# أثر تعايش عزلات فطرية وبكتيرية على نبات القطن صنف "حلب 118" في مؤشرات نمو وتعزيز مقاومة النبات للذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* (Genn.) بطرائق إلقاح متعددة

**زياد العيسى[1،2]*، محمد نايف السلتي[2]، منير النبهان[3] وأحمد الجمعة[1]**

(1) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، إدارة بحوث القطن، حلب، سورية؛ (2) قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة حلب، حلب، سورية؛ (3) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث حماة، حماة، سورية. *البريد الإلكتروني للباحث المراسل: ziadissa989@gmail.com

## الملخص

**العيسى، زياد، محمد نايف السلتي، منير النبهان وأحمد الجمعة. 2022. أثر تعايش عزلات فطرية وبكتيرية على نبات القطن صنف "حلب 118" في مؤشرات نمو وتعزيز مقاومة النبات للذبابة البيضاء *Bemisia tabaci* (Genn.) بطرائق إلقاح متعددة. مجلة وقاية النبات العربية، 40(1): 15–24.**
https://doi.org/10.22268/AJPP-40.1.015024

دُرست أربع طرائق لاستخدام الكائنات الحية الدقيقة النافعة على نبات القطن، تضمنت تغليف البذور المحلوقة كيميائياً وتغليف البذور المزغبة والرش على المجموع الخضري وسقاية النبات بالمستحضرات الحيوية، ودراسة نسبة تعايشها وتأثيرها على مؤشرات نمو النبات وتطور وكثافة حوريات ذبابة القطن البيضاء *Bemisia tabaci* (Genn.) على نبات القطن. استخدمت تسع عزلات، سبع عزلات فطرية هي: عزلتان من *Beauveria bassiana* (GHA, K)، وعزلة من *Lecanicellium lecani* (B)، وثلاث عزلات من *Trichoderma harizianum* ($T_{wood}$, T.L.C, $T_{950}$)، وعزلة من *Aspergillus* sp. (Asp)، وعزلتا بكتيريا من *Bacillus subtilis* (B.s, $B._{bacteria}$). تمّ اكثار العزلات الفطرية على جريش القمح المسلوق (البرغل) وحُضّر منها المعلق البوغي وضبط تركيزه ($1\times10^6$ بوغة/ مل)، وتمّ إكثار العزلات البكتيرية في أطباق تحتوي بيئة NA وضبط المعلق منها بتركيز $1x10^8$ خلية/مل. زرعت بذور القطن في أصص بواقع ثلاثة مكررات لكل معاملة لقاح مع معاملة الشاهد بدون لقاح، وأخذت قراءات نسب الإنبات ونسب التعايش ومؤشرات نمو وتطور نبات القطن وكثافة الذبابة البيضاء. أظهرت النتائج أن الفروق في نسب الإنبات بين جميع المعاملات المختبرة ومعاملة الشاهد كانت غير معنوية، بينما لوحظ وجود اختلاف معنوي بين العزلات في نسب التعايش مع أجزاء نبات القطن المختلفة، وكانت أعلى نسب التعايش عند العزلات GHA،K، B، Asp، كما أن هناك فروق معنوية بين المعاملات $T_{wood}$، $B._{bacteria}$، GHA، $T_{950}$، Asp ومعاملة الشاهد في أطوال الجذور والمجموع الخضري والوزن الرطب والوزن الجاف، كما حققت العزلات T.L.C، K، GHA، $T_{950}$، Asp، $B._{bacteria}$ كثافة منخفضة في معدّل حوريات الذبابة على ورقة النبات بدون فروق معنوية بينها وكانت بحدود 67.25–89.17 حورية/ورقة، انخفضت كثافة الذبابة على النباتات المعاملة بطريقة تغليف البذور المزغبة والبذور المحلوقة كيميائياً وبالرش الورقي بفروق معنوية عمّا هي عليه في النباتات المعاملة بالإلقاح بسقاية التربة وكذلك كانت أخفض من الشاهد. من خلال النتائج التي تمّ الحصول عليها، تبيّن أن العزلات الحيوية قد ساهمت في تحسين نمو نبات القطن وتخفيض كثافة الذبابة البيضاء، ممّا يفضي إلى تعزيز مقاومة نبات القطن وتحسين إنتاجيته ويدعم برامج الإدارة المتكاملة للآفات الحشرية.

**كلمات مفتاحية:** تعزيز مقاومة النبات، أحياء دقيقة نافعة، تعزيز نمو، ذبابة بيضاء، قطن.

## المقدمة

تعدّ المبيدات الكيميائية الوسيلة الأكثر استخداماً للحدّ من أضرار الآفات التي تصيب محصول القطن، غير أن لهذه المبيدات أضراراً مهمّةً للبيئة والصحة العامة والانسان، لذا فإن هناك حاجة ماسة لتوفير بدائل صديقة للبيئة تكون فعّالة وتحقق إدارة مستدامة لمحصول القطن. وتعدّ عناصر المكافحة الحيوية إحدى الوسائل البديلة (Naranjo & Ellsworth, 2001).

تمتلك الفطور الممرضة للحشرات خاصية التعايش الداخلي مع النباتات، حيث أمكن عزلها طبيعياً أو بعد إجراء عدوى اصطناعية من نبات القطن كالفطر *Beauveria bassiana* (Lopez & Sword, 2015؛ Ownley *et al.*, 2008)، والفطر *Lecanicillium Lecanii* والفطر *Aspergillus parasiticus* (Gurulingappa *et al.*, 2010). يفيد هذا التعايش النبات والفطور الممرضة للحشرات المتعايشة، فهي تمنح النبات المقدرة على الحدّ من الأضرار الناتجة عن الحشرات المتغذية على النبات أو ممرضات النبات (White *et al.*, 2002). ونتيجة تعايش

https://doi.org/10.22268/AJPP-40.1.015024
© 2022 الجمعية العربية لوقاية النبات Arab Society for Plant Protection

الفطور الممرضة للحشرات مع النباتات فإنها تقلّل من أضرارها على النباتات ومنها نبات القطن مثل حشرة منّ القطن (*Aphis gossypii* Glover) ودودة كيزان الذرة (*Helicoverpa zea* Boddie) (Jaber & Ownley, 2018)، كما أن تطبيقها كعوامل مكافحة حيوية متعايشة يزيد من فعاليتها ويقلّل من المشاكل التي تعتري استخدامها بطريقة الرش المباشر (Vidal & Jaber, 2015).

إنّ معاملة البذور بالـ *Trichoderma* spp. تلعب دوراً سلبياً في تفضيل الحشرة للنبات (اختيار النبات العائل، الإباضة، سلوك التغذية، نسب النمو، التطور، نجاح التكاثر) (Gregg 2008)، وهناك تقارير قليلة حول تأثير الـ *Trichoderma* spp. على الحشرات المتغذية على المجموع الخضري مقارنة مع تأثيرها على الحشرات المتغذية على المجموع الجذري (Saravanakumar *et al*., 2017).

تعدّ بكتريا الـ *Bacillus subtilis* من البكتريا المتعايشة داخلياً مع النبات والمحفزة للنمو (Lugtenberg & Kamilova, 2009)، تحفز المقاومة الجهازية ISR إزاء عدد من الممرضات النباتية الفطرية والبكتيرية وعدد من الحشرات التي تتغذى على النسغ النباتي (Valenzuela-Soto *et al*., 2010)، كما أنها تزيد الإنتاجية لعدد من النباتات كالقمح والشعير والشوندر السكري/البنجر.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم تأثير طريقة الإلقاح بالكائنات الحية الدقيقة في نسب التعايش، وفي مؤشرات النمو وتطور وكثافة بعض أنواع الآفات الحشرية مثل حوريات الذباب الأبيض على نبات القطن.

## مواد البحث وطرائقه

### المواد الأحيائية

استخدم في التجارب صنف القطن "حلب 118"، وعدد من عزلات الأحياء الدقيقة النافعة كما هو موضح في جدول 1.

**جدول 1.** عزلات الأحياء الدقيقة المستخدمة في هذه الدراسة.

**Table 1.** Isolates of different microorganisms used in this study.

| إسم العزلة | | الوسط المعزولة منه | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Isolate code** | **Species name** **إسم النوع** | **Isolation source** | | **Source** | **المصدر** |
| T.L.C. | *Trichoderma harizianum* | Soil | التربة | Biological Control Center, Lattakia | مركز المكافحة الحيوية، اللاذقية |
| $T_{950}$ | *Trichoderma harizianum* | Soil | التربة | Biological Control Center, Hama | مركز المكافحة الحيوية، حماة |
| $T_{wood}$ | *Trichoderma* sp. | Cotton residues | أحطاب القطن | Biological Control Laboratory, Cotton Research Administration | مخبر المكافحة الحيوية، إدارة بحوث القطن |
| Asp | *Aspergillus* sp. | Cotton aphid | حشرة منّ القطن | | |
| $B._{bacteria}$ | *Bacillus* sp. | Cotton roots | جذور القطن | | |
| B.S. | *Bacillus subtilis* | Soil | التربة | Bosnia | البوسنة |
| B | *Lecanicellium lecani* | Soil | التربة | Lattakia Research Center | مركز بحوث اللاذقية |
| K | *Beauveria bassiana* | Soil | التربة | | |
| GHA | *Beauveria bassiana* | Whiteflies | الذبابة البيضاء | Commercial isolate | عزلة تجارية |

**تربية العزلات البكتيرية والفطرية**

زُرعت العزلات البكتيرية المختبرة في أطباق بتري (قطر 9 سم) على مستنبت الآغار المغذي (NA) بمعدل 50 طبق لكل عزلة، وحُضّنت لمدة 72 ساعة عند درجة حرارة 24±2 °س. حُصدت الأبواغ بعد ذلك باستخدام قضيب زجاجي بعد إضافة 10 مل ماء مقطر ومعقم مضافاً له 0.05% من مادة Tween 80، ثم نقل المعلق البكتيري إلى دورق (500مل). رُج الأنبوب لمدة ثلاثة دقائق لتحطيم الرقاقات الحيوية Biofilm وبعثرة الخلايا، تم حساب تركيز المعلق البكتيري (خلية بكتيرية/ مل) باستخدام شريحة العدّ Haematocytometer، وتمّ ضبط التركيز عند $1x10^8$ خلية/مل. اختبرت حيوية العزلات البكتيرية عن طريق إلقاح ثلاثة أطباق بتري بقطرة من التخفيف الخامس $10^3$ (خلية بكتيرية/ مل) من المعلق البكتيري لكل عزلة، وحضنت عند حرارة 24ºس لمدة 24 ساعة، ومن خلال عدّ المستعمرات الناتجة في الطبق، كان متوسط حيوية الخلايا البكتيرية حوالي 95%.

زرعت العزلات الفطرية المدروسة في أطباق بتري (قطر 9 سم) على وسط (PDA) بمعدل عشرين طبق لكل عزلة، وذلك بنشر كمية 100 ميكرولتر من المعلق البوغي (تركيز $1\times10^6$ بوغة/ مل) على سطح البيئة في الطبق، ثم حُضنت لمدة 15 يوماً عند حرارة 22 ºس في الظلام

للحصول على أعلى نسبة تبوغ. تمّ وزن 200 غ من البرغل ونقعها في الماء لمدة 24 ساعة ومن ثمّ التخلص من الماء الزائد، والتعبئة في عبوات زجاجية (200 غ/العبوة) وغُطيت فوهة العبوة بطبقتين من ورق القصدير المثقب التي تحوي على القطن، ثم عقمت بواسطة الأوتوكلاف عند حرارة 121ºس لمدة 20 دقيقة. وبعدها تمّ إلقاح كل عبوة بـ50 مل من المعلق البوغي (تركيز $1\times10^6$ بوغة/ مل) وحضنت عند حرارة 24±2ºس لمدة 20 يوماً حتى تمام التبوغ. حُصدت الأبواغ بعد ذلك بإضافة ماء مقطر ومعقم مضافاً له 0.05 % من مادة Tween 80 مع تفتيت كتل البرغل، ونقل المعلق البوغي إلى دورق سعة 500 مل. رج الدورق لمدة ثلاث دقائق لتحطيم الحوامل البوغية وبعثرة الأبواغ، ثم جرى تمرير المعلق عبر أربع طبقات من الشاش الطبي المعقم لفصل الأبواغ عن الميسيليوم وبقايا وسط النمو، تمّ حساب تركيز المعلق البوغي (بوغة كونيدية/مل) باستخدام شريحة العدّ. كما حُسبت نسبة إنبات أبواغ العزلات المدروسة من خلال تلقيح ثلاثة أطباق بتري بقطرة من المعلق البوغي لكل عزلة، ثم حضنت الأطباق عند 22ºس لمدة 24 ساعة. اختبرت حيوية الأبواغ بفحص 200 بوغة كونيدية على الأقل من كل طبق تحت المجهر، واعتبرت البوغة منتشة إذا تجاوز طول أنبوبة الإنبات نصف طول البوغة.

**طرائق إلقاح النباتات بالعزلات المختبرة**

جهزت أصص بلاستيكية قطرها 22 سم (5 ليتر) تحوي خلطة معقمة من التربة والبيتموس بنسبة 1:1. وزعت الأصص على ثلاث معاملات للعزلات المختبرة إضافة إلى معاملة الشاهد بدون عدوى، وبمعدل ثلاث مكررات لكل معاملة مع معاملة الشاهد، ووضعت في الجوّ الخارجي. تمّ استخدام التصميم العشوائي الكامل في توزيع المعاملات. اختبرت أربع طرائق لإلقاح النباتات بالعزلات وهي كما يلي:

**1) تغليف بذور القطن المحلوقة كيميائياً والبذور غير المحلوقة بالعزلات** – تمّت حلاقة بذور القطن باستخدام حمض الكبريت المركّز، وذلك بخلط البذار المحلوج مع الحمض بنسبة 4 :1، ثم الغسيل بالماء حتى تمام نقاء ماء الغسيل، ثم جففت البذور على درجة حرارة الغرفة لمدة 72ساعة، ثم أجري اختبار نسبة إنبات البذور المحلوقة كيميائياً والبذور غير المحلوقة كيميائياً وكانت 95 و90%، على التوالي. غُطِّست 300 غ من بذور القطن المحلوقة كيميائياً وكذلك بذور القطن غير المحلوقة كيميائياً في 1 ليتر من المعلق البوغي لكل عزلة من العزلات المدروسة لمدة 5 دقائق، ثمّ جففت البذور على ورق جرائد معقم بالأوتوغلاف حتى تمام الجفاف لمدة 24 ساعة، وعُبِّئت بأكياس ورقية. زُرعت البذور المغلَّفة بالعزلات في الأصص بمعدل 5 بذور في الأصيص الواحد.

**2) إلقاح النبات بالعزلات عن طريق رش المجموع الخضري** – زُرعت بذور القطن غير المحلوقة بمعدل 5 بذور/أصيص، تم رُشَّت بادرات القطن عند تشكل أربع أوراق حقيقية بـ 5 مل/بادرة من المعلق البوغي للعزلات المدروسة وبتركيز $10^7$ بوغة كونيدية/مل، في حين رُشت نباتات الشاهد بـ 5 مل ماء مقطر/نبات.

**3) إلقاح النبات بالعزلات عن طريق السقاية** – زُرعت بذور القطن غير المحلوقة بواقع 5 بذور/أصيص، سُقيت بادرات القطن عند تشكل أربع أوراق حقيقية بـ 25 مل/أصيص من المعلق البوغي للعزلات المدروسة بتركيز $10^7$ بوغة كونيدية/مل، في حين سُقيت نباتات الشاهد بـ 25 مل ماء مقطر/أصيص.

**4) اختبار إمكانية التعايش الداخلي للعزلات ضمن الأصص** – قُلِعت بادرات القطن، وأُجريت عملية التطهير السطحي للبادرات حسب ما نشر سابقاً (Greenfield *et al.*, 2015). وبعد الغسيل بالماء، نُقلت بادرات القطن إلى وعاء يحوي كحول 70% لمدة 15 ثانية ثم غسلت بالماء المقطر، وبعدها نقلت إلى محلول هيبوكلوريت الصوديوم بتركيز 1% لمدة دقيقة واحدة، ثم غسلت ثلاث مرات بالماء المقطر والمعقم. قُطِّعت البادرات لعدة قطع، ثم نقلت إلى أطباق بتري تحوي مستنبت PDA مدعم بالبنسلين (0.02%) وكبريتات الستريبتومايسين (0.004%) بالنسبة للبذور المعاملة بالعزلات الفطرية، أما البذور المعاملة بالعزلات البكتيرية فقد نُقلت بادراتها المعقمة إلى أطباق بتري تحوي بيئة الآغار المغذي. غُلِّفت الأطباق بغشاء من البارافيلم، ثم حُضِّنت عند حرارة 22±2 °س لحين ظهور النمو الخارجي للعزلات المدروسة على القطع النباتية. كما لُقِّحت بعض الأطباق بماء الغسيل للتأكد من فاعلية التطهير السطحي. اعتبرت العزلة متعايشة مع نبات القطن عند ظهور نموات الفطر على أيّ جزء من أجزاء النبات (أوراق، ساق، جذر). وسُجّلت نسب التعايش ضمن كل جزء من أجزاء النبات ونسبة التعايش مع النبات ككل.

**الصفات المدروسة والقراءات والتحليل الإحصائي**

رُصدت نسب تعايش العزلات مع النبات عن طريق قلع نبات واحد من كلّ مكرّر لكل قراءة، حيث أخذت القراءات الأربع بفاصل أسبوعي وذلك بعد أسبوع من تنفيذ معاملتي الإلقاح بالرش والسقاية التي أجريت في مرحلة أربعة أوراق حقيقية للنبات. سُجّلت نسب إنبات البذور المغلّفة بعد أسبوع من الزراعة، وسجلت مؤشرات النمو لجميع المعاملات وهي: ارتفاع النبات، وطول الجذر الرئيس، والوزن الرطب والجاف، وسُجّلت كثافة الإصابة بالذبابة البيضاء على بادرات القطن.

تمّ التحليل الإحصائي لنسب التعايش وفق اختبار One Way ANOVA باستخدام البرنامج الاحصائي Genstat 12، وسُجلت قيم

معنوية معامل فيشر والمقارنات الفردية باختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى احتمال 5%.

## النتائج

**إختبار تعايش العزلات مع نبات القطن**

أكدت النتائج (جدول 2) وجود تباين ذي دلالة إحصائية بين نسب التعايش للعزلات ضمن نبات القطن (Fpr. =0.031)، وكانت أعلى نسب التعايش عند العزلات GHA> K> B> Asp بدون فروق معنوية بينها، إذ بلغت أعلى نسبة 92.9%، بينما كانت نسب التعايش عند العزلات Bs> T.L.C> $T_{wood}$> $B._{bacteria}$ $T_{950}$ أقلّ وبفرق معنوي عن العزلات السابقة وبدون فروق معنوية فيما بينها. اختلفت العزلات في نسب التعايش مع أجزاء نبات القطن المختلفة، واختلفت نسب تعايش العزلة الواحدة بين جزء وآخر من النبات.

**تعايش العزلات ضمن جذر النبات** – سُجلت نسب تعايش العزلات المختلفة ضمن جذور نبات القطن تبايناً ذا دلالة احصائية (Fpr. =0.041)، وكانت عند العزلات $T_{wood}$ < GHA <B < T.L.C أعلى نسب التعايش ضمن الجذر حيث بلغت حوالي 53.1–57.5%

بدون فروق معنوية فيما بينها، وأقلّ من ذلك (بفرق معنوي) عند العزلات $B._{bacteria}$ <Asp <K <Bs وبدون فروق معنوية فيما بينها، وسجلت العزلة $T_{950}$ أقلّ نسبة تعايش ضمن الجذر بفروق معنوية مع بقية العزلات.

**تعايش العزلات ضمن ساق النبات** – سجلت نسب تعايش العزلات المختلفة ضمن ساق نبات القطن تباينات ذات دلالة احصائية (Fpr. =0.031)، وكانت أعلى نسبة تعايش ضمن الساق عند العزلات GHA> K> B> Asp> Bs حيث تراوحت بين (45.87–25.29%) بدون فروق معنوية بينها، وكانت أقل نسب التعايش ضمن الساق عند العزلات T.L.C> $B._{bacteria}$> $T_{wood}$> $T_{950}$.

**تعايش العزلات ضمن أوراق النبات** – كانت نسب تعايش العزلات ضمن أوراق نبات القطن عالية مقارنة مع نسبها ضمن الجذر والساق، وقد بيّنت النتائج وجود تباينات ذات دلالة احصائية بين نسب تعايش العزلات ضمن أوراق نبات القطن (Fpr. =0.034)، وكانت أعلاها عند العزلات GHA> K> B> Asp، حيث تراوحت بين (90.4–66.11%) بدون فروق معنوية بينها، وبنسبة أقلّ عند العزلة B.S، بينما كانت أقل نسب التعايش ضمن الأوراق عند العزلات $B._{bacteria}$> T.L.C> $T_{wood}$> $T_{950}$.

**جدول 2.** نسب تعايش العزلات مع نبات القطن صنف "حلب 118" ضمن أجزاء النبات المختلفة.

**Table 2.** Coexistence rate of microbial isolates in different plant parts of cotton variety "Aleppo 118".

| العزلات* Isolates* | ضمن أي جزء من النبات In any plant part | ضمن الأجزاء النباتية المختلفة In different plant parts | | |
|---|---|---|---|---|
| | | الجذور Roots | الساق Stem | الأوراق Leaves |
| T.L.C. | 57.50 bc | 57.50 a | 15.24 bc | 17.13 c |
| $T_{950}$ | 34.80 c | 34.80 c | 7.24 c | 8.75 c |
| $T_{wood}$ | 53.10 bc | 53.10 ab | 8.53 c | 15.26 c |
| Asp | 75.08 ab | 45.48 b | 27.58 abc | 66.11 ab |
| $B._{bacteria}$ | 38.80 c | 38.80 bc | 12.06 c | 27.28 c |
| B.S. | 60.20 bc | 48.04 b | 25.29 a bc | 54.32 b |
| B | 81.40 ab | 57.14 a | 38.22 ab | 78.84 ab |
| K | 88.70 a | 46.87 b | 42.82 a | 86.54 a |
| GHA | 92.90 a | 54.42 ab | 45.87 a | 90.40 a |
| Fpr | 0.031 | 0.041 | 0.031 | 0.034 |
| F | 24.40 | 8.40 | 24.40 | 24.40 |
| LSD. | 24.80 | 8.81 | 24.80 | 24.70 |
| CV% | 43.30 | 24.80 | 48.28 | 72.80 |

* T.L.C. و $T_{950}$ عزلات من الفطر *Trichoderma harizianum*، $T_{wood}$ عزلة من الفطر *Trichoderma* sp.، Aspعزلة من الفطر *Aspergillus* sp.، $B._{bacteria}$ عزلة بكتيرية من *Bacillus* sp.، B. S.عزلة من البكتيريا *Bacillus subtilis*، Bعزلة من الفطر *Lecanicellium lecanii*، K و GHA عزلات من الفطر *Beauvaria bassiana*.

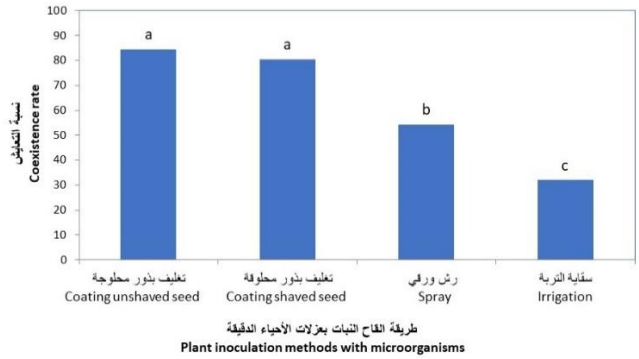
القيم المتبوعة بالحروف نفسها في العمود الواحد لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

* T.L.C. and T950 are isolates of the fungus *Trichoderma harizianum*, Twood is an isolate of *Trichoderma* sp., Asp is an isolate of the fungus *Aspergillus* sp., $B._{bacteria}$ is an isolate of *Bacillus* sp., B.S. is an isolate of the bacteria *Bacillus subtilis*, B is an isolate of the fungus *Lecanicellium lecanii*, K and GHA are isolates of the fungus *Beauvaria bassiana*.

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

**تأثير طريقة الإلقاح وفترة التحضين بعد الإلقاح على نسب تعايش العزلات مع نبات القطن**

أثّرت طريقة إلقاح النبات بالعزلات في نسب التعايش بدلالة احصائية معنوية (شكل 1). أدّت طريقتي الإلقاح بتغليف البذور المحلوقة كيميائياً والبذور غير المحلوقة إلى تحقيق أعلى نسب للتعايش، تلاها طريقة الرش الورقي، بينما كانت طريقة السقاية بالعزلات المختبرة أقلّها في نسبة التعايش.




**شكل 1.** النسب المئوية للتعايش بين العزلات ونبات القطن تحت تأثير طرائق الإلقاح المختلفة. القيم التي يوجد فوقها نفس الحرف لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

**Figure 1.** Coexistence rate between strains of microorganism isolates and cotton when using different inoculation methods. Values marked with the same letter are not significantly different at P=0.05.

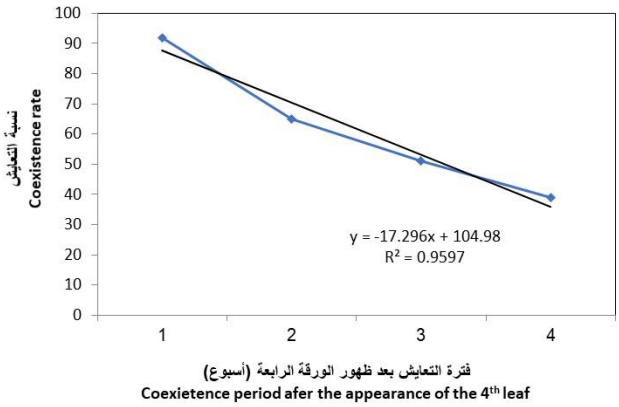
أكّدت النتائج (شكل 2) وجود تأثيرات ذات دلالة إحصائية معنوية لطول فترة التحضين بعد الإلقاح في نسبة تعايش العزلات مع نبات القطن. تناقصت نسب التعايش في جميع طرق الإلقاح المستخدمة تدريجياً مع زيادة طول فترة التحضين، وسجّلت النتائج وجود علاقة ارتباط خطّي سلبية قوية بين طول فترة التحضين ونسبة التعايش (R=0.98)، وكانت معادلة خط الانحدار بين فترة التحضين x (مقدرة بالأسبوع) ونسبة التعايش y هي كالتالي: $y = -17.296x + 104.98$; $R^2=0.96$.

**تأثير تعايش العزلات وطريقة الإلقاح على مؤشرات نمو نباتات القطن**

سجلت نتائج الاختبارات تأثير تعايش العزلات التسع المختبرة على أهمّ مؤشرات نمّو نباتات القطن مثل نسبة إنبات البذور، وأطوال المجموع الجذري والمجموع الخضري، والوزن الجاف والرطب للبادرات (جدول 3)، وكذلك تأثير طرائق الإلقاح الأربع المختبرة على مؤشرات النمو لنباتات القطن (جدول 4).

**تأثير العزلات المتعايشة على إنبات بذور القطن المغلَّفة بالعزلات**

أكّدت النتائج (جدول 3) وجود تأثير معنوي ذي دلالة احصائية للعزلات المختلفة في نسبة إنبات بذور القطن المغلّفة بالعزلات (Fpr. = 0.007)، وكانت نسبة إنبات البذور في الشاهد غير المعامل بالعزلات 50%، بينما كانت نسب إنبات البذور المغلّفة بالعزلات جميعها متفوقة على الشاهد بدون فروق معنوية فيما بين المعاملات المغلفة، وتراوحت ما بين 73.33 و96.67%، ما عدا العزلة B فكانت نسبة الإنبات فيها 70%، وهي أعلى من الشاهد ولكن بفرق غير معنوي.




**شكل 2.** تأثير الفترات الزمنية بعد الإلقاح في النسب المئوية للتعايش بين عزلات الأحياء الدقيقة ونبات القطن.

**Figure 2.** Effect of different periods after inoculation on coexistence between strains of microorganisms' isolates and the cotton plant.

**تأثير تعايش العزلات وطريقة الإلقاح على طول جذور بادرات القطن**

أكدت النتائج (جدول 3) وجود تأثير معنوي ذي دلالة إحصائية للعزلات المختلفة في طول جذور بادرات القطن بعد المعاملة (Fpr. = 0.006)، وكانت الجذور في جميع المعاملات أطول منها في معاملة الشاهد. كان متوسط أطوال الجذور في معاملة الشاهد 9.92 سم بينما تراوحت أطوال الجذور في المعاملات ما بين 11.56 و12.72 سم.

وكان لطرائق الإلقاح المختلفة تأثيرٌ معنوي في أطوال جذور نباتات القطن (Fpr. =0.006). أعطت طريقة تغليف البذور غير المحلوقة وطريقة تغليف البذور المحلوقة كيميائياً والرش الخضري أعلى طول للجذور (11.66–12.79 سم) دون فروق معنوية فيما بينها، بينما أعطت طريقة السقاية بالعزلات الفطرية والبكتيرية أقلّ طولٍ للجذور (11.1 سم) وبفرق معنوي عن معاملتي تغليف البذور غير المحلوقة ورش للمجموع الخضري.

**تأثير تعايش العزلات وطريقة الإلقاح على ارتفاع المجموع الخضري لنباتات القطن**

أشارت النتائج (جدول 3) إلى وجود تأثير معنوي للعزلات المختلفة في ارتفاع المجموع الخضري لبادرات القطن بعد المعاملة (Fpr. = 0.039). بيّنت المقارنات الفردية عدم وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات

بالعزلات الفطرية والبكتيرية، وتفوّق أطوال المجموع الخضري في المعاملات $T_{wood}$، $B._{bacteria}$، GHA، $T_{950}$، Asp ، B.S على معاملة الشاهد. كان متوسط ارتفاع المجموع الخضري في معاملة الشاهد 25.14 سم بينما تراوحت في المعاملات المذكورة بين 27.28 و29.81 سم، في حين لم يكن هناك فروق معنوية بين العزلتين T.L.Cو K والشاهد.

لم تسجل طرائق الإلقاح المختلفة تأثيراً ذا دلالة احصائية في ارتفاع المجموع الخضري لبادرات القطن (Fpr. =0.052). كانت قياسات أطوال المجموع الخضري متشابهة في جميع طرائق معاملة نباتات القطن، حيث تراوحت متوسطات أطوال البادرات في حدود 27.30–29.16 سم.

**تأثير تعايش عزلات الأحياء الدقيقة وطريقة الإلقاح على الوزن الرطب لنباتات القطن**

أكّدت النتائج (جدول 3) وجود تأثير معنوي ذي دلالة احصائية لعزلات الأحياء الدقيقة المختلفة في الوزن الرطب لبادرات القطن (Fpr. = 0.003). تفوقت معاملات نباتات القطن بالعزلات المختبرة جميعها في الوزن الرطب على الشاهد، إذ بلغ وزن الشاهد 8.96 غ، بينما تراوح أعلى وزن عند المعاملة بالعزلات B، GHA، $B._{bacteria}$، $T_{950}$ بين 15.63 و14 غ، مع عدم وجود فروق معنوية بينها. وكان أقلّ وزن رطب عند المعاملة بالعزلة B.S (11.33غ).

**تأثير تعايش عزلات الأحياء الدقيقة وطريقة الالقاح على الوزن الجاف لنباتات القطن**

أكّدت النتائج (جدول 3) وجود تأثير معنوي ذي دلالة احصائية للعزلات المختلفة في الوزن الجاف لبادرات القطن بعد المعاملة (Fpr. = 0.038)، مقارنة بمعاملة الشاهد الأقل وزناً (6.704غ)، وكذلك كانت المعاملتان بالعزلتين B.S وK بدون فروق معنوية مع الشاهد، بينما كان لجميع المعاملات الأخرى وزن جاف أعلى، ولم يسجل فروق معنوية بينها، وتراوحت بين 11.929غ عند العزلة GHA و9.508غ عند العزلة Asp.

**جدول 3.** مؤشرات النمو على نباتات القطن صنف "حلب 118" المعاملة بالعزلات الفطرية والبكتيرية المتعايشة مع النبات مقارنة مع الشاهد.

**Table 3.** Growth power measurements on cotton plant variety "Aleppo 118" inoculated with beneficial microbial treatments compared with control plants.

| مؤشرات النمو Growth indicators | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| الوزن الجاف للبادرات (غ) Seedling dry weight (g) | الوزن الرطب للبادرات (غ) Seedling fresh weight (g) | طول المجموع الخضري (سم) Seedling foliage length (cm) | طول الجذر (سم) Seedling root length (cm) | نسبة الإنبات Germination rate | العزلات* Isolates* |
| 9.797±1.46 abc | 12.79±1.78 bc | 26.39±1.210 abc | 11.56±0.60 ab | 76.67 ab | T.L.C |
| 10.548±1.10 abc | 14.00±1.31 ab | 27.28±1.23 ab | 12.47±0.59 a | 76.67 ab | $T_{950}$ |
| 10.033±0.90 abc | 12.57±1.13 bc | 28.97±1.05 a | 12.72±0.69 a | 96.67 a | $T_{wood}$ |
| 9.508±1.39 abc | 12.72±1.73 bc | 28.81±0.97 ab | 12.31±0.61 a | 80.00 ab | Asp |
| 10.388±1.02 abc | 14.18±1.21 ab | 29.81±1.19 a | 12.47±59.00 a | 73.33 ab | $B._{bacteria}$ |
| 8.602±0.80 bcd | 11.33±1.15 cd | 28.64±1.23 ab | 12.31±0.60 a | 73.33 ab | B.S |
| 11.031±1.13 abc | 15.63 ±1.69 a | 28.58±1.27 ab | 12.08±0.54 ab | 70.00 bc | B |
| 8.887±0.95 bcd | 12.33±1.26 bc | 26.61±1.50 abc | 12.06±0.66 ab | 83.33 ab | K |
| 11.929±1.45 a | 14.93±1.84 ab | 27.75±1.49 ab | 12.47±0.77 a | 90.00 ab | GHA |
| 6.704±0.55 d | 8.96± 0.67 e | 25.14±1.08 c | 9.92±0.52 b | 50.00 c | الشاهد C |
| 0.038 | 0.003 | 0.039 | 0.006 | 0.007 | Fpr. |
| 2.64 | 4.51 | 2.62 | 3.96 | 2.96 | F |
| 2.648 | 1.981 | 3.506 | 1.21 | 20.68 | L.S.D. |
| 43.3 | 31 | 41.5 | 35.2 | 23.1 | CV% |

*T.L.C. و $T_{950}$ عزلات من الفطر *Trichoderma harizianum*، $T_{wood}$ عزلة من الفطر *Trichoderma* sp.، Asp عزلة من الفطر *Aspergillus* sp.، $B._{bacteria}$ عزلة بكتيرية من *Bacillus* sp.، B.S. عزلة من البكتيريا *Bacillus subtilis*، Bعزلة من الفطر *Lecanicellium lecanii*، K و GHA عزلات من الفطر *Beauvaria bassiana*.

القيم التي تتبعها الحروف نفسها في العمود الواحد لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

* T.L.C. and $T_{950}$ are isolates of the fungus *Trichoderma harizianum*, $T_{wood}$ is an isolate of *Trichoderma* sp., Asp is an isolate of the fungus *Aspergillus* sp., $B._{bacteria}$ is an isolate of *Bacillus* sp., B.S. is an isolate of the bacteria *Bacillus subtilis*, B is an isolate of the fungus *Lecanicellium lecanii*, K and GHA are isolates of the fungus *Beauvaria bassiana*.

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

**جدول 4.** مؤشرات النمو على نباتات القطن صنف "حلب 118" المعاملة بعزلات الأحياء الدقيقة المتعايشة مع النبات حسب طريقة الالقاح.

**Table 4.** Growth measurements of cotton plant variety "Aleppo 118" inoculated with beneficial organisms using different inoculation methods.

| مؤشرات النمو Growth measurements | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| وزن البادرة الجاف (غ) Seedling dry weight (g) | وزن البادرة الرطب (غ) Seedling fresh weight (g) | طول المجموع الخضري للبادرات (سم) Seedling foliage length (cm) | طول جذر البادرة (سم) Seedling root length (cm) | Inoculation method | طريقة الإلقاح |
| 12.759±0.62 a | 12.68±0.76 b | 27.33±0.68 a | 12.79±0.34 a | Coating unshaved seed | تغليف بذور غير محلوقة |
| 9.805±0.95 b | 16.76±1.23 a | 27.30±0.87 a | 11.66±0.49 ab | Coating shaved seed | تغليف بذور محلوقة |
| 7.289 ±0.44 c | 10.01±0.55 c | 29.16±0.70 a | 12.59±0.33 a | Spraying | رش |
| 9.117±0.43 b | 12.32±0.78 b | 27.60±0.64 a | 11.11±0.35 b | Soil watering | سقاية التربة |
| <0.001 | <0.001 | 0.052 | 0.006 | | Fpr. |
| 11.55 | 11.55 | 4.65 | 12.31 | | F |
| 1.875 | 1.875 | 1.879 | 0.779 | | LSD |
| 37.6 | 37.6 | 31 | 35.2 | | CV% |

القيم التي تتبعها الحروف نفسها في العمود الواحد لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

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

أشارت النتائج أنّ لطرائق الإلقاح المختلفة تأثير معنوي في الوزن الرطب لنباتات القطن (Fpr<0.001)، وتفوقت معاملة تغليف البذور المحلوقة على بقية المعاملات وبلغت 16.76غ، وأنّ أقلّ معاملة كانت بالرش الورقي وبلغت 10.01غ، ولم تكن الفروق معنوية بين معاملتي تغليف البذور غير المحلوقة والسقاية. كذلك أشارت النتائج أن لطرائق الإلقاح المختلفة تأثير معنوي في الوزن الجاف لنباتات القطن (Fpr<0.001). تفوقت معاملة تغليف البذور غير المحلوقة على بقية المعاملات وبلغت 12.759غ، وأقل معاملة بالرش الورقي بلغت 7.289غ، ولم تكن الفروق معنوية بين معاملتي تغليف البذور المحلوقة والسقاية.

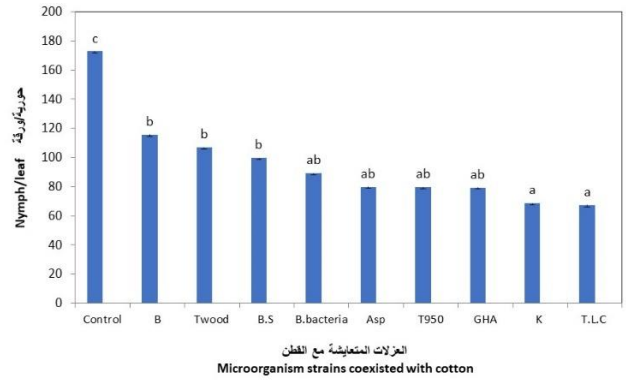
**تأثير تعايش العزلات وطريقة الإلقاح على كثافة الإصابة بالذبابة البيضاء على نبات القطن**

أكّدت النتائج (شكل 3) وجود تباينٍ ذي دلالة احصائية معنوية بين أثر العزلات المختلفة على نبات القطن في كثافة الذبابة البيضاء التي تصيب أوراق النبات (C.V% =40.2، L.S.D. =25.50، F=13.34، Fpr<.001)، حيث بلغت كثافة الذبابة البيضاء على نباتات الشاهد 172.75 حورية/ورقة، وكانت أعلى بدلالة احصائية معنوية مقارنة بجميع العزلات، بينما حقّقت العزلات T.L.C < K > GHA > $T_{950}$ > Asp > $B._{bacteria}$ كثافةً منخفضة في معدل حوريات الذبابة على ورقة النبات بدون فروق معنوية فيما بينها، وتراوحت بحدود 67.25–89.17 حورية/ورقة.

أكّدت النتائج (شكل 4) وجود تأثير ذي دلالة احصائية معنوية لطريقة إلقاح النباتات بعزلات الأحياء الدقيقة على كثافة الذبابة البيضاء التي تصيب أوراق النبات (C.V% =42.6، LSD= 20.91، F=13.02، Fpr<.001)، حيث بلغت كثافة الذبابة على النباتات المعاملة بطريقة تغليف البذور المحلوجة غير المحلوقة والبذور المحلوقة وبالإلقاح بالسقاية أدناها بفروق معنوية عن النباتات المعاملة بالإلقاح رشاً على الأوراق، وكذلك كانت أقلّ من الشاهد غير الملقح. وكان معدّل حوريات الذبابة على ورقة النبات 80.37 حورية/الورقة.

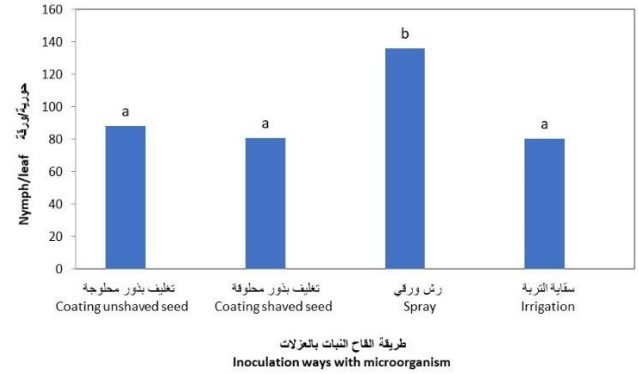
## المناقشة

هناك تأثيرات لنوع الكائن الحيّ الدقيق المستخدم على نسب تعايش الكائنات الحية الدقيقة النافعة مع النبات (Parsa *et al*., 2013؛ Posada *et al*., 2007؛ Tefera & Vidal, 2009)، ويتوافق هذا مع النتائج المتحصّل عليها في دراستنا، حيث كانت أعلى نسب تعايش للعزلة GHA العائدة للفطر *B. bassiana* والتي بلغت 92.9%، بينما كانت 34.8% للعزلة $T_{950}$ العائدة للفطر *T. harizianum*، كما أن لطريقة الإلقاح دورٌ في نجاح تعايشها مع النبات (Posada *et al*., 2007؛ Qayyum *et al*., 2015)، ويتوافق هذا مع نتائج دراستنا، حيث وجد أن طريقة الالقاح بالرش بالمعلق البوغي كانت الأقل كفاءة مقارنة مع باقي الطرائق المستخدمة، إلا أنَّ دراسةً أخرى قد أشارت إلى أنّه لم يكن ثمّة فروقات معنوية بين نسب التعايش وفقاً لطريقة الإلقاح بالمعلق البوغي (Tefera & Vidal, 2009) الأمر الذي يخالف النتائج الموضحة في دراستنا.




**شكل 3.** تأثير عزلات الأحياء الدقيقة المتعايشة مع النبات على متوسط كثافة الذبابة البيضاء على ورقة نبات القطن. القيم التي يوجد فوقها نفس الأحرف لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%. يرجى الاطلاع على أسماء العزلات في الجدول 2.

**Figure 3.** Effect of different microorganisms' strains associated with cotton plants on average density of the whitefly (nymphs/leaf). Values marked with the same letter are not significantly different at P=0.05. For isolate names, please see Table 2.




**شكل 4.** تأثير طرائق إلقاح النبات بعزلات الأحياء الدقيقة المتعايشة مع نبات القطن على متوسط كثافة الذبابة البيضاء على ورقة النبات. القيم التي يوجد فوقها نفس الحرف لا يوجد بينها فرق معنوي عند احتمال 5%.

**Figure 4.** Effect of different inoculation methods with beneficial microorganisms on average whitefly population density on cotton (nymphs/leaf). Values marked with the same letter are not significantly different at P=0.05.

أشارت دراسة على نبات القطن أنّه عند القاحه بالفطور المتعايشة *B. bassiana* و*Purpureocillium lilacinum* حدثت زيادة في الوزن الجاف ونمو نبات القطن (Lopez & Sword, 2015)، وهذا ينسجم مع النتائج المتحصل عليه في دراستنا من حيث ارتفاع المجموع الخضري وطول الجذر والوزن الجاف والرطب، كما استخدام في دراسات أخرى الفطران *B.bassiana* و*L. lecani* على القطن لتحفيز المقاومة الجهازية ضد الذبابة البيضاء (González-Mas *et al.*, 2021؛ Abdulle *et al.*, 2021)، حيث انخفضت كثافتها على نبات القطن، مع وجود تأثيرات سلبية على خصوبتها، وهذا يتوافق مع النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة، بالنسبة لعزلة الفطر *Aspergillus* sp. فقد توافق ذلك مع ما أورده Seye *et al.* (2014) حيث أشاروا لقدرة نوعين من الفطر *Aspergillus* في مكافحة منّ البازلاء (*Acyrthosiphon pisum*)، كما أن العزلة المستخدمة معزولة من حشرة منّ القطن (*Aphis gossypii*) بما يتوافق أيضاً مع نتائج دراستنا من حيث كثافة الذبابة البيضاء/الورقة.

ثمّة دراسات تشير إلى تأثير الـ*Trichoderma* spp. ودورها في زيادة نمو النبات (طول الجذر، ارتفاع المجموع الخضري، ثخانة الساق وطوله) (Hermosa *et al.*, 2013؛ Garnica-Vergara *et al.*, 2016) وهذا يتوافق مع نتائج دراستنا من حيث طول الجذر وارتفاع المجموع الخضري، كما أن تغليف بذور البندورة/الطماطم بعزلات من الـ *Trichoderma* spp. قد أدى إلى تخفيض كثافة الذبابة البيضاء إلى النصف مقارنةً بالنباتات غير المعاملة (Menjivar *et al.*, 2012)، وكانت كثافة حشرة المنّ أقلّ عند نباتات القطن الملقحة بالـ *Trichoderma* spp. وساهم التغليف بحماية نبات القطن منها (Gurulingappa *et al.*, 2010)، وهذا يتوافق مع نتائج دراستنا من حيث كثافة الذبابة البيضاء/الورقة.

تلعب بكتريا الـ *B. subtilis* دوراً في تحفيز نمو النباتات (طول الجذر، ارتفاع المجموع الخضري) (Goswami *et al.*, 2016؛ Hashem *et al.*, 2020)، وتزيد غلّة النبات (Sharaf-Eldin *et al.*, 2008) ويتوافق هذا مع نتائجنا المتحصل عليها، كما أنها تقلّل من كثافة الحشرات على نبات الخيار (Zehnder *et al.*, 1997)، وتحرض المقاومة الجهازية إزاء الذبابة البيضاء في البندورة المزروعة في الدفيئات (Hanafi *et al.*, 2007)، فعلى سبيل المثال تبيّن من خلال تلقيح نبات الأرابيدوبسس Arabidopsis ببكتريا الـ *B. subtilis* أن الاستجابات المناعية قد تنشطت ضد العمر الحوري الثاني والثالث للذبابة البيضاء، في حين لم تظهر في العمر الأول المتنقل (Kempema *et al.*, 2007)، كما يلعب دوراً هاماً في التأثير السلبي على تطور حوريات الذبابة البيضاء (Zarate *et al.*, 2007)، فضلاً عن أن الإلقاح بالبكتريا زاد من نمو النبات في الأسبوع الثالث بعد الإلقاح، وخفّف من وجود عذارى الذبابة البيضاء على النبات، ويعزى هذا إلى التأثيرات المشتركة لحمض الجاسمونيت المباشرة وغير المباشرة (Valenzuela-Soto *et al.*, 2010) مما يتوافق مع النتائج المتحصل عليها في هذه الدراسة. كما وجد من خلال هذه الدراسة أنّ طريقتي تغليف البذور سواء المحلوقة أو غير المحلوقة كانتا الأفضل بين الطرائق المستخدمة من حيث نسب التعايش مع نبات القطن، طول المجموع الجذري، الوزن الجاف، الوزن الرطب والأقل من حيث كثافة حوريات الذبابة البيضاء/الورقة.

## Abstract

**Al-Eisa, Z., M.N. El-Salti, M. El-Nabhan and A. El-Jomaa. 2022. Effect of Coexistence of Bacterial and Fungal Isolates with Cotton's "Aleppo 118" Variety in Improving Cotton Growth and Enhancing Cotton's Resistance to the Whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) by Using Different Inoculation Methods. Arab Journal of Plant Protection, 40(1): 15-24.** https://doi.org/10.22268/AJPP-40.1.015024

In this study, four methods of inoculation were used to assess coexistence of microorganisms with cotton plant: seeds coating (chemical shaved / unshaved), aerial spraying, irrigation and their effects on germination, endophytic symbiosis, growth parameters, density of whitefly's population density. For this purpose a number of bacterial and fungal isolates were tested (3 isolates of *Trichoderma harzianum* ($T_{wood}$, T.L.C, $T_{950}$), 2 isolates of *Beauveria bassiana* (GHA, K), 2 isolates of *Bacillus subtilis* (B.s, $B._{bacteria}$), one isolate of *Lecanicillium lecanii* (B), and one isolate of *Aspergillus* sp. (Asp)). Propagation of these isolates were conducted. Fungal isolates were propagated on burgol (cracked wheat), whereas bacterial isolates were propagated in Petri dishes contained NA medium, then suspension concentration was adjusted to $1x10^8$ cell/ml for bacterial isolates and $1x10^6$ conidia/ml for fungal isolates. Seeds of each treatment were planted in pots with 3 replicates per treatment, in addition to a control treatment. The results obtained showed that there was no significant difference between control and each of other treatments in germination rate, whereas highest coexistent rates were recorded for GHA, K, B, Asp isolates in all plant parts. Also, there were significant differences in roots length, foliage height, dry and fresh weight between $T_{wood}$, $B._{bacteria}$, GHA, $T_{950}$,Asp, B.S. treatments and control treatment. Inoculation with the isolates T.L.C, K, GHA, $T_{950}$, Asp, $B._{bacteria}$ produced low densities of whitefly's nymphs per leaf. Finally, shaved and unshaved seeds coating and soil irrigation methods produced low densities of whitefly's nymphs compared with the spraying treatment and all inoculation methods used had significant differences with control treatment. Microorganisms used improved cotton growth and decreased whitefly population density. This approach can be used as a component in integrated pest management programs for cotton.



**Keywords:** Beneficial microorganisms, growth parameters, resistance, cotton, whitefly.



***Affiliation of authors:*** *Z. Al-Eisa[1,2]*, M.N. El-Salti[2], M. El-Nabhan[3] and A. El-Jomaa[1]. (1) General Authority of Scientific Agricultural Research, Cotton Research Administration, Aleppo, Syria; (2) Plant Protection Department, Faculty of Agriculture, University of Aleppo, Syria; (3) General Authority of Scientific Agricultural Research, Hama Research Center, Hama, Syria. *Email of corresponding author: ziadissa989@gmail.com*


## References

## المراجع


**Abdulle, Y.A., T. Nazir, S. Sayed, S.F. Mahmoud, M.Z. Majeed, H.M.U. Aslam, Z. Iqbal, M.S. Nisar, A.U. Keerio, H. Ali and D. Qiu.** 2021. Sub-lethal effects of *Lecanicillium lecanii* (Zimmermann)-derived partially purified protein and its potential implication in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) defense against *Bemisia tabaci* Gennadius (Aleyrodidae: Hemiptera). Agriculture 2021, 11(8): 778. https://doi.org/10.3390/agriculture11080778

**Garnica-Vergara, A., S. Barrera-Ortiz, E. Muñoz-Parra, J. Raya-González, A. Méndez-Bravo, L. Macías-Rodríguez, L. Francisco Ruiz-Herrera and J. López-Bucio.** 2016. The volatile 6-pentyl-2H-pyran-2-one from *Trichoderma atroviride* regulates *Arabidopsis thaliana* root morphogenesis via auxin signaling and *Ethylene insensitive* 2 functioning. New Phytologist, 209(4): 1496–1512. https://doi.org/10.1111/nph.13725

**González-Mas, N., F. Gutiérrez-Sánchez, A. Sánchez-Ortiz, L. Grandi, T.C.J. Turlings, J.M. Muñoz-Redondo, J.M., Moreno-Rojas and E. Quesada-Moraga.** 2021. Endophytic colonization by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* affects plant volatile emissions in the presence or absence of chewing and sap-sucking insects. Frontiers in Plant Science, 12: 660460. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.660460

**Goswami, D., J.M. Thakker and P.C. Dhandhukia.** 2016. Portraying mechanics of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): A review. Cogent Food and Agriculture, 2(1): 1–19. https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1127500.

**Greenfield, M., M.I. Gómez-Jiménez, V. Ortiz, F.E. Vega, M. Kramer and S. Parsa.** 2015. *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* endophytically colonize cassava roots following soil drench inoculation. Biological Control, 95: 40–48. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2016.01.002

**Gregg, A.** 2008. Direct defenses in plants and their induction by wounding and insect Herbivores. Pages 7-29. In: Induced Plant Resistance to Herbivores. A. Schaller (ed.). Springer Science Business Media B.V. 462 pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8182-8

**Gurulingappa, P., G.A. Sword, G. Murdoch and P.A. McGee.** 2010. Colonization of crop plants by fungal entomopathogens and their effects on two insect pests when in planta. Biological Control, 55(1): 34-41. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.06.011

**Hanafi, A., M. Traore´, W.H. Schnitzler and M. Woitke**. 2007. Induced resistance of tomato to whiteflies and *Phytium* with the PGPR *Bacillus subtilis* in a soilless crop grown under greenhouse conditions. In: Proceedings of VIIIth IS on protected cultivation in mild winter climates. A. Hanafi and W.H. Schnitzler (eds.). August 31, 2007, Agadir, Morocco. Acta Horticulturae, 747: 315–322. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2007.747.38

**Hashem, A., B. Tabassum and E.F. Abdallah.** 2020. *Bacillus subtilis*: a plant-growth promoting rhizobacterium, Saudi Journal of Biological Sciences, 26(6): 1291-1297. https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2019.05.004

**Hermosa, R., R.M. Belén, R.E. Cardoza, C. Nicolás, E. Monte and S. Gutiérrez.** 2013. The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense. International Microbiology, 16(2): 69-80. https://doi.org/10.2436/20.1501.01.181

**Jaber, L.R. and B.H. Ownley**. 2018. Can we use entomopathogenic fungi as endophytes for dual biological control of insect pests and plant pathogens? Biological Control, 116: 36-45. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.018

**Kempema, L.A., X. Cui, F.M. Holzer and L.L. Walling.** 2007. Arabidopsis transcriptome changes in response to phloem-feeding silver leaf whitefly nymphs. Plant Physiology, 143(2): 849–865. https://doi.org/10.1104/pp.106.090662

**Lopez, D.C. and G.A. Sword.** 2015. The endophytic fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* and *Purpureocillium lilacinum* enhance the growth of cultivated cotton (*Gossypium hirsutum*) and negatively affect survival of the cotton bollworm (*Helicoverpa zea)*. Biological Control, 89: 53-60. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.03.010

**Lugtenberg, B. and F. Kamilova.** 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. Annual Review of Microbiology, 63: 541-556. https://doi.org/10.1146/annurev.micro.62.081307.162918

**Menjivar, R.D., J.A. Cabrera, J. Kranz and R.A. Sikora.** 2012. Induction of metabolite organic compounds by mutualistic endophytic fungi to reduce the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) infection on tomato. Plant and Soil, 352: 233-241. https://doi.org/10.1007/s11104-011-0991-8

**Naranjo, S.E. and P.C. Ellsworth.** 2001. Challenges and opportunities for pest management of *Bemisia tabaci* in the new century. Crop Protection. (Special issue), 20(9): 707. https://doi.org/10.1016/S0261-2194(01)00107-7

**Ownley, B., M. Griffin, W. Klingeman, K. Gwinn, J. Moulton and R. Pereira.** 2008. *Beauveria bassiana*: endophytic colonization and plant disease control. Journal of Invertebrate Pathology, 98(3): 267-270. https://doi.org/10.1016/j.jip.2008.01.010

**Parsa, S., V. Ortiz and F.E. Veja.** 2013. Establishing fungal entomopathogens as endophytes: Towards endophytic biological control. Journal of Visualized Experiments, 74: 50360. https://doi.org/10.3791/50360

**Posada, F., M.C. Aime, S.A. Peterson, S.A. Rehner and F.E. Vega.** 2007. Inoculation of coffee plants with the fungal entomopathogen *Beauveria bassiana* (Ascomycota: Hypocreales). Mycological Research, 111(6): 748-757. https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.03.006

**Qayyum, M.A., W. Wakil, M.J. Arif, S.T. Sahi and C.A. Dunlap.** 2015. Infection of *Helicoverpa armigera* by endophytic *Beauveria bassiana* colonizing tomato plants. Biological Control, 90: 200-207. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.04.005

**Saravanakumar, K., L. Fan, K. Fu, C. Yu, M. Wang, H. Xia, J. Sun, Y. Li and J. Chen.** 2017. Cellulase from *Trichoderma harzianum* interacts with roots and triggers induced systemic resistance to foliar disease in maize. Scientific Reports, 6: 35543. https://doi.org/10.1038/srep35543

**Seye, F., T. Bawin, S. Boukraa, J. Zimmer, M. Ndiaye, F. Delvigne and F. Francis.** 2014. Effect of entomopathogenic *Aspergillus* strains against the pea aphid, *Acyrthosiphon pisum* (Hemiptera: Aphididae). Applied Entomology Zoology, 49: 453-458. https://doi.org/10.1007/s13355-014-0273-z

**Sharaf-Eldin, M., S. Elkholy, J.A. Fernandez, H. Junge, R. Cheetham, J. Guardiola and P. Weathers.** 2008. *Bacillus subtilis* FZB24® affects flower quantity and quality of saffron (*Crocus sativus*). Planta Medica, 74(10): 1316-1320. https://doi.org/10.1055/s-2008-1081293

**Tefera, T. and S. Vidal.** 2009. Effect of inoculation method and plant growth medium on endophytic colonization of sorghum by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. BioControl, 54: 663-669. https://doi.org/10.1007/s10526-009-9216-y

**Valenzuela-Soto, J.H., M.G. Estrada-Hernandez, E. Ibarra-Laclette and J.P. Delano-Frier.** 2010. Inoculation of tomato plants (*Solanum lycopersicum*) with growth promoting *Bacillus subtilis* retards whitefly *Bemisia tabaci* development. Planta, 231: 397-410. https://doi.org/10.1007/s00425-009-1061-9

**Vidal, S. and L.R. Jaber.** 2015. Entomopathogenic fungi as endophytes: plant–endophyte–-herbivore interactions and prospects for use in biological control. Current Science, 109(1): 46–54.

**White, J.F., F. Belanger, W. Meyer, R.F. Sullivan, J.F. Bischoff and E.A. Lewis.** 2002. Clavicipitalean fungal epibionts and endophytes-development of symbiotic interactions with plants. Symbiosis, 33(3): 201-213.

**Zarate, S.I., L.A. Kempema and L.L. Walling.** 2007. Silverleaf whitefly induces salicylic acid defenses and suppresses effectual jasmonic acid defenses. Plant Physiology, 143(2): 866-875. https://doi.org/10.1104/pp.106.090035

**Zehnder, G., J.W. Kloepper, S. Tuzun, C. Yao, G. Wei, O. Chambliss and R. Shelby.** 1997. Insect feeding on cucumber mediated by rhizobacteria induced plant resistance. Entomologia Experimentalis et Applicata, 83(1): 81-85. https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1997.00159.x

**Received: August 11, 2021; Accepted: December 29, 2021**

**تاريخ الاستلام: 2021/11/8؛ تاريخ الموافقة على النشر: 2021/12/29**