تقييم فعالية كل من التلقيح ببعض المخصبات الحيوية البكتيرية (PGPR) والرش بمعلق الخميرة في بعض المؤشرات المورفو–فيزيولوجية لنبات البندورة *Solanum lycopersicum* L. ضمن ظروف الزراعة المحمية

امجد وهيب السمرة*[1] وياسر حماد[2] ومتيادي بوراس[2]

[1] قسم البساتين، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، سورية.

[2] قسم علوم التربة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة اللاذقية، اللاذقية، سورية.

(*للمراسلة: د. امجد وهيب السمرة البريد الالكتروني: amjadalsamra444@gmail.com هاتف: 0988466799)

تاريخ الاستلام: 10/ 08/ 2025 **تاريخ القبول:** 29/ 09/ 2025

الملخّص

نفذ البحث ضمن بيت محمي غير مدفأ في منطقة الحفة (محافظة اللاذقية) خلال العروة الربيعية للموسم الزراعي 2025, هدف البحث إلى دراسة تأثير كل من معلق الخميرة وثلاث مخصبات حيوية بكتيرية في بعض المؤشرات المورفو–فيزيولوجية لنبات البندورة "الهجين Mandaloun F1". شملت الدراسة خمس معاملات هي: الشاهد (نباتات غير معاملة), نباتات مرشوشة بمعلق الخميرة, نباتات ملقحة بالمخصب الحيوي البكتيري الأول (M1) ونباتات ملقحة بالمخصب الحيوي البكتيري الثاني (M2) ونباتات ملقحة بالمخصب الحيوي الثالث (M3). اتبع في تنفيذ البحث تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة وبمعدل /10/ نباتاً في المعاملة الواحدة. أظهرت النتائج التأثير الإيجابي لكل من التلقيح بالمخصب البكتيري والرش بمستخلص الخميرة في الصفات المدروسة، وتفوقت معاملة التلقيح بالمخصب الحيوي الثالث معنوياً على بقية المعاملات وحققت أفضل النتائج حيث سجلت أعلى القيم في عدد أوراق النبات (33.7)ورقة/نبات, مساحة المسطح الورقي (17394)سم2/نبات، دليل المسطح الورقي (5.10) م2/م2، معدل النمو النسبي (1.71)مغ/غ/يوم, كمية الكلوروفيل الكلي(46.7) spad والكفاءة التمثيلية للنبات (0.0124)غ/سم2/يوم.

الكلمات المفتاحية: البندورة(*Solanum lycopersicum*.L)، المخصبات الحيوية البكتيرية، معلق الخميرة، المؤشرات المورفو–فيزيولوجية.

المقدمة:

تحتل زراعة الخضار مكانة هامة في حياة الفرد, وتشغل دوراً بارزاً في القطاع الزراعي لأهميتها في تحقيق الأمن والاستقرار الغذائيين, الأمر الذي يستدعي الاهتمام في استنباط طرق وفق أحدث الأساليب العلمية بما يخدم نمو وتطور هذه الزراعة وزيادة مردودها بأقل التكاليف الممكنة من أجل سداد الحاجة الاستهلاكية المضطردة.

ومع تنامي التوجهات إلى ضرورة ترشيد استخدام الأسمدة الكيميائية وتماشياً مع مقتضيات الوصول إلى الزراعة النظيفة, التي باتت اليوم ملاذاً منشوداً في دول العالم المتطور لتجنب أخطار الزراعة التقليدية وتوفير غذاء صحي خالٍ من الملوثات ووضع حد لتلوث التربة والمياه. فقد شاع استخدام المخصبات الحيوية البكتيرية (PGPR) كتقانات حديثة تهدف الى تنشيط النمو النباتي وزيادة المردود وتحسين نوعيته, كما استخدمت أيضاً كائنات مجهرية أخرى مفيدة للمجموع الخضري منها الخميرة *Saccharmyces Cerevisiae* حيث أن لهذه الخميرة خصائص تغذوية عند استخدامها رشاً على المجموع الخضري للنبات نظراً لغناها بالفيتامينات والأنزيمات والأحماض الأمينية والهرمونات النباتية Phytohormones (El-Lethy *et al* .,2011 ؛ Abdo Nassar *et al* .,2012) مما يحفز نمو النبات ويحسن مواصفاته الخضرية.

في الواقع لم يعد التأثير الإيجابي للبكتيريا الجذرية (PGPR) في النمو والإنتاجية محل نقاش في أعقاب النتائج التي أظهرتها دراسات وبحوث عدة. فقد أظهرت نتائج الدراسة التي قام بها (Abd El-Malek ,2005) دورها الكبير في توفير العناصر الغذائية بشكل متاح للنبات, وإنتاج منظمات النمو النباتية كالأوكسينات والسيتوكينينات والجبريلينات, التي تحث على انقسام الخلايا واستطالتها والتحكم بمكونات الجهاز الهرموني داخل أنسجة النبات.

تأكيداً على ما تقدم أشارت دراسات عديدة أن لمحفزات النمو البكتيرية تأثير واضح في نمو وانتاج نباتات الخضار, فقد أظهرت نتائج الدراسة التي قامت بها (Gashash *et al*.,2022) أن تلقيح نباتات البندورة ب (*Bacillus subtilis* و *Bacillus amyloliquefaciens*) أدى الى زيادة عدد الثمار, ومتوسط وزن الثمرة وإنتاج النبات, وتحسين نوعية الثمار بزيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية, وكمية فيتامين C.

كما أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها (الشامي ,2019) أن تلقيح نباتات البندورة بخليط من الأنواع البكتيرية الثلاثة *Frateuria aurantia* , *Azotobacter chroococcum* , *Bacillus megaterium* أدى إلى زيادة ارتفاع النبات, عدد الأوراق, الوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري, فضلاً عن زيادة عدد الأزهار ونسبة العاقد منها, وعدد الثمار وإنتاج النبات, بالمقارنة مع الشاهدين السليم والمعدى بالفيروس غير الملقحين بالبكتريا.

كما لاحظ (Moustaine *et al*.,2017) من خلال دراسة أجريت في المغرب لمعرفة تأثير التلقيح بثلاث سلالات من بكتريا PGPR في نمو نباتات البندورة، زيادة معنوية في ارتفاع النبات, وطول الجذر, لدى النباتات الملقحة بالمقارنة مع الشاهد، وكان الإنتاج أعلى لدى النباتات الملقحة بالسلالات البكتيرية.

في السياق ذاته أظهرت نتائج الدراسة التي قام بها (سلومي ,2014) أن تلقيح نبات البندورة بخليط من بكتريا *Pseudomonas* , *Azospirillum* و *Bacillus* و الرش بمعلق الخميرة *Saccharomyces* قد زاد بشكل معنوي مؤشرات النمو الخضري, ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي مقارنةً مع نباتات الشاهد.

من جهة أخرى تعد الخميرة *Saccharmyces Cerevisiae* أحد أنواع المخصبات الحيوية التي تلعب دوراً أساسياً في تحسين النمو والإثمار في محاصيل الخضار, حيث أظهرت نتائج الدراسة التي قام بها (Micaela *et al*.,2023) أن تلقيح نباتات البندورة بالفطريات النافعة وخميرة الخبز أدى الى زيادة قطر الساق, ونسبة الأزهار العاقدة/الكلية مقارنةً بنباتات الشاهد.

في هذا المجال أشارت دراسات عديدة أن لمستخلص الخميرة تأثير واضح في نمو وانتاج نباتات الخضار, فقد أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها (ALali *et al*.,2017) أن رش نباتات البندورة بمعلق الخميرة بتراكيز (20-40-60) غ/ل سجلت زيادة في ارتفاع النبات مقارنةً مع نباتات الشاهد، في حين سجلت معاملة الرش بتركيز 20 غ/ل أعلى القيم في عدد الثمار وانتاج النبات.

في هذا السياق أظهرت نتائج الدراسة التي أجراها (El-Ghamriny *et al*.,1999) أن رش نباتات البندورة بمعلق خميرة الخبز الجافة تركيز 10غ/ل أدى إلى تحسين النمو الخضري للنبات, وزيادة عدد الثمار ومتوسط وزن الثمرة و إنتاج النبات, وزيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، فضلاً عن زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة في الثمار.

كما أوضحت نتائج الدراسة التي توصل إليها (El-Tohamy *et al*.,2008) أن الرش الورقي لنباتات الباذنجان بمعلق الخميرة أدى إلى زيادة الإنتاجية وتحسين نوعية الثمار من خلال زيادة نسبة الثمار الصالحة للتسويق مقارنةً مع نباتات الشاهد.

انطلاقاً من الأهمية الاقتصادية والقيمة التغذوية والفوائد الطبية لنبات البندورة والمكانة الهامة التي يحتلها في الزراعة المحلية (الحقلية منها والمحمية) حيث يشغل مساحة تقارب (14) ألف هكتار منها قرابة 3600 هكتار في الزراعة المحمية أي ما يقارب 60% من إجمالي المساحة المغطاة محلياً والبالغة 6700 هكتار, وذلك بعد التوسع الكبير في انتشار الصالات المحمية الكبيرة, (احصائيات وزارة الزراعة, 2023). وما يسببه التسميد غير المتوازن من مشاكل في نوعية المنتج فضلاً عن المشاكل الصحية والبيئية التي تضر بالمستهلك.

ونظراً لدور المخصبات الحيوية البكتيرية منها والفطرية (الخمائر), في تحفيز النمو النباتي وعدم إحداثها ضرراً للبيئة والإنسان, ولكونها غير مكلفة مادياً مقارنةً مع الأسمدة الكيميائية, وفي محاولة لزيادة هذا المحصول لمواجهة الحاجة المضطردة عليه في السوق الاستهلاكية, فقد هدف البحث إلى اختبار فعالية كل من التلقيح بالمخصبات الحيوية البكتيرية والرش بمعلق الخميرة, في تنشيط النمو النباتي وتحسين مؤشرات النمو الخضري لمحصول البندورة.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية: استخدم في الدراسة الهجين مندلون F1 (MANDALOUN F1) من البندورة وهو هجين هولندي، غير محدود النمو، سريع النضج, الثمار ذات صلابة عالية, مقاوم للفيوزاريوم ولفيروس موزاييك البندورة TOMV ولفيروس تجعد أوراق البندورة TYLCV.

مكان تنفيذ البحث: تم تنفيذ البحث في قرية رسيون التابعة لمدينة الحفة في محافظة اللاذقية, والتي تبعد عن مدينة اللاذقية حوالي 23كم وتقع في الطابق البيومناخي شبه الرطب, ضمن بيت محمي غير مدفأ أبعاده (50×7م), ومساحته 350م^2, خلال العروة الربيعية للموسم الزراعي 2025م.

المواد المستخدمة في الدراسة: استخدم في الدراسة ثلاثة أنواع من المخصبات الحيوية البكتيرية المتكونة من أنواع بكتيرية معزولة، موصوفة ومحفوظة في مخبر علوم التربة والمياه في كلية الهندسة الزراعية في جامعة اللاذقية, ومستخلص تجاري واحد من خميرة الخبز الجافة وفق الآتي:

أولاً: معلق خميرة الخبز: تم الحصول على الخميرة من إحدى المستحضرات التجارية المحتوية عليها, وتم تجهيز المعلق بإذابة (8) غرام في لتر من الماء المقطر الدافئ بدرجة حرارة 32 درجة مئوية، كما اضيف إليها 2غرام من السكر لتنشيط الخميرة، وضعت بعدها في حاضنة على درجة حرارة 25 مئوية لمدة ساعتين مع التقليب (Chalutz *et al.*, 1977).

ثانيا: المخصبات الحيوية البكتيرية: وشملت:

أ_ المخصب الحيوي البكتيري الأول (M1): ويتكون من خليط من الأنواع البكتيرية التالية,(حماد والشامي, 2017):

- بكتريا *Azotobacter chroococcom*: بكتريا محلية مثبتة للآزوت، معزولة من تربة مزروعة بنبات البندورة.
- بكتريا *Frateuria aurantia*: بكتريا ميسرة للبوتاسيوم, ومعزولة من مستحضر تجاري.
- بكتريا *Bacillus megaterium* : بكتريا ميسرة للفوسفور , ومعزولة من مستحضر تجاري.

ب_ المخصب الحيوي البكتيري الثاني (M2): ويتكون من خليط من الأنواع البكتيرية التالية, (حماد والشامي, 2017):

- بكتريا *Azotobacter chroococcom*: بكتريا محلية مثبتة للآزوت، معزولة من تربة مزروعة بنبات الخيار.
- بكتريا *Pseudomonas fluorescence*: بكتريا ميسرة للفوسفور , ومعزولة من مستحضر تجاري.
- بكتريا *Bacillus circulas* : بكتريا ميسرة للبوتاسيوم, ومعزولة من مستحضر تجاري.

ج_ المخصب الحيوي البكتيري الثالث (M3):وهو خليط من المخصبين الحيويين السابقيين (M1+M2).

1- **المعاملات:** شملت الدراسة المعاملات التالية:

- T_1: نباتات غير معاملة (شاهد).
- T_2: نباتات مرشوشة بمعلق خميرة الخبز.
- T_3: نباتات ملقحة بمعلق بكتيري من المخصب الحيوي الأول (M1).
- T_4: نباتات ملقحة بمعلق بكتيري من المخصب الحيوي الثاني (M2).
- T_5: نباتات ملقحة بمعلق بكتيري من المخصب الخليط (M3).

حيث بلغ تركيز المعلق البكتيري المستعمل (10^9)خلية/مل, وتركيز الخميرة (8غ/ل), جرى تلقيح النباتات بالمخصبات البكتيرية وفق معاملات التجربة بإضافة المعلق البكتيري إلى التربة بالقرب من الجذر مرتين بمعدل (10مل/نبات) في كل مرة, الأولى: عند التشتيل مباشرةً في الأرض الدائمة, والثانية: بعد 20 يوماً من الأولى بمعدل (15مل/نبات), كما جرى الرش الورقي بمعلق الخميرة بعد أسبوعين من التشتيل بمعدل ثلاث رشات وبفاصل زمني 15 يوماً بين الرشة والتي تليها.

العمليات الزراعية:

- إعداد الشتول: جرى إعداد الشتول في نفق منخفض مغطى بالقماش الشبكي الناعم ضمن صواني خاصة بإنتاج الشتول مصنوعة من السربيور بعد تعبئتها بوسط البيت موس Peat-moss الزراعي, وبمعدل بذرة واحدة, وعلى عمق 1سم, بتاريخ 2025/1/8.
- تحضير الأرض وتجهيزها للزراعة: تم إعداد الأرض بإجراء حراثة عميقة, أضيف بعدها السماد العضوي الجاف والمعامل حرارياً بمعدل 200غ/م^2, ومن ثم فلاحة أرض البيت البلاستيكي بواسطة المحراث القرصي لخلط السماد وتنعيم التربة. قسمت بعدها الأرض إلى مصطبتين عرض كل منها 80 سم, تفصل بينهما ممر خدمة بعرض 90 سم. زرعت الشتول في البيت

بمرحلة (4–5 أوراق حقيقية) في أواخر شهر شباط بعمر 50 يوماً (بعد زوال موجة الصقيع) ضمن المصطبة في خطوط ثنائية تبعد عن بعضها مسافة 60 سم, وعلى مسافة 40 سم بين النبات والآخر ضمن الخط الواحد, بكثافة نباتية حوالي 2.94نبات/م^2.

جرت تربية النباتات المزروعة تربية عمودية قصيرة (على ارتفاع 2م) على ساق واحدة, وازيلت الفروع الجانبية النامية في آباط الأوراق على الساق الرئيسية كافة بشكل دوري, إضافة إلى إزالة الأوراق السفلية, وطوشت القمة النامية للساق بعد بلوغها شبكة الأسلاك العليا الممتدة فوق خطوط الزراعة على ارتفاع 2 م من سطح التربة, ثم ري النباتات باستخدام الري بالتنقيط بمعدل مرتين بالأسبوع.

تصميم التجربة والتحليل الاحصائي:

اعتمد في تنفيذ الدراسة تصميم العشوائية الكاملة(Randomized Complete Design (RCD. حيث شملت التجربة على (5) معاملات, بثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة, وبمعدل (10) نباتاً في المكرر الواحد. وبذلك يكون عدد نباتات التجربة 10×3×5=150 نبات, تم تحليل بيانات التجربة احصائياً باستخدام برنامج التحليل الاحصائي Genstat-12 , ومقارنة الفروق بين المتوسطات بحساب قيمة أقل فرق معنوي بين المعاملات L.S.D عند مستوى معنوية 5%.

2– **القراءات والقياسات:** تم أثناء الدراسة تسجيل القراءات التالية:

أولاً: المؤشرات الموفولوجية:

1– متوسط عدد أوراق النبات (ورقة/نبات).

2– مساحة المسطح الورقي للنبات (سم^2) بعد 75 يوم من التشتيل تم حسابها بطريقة (Rivera *et al* . ,2007) وفق العلاقة التالية:

(أقصى طول لنصل الصفيحة الورقية × أقصى عرض لنصل الصفيحة الورقية) × 0.674 (معامل تصحيح المساحة الورقية لنبات البندورة) × عدد أوراق النبات

3– متوسط دليل المسطح الورقي(م^2/م^2): تم حسابه بطريقة (Beadle *et al*., 1989) وفق العلاقة التالية:

$$\text{دليل المسطح الورقي} = \frac{\text{مساحة المسطح الورقي للنبات (م}^2\text{)}}{\text{المساحة الغذائية التي يشغلها النبات (م}^2\text{)}}$$

ثانياً: المؤشرات الفيزيولوجية:

1– معدل النمو النسبي للنبات(مغ/غ/يوم) باستخدام العلاقة التالية (Radfords,1967):

$$\text{معدل النمو النسبي} = \frac{\text{الوزن الجاف للمجموع الخضري بعد 75 يوم من التشتيل} - \text{الوزن الجاف للمجموع الخضري بعد 60 يوم من التشتيل}}{\text{عدد الأيام بين القياسين}}$$

2– كمية الكلوروفيل الكلي في أوراق النبات (Spad): تم تقديرها بواسطة بواسطة جهاز Spad الحقلي.

3– صافي معدل التمثيل الضوئي (الكفاءة التمثيلية) Net Assimilation Rate (N.A.R) (غ/سم^2/يوم) تم حسابه بطريقة (Watson,1952) وفق بالعلاقة التالية:

$$\text{الكفاءة التمثيلية للنبات (غ/سم}^2\text{/يوم)} = \frac{w2-w1}{T2-T1} \times \frac{(logL2-logL1)}{L2-L1}$$ حيث:

Log: اللوغارتم الطبيعي. T2-T1: الفترة الزمنية بين القياسين بالأيام.

L1: المساحة الورقية (سم^2) بعد 60 يوماً من التشتيل. L2: المساحة الورقية (سم^2) بعد 75 يوماً من التشتيل.

W1: الوزن الجاف للنبات (غ) بعد 60 يوم من التشتيل. W2: الوزن الجاف للنبات (غ) بعد 75 يوم من التشتيل.

النتائج والمناقشة:

أولاً: تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في بعض المؤشرات المورفولوجية لنبات البندورة الهجين Mandaloun F1:

تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في متوسط عدد الأوراق لنبات البندورة (ورقة/نبات):

تأتي أهمية هذه الصفة من خلال ارتباطها بكثافة المجموع الخضري ومساحة المسطح الورقي للنبات. تظهر النتائج المدونة في الجدول (1), تفوق جميع النباتات المعاملة وبفرق معنوي على نباتات الشاهد, حيث تراوح متوسط عدد الأوراق في النباتات المعاملة بين 31.7 و 33.7 ورقة/نبات مقابل 30.3 ورقة/نبات في نباتات الشاهد وهي الأقل عدداً.

بالمقارنة بين المعاملات المختلفة المستخدمة في الدراسة, تشير النتائج أن النباتات الملقحة بالمخصبات البكتيرية تفوقت معنوياً على النباتات المرشوشة بمعلق الخميرة, حيث سجل عدد الأوراق قيماً بلغت 32.4 – 32.9 – 33.7 ورقة/نبات على التوالي في المعاملات T_3 , T_4 , T_5 على التوالي مقابل 31.7 ورقة في النباتات المرشوشة بمعلق الخميرة. وقد تفوقت النباتات الملقحة بالمخصب الخليط الثالث معنوياً على النباتات الملقحة بالخليط البكتيري الأول والثاني بقيمة بلغت 33.7 ورقة/نبات.

تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في متوسط مساحة المسطح الورقي لنبات البندورة (سم^2):

تعد المساحة الورقية الكلية للنبات مقياساً لقدرته على عملية التركيب الضوئي, وتعد التباينات بين المعاملات في مساحة المسطح الورقي للنبات دليلاً يعكس فعالية النبات على القيام بهذه العملية الحيوية. وقد انعكس الاختلاف بين المعاملات في عدد أوراق النبات على مساحة مسطحها التمثيلي. وتشير المعطيات في الجدول (1) إلى أن متوسط مساحة المسطح الورقي للنباتات المعاملة تراوح بين 13548 و 17342 سم^2 في حين بلغ 11617 سم^2 لنباتات الشاهد.

بالمقارنة بين المعاملات تظهر النتائج أن الفرق بينها كان معنوياً, وأن أعلى قيمة سجلت عند النباتات الملقحة بالمخصبات الحيوية البكتيرية, حيث تراوحت مساحة المسطح الورقي للنباتات في هذه المعاملات بين 14684-17342 سم^2, مقابل 13548سم^2 للنباتات المرشوشة بمعلق خميرة الخبز, مع تفوق معنوي للنباتات الملقحة بالمخصب الحيوي الخليط (الثالث) حيث سجلت مساحة المسطح الورقي في نباتات هذه المعاملة قيمة بلغت 17342سم^2 مقابل 14684 -15884سم^2 على التوالي في النباتات الملقحة بالمخصب الأول والثاني.

تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في متوسط دليل المسطح الورقي لنبات البندورة (م^2/م^2):

يعد دليل المسطح الورقي مقياساً ذا دلالة موفو – فيزيولوجية تعكس كفاءة النباتات في تغطية مساحة معينة من الأرض, التي تؤثر بدورها في كفاءة التمثيل الضوئي, وإنتاج المادة الجافة.

تظهر النتائج المدونة في الجدول (1), وجود تباين في دليل مساحة المسطح الورقي بين المعاملات المختلفة. فبينما بلغت قيمة الدليل (3.41) م^2/م^2 في نباتات الشاهد, ارتفعت في النباتات المعاملة لتتراوح بين (3.98 و 5.10) م^2/م^2, وبالمقارنة بين المعاملات المختلفة المستخدمة في الدراسة, تشير النتائج إلى أن الفروقات كانت معنوية فيما بينها مع تفوق واضح للنباتات

الملقحة بالمخصبات البكتيرية, حيث تراوحت قيمة الدليل في نباتات هذه المعاملات بين (4.31 – 5.10) م^2/م^2 مقابل (3.98) م^2/م^2 في النباتات المرشوشة بمعلق الخميرة, مع الإشارة إلى تفوق تفوق النباتات الملقحة بالمخصب الخليط معنوياً على الملقحة بالمخصبات الأخرى حيث بلغت قيمة الدليل فيها (5.10) م^2/م^2, مقابل (4.31 – 4.67) م^2/م^2 في النباتات الملقحة بالمخصب الأول والثاني على التوالي.

الجدول(1): تأثير التلقيح ببعض المخصبات الحيوية البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في بعض المؤشرات المورفولوجية لنبات البندورة الهجين Mandaloun F1:

المؤشرات المدروسة / المعاملات	متوسط عدد أوراق النبات (ورقة /نبات)	متوسط مساحة المسطح الورقي للنبات (سم^2/نبات)	دليل المسطح الورقي (م^2/م^2)
T_1 الشاهد(نباتات غير معاملة)	30.3 e	11617 e	3.41
T_2 نباتات مرشوشة بمعلق خميرة الخبز الجافة	31.7 d	13548 d	3.98
T_3 نباتات ملقحة بالمخصب البكتيري الأول	32.4 c	14684 c	4.31
T_4 نباتات ملقحة بالمخصب البكتيري الثاني	32.9 b	15884 b	4.67
T_5 نباتات ملقحة بالمخصب البكتيري الخليط	33.7 a	17342 a	5.10
L.S.D 5%	0.45	923.9	-
معامل الاختلاف C.V%	4.1	7.4	-

إن الزيادة الحاصلة في بعض مؤشرات النمو المورفولوجية, كعدد الأوراق ومساحة المسطح الورقي ودليله نتيجة التلقيح بالمخصبات البكتيرية, قد يعزى إلى دور هذه المخصبات البكتيرية في توفير العناصر الغذائية بشكل متاح للنبات, فضلاً عن دور هذه البكتيريا في إنتاج منظمات النمو النباتية كالأوكسينات والجبرلينات والسيتوكينينات, والتي لها دور كبير في انقسام الخلايا واستطالتها, ناهيك عن تأثير هذه البكتيريا في إنتاج حمض الساليسيك الذي يسهم في نقل الإشارة ضمن أجزاء النبات, ويتحكم بمقاومة النبات للضغوط البيئية, إضافة لتأثيره في عملية التمثيل الضوئي والنتح وامتصاص ونقل الأيونات, وبالتالي له تأثير في نمو وتطور النبات (إبراهيم, 2023). وتتفق هذه النتائج مع ما خلصت إليه نتائج الدراسات التي أجراها (Moustaine *et al*.,2017) و (ALali *et al*.,2017)على نبات البندورة والتي أظهرت جميعها أن التلقيح بالمخصبات البكتيرية أدى إلى زيادة معنوية في مؤشرات النمو الخضري كافة.

ثانياً: تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في بعض المؤشرات الفيزيولوجية لنبات البندورة الهجين Mandaloun F1:

تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في معدل النمو النسبي لنبات البندورة (مغ/غ/يوم):

يعبر معدل النمو النسبي للنبات عن الوزن الجاف المتراكم للنبات لكل وحدة من الوزن الرطب خلال فترة زمنية معينة, وتظهر النتائج المدونة في الجدول (2), أن النباتات المعاملة تفوقت على نباتات الشاهد حيث سجل معدل النمو النسبي للنباتات المعاملة قيمة تراوحت بين (1.03 – 1.71) مغ/غ/يوم مقابل (0.73) مغ/غ/يوم في نباتات الشاهد.

وبالمقارنة بين المعاملات يظهر أن معاملات التلقيح بالمخصبات البكتيرية تفوقت معنوياً على معاملة الرش بمعلق الخميرة حيث تراوحت قيمته في هذه المعاملات بين (1.26 – 1.71) مغ/غ/يوم, مقابل (1.03) مغ/غ/يوم في معاملة الرش بمعلق الخميرة, وقد تفوقت معاملة التلقيح بالخليط البكتيري الثالث معنوياً على جميع المعاملات حيث سجلت قيمة بلغت (1.71) مغ/غ/يوم, تلتها المعاملة T_4 وبلغت 1.43 مغ/غ/يوم متفوقة معنوياً على المعاملة T_3 التي سجلت 1.26 مغ/غ/يوم.

تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في متوسط كمية الكلوروفيل الكلي لنبات البندورة (spad):

تتوقف كفاءة النبات في امتصاص الضوء, على كمية الكلوروفيل في وحدة المساحة من الورقة, ولا تختلف النتائج المتعلقة بالنمو الخضري للنبات في المسار عن النتائج المتعلقة بكمية الكلوروفيل الكلي. في هذا الإطار تظهر النتائج التأثير الإيجابي للمعاملات في زيادة كمية الكلوروفيل الكلي في الأوراق, والتي تراوحت قيمته فيها بين (41.0 – 46.7 spad) مقابل قيمة بلغت (35.3 spad) في نباتات الشاهد.

وتشير النتائج في الوقت ذاته إلى تفوق معاملات التلقيح بالمخصبات البكتيرية, التي سجلت قيمة تراوحت بين (42.6 – 46.7 spad), على معاملة الرش بمعلق الخميرة والتي سجلت (41.0 spad), حيث سجلت أعلى القيم في النباتات الملقحة بالمخصب البكتيري الثالث بقيمة بلغت (46.7 spad), متفوقة معنوياً على النباتات الملقحة بالمخصب البكتيري الثاني والأول التي سجلت (42.6–44.9 spad) على التوالي.

تأثير التلقيح ببعض المخصبات البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في متوسط الكفاءة التمثيلية لنبات البندورة (N.A.R) غ/سم^2/يوم:

تعبر الكفاءة التمثيلية عن مقدار الزيادة في المادة الجافة لكل وحدة مساحة من المسطح الورقي في وحدة الزمن, وهي ليست مقياساً مطلقاً (دقيقاً) لمدى كفاءة عملية التمثيل الضوئي, لكنها مقياس للزيادة في الوزن الجاف للنبات, والتي هي محصلة الفرق بين البناء الضوئي والتنفس (صهيوني, 2004). يتبين من النتائج الواردة في الجدول (2) أن تأثير المعاملات انعكس بشكل واضح على الكفاءة التمثيلية للنبات حيث تراوحت في النباتات المعاملة بين (0.0072–0.0124 غ/سم^2/يوم), مقابل (0.0041 غ/سم^2/يوم) لنبات الشاهد. وبالمقارنة بين المعاملات تظهر النتائج أن الكفاءة التمثيلية النباتات الملقحة بالمخصبات البكتيرية تفوقت معنوياً على النباتات المرشوشة بمعلق الخميرة بقيمة تراوحت بين 0.0091 و 0.0124 غ/سم^2/يوم, مقابل 0.0072 غ/سم^2/يوم للنباتات المرشوشة بمعلق الخميرة, مع وجود فرق معنوي بين النباتات الملقحة بالمخصبات, بحيث تفوقت النباتات الملقحة بالخليط الثالث والتي سجلت 0.0124غ/سم^2/يوم, تلتها تلك الملقحة بالمخصب الثاني بقيمة قدرها 0.0111غ/سم^2/يوم متفوقة معنوياً على معاملة النباتات الملقحة بالمخصب الأول والتي سجلت 0.0091 غ/سم^2/يوم.

الجدول(2): تأثير كل من التلقيح ببعض المخصبات الحيوية البكتيرية والرش بمعلق الخميرة في بعض المؤشرات الفيزيولوجية لنبات البندورة صنف Mandaloun F1:

المؤشرات المدروسة / المعاملات	معدل النمو النسبي للنبات مع/غ/يوم	متوسط كمية الكلوروفيل الكلي spad	الكفاءة التمثيلية للنبات غ/سم^2/يوم
T_1 الشاهد(نباتات غير معاملة)	**0.73 e**	**35.3 e**	**0.0041 e**
T_2 نباتات مرشوشة بمعلق خميرة الخبز الجافة	**1.03 d**	**41.0 d**	**0.0072 d**

T_3 نباتات ملقحة بالمخصب البكتيري الأول	1.26 c	42.6 c	0.0091 c
T_4 نباتات ملقحة بالمخصب البكتيري الثاني	1.43 b	44.9 b	0.0111 b
T_5 نباتات ملقحة بالمخصب البكتيري الخليط	1.71 a	46.7 a	0.0124 a
L.S.D 5%	0.15	1.8	0.0009
معامل الاختلاف C.V%	3.4	1.4	6.4

إن الزيادة الحاصلة في قيم معدل النمو النسبي وصافي معدل التمثيل الضوئي, التي أحدثتها المخصبات البكتيرية قد تعود إلى دور العناصر الغذائية التي توفرها الكائنات البكتيرية بشكل متاح للنبات, لا سيما عنصر الآزوت الذي يدخل في تركيب الأحماض الأمينية وتركيب جزيء الكلوروفيل مما يزيد من محتوى الأوراق من الكلوروفيل, فضلاً عن الدور الفعال للكائنات البكتيرية في إنتاج منظمات النمو, الأوكسينات و السايتوكنينات التي تمنع أكسدة فيتامين (C, E) في الكلوروبلاست مما يزيد من كفاءة عملية التمثيل الضوئي (O'Dell, 2003).

تنسجم هذه النتائج مع ما توصل إليه (سلومي, 2014) عند تلقيح نبات البندورة بخليط من بكتريا(*Pseudomonas* , *Azospirillum*) , *Bacillus* , الرش بمعلق الخميرة *Saccharomyces* قد زاد بشكل معنوي مؤشرات النمو الخضري ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي مقارنةً مع نباتات الشاهد.

كما تتوافق مع نتائج الدراسة التي توصل إليها (الشامي, 2019) أن تلقيح نباتات البندورة بخليط من الأنواع البكتيرية الثلاثة (*Frateuria aurantia* , *Azotobacter chroococcum* , *Bacillus megaterium*) أدى إلى زيادة ارتفاع النبات, عدد الأوراق, الوزن الطازج للمجموعين الخضري والجذري فضلاً عن زيادة عدد الثمار وإنتاج النبات.

الاستنتاجات والتوصيات:

بناءً على ما تقدم يمكن أن نستنتج ما يلي:

- الأثر الإيجابي لإضافة المخصبات الحيوية البكتيرية (PGPR) والرش بمعلق الخميرة على نباتات البندورة ضمن ظروف الزراعة المحمية، حيث ساعدت على تحسين المؤشرات المورفو– فيزيولوجية.
- تفوقت نباتات المعاملة بالمخصب الخليط M_3 معنوياً، على النباتات المعاملة بالمخصب الأول والنباتات المعاملة بالمخصب الثاني، من حيث كافة المؤشرات المورفو– فيزيولوجية المدروسة (ارتفاع النبات، عدد الأوراق، مساحة ودليل المسطح الورقي، كفاءة التمثيل الضوئي، ومعدل النمو النسبي، ومحتوى الكلوروفيل الكلي).
- بناء على ما سبق يمكن أن نوصي باستخدام المخصب الخليط M_3 والذي يتكون من خليط البكتيريا (*Azotobacter chroococcom*، *Frateuria aurantia*، *Bacillus megaterium*، *Bacillus circulas*، *Frateuria aurantia*، *Pseudomonas fluorescence*)، و بتركيز (10^9)خلية/مل للمعلق البكتيري المستعمل، بحيث يتم تلقيح النباتات بالمخصب البكتيري، بالقرب من الجذر بمعدل (10مل/نبات) مرتين: الأولى عند التشتيل مباشرةً في الأرض الدائمة، والثانية: بعد 20 يوماً من الأولى بمعدل (15مل/نبات)، بهدف تحسين معايير النمو المختلفة والتي تنعكس بدورها على إنتاجية النبات، وبحيث نحصل على منتج نظيف خالي من الأثر المتبقي للمبيدات بما يضمن صحة الإنسان والبيئة.

المراجع:

ابراهيم, محمد سلمان. 2023. تأثير بعض المخصبات الحيوية والمحفزات الكيميائية في خواص التربة ونمو نبات الفليفلة ومقاومته لفيروس موزاييك الخيار CMV في الزراعة المحمية. رسالة دكتوراه. قسم علوم التربة والمياه, كلية الزراعة, جامعة تشرين, سورية, 152ص.

الشامي، رامز محمد. 2019. تأثير بعض أنواع البكتريا (PGPR) في الحد من الإصابة بفيروس موزاييك الخيار على البندورة. رسالة دكتوراه. كلية الزراعة، جامعة تشرين– قسم وقاية النبات. ص:147.

المجموعة الإحصائية الزراعية السنوية السورية.2023. منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، مديرية الإحصاء والتخطيط، قسم الإحصاء. الاصدار الخامس والسبعون.

حماد, ياسر و رامز محمد الشامي.2017. توصيف بعض أنواع بكتيريا الرايزوسفير المحفزة لنمو النبات(PGPR) من بعض الأسمدة الحيوية والتربة. مجلة جامعة البعث, المجلد(39), العدد(25).

صهيوني, فهد (2004). أساسيات فيزيولوجيا النبات, الجزء النظري. منشورات جامعة البعث, حمص, سورية. 352صفحة.

سلومي، عبد الكريم.2014. تأثير استخدام الخليط البكتيري (*Azospillum*، *Pseudomonas*، *Bacillus*) و *Sacchharomyces cerevisiae* على بعض الصفات الخضرية لصنفي الطماطمة Sakata و NR تحت ظروف البيت البلاستيكي. مجلة الفرات للعلوم الزراعية.6(1) : 215–208.

Abd El-Malek.A.A.2005. Biofertilization usuage of producing environmentally safe potato crop. M.Sc Thesis, Inst. Of Envi Studies and Res,Fac.Agric,Aim Shams Univ, Cairo, Egypt.

Abdo ,F.A ; D.M.A.Nassar; E.F.Gomaa; and R.M.A.Nassar (2012) .Minimi ,zing the harmful effects of cadmium on vegetative growth,leaf anatomy,yield and physiological characteristics of soybean plant (glycine max L.) Merrill by foliar spray with active yeast extract or with garlic cloves extract. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences ,8 ,24-35.

Alali,F Alhaj ; M.Alabboud; and Kh.Mohi alden (2017). The effect of foliar of yeast extract on the vegetative growth and proudactivity in tomato. International conference on sutainable developments, strategiesand challenges with a foucus on agriculture, natural resources, environment and tourism,march,tabiz,Iran .

Beadle,L.C.; M.J.Bingham; and M.G.Guerrero(1989).Techniquesu in Bioproductivity and photosynthesis.Pregamon Press, Oxford New York, Toronto ,125-129.

Chalutz, E.; M.Lieberman; and H.D.Sisler (1977). Methionine Induced ethylene production by penicillium digitatum.Plant physiol.60 ,402-406.

EL-Ghamriny; E.A.;H.M.E. Aeisha; and K.A.Nour (1999). studies in tomato flowering , fruit set yield and quality in summer season.1-sprauing with thiamine,ascorbic acid and yeast. Zagazig.j.Agric.Res.26(5) ,1345-1364.

El-lethy, S.; S.Hasnaa; S. Ayad and F.Reda (2011). Effect of riboflavin,ascorbic acid and dry yeast on vegetative growth, essentiah oil pattern and antioxidant activity of Geranium Pelargonium graveolens L. American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci. 10(5) 781-786.

EL-Tohamy,W.A.; H.M.El-Abagy; and N.H.M.EL-Greadly (2008). Studies on the effect of putrescine,yeast and vitamin C on growth, yield and physiological Responses of

Eggplant(*Solanum Melongena* L.) under sandy soil conditions. Australian Journal of Basic and Applied Science,2(2) ,296-300.

Gashash E.; N. Osman; A. Alsahli; H. Hewait; A. Ashmawi; Kh. Alshallash; A. El-Taher; E. Azab; H. Abd El-Raouf; and M. Ibrahim. 2022. Effects of Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) and Cyanobacteria on Botanical Characteristics of Tomato (Solanum lycopersicon L.) Plants. Plants, 11,2732.

Micaela.B.; F.Sonia; S.Mariana; and M.Cecilia(2023). Effect of yeast and mycorrhizae inoculation on tomato (Solanum lycopersicum) production under normal and water stress conditions. Rev. FCA UNCuyo. .55(2): 1 41- 151. ISSN (enlínea) 1 853-8665.

Moustaine.M.; R.Elkhkahi; A.Benbouazza; R. Benkirane; and E.H.Achbani (2017). Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth in tomato (Solanum lycopersicum L.) and characterization for direct PGP abilities in Morocco. International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology. Morocco,2(2):590-596.

O'Dell,C (2003). *Natural plant hormones are bio stimulants helping plants divelop high antioxidant Activity for multiple benefits Virginia vegetable,*Small Fruit And Specialty Crops,2(6) ,1-3.

Radfords,P,D,1967. Growth analysis formulae their use and abuse. Grop. Sci-,7:171-175.

RIVERA, C. M.; Y.ROUPHAEL; M.CARDARLLI; and G.A.COLLA (2007). simple and accurate equation for estimating individual leaf area of eggplant from linear measurements. Europ. J. Hort. Sci. 70, 228-230

Watson,D.J.1952. The physiological basis of variation in yield. Adv.agro, 4:101-105.

Evaluation of the effectiveness of both inoculation with some bacterial biofertilizers (PGPR) and spraying with yeast suspension on some morphophysiological indicators of the tomato plant *Solanum lycopersicum* L. under the conditions of protected cultivation

Amjad W Alsamra[1*], Yaser Hamad[2] , and Mitiady Boras[1]

[1] Horticulture Department, Faculty of Agriculture engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

[2]Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture engineering, Lattakia University, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Amjad Wahib Alsamra, E-Mail: amjadalsamra444@gmail.com , Mobile: 0988466799).

Received: 10/ 08/ 2025 **Accepted:** 29/ 09/ 2025

Abstract

The research was carried out within an unheated sheltered house in the AL-Hafa area (Latakia governorate) during the spring lug of the agricultural season 2025, the research aimed to study the effect of both yeast suspension and three bacterial biofertilizers on some morphophysiological indicators of the tomato plant "hybrid Mandaloun F1". The study included five transactions: witness (untreated plants), plants sprayed with yeast suspension, plants inoculated with bacterial bio-fertilizer I (M1), plants inoculated with bacterial bio-fertilizer II (M2) and plants inoculated with bio-fertilizer III (M3). In carrying out the research, follow the design of complete random sectors with three duplicates per transaction and at a rate of /10/ plants per transaction. The results showed the positive effect of both inoculation with bacterial fertilizer and spraying with yeast extract in the studied qualities, and the inoculation treatment with the third bio-fertilizer significantly exceeded the rest of the transactions and achieved the best results, as the highest values were recorded in the number of plant leaves (33.7)leaf/plant, leaf litter area (17394)cm2/plant, leaf litter index (5.10) M2/M2, relative growth rate (1.71)mg/g/day, total chlorophyll amount (46.7) SPAD and representative efficiency of the plant (0.0124)G/cm2/day.

Keywords: tomatoes (*Solanum lycopersicum*.L), bacterial biofertilizers, yeast suspension, Morpho-physiological indicators