

دراسة استجابة نبات البندورة (صنف شروق) للمخصب الحيوي *Trichoderma Harzianum* والأوكسين IAA

طالب الدراسات العليا: ميس نغوف

الدكتور المشرف : أ.د. رولا محمد سعيد بايرلي

المخلص:

تم تنفيذ هذا البحث في الحقل المكشوف التابع لدائرة مكافحة الحيوية في محافظة حماه خلال عام (2021 - 2022) بهدف دراسة تأثير المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* (بتركيز 10^5 ، 10^6 ، 10^7 بوغة/مل) وهرمون النمو أندول أسيتيك أسيد IAA (بتركيز 50 و 100 ppm) والتفاعل بينها، في تحسين بعض مؤشرات النمو والإنتاجية لنبات البندورة (صنف شروق). صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، بينت النتائج تفوق معاملة التفاعل بين *Trichoderma harzianum* بتركيز 10^5 بوغة/مل مع IAA بتركيز 50 ppm على بقية المعاملات والشاهد بفروق معنوية في ارتفاع النبات (92.22 سم)، محتوى أصبغة البناء الضوئي (محتوى كلوروفيل 4.80 a ملغ/غ، محتوى كلوروفيل 2.44 b ملغ/غ، محتوى الكاروتينات 2.28 ملغ/غ) والمؤشرات الإنتاجية (عدد الأزهار على العنقود 5.50 زهرة، عدد الأزهار العاقدة/عنقود 4.61 زهرة، عدد الثمار/النبات 69.00 ثمرة)، ودون وجود فروق معنوية مع معاملة المخصب الحيوي بمفرده *Trichoderma harzianum*. من جهة أخرى كان للتركيز الأعلى لكل من الأوكسين والتريكوديرما أثر سلبي فقد أدت إلى انخفاض قيم جميع المؤشرات بالمقارنة مع الشاهد،

وأدت معاملة التفاعل بين *Trichoderma harzianum* 10^7 بوغة/مل مع IAA بتركيز 100 ppm لأقل القيم في جميع المؤشرات السابقة بالمقارنة مع الشاهد.

الكلمات المفتاحية: البندورة، *Lycopersicon esculentum*، المخصب الحيوي، *Trichoderma Harzianum*، IAA.

Study of the Response of Tomato Plant (Shorouk Variety) to the Biofertilizer *Trichoderma Harzianum* and Auxin IAA

Abstract:

This research was carried out in open field in the Biological Control Department in Hama Governorate during the years (2021 - 2022) with the aim of studying the effect of the biofertilizer *Trichoderma harzianum* (at a concentration of 10^5 , 10^6 , 10^7 spores/ml and the growth hormone indole acetic acid IAA at a concentration of 50 and 100 ppm and the interaction between them on improving some growth and productivity indicators of tomato plants (Shorouk variety). The experiment was designed according to a complete randomized block design. The results showed that the interaction treatment between *Trichoderma harzianum* at a concentration of 10^5 spores/ml with IAA at a concentration of 50 ppm was superior to the rest of the treatments and the control with significant differences in morphological indicator (92.22 cm for plant height), photosynthetic pigments content (4.80

mg/g for chlorophyll a content, 2.44 mg/g for chlorophyll b content and 2.28 mg/g for carotenoids content), and production indicators (5.50 flowers on cluster, 4.61 flowers set on cluster and 69.00 fruits/plant) and without significant differences with the treatment of the biofertilizer alone *Trichoderma harzianum*. While higher concentrations of Auxin and *Trichoderma* led to lower values of all studied indicators compared to the control, and the interaction treatment between *Trichoderma harzianum* 10^7 spores/ml with IAA at a concentration of 100 ppm led to the lowest values in all studied indicators compared to the control.

Keywords: Tomato, *Lycopersicon esculentum*, biofertilizer, *Trichoderma Harzianum*, IAA.

مقدمة:

تعتبر البندورة (*Lycopersicon esculentum* $2n=24$) من محاصيل الخضر الهامة وأكثر الخضروات استهلاكاً في العالم نظراً لمكانتها كمكون أساسي في مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأطعمة النيئة أو المطبوخة أو المعالجة، وتُزرع في جميع أنحاء العالم للاستخدام المحلي أو كمحصول للتصدير [1]. تنتمي البندورة المزروعة *Solanum lycopersicum* L. إلى عائلة *Solanaceae* المتنوعة، والتي تضم أكثر من 3000 نوع [2]، وهي من أكبر وأهم الخضروات على مستوى العالم، احتلت المرتبة الأولى كأكثر الخضروات إنتاجاً بواقع 186 مليون طن في عام 2022 حيث جاءت الصين في مقدمة الدول المنتجة وصل إنتاجها حتى (68,241,811 طن)، تليها الهند (20,694,000) وتركيا (13,000,000) والولايات المتحدة (10,199,753) ثم مصر (10,199,753) [3].

مؤخراً، أدت عدة عوامل إلى تقييد إنتاج البندورة وانخفضت غلتها نتيجة الاستخدام الكثيف للأسمدة المعدنية التي يُلاحظ أنها فعالة بشكل عام فقط خلال السنوات الأولى من الزراعة. ولكن بعد بضع سنوات، يؤدي ذلك إلى تدهور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربة وبالتالي انخفاض غلة المحاصيل [4]. كما يرجع الانخفاض في الغلة إلى زيادة الآفات والأمراض، والمعاملات الكيميائية المكثفة والخسائر المرتفعة بعد الحصاد [5]. وتسعى الجهود حالياً لدراسة إمكانية استبدال الأسمدة المعدنية بأسمدة عضوية وحيوية صديقة للبيئة وفعالة من حيث التكلفة [6]. تعد الأسمدة الحيوية مصادر متجددة ومنخفضة التكلفة للمغذيات النباتية، وتحقق هدف الزراعة المستدامة وهي واحدة من أفضل الأدوات الحديثة للزراعة. منذ العصور القديمة، كان التأثير المفيد للبقوليات في تحسين خصوبة التربة معروفاً ثم تم اكتشاف *Azotobacter* ثم الطحالب الخضراء المزرقة ومجموعة من الكائنات الحية الدقيقة الأخرى [7].

أصبح تطبيق المحفزات الحيوية الميكروبية (على سبيل المثال *Trichoderma spp.*) منتشراً على نطاق واسع بفضل تأثيراتها الإيجابية على مكافحة أمراض النبات [8]، وتحفيز نمو النبات وإنتاج المركبات النشطة بيولوجياً ذات النشاط المضاد للأكسدة [9]. يوجد فطر *Trichoderma spp.* في ظروف بيئية مختلفة في جميع أنحاء العالم. يضم الجنس أكثر من 100 نوع معروف. يستخدم هذا الفطر بشكل أساسي كطفيلي فطري مضاد لفطريات التربة، وبعض الأنواع لها تأثيرات مفيدة على إنبات البذور ونمو النباتات وتحسين الإنتاج والعائد [10]، وذلك من خلال تصنيع الهرمونات النباتية مثل gibberellins، auxins وحمض الساليسيك [11]، كذلك تحسين حالة الجذر وبنيته وتحسين قابلية البذور للإنبات، فضلاً عن زيادة الإزهار وكفاءة التمثيل الضوئي وجودة المحصول [12]. إن تعزيز نمو النباتات جاء نتيجة عمل منظمات النمو التي يسببها نوع *Trichoderma*. أدى استخدام الأسمدة الحيوية *T. harzianum* مع الأسمدة العضوية إلى زيادة كبيرة في طول الساق، الجذر والمجموع الخضري لنبات الدبق وكذلك زيادة المحصول، تحسين جودته، وزيادة

محتويات (N,P,K) وأنشطة السكراز والكاتلاز في تربة الجذور، وذلك بالمقارنة مع الأسمدة العضوية لوحدها [13]. وجد [14] أن الأسمدة الحيوية يمكن أن تحل محل 25% من الأسمدة الكيماوية دون تأثير ملحوظ على جودة والإنتاجية. بين [15] أن استخدام 50% أسمدة آزوتية مع 50% أسمدة حيوية غنية بالتريكوديرما في الزراعة الحقلية أدى إلى زيادة الإنتاجية بنسبة 108 و 203% في كل من الخردل والبندورة. و تشير النتائج إلى أن الأسمدة الحيوية المخصبة بالتريكوديرما يمكن أن توفر ما لا يقل عن 50% من الاستخدام المفرط لـ NPK في زراعة المحاصيل. وجد [16] زيادة في ارتفاع النبات وعدد الأزهار وعدد الثمار في نباتات البندورة المعاملة بـ *Trichoderma*. زيادة الكتلة الحيوية لجذور الخيار [17]. وزيادة مساحة المسطح الورقي لنبات الملفوف وبالتالي الوزن الطازج [18]. كما زاد طول براعم وجذور نبات القمح والوزن الرطب والجاف لها [19].

يعد اللاؤكسين (إندول حمض الخليك IAA) أحد هرمونات النمو الرئيسية في النباتات الراقية، تشارك في جميع العمليات الفسيولوجية لنمو النبات وتطور [20]، ويلعب دوراً مهماً كجزيء تفاعل بين النبات والكائنات الدقيقة [21]. أظهرت الكثير من الدراسات التأثير الإيجابي لتطبيق الأوكسينات في الإنتاج لعدة نباتات من حيث بدء نمو الجذر ونمو الجذور الموجودة مسبقاً وتكوين الجذر العرضي، أي تفرع الجذور [22]، وكذلك السيادة القمية للبراعم [23]، ارتفاع النبات وعدد الأزهار لكل نبات وبالتالي الإنتاجية [24] وعدد أكبر من الفروع وعدد الأزهار [25]. وفي البندورة، تلعب منظمات النمو المختلفة دوراً مهماً في الإنبات، وتطور الجذور، والتفرع، وبدء الإزهار، والإثمار، وتطور الليكوبين، والنضج، وتطور الثمار البكرية، ونسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة، وإنتاج البذور... إلخ [26]. أظهر [27] أن تطبيق الأوكسين يزيد من ارتفاع النبات وعدد الفروع ويزيد من عقد ثمار البندورة، كما بين أن أعلى نمو خضري وعدد أوراق وعدد عناقيد زهرية على النبات وإنتاج الثمار في القطعة التجريبية الواحدة وأعلى وزن للثمار كان مع التركيز 100 ppm

IAA و تلتها ppm 200 وأقل إنتاج مع ppm 0 IAA. وجد [28] أن الرش الورقي للأوكسين بتركيز ppm 100 أدى إلى زيادة محتوى الكلوروفيل في نبات البندورة (*Lycopersicon esculentum*) بنسبة 28%. كما زاد أيضاً من ارتفاع النبات من 63.63 سم إلى 74.93 سم. زاد ارتفاع نبات القرع الصيفي (*Cucurbita pepo L. var. Rosina*) من 40.78 سم إلى 51.75 سم عند تركيز منخفض من الأوكسين عند ppm 10 [29]. كما أدى الأوكسين عند تركيز 100 ppm إلى زيادة نمو النبات، وتعزيز الأنشطة الفيزيائية والكيميائية الحيوية لنبات الخردل البني (*Brassica juncea*) [30].

هدف البحث:

يعد نبات البندورة أحد أهم المحاصيل الاقتصادية محلياً وعالمياً، كما أنه نبات مجهد ويحتاج كميات كبيرة من العناصر المعدنية لتحقيق الإنتاج الجيد، ويعد استخدام المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* إحدى الممارسات الزراعية الهامة التي تؤدي إلى إنتاج منظمات نمو ومركبات حيوية كثيرة تعزز نمو وإنتاجية النباتات، وتخدم التوجه الحديث نحو الزراعة المستدامة لأنها تقلل من استخدام الأسمدة المعدنية ومن هنا هدف هذا البحث إلى:

- دراسة إمكانية تحسين بعض مؤشرات النمو المورفولوجية والانتاجية لنبات البندورة باستخدام المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum*.
- مقارنة تأثير هذا المخصب لوحده أو بالاشتراك مع هرمون النمو IAA في المؤشرات السابقة.

مواد البحث وطرقه:

مكان تنفيذ البحث:

نفذ البحث في الحقل التابع لدائرة مكافحة الحيوية في محافظة حماه، خلال عام (2021-2022). وتم أخذ القراءات والقياسات وإجراء التحاليل ضمن مخبر دائرة مكافحة الحيوية في حماه والمخابر التابعة لكلية الهندسة الزراعية في جامعة دمشق.

المادة النباتية:

أجري البحث على نبات البندورة الصنف شروق (صنف جديد محسن، متوسط التبرير في الإنتاج، إنتاج جيد، صلابة جيدة للثمار، متوسط وزن الثمرة 160 غ، متوسطة الحجم، وذات مواصفات تصنيعية وجودة جيدة. (شركة المقدادي لإنتاج البذار - حماه).

تحليل التربة:

تم تحليل التربة لمعرفة درجة خصوبتها ومحتواها من العناصر المعدنية الكبرى (N.P.K) ومدى قابليتها لتنفيذ هذا البحث وقبل البدء بالزراعة أخذت عينات التربة من أعماق (20 ، 40 سم) ومن مواقع مختلفة من تربة الحقل ومزجت جيداً لمجانستها وأجريت التحاليل الكيميائية والفيزيائية، وأظهرت النتائج أن التربة طينية خفيفة جيدة الاحتفاظ بالرطوبة متوسطة المحتوى من المادة العضوية والعناصر المعدنية كما يبين الجدول رقم 1:

الجدول (1): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل قبل البدء بالزراعة:

التحليل الميكانيكي للتربة (%)			pH معلق	EC مستخلص 1:5	المادة العضوية	N الكلي	P ₂ O ₅ المتاح	K ₂ O المتاح
رمل	سلت	طين	(1:2.5)	ds.m-1	%	ملغ/كغ (PPM)		
27.5	15.2	57.3	7.8	0.5	2.6	20.3	13.5	290.9

تحضير الأرض والزراعة:

تم إعداد الشتول في أطباق استنبات فلينية (216 عين) مملوءة بالوسط الزراعي المعقم (البيتموس) بمعدل بذرة واحدة في كل عين على عمق 1 سم، وتم توفير الظروف البيئية الملائمة لنموها. أضيفت الأسمدة العضوية التالية للأرض: 3 م³/3 دونم سماد عضوي متخمّر و 500 لتر/دونم الكومبوست.

حُرثت الأرض لعمق 0.5 م، ثم نُعمت التربة وسويت على شكل مصاطب. زرعت الشتول بعمر شهر ونصف من زراعة البذور خلال الأسبوع الثاني لشهر نيسان لعام (2021-2022) على خطوط ضمن المصاطب وكانت المسافة 90 سم بين الخط والآخر و45 سم بين النباتات على الخط الواحد. استمرت التجربة 4 أشهر ونصف حتى نهاية الإثمار.

المعاملات المدروسة:

تمت معاملة النباتات ثلاث مرات أثناء النمو الخضري: الأولى بعد التشثيل مباشرة والثانية بعد 4 أسابيع، الثالثة مع بداية الإزهار. تضمنت المعاملات استخدام المخصب *Trichoderma harzianum* بـ 5¹⁰، 6¹⁰، 7¹⁰ بوغة/مل يُضاف مع مياه الري، وهرمون النمو إندول حمض الخليك (IAA): بالتركيزين 50، 100 ppm رشاً على الأوراق.

وكانت المعاملات ما يلي:

- ✓ T1: الشاهد رش بالماء المقطر.
- ✓ T2: IAA بتركيز 50 ppm.
- ✓ T3: IAA بتركيز 100 ppm.
- ✓ T4: *Trichoderma* بتركيز 5¹⁰ بوغة/مل.
- ✓ T5: *Trichoderma* بتركيز 6¹⁰ بوغة/مل.
- ✓ T6: *Trichoderma* بتركيز 7¹⁰ بوغة/مل.
- ✓ T7: *Trichoderma* بتركيز 5¹⁰ بوغة/مل + IAA بتركيز 50 ppm.
- ✓ T8: *Trichoderma* بتركيز 6¹⁰ بوغة/مل + IAA بتركيز 50 ppm.
- ✓ T9: *Trichoderma* بتركيز 7¹⁰ بوغة/مل + IAA بتركيز 50 ppm.
- ✓ T10: *Trichoderma* بتركيز 5¹⁰ بوغة/مل + IAA بتركيز 100 ppm.

✓ T11: *Trichoderma* بتركيز 10^6 بوغة/مل + IAA بتركيز 100 ppm.

✓ T12: *Trichoderma* بتركيز 10^7 بوغة/مل + IAA بتركيز 100 ppm.

المؤشرات المدروسة:

1- ارتفاع النبات (سم): تم قياس طول النبات ابتداءً من مستوى سطح التربة إلى أعلى قمة نامية منه.

2- تركيز أصبغة التمثيل الضوئي في الأوراق (محتوى الكلوروفيل (a , b) والكاروتينات الكلية (مغ/غ وزن رطب):

تم تقدير محتوى الكلوروفيل a و b والكاروتينات حسب طريقة [31]، حيث تم أخذ 0.2 غ من الأوراق من كل نبات وتم استخلاص الكلوروفيل بإضافة 20 مل من الأسيتون (80%) إلى العينة النباتية، وطحنها حتى زوال اللون الأخضر. ثم تم ترشيح المستخلص وقدر محتوى الكلوروفيل a و b والكاروتينات باستخدام جهاز المطياف الضوئي عند طول موجة (645، 663 نانو متر) وتم الحساب وفق المعادلات التالية:

$$\text{Chlorophyll a (mg/g FW)} = 12.7 \times A_{663} - 2.29 \times A_{645} \times (v/w \times 1000)$$

$$\text{Chlorophyll b (mg/g FW)} = 22.9 \times A_{645} - 4.68 \times A_{663} \times (v/w \times 1000)$$

تم تقدير الكاروتينات الكلية وفقاً لطريقة [32] عند طول موجة 470 نانو متر حسب المعادلة:

$$\text{Car (mg/g FW)} =$$

$$[(1000 \times A_{470} - 2.27 \times \text{Chl a} - 81.4 \times \text{Chl b}) / 227] \times (V/W \times 1000)$$

حيث: V: حجم المستخلص (10 مل)، W: وزن العينة (0.2 غ). A: الامتصاصية عند طول

الموجة المحددة.

3- مؤشرات إنتاجية:

- عدد الأزهار على العنقود.

- عدد الأزهار العاقدة على العنقود.

- عدد الثمار على النبات.

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (R.C.B.D) Randomized complete Block Design، شملت 12 معاملة كررت كل معاملة 3 مرات، واحتوى كل مكرر على 9 نباتات. واستُخدم اختبار أقل فرق معنوي للمقارنة بين المتوسطات على مستوى ثقة 95% باستخدام برنامج 8.1 statistix.

النتائج والمناقشة:

1- تأثير السماد الحيوي *Trichoderma harzianum* و IAA في ارتفاع النبات:

أظهرت النتائج في الجدول (2) تأثير المعاملات المدروسة في ارتفاع النبات، حيث تفوقت معاملة التفاعل بين المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^5 بوغة/مل والمعاملة بالأوكسين بالتركيز 50 ppm بفروق معنوية بالمقارنة مع الشاهد في صفة ارتفاع النبات (92.22 سم)، تلتها المعاملة المنفردة بـ *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^5 بوغة/مل، وكانت أقل القيم بفروق معنوية مع معاملة التفاعل *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^7 بوغة/مل والأوكسين بالتركيز 100 ppm (63.83 سم). بينما أعطت المعاملة بالمخصب الحيوي

Trichoderma harzianum بالتركيز 10^6 و 10^7 بوغة/مل وكذلك المعاملة بالأوكسين بالتركيز المرتفع 100 ppm ومعاملات التفاعل بين المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^6 و 10^7 بوغة/مل مع المعاملة بالأوكسين بالتركيز 50 و 100 ppm أقل القيم وبفروق معنوية بالمقارنة مع الشاهد.

الجدول (2): تأثير السماد الحيوي *Trichoderma harzianum* و IAA في ارتفاع النبات:

ارتفاع النبات (سم)	المعاملة
74.44 ^C	الشاهد
76.28 ^C	ppm 50 IAA
65.56 ^{EF}	ppm 100 IAA
86.94 ^B	10^5 Trichderma بوغة/مل
76.28 ^C	10^6 Trichderma بوغة/مل
68.22 ^{DE}	10^7 Trichderma بوغة/مل
92.22 ^A	10^5 Trichderma + IAA ppm 50
69.83 ^D	10^6 Trichderma + IAA ppm 50
65.67 ^{EF}	10^7 Trichderma + IAA ppm 50
74.00 ^C	10^5 Trichderma + IAA ppm 100
64.83 ^{EF}	10^6 Trichderma + IAA ppm 100
63.83 ^F	10^7 Trichderma + IAA ppm 100
3.913	LSD 0.05

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات عند مستوى ثقة 95%.

ويعود تفسير ذلك للدور الهام للسماد الحيوي في زيادة تعداد ونشاط كائنات التربة المفيدة لنمو النبات، مما يؤدي لزيادة تحرير المغذيات من السماد العضوي والتربة وزيادة محتوى التربة من العناصر المعدنية الأساسية والنيتروجين فوق المستويات الأولية [33]، وبما أن *Trichoderma*

عامل مكافحة حيوية فإنها تنتج إنزيمات محللة لجدر الخلايا مثل السليوليز، بيتا جلوكوزيداز، إكسوجلوكاناز، وإندوجلوكاناز، والتي تزيد أيضاً معدل تحلل المواد العضوية وتعزيز امتصاصها [34] فتصبح أكثر اتاحة للنبات، كل ماسبق ينتج عنه كتلة حيوية أكبر من حيث النمو والارتفاع [35]. إضافة إلى أن معظم أنواع تريكوثيرما تستعمر سطح الجذر أو تسكن داخل أنسجة الجذر كنباتات داخلية [36] وتنتج حمض إندول-3-أسيتيك (IAA) يعزز نمو الجذر الرئيسي وكذلك الجذور الجانبية [37]، مما يوفر حجماً أكبر من التربة لامتصاص العناصر الغذائية والذي ينعكس على نمو النبات وارتفاعه. بينما خفضت التراكيز الأعلى المستخدمة (IAA و *Trichoderma*) من قيم المؤشرات المدروسة نتيجة زيادة محتوى هرمونات النمو في بيئة الجذور مما ينعكس سلباً على مؤشرات النمو وخاصة في معاملة التفاعل مع IAA بتركيز 100 ppm، حيث أن الجرعات ذات التركيز الأعلى من IAA تقلل من معايير النمو، وتسبب تشوهات في النمو الخضري لنبات البندورة [27]. ووفقاً لـ [38] فإن زيادة تركيز الأوكسين يمنع استطالة خلايا الفروع والساق و الجذور.

2- تأثير السماد الحيوي *Trichoderma harzianum* و IAA في محتوى أصبغة التمثيل الضوئي (كلوروفيل a، b والكاروتينات):

تبين نتائج الجدول (3) تفوق معاملة التفاعل بين المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^5 بوغة/مل مع الأوكسين بالتركيز 50 ppm معنوياً على جميع المعاملات المدروسة والشاهد بالنسبة لمؤشر محتوى أصبغة البناء الضوئي في الأوراق (4.80 ملغ/غ بالنسبة لكلوروفيل a، 2.44 ملغ/غ بالنسبة لكلوروفيل b و 2.28 ملغ/غ بالنسبة للكاروتينات). بينما أعطت معاملة التفاعل بين المخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^7 بوغة/مل مع الأوكسين بالتركيز 100 ppm أقل القيم لهذه (2.22 ملغ/غ بالنسبة لكلوروفيل a، 1.22 ملغ/غ بالنسبة لكلوروفيل b و 1.22 ملغ/غ بالنسبة للكاروتينات). كما أعطت معاملات المخصب الحيوي المنفردة بالتراكيز 10^6 و 10^7 بوغة/مل وتفاعلاتها مع IAA بالتركيزين أقل القيم بالنسبة للمؤشرات السابقة بالمقارنة مع الشاهد.

الجدول (3): تأثير السماد الحيوي *Trichoderma harzianum* و IAA في أصبغة التمثيل

الضوئي

المعاملة	كلوروفيل A ملغ/غ	كلوروفيل B ملغ/غ	الكاروتينات ملغ/غ
الشاهد	3.55 ^C	1.76 ^B	1.67 ^{BC}
ppm 50 IAA	3.56 ^C	1.80 ^B	1.78 ^B
ppm 100 IAA	2.79 ^E	1.37 ^{DE}	1.28 ^{CD}
<i>Trichderma</i> 10^5 بوغة/مل	4.24 ^B	2.33 ^A	2.22 ^A
<i>Trichderma</i> 10^6 بوغة/مل	3.24 ^D	1.76 ^B	1.51 ^{BCD}
<i>Trichderma</i> 10^7 بوغة/مل	3.00 ^{DE}	1.71 ^{BC}	1.50 ^{BCD}

دراسة استجابة نبات البندورة (صنف شروق) للمخصب الحيوي *Trichoderma Harzianum* والأوكسين IAA

2.28 ^A	2.44 ^A	4.80 ^A	10⁵ Trichderma + IAA ppm 50
1.33 ^{CD}	1.48 ^{CD}	2.90 ^E	10⁶ Trichderma + IAA ppm 50
1.28 ^{CD}	1.45 ^{DE}	2.50 ^F	10⁷ Trichderma + IAA ppm 50
1.56 ^{BCD}	1.71 ^{BC}	3.24 ^D	10⁵ Trichderma + IAA ppm 100
1.25 ^D	1.27 ^{DE}	2.30 ^{FG}	10⁶ Trichderma + IAA ppm 100
1.22 ^D	1.22 ^E	2.22 ^G	10⁷ Trichderma + IAA ppm 100
0.41	0.25	0.25	LSD 0.01

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات عند مستوى ثقة 99%.

من المعلوم أن خضرة الأوراق مرغوبة لأنها مرتبطة بشكل مباشر بامتصاص النيتروجين ومعدل التمثيل الضوئي [39]. يمكن أن تُعزى الزيادة الملحوظة في الكلوروفيل a و b في النباتات الملقحة بـ *Trichoderma* إلى تعزيز نمو الجذور بشكل أكبر وتقليل درجة حموضة التربة، مما يوفر امتصاصاً أفضل للماء والمغذيات من التربة، ويعزز امتصاص نباتات البندورة لمزيد من النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم في المرحلة المبكرة [40]. ونظراً لأن النيتروجين هو عنصر أساسي في جزيئات الكلوروفيل، فإن كمية كافية من النيتروجين يمكن أن تزيد من كمية الكلوروفيل المنتجة [41]، إضافة لزيادة امتصاص المغنيسيوم والحديد، والتي هي مطلوبة لتخليق الكلوروفيل [42]. علاوة على ذلك، أثناء تفاعل *Trichoderma* مع النبات، يتم تنظيم العديد من البروتينات المرتبطة بالتمثيل الضوئي في النباتات مما قد يزيد من قدرة التمثيل الضوئي للنباتات وبالتالي زيادة محتوى الكلوروفيل والكاروتينات [43]. حيث يساهم الكلوروفيل في إنتاج السكر من خلال عملية التمثيل الضوئي وتعمل تريكوديرما على تحفيز تراكمات السكر التي ينتجها النبات لإنتاج الكاروتينات، التي

تؤثر بشكل غير مباشر على النكهة باعتبارها مواد أولية للمركبات العطرية [44]. كما أدت التركيزات العالية من الأوكسين والمخصب الحيوي إلى أقل القيم، وذلك لأن الجرعات بالتركيز الأعلى من الأوكسين والهرمونات المنتجة من الأسمدة الحيوية تسبب خللاً في النمو الجذري والخضري، وتقلل من معايير النمو، وبالتالي تلعب دوراً مثبطاً للعمليات الحيوية التي تؤثر سلباً على المكونات الخلوية [38].

3- تأثير السماد الحيوي *Trichoderma harzianum* و IAA في المؤشرات الإنتاجية (عدد الأزهار في العنقود، عدد الأزهار العاقدة في العنقود، عدد الثمار على النبات):

أظهرت النتائج في الجدول (4) تفوق معاملة التفاعل بين المخصب الحيوي *harzianum* *Trichoderma* بالتركيز 10^5 بوغة/مل و الأوكسين بالتركيز 50 ppm بفروق معنوية على جميع المعاملات المدروسة والشاهد بالنسبة للمؤشرات المدروسة (5.50 زهرة /العنقود، 4.61 زهرة عاقدة / عنقود و 69.00 ثمرة /النبات). وكانت أقل القيم مع المعاملات بالمخصب الحيوي بالتركيز 10^6 و 10^7 بوغة/مل وتفاعلاتها مع IAA (بغض النظر عن التركيز) وأعطت معاملة التفاعل بين المخصب *Trichoderma harzianum* بالتركيز 10^7 بوغة/مل و IAA بالتركيز 100 ppm أقل قيم للمؤشرات المدروسة (2.83 زهرة/العنقود، 2.39 زهرة عاقدة/عنقود و 22.11 ثمرة/النبات).

الجدول (4): تأثير السماد الحيوي *Trichoderma harzianum* و IAA في المؤشرات

الإنتاجية

المعاملة	عدد الأزهار /عنقود	عدد الأزهار العاقدة/ العنقود	عدد الثمار/النبات
الشاهد	4.39 ^B	3.56 ^B	41.17 ^{CD}
ppm 50 IAA	4.44 ^B	3.67 ^B	44.11 ^C

Trichoderma Harzianum دراسة استجابة نبات البندورة (صنف شروق) للمخصب الحيوي والأوكسين IAA

27.11 ^{GH}	2.83 ^{DEF}	2.94 ^{DE}	ppm 100 IAA
64.17 ^B	4.44 ^A	5.17 ^A	10⁵ Trichderma بوغة/مل
40.72 ^{CD}	3.56 ^B	4.22 ^B	10⁶ Trichderma بوغة/مل
38.33 ^{DE}	3.39 ^{BC}	4.11 ^B	10⁷ Trichderma بوغة/مل
69.00 ^A	4.61 ^A	5.50 ^A	10⁵ Trichderma + IAA ppm 50
31.56 ^{FG}	2.94 ^{DE}	4.11 ^B	10⁶ Trichderma + IAA ppm 50
29.72 ^{FG}	2.72 ^{EFG}	3.39 ^C	10⁷ Trichderma + IAA ppm 50
33.83 ^{EF}	3.17 ^{CD}	3.28 ^{CD}	10⁵ Trichderma + IAA ppm 100
23.56 ^{HI}	2.50 ^{FG}	2.94 ^{DE}	10⁶ Trichderma + IAA ppm 100
22.11 ^I	2.39 ^G	2.83 ^E	10⁷ Trichderma + IAA ppm 100
4.76	0.36	0.43	LSD 0.05

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين متوسط المعاملات عند مستوى ثقة 95%

يعود تفسير هذه النتائج إلى أن المخصبات الحيوية تنتج مركبات شبيهة بالهرمونات مثل إندول-3-إيثانول (IET)، وحمض إندول-3-أسيتيك (IAA)، وإندول-3-أسيتالديهيد (IAAld) [45] والتي تلعب دوراً مهماً في العمليات البيولوجية للنبات مثل انقسام وتمايز الخلايا والتوسع [46] وكذلك تحفز تكوين الجذور الجانبية حيث يزداد امتصاص النبات للمغذيات الكبرى (البوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم) والمغذيات الدقيقة (الزنك) بنشاط، ويشجع هذا الشكل من التغذية الإزهار ويزيد من التلقيح ومعدل الإخصاب وعدد الثمار الناتجة [47]. كما أن الأوكسينات تلعب دوراً أساسياً في تحفيز الأجزاء التكاثرية والخضرية للنبات وبالتالي زيادة العناقيد الزهرية وعدد الأزهار والثمار

النتيجة عند مستوى منخفض [48]. وأوضح [49] أن التراكيز العالية من الأسمدة الحيوية تؤدي إلى زيادة تركيز الهرمونات المنتجة منها مما يؤثر سلباً على مؤشرات النمو والإنتاج، ولذلك انخفضت قيمة المؤشرات السابقة عند التراكيز الأعلى من الأسمدة الحيوية وكذلك عند أعلى تركيز من حمض الأوكسين (100 ppm) وذلك لأن الأوكسين يعزز عمليات النمو والتخليق الحيوي عند جرعة منخفضة التركيز بينما تأثيره مثبط عند التركيز الأعلى [48].

الاستنتاجات:

- أدت المعاملة المنفردة بالتراكيز المنخفض (10^5 بوغة/مل) للمخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* لتحسين قيم جميع المؤشرات المدروسة.
- أدت المعاملة بالأوكسين IAA بالتركيز المرتفع (100 ppm) والمخصب الحيوي *Trichoderma harzianum* بالتراكيز المرتفعة وتفاعلاتهما إلى أقل القيم للمؤشرات المدروسة.
- إمكانية استخدام *Trichoderma harzianum* كمخصب حيوي (بالتركيز 10^5 بوغة/مل) بوجود التسميد العضوي الجيد كبديل للأسمدة الكيماوية في الزراعة الحقلية الخارجية لنبات البندورة وذلك لقدرته على تحسين مؤشرات النمو والإنتاج.

المقترحات:

- متابعة دراسة كفاءة المخصب الحيوي (*Trichoderma harzianum*) في نمو وإنتاج نبات البندورة في الزراعات المحمية باستخدام تراكيز وطرق معاملة مختلفة.
- متابعة دراسة كفاءة المخصب الحيوي (*Trichoderma harzianum*) باستخدام تراكيز وطرق معاملة مختلفة في نمو وإنتاجية نباتات ومحاصيل أخرى في الزراعات الخارجية والمحمية.

REFERENCES:

1. COPETTA A, BARDI L, BERTOLONE E, and BERTA G, 2011- Fruit production and quality of tomato plants (*Solanum lycopersicum* L.) are affected by green compost and arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Biosystems, Vol. 145, No. 1, March 2011, pp. 106–115.
2. KNAPP S, 2002- A phylogenetic perspective on fruit diversity in the *Solanaceae*. Journal of Experimental Botany 53(377):2001-22. DOI:10.1093/jxb/erf068.
3. FAO, 2023- <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
4. SIKUZANI A, 2014- Amélioration de la qualité des sols acides de Lubumbashi par l'application de différents niveaux de compost de fumiers de poules. J Appl Biosci; 6523-6533.
5. SON D, SOMDA I, LEGREVE A, and SCHIFFERS B, 2017- Pratiques phytosanitaires des producteurs de tomates du Burkina Faso et risques pour la santé et l'environnement. Cah Agric. 26: 1-6.
6. MOLLA A, H, MANJURU HAQUE M, d, AMDADU HAQUE Md, and ILIAS G, N, M, 2012- *Trichoderma-Enriched* Biofertilizer Enhances Production and Nutritional Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) and Minimizes NPK Fertilizer Use. Agric Res (July–September 2012) 1(3):265–272.
7. KUMAR K, and KUMAR M, 2020- Biofertilizers and Their Role in Agriculture. ICAR-Central Potato Research Institute, Modipuram Meerut ARTICLE ID: 041. Vol.1 Issue-3.
8. BONINI P, ROUPHAEL Y, MIRAS-MORENO B, LEE B, CARDARELLI M, ERICE G, CIRINO V, LUCINI L, and COLLA G, A, 2020- Microbial-Based Biostimulant Enhances Sweet Pepper Performance by Metabolic Reprogramming of

- Phytohormone Profile and Secondary Metabolism. Front. Plant Sci., 11, 567388.
9. ROUPHAEL Y, and COLLA G, 2020- Toward a Sustainable Agriculture Through Plant Biostimulants: From Experimental Data to Practical Applications. Agronomy, 10, 1461.
 10. CHAGAS L, F, B, CASTRO H, G, COLONIA B, S, O, CARVALHO-Filho M, R, MILLER L, O, and Chagas-JUNIOR A, F, 2016- Efficiency of the inoculation of *Trichoderma asperellum* UFT-201 in cowpea production components under growth conditions in field. Revista de Ciências Agrárias, 39(3):413-421.
 11. JAROSZUK-ŚCISEŁ J, TYŚKIEWICZ R, NOWAK A, OZIMEK, E, MAJEWSKA M, HANAKA A, and JANUSZ G, 2019- Phyto hormones (auxin, gibberellin) and ACC deaminase in vitro synthesized by the mycoparasitic *Trichoderma* DEMTkZ3A0 strain and changes in the level of auxin and plant resistance markers in wheat seedlings inoculated with this strain conidia. International Journal of Molecular 20:4923.
 12. HALIFU S, DENG X, SONG X, and SONG R, 2019- Effects of two *Trichoderma* strains on plant growth, rhizosphere soil nutrients and fungal community of *Pinus sylvestris* var. mongolica annual seedlings. Forests 10:758.
 13. LIU L, XU Y, CAO H, FAN Y, DU K, BU X, and GAO D, 2022- Effects of *Trichoderma harzianum* biofertilizer on growth, yield, and quality of *Bupleurum chinense*. Plant Direct published by American Society of Plant Biologists and the Society for Experimental Biology and John Wiley & Sons Ltd. 6:e461, 1-13.
 14. JIA Y, LIAO Z, CHEW H, WANG L, LIN B, CHEN C, LU G, and LIN Z, 2020- Effect of *Pennisetum giganteum* z.x.lin mixed nitrogen-fixing bacterial fertilizer on the growth, quality, soil

- fertility and bacterial community of pakchoi (*Brassica chinensis* L.). PLoS ONE, 15, e0228709.
15. MANJURU M, d, ILIAS H, G, N, M, and MOLLA A, H, 2012- Impact of Trichoderma-enriched Biofertilizer on the Growth and Yield of Mustard (*Brassica rapa* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicon* Mill.). Haque et al. /The Agriculturists 10(2): 109-119.
16. UDDIN A, F, M, HUSSAIN M, S, RAHMAN S, k, S, AHMAD H, and RONI M, Z, K, 2015- Effect of Trichoderma concentrations on growth and yield of tomato. Bangladesh Research Publications Journal 11(3): 228-232.
17. YEDIDIA I, SRIVASTVA A, K, KAPULNIK Y, and CHET I, 2001- Effect of *Trichoderma harzianum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant Soil 235:235-242.
18. RABEENDRAN N, MOOT D, J, JONES E, E, and STEWART A, 2000- Inconsistent growth promotion of cabbage and lettuce from Trichoderma isolates. New Zealand Plant Protection 53:143-146.
19. IKRAM M, ALI N, JAN G, IQBAL A, HAMAYUN M, JAN F, G, HUSSAIN A. and LEE I, J, 2019- *Trichoderma reesei* improved the nutrition status of wheat crop under salt stress. Journal of Plant Interactions 14(1):590-602.
20. TANG J, LI Y, ZHANG L, MU J, JIANG Y, FU H, ZHANG Y, CUI H, YU X, and YE Z, 2023- Biosynthetic Pathways and Functions of Indole-3-Acetic Acid in Microorganisms. Microorganisms, 11, 2077. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11082077>.
21. VIEIRA R, F, FERRACINI V, L, PARADA D, and SILVEIRA A, 2021- Almeida Pazianotto, R.A. Improvement of growth of common bean in phosphorus-deficient soils by phosphate-

- solubilizing and phytohormone-producing bacteria. Agron. Colomb. 2021, 39, 372–380.
- 22.VARGA A, and BRUINSMA J, 1976- Roles of seeds and auxins in tomato fruit growth. Zeitschrift fur Pflanzenphysiologie, 80: pp. 95–104.
- 23.WOODWARD A, W, and BARTEL B, 2005- Auxin: regulation, action, and interaction. Annals of Botany, 95: pp. 707–735.
- 24.PATEL J, S, SITAPARA H, H, and PATEL K, A, 2012- Influence of plant growth regulators on growth, yield and quality of tomato and brinjal, Internat. J Forestry and Crop Improv., 3 (2) : 116- 118.
- 25.ALI M, SHARMIN A, SAKI S, M-UL-HASAN A, I, and MONIRUZZAMAN M, 2012- Effect of plant growth regulators on growth and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varieties. International Journal of Sustainable Agricultural Technology, 8 (1): 1-6.
- 26.PRAMANIK K, and MOHAPATRA P, P, 2017- Role of Auxin on Growth, Yield and Quality of Tomato. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences ISSN: 2319-7706 Volume 6 Number 11 pp. 1624-1636.
- 27.KHALED A, M, SIKDER S, ISLAM M, R, HASAN M, A, and BAHADUR M, M, 2015- Growth Yield and Yield Attributes of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as Influenced by Indole Acetic Acid.J. Environ. Sci. & Natural Resources.8 (1): pp.139-145.
- 28.ALAM M, KHAN M, A, IMTIAZ M, KHAN M, A, NAEEM M, SHAH S, A, SAMIULLAH, AHMAD S, H, and KHAN L, 2020- Indole-3-Acetic Acid rescues plant growth and yield of salinity stressed tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) Gesunde Pflanzen 72(1) 87–95.

- 29.NASSEF D, M, T, and EL-AREF H, M, 2018- Effect of foliar spray with IAA and GA3 on production and protein synthesis of two summer squash hybrid cultivars Egypt J. Hort. 45(1) 121-143
- 30.MIR A, R, SIDDIQUI H, ALAM P, and HAYAT S, 2020- Foliar spray of Auxin/IAA modulates photosynthesis, elemental composition, ROS localization and antioxidant machinery to promote growth of Brassica juncea Physiol. Mol. Bio. Plants 26 2503–2520
- 31.HARBORNE J, B, 1973- Phytochemical methods. Chapman & Hall, New York.pp. 1- 288.
- 32.LICHTENTHALER H, K, & WELLBURN A, R, 1983- Determinations of total carotenoids and chlorophylls a and b of leaf extracts in different solvents.
- 33.ABDELMOATYA S, KHANDAKERA M, M, MAHMUD B K, MAJRASHID A, ALENAZIE, M, M, and BADALUDDINA N, A, 2022- Influence of *Trichoderma harzianum* and *Bacillus thuringiensis* with reducing rates of NPK on growth, physiology, and fruit quality of Citrus aurantifolia. Brazilian Journal of Biology, 2022, vol. 82, e261032.
- 34.HIGA T, and PARR J, F, 1994- Beneficial and Effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and Environment. Vol. 1, International Nature Farming Research Center, Atami. Agricultural Sciences, Vol. 6 No.10.
- 35.NAHER U, A, QURBAN A, P, RADZIAH O, MOHD R, I, and ZULKARMI B, 2018- Biofertilizers as a supplement of chemical fertilizer for yield maximization of rice. Journal of Agriculture, Food and Development, vol. 2, no. 1, pp. 16-22.
- 36.BAILEY B, A, HANHONG Bae M, D, STREME D, P, R, Thomas S, E, CROZIER J, and SAMUELS G, J, 2006- Fungal and plant gene expression during the colonization of cacao

- seedlings by endophytic isolates of four *Trichoderma* species. *Planta* 224, 1449–1464. doi: 10.1007/s00425-006-0314-0 .
37. HEXON A, C, LOURDES M, R, CARLOS C, P, and JOSE L, B, 2009- *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in *Arabidopsis*. *Plant Physiol.* 149: 1579-1592.
38. ZAINI M, ADNA N, and JUANDA B, R, 2017- Pengaruh Konsentrasi Dan Lama Perendaman Dalam ZPT Auksin Terhadap Viabilitas Benih Semangka (*Citrus lunatus*) [Effect Of Concentration And Soaking Time In Auxin ZPT On The Viability Of Watermelon Seeds (*Citrus lunatus*)]. *Penelitian* 4(1), 45-55. In Indonesian Language.
39. HARMAN G, E, DONI F, KHADKA R, B, and UPHOFF N, 2021- Endophytic strains of *Trichoderma* increase plants' photosynthetic capability. *J. Appl.* 130, 529–546.
40. ZHANG F, DOU K, LIU C, CHEN F, WU W, YANG T, LI L, LIU T, and YU L, 2020- The application potential of *Trichoderma* T-soybean containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylate for maize production. *Physiol Mol Plant Pathol* 110:101475. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2020.101475>.
41. SONOWAL Q, GAUTAM B, P, and BURAGOHAIR N, 2023- Influence of organics on physiological and quality parameters of tomato (*Lycopersicon esculentum* mill.). *Biological forum, Int. J.* 15 (11) 318–324.
42. SAIF EL-DEEN U, M, EZZAT A, S, and EL-MORSY A, H, A, 2011- Effect of phosphorous fertilizer rates and application methods of humic acid on productivity and quality of sweet potato. *J. Plant Production, Mansoura Univ.*, 2(1):53-66.

- 43.HARMAN G, E, 2000- Myths and dogmas of biocontrol: Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease, 84, 377–393.
- 44.AONO Y, ASIKIN Y, WANG N, TIEMAN D, KLEE H, KUSANO M, 2021- High-throughput chlorophyll and carotenoid profiling reveals positive associations with sugar and apocarotenoid volatile content in fruits of tomato varieties in modern and wild accessions. Metabolites 11(6):398. doi:10.3390/metabo11060398.
- 45.AGBESSENOU A, AKUTSE K S, YUSUF A, A, and KHAMIS F, M, 2022- The endophyte *Trichoderma asperellum* M2RT4 induces the systemic release of methyl salicylate and (Z)-jasmones in tomato plant affecting host location and herbivory of *Tuta absoluta*. Front. Plant Sci. 13:860309. doi: 10.3389/fpls.2022.860309, PMID.
- 46.YOUSEF N, M, H, 2018- Capability of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) for producing indole acetic acid (IAA) under extreme conditions. European Journal of Biological Research 8(4): 174-182.
- 47.SARMIENTO S, AMÉZQUITA, A, and MENA C, 2019- “Use of bocashi and effective microorganisms as an ecological alternative in strawberry crops in arid zones,” Scientia Agropecuaria, vol. 10, no. 1, pp. 55-61, 2019.
- 48.KHAN M, N, and NABI G, 2023- Role of Auxin in vegetative growth, flowering, yield and fruit quality of Horticultural crops. . Pure and Applied Biology. Vol. 12, Issue 2, pp1234-1241.
- 49.RAO Y, ZENG L, JIANG H, MEI L, and WANG Y, 2022- *Trichoderma atroviride* LZ42 releases volatile organic compounds promoting plant growth and suppressing Fusarium wilt disease in tomato seedlings. BMC Microbiology, № 1,