

تقييم كفاءة أنواع من البكتريا الجذرية المحفزة لنمو النبات في بعض المؤشرات البيو كيميائية لنبات الباذنجان *Solanum melongena* L.

ابراهيم امهنا⁽¹⁾* و ياسر حماد⁽²⁾ و متيادي بوراس⁽¹⁾

(1). قسم البساتين، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2). قسم علوم التربة والمياه، كلية الهندسة الزراعية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(*المراسلة: ابراهيم امهنا ibrahim.lattakia.93@gmail.com، الهاتف: 0993608619)

تاريخ القبول: 2023/08/10

تاريخ الاستلام: 2023/07/4

الملخص

هدف البحث إلى اختبار فعالية التلقيح بالبكتريا الجذرية المحفزة للنمو (PGPR) في بعض المؤشرات البيو كيميائية للهجين Emerald F1 من الباذنجان. نفذ البحث في منطقة ريف اللاذقية (قرية المغريط) خلال عروة ربيعية للموسمين الزراعيين 2021 و 2022. شملت الدراسة أربع معاملات هي: الشاهد نباتات غير ملقحة (T1)، نباتات ملقحة بمعلق من المخصب البكتيري الأول (T2)، نباتات ملقحة بمعلق من المخصب البكتيري الثاني (T3)، نباتات ملقحة بمعلق من المخصب البكتيري الثالث (المخصب المختلط) (T4). اعتمد في تنفيذ البحث تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، بثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة وبمعدل (15) نباتاً في المكرر الواحد. أوضحت الدراسة أن أفضل النتائج تحققت عند التلقيح بمعلق بكتيري من المخصب الثالث (المخصب المختلط) حيث تفوقت النباتات الملقحة بهذا المعلق معنوياً على باقي المعاملات (النباتات الملقحة بمعلق من المخصب الأول والثاني) في محتوى الأوراق من العناصر الغذائية الأساسية (N, P, K) وفي محتواها من الكلوروفيل الكلي، حيث سجلت النباتات الملقحة بهذا المعلق أعلى القيم في كمية الأزوت (39.7 ملغ/غ وزن جاف) والفوسفور (6.88 ملغ/غ وزن جاف) والبوتاسيوم (235.4 ملغ/غ وزن جاف)، وفي المحتوى الكلي للكلوروفيل (3.3 ملغ/غ وزن طازج). كما بينت النتائج أيضاً أن التلقيح بمعلق بكتيري من هذا المخصب (المختلط) أثر في نوعية الثمار حيث سجل أعلى القيم في محتواها من المادة الجافة (8.6%) والمواد الصلبة الذائبة الكلية (5.48%) والبروتين (1.27%) والألياف (0.93%) مقابل 6.8% و 4.1% و 0.86% و 0.69% على التوالي في ثمار نباتات الشاهد.

الكلمات المفتاحية: الباذنجان *Solanum melongena* L.، البكتريا الجذرية المحفزة لنمو النبات،

المؤشرات البيو كيميائية .

المقدمة :

يعد محصول الباذنجان (*Solanum melongena* L.)، من نباتات الفصيلة الباذنجانية Solanaceae واحداً من محاصيل الخضار المحببة للمستهلك المحلي نظراً لاستعمالات ثماره المتعددة (حشو، طهي، مكدوس، تخليل وغيرها) وقيمتها الغذائية وفوائده الصحية، حيث يُزرع الباذنجان في سورية في الحقول المكشوفة، وكذلك ضمن بيوت الزراعة المحمية. وتعد ثمار الباذنجان مصدراً

غذائياً هاماً لاحتوائها العديد من العناصر الغذائية الأساسية، كالألياف والبروتينات والكربوهيدرات، إضافة لنسبة جيدة من الفيتامينات والأملاح المعدنية. وإلى جانب القيمة الغذائية فإن لثمار الباذنجان فوائد طبية وعلاجية تتمثل في خفض مستوى الكوليسترول في الدم والمواد السامة في الكبد، وتعديل نسبة السكر، ومنع الإصابة بمرض النقرس وتصلب الأوعية الدموية.

أجريت في السنوات الأخيرة العديد من الدراسات حول استخدام المخصبات الحيوية، والتي ذاع صيتها نتيجة الطابع العام لتأثيرها الإيجابي في النمو الخضري والإنتاج، وعلى رأسها البكتريا الجذرية المحفزة لنمو النبات *PGPR* Plant growth-promoting rhizobacteria، والتي تشكل رديفاً آمناً للأسمدة الكيميائية مما يسهم وبدرجة كبيرة في تحقيق الأمن الغذائي الذي يعد القضية الأساسية على الصعيد العالمي والمحلي، لا سيما مع انخفاض خصوبة التربة وتدهورها نتيجة الاستخدام العشوائي للأسمدة الكيميائية (Shambhavi et al., 2017)، إضافة إلى غلاء أسعارها وعدم توفرها في البلاد.

يختلف تأثير المعاملة بالبكتريا الجذرية المحفزة للنمو (PGPR)، باختلاف الأنواع البكتيرية المستعملة وعددها وطريقة التلقيح، فضلاً عن نوع المحصول والظروف البيئية السائدة (Ruzzi and Aroca, 2015). فقد تبين من خلال دراسة قام بها Jetiyanon et al., (2003) على نباتات الفليفلة، أن التلقيح بخليط من بكتريا (PGPR) التي تنتمي إلى *Bacillus.ssp*، حقق زيادة في الإنتاجية عند استخدام خليط من السلالتين IN937a+IN937b بشكل أكبر من استخدام كل سلالة بمفردها، كما وجد Zaki et al ; (2012) لدى تلقيح صنفين مختلفين من الفليفلة الحلوة بنوعين من البكتريا الجذرية *Bacillus megaterium* و *Bacillus subtilis* زيادة في محتوى أوراق النباتات المعاملة من العناصر الكبرى (N,P,K,Ca,Mg) والصغرى (Fe,Mn,Zn,Cu) بالمقارنة مع الشاهد غير الملقح. وعند تلقيح نباتات الفليفلة بعزلات مختلفة من البكتريا الجذرية المحفزة لنمو النبات وجد Hahm et al., (2017) زيادة معنوية في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي وزيادة في نشاط أنزيمات الأكسدة منها البيروكسيداز والكاتالاز والمركبات الفينولية الكلية.

ولاستخدام البكتريا الجذرية المحفزة للنمو دور هام في عملية نضج الثمار وجودتها ومحتواها من العناصر المعدنية (Cisternas-Jamet et al; 2020). ويعود ذلك لقدرة هذه البكتريا على تسهيل امتصاص العناصر الغذائية الأساسية وتحفيز نمو المجموع الجذري للنبات وزيادة إنتاج الايثيلين في النبات (Gamalero and Glick, 2015) الأمر الذي يعزز تخليق أنزيمات تقلل السكر الموجود في جدار الثمرة، وتوليد سكريات بسيطة تزيد من تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية في الثمار أثناء عملية النضج (Ordookhani and Zare, 2011; Vázquez-Ovando et al., 2012)، وهذا ما أكدته Rodriguez et al., (2018) عند معاملة نباتات البندورة بخليط من الأنواع البكتيرية الجذرية تحت ظروف الزراعة المحمية، حيث زاد تركيز المواد الصلبة الذائبة الكلية في ثمار نباتات البندورة المعاملة بالمقارنة مع الشاهد. وتتماشى هذه النتيجة مع ما وجدته إبراهيم (2023) لدى استخدام اثنين من المخصبات البكتيرية الجذرية على نباتات الفليفلة والذي أدى لزيادة في وزن الثمار الطازجة ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية وفيتامين C.

وانطلاقاً من الأهمية الاقتصادية لمحصول الباذنجان، حيث يشغل مساحة تقدر بنحو 7600 هكتار (المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية، 2020)، فضلاً عن أهميته التصنيعية وقيمته الغذائية، وبما أن التوجه العالمي الآن نحو التقليل من كميات الأسمدة المضافة والمحافظة على نظافة البيئة وصحة الإنسان، وفي محاولة لزيادة إنتاج هذا المحصول من أجل سد الحاجة الاستهلاكية المضطردة وتلبية الطلب المتزايد عليه، كان لا بد من البحث عن وسائل وتقانات آمنة بيئياً يمكن بواسطتها تنشيط

النمو النباتي وزيادة الإنتاج وتحسين نوعيته، ونظراً للتأثير الواعد للبكتريا الجذرية المحفزة للنمو (PGPR) كبديل آمن في تسميد الباذنجان وتوفير غذاء صحي خالٍ من الملوثات، فقد هدف البحث إلى:

تقييم كفاءة استخدام البكتريا الجذرية المحفزة لنمو النبات (PGPR) في بعض المؤشرات البيو كيميائية لنبات الباذنجان *Solanum melongena* L.

مواد البحث وطرائقه:

1- المادة النباتية:

استخدم في الدراسة الهجين Emerald F1 من الباذنجان وهو هجين هولندي المنشأ، نباتاته قوية النمو، الثمار اسطوانية متطاولة بلون بنفسجي.

2- مكان وموعد تنفيذ البحث:

تم تنفيذ البحث في منطقة ريف اللاذقية (قرية المغريط)، ضمن حقل زراعي مكشوف يرتفع عن سطح البحر 35م خلال عروة ربيعية للموسمين الزراعيين 2021-2022 م.

3- المواد المستخدمة في الدراسة: استخدم في الدراسة ثلاثة أنواع من المخصبات الحيوية البكتيرية.

أ_ المخصب الحيوي البكتيري الأول: (M1) ويتكون من خليط من الأنواع البكتيرية التالية:

- بكتريا *Azotobacter chroococcom*

- بكتريا *Frateuria aurantia*

- بكتريا *Bacillus megaterium*

- بكتريا *Rhizobium ligurninosarum*

ب_ المخصب الحيوي البكتيري الثاني: (M2) ويتكون من خليط من الأنواع البكتيرية التالية:

- بكتريا *Azotobacter chroococcom*

- بكتريا *Pseudomonas fluorescense*

- بكتريا *Bacillus circulas*

- بكتريا *Rhizobium phaseoli*

ج _ المخصب الحيوي البكتيري الثالث: (M3) وهو خليط من المخصبين الحيويين السابقين (المخصب الأول+ المخصب الثاني).

4- تحضير اللقاح البكتيري:

حُضر اللقاح البكتيري باستخدام بيئة غذائية سائلة (Tryptic Soy Broth (TSB)، في زجاجات خاصة بتنمية البكتيريا (Biogen)، تسمح بالحريك وتأمين التهوية الملائمة للنمو، حيث استخدمت وحدة تنمية لكل نوع من البكتيريا المستخدمة، ولقحت البيئة السائلة بالعزلات المنشطة بعد الحصول على مزارع حديثة، وضعت بعدها على هزاز بسرعة 100 دورة بالدقيقة وحضنت عند درجة حرارة 28 م°، لمدة 48 ساعة، وتم ضبط تركيز المعلق البكتيري المستعمل بحدود (10)⁹ خلية /مل باستخدام شريحة العد Bürker.

علماً أن كافة العزلات البكتيرية المستخدمة موصوفة ومحفوظة في مخبر أبحاث علوم التربة والمياه بكلية الزراعة في جامعة تشرين.

5- اعداد الأرض وتجهيزها للزراعة:

تم إعداد الأرض بإضافة السماد العضوي المختلط المعقم والجاف بمعدل 150 غ/م². وبعد الحراثة وتنعيم التربة وتسوية سطحها تم تخطيطها إلى خطوط أحادية تتباعد عن بعضها مسافة (90) سم. وزُرعت شتول متجانسة في الأرض الدائمة بعمر (50) يوماً مرحلة (5-4 أوراق حقيقية) مع مسافة (40) سم بين الشتلة والأخرى على نفس الخط بكثافة (2.7) نبات/م²، وذلك منتصف شهر نيسان، حيث تمت سقاية الشتول بعد الزراعة بواسطة شبكة ري بالتنقيط ممدودة إلى جانبي خطوط الزراعة.

6- تصميم التجربة والتحليل الاحصائي:

اعتمد في تنفيذ البحث تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، حيث شملت التجربة أربع معاملات، بثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة، وبمعدل خمسة عشر نباتاً لكل مكرر. وحُللت النتائج احصائياً باستخدام برنامج GEN STAT-12، ومقارنة الفروق بين المتوسطات باستخدام اختبار أقل فرق معنوي على مستوى 5% L.S.D.

7- المعاملات:

شملت التجربة المعاملات التالية:

1. نباتات غير معاملة (الشاهد). (T1)

2. نباتات ملقحة بمعلق بكتيري من المخصب الأول. (T2)

3. نباتات ملقحة بمعلق بكتيري من المخصب الثاني. (T3)

4. نباتات ملقحة بمعلق بكتيري من المخصب الثالث. (T4)

جرى تلقيح النباتات بالمخصبات المدروسة من خلال إضافة المعلق البكتيري إلى التربة بالقرب من الجذر مرتين الأولى عند التشثيل والثانية بعد (20) يوم من الإضافة الأولى بمعدل (15) مل للنبات الواحد في كل مرة، وبلغ تركيز المعلق البكتيري المستعمل (10)⁹ خلية /مل وجرى تلقيح النباتات بالمخصبات مرتين الأولى بعد (20) يوم من التشثيل والثانية بعد (15) يوماً من المرة الأولى، أي بعد (35) يوماً من التشثيل.

القراءات والقياسات المسجلة:

أُخذت عينات عشوائية من أوراق وثمار الباذنجان وأجريت عليها التحاليل التالية:

1- التحليل الكيميائي للأوراق:

أ- تقدير كمية الكلوروفيل الكلي: تم تقدير الكلوروفيل في الأوراق حسب (Kalaivani et al., 2013) وذلك باستخلاص الكلوروفيل من (1) غ من الأوراق الطازجة باستخدام الأسيتون (85) % كمذيب عضوي، ومن ثم أخذت القراءات للمحاليل المستخلصة باستخدام جهاز المطياف الضوئي (spectrophotometer) وذلك في مرحلة الإزهار الأعظمي.

ب- تقدير محتوى الأوراق من العناصر الغذائية الكبرى: تم أخذ العينات في مرحلة الإزهار الأعظمي وجُففت على درجة حرارة 75 °م لمدة 48 ساعة وبعدها استخدم الهضم الرطب للعينات حيث تم تقدير الآزوت بطريقة كلاهل، واليوتاسيوم بطريقة مضوء اللهب، والفوسفور بطريقة الفاندات باستخدام المطياف الضوئي.

2- التحليل الكيميائي للثمار:

جرى التحليل الكيميائي للثمار بعد وصولها لمرحلة النضج الاستهلاكي وشمل:

أ- تقدير نسبة المادة الجافة (%): تم تقدير نسبة المادة الجافة بطريقة التجفيف على درجة حرارة 105 °م حتى ثبات الوزن.

ب- تقدير نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (%): باستخدام جهاز الرفاكتومتر.

ج- تقدير كمية البروتين (غ/100 غ مادة طازجة): حيث تم تقدير الآزوت باستخدام الهضم الرطب وجهاز كداهل ثم حسبت كمية البروتين وفق العلاقة:

كمية البروتين = نسبة الآزوت x معامل البروتين (6.25)

د- تقدير نسبة الألياف (%): في الثمار: تم تقدير نسبة الألياف في الثمار حسب (Horwitz and Latimer 2007) عن طريق هضم العينة باستعمال حمض الكبريت المخفف (1.25 %) وهيدروكسيد الصوديوم (1.25 %).

النتائج والمناقشة:

1- التحليل الكيميائي للأوراق:

أ. تأثير المعاملات في محتوى الأوراق من العناصر الغذائية الكبرى (N-P-K):

تظهر النتائج المدونة في الجدول (1) أن تلقيح نباتات الباذنجان بالمخصبات البكتيرية الجذرية الثلاثة أثر إيجاباً في محتوى الأوراق من العناصر الكبرى، إذ تشير المعطيات أن النباتات الملقحة بالمخصبات البكتيرية قد تفوقت على نباتات الشاهد في محتوى الأوراق من الآزوت، حيث تراوحت كميته في أوراق النباتات المعاملة بين 33.9 و 39.7 ملغ/غ وزن جاف مقابل 24.8 ملغ/غ في نباتات الشاهد. وبالمقارنة بين المخصبات نجد أن معاملة التلقيح بالمخصب الثالث (الخليط) كانت الأفضل وتفوقت معنوياً على باقي المخصبات، إذ بلغ محتوى الأوراق من الآزوت في النباتات الملقحة بهذا المخصب 39.7 ملغ/غ مقابل 33.9 و 35.23 ملغ/غ في أوراق النباتات الملقحة بالمخصبين الأول والثاني على الترتيب مع ملاحظة تفوق ظاهري للمخصب الثاني. كما تراوحت كمية الفوسفور في أوراق النباتات الملقحة بين 5.2 و 6.88 ملغ/غ وزن جاف مقابل 4.98 ملغ/غ في نباتات الشاهد. وبالمقارنة بين المخصبات نجد أن معاملة التلقيح بالمخصب الثالث (الخليط) كانت الأفضل وتفوقت معنوياً على باقي المخصبات، إذ بلغ محتوى الأوراق من الفوسفور في النباتات الملقحة بهذا المخصب 6.88 ملغ/غ مقابل 5.2 و 5.3 ملغ/غ في أوراق النباتات الملقحة بالمخصبين الأول والثاني على الترتيب دون وجود فرق معنوي بينهما.

لا تختلف النتائج فيما يتعلق بمحتوى أوراق النبات من البوتاسيوم في المنحى والمسار عن النتائج المتعلقة بمحتواها من عنصري الآزوت والفوسفور. فالقرائن تظهر في هذا الجانب التأثير الإيجابي للتلقيح بالمخصبات البكتيرية التي تجلّى دورها في زيادة محتوى أوراق النبات من البوتاسيوم إلى ما بين 230.7 و 235.4 ملغ/غ مقابل 222.7 ملغ/غ وزن جاف لنباتات الشاهد وهي زيادة معنوية. وتشير في الوقت ذاته إلى تفوق المخصب الثالث (الخليط) الملموس والمعنوي على المخصبات الأخرى، حيث زاد محتوى أوراق النباتات الملقحة بهذا المخصب البكتيري من البوتاسيوم إلى 235.4 ملغ/غ وتلاه محتوى النباتات الملقحة بالمخصب الثاني 231.4 ملغ/غ وسجل أدنى محتوى من البوتاسيوم في أوراق النباتات المعاملة بالمخصب الأول بكمية بلغت 230.7 ملغ/غ، مع الإشارة إلى عدم وجود فرق معنوي في محتوى الأوراق من البوتاسيوم بين النباتات الملقحة بالمخصب الأول والثاني منفردين.

إن هذه الزيادة المضطردة في كمية العناصر الغذائية ضمن أوراق نباتات الباذنجان الملقحة بالمخصبات البكتيرية المختلفة يمكن أن تعزى وبشكل رئيسي إلى الدور الذي لعبته البكتريا في زيادة امتصاص هذه العناصر عن طريق تثبيت الحيوي للأزوت الجوي

وتيسير عنصر الفوسفور نتيجة قدرة هذه البكتريا على خفض قيمة pH التربة موضعياً في منطقة الرايزوسفير، إضافة إلى إذابة البوتاسيوم لإتمام دورة حياتها، هذا فضلاً عن دور البكتريا في إفراز العديد من منظمات النمو النباتية (Meena et al., 2018) كالجبرلينات والتي تلعب دوراً في زيادة انقسام الخلايا واستطالتها ، وتحفيز نموها واتساعها من خلال زيادة مرونة جدار الخلية وبالتالي زيادة كمية الكربوهيدرات والبروتين المصنعة في الأوراق ، مما يواكبه زيادة في الكتلة الحيوية للمجموعتين الخضري والجذري وبالتالي زيادة في امتصاص العناصر الغذائية. وهذه النتائج تتوافق مع ما توصل إليه Gupta et al (2015) على نباتات الفليفلة و Sharafzadeh (2012) على نبات البندورة. والذين أشاروا إلى أن تلقيح نباتات الفليفلة والبندورة بخليط من السلالات البكتيرية (PGPR) أدى إلى زيادة معنوية في محتوى الأوراق من العناصر المعدنية الكبرى (N,P,K) وزيادة الوزن الرطب للمجموعتين الجذري والخضري.

ب. تأثير المعاملات في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي:

تعتبر عملية التركيب الضوئي العملية الأساسية لتبادل الطاقة وبناء المادة في الطبيعة، إذ تقوم صبغات التركيب الضوئي بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية في النبات وبالتالي تتوقف كفاءة النباتات في امتصاص الضوء على كمية الكلوروفيل بوحدة المساحة من الورقة.

تظهر النتائج المدونة في الجدول (1) أن تلقيح نباتات الباذنجان بالمخصبات البكتيرية الثلاث قد انعكس إيجاباً على محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي والذي تراوحت كميته بين 2 و 3.3 ملغ/غ مادة طازجة مقابل 1.5 ملغ/غ في أوراق نباتات الشاهد. وبالمقارنة بين المخصبات نجد أن معاملة التلقيح بالمخصب الثالث (الخليط) كانت الأفضل وتوقفت معنوياً على باقي المخصبات، إذ بلغ متوسط كمية الكلوروفيل في أوراق النباتات المعاملة بهذا المخصب 3.3 ملغ/غ مادة طازجة مقابل 2 و 2.02 ملغ/غ في النباتات الملقحة بالمخصبين الأول والثاني على الترتيب دون وجود فرق معنوي بينهما.

إن الزيادة الحاصلة في كمية الكلوروفيل الكلي في الأوراق عند التلقيح بالمخصبات البكتيرية المختلفة تدل على فعالية هذه المخصبات في تحفيز النمو والتطور النباتي من خلال زيادة قدرة النباتات على امتصاص كمية كبيرة من الضوء وبالتالي زيادة الكفاءة التمثيلية وتنشيط العمليات الحيوية ضمن أنسجة النبات المختلفة، وربما تعزى زيادة كمية الكلوروفيل في أوراق النباتات الملقحة إلى فعالية الأنواع البكتيرية المكونة لهذه المخصبات لا سيما بكتريا *Azotobacter chroococcom* في تثبيت الأزوت الجوي، حيث يعتبر النيتروجين مكوناً أساسياً للكلوروفيل (Sivasankar and Oaks, 1996). إضافة إلى الدور الحيوي الذي تلعبه البكتريا الجذرية المحفزة للنمو في تكوين منظمات النمو كالأوكسينات والسايكوكينينات التي تلعب دوراً مضاداً لأكسدة الفيتامينات في الكلوروبلاست مما يزيد من كفاءة عملية التمثيل الضوئي. وتتفق هذه النتيجة مع ما توصل إليه Hahm et al., (2017) من زيادة معنوية في محتوى الأوراق من الفينولات والكلوروفيل الكلي عند تلقيح نباتات الفليفلة بعزلات مختلفة من البكتريا الجذرية المحفزة لنمو النبات.

الجدول (1) : تأثير التلقيح بالمخصبات البكتيرية في محتوى أوراق نبات الباذنجان الهجين Emerald F1 من الكلوروفيل الكلي

والعناصر الكبرى (متوسط موسمين 2021 و 2022)

المؤشرات المدروسة	الأزوت (ملغ/غ وزن جاف)	الفوسفور (ملغ/غ وزن جاف)	البوتاسيوم (ملغ/غ وزن جاف)	الكلوروفيل الكلي (ملغ/غ وزن رطب)
شاهد (نباتات غير معاملة) T1	24.8 c	4.98 c	222.7 c	1.5 c
T2 / m1	33.90 b	5.2 b	230.7 b	2.00 b
T3/ m2	35.23 b	5.3 b	231.4 b	2.02 b
T4/ m3	39.7 a	6.88 a	235.4 a	3.3 a

0.26	2.4	0.12	2.2	LSD 5%
------	-----	------	-----	--------

2- التحليل الكيميائي للثمار:

لم يقتصر تأثير التلقيح بالمخصبات البكتيرية في النمو النباتي ومحتوى الأوراق من العناصر الغذائية والكلوروفيل الكلي فحسب وإنما انعكس أيضاً على نوعية الثمار ومحتواها الغذائي، فقد تراوحت نسبة المادة الجافة في ثمار النباتات المعاملة بين 8.05 و 8.6% مقابل 6.8% في ثمار نباتات الشاهد، وبالمقارنة بين المخصبات نجد أن معاملة التلقيح بالمخصب الثالث (الخليط) كانت الأفضل وتوقفت معنوياً على باقي المخصبات، إذ بلغ متوسط نسبة المادة الجافة في ثمار النباتات المعاملة بهذا المخصب 8.6% مقابل 8.05 و 8.12% في النباتات الملقحة بالمخصبين الأول والثاني على الترتيب دون وجود فرق معنوي بينهما. وانعكست زيادة نسبة المادة الجافة في ثمار النباتات الملقحة بالمخصبات البكتيرية على محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية والذي تراوحت نسبته بين 5.28 و 5.48% متفوقة على نباتات الشاهد الذي بلغت نسبته 4.1% دون وجود فروق معنوية بين المخصبات الثلاثة في هذه الصفة.

وبدراسة محتوى الثمار من البروتين والألياف أظهرت كافة معاملات التلقيح تفوقاً معنوياً على معاملة الشاهد حيث تراوحت كمية البروتين في ثمار النباتات الملقحة بالمخصبات البكتيرية بين 1.06 و 1.27 غ/100 غ مادة طازجة ومن الألياف كمية تراوحت بين 0.81 و 0.93% مقابل 0.86 غ/100 غ مادة طازجة و 0.69% لنباتات الشاهد على التوالي. وبالمقارنة بين المخصبات نجد أن معاملة التلقيح بالمخصب الثالث (الخليط) كانت الأفضل وتوقفت معنوياً على باقي المخصبات من حيث محتوى الثمار من البروتين 1.27 غ/100 غ مادة طازجة والألياف 0.93% دون وجود فرق معنوي في هاتين الصفتين بين المخصب الأول والثاني.

الجدول (2) : تأثير التلقيح بالمخصبات البكتيرية في المحتوى البيوكيميائي لثمار نبات الباذنجان الهجين Emerald F1 (متوسط موسمين 2021 و 2022)

المعاملات	المؤشرات المدروسة	مادة جافة %	مواد صلبة ذائبة كلية %	البروتين (غ/100 غ مادة طازجة)	الألياف %
شاهد (نباتات غير معاملة) T1	6.8 c	4.1 c	0.86 c	0.69 c	
T2 / m1	8.05 b	5.28 ab	1.06 b	0.81 b	
T3/ m2	8.12 b	5.30 ab	1.08 b	0.86 b	
T4/ m3	8.6 a	5.48 a	1.27 a	0.93 a	
LSD 5%	0.55	0.25	0.09	0.04	

إن الزيادة الحاصلة في محتوى ثمار الباذنجان من المركبات الكيميائية لدى التلقيح بالمخصبات البكتيرية ربما تعود إلى دور هذه البكتيريا في وتحسين النمو النباتي من خلال إفرازها الهرمونات المختلفة كالأوكسينات والسيتوكينينات والجبرلينات، وتوفير العناصر الغذائية الأساسية (N-P-K) وتحسين محتواها في التربة بشكل متاح وزيادة امتصاصها من قبل النبات، وبالتالي تأثيرها في عملية التركيب الضوئي والتنفس والبناء البروتوبلازمي حيث يدخل الأزوت في تركيب عدد كبير من المركبات العضوية المهمة في العمليات الحيوية في النبات، وللبيوتاسيوم دور مهم كمنشط لتمثيل الكربوهيدرات المصنعة وانتقالها إلى الثمار، هذا فضلاً عن دور الفوسفور الممتص في تنشيط عملية نقل الطاقة وتنشيط نمو الجذور. وبالنتيجة تؤدي هذه الوظائف جميعها إلى تحفيز النمو الخضري وإعطاء مساحة ورقية أكبر مما ينعكس إيجاباً في نمو النبات وزيادة كمية المركبات المصنعة وانتقالها للثمار. تتماشى هذه النتائج مع ما توصل إليه إبراهيم (2023) على نباتات الغليظة، والشامي (2019) على نباتات البندورة.

الاستنتاجات:

على ضوء النتائج السابقة فإننا نستنتج ما يلي:

- 1- أبدى التلقيح بمعلق المخصب البكتيري المختلط (T4) تفوقاً واضحاً على كل من المخصبين البكتيريين الأول (T2) والثاني (T3) منفردين في كافة المؤشرات المدروسة حيث سجلت أوراق النباتات الملقحة بهذا المخصب أعلى القيم في محتواها من الأزوت (39.7 ملغ/غ وزن جاف) والفوسفور (6.88 ملغ/غ وزن جاف) والبوتاسيوم (235.4 ملغ/غ وزن جاف) والكلوروفيل الكلي (3.3 ملغ/غ وزن رطب).
 - 2- انعكس تأثير التلقيح بهذا المعلق البكتيري على نوعية الثمار حيث سجلت أعلى القيم في نسبة المادة الجافة (6.8%) والمواد الصلبة الذائبة (5.48%) والبروتين (1.27 غ/100 غ مادة طازجة) والألياف (0.93%) مقارنة مع نباتات الشاهد.
- وبناء على هذه الاستنتاجات نقترح متابعة الدراسات والأبحاث على استخدام معلق المخصب البكتيري المختلط على محاصيل خضرية أخرى ثم تقييم فعاليته في تحسين واقع الانتاج الكمي والنوعي لهذه المحاصيل.

المراجع:

- إبراهيم. محمد سلمان. (2023). تأثير بعض المخصبات الحيوية والمحفزات الكيميائية في خواص التربة ونمو نبات الفليفلة ومقاومته لفيروس موزاييك الخيار CMV في الزراعة المحمية. رسالة دكتوراة. قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. 152 صفحة.
- الشامي. رامي. (2019). تأثير بعض أنواع البكتريا (PGPR) في الحد من الإصابة بفيروس موزاييك الخيار على نبات البندورة رسالة دكتوراة. قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية. 147 صفحة.
- وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2020). مديرية الإحصاء والتعاون الدولي، قسم الإحصاء والتخطيط، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.
- Cisternas-Jamet, J., Salvatierra-Martínez, R., Vega-Gálvez, A., Stoll, A., Uribe, E., and Goñi, M. G. (2020). Biochemical composition as a function of fruit maturity stage of bell pepper (*Capsicum annum*) inoculated with *Bacillus amyloliquefaciens*. *Scientia Horticulturae*, 263, 109107.
- Gamalero, E., and Glick, B. R. (2015). Bacterial modulation of plant ethylene levels. *Plant physiology*, 169(1), 13-22.
- Gupta, S., Kaushal, R., Spehia, R. S., Kaundal, K., and Chauhan, A. (2014). Indigenous plant growth promoting rhizobacteria: potential green alternative for capsicum productivity under mid-hill conditions of north-western Himalayan region. *International Journal of Farm Sciences*, 4(3), 58-66.
- Hahm, M. S., Son, J. S., Hwang, Y. J., Kwon, D. K., and Ghim, S. Y. (2017). Alleviation of salt stress in pepper (*Capsicum annum* L.) plants by plant growth-promoting rhizobacteria. *Journal of microbiology and biotechnology*, 27(10), 1790-1797.
- Horwitz, W., and Latimer, G. W. (2007). *Official methods of analysis of AOAC International*, Maryland University. Washengton, D.C. USA. 2000 pp.
- Jetiyanon, K., Fowler, W. D., and Kloepper, J. W. (2003). Broad-spectrum protection against several pathogens by PGPR mixtures under field conditions in Thailand. *Plant Disease*, 87(11), 1390-1394.
- Kalaivani, M., Jebaesani, A., Maragathavalli, S., Annadurai. B. AND Gangwar, S. K. (2013) *Studies On Chlorophyll Content, Soluble Protein, Carbohydrates And Moisture Content OF Morus alba Linn*. *International Journal of Science and Nature*, 4(1), 131- 137.
- Meena, N. K., Tara, N., & Saharan, B. S. (2018). Review on PGPR: an alternative for chemical fertilizers to promote growth in Aloe vera plants. *Int J Curr Microbiol App Sci*, 7(03), 3546-3551.

- Ordookhani, K., & Zare, M. (2011). *Effect of Pseudomonas, Azotobacter and arbuscular mycorrhiza fungi on lycopene, antioxidant activity and total soluble solid in tomato (Lycopersicon esculentum F1 Hybrid, Delba)*. *Adv. Environ. Biol*, 5(6), 1290-1294.
- Rodríguez, G., B. E. Palomeque ., P. C. Ríos., A. M. Reséndez., L. L. Escobedo., H. S. Galván., J. S. Mata.(2018) *Influence of rhizobacteria in production and nutraceutical quality of tomato fruits under greenhouse conditions*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, , 9 (2), 367-379
- Ruzzi, M., and Aroca, R. (2015). *Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture*. *Scientia Horticulturae*, 196, 124-134.
- Shambhavi, S., Kumar, R., Sharma, S. P., Verma, G., Sharma, R. P., and Sharma, S. K. (2017). *Long-term effect of inorganic fertilizers and amendments on productivity and root dynamics under maize-wheat intensive cropping in an acid Alfisol*. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(4), 2004-2012.
- Sharafzadeh, S.(2012) *Effect of PGPR on growth and nutrients uptake of Tomato*. *International journal of advances in engineering & technology Iran*.2(1), 27-31.
- Sivasankar, S.; Oaks, A.(1996) *Nitrate assimilation in higher plants: the effect of metabolites and light*. *Plant Physiol. Biochem*,34, 609-620.
- Vazquezshy, J. A., Karina, D., Adriano-Anaya, M., Salvador-Figueroa, M., & Ov, I. (2012). *Sensory and physico-chemical quality of banana fruits Grand Naine grown with biofertilizer*. *African Journal of Agricultural Research*, 7(33), 4620-4626.
- Zaki, M. F., Fawzy, Z. F., Ahmed, A. A., and Tantawy, A. S. (2012). *Application of phosphate dissolving bacteria for improving growth and productivity of two sweet pepper (capsicum annum L.) cultivars under newly reclaimed soil*. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6(3), 826-839.

Evaluation of Plant growth-promoting rhizobacteria species efficiency in some biochemical indicators of eggplant plant *Solanum melongena* L.

Ibrahim Mhanna^{(1)*} Yaser Hamad⁽¹⁾ and Mitiady Boras⁽¹⁾

(1). Horticulture Department, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria

(2). Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Ibrahim akram Mhanna E-mail. ibrahim.lattakia.93@gmail.com).

Received: 4/07/2023

Accepted: 10/08/2023

Abstract

The research aimed to test the effectiveness of inoculation with Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) on some biochemical indicators of the Emerald F1 eggplant hybrid. The research was carried out in Lattakia countryside (Al Maghrit village) during the spring season for the two agricultural seasons 2021 and 2022. The study included four treatments: control, un-inoculated plants (T1), plants inoculated with a suspension of the first bacterial fertilizer (T2), plants inoculated with a second suspension of bacterial fertilizer (T3), and plants inoculated with a suspension of the

third bacterial fertilizer (mixed fertilization) (T4). In the implementation of the research, a randomized complete block design was adopted, with three replicates for one treatment, at a rate of (15) plants in one replicate. The study showed that the best results were achieved when inoculating with a bacterial suspension from the third fertilizer (mixed fertilizer), where the plants vaccinated with this suspension were significantly superior to the rest of the treatments (plants vaccinated with a suspension from the first and second fertilizer) in the leaf content of essential nutrients (N, P, K). And in their total chlorophyll content, The plants inoculated with this suspension recorded the highest values for nitrogen (39.7 mg/g dry weight), phosphorus (6.88 mg/g dry weight), potassium (235.4 mg/g dry weight), and total chlorophyll content (3.3 mg/g fresh weight). The results also showed that the pollination of bacterial suspension from this (mixed) fertilizer affected the quality of the fruits, as it recorded the highest values in dry matter content (8.6%), total soluble solids (5.48%), protein (1.27%), and fiber (0.93%) vs. 6.8%, 4.1%, 0.86%, and 0.69%, respectively, in the fruits of control plants.

Keywords: eggplant, *Solanum melongena* L., Plant growth-promoting rhizobacteria, biochemical indicators.