

عزل وتوصيف ميكروبات مذيبة للبوتاسيوم من ترب وريزوسفير القمح والزيتون ودراسة قدرتها على إذابة البوتاسيوم الفلزي من مناطق مختلفة من محافظة حمص

أ.د. عبد الله العيسى^١ د. لنا النداف^٢ م. يوسف الفطوم^٣

الملخص

يهدف دراسة أكثر الميكروبات كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي؛ تم عزل ميكروبات (بكتيريا - فطريات) من المنطقة الجذرية (الريزوسفير) ومن التربة المجاورة لها والخالية من الجذور من محصول حقل (القمح)، وآخر أشجار مثمرة (الزيتون) في قريتي الصايد وحدثة بريف حمص الشرقي والغربي، تربهما مختلفة المحتوى من كربونات الكالسيوم. أظهرت الاختبارات المزرعية والمجهرية والبيوكيميائية للبكتيريا والفطريات وجود ٣٣ عزلة بكتيرية عسوية، بعضها موجبة غرام وأخرى سالبة غرام، تتبع ٧ عزلات منها *Bacillus*، و ٥ عزلات *Pseudomonas*، و ٢٠ عزلة فطرية مذيبة للبوتاسيوم الفلزي. تمت متابعة الدراسات لمعرفة أكثر هذه الميكروبات كفاءة على إذابة البوتاسيوم الفلزي مخبرياً في وسط الكسندروف السائل.

أجري تقدير لقطر منطقة الإذابة للمستعمرات البكتيرية المذيبة للبوتاسيوم KSB وتبين أن العزلة KSP33 التابعة لـ *Pseudomonas* المأخوذة ريزوسفير القمح في قرية الصايد أعطت أكبر قطر لمنطقة الإذابة - 1.95 cm، أما الفطريات المذيبة للبوتاسيوم فقد أظهرت قوة أكبر على إذابة البوتاسيوم منها عند البكتيريا، إذ قدرت منطقة الإذابة لعزلة KSF2 بـ 2.95 cm، مأخوذة من ريزوسفير الزيتون في قرية حدثة.

اتضح عند دراسة قدرة العزلات البكتيرية المذيبة للبوتاسيوم على إذابة البوتاسيوم الفلزي خلال ثلاث فترات تحضين (٧ - ١٥ - ٢٠ يوم)؛ أن كمية البوتاسيوم الذائب خلال فترة التحضين الأولى (٧ أيام) للعزلات تراوحت بين (٣,٨٠ - ٢٢,٤ mgr/l)، وانخفضت كمية البوتاسيوم الذائبة خلال فترة التحضين الثانية (١٥ يوم) إلى (٢,٥٠ - ١٦,٥٠ mgr/l)، أما في فترة التحضين الثالثة (٢٠ يوم) فكانت كمية البوتاسيوم المتحررة بفعل الإذابة أقل وتراوحت بين (١,٢٠ - ٨,٥٠ mgr/l). بالمقابل أظهرت النتائج المتعلقة بالفطريات المذيبة للبوتاسيوم زيادة

عزل وتوصيف ميكروبات مذيبة للبتواسيوم من ترب وريزوسفير القمح والزيتون ودراسة قدرتها على إذابة البتواسيوم الفلزي من مناطق مختلفة من محافظة حمص

في كمية البتواسيوم المتحررة مع ازدياد فترة التحضين ، حيث ازداد معدل الإذابة من ١٥,٦ mgr/l خلال الفترة الأولى (٧ أيام) ليرتفع إلى 21.05 mgr/l خلال الفترة الثانية (١٥ يوم) ، وانخفضت كمية البتواسيوم المتحررة إلى 19.45 mgr/l خلال الفترة الثالثة (٢٠ يوم) مقارنة مع فترة التحضين الثانية (١٥ يوم).

سجل وجود علاقة طردية قوية بين قيم إذابة البتواسيوم الخاصة بالبكتيريا، وقيمة pH الوسط خلال فترة التحضين الأولى والثانية، بيد أن هذه العلاقة ضعفت في مرحلة التحضين الثالثة. من جهة أخرى بينت النتائج أن الفطريات *Aspergillus* أكثر قدرة على إذابة البتواسيوم الفلزي من البكتيريا مع ازدياد فترة التحضين.

تم غرلة العزلات البكتيرية والفطرية لمعرفة أكثرها كفاءة في إذابة البتواسيوم الفلزي؛ فتبين وجود عزلة بكتيرية KSB1 في ريزوسفير الزيتون لقرية الصايد أعطت أعلى معدل إذابة ٢٢,٤ mgr/l، وكذا عزلة فطرية KSF1 في ريزوسفير القمح في قرية حدائة 21.3 mgr/l ، تعد هاتين العزلتين واعدتين في إمكانية استخدامهما كسماد حيوي مذيب للبتواسيوم.

اتضح من دراسة العلاقة بين بعض مؤشرات التربة وتعداد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم في تربة قرية حدائة، وجود علاقة طردية قوية بين محتوى التربة من المادة العضوية والبتواسيوم الذائب و كربونات الكالسيوم من جهة والتعداد البكتيري لمذيبات البتواسيوم الموجودة في تربة قرية حدائة من جهة أخرى، كما تبين وجود علاقة طردية بين محتوى التربة من المادة العضوية والبتواسيوم الذائب و كربونات الكالسيوم، والتعداد البكتيري لمذيبات البتواسيوم في تربة قرية الصايد.

الكلمات المفتاحية: ميكروبات مذيبة للبتواسيوم، البتواسيوم الفلزي، *Bacillus*،

Aspergillus، *Pseudomonas*، تربة وريزوسفير، محافظة حمص

١ أستاذ في كلية الهندسة الزراعية جامعة البعث اختصاص أحياء دقيقة

٢ أستاذ مساعد في كلية الهندسة الزراعية جامعة البعث اختصاص تقانة حيوية وبيولوجيا جزيئية

٣ طالب دراسات عليا في كلية الهندسة الزراعية جامعة البعث

Isolation and Characterization of Potassium-Dissolving Microbes from Soils and Rhizospheres of wheat and olives and studying their ability to dissolve metallic potassium from different regions of Homs Governorate

Prof. Dr. Abdullah Al-Issa (1) Dr. Lina Al-Naddaf (2)

Eng. Youssef Al-Fatoum (3)

Abstract

In order to study the most efficient microbes in dissolving metallic potassium, Microbes (bacteria - fungi) were isolated from the root zone (rhizosphere) and the adjacent soil devoid of roots from a field crop (wheat), and fruit tree (olive) in the villages of Al-Sayed and Hadatha in the eastern and western countryside of Homs soils with different content of calcium carbonate. Cultural microscopic and biochemical tests of bacteria and fungi showed the presence of 33 isolates, some of them are gram-positive and others are gram-negative, 7 isolates belong *Bacillus*, and 5 isolates are *Pseudomonas*, 20 isolates of soluble fungi of metallic potassium. Studies have been followed up to find out which microbes are more efficient at dissolving metallic potassium in the laboratory in Alexandrov liquid medium.

An estimation of the solubility zone diameter was performed for (KSB) potassium soluble bacterial colonies, and it was found that the isolate KSP33 of *Pseudomonas* taken from the wheat rhizosphere in Al-Sayed village gave the largest diameter of the solute zone - 1.95 cm, as for the potassium solubilizing fungi (KSF), they showed a greater power to dissolve potassium than bacteria. The solubility area of KSF2 isolate was estimated at 2.95 cm, taken from the olive rhizosphere in the village of Hadatha.

It became clear when studying the ability of potassium soluble bacterial isolates to dissolve metallic potassium during three incubation periods (7 - 15 - 20 days), The amount of dissolved potassium during the first incubation period (7 days) for the isolates ranged between (3.80-22.4) mgr/l, the amount of dissolved potassium decreased during the second incubation period (15 days) to (2.50 - 16.50) mgr/l, while in the third incubation period (20 days) the amount of potassium solved by dissolution was less and ranged between (1.20 - 8.50) mgr/l. On the other hand, the results related to the potassium dissolving fungi showed an increase in the amount of potassium released with the increase in the

incubation period, where the dissolution rate increased from 15.6 mgr/l during the first period (7 days) to 21.05 mgr/l during the second period (15 days), then the amount of the soluble Potassium decreased to 19.45 mgr/l during the third period (20 days) compared with the second incubation period (15 days).

It was recorded a strong direct relationship between the solubility of potassium values for bacteria and the mean pH value during the first and second incubation periods, but this relationship weakened in the third incubation period.

On the other hand, the results showed that fungi *Aspergillus* are more capable of dissolving metallic potassium than bacteria with the increase in the incubation period.

Bacterial and fungal isolates were sieving to find out which are the most efficient in dissolving metallic potassium; It was found that there was a bacterial isolate KSB1 in the olive rhizosphere of Al-Sayed village, which gave the highest dissolution rate of 22.4 mgr/l. As well as a fungal isolate KSF1 in the wheat rhizosphere in Hadatha village gave 21.3 mgr/l. These two isolates are promising in their potential to be used as a potassium soluble biofertilizer.

It was clear from studying the relationship between some soil indicators and the number of potassium-dissolving bacteria in the soil of Haditha village, that there is a strong direct relationship between the soil content of organic matter, dissolved potassium, and calcium carbonate on the one hand, and the bacterial number of potassium solvents found in the soil of Hadatha village on the other hand. It was also found that there is a direct relationship between the soil content of organic matter, dissolved potassium and calcium carbonate, and the bacterial count of potassium solvents in the soil of Al-Sayed village.

Keywords: potassium-dissolving microbes, metallic potassium, *Bacillus*, *Pseudomonas*, soil and rhizosphere, Homs Governorate

1 Professor at the Faculty of Agriculture Engineering, Al-Baath University,

Specializing in Microbiology

2 Assistant Professor at the Faculty of Agriculture Engineering, Al-Baath

University specializing in biotechnology and molecular biology

أولاً. المقدمة والدراسة المرجعية.

يُعد البوتاسيوم K من أكثر العناصر وجوداً في القشرة الأرضية، حيث يُمثل حوالي 0.3 - 2.5 % من المكونات المعدنية للقشرة الأرضية [17]. يدخل البوتاسيوم في تركيب بعض الفلزات، أعلاها موجودة عادة في فلزات مثل: الميكا والأورثوكلاز والابليت [26]، والبوتاسيوم هو العنصر الأكثر وفرة في الخلايا النباتية، حيث أن النبات يمتصه بكميات أكبر مما يمتص أي عنصر آخر [8]. و يعد وجود مخزون مناسب من البوتاسيوم في التربة أمراً ضرورياً، ويرجع ذلك إلى الكميات الكبيرة المطلوبة من هذا العنصر من أجل النمو الجيد للمحاصيل [26].

أدى الطلب المتزايد على الغذاء للجوء إلى ممارسة الزراعة المكثفة، والتي تستدعي استخدام الأسمدة المعدنية بأنواعها، هذا الأمر ضمن تحسين غلة المحاصيل، ولكنه أدى إلى إحداث تلوث في البيئة والغذاء، ودمر التجمعات الميكروبية في التربة وقّال من أعدادها [26]، وعليه أظهرت الأبحاث أن بعض الكائنات الحية الدقيقة تفرز مواد عضوية تؤدي إلى تحرير عنصر البوتاسيوم K من الفلزات الحاوية عليه وتحويله إلى بوتاسيوم ذائب في محلول التربة، كما أن هذه الكائنات تتحمل التراكيز المرتفعة من البوتاسيوم الذائب، و أصطلح على تسمية هذه الأحياء بالإحياء الدقيقة المذيبة للبوتاسيوم Potassium Solubilizing Microorganisms (KSM) [8]. وهكذا فإن عزل هذه الكائنات واستخدامها كأسمدة حيوية محتملة هو أحد الاقتراحات لتعزيز خصوبة التربة [4]. علماً بأن الاستخدام طويل الأجل لهذه الأسمدة الحيوية هو فعل محسن للبيئة، كما يضمن الكفاءة والإنتاجية الجيدة ويمكن اعتماده من قبل المزارعين بدلاً عن الأسمدة الكيميائية البوتاسية [21].

أفادت العديد من الدراسات أن هناك أنواع من الأحياء الدقيقة في التربة تشارك في عملية إذابة أشكال K غير القابلة للذوبان إلى أشكال K متاحة يمكن امتصاصها بسهولة من قبل النباتات [35] [12]. فقد وجود طيف واسع من المجموعات الميكروبية المذيبة للبوتاسيوم، أبرزها الأنواع التالية *Bacillus mucilaginosus* و *B. edaphicus* و *B. circulans* و *Paenibacillus spp* و *Acidithiobacillus ferrooxidans*

و *Pseudomonas*، *Burkholderia* وذلك في العديد من الأبحاث [8] [27]. حيث تم تأكيد إطلاق هذه الميكروبات للبتواسيوم في شكل يمكن الاستفادة منه وذلك من الفلزات الحاوية عليه في التربة. كما تأكد قيام *Bacillus mucilaginosus* بإذابة البوتاسيوم الفلزي وعرفت بأنها بكتيريا موجبة الغرام. عسوية الشكل، ولديها أبواغ داخلية وذات محافظ ثخينة [36].

تعد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم كائنات غير ذاتية التغذية، ما معناه أنها تحصل على الطاقة والكربون وغيره من العناصر الغذائية اللازمة لبناء خلاياها من تفكيك البقايا العضوية الموجودة في التربة، يضاف إلى ذلك أنها بكتيريا هوائية، يناسبها pH معتدل مائل للقلوية [36].

تجدر الإشارة إلى أن الدراسات التي جرت على الفطريات المذيبة للبتواسيوم قليلة، وأقل بكثير من الدراسات التي جرت على البكتيريا، حيث سجل في السنوات القليلة الماضية أن سلالات من الفطريات الخيطية لها الإمكانية على إذابة البوتاسيوم الفلزي، فأصطلح على تسميتها باسم الفطريات المذيبة للبتواسيوم Potassium (KSF) Solubilizing Fungi. يمكن أن نذكر هنا بعضاً من أنواع هذه الفطريات مثل الميكوريزا [32] [34]. كما سجلت بعض الأنواع الفطرية المذيبة للبتواسيوم *Aspergillus terreus* [20]، *Aspergillus niger* [19]، *Penicillium spp* [22].

تتوفر حالياً معلومات قليلة عن عملية إذابة البوتاسيوم بواسطة الكائنات الحية الدقيقة المذيبة للبتواسيوم في الريزوسفير، أكثر آليات الإذابة المعروفة هي إنتاج هذه الكائنات الدقيقة لأحماض عضوية تعمل على زيادة انحلال عنصر البوتاسيوم من الفلزات الحاوية عليه بالإضافة إلى العناصر الغذائية الأخرى والتي تعزز نمو المحاصيل [5].

الآليات المعروفة حتى الآن والتي تستخدمها الكائنات الحية الدقيقة لإذابة البوتاسيوم الفلزي الداخل في تركيب الفلزات مثل الميكا، الأورثوكلاز والإيليبنت هي: خفض قيمة pH التربة من خلال إنتاج أحماض مختلفة مثل الأكساليك، والطرطريك، واستخلاب الكاتيونات المرتبطة ب K، وإنتاج السكريات المتعددة التي تساعد في إذابة الفلزات وتحرير البوتاسيوم منها [15] [18] [25].

ثانياً. أهمية ومبررات البحث

إن قلة الأبحاث والدراسات المحلية المتعلقة بعزل الميكروبات المذيبة للبتواسيوم دفعنا إلى عزل هذه الميكروبات من بعض الترب السورية في محافظة حمص، لتحديد أكثر هذه الميكروبات كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي، ليكون هذا البحث مقدمة باتجاه استخدام هذه الميكروبات كأسمدة حيوية محتملة. بالإضافة لإجراء دراسات لمعرفة العلاقة بين الميكروبات المذيبة للبتواسيوم وبعض الخواص الأساسية للتربة، الأمر الذي يسهم في الإدارة السليمة للتربة.

ثالثاً. أهداف البحث

- 1- عزل بكتيريا وفطريات مذيبة للبتواسيوم في ترب وريزوسفير القمح والزيتون في منطقتين متباينتين بيومناخياً وذوات محتوى متدن وعال من كربونات الكالسيوم.
- 2 - إجراء الدراسات المزرعية والمورفولوجية والبيوكيميائية على العزلات البكتيرية والفطرية المذيبة للبتواسيوم.
- 3 - تحديد العزلات البكتيرية والفطرية الأكثر كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي.
- 4- دراسة العلاقة المتبادلة بين كمية البوتاسيوم الذائبة بفعل الميكروبات المذيبة (بكتيريا - فطريات) وقيمة pH وسط الإذابة خلال فترات تحضين عزلات البكتيريا والفطريات في وسط ألكسندروف السائل الحاوي على البوتاسيوم الفلزي خلال فترات (7 - 10 - 20 يوم).
- 5- دراسة العلاقة المتبادلة بين تعداد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم وبعض مؤشرات التربة مثل؛ المادة العضوية وكربونات الكالسيوم والبوتاسيوم الذائب.

رابعاً. مواد وطرائق العمل

1- موقع الدراسة

تم اختيار موقعي الدراسة ليكونا مختلفين في خصائص التربة الكيميائية وخاصة كربونات الكالسيوم والمادة العضوية. الموقع الأول: قرية حدادة ناحية تلدو التابعة لمحافظة حمص. تقع غرب مدينة حمص، شرق ضهر القصير بحوالي 3 كيلومتر. تتميز بمعدل هطل مطري عال يقارب 800

ml . تتميز بغطاء نباتي كثيف يكثر فيها زراعة الزيتون والكرمة والأشجار المثمرة والحبوب.

الموقع الثاني: قرية الصايد. تقع شرق مدينة حمص. تتميز بمتوسط هطل مطري سنوي منخفض أقل من 200 ml ، وغطاء نباتي رعوي منخفض الكثافة. يزرع في المنطقة أشجار اللوز، وأدخلت حديثاً زراعة الفستق الحلبي ويزرع القمح والشعير بعللاً.

2- جمع العينات الترابية

تم اختيار محصول حقلي (قمح)، وآخر من أشجار مثمرة (زيتون) من كل منطقة مدروسة، لجمع العينات الترابية من المنطقة الجذرية (تربة ريزوسفيرية) لهذه المحاصيل ومن التربة المجاورة لها والخالية من الجذور (لا ريزوسفيرية)، من عمق 0 - 30 cm . أخذ من كل محصول 7 عينات فردية بواسطة معول معقم مسبقاً بالكحول واللهب. خلطت العينات جيداً مع بعضها لتشكيل العينة المركبة. أخذت عينة مركبة أخرى من المنطقة المجاورة للنبات والخالية من الجذور. وضعت العينات المركبة في أكياس ورقية معقمة، وأرقلت بالمعلومات الكافية عن الموقع لتتقل إلى المخبر لإجراء التحاليل المختلفة عليها. وكان وقت أخذ العينات بتاريخ 2-1-2020.

3- التحاليل الكيميائية للعينات الترابية

3-1- تقدير رقم pH التربة باستخدام جهاز pH meter [16].
3-2- تقدير محتوى التربة من المادة العضوية بطريقة الأكسدة الرطبة بديكرومات البيوتاسيوم K_2CrO_4 [33].
3-3- تقدير كمية البيوتاسيوم الذائب في محلول التربة باستخدام جهاز Flamphotometer [16].

3-4- تقدير محتوى التربة من كربونات الكالسيوم بطريقة Calcimeter [16].

4- عزل الميكروبات المذيبة للبيوتاسيوم الفلزي (بكتيريا - فطريات)

4-1- عزل البكتيريا المذيبة للبيوتاسيوم

أخذ 1 ml من محلول كل عينة ترابية لتجري عملية تمديد لهذا الحجم بطريقة التخفيفات المتتالية (عن طريق وزن 10 gr من التربة الرطبة بعد أخذها من الحقل فوراً وحلها في 100 ml من الماء المقطر والمعقم، ثم أخذ 10 ml من المحلول الجديد

واضافته إلى 90 ml من الماء المقطر والمعقم ليتشكل التخفيف الأول وبنفس الترتيبية يتم تشكيل التخفيف الثاني والثالث [3]، ثم تلقیح 1 ml من كل أنبوب من أنابيب التخفيف إلى طبق بتري يحوي 25 ml من وسط ألكسندروف (وهو وسط انتخابي يسمح بنمو الميكروبات المذيبة للبتواسيوم ويمنع نمو غيرها من الكائنات الحية الدقيقة يحتوي المكونات التالية: Glucose 5gr, Magnesium sulphate (MgSO₄.7H₂O) 0.005 gr, FeCl₃ 0.1 gr, Calcium carbonate 2gr, Potassium mineral 2gr, Calcium phosphate 2gr, Distilled water 1000ml [1]. تم تكرار هذا الاجراء مع كل العينات الترابية والريزوسفيرية. بعدها تم تحضين كل الأطباق التي تم تلقیحها في حاضنة على حرارة (30±1) درجة مئوية لمدة 3 أيام.

4-2- عزل الفطريات المذيبة للبتواسيوم

عزلت الفطريات المذيبة للبتواسيوم باستخدام طريقة مشابهة لطريقة عزل البكتيريا، فبعد إجراء التخفيفات المتتالية تم تلقیح 1 ml من كل أنبوب تمديد على طبق بتري حاوي على وسط ألكسندروف، بعد ضبط رقم pH الوسط على 4 ليكون مناسباً لنمو الفطريات. ثم حضنت الأطباق الملقحة في حاضنة على حرارة 28±2 درجة مئوية لمدة 3-4 أيام.

5- اختيار الميكروبات الأكثر كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي

تمت دراسة العزلات الميكروبية التي أظهرت معدلات مرتفعة لإذابة البوتاسيوم (عن طريق قياس قطر المنطقة الشفافة التي تشكلت حول المستعمرة الميكروبية) بشكل أوسع. تمت تنمية الميكروبات التي لها معدل إذابة مرتفع على وسط مرق مغذي. بعدها أخذ 1 ml من كل عزلة ليلقح بها 25 ml من وسط ألكسندروف، حيث أحدث لكل عينة 9 مكررات حضنت على حرارة 28 درجة مئوية لمدة ثلاث أسابيع.

قُدرت كمية البوتاسيوم المتحررة خلال فترات تحضين (7 - 15 - 20 يوم) وذلك بأخذ ثلاثة مكررات من كل عينة عند كل فترة لتقدير كمية البوتاسيوم المتحررة باستخدام جهاز Flamephotometer.

6- تقدير البتواسيوم الذائب

تم بواسطة جهاز Flamephotometer [16]. حيث جهز المنحني المعياري لتقدير كفاءة الميكروبات في إذابة البتواسيوم الفلزي، وذلك بتحضير عينات من المحلول المائي لكلوريد البتواسيوم بتركيز متسلسلة قيمتها ٥ - ١٠ - ١٥ - ٢٠ - ٣٠ - ٤٠ mgr/l، بدءاً من ورق معياري سعته ١ لتر وتركيز كلوريد البتواسيوم 100 mgr/l فيه لتؤخذ القراءات الموافقة لها بواسطة جهاز Flamephotometer.

٧- الدراسة الإحصائية

تم اجراء الدراسات الإحصائية من خلال دراسة :

٧-١- العلاقة بين كمية البتواسيوم الذائبة بفعل الميكروبات المذيبة (بكتيريا - فطريات) وقيمة pH وسط الإذابة خلال فترات تحضين عزلات البكتيريا والفطريات في وسط ألكسندروف السائل الحاوي على البتواسيوم الفلزي خلال فترات (٧ - ١٥ - ٢٠ يوم).
٧-٢- العلاقة بين تعداد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم وبعض مؤشرات التربة مثل؛ المادة العضوية وكربونات الكالسيوم والبتواسيوم الذائب.

8- تعريف وتصنيف البكتيريا النامية على وسط ألكسندروف

8-1- الدراسة المورفولوجية

جرت دراسة مجهرية على البكتيريا الأكثر كفاءة في إذابة البتواسيوم والنامية على وسط ألكسندروف لتحديد شكل مستعمراتها، وأشكال خلاياها، وردة فعلها تجاه صبغة غرام وذلك بناء على الإجراءات الموصوفة من قبل (Bartholomew and Mittwer 1950) [6].

8-2- الدراسة البيوكيميائية

جرى التوصيف البيوكيميائي للعزلات البكتيرية الأكثر كفاءة في إذابة البتواسيوم والنامية على وسط ألكسندروف وفقاً للإجراءات الموصوفة من قبل Cappuccino [10] and Sherman (1992)، حيث جرت على كل من هذه البكتيريا سلسلة الاختبارات التالية: اختبار تحليل النشاء [11]- اختبار تحليل الكازئين [23] - اختبار الكاتالاز [9]- إنتاج غاز كبريت الهيدروجين H₂S [4]- اختبار الجيلاتين السائل [9] - اختبار

عكس النتزجة [4] - اختبار أحمر الميتيل [24] - اختبار اليوريا [13] - اختبار Voger-Proskauer [24] - اختبار النمو على 7% NaCl كلوريد الصوديوم [4] - اختبار استخدام مصادر مختلفة من الكربون [4].

استخدمت مفاتيح تصنيف البكتيريا المذبية للبتواسيوم حسب (Aleksandrov 1967) كما

هو موضح في الجدول (١)

جدول (١) مفاتيح تصنيف البكتيريا المذبية للبتواسيوم (Aleksandrov 1967)

Tests	Ruselts	
	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i>
Gram Stain	Gram Positive Rods	Gram Negative Rods
Methyl Red	Positive	Negative
Voges Proskuer	Negative	Negative
Urease	Positive	Negative
Catalase	Positive	Positive
Starch hydrolysis	Positive	Negative
Casein hydrolysis	Positive	Negative
Gelatin Hydrolysis	Positive	Negative
Nacl	Negative	Negative
H₂S	Negative	Negative
Denitrification	Negative	Negative
Utilize different sources of carbon		
glycerol	Positive	Positive
Sucrose	Positive	Positive
Maltose	Negative	Negative

9- حساب تعداد البكتيريا المذيبة للبوئاسيوم في عينات التربة المدروسة

قُدر تعداد البكتيريا المذيبة للبوئاسيوم الموجودة في ١ غرام من عينة التربة المدروسة بضرب تعداد البكتيريا الذي ظهر على طبق بتري في التخفيف الثالث بمقلوب التخفيف ومن ثم تقسيم الناتج على وزن ١ غرام من عينة التربة الجافة تماماً [3].

١٠- دلالات الرموز المستخدمة في المقالة

جدول (٢) دلالات الرموز المستخدمة

الرمز المستخدم	دلالة الرمز
HOR	قرية حداثة-الزيتون - المنطقة الجذرية (الريزوسفير)
HO	قرية حداثة -الزيتون -المنطقة اللاجزرية
HTR	قرية حداثة -القمح-المنطقة الجذرية(الريزوسفير)
HT	قرية حداثة -القمح-المنطقة اللاجزرية
SOR	قرية الصايد-الزيتون-المنطقة الجذرية(الريزوسفير)
SO	قرية الصايد-الزيتون-المنطقة اللاجزرية
STR	قرية الصايد-القمح-المنطقة الجذرية(الريزوسفير)
ST	قرية الصايد-القمح-المنطقة اللاجزرية
G ⁺	البكتيريا لها رد فعل موجب لصبغة غرام
G ⁻	البكتيريا لها رد فعل سالب لصبغة غرام
Ca ⁺	البكتيريا لها رد فعل موجب لاختبار الكاتالاز
Ca ⁻	البكتيريا لها رد فعل سالب لاختبار الكاتالاز
KSB	البكتيريا المذيبة للبوئاسيوم
KSF	الفطريات المذيبة للبوئاسيوم
KSP	البكتيريا المذيبة للبوئاسيوم (جنس <i>Pseudomonas</i>)
KSB	البكتيريا المذيبة للبوئاسيوم (جنس <i>Bacillus</i>)

خامساً. النتائج والمناقشة

٥-١- دراسة بعض الخواص الكيميائية للتربة المدروسة شرح كامل

يتضح من الجدول (٣) أن تربة قرية حدائة تميزت برقم حموضة قريبة من التعادل (٧,١٤ - ٦,٨٢ - ٧,٠٤ - ٧,٠٤) وذات محتوى متوسط الى جيد من المادة العضوية (٢,٦ - ٢ - ٢,٢ - ١,٩ %)، والبوتاسيوم الذائب (٥١,٦ - ٥٨,٥ - ٥٢,٢ - ٤٨,٥ mgr/l)، وكان محتواها من كربونات الكالسيوم متدن (٤,١٠ - ٤,٩٠ - ٤,٣٠ - ٥,٤٠ %). أظهرت النتائج ارتفاع قيم ال pH في الترب المأخوذة من قرية الصايد (٨,٢٤ - ٨,٣٢ - ٧,٨٩ - ٨,١٨). أما محتوى تربة قرية الصايد من المادة العضوية فكان منخفضاً (١,٥ - ١ - ١,٣ - ١,١ %)، وكذا الحال بالنسبة للبوتاسيوم الذائب (٣٢,٧ - ٣٦,٥ - ٢٨,٤ - ٣٤,٦ mgr/l)، أما محتواها من كربونات الكالسيوم فكان مرتفعاً (٣٢,٧ - ٣٦,٥ - ٢٨,٤ - ٣٤,٦ mgr/l).

جدول (٣) بعض الخصائص الكيميائية للترب المدروسة

المنطقة المدروسة	pH (١:٥)	Ec (mmos/cm)	OM(%)	Avilable K (mgr/l)	CaCO3(%)
HOR	7.14	102.4	٢,٦	٥١,٨	٤,١٠
HO	6.82	95.6	٢	٥٨,٥	٤,٩٠
HTR	7.04	٧٩,٣	٢,٢	٥٢,٢	٤,٣٠
HT	7.04	٩٣	١,٩	٤٨,٥	٥,٤٠
SOR	8.24	١٧٨,٥٤	1.5	٣٣,٥	٣٢,٧
SO	8.32	١٢٤,٦	1	٣٣,٩	٣٦,٥
STR	7.89	١٥٥,٧	1.3	٣١,٦	٢٨,٤
ST	8.18	١٣٦,٠٠	1.1	٣٠,٢	٣٤,٦

٥-٢- التعداد العام للبكتيريا

سجل أعلى تعداد للبكتيريا في ريزوسفير أشجار الزيتون في قرية حداثه $1824 \times 10^{+3}$ CFU، ويعود ذلك إلى ظروف التربة المناسبة خصوصاً تلك المتعلقة بمحتوى تربة قرية حداثه من المادة العضوية - أنظر جدول (3-4). كما سُجلت أعداد مرتفعة من البكتيريا في ريزوسفير نبات القمح في قرية حداثه $1339 \times 10^{+3}$ CFU، في حين انخفضت أعدادها في المنطقة اللاجذرية لكلا النباتين القمح والزيتون $871 \times 10^{+3}$ CFU، وهذا ما يوضح أهمية حالة التآزر Synergy بين البكتيريا والمجموع الجذري للنباتات [2].

أما في قرية الصايد فقد سُجل تعداد بكتيري أقل في منطقة انتشار الجذور (الريزوسفير) مقارنة مع التعداد العام للبكتيريا في قرية حداثه، وهذا عائد إلى انخفاض محتوى تربة قرية الصايد من المادة العضوية- جدول (٣)، ووصل تعداد البكتيريا في منطقة ريزوسفير نباتي الزيتون والقمح إلى $1213 \times 10^{+3}$ ، $1071 \times 10^{+3}$ CFU على التوالي، وانخفض أكثر في المنطقة اللاجذرية للنباتين يُسجل $979 \times 10^{+3}$ CFU على التوالي (جدول ٤).

ويشكل عام سُجل زيادة أعداد بكتيريا الريزوسفير _بغض النظر_ عن المنطقة والمحصول مقارنة بالمنطقة اللاجذرية، وهذا عائد إلى الإفرازات الجذرية للنباتات ، والمخلفات المختلفة التي أمنت للبكتيريا في الريزوسفير مصادر للطاقة والكربون [2].

جدول (٤) التعداد العام للبكتيريا في ١ غ تربة جافة تماما

CFU $\times 10^3$	المنطقة المدروسة
١٨٢٤	HOR
١٠٦٢	HO
١٣٣٩	HTR
٨٧١	HT
١٢١٣	SOR
٩٧٩	SO
١٠٧١	STR
٦٦٠	ST

٥-٣- تعداد الميكروبات المذبية للبتواسيوم (بكتيريا - فطريات)

أظهرت نتائج تعداد البكتيريا المذبية للبتواسيوم KSB، أن أعلى تعداد لها سُجل في العينة الجذرية HOR لنبات الزيتون المأخوذة من قرية حداثة 827×10^3 CFU جدول (٥)، والسبب عائد إلى ارتفاع محتوى التربة من المادة العضوية، ووجود المجموع الجذري الدائم الذي يزود البكتيريا بالإفرازات الجذرية و يعمل على حماية الوسط من التقلبات الحادة في قيم ال pH، علاوة على انخفاض محتوى التربة حتى عمق ٣٠ cm من كربونات الكالسيوم ووجودها في حالة ذائبة في منطقة انتشار الجذور، وهذا ما يعطي نشاطاً أعلى لعمل البكتيريا في الريزوسفير . بالمقابل سُجل انخفاض في تعداد ال KSB في ريوسفير نبات الزيتون في قرية الصايد SOR 521×10^3 CFU، بالمقارنة مع تعدادها في ريوسفير نبات الزيتون في قرية حداثة (الجدول ٥)، وانخفاض تعداد البكتيريا في هذه المنطقة عائد إلى انخفاض محتوى هذه التربة من المادة العضوية بالمقارنة مع محتواها في تربة قرية حداثة - الجدول (٣).

من جانب آخر، بينت النتائج أن تعداد KSB في ريوسفير نبات القمح في قرتي حداثة والسايد أقل منه في ريوسفير نبات الزيتون في قرية حداثة ؛ فسجلت

على التوالي 558×10^3 ، 510×10^3 CFU، ويعود ذلك إلى عدم وجود مجموع جذري دائم يوفر المواد الغذائية الناجمة عن الافرازات الجذرية ومركبات تحلل الأنسجة الجذرية [22]، والاختلاف في ظروف التربة في كلا المنطقتين من حيث المحتوى من المادة العضوية - انظر الجدول (٣).

تجدر الإشارة، إلى أن العينات غير الجذرية في كلاً من منطقتي الدراسة سجلت أعداداً منخفضة من KSB والسبب في ذلك يعود إلى أن هذه البكتيريا لم تحصل على الفوائد من المفرازات العضوية للمجموع الجذري بما فيها عوامل النمو [22].

جدول (٥) تعداد البكتيريا والفطريات المذيبة للبتواسيوم في ١ غ تربة جافة تماماً

المنطقة المدروسة	البكتيريا $\times 10^3$ CFU	الفطريات $\times 10^3$ CFU
HOR	827	٣٦٤
HO	617	٢٧٨
HTR	558	٢٣٣
HT	379	٢٠٣
SOR	521	٢٢٤
SO	408	١٧٩
STR	510	٢٢٠
ST	287	١٣٠

أما فيما يخص الفطريات ، فيتضح من الجدول (٥) وجود تعداد مرتفع من الفطريات المذيبة للبتواسيوم KSF في تربة وريزوسفير النباتات المدروسة في قرية حداثة، بالمقارنة مع تعدادها في قرية الصايد، وذلك بسبب مناسبة الظروف البيئية في منطقة حداثة لنشاط الفطريات بشكل عام، والمتمثلة بالمحتوى المرتفع من المادة العضوية حيث تراوحت بين (١,٩-٢,٦) % إذ أن الفطريات- كما هو معروف - كائنات غير ذاتية التغذية عضوية ، يرتفع تعدادها بزيادة محتوى التربة من المادة العضوية [2] . ، بينما تراوحت قيم المادة العضوية في قرية الصايد (١-١,٥) %،

حيث تبين وجود تعداد KSF في ريزوسفير نباتي الزيتون والقمح في قرية حدائنة $364 \times 10^{+3}$ ، $233 \times 10^{+3}$ CFU على التوالي، بينما كان تعداد هذه الفطريات في ريزوسفير نباتي الزيتون والقمح في قرية الصايد $224 \times 10^{+3}$ ، $220 \times 10^{+3}$ CFU على التوالي. أما تعداد KSF في المنطقة اللاجزرية لنباتي الزيتون والقمح في قرية حدائنة فكان $278 \times 10^{+3}$ ، $203 \times 10^{+3}$ CFU على التوالي، وهذا أقل من تعدادها في ريزوسفير نفس القرية، مما يدل على الأثر الكبير الإيجابي للمفرزات الجذرية وتحلل بقايا الأنسجة الجذرية على تعداد الفطريات.

تبين أن أعداد KSF في المنطقة اللاجزرية لنباتي الزيتون والقمح في قرية حدائنة كان أعلى من تعدادها في المنطقة اللاجزرية لمحصولي الزيتون والقمح في قرية الصايد $179 \times 10^{+3}$ ، $130 \times 10^{+3}$ CFU على التوالي، وهذا يعود إلى المحتوى المرتفع من المادة العضوية في تربة قرية حدائنة مقارنة مع المحتوى المنخفض في تربة قرية الصايد - انظر الجدول (3).

5-4- دراسة الصفات المزرعية والمجهرية للعزلات الميكروبية المذبية للبتواسيوم

أظهرت الاختبارات المزرعية والمجهرية للعزلات البكتيرية وجود 33 عزلة بكتيرية، حيث سُجل وجود بكتيريا عصوية بعضها موجبة غرام، وأخرى سالبة غرام، وكانت بين شفافة، وبيضاء، وبيضاء كريمية، وبيضاء باهتة وتراوحت شفافيتها بين شفافة، وضعيفة الشفافية، ومتوسطة الشفافية. تمت المتابعة وإعادة زرع العزلات البكتيرية وتنقيتها على بيئة ألكسندروف لتحديد قطر الإذابة للمستعمرة الميكروبية استعداداً لمعرفة أكثر هذه الميكروبات كفاءة في إذابة البوتاسيوم - الجدول (12).

جدول (٦) نتائج بعض الاختبارات المجهرية والمزرعية للعزلات البكتيرية المذيبة للبوئاسيوم الفلزي إضافة منطقة

العزلة	التوصيف المورفولوجي للمستعمرات	شكل البكتيريا	صبغة غرام
KSB1	بيضاء كريمية صغيرة ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB2	بيضاء كريمية صغيرة ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB3	بيضاء كريمية صغيرة ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB4	كريمة قليلا صغيرة الحجم شفافة باهتة	عصوي	G ⁻
KSB5	كريمة قليلا متوسطة شفافة باهتة	عصوي	G ⁻
KSB6	بيضاء كريمية صغيرة الحجم غير شفافة	عصوي	G ⁺
KSB7	كريمة صغيرة الحجم جدا ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁻
KSB8	بيضاء كريمية صغيرة الحجم ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB9	صغيرة كريمية بيضاء ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB10	صغيرة كريمية بيضاء ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB11	كريمة بيضاء دائرية متوسطة الحجم ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB12	بيضاء كريمية دائرية غير منتظمة الشكل متوسطة ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB13	بيضاء كريمية دائرية غير منتظمة الشكل صغيرة الحجم ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB14	بيضاء كريمية صغيرة الحجم ضعيفة الشفافية	عصوي	G ⁺
KSB15	شفافة كريمية قليلا صغيرة الحجم	عصوي	G ⁺
KSB16	شفافة كريمية صفراء قليلا كبيرة	عصوي	G ⁺
KSB17	شفافة كريمية قليلا صغيرة الحجم	عصوي	G ⁺
KSB18	شفافة كريمية قليلا متوسطة الحجم	عصوي	G ⁺

G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية صغيرة الحجم جدا ضعيفة الشفافية	KSB19
G ⁻	عصوي	شفافة كريمية قليلا صغيرة الحجم جدا	KSB20
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية صغيرة ضعيفة الشفافية باهتة اللون	KSB21
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية متوسطة الحجم ضعيفة الشفافية	KSB22
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية متوسطة الحجم غير منتظمة الشكل ضعيف الشفافية	KSB23
G ⁻	عصوي	شفافة كريمية قليلا متوسطة الحجم	KSB24
G ⁺	عصوي	شفافة كريمية قليلا كبيرة الحجم	KSB25
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية قليلا كبيرة الحجم ضعيفة الشفافية	KSB26
G ⁺	عصوي	بيضاء باهتة غير منتظمة الشكل صغيرة الحجم متوسطة الشفافية	KSB27
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية غير منتظمة الشكل صغيرة الحجم جدا ضعيفة الشفافية	KSB28
G ⁻	عصوي	شفافة كريمية قليلا متوسطة الحجم	KSB29
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية متوسطة الحجم دائرية غير منتظمة الشكل ضعيفة الشفافية	KSB30
G ⁺	عصوي	بيضاء كريمية صغيرة الحجم جدا ضعيف الشفافية	KSB31
G ⁺	عصوي	بيضاء باهتة غير منتظمة الشكل كبيرة الحجم	KSB32
G ⁻	عصوي	شفافة كريمية قليلا كبيرة	KSB33

عند دراسة الصفات المورفولوجية ل KSF أظهرت الاختبارات التي تمت على العزلات الفطرية النامية على بيئة ألكسندروف وجود ٢٠ عزلة فطرية مذبذبة للبوتاسيوم الفلزي. تراوحت ألوانها بين بيضاء، وبيضاء كريمية، وسوداء. كما تمت متابعة إعادة زرع العزلات الفطرية وتلقيتها على بيئة ألكسندروف بعد تحميض الوسط pH=5 ليصبح ملائماً لنمو الفطريات، وتم تحديد قطر الإذابة لمعرفة أكثر هذه الفطريات كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي كما هو موضح في الجدول (١٣).

جدول (٧) نتائج بعض الاختبارات المجهريّة والمزرعيّة للعزلات الفطريّة المذيبة للبوئاسيوم الفلزي

العزلة	التوصيف المورفولوجي للفطريات	الشفافية
KSF1	هباب اسود اللون ناعم جدا	عديم الشفافية
KSF2	هباب اسود اللون ناعم جدا	عديم الشفافية
KSF3	أبيض كريمي دائري تقريبا مهذب الأطراف	ضعيف الشفافية
KSF4	أبيض باهت شعاعي باتجاه واحد	غير شفاف
KSF5	هباب اسود اللون ناعم جدا	عديم الشفافية
KSF6	أبيض كريمي دائري تقريبا مهذب الأطراف صغير	ضعيف الشفافية
KSF7	أبيض كبير الحجم دائري حوافه مهذبة	ضعيف الشفافية
KSF8	كبير الحجم نصف دائري أبيض	ضعيف الشفافية
KSF9	أبيض دائري كبير حوافه مهذبة	ضعيف الشفافية
KSF10	أبيض دائري كبير الحجم حوافه مهذبة	ضعيف الشفافية
KSF11	أبيض دائري كبير الحجم حوافه مهذبة	ضعيف الشفافية
KSF12	أبيض شفاف شعاعي دائري غير منتظم متوسط	متوسط الشفافية
KSF13	أبيض كريمي كبير دائري له أهداب على حوافه	ضعيف الشفافية
KSF14	أبيض ناصع متوسط دائري غير منتظم	ضعيف الشفافية
KSF15	هباب اسود اللون ناعم جدا	عديم الشفافية
KSF16	أبيض كريمي متوسط الحجم دائري غير منتظم	ضعيف الشفافية
KSF17	هباب اسود اللون ناعم جدا	عديم الشفافية
KSF18	أبيض ناصع متوسط شعاعي باتجاه واحد	ضعيف الشفافية
KSF19	كبير جدا دائري غير منتظم أبيض ناصع	ضعيف الشفافية
KSF20	هباب اسود اللون ناعم جدا	عديم الشفافية

5-5- التصنيف والدراسة البيوكيميائية لأكثر العزلات البكتيرية المذيبة للبوتاسيوم

الفلزي كفاءة

أجريت الدراسات البيوكيميائية على العزلات البكتيرية التي أظهرت إمكانية إذابة البوتاسيوم الفلزي على البيئة الغذائية السائلة (ألكسندروف) ، حيث أجريت الاختبارات على العزلات الواردة في الجدول (8)، وذلك بهدف تحديد هذه الأنواع على مستوى الجنس ، و ثبت بعد الاطلاع على المفاتيح التصنيفية الواردة في الجدول (1) وجود خمسة عزلات تابعة لجنس *Pseudomonas* وهي: KSP5 KSP7 KSP20 KSP24 KSP33، لوحظ قدرتها على الاستفادة من السكرز والجليسيرول كمصدر للكربون، والاستفادة من اليوريا كمصدر للنتروجين، كما سُجل عدم قدرتها على تحمّل الملوحة في وسط 7 NaCl %، وعدم قدرتها على إذابة الجيلاتين، أو القيام بعملية عكس النترجة. وتبين أيضا عدم قدرتها على إذابة الجيلاتين وتحليل النشاء، وعدم تمكنها من إطلاق غاز الهيدروجين في سلسلة الاختبارات البيوكيميائية التي أجريت لها، كما أنها أعطت نتيجة سلبية في اختباري الكاتالاز وأحمر الميتيل سُجل أيضا 7 عزلات تابعة لجنس *Bacillus* وهي: KSB1- KSB6- KSB11- KSB12- KSB13 KSB16- KSB28 وذلك بعد مقارنتها مع المفاتيح التصنيفية الخاصة بالجنس *Bacillus* الواردة في الجدول (1) وثبتت قدرتها على الاستفادة من السكرز والجليسيرول كمصدر للحصول على الكربون، والاستفادة من اليوريا في بناء خلاياها، بالإضافة إلى قدرتها على إذابة الجيلاتين وتحليل الكازئين والنشاء، وأعطت نتيجة إيجابية في اختبار الكاتالاز وأحمر الميتيل، أما في اختبار عكس النترجة ونتاج غاز كبريت الهيدروجين فكانت نتيجتها سلبية، كما لوحظ عدم قدرتها على تحمّل الملوحة في وسط 7 NaCl %.

عزل وتوصيف ميكروبات مذيبة للبتواسيوم من ترب وريزوسفير القمح والزيتون ودراسة قدرتها على إذابة البوتاسيوم الفلزي من مناطق مختلفة من محافظة حمص

الجدول (٨) الاختبارات البيوكيميائية لبعض العزلات البكتيرية المذيبة للبتواسيوم الفلزي

اختبار الكاتالاز	تحليل النشاء	تحليل الكازئين	غاز كبريت الهيدروجين	إذابة الجيلاتين السائل	عكس النتزجة	أحمر الميثيل	اليوريا	Voger-Proskauer	النمو على %٧ NaCl	اختبار النمو على مصادر مختلفة من الكربون			العزلة البكتيرية
										الغليسيرول	المالتوز	السكروز	
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB1
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	KSP5
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB6
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	KSP7
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB11
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB12
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB13
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB16
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	KSP20
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	KSP24
+	+	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-	+	KSB28
-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	+	KSP33

بناءً على التحاليل البيوكيميائية التي جرت على العزلات البكتيرية الأكثر كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي، تم تصنيفها على مستوى الجنس؛ حيث تبين وجود ٧ عزلات تابعة لجنس *Bacillus* و ٥ عزلات تابعة لجنس *Pseudomonas*.

الجدول (٩) تصنيف البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم الفلزي على مستوى الجنس

الجنس	العزلة
<i>Bacillus</i>	KSB1
<i>Pseudomonas</i>	KSP5
<i>Bacillus</i>	KSB6
<i>Pseudomonas</i>	KSP7
<i>Bacillus</i>	KSB11
<i>Bacillus</i>	KSB12
<i>Bacillus</i>	KSB13
<i>Bacillus</i>	KSB16
<i>Pseudomonas</i>	KSP20
<i>Pseudomonas</i>	KSP24
<i>Bacillus</i>	KSB28
<i>Pseudomonas</i>	KSP33

٥-٦- تحديد قطر منطقة الإذابة للمستعمرات البكتيرية والفطرية على وسط

الكسندروف

أجري تقدير لقطر منطقة الإذابة لمستعمرات KSB النامية على البيئة المغذية الصلبة الكسندروف وذلك كتقدير أولي لقوة المستعمرات البكتيرية على إذابة البوتاسيوم فوجد أن العزلة البكتيرية KSP33 شكلت أكبر قطر لمنطقة الإذابة بمعدل 1.95 cm، كما أن العزلتين KSP5 ، KSB16 شكلتا قطر إذابة كبير بمعدل 1.73 ، 1.68 cm على التوالي. وقد سجل [4] قطر إذابة للعينات البكتيرية المأخوذة من محصول القطن في منطقة Yaragatti في الهند 1.88 cm. كما لوحظ أن العزلات التي أعطت أكبر

عزل وتوصيف ميكروبات مذيبة للبتواسيوم من ترب وريزوسفير القمح والزيتون ودراسة قدرتها على إذابة البوتاسيوم الفلزي من مناطق مختلفة من محافظة حمص

أقطار الإذابة كانت أكثر العزلات كفاءة على إذابة البوتاسيوم الفلزي في اختبار قدرة العزلات البكتيرية على إذابة البوتاسيوم الفلزي كما هو الحال مع العزلة KSB1، KSP33 كما سنجد لاحقاً.

الجدول (١٠) قطر منطقة الإذابة لبعض العزلات البكتيرية

رقم العزلة	(cm)
KSB1	١,٢٥
KSP5	١,٧٣
KSB6	٠,٧٩
KSP7	١,٣٠
KSB11	١,٣٠
KSB12	١,٥٣
KSB13	٠,٥٠
KSB16	١,٦٨
KSP20	٠,٣٣
KSP24	١,٢٠
KSB28	٠,٨٠
KSP33	١,٩٥

أما ما يخص KSF فقد أظهرت قوة أكبر بكثير على إذابة البوتاسيوم على بيئة ألكسندروف الصلبة مقارنة مع العزلات البكتيرية، فمثلاً قدرت منطقة الإذابة لعزلة KSF2 *Aspergillus sp* بـ ٢,٩٥ cm بمعدل 50 % زيادة عن أقطار الإذابة التي شكلتها البكتيريا انظر الجدول (١١). وهذا يدل على أن الفطريات أكثر قدرة من البكتيريا في عملية إذابة البوتاسيوم، يتوافق ذلك مع نتائج أبحاث [20]. بناء على ما تقدم تمت

غريلة العزلات الفطرية واختير منها عزلتان هما الأكثر كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي - الجدول (١١).

جدول (١١) قطر منطقة الإذابة لبعض العزلات الفطرية

رقم العزلة	(cm)
KSF1	2.33
KSF2	2.95

٥-٧- دراسة قدرة العزلات البكتيرية على إذابة البوتاسيوم الفلزي في الوسط السائل لبيئة ألكسندروف

بين التقدير الكمي للبوتاسيوم الذائب بفعل KSB النامية مخبرياً في وسط البيئة المغذية السائلة الحاوية على البوتاسيوم الفلزي (ألكسندروف)، أن أعلى معدل للإذابة وجد خلال فترة التحضين الأولى (٧ أيام) للعزلة البكتيرية KSB1 (٢٢,٤ mgr/l) المأخوذة من ريزوسفير أشجار الزيتون في قرية الصايد، والسبب في ذلك قد يكون عائداً إلى تكيف هذه البكتيريا عبر الزمن مع مفرزات المجموع الجذري الدائم (باعتباره نباتاً معمرًا) في وسط معتدل قليل القلوية مناسب لنشاط البكتيريا [2]، مع العلم أن التقدير الكيميائي للبوتاسيوم المتاح في العينة الترابية المأخوذة من نفس المنطقة أظهر محتوى غير مرتفع مقارنة بمحتوى البوتاسيوم المتاح الموجود في تربة قرية حداد، والسبب في ذلك عائد إلى عدم توفر العوامل البيئية المناسبة للنشاط الأمثل لهذه البكتيريا؛ فتربة قرية الصايد تتميز بانخفاض محتواها من المادة العضوية (جدول ٣). وعند دراسة تأثير قيمة pH وسط الاختبار الذي كان في البداية ٦,٥ نجد أن العزلة KSB1 أظهرت أعلى قدرة على الإذابة عند انخفاض قيمة pH وسط الاختبار إلى ٥,٦ في اليوم ٧ من التحضين، حيث وصلت كمية الإذابة إلى 22.4 mgr/l، وهذا ما كان مشابهاً للنتائج التي حصل عليها [4] للعزلة KSB42 المأخوذة من ريزوسفير نبات القطن في منطقة Yaragatti في الهند 37.07 mgr/l.

كما أن العزلة البكتيرية KSB16 التي أُخذت من عينة ريزوسفير محصول الزيتون في قرية الصايد، تميّزت هي الأخرى بمعدل إذابة بوتاسيوم مرتفع 14.30 mgr/l ، و تراوحت كميات البوتاسيوم الذائب خلال فترة التحضين الأولى (٧ أيام) للعزلات البكتيرية المدروسة ($3,80 - 22,4 \text{ mgr/l}$)، وانخفضت كمية البوتاسيوم الذائبة خلال فترة التحضين الثانية (١٥ يوم) ($2,50 - 16,50 \text{ mgr/l}$)، أما خلال فترة التحضين الثالثة (٢٠ يوم) فكانت كمية البوتاسيوم المتحررة بفعل الإذابة أقل وتراوحت بين ($1,20 - 8,50 \text{ mgr/l}$)، والسبب في ذلك يعود إلى انخفاض قيمة pH الوسط مع زيادة فترة التحضين لقيمة متدنية وصلت إلى ٤,٩، وان قيمة pH المنخفضة هذه مثبّطة لنشاط الكثير من الأنواع البكتيرية [2]. وكما أشرنا سابقاً إلى أن أعلى معدلات الإذابة بين KSB كانت للعزلة البكتيرية المأخوذة من ريزوسفير محصول الزيتون في قرية الصايد، تلتها من حيث كمية الإذابة العزلات البكتيرية المأخوذة من ريزوسفير محصول القمح في قرية الصايد كالعزلات KSP33 20.50 mgr/l و KSP5 17.40 mgr/l ، وهذه يدل على أهمية وجود مجموع جذري دائم وتأثير مفرزاته العضوية على نشاط KSB، حيث أن المفرزات العضوية وتواجد طبقة السكريات المتعددة للجذر من شأنه إحداث زيادة في أعداد ونشاط KSB [25]، كما لوحظ أن كمية البوتاسيوم المقدر في ريزوسفير نبات القمح في قرية الصايد غير مرتفعة مقارنة بمحتوى العينات الترابية لقرية حداثه، والسبب في ذلك عدم ملائمة الظروف البيئية للنشاط الأمثل للـ KSB، بالإضافة إلى حالة الاستهلاك الترفي للبتواسيوم من قبل محصول القمح، وفي هذه الحالة يستهلك المحصول كميات من البوتاسيوم أكبر من حاجته بمعدل الضعف في حال توافر هذا العنصر متاحاً بكميات مرتفعة في تناول المجموع الجذري [17].

من الجدير بالذكر، أن معدلات الإذابة للعزلات البكتيرية المأخوذة من ريزوسفير نبات القمح في قرية حداثه كانت منخفضة كالعزلة KSP7 16.80 mgr/l ، KSB6 15.60 mgr/l ، ويعود السبب إلى عدم وجود مجموع جذري دائم على مدار العام (وجود نبات حولي -القمح) ما أثر على نشاط البكتيريا وحركية البوتاسيوم في التربة، حيث أن المجموع الجذري الدائم يضمن ثباتية في قيمة pH الوسط، وتراكم البوتاسيوم المتاح تلعب دوراً هاماً في تثبيط أو تنشيط عمل الـ KSB حيث تزداد عملية إذابة البوتاسيوم

مع انخفاض تراكيز البوتاسيوم المتاح للامتصاص وتنخفض عملية الإذابة مع ازدياد التراكيز المتاحة من هذا العنصر [28].

جدول (١٢) كفاءة العزلات البكتيرية في إذابة البوتاسيوم الفلزي خلال فترات التحضين وعلاقته ب pH الوسط

العزلة	كمية الإذابة في اليوم ٧ (mgr/l)	قيمة pH الوسط في اليوم ٧	كمية الإذابة في اليوم ١٥ (mgr/l)	قيمة pH الوسط في اليوم ١٥	كمية الإذابة في اليوم ٢٠ (mgr/l)	قيمة pH الوسط في اليوم ٢٠
KSB1	22.4	٥,٦	12.50	5.4	4.50	4.8
KSP5	17.40	٥,٨	10.60	٥,٥	3.20	4.9
KSB6	15.60	٥,٩	12.50	٥,٧	5.20	4.8
KSP7	16.80	٥,٩	12.60	٥,٦	4.40	5
KSB11	11.50	٦,١	10.40	٥,٨	5.50	5
KSB12	3.80	٦,٤	3.40	٦,١	1.90	5.1
KSB13	5.80	٦,٢	5.50	٥,٩	3.40	5
KSB16	14.30	٥,٨	12.30	٥,٦	4.40	4.9
KSP20	13.50	٦	11.80	٥,٧	4.50	4.9
KSP24	4.70	٦,٣	2.50	٥,٩	1.20	5.1
KSB28	14.50	٦	12.50	٥,٧	6.50	5
KSP33	20.50	٥,٨	16.50	٥,٤	8.50	4.6

أما العزلات البكتيرية المأخوذة من ريزوسفير نبات الزيتون في قرية حداثة فكانت أقل العزلات البكتيرية الجذرية إذابة للبوتاسيوم الفلزي KSP20 13.50 mgr/l، مع العلم بأن الظروف البيئية في المنطقة الجذرية لنبات الزيتون في قرية حداثة مناسبة لزيادة

نشاط وأعداد ال KSB، ولكن اختبار كفاءة الإذابة الخاص بهذه العزلة تم ضمن ظروف مخبرية مثالية لعمل هذه البكتيريا.

وكانت أقل العزلات البكتيرية قدرة على إذابة البوتاسيوم الفلزي هي : KSB11، KSB12، KSB13، KSP24 التي تم دراستها من المناطق اللاجذرية لمحصولي الزيتون والقمح في كلا منطقتي الدراسة، وهذا ما يوضح أهمية المجموع الجذري في زيادة أعداد ونشاط البكتيريا المذيبة للبتواسيوم الفلزي KSB .

٥-٨- دراسة قدرة العزلات الفطرية على إذابة البوتاسيوم الفلزي في الوسط السائل لبينة ألكسندروف

عند دراسة ال KSF اتضح أن هذه الفطريات لها إمكانية كبيرة على إذابة البوتاسيوم، وهذا ما يؤكد تشابه الفطريات مع البكتيريا في آليات الإذابة التي تعتمد على إفراز الأحماض العضوية [30]، ولكن الفطريات اختلفت عن البكتيريا في قدرتها على تحمّل انخفاض قيمة pH الوسط، لأن الفطريات تعمل بشكل جيد على الإذابة في الظروف الحامضية مقارنة مع البكتيريا [31]، حيث ازداد نشاط هذه الفطريات على الإذابة مع انخفاض قيمة pH الوسط بفعل الأحماض التي تنتج في البيئة في سياق نشاط الفطريات، حيث ازداد معدل الإذابة من ١٥,٦ mgr/l خلال الفترة الأولى (٧ أيام) من التجربة إلى ٢١,٠٥ mgr/l خلال الفترة الثانية (١٥ يوم) من التجربة، وانخفضت قيمة البوتاسيوم المتحررة إلى ١٩,٤٥ mgr/l خلال الفترة الثالثة (٢٠ يوم) من التجربة مقارنة مع فترة التحضين الثانية (١٥ يوم) نتيجة انخفاض قيمة pH الوسط إلى مستويات متدنية ٤,٥ وعدم ملائمة ذلك لحركية البوتاسيوم، وقد يؤدي ذلك إلى زيادة تثبيته [17]. كما لوحظ أنه خلال فترة التحضين الثانية من التجربة (١٥ يوم) كانت ال KSF أعلى قدرة على إذابة البوتاسيوم مقارنة مع البكتيريا خلال نفس الفترة من التجربة وهذا عائد إلى تأقلم الفطريات بشكل جيد على الإذابة في الظروف الحامضية مقارنة مع البكتيريا [2].

جدول (١٣) كفاءة العزلات الفطرية في إذابة البوتاسيوم الفلزي خلال فترات التحضين وعلاقتها ب pH الوسط

العزلة	كمية الإذابة في اليوم ٧ (mgr/l)	قيمة pH الوسط في اليوم ٧	كمية الإذابة في اليوم ١٥ (mgr/l)	قيمة pH الوسط في اليوم ١٥	كمية الإذابة في اليوم ٢٠ (mgr/l)	قيمة pH الوسط في اليوم ٢٠
KSF1	١٦,٧	5.9	٢١,٣	٥,٣	١٩,٦	٤,٨
KSF2	١٤,٥	5.9	٢٠,٨	٥,٤	١٩,٣	٤,٧
المتوسط	١٥,٦	5.7	٢١,٠٥	٥,٢	١٩,٤٥	٤,٥

٥-٩- العلاقة بين بعض مؤشرات التربة والميكروبات المذيبة للبوتاسيوم

يوضح المخطط (١) وجود علاقة طردية قوية بين محتوى التربة من المادة العضوية وتعداد الـ KSB الموجودة في تربة قرية حداثا، وهذا الأمر عائد إلى ارتفاع محتوى التربة من المادة العضوية الذي من شأنه زيادة تعداد الـ KSB مستفيدة من العناصر الغذائية الموجودة في وسط نموها [2]. بالمقابل يتبين من المخطط (٢) وجود علاقة طردية بين محتوى تربة قرية الصايد من المادة العضوية والتعداد البكتيري، وهذه نتيجة يمكن تفسيرها بتوفر العناصر الغذائية اللازمة لنمو وزيادة أعداد الـ KSB. أما فيما يخص العلاقة بين محتوى التربة من البوتاسيوم الذائب وتعداد الـ KSB، فقد أظهر التحليل الكيميائي لمحتوى التربة من البوتاسيوم الذائب وعلاقته الإحصائية بتعداد KSB لمحصولي الزيتون والقمح في تربة قرية حداثا وجود علاقة طردية بينهما والسبب عائد إلى كفاءة مذيبات البوتاسيوم الموجودة في التربة في عملية إذابة البوتاسيوم الفلزي وتحرير البوتاسيوم الذائب، كما هو في المخطط (٣). في حين يظهر المخطط (٤) وجود علاقة طردية بين محتوى تربة قرية الصايد من البوتاسيوم الذائب والتعداد البكتيري، وهذه نتيجة يمكن ربطها بكفاءة الـ KSB الموجودة في تربة قرية الصايد كونها أكثر العزلات قدرة على إذابة البوتاسيوم- انظر جدول (١٢). وعند دراسة العلاقة بين

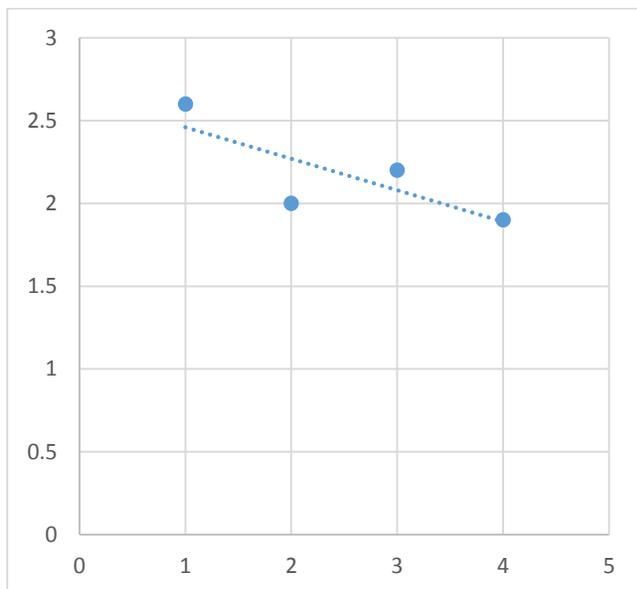
محتوى التربة من كربونات الكالسيوم وال KSB ، اتضح من المخطط (٥) وجود علاقة طردية قوية بين محتوى التربة من كربونات الكالسيوم وتعداد ال KSB لمحصولي الزيتون والقمح في تربة قرية حداد، ويعتقد أن انخفاض محتوى التربة من كربونات الكالسيوم كان أحد العوامل التي ساهمت في رفع pH الوسط واقتربها من التعادل الأمر الذي ساهم في ازدياد أعداد مذيبات البوتاسيوم البكتيرية والفطرية في تربة المحاصيل. كما يتضح من المخطط (٦) وجود علاقة طردية غير قوية بين محتوى تربة قرية الصايد، من كربونات الكالسيوم وتعداد ال KSB في قرية الصايد، وهذه النتيجة قد تكون بسبب ارتفاع تركيز كربونات الكالسيوم وقلة تعداد ال KSB في نفس العينة الترابية علما أن تركيز $CaCO_3$ كان ٣٥% مقارنة مع تركيزه في قرية حداد ٤,٥% انظر جدول (٣).

٥-١٠- العلاقة بين كفاءة إذابة البوتاسيوم وقيمة pH وسط التفاعل خلال فترات

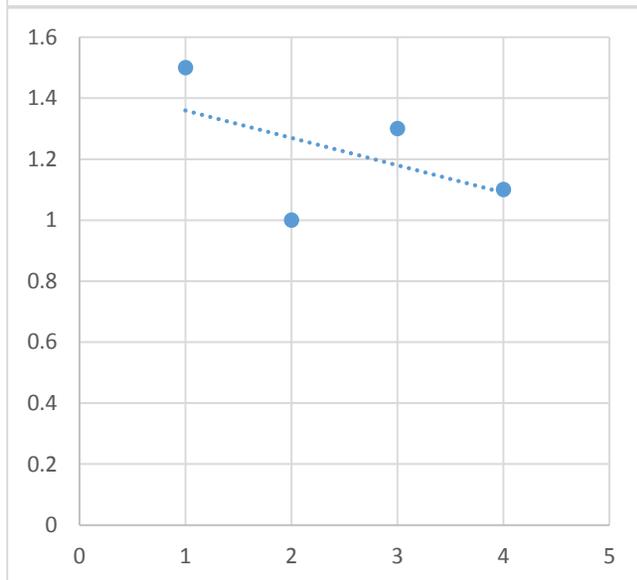
التحضين الثلاث (٧-١٥-٢٠ يوم)

يتضح من المخطط (٧) وجود علاقة طردية قوية بين قيم إذابة البوتاسيوم الخاصة بالبكتيريا وقيمة pH الوسط خلال فترة التحضين الأولى، وانخفاض pH الوسط ناتج عن إفراز البكتيريا للأحماض العضوية. أما في المخطط (٨) فتبين وجود علاقة طردية قوية بين قيم إذابة البوتاسيوم الخاصة بالبكتيريا وقيمة pH الوسط خلال فترة التحضين الثانية بسبب استمرار البكتيريا بإفراز الأحماض خلال فترة التفاعل، في حين سُجل أنه خلال فترة التحضين الثالثة (٢٠ يوم) ضعف العلاقة الطردية بين قيم إذابة البوتاسيوم الخاص بالبكتيريا وقيمة pH الوسط، والسبب يعود إلى ازدياد حالة التثبيت لعنصر البوتاسيوم في الأوساط التي انخفض فيها pH إلى ما دون ٥ بسرعة أكبر من الأوساط التي مازالت فيها قيمة pH الوسط أعلى من ٥ انظر الجدول (١٢).

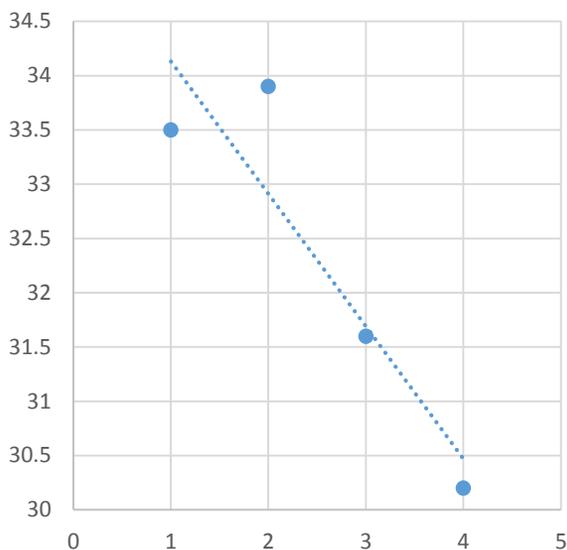
المخطط (١) العلاقة بين محتوى التربة من المادة العضوية وتعداد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم في تربة قرية حداثة



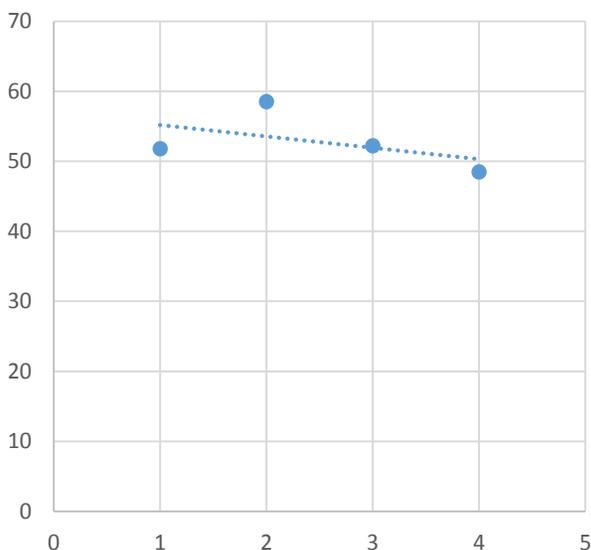
المخطط (٢) العلاقة بين محتوى التربة من المادة العضوية وتعداد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم في تربة قرية



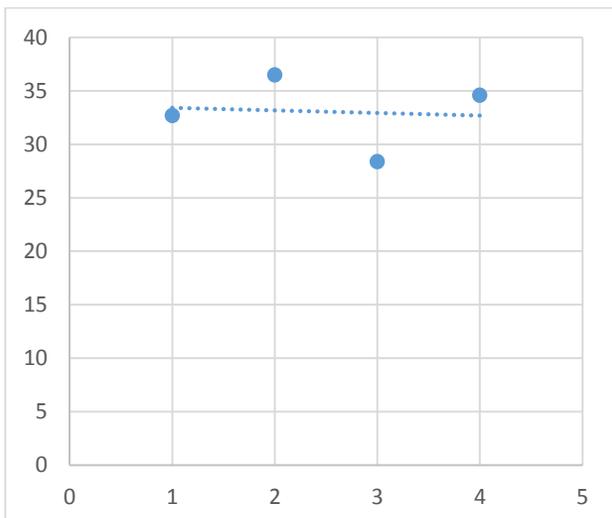
المخطط (٣) العلاقة بين محتوى التربة من البوتاسيوم الذائب وتعداد البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم في تربة قرية حدانة



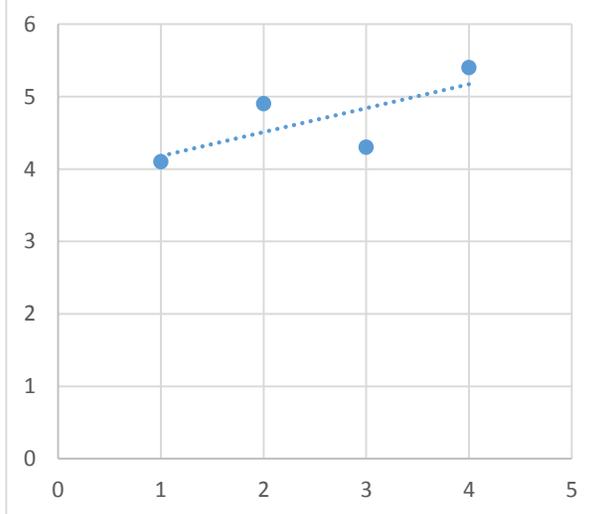
المخطط (٤) العلاقة بين محتوى التربة من البوتاسيوم الذائب وتعداد البكتيريا المذيبة للبوتاسيوم في تربة قرية الصايد



المخطط (٥) العلاقة بين محتوى التربة
من كربونات الكالسيوم والبكتيريا
المذيبة للبتواسيوم في تربة قرية حدائة

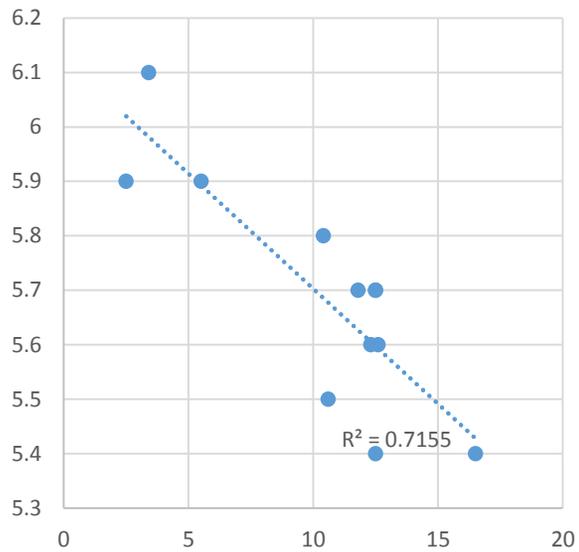


المخطط (٦) العلاقة بين محتوى التربة
من كربونات الكالسيوم والتعداد البكتيريا
المذيبة للبتواسيوم في تربة قرية الصايد

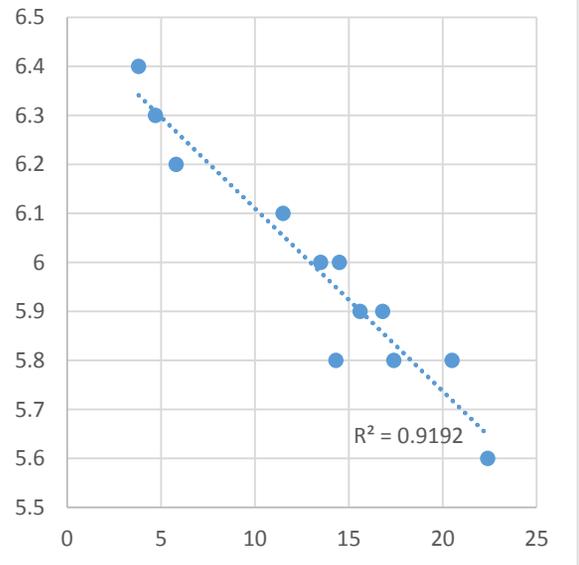


عزل وتوصيف ميكروبات مذيبة للبيوتاسيوم من ترب وريزوسفير القمح والزيتون ودراسة قدرتها على إذابة البيوتاسيوم الفلزي من مناطق مختلفة من محافظة حمص

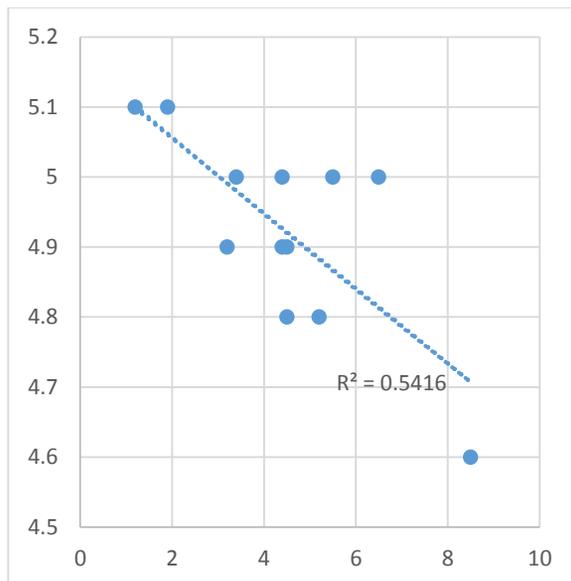
المخطط (٧) العلاقة بين كفاءة البكتيريا في إذابة للبيوتاسيوم وقيمة pH الوسط خلال فترة التحضين الأولى (٧ أيام)



المخطط (٨) العلاقة بين كفاءة البكتيريا في إذابة للبيوتاسيوم وقيمة pH الوسط خلال فترة التحضين الثانية (١٥ يوم)



المخطط (٩) العلاقة بين كفاءة البكتيريا في إذابة للبوتاسيوم وقيمة pH الوسط خلال فترة التحضين الثانية (١٥ يوم)



سادساً. الاستنتاجات

عند دراسة تربيّتين مختلفتي المحتوى من $CaCO_3$ قرية حدّثة (منخفضة المحتوى) وقرية الصايد (مرتفعة المحتوى) في ريزوسفير وتربة الزيتون والقمح بهدف عزل ميكروبات مذيبة للبوتاسيوم، ومعرفة كفاءتها في إذابة البوتاسيوم الفلزي تبين ما يلي:

١. سُجلّ التعداد العام للبكتيريا في الريزوسفير أعداداً أعلى مقارنة بتعداد البكتيريا في المنطقة اللاجزرية بغض النظر عن المحصول (قمح- زيتون) والمنطقة (حدّثة - الصايد).
٢. ظهر أعلى تعداد للبكتيريا والفطريات المذيبة للبوتاسيوم في ريزوسفير النباتات المدروسة (قمح- زيتون) في كلا منطقتي الدراسة (حدّثة-الصايد) مقارنةً مع تعدادها في المنطقة اللاجزرية.
٣. أظهرت الاختبارات المزرعية والمجهريّة والبيوكيميائية للعزلات الميكروبيّة المذيبة للبوتاسيوم الفلزي وجود ٣٣ عزلة بكتيرية و ٢٠ عزلة فطرية مذيبة للبوتاسيوم الفلزي.

٤. سُجل أكبر تعداد للبكتيريا المذيبة للبتواسيوم في العينة الجذرية الزيتون المأخوذة من قرية حدادة لنبات 827×10^3 CFU.
٥. بناءً على التحاليل البيوكيميائية التي جرت على العزلات البكتيرية الأكثر كفاءة في إذابة البوتاسيوم الفلزي تم تصنيف ٧ عزلات تابعة لجنس *Bacillus* و ٥ عزلات تابعة لجنس *Pseudomonas*.
٦. قطر الإذابة البوتاسيوم الناتج بفعل العزلات الفطرية كان أكبر من قطر الإذابة الناتج بفعل العزلات البكتيرية.
٧. ظهر أعلى معدل إذابة للبكتيريا المذيبة للبتواسيوم خلال فترة التحضين الأولى (٧ أيام) للعزلة البكتيرية المأخوذة من المنطقة الجذرية لمحصول الزيتون في قرية الصايد (KSB1) 22.4 mgr/l) وبهذا تعد هذه العزلة البكتيرية واعدة لاستخدامها كسماد حيوي.
٨. لوحظ أن العزلات الفطرية المذيبة للبتواسيوم كانت أعلى قدرة على إذابة البوتاسيوم مقارنة مع العزلات البكتيرية خلال فترة التحضين الثانية من التجربة (١٥ يوماً).
٩. ظهر أعلى معدل إذابة للفطريات المذيبة للبتواسيوم خلال الفترة الثانية من التحضين (١٥ يوم) 21.3 mgr/l وهذه العزلة KSF1 بدورها يمكن أن تكون واعدة في استخدامها كسماد حيوي.
١٠. كانت العلاقة طردية بين تعداد البكتيريا المذيبة للبتواسيوم الفلزي وكل من محتوى التربة من المادة العضوية والبوتاسيوم الذائب وكربونات الكالسيوم في كلا منطقتي الدراسة.

المقترحات

١. العمل على إنتاج سماد حيوي من الميكروبات المذيبة للبتواسيوم من العزلة البكتيرية KSB1 والعزلة الفطرية KSF1 ودراسة تأثيرها في التربة والنبات.
٢. متابعة الدراسات المتعلقة بالصفات الوراثية للعزلات البكتيرية المذيبة للبتواسيوم.

سابعاً. المراجع References

1. ALEKSANDOV, V.G., (1958), Organo-mineral fertilizers and silicate bacteria. Dokl Akad-S.Kh Nauk, 7: 43-48.
2. Al-ESSA, A (2007), Soil Microbiology. Al-Baath University Publications. In Arabic.
3. Al-ESSA, A, ALLOUSH, M (2006). Fundamentals of Microbiology (practical part). Al-Baath University Publications. In Arabic.
4. ARCHANA, D.S. (2007) Studies on potash solubilizing bacteria. Ph.D theses. Dept of agricultural microbiology, UAS Dharwad.India.
5. BARKER WW, WELCH SA, CHU S, BANFIELD JF (1998) Experimental observations of the effects of bacteria on aluminosilicate weathering. Am Mineral 83:1551–1563
6. BARTHOLOMEW, J.W. and MITTWER, T. (1950) A Simplified Bacterial Spore Stain. Biotechnic and Histochemistry, 25, 153-156.
7. BASAK B, BISWAS D (2012) Modification of waste mica for alternative source of potassium: evaluation of potassium release in soil from waste mica treated with potassium solubilizing bacteria (KSB). LAMBERT Academic Publishing, Germany. ISBN 978-3659298424
8. BASAK BB, BISWAS DR (2009) Influence of potassium solubilizing microorganism (Bacillus mucilaginosus) and waste mica on potassium uptake dynamics by sudan grass (Sorghum vulgare Pers.) grown under two Alfisols. Plant Soil 317:235–255
9. BLEZEVIC, D.J. and EDERER, G.M., 1975, Principles of biochemical tests in diagnostic microbiology, Wiley and Company, New York, pp.13-45.
10. CAPPUCINO, J.G. and SHERMAN, N., 1992, Microbiology: A laboratory manual. The Benjamin/Comings Publishing Company, Inc., California.

11. ECKFORD, M.D., 1927, Thermophilic bacteria in milk. American J. Hyg., 7: 200-201.
12. GUNDALA PB, CHINTHALA P, SREENIVASULU B (2013) A new facultative alkaliphilic, potassium solubilizing, Bacillus spp. SVUNM9 isolated from mica cores of Nellore district, Andhra Pradesh, India. J Microbiol Biotechnol 2(1):1-7
13. JEROME, J.G. and SHERMAN, N., 1992, Microbiology: A laboratory manual. The Benjamin/Comings Publishing Company, Inc., California.
14. LAGANIERE J, AUGUSTO L, HATTEN JA and SPIELVOGEL S (2022) Editorial: Vegetation Effects on Soil Organic Matter in Forested Ecosystems. *Front. For. Glob. Change* 4:828701.
15. LIU, W. XU, X. WU, X. YANG, Q. LUO, Y. CHRISITE, P (2006) Decomposition of silicate minerals by Bacillus mucilaginosus in liquid culture. Environ Geochem Health28:133-140
16. ODEH, M, SHAMSHAM, S 2007- Soil Fertility and Plant Nutrition (Practical Part). Al-Baath University Publications. In Arabic.
17. ODEH, M, SHAMSHAM, S 2011- Soil Fertility and Plant Nutrition (Theoretical Part). Al-Baath University Publications. In Arabic.
18. PARMAR, P. SINDHU, SS (2013) Potassium solubilization by rhizosphere bacteria: influence of nutritional and environmental conditions. J Microbiol Res 3(1):25-31
19. PRAJAPATI, K. MODI, H (2012) Isolation and characterization of potassium solubilizing bacteria from ceramic industry soil. CIB Technol J Microbiol 1:8-14
20. PRAJAPATI, K. SHARMA, MC. MODI, HA (2013) Growth promoting effect of potassium solubilizing microorganisms on Abelmoscus esculantus. Int J Agric Sci 3:181-188

21. REYES, I. BAZIRAMAKENGA, R. BERNIER, L. and ANTOUN, H (2001). Solubilization of phosphate rocks and minerals by a wildtype strain and two UV induced mutants of *Penicillium rugulosum*. *Soil Biol Biochem* (33): 1741–1747.
22. SANGEETH, KP. BHAI, RS. SRINIVASAN, V (2012) *Paenibacillus glucanolyticus*, a promising potassium solubilizing bacterium isolated from black pepper (*Piper nigrum* L.) rhizosphere. *J Spice Aromat Crops* 21:118–124
23. SEELEY, H.W. and VANDEMARK, P.J. 1970, Microbes in action: A laboratory manual of microbiology, D. P. Tarapo Revale Sons and Company Ltd., Bombay, pp.86-95.
24. SEELEY, H.W. and VANDEMARK, P.J. 1981, Microbes in action – A laboratory manual for microbiology, Freeman and Company, San Francisco, USA, p.388.
25. SHENG, XF. HE, LY (2006) Solubilization of potassium bearing minerals by a wild type strain of *Bacillus edaphicus* and its mutants and increased potassium uptake by wheat. *Can J Microbiol* 52:66–72
26. SINDHU, SS. DUA, S. VERMA, MK. KHANDELWAL, A (2010) Growth promotion of legumes by inoculation of rhizosphere bacteria. In: Khan MS, Zaidi A, Musarrat J(eds) *Microbes for legume improvement*. SpringerWien, New York, pp 195–235
27. SINGH, G. BISWAS, DR. MARWAH, TS (2010) Mobilization of potassium from waste mica by plant growth promoting rhizobacteria and its assimilation by maize (*Zea mays*) and wheat (*Triticum aestivum* L.). *J Plant Nutr* 33: 1236–1251
28. STYRIAKOVA, I. STYRIAK, I. GALKO, I. HRADIL, D. BEZDICKA, P(2003). The release of iron-bearing minerals and dissolution of feldspar by heterotrophic bacteria of *Bacillus* species. *Acta Pedol. Sin.* ;47(1):20–26.

29. SUN, M. LIU, X. SHI, K. PENG, F. XIAO, Y. 2022 Effects of Root Zone Aeration on Soil Microbes Species in a Peach Tree Rhizosphere and Root Growth. MDPI, 10, 1879
30. ULLAMAN, WJ. KIRCHMAN, DL. WELCH, WA (1996) Laboratory evidence by microbially mediated silicate mineral dissolution in nature. Chem Geol 132:11–17
31. UROZ, S. CALVARUSO, C. TURPAULT, MP. FREYKLETT, P (2009) Mineral weathering by bacteria: ecology, actors and mechanisms. Trends Microbiol 17:378–387
32. VERESOGLO, SD. MAMOLOS, AP. THORNTON, B. VOULGARI, OK. SEN, R. VERESOGLOU, S (2011) Medium-term fertilization of grassland plant communities masks plant species-linked effects on soil microbial community structure. Plant and Soil 344:187–196
33. WALKLEY, A. BLACK, I.A. (1934) An Examination of the Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. Soil Science, 37, 29-38
34. YOUSEFI, AA. KHAVAZI, K. MOEZI, AA. REJALI, F. NADINA, NH (2011) Phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi impacts on inorganic phosphorus fractions and wheat growth. World Appl Sci J 15(9): 1310–1318.
35. ZARJANI, JK. ALIASGHARZAD, N. OOSTAN, S. EMADI, M. AHMADI, A (2013) Isolation and characterization of potassium-solubilizing bacteria in some Iranian soils. Arch Agron Soil Sci 59:1713–1723.
36. ZHOU, H. ZENG, X. LIU, F. QIU, G. HU, Y (2006) Screening, identification and desilication of a silicate bacterium. J Cent South Univ Technol 13:337–341.