تحديد كفاءة فطريات معزولة من تربة الريزوسفير على إنتاج هرمون النمو النباتي الإندول حمض الخليك

أ. هناء عمر صافار

كلية العلوم - جامعة مصراتة

h.safar@sci.misurata.edu.ly

تاريخ الاستلام 2023.09.18 تاريخ النشر 2023.11.01

الملخص:

الإندول حمض الخليك ((Indole-3-acetic acid (IAA) أحد أهم الهرمونات النباتية وأكثرها نشاطًا من الناحية الفسيولوجية، هدفت هذه الدراسة إلى عزل الفطريات من تربة ريزوسفير بعض محاصيل الخضراوات المزروعة بمنطقة السكت في مدينة مصراتة/ ليبيا؛ لتحديد كفاءتها على إنتاج هرمون IAA، حيث تم عزل 14 نوعًا من الفطريات باستخدام طريقة التخفيف المتسلسل والزراعة على وسط PDA، واختبرت كفاءة الفطريات المعزولة على إنتاج هرمون IAA بعد زراعتها على وسط YMB المضاف إليه التربتوفان بنسبة 0.1% لتحفيز إنتاج الهرمون، وأظهرت النتائج كفاءة 4 عزلات (*Alternaria* sp. , *Fusarium* sp. *Trichoderma* sp. , *Rhizopus* sp.) على إنتاج هرمون IAA الذي تم الكشف عنه عن طريق تغير لون الراشح الفطري إلى اللون الوردي بعد إضافة كاشف سالكوفسكي (Salkowski)، أيضًا أظهرت النتائج من خلال قراءة الامتصاصية للراشح الفطري على الطول الموجي 530 نانوميتر باستخدام جهاز Spectrophotometer أن أعلى مستوى لتركيز هرمون IAA كان لفطر *Trichoderma* sp. بمتوسط تركيز 10.573 ppm، يليه *Rhizopus* sp. بمتوسط تركيز 9.056 ppm، ومن ثم *Alternaria* sp. و *Fusarium* sp. بمتوسط تركيز 5.931 ppm و3.075 ppm على التوالي، وهكذا يتضح من الدراسة أهمية فطريات الريزوسفير ودورها في تعزيز نمو وإنتاجية المحاصيل الزراعية من خلال إنتاجها للهرمونات النباتية وتحديدًا هرمون IAA.

الكلمات المفتاحية: الفطريات، الريزوسفير، هرمونات النمو النباتية، الإندول حمض الخليك، كاشف سالكوفسكي.

Determination the Ability of Fungi Isolated from the Rhizosphere Soil to Produce Indole-3-Acetic Acid Hormone

Hana O. Safar
Faculty of sciences, Misurata University, Libya

Abstract:

Indole-3-acetic acid (IAA) is one of the most important and physiologically active plant hormones. This study aimed to isolate fungi from the rhizosphere soil of some vegetable crops grown in Al-Sikt region in Misurata city-Libya to determine their ability in producing IAA hormone. Fourteen species of fungi were isolated using the serial dilution method and cultivation on PDA medium. The ability of isolated fungi to produce IAA hormone were tested on YMB media supplemented with 0.1% L-tryptophan as an initiator to stimulate hormone production. The result showed the ability of four isolates (*Alternaria* sp., *Fusarium* sp., *Trichoderma* sp., *Rhizopus* sp.) on the production of IAA hormone, which was detected by changing the color of the fungal filtrate to pink after adding Salkowski reagent. The results also showed that the highest level of IAA concentration by reading the absorbance of the fungal filtrate at 530 nm using a spectrophotometer was for *Trichoderma* sp. at a concentration of 10.573 ppm, followed by *Rhizopus* sp. at a concentration of 9.056 ppm, then *Alternaria* sp. and *Fusarium* sp. at a concentration of 5.931 ppm and 3.057 ppm, respectively. Thus, the study showed the role of rhizosphere fungi in enhancing the growth and productivity of agricultural crops through their production of plant hormones, specifically the hormone IAA.

***Key words*:** Fungi, Rhizosphere, Phytohormones, Indole-3-acetic acid, Salkowski reagent.

1. مقدمة Introduction:

يعد هرمون النمو النباتي الإندول حمض الخليك ((Indole-3-acetic acid (IAA) من الأوكسينات الرئيسة المنظمة لنمو النباتات، وأكثرها نشاطًا من الناحية الفسيولوجية، حيث إنه يتحكم في نمو الخلايا وانقسامها وتمايزِ الأنسجة واستجابةِ النباتات للضوء والجاذبية، كما يتحكم أيضًا في نمو وتطور الأعضاء النباتية (Shahab *et al.*, 2009)، ويعمل على زيادة التفرعات الجانبية للجذور مما يسمح بامتصاص أكبر للأغذية ونمو جيد للنباتات (Mahmoud & Mustafa, 2017)، يتشكل هذا الهرمون كناتج ثانوي لأيض الحمض الأميني التربتوفان (L-tryptophan) بعد سلسلة من التفاعلات الإنزيمية (Bunsangiam *et al.*, 2019)، وهو من منتجات التكنولوجيا الحيوية المهمة المستخدمة تجاريًّا لأغراض الزراعة والبستنة، تنتج هذه الهرمونات في النباتات الراقية، وتنتج كذلك بواسطة العديد من الكائنات الحية الدقيقة كالبكتيريا، والطحالب والفطريات (Duca *et al.*, 2014).

تمثل الفطريات أحد أهم عناصر النظام البيئي، إذ أنها تؤثر بشكل فعّال على ما يحيط بها من عناصر هذا النظام، وخاصة جزأه الأحيائي، والنباتات من أهم عناصره (Rashid *et al.*, 2004)، فهي تلعب دورًا كبيرًا في المحافظة على التوازن الحيوي في الطبيعة، كما أن الكثير من الفطريات تستخدم في مجال المكافحة الحيوية للآفات الزراعية، بالإضافة إلى قدرتها على إذابة المركبات الفوسفاتية وتيسير امتصاص عنصر الفوسفور الذائب للنباتات من خلال إنتاجها للأحماض العضوية، وبهذا تزيد من قدرة النبات على تحمل الإجهاد البيئي، فضلاً عن قدرتها على إنتاج هرمونات النمو النباتية ومن ثَمّ يكون لها دور كبير على الإنتاج الزراعي (الطائي، 2014).

اكتشف هرمون IAA لأول مرة في راشح الفطر *Rhizopus sinus* من قبل الباحث Thimann عام 1935 (Hasan, 2002)، وحاليًّا يعد إنتاج هرمون IAA من قبل الفطريات من الاستراتيجيات المهمة المستخدمة بشكل فعال في تطوير أسمدة حيوية صديقة للبيئة تعزز نمو النبات من خلال السيطرة على الفعاليات الفسيولوجية المختلفة في الخلايا النباتية (Wisdawati *et al.*, 2020)، وتلعب الفطريات المتعايشة في منطقة الجذور أو ما يعرف بمنطقة الريزوسفير (Rhizosphere) دورًا مُهمًّا في إنتاج هرمونات النمو النباتية كنواتج أيضية ثانوية، حيث أشارت العديد من الدراسات السابقة إلى أهمية استخدام فطريات الريزوسفير كمنتجات لهرمون IAA منها

دراسة (Wisdawati *et al.*, 2020 ;Larekeng *et al.*, 2019 ;Gusmiaty *et al.*, 2019) التي بيّنت كفاءة كل من الفطريات الآتية: *Trichoderma*، *Fusarium*، *Aspergillus*، *Penicillium* و *Rhizopus* على إنتاج هرمون IAA، ودورها في تحسين الحالة الصحية للنبات وتعزيز نمو الجذور، وزيادة الكتلة الحيوية للنبات، وأهمية تطوير هذه السلالات إلى سماد حيوي يحفز نمو وإنتاجية المحاصيل النباتية، ونظرًا لأهمية الفطريات كمنتجات للهرمونات النباتية أجريت هذه الدراسة لغرض عزل الفطريات من تربة ريزوسفير بعض محاصيل الخضراوات المزروعة بمنطقة السكت في مدينة مصراتة/ ليبيا؛ لتحديد كفاءتها على إنتاج هرمون النمو النباتي IAA.

2. المواد وطرائق البحث Materials and Methods:

1.2 جمع عينات تربة الريزوسفير Collection of rhizosphere soil samples:

تم جمع عينات الدراسة من تربة الريزوسفير لخمسة محاصيل من محاصيل الخضراوات (الخيار، الخس، الطماطم، الفلفل، الفول) المزروعة بمنطقة السكت في مدينة مصراتة/ ليبيا، وجمعت 15 عينة عشوائية وبواقع 3 عينات لكل محصول، وذلك باقتلاع النبات مع الجذور والتربة المحيطة بها، ثم أزيلت منها التربة قليلة الالتصاق، بعد ذلك وضعت الجذور مع التربة التي بقيت ملاصقة للجذور بداخل أكياس النايلون المعقمة وهُزّت للحصول على تربة الريزوسفير الملاصقة للجذور، ثم خلطت تربة كل محصول مع بعضها البعض، ونقلت مباشرة إلى معمل الأحياء الدقيقة بكلية العلوم – جامعة مصراتة/ ليبيا؛ لغرض عزل الفطريات منها (Khalil & Alkurtany, 2018).

2.2 عزل وتشخيص الفطريات Isolation and identification of the fungi:

عزلت الفطريات من عينات تربة الريزوسفير باستخدام طريقة التخفيف المتسلسل، وذلك بوزن 1 جم من كل عينة تربة ووضعها في أنابيب اختبار بها 9 مل ماء مقطر معقم، بعد ذلك حضّرت منها سلسلة من التخفيفات العشرية حتى الوصول إلى التخفيف 10^{-5}، ومن ثم نقل 1 مل من كل تخفيف إلى طبق بتري يحتوي على وسط Potato Dextrose Agar (PDA)، ووزعت بالتساوي على سطح الوسط الغذائي باستخدام الساق الزجاجية على شكل حرف (L)، وحضنت الأطباق في الحاضنة عند درجة حرارة 25°م لمدة 7 أيام (Gusmiaty *et al.*, 2019)، وبعد فترة التحضين

ونمو المستعمرات الفطرية المختلفة، تم تنقية الفطريات المعزولة وتشخيصها على أساس الصفات المظهرية للمستعمرة، وأيضًا على أساس الفحص المجهري لملاحظة الخيوط الفطرية وأنواع الأبواغ وترتيبها بالاعتماد على المراجع العلمية المتاحة (Gondal *et al.*, 2019; Kidd *et al.*, 2016).

3.2 تحديد كفاءة الفطريات على إنتاج هرمون IAA بالطريقة اللونية Estimation of IAA hormone production from fungi by the colorimetric method:

اختبرت كفاءة الفطريات على إنتاج هرمون IAA بحسب طريقة (Gordon & Weber, 1951)، وذلك بوضع قرص بقطر 5 ملم من العزلات الفطرية المزروعة على وسط PDA في دوارق تحتوي على 25 مل من الوسط الغذائي السائل المعقم Yeast Extract-Malt Extract Broth (YMB) مضاف إليه L-tryptophan بنسبة 0.1% كبادئ لتحفيز إنتاج هرمون IAA، حيث تم استخدام ثلاث مكررات لكل عزلة فطرية مع ترك دورق بدون زرع كشاهد للتجربة، حضنت الدوارق في الحاضنة على درجة حرارة 28°م لمدة 7 أيام، بعد ذلك تم ترشيح المزرعة السائلة باستخدام الشاش للحصول على الراشح الفطري، ثم وضع الراشح الفطري في الأنابيب التي بدورها وضعت في جهاز الطرد المركزي على سرعة 4000 دورة/دقيقة لمدة 15 دقيقة؛ للتخلص من بقايا الميسيليوم الفطري، بعد ذلك أخذ 1 مل من الراشح ومزج مع 2 مل من كاشف سالكوفسكي (Salkowski) (1 مل من M0.5 كلوريد الحديد الثلاثي– 30 مل حمض الكبريتيك– 50 مل ماء مقطر معقم)، ثم ترك المزيج لمدة 30 دقيقة عند درجة حرارة الغرفة، وحدوث أي تغير في لون الراشح من الأصفر إلى اللون الوردي يؤخذ كدليل على وجود هرمون IAA في الراشح الفطري.

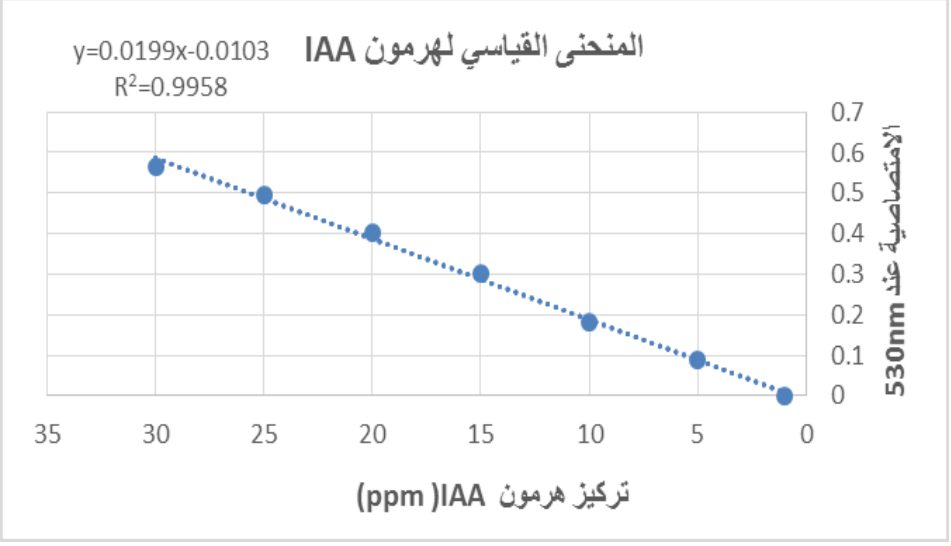
4.2 تقدير تركيز هرمون IAA في الراشح الفطري Estimation of IAA concentration in fungal filtrate:

تم تقدير مستوى تركيز هرمون IAA في الراشح الفطري للعزلات التي أعطت تغيرًا لونيًّا إلى اللون الوردي بعد إضافة كاشف سالكوفسكي (Salkowski) من خلال قراءة الامتصاصية على الطول الموجي 530 نانوميتر باستخدام جهاز Spectrophotometer JENWAY 6300

بواقع ثلاث مكررات لكل عزلة، وحدد التركيز الكلي للهرمون بالرجوع للمنحنى القياسي لمحلول IAA (Gusmiaty *et al*., 2019).

5.2 تحضير المنحنى القياسي لمحلول IAA Preparation of IAA standard curve:

حضرت عدة تراكيز من محلول IAA التجاري تراوحت بين 5، 10، 15، 20، 25، 30 جزءًا في المليون (ppm) وبحجم 1 مل لكل تركيز في أنبوبة اختبار، وأضيف إليها 2 مل من كاشف سالكوفسكي (Salkowski)، وبعدها ترك المزيج لمدة 30 دقيقة وتم قراءة الامتصاصية لتراكيز القياسية على الطول الموجي 530 نانوميتر(Gusmiaty *et al*., 2019)، بعد ذلك تم إدخال البيانات المتمثلة في قيم التراكيز وقيم الامتصاصية لمحلول IAA في برنامج Microsoft Excel وتحليلها للحصول على المنحنى القياسي لمحلول IAA، وأيضًا معادلة الخط المستقيم (y=0.0199x-0.0103) التي تم عن طريقها حساب تركيز هرمون IAA في الراشح الفطري، علمًا بأن y تمثل قيمة الامتصاصية و x تمثل قيمة التركيز (شكل 1) (Bhuvaneshwari *et al*., 2019).



شكل (1): المنحنى القياسي لهرمون IAA

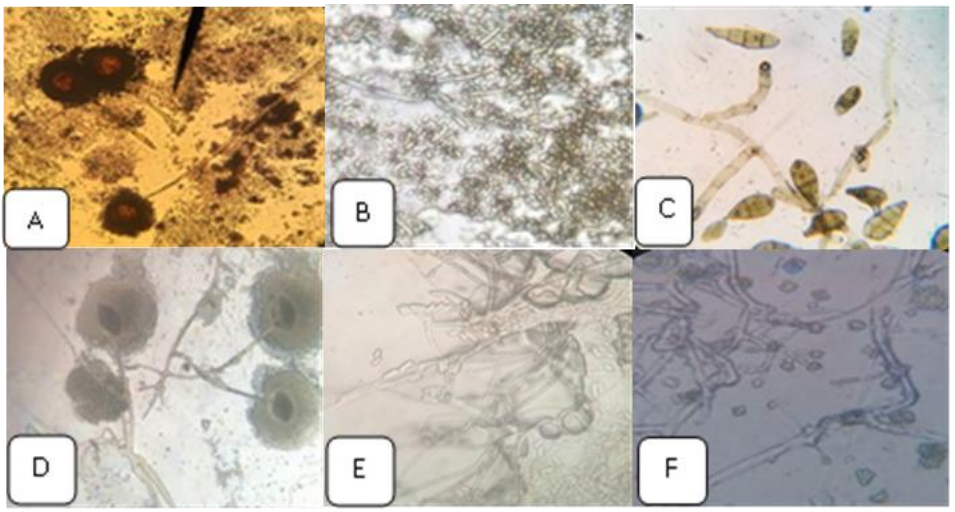
3. التحليل الإحصائي Statistical analysis:

تم تحليل النتائج المتحصل عليها لحساب المتوسط الحسابي والانحراف المعياري لتكرارات الثلاثة عن طريق إدخال البيانات وتحليلها باستخدام برنامج SPSS.

4. النتائج والمناقشة Results and Discussion:

عزل في هذه الدراسة 14 نوعًا من الفطريات من تربة ريزوسفير لمحاصيل الخضراوات (الخيار، الخس، طماطم، الفلفل، الفول) المزروعة بمنطقة السكت في مدينة مصراتة/ ليبيا، باستخدام طريقة التخفيف المتسلسل والزراعة على وسط PDA، شخصت العزلات الفطرية طبقًا للمواصفات والتراكيب الظاهرة بالاعتماد على المراجع العلمية المتاحة (Gondal *et al.*, 2019; Kidd *et al.*, 2016) وهي تنتمي للأنواع التالية:

Aspergillus niger، *Aspergillus terreus*، *Asperillus fumigatus*، *Alternaria alternata*، *Alternaria tenuissima*، *Alternaria* sp.، *sydowii Penicillium*، *Rhizoctonia solani*، *Cladosporium cladosporioides* sp.، *Fusarium* sp.، *Trichoderma sp.*، *Rhizopus* sp. و *Sclerotenia* sp. (شكل 2)، هذا التنوع الفطري في منطقة الريزوسفير قد يُعزى سببه إلى ما تفرزه الجذور خلال نموها في التربة من سكريات وأحماض أمينية وفيتامينات، إضافة إلى ما يترتّب عنها من جذور متقطعة وخلايا ممزقة تستفيد منها الميكروبات التي بدورها تجعل العناصر الغذائية الأخرى متاحة للنبات فتشجع نموه، وهكذا يحدث ما يعرف بالتفاعل التعاوني بين هذه الميكروبات والنباتات (Mitra *et al.*, 2016; Sahasrabudhe, 2011).



شكل(2): الشكل المظهري لبعض الفطريات المعزولة من تربة الريزوسفير (A): *A. niger* (B): *C. cladosporioides*، (C): *A. alternata*، (D): *Rhizopus* sp.، (E): *Fusarium* sp.، (F): *Trichoderma* sp. باستخدام المجهر الضوئي قوة تكبير X40

من ناحية أخرى أظهرت نتائج الكشف عن كفاءة الأنواع الفطرية المعزولة على إنتاج هرمون IAA بالطريقة اللونية على وسط YMB المضاف إليه L-tryptophan بنسبة 0.1% كبادئ لإنتاج الهرمون أن 4 أنواع من أصل 14 نوعًا فطريًّا كانت منتجة لهرمون IAA وهي *Rhizopus* sp.، *Alternaria* sp.، *Trichoderma* sp. و *Fusarium* sp.، ولوحظت إيجابية هذه الفطريات على إنتاج IAA بعد إضافة كاشف سالكوفسكي (Salkowski) للراشح الفطري من خلال تغير لون الراشح إلى اللون الوردي، وقد نتج هذا التغير بسبب التفاعل بين إندول حمض الخليك وأيونات الحديديك (Fe^{+3}) الموجودة في الكاشف ليتكون معقد $Fe_2(OH)_2(IA)_4$، وهذا المعقد الناتج هو المسؤول عن إعطاء اللون الوردي للراشح الفطري (Gordon & Weber, 1951)، كما بينت النتائج أيضًا تفاوتًا في درجة اللون الوردي للراشح الفطري بين العزلات، حيث أعطى الراشح الفطري لفطر *Trichoderma* sp. أغمق درجة للون الوردي، وأخف درجة كانت في الراشح الفطري لفطر *Alternaria* sp. و *Fusarium* sp. (جدول، 1) (شكل، 3).

جدول (1): العزلات الفطرية المنتجة للإندول حمض الخليك (IAA)

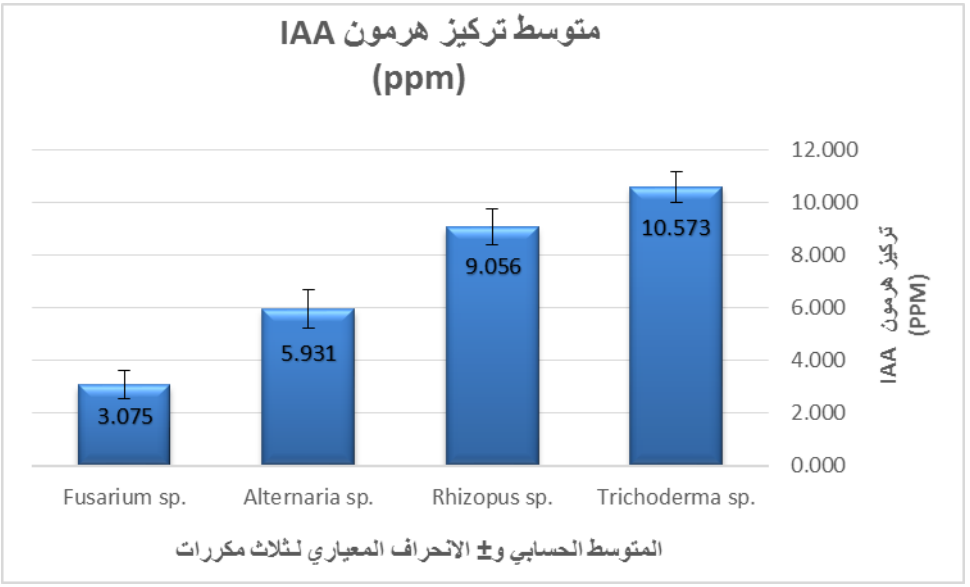
العزلات الفطرية	إنتاج الإندول حمض الخليك
Trichoderma sp.	+++
Rhizopus sp.	++
Alternaria sp.	+
Fusarium sp.	+

(+++): وردي غامق/ (++): وردي متوسط/ (+): وردي خفيف.

شكل (3): التغير والتدرج اللوني في راشح الفطريات المنتجة لهرمون IAA، بعد إضافة كاشف سالكوفسكي مقارنة بالشاهد (1 مل من وسط YMB مضاف إليه 2 مل من الكاشف)

بالإضافة إلى ذلك حدد مستوى تركيز هرمون IAA في راشح الفطريات المنتجة من خلال قراءة الامتصاصية على الطول الموجي 530 نانوميتر باستخدام جهاز Spectrophotometer JENWAY 6300، وبالرجوع للمنحنى القياسي لمحلول IAA (شكل 1) فقد بيّنت النتائج أن أعلى مستوى لتركيز هرمون IAA كان في الراشح الفطري لفطر *Trichoderma* sp. بمتوسط تركيز 10.573 ppm يليه *Rhizopus* sp. بمتوسط تركيز 9.056 ppm، ومن ثم *Alternaria* sp. و *Fusarium* sp. بمتوسط تركيز 5.931 ppm و 3.075 ppm على التوالي (شكل، 4)، واتفقت هذه النتائج مع ما أكده (Lestari *et al.*, 2021) حيث بين أنه كلما

كان اللون الوردي للراشح الفطري أغمق دلّ ذلك على ارتفاع مستوى تركيز IAA المنتج من قبل الفطريات.



شكل (4): تركيز هرمون IAA في راشح الفطريات المنتجة

أيضًا تقاربت نتائج هذه الدراسة مع ما أشار إليه (Larekeng *et al.*, 2019) إذ بين كفاءة فطريات الريزوسفير *Trichoderma* sp.، *Rhizopus* sp. و *Fusarium* sp. على إنتاج IAA التي تم الكشف عنها من خلال ظهور اللون الوردي في الراشح الفطري، كذلك بينت النتائج أن الفطر *Trichoderma* sp. أعطى أفضل مستوى لتركيز الهرمون، يليه *Rhizopus* sp. و*Fusarium* sp.، لكن اختلفت في مستوى التركيز الذي كان أعلى مقارنة بالدراسة الحالية، حيث أعطى الفطر *Trichoderma* sp. أعلى تركيز 20.36 ppm، يليه *Rhizopus* sp. بتركيز 19.66 ppm و*Fusarium* sp. بتركيز 12.80 ppm، ومن ناحية أخرى اختلفت النتائج مع دراسة (Wisdawati *et al.*, 2020) التي أظهرت أن أفضل إنتاجية للهرمون كانت لفطر *Fusarium* sp. بتركيز 8.89 ppm، و يليه *Trichoderma* sp. بتركيز 8.21 ppm، أيضًا بيّنت النتائج كفاءة الفطر *Aspergillus* sp. على إنتاج IAA بتركيز 7.82 ppm والتي اختلفت عن نتائج الدراسة الحالية في عدم كفاءة الأنواع التابعة لجنس *Aspergillius* spp. على

إنتاج الهرمون، هذه الاختلافات في كفاءة العزلات على إنتاج الهرمون، وأيضًا التفاوت في تركيز هرمون IAA المنتج من قبل العزلات الفطرية، يمكن أن تعزى إلى عدم كفاية فترة التحضين ودرجة الحرارة اللازمة لتحفيز إنتاج الهرمون، وأيضًا الاختلاف في مكونات الوسط الغذائي المستخدم، بالإضافة إلى الاختلاف في تركيز L-tryptophan المضاف للوسط الغذائي كبادئ لإنتاج الهرمون والتفاوت في قابلية أيضه من قبل العزلات الفطرية (Lestari *et al.*, 2021).

5. الاستنتاج Conclusion:

تلعب الفطريات المتعايشة في منطقة الريزوسفير دورًا مهمًّا في إنتاج هرمونات النمو النباتية، وتحديدًا هرمون الإندول حمض الخليك (IAA)، الذي يُسهم بشكل فعّال في تطوير وتعزيز نمو النباتات وزيادة عائد المحاصيل الزراعية.

6. التوصيات Recommendations:

- اختبار كفاءة الفطريات المنتجة لهرمون IAA على تحفيز نمو النباتات معمليًّا، لتحديد العزلات الأكفاء التي يمكن استغلالها في إنتاج أسمدة حيوية صديقة للبيئة.
- تحديد الظروف المثلى لإنتاج هرمون IAA من قبل العزلات الفطرية المنتجة، مثل تحديد تركيز L-tryptophan الأمثل لإنتاج الهرمون، وفترة التحضين المناسبة، وأيضًا درجة الحرارة ودرجة الحموضة المثلى؛ للحصول على أفضل تركيز للهرمون الذي يمكن تنقيته واستخدامه مباشرة في الزراعة كهرمون محفز لنمو النبات.

المصادر والمراجع

الطائي، أزهر حميد فرج. (2014). *تأثير بعض أنواع الفطر Aspergillus spp. والفطر Trichoderma hamatum في نمو نبات الخيار Cucumis sativus المزروع في أوساط زرعيه بديلة* [أطروحة دكتوراه]. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، كلية الزراعة – جامعة الكوفة / العراق، ص133.

Bhuvaneshwari, T., Tilak, M., Kalaiselvi, T. & Shanmugam, R. (2019). Scouting IAA producing ability of bacterial endophytes isolated from the plant partsof mulberry (*Morus indica* L.). *International Journal of Chemical Studies, 7*(3), 3043-3047. https://www.chemijournal.com/archives/2019/vol7issue3/PartAW/7-3-203-124.pdf

Bunsangiam, S., Sakpuntoon, V., Srisuk, N., Ohashi, T., Fujiyama, K. & Limtong, S. (2019). Biosynthetic pathway of indole-3-acetic acid in basidiomycetous yeast *Rhodosporidiobolus fluvialis*. *Microbiology*, *47*(3), 292-300. https://doi.org/10.1080/12298093.2019.1638672

Duca, D., Lorv, J., Patten, C. L., Rose, D. & Glick, B. R. (2014). Indol-3-acetic acid in plant- microbe interaction. *Antonie Van Leeuwenhoek*, 106, 85-125. https://doi.org/10.1007/s10482-013-0095-y

Gondal, A. S., Rauf, A. & Naz, F. (2019). Anastomosis Groups of *Rhizoctonia solani* associated with tomato foot rot in Pothohar Region of Pakistan. *Scientific Reports*, *9*(1), 1-12. https://doi.org/10.1038/s41598-019-40043-5

Gordon, S. A. & Weber, R. P. (1951). Colorimetric estimation of indole acetic acid. Plant Physiology, *26*(1), 192-195. https://doi.org/10.1104/pp.26.1.192

Gusmiaty, G., Restu, A. M. & Payangan, R. Y. (2019). Production of IAA (Indole Acetic Acid) of the rhizosphere fungus in the Suren community forest stand. *Earth and Environmental Science*, 343, 1-6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012058

Hasan, H. A. H. (2002). Gibberellin and auxin production by plant root-fungi and their biosynthesis under salinity-calcium interaction. *ROSTLINNÁ VÝROBA*, *48*(3), 101-106. https://www.agriculturejournals.cz/pdfs/pse/2002/03/03

Khalil, K. K. and Alkurtany, A. E. S. (2018). Isolation and Identification of *Pseudomonas* bacteria promoting plant growth from rhizosphere of some plants growth in Gypsiferous soils in Salah-Aldin Governorate. *Tikrit Journal for Agricultural Sciences*, *18*(1), 124-136. https://www.iasj.net/iasj/article/141276

Kidd, S., Halliday, C. L., Alexiou, H. & Ellis, D. (2016). Descriptions of medical fungi (3rdedition). Australio: Newstyle Printing. https://www.adelaide.edu.au/mycology/ua/media/1596/fungus3-book.pdf

Larekeng, S. H., Restu, M., Tunggal, A. & Susilowati, A. (2019). Isolation and identification of rhizospheric fungus under Mahoni (Swietenia mahagoni) stands and its ability to produce IAA (Indole Acetid Acid) hormones. *Earth and Environmental Science*, 343, 1-11. https://doi.org/10.1088/1755-1315/343/1/012051

Lestari, D., Asrul, L., Kuswinanti, T., Musa, Y. & Sulfahri. (2021). Selection of fungi that potentially produces IAA (Indole Acetic Acid) hormone oriin of Takalar sugar factory waste. *Earth and Environmental Science*, 807, 1-6. https://doi.org/10.1088/1755-1315/807/2/022039

Mahmoud, G. A. E. & Mostafa, H. H. (2017). Statistical optimization as a powerful tool for indole acetic acid production by *Fusarium oxysporum*. *European Journal of Biological Research*, *7*(4), 315-323. http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.1012348

Mitra, D., Sharma, K., Uniyal, N., Chauhan, A. & Sarkar, P. (2016) Study on plant hormone (Indole-3-Acetic Acid) producing level and other Plant Growth Promotion Ability (PGPA) by Asparagus racemosus (L.) Rhizobacteria. *Journal of Chemical and Pharmaceutial Research*, *8*(4), 995-1002. www.jocpr.com

Rashid, M., Khalil, S., Ayub, N., Alam, S. & Latif, F. (2004). Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *7*(2), 187-196. https://doi.org/10.3923/pjbs.2004.187.196

Shahab, S., Ahmed, N. & Khan, N. S. (2009). Indole acetic acid production and enhanced plant growth promotion by indigenous PSBs. *African Journal of Agricultural Research*, *4*(11), 1312-1316. http://www.academicjournals.org/AJAR

Sahasrabudhe, M. M. (2011). Screening of rhizobia for indole acetic acid production. *Annals of Biological Research*, *2*(4), 460-468. https://www.researchgate.net/publication/266009269_Screening_of_rhizobia_for_indole_acetic_acid_production

Wisdawati, E., Kuswinanti, T., Rosmana, A. & Nasruddin, A. (2020). Production of indole-3-acetic acid (IAA) by fungal isolates of taro (*colocasia esculenta* var. *antiquorum*) rhizosphere. *Earth and Environmental Science*, 486, 1-6. http://doi.org/10.1088/1755-1315/486/1/012125.