resistance inducers (applied in the nursery or in the field or in both.

فيرجينيا Virginia		بلدي Baladi		
وزن (%) Weight (%)	مساحة (%) Area (%)	وزن (%) Weight (%)	مساحة (%) Area (%)	رمز المعاملة* Treatment code*
0	0	0	0	PC
39	31	7	6	P
49	43	-4	-7	B
38	40	16	10	PB
37	26	5	6	Bt
30	28	6	8	PBt
33	23	11	12	BBt
45	39	5	5	PBBt

* يرجى الاطلاع على رمز المعاملة في الجدول رقم 1.

* Please see treatment code in Table 1.

تفوق صنف التبغ البلدي (شك البنت) عند المعاملة في الحقل والمشتل معاً على النباتات المعاملة في المشتل فقط لناحية صفتي وزن ومساحة الأوراق، وكانت النسبة الأعلى للتفوق عند النباتات المعاملة ببكتيريا السلالة FZB27 لناحية صفة الوزن بلغت 16%، بينما كانت أعلى نسبة تفوق لصفة مساحة الأوراق عند النباتات المعاملة بـ BTH وبكتيريا السلالة FZB27 معاً بلغت 12% مقارنةً بالنباتات المعاملة في المشتل فقط (جدول 3).

وفقاً للتحليلات السابقة، تبين وجود تباينً في فعالية محفزات المقاومة في التأثير على مؤشرات الإنتاجية، مثل وزن النباتات ومساحة الأوراق. يعزى هذا التباين في النتائج إلى اختلاف أصناف النباتات المدروسة وتوقيت تنفيذ المعاملة. تتماشى هذه النتائج مع ما أشار إليه Saharan & Nehra (2011). كما أظهرت الدراسة أن سلالة البكتيريا FzB27 تفوقت معنوياً بالنسبة لصفتي وزن ومساحة الأوراق مقارنة ببكتيريا السلالة MA342 وذلك عند استعمال التركيز ذاته في كلا السلالتين.

تأثير محرضات المقاومة في الشدة المرضية لنباتات التبغ المعداة بفطر البياض الزغبي

لوحظ من خلال هذه الدراسة أن الأعراض المرضية لم تظهر على نباتات التبغ في جميع المعاملات بما فيها الشاهد حتى الأسبوع الثالث بعد العدوى، وقد اختلف ظهور الأعراض باختلاف طريقة المعاملة (المشتل والحقل معاً أو المشتل فقط)، وباختلاف نوع محرض المقاومة المستخدم. فقد لوحظ في نباتات الصنف فيرجينيا المعاملة في الحقل والمشتل معاً أن أعلى نسبة للشدة المرضية كانت عند المعاملة ببكتيريا السلالة MA342 مقارنةً بالشاهد الإيجابي وبقية المعاملات وبنسبة شدة مرضية بلغت 65% عند نهاية الأسبوع الثامن بعد العدوى، بينما لم تظهر أية أعراض على النباتات في المعاملات BTH، BTH+MA342، BTH+FZB27 (جدول 4). بينت نتائج المعاملة بمحرضات المقاومة في المشتل فقط لدى نباتات الصنف فيرجينا أن أعلى نسبة للشدة المرضية كانت عند المعاملة بسلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً، وبشدة مرضية بلغت 45% عند الأسبوع الثامن بعد العدوى، بينما لم تظهر أية أعراض للإصابة خلال مختلف مراحل التجربة في المعاملات FZB27، BTH و BTH (جدول 4).

سجلت أعلى نسبة للشدة المرضية على نباتات الصنف البلدي (شك البنت) المعاملة في الحقل والمشتل معاً بسلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً، وبنسبة شدة مرضية بلغت 50% في الأسبوع الثامن بعد العدوى، بينما لم تبدِ النباتات المعداة أية أعراض عند المعاملة بمحرضات المقاومة BTH، BTH+MA342، BTH+FZB27. بلغت

أعلى قيمة للشدة المرضية عند نباتات الصنف البلدي (شك البنت) المعاملة بمحرضات المقاومة في المشتل فقط (65%) بسلالتي البكتيريا MA342 و FZB27 معاً عند الأسبوع الثامن بعد العدوى، فيما لم تظهر أية أعراض إصابة عند النباتات المعداة والمعاملة بمحرض المقاومة BTH خلال مختلف مراحل التجربة (جدول 4).

لوحظ من خلال النتائج السابقة قدرة محرضات المقاومة المستخدمة على تعزيز المقاومة النباتية لدى أصناف التبغ المعداة بفطر البياض الزغبي وبنسب متفاوتة، إذ نجحت جميع المعاملات المستخدمة في خفض نسبة الشدة المرضية لدى كلا الصنفين المعاملين سواء في الحقل أو المشتل، ما يشير لنجاح تفعيل المقاومة الجهازية لدى نبات التبغ، وتتفق هذه النتائج مع العديد من الأبحاث التي بينت كفاءة المركب BTH في تحريض المقاومة النباتية تجاه الإصابة بالفطر *N. tabacina* بتفعيل مسار SAR، وذلك إما من خلال رش المجموع الخضري للنبات أو سقايته أو معاملة البذور.

كما أثبتت العديد من الدراسات قدرة أنواع PGPR على تحفيز إطلاق المقاومة الجهازية المحرضة ISR وبخاصةٍ البكتيريا *Bacillus* و *Pseudomonas*، حيث تعد أكثر أجناس PGPR دراسة، وقد أثبتت دورها في تحفيز المقاومة الجهازية المحرضة عند نباتات التبغ وغيره (Zhang *et al*., 2004؛ Reglinski *et al*., 2023). بينما اتفقت نتائج هذه الدراسة مع العديد من الدراسات العالمية لناحية أهمية استخدام بكتيريا الـ PGPR وبوجود BTH لخفض شدة الإصابات الفطرية على نبات التبغ (Yi *et al*., 2013).

تعد الظروف البيئية في منطقة الدراسة من رطوبة عالية ودرجات حرارة معتدلة مثالية لإصابة التبغ بالبياض الزغبي، إلا أنّ التفاوت في نسب وشدة الإصابة الفطرية الذي ظهر في هذه الدراسة يعود إلى اختلاف نوع محرض المقاومة المستخدم، ووقت الاستخدام، حيث بينت النتائج ظهور الاختلاف في نسبة وشدة الإصابة في حال استخدم محرض المقاومة لوحده، أو مع عدد من المحرضات الأخرى، وأيضاً في حال عوملت به النباتات في المشتل فقط، أو في المشتل والحقل معاً، وهذا يتفق معدراسات حول اختيار محرض المقاومة الأمثل وفقاً لظروف الزراعة ونوع المحصول الزراعي (Nagrale *et al*., 2023).

جدول 4. النسبة المئوية للشدة المرضية على نباتات التبغ المعاملة بمحرضات المقاومة المختلفة.

Table 4. Disease severity (%) on tobacco plants treated with different resistance inducers.

معامل الشدة المرضية (%) بعد فترات زمنية مختلفة من العدوى (أسبوع) Disease severity index (%) at different periods after infection (weeks)												
8		7		6		5		4		3		رمز المعاملة*
البلدي Baladi	فرجينيا Virginia	البلدي Baladi	فرجينيا Virginia	البلدي Baladi	فرجينيا Virginia	البلدي Baladi	فرجينيا Virginia	البلدي Baladi	فرجينيا Virginia	البلدي Baladi	فرجينيا Virginia	Treatment code*
Tobacco plants treated in the nursery and in the field نباتات التبغ المعاملة في المشتل والحقل												
75	75	65	65	60	60	45	45	35	35	15	15	PC
45	65	30	40	25	15	10	0	0	0	0	0	P
35	50	25	35	15	20	10	0	0	0	0	0	B
50	55	35	40	30	20	15	0	0	0	0	0	PB
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bt
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	PBt
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BBt
10	60	10	35	5	15	0	0	0	0	0	0	PBBt
Tobacco plants treated only in the nursery نباتات التبغ المعاملة في المشتل فقط												
75	75	75	65	70	60	45	45	40	35	20	15	PC
55	30	50	20	30	15	20	0	5	0	0	0	P
50	0	45	0	25	0	20	0	5	0	0	0	B
65	45	55	30	30	20	25	0	0	0	0	0	PB
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Bt
35	20	20	10	15	0	0	0	0	0	0	0	PBt
5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	BBt
55	30	50	20	25	15	20	0	0	0	0	0	PBBt

* Please see treatment code in Table 1. * يرجى الاطلاع على رمز المعاملة في الجدول رقم 1.

Abstract

Mansour, H.A., W. Nafaa and A.M. Mouhanna. 2025. Evaluation of the Efficacy of Some Resistance Inducers in Protecting Tobacco Plants Against Downy Mildew Caused by the fungus *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina* and Their Role in Improving Production. Arab Journal of Plant Protection, 43(4):472-479. https://doi.org/10.22268/AJPP-001361

This study aimed to use the resistance inducer BTH, and two PGPR strains "*Bacillus subtillis* FZB27 and *Pseudomonas chlororaphis* Ma342" for enhancing resistance of two tobacco cultivars (Virginia and Shak Al-Bint) to artificial infection with *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*, which causes the downy mildew disease. Plants treated with both BTH and MA342 bacteria together showed a significant superiority over all other treatments in stimulating plant growth indicators of Virginia tobacco variety treated in both the nursery and the field, and only in the nursery, where leaves weight and area increased 98.1, 81.3, 52.8 and 42.0%, respectively, compared to the untreated control. Whereas, the same growth indicators of the local cultivar (Shak Al- Bint) plants treated with FZB27 in both the nursery and the field increased by 46.5 and 47.6%, however, such increase reached 29.1 and 29.4% for the plants treated in the nursery only, compared to the control. In both cultivars, the plants treated in both the nursery and the field showed a significant increase over the plants treated only in nursery. On the other hand, no symptoms were observed in the Virginia variety plants treated with BTH, BTH with MA342, BTH with FZB27 when treatment was carried out in the nursery and in the field. Furthermore, Virginia tobacco plants treated only in the nursery did not show any infection symptoms when treated with BTH, FZB27, or BTH + FZB27. Likewise, plants of the local cultivar (Shak Al- Bint) did not show any symptoms when treated with BTH, BTH + MA342 bacteria, BTH + FZB27 bacteria when treatment was made in both the nursery and the field. It is worth mentioning that the disease was not observed on the plants treated with BTH in the nursery.

Keywords: Downy mildew, Tobacco, resistance inducers, growth parameters, *Peronospora hyoscyami* f. sp. *tabacina*.

Affiliation of authors: *H.A. Mansour[1], W. Nafaa[2] and A.M. Mouhanna[1,3*]. (1) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Damascus, Syria; (2) Faculty of Agriculture 2, Sweida Branch, University of Damascus, Syria; (3) Medical School, Syrian Private University, Syria. [*]Email address of the corresponding author: A.M.Mouhanna@gmail.com*

References

Develey, M. and E. Galiana. 2007. Resistance to pathogens and host developmental stage: a multifaceted relationship within the plant kingdom. New Phytologist, 175(3):405-416. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.02130.x

Lewis, R.S. 2020. *Nicotiana tabacum* L. Pp. 345-375. In: Tobacco, Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants. J. Novak and Blüthner (eds.), Springer Nature, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1

Mouhanna, A.M. and E. Schloesser. 1998. Effect of BION® on the viruses and their vector in rizomania of sugar beets. Mededelingen Faculteit Landbouwkundige en Toegepaste Biologische Wetenschappen, University of Gent, 63(3b):977-982.

Mouhanna, A.M. 2001. Rhizomania: untersuchungen zur Epidemiologie und zur Systemisch Aktivierten Resistenz (SAR) bei der Zuckerrübe. Diss.Fachverlag Koehler, Giessen. 236 pp.

Nagrale, D.T., A. Chaurasia, S. Kumar, S.P. Gawande, N.S. Hiremani, R. Shankar, N. Gokte-Narkhedkar and Y.G. Prasad. 2023. PGPR: the treasure of multifarious beneficial microorganisms for nutrient mobilization, pest biocontrol and plant growth promotion in field crops. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 39(4):100. https://doi.org/10.1007/s11274-023-03536-0

Nishi, T., T. Tajima, S. Noguchi, H. Ajisaka and H. Negishi. 2003. Identification of DNA markers of tobacco linked to bacterial wilt resistance. Theoretical and Applied Genetics, 106:765-770. ` https://doi.org/10.1007/s00122-002-1096-9

Reglinski, T., N. Havis, H.J. Rees and H. de Jong. 2023. The practical role of induced resistance for crop protection. Phytopathology, 113(4):719-731. https://doi.org/10.1094/PHYTO-10-22-0400-IA

المراجع

المجموعة الإحصائية الزراعية. 2022. مساحة وإنتاج وغلة التبغ حسب المحافظات لعام 2022 وتطورها على مستوى القطر، الجدول 43. مديرية التخطيط والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.

*[**Agricultural Statistical Group.** 2022. Area, production and yield of tobacco by governorate for the year 2022 and its development at the country level, Table 43. Directorate of planning and International Cooperation, Ministry of Agriculture and Agrarian Reform, Damascus, Syria].*

حسن، اوس علي وأحمد محمد مهنا. 2022. تحري انتشار السلالة الإسبانية لفيروس تجعد الأوراق الأصفر للبندورة/الطماطم (TYLCSV-ES) ضمن البيوت المحمية في الساحل السوري. مجلة وقاية النبات العربية، 40(1):7-14. https://doi.org/10.22268/AJPP-40.1.007014

*[**Hasan, A.A. and A.M. Mouhanna.** 2022. Investigation on the Spread of the Spanish Strain of Tomato yellow leaf curl virus TYLCSV-ES in Greenhouses Along the Syrian Coast. Arab Journal of Plant Protection, 40(1): 7-14. https://doi.org/10.22268/AJPP-40.1.007014].*

ديبة، لبنى. 2020. دراسة جزيئية للفطر *Botrytis cinerea* Pers; Fr المنتشر في الساحل السوري وتحديد دور محرضات المقاومة في الوقاية منه. رسالة ماجستير، قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة دمشق، سورية. 96 صفحة.

*[**Diba, L.** 2020. Molecular study of Botrytis cinerea Pers; Fr spread in Syrian coastal and determine the role of inducible resistance in Botrytis prevention. M. Sc. thesis, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Damascus University, Syria. 96 pp.].*

Ashry, N.M., B.A. Alaidaroos, S.A. Mohamed, O.A.M. Badr, M.T. El-Saadony and A. Esmael. 2022. Utilization of drought-tolerant bacterial strains isolated from harsh soils as a plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Saudi Journal of Biological Sciences, 29(3):1760-1769. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.10.054

Willocquet, L., S. Savary and K.P. Singh. 2023. Revisiting the use of disease index and of disease scores in plant pathology. Indian Phytopathology, 76:909-914. https://doi.org/10.1007/s42360-023-00663-4

Yi, H.S., J.W. Yang and C.M. Ryu. 2013. ISR meets SAR outside: additive action of the endophyte *Bacillus pumilus* INR7 and the chemical inducer, benzothiadiazole, on induced resistance against bacterial spot in field-grown pepper. Frontiers in Plant Science, 4:122. https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00122

Zhang, S., M.S. Reddy and J.W. Kloepper. 2004. Tobacco growth enhancement and blue mold disease protection by rhizobacteria: Relationship between plant growth promotion and systemic disease protection by PGPR strain 90-166. Plant and Soil, 262:277-288. https://doi.org/10.1023/B:PLSO.0000037048.26437.fa

Reuveni, M., S. Tuzun, J.S. Cole, M.R. Siegel and J. Kuc. 1986. The effects of plant age and leaf position in the susceptibility of tobacco to blue mold caused by *Peronospora tabacina*. Phytopathology, 76:455-458. https://doi.org.10.1094/Phyto-76-455

Saharn., B. S. and V. Nehra. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. Life Sciences and Medicine Research, 21:1-30.

Singh, J.S. and D.P. Singh. 2013. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): microbes in sustainable agriculture. Pp. 361-385. *In:* Management of Microbial Resources in the Environment. A. Malik, E. Grohmann and M. Alves (eds.). Springer, Berlin. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5931-2_14

Wiglesworth, M.D., W.C. Nesmith, C.L. Schardl, D. Li and M. R. Siegel. 1994. Use of specific repetitive sequences in *Peronospora tabacina* for the early detection of the tobacco blue mold pathogen. Phytopathology, 84:425-430. https://doi.org.10.1094/Phyto-84-425

Received: January 4, 2024; Accepted: August 26, 2024

تاريخ الاستلام: 2024/1/4؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2024/8/26