

حركيات تحرر الفسفور باستخدام عزلتي بكتريا (*Bacillus cereus* و *Pseudomonas putida*) في ترب ذات محتوى جبسي مختلف

سامي حمد سلطان عبد الكريم عريبي سبع باسم شاكور عبيد
كلية الزراعة/جامعة تكريت كلية الزراعة/جامعة تكريت كلية الزراعة/جامعة تكريت

- تاريخ إستلام البحث 2021/9/2 وتاريخ قبوله 2021 /10 /21
- البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الأول .

الخلاصة

اجريت تجربة مختبرية بهدف دراسة تحرر الفسفور تضمنت الدراسة اخذ ثلاث نماذج ترب مختلفة في محتواها من الجبس (243,138.67) غم كغم⁻¹ والتي يرمز لها (G3،G2, G1) ومختلفة في صفاتها الفيزيائية والكيميائية، وتضمنت التجربة تحضين ترب الدراسة بعد تلقيحها بالمعاملات البكتيرية *Bacillus cereus* و *Pseudomonas putida* لمعرفة كفاءة البكتريا في تحرر الفسفور تم حساب كمية الفسفور المتحرر عند المدد الزمنية 2، 4، 8، 24 ساعة و 2، 4، 7، 14، 21 يوم وقدر الفسفور لكل زمن ولأجل الحصول على افضل معادلة لوصف حركيات تحرر للفسفور في ترب مختلفة في محتواها من الجبس استعملت معادلات الحركيات (معادلة الرتبة صفر، معادلة الرتبة الأولى، الانتشار، دالة القوى ، ايلوفيج) أظهرت النتائج بأن كمية الفسفور المتحرر تقل بزيادة كمية الجبس ويزداد بزيادة مدد التحضين اذ بلغت اقل كمية من الفسفور المتحرر في عينة G3 عند الزمن 2 ساعة 1.7 ملغم p لتر⁻¹ للمعاملة غير الملقحة اما اعلى كمية من الفسفور المتحرر كانت في عينة G1 عند الزمن 21 يوم اذ بلغت 6.9 ملغم p لتر⁻¹ للمعاملة الملقحة ببكتريا *P. putida* وكان لها الافضلية في زيادة الكمية المتحررة من الفسفور وافضل معادلة حركية توصف تحرر الفسفور ولكل ترب الدراسة معادلة دالة القوى وان قيم معامل سرعة التحرر للعينة G1 بلغت (0.089، 0.89، 0.025) ملغم كغم يوم⁻¹ وللعينة G2 بلغت (0.078، 0.094، 0.025) ملغم كغم يوم⁻¹ اما العينة G3 بلغت (0.139 ، 0.134، 0.044) ملغم كغم يوم⁻¹ للمعاملات غير الملقحة و *B. cereus* و *P. putida* على التتابع.

الكلمات المفتاحية: تحرر الفسفور ، الاحياء المجهرية ، الترب الجبسية ، المعادلات الحركية

Kinetics of phosphorous release that using tow bacterial isolates in different content gypsum

Sami hamed sultan Abdul Kareem Eraibi Sabaa Basim Shakir Obaid
College of Agriculture College of Agriculture College of Agriculture
Tikrit University Tikrit University Tikrit University

- Date of research received 2021/9/2 and accepted 21/10/2021
- Part of PhD dissertation for the first author.

Abstract

A laboratory experiment was conducted to study the release of phosphorous. the study included taking three different samples in their content of gypsum (243,138.67) g kg⁻¹ observations, symbolized by (G1, G2, and G3) and different in their physical and chemical properties, ... *Bacillus cereus*, *Pseudomonas putida* to find out the efficiency of bacteria in releasing phosphorous, the amount of phosphorous released at the functional periods of 2, 4, 8, 24 hours and 2, 4, 7, 14, 21 days was calculated and the amount of phosphorous for each time and in order to obtain the best equation to describe the kinetics of phosphorus liberation in different in

its content From gypsum, kinematics equations were used (zero order equation, first order equation, diffusion, forces function, elovig)The results showed that the amount of liberated phosphorous decreases with the increase in the amount of gypsum and increases with the increase in the incubation period. The lowest amount of liberated phosphorous in the G3 sample at the time of 2 hours was 1.7 mg p L^{-1} for the uninoculated treatment. The highest amount of liberated phosphorus was in the G1 sample at the time of 21 days. It was 6.9 mg p L^{-1} for the treatment inoculated with *P. putida* it had the advantage in increasing the liberated amount of phosphorous, and the best kinetic equation described phosphorous liberation for each soil of the study was the equation of the force function, and the values of the coefficient of liberation speed for sample G1 amounted to $(0.025, 0.89, 0.089) \text{ mg kg day}^{-1}$ and for sample G2 it amounted to $(0.025, 0.094, 0.078) \text{ mg kg day}^{-1}$, while the sample G3 was $(0.044, 0.134, 0.139) \text{ mg kg day}^{-1}$ for unvaccinated treatments, *B. cereus* and *P. putida* respectively

key words Phosphorous release, microorganisms, gypsum soils, kinetic equations

المقدمة Introduction

يعد الفسفور ثاني اهم عنصر في تغذية النبات وتأتي أهمية دراسة جاهزية الفسفور في الترب العراقية ولاسيما الترب الجبسية كونها تحتوي على كميات كبيرة من معادن الكربونات والكبريتات اذ يتعرض الفسفور المضاف الى سلسلة من التفاعلات مع معادن الكبريتات والكالسيوم الذائب في محلول التربة او المتبادل معها على اسطح معادن الطين مكونا مركبات فسفورية مختلفة من حيث درجة ذوبانيتها وتبلورها ، كما يقتضي التطور الزراعي الى اتباع أساليب أخرى لزيادة جاهزية الفسفور ومنها الافادة المثلى لفعالية الاحياء المجهرية في اذابة المركبات غير الذائبة وزيادة جاهزية العناصر الغذائية الضرورية كمصدر بديل رخيص وامن بيئياً مقارنة مع الأسمدة الكيميائية ، أشار العديد من الباحثين الى دور الاحياء الدقيقة في زيادة كمية الفوسفات الذائبة وذلك بقابليتها في تحويل المركبات الفوسفاتية غير الذائبة الى اشكال ميسرة للنبات (Hameeda واخرون، 2008) كما بينت الأبحاث أهم الأنواع البكتيرية المذيبة للفوسفات التي تم عزلها واختبار كفاءتها في اذابة المركبات الفوسفاتية غير الذائبة خلال دراستهم وهي *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida* و *Pseudomonas pseudomallei* (خليل، 2017 ; خالد، 2019) اشارت الوندواوي (2020) في تجربة بيولوجية لقياس الفسفور الجاهز على نبات الطماطم ان الفسفور الجاهز زاد من 0.25 الى 0.31 في الجزء الخضري عند التلقيح ببكتريا *Pseudomonas putida* بعد 54 يوم من الزراعة مقارنة بالمعاملة غير الملقحة، ، لذا بات استعمال مفهوم الحركيات ضروري جداً لمعرفة سلوك التفاعل المستمر بين الجزء الصلب والايونات في محلول التربة خلال الزمن واجريت هذه الدراسة بهدف معرفة تأثير التلقيح بالبكتريا المذيبة للفسفور في حركيات امتزاز وتحرر الفسفور في الترب الجبسية.

المواد وطرائق العمل Materials and methods

اختبرت ثلاث مواقع مختلفة في محافظة صلاح الدين على اساس التباين في محتواها من الجبس وهي الموقع الأول موقع العلم G3 ذات محتوى جبسي (243 غم كغم⁻¹ جبس) والموقع الثاني جامعة تكريت خلف المجمع السكني G2 ذات محتوى جبس (138 غم كغم⁻¹ جبس) والموقع الثالث في جامعة تكريت حقول كلية الزراعة G1 (67 غم كغم⁻¹ جبس) وأخذت العينات عشوائياً من الترب ولعمق 0-30 سم ممثلة لترب التجربة وجففت هوائياً وطحنت بمطرقة خشبية ، ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 ملم، قدرت بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية بمستخلص 1:1 الواردة في جدول (1) بحسب الطرائق الواردة في (page واخرون، 1982)

العلم G3	تكريرت 2 G2	تكريرت 1 G1	الوحدة	الصفة
7.85	7.75	7.62		Ph
2.32	2.37	2.49	ديسي سيمنز م ¹	EC
243	138	67	غم كغم ⁻¹	CaSO4.2H2O
101	219	243		CaCO3
8	9	11		O.M
10.82	12.13	13.17	سنتمول شحنة . كغم تربة ⁻¹	CEC
742	593	652	غم كغم ⁻¹	Sand
68	180	70		Silt
190	227	278		Clay
S.L	S.C.L	S.C.L		Textury
				العناصر الجاهزة
12.5	17.3	18.1	ملغم كغم ⁻¹	N
1.3	3.12	5.10		P
65.76	82.36	121.54		K
				الايونات الذائبة
12.81	8.95	5.32		Ca
3.16	4.32	6.72		Mg
Nil	Nil	Nil		CO ₃
2.31	1.43	1.29		HCO ₃
15.42	12.39	9.85		SO ₄

جدول 1 بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتراب الدراسة

تحضير العزلات البكتيرية

تم اختيار عزلتين بكتيريتين هما *Bacillus cereus* و *Pseudomona putida* مشخصة سابقاً بقابليتها على أذابه الفسفور حصلنا عليها من مختبرات قسم علوم التربة والموارد المائية/كلية الزراعة – جامعة تكريت من طالب الماجستير عبدالله اركان والطالبة الوندائي ، حفظت هذه العزلات عن طريق زرعها على وسط الأكار المغذي (Slant) ومن ثم وضعت في الثلاجة على درجة حرارة 4م مع مراعاة تجديدها شهرياً.

تصميم التجربة

أجريت تجربة مختبرية لتحضين التربة الملقحة بالبكتريا باستخدام أطباق بتري لدراسة تأثير عامل التلقيح ببكتريا *Bacillus .cereus* وبكتريا *Pseudomonas .putida* وغير الملقحة في تحرير الفسفور لثلاثة أنواع من الترب جيبسية (243,138.67) غم كغم⁻¹ جيبس بواقع تسعة اطباق لكل زمن وبمدد زمنية مختلفة 2، 4، 8، 16، 24 ساعة 2 - 4 - 7 - 14 - 21 يوم .

ولمعرفة كمية الفسفور المتحرر فقد تم قياس كمية الفسفور الجاهز قبل وبعد التحضين .

ثم وصفت باستخدام المعادلات الحركية الاتية:

معادلة الرتبة صفر Zero order equation

$$C_t = C_0 - K_1t \dots\dots\dots(1)$$

معادلة الرتبة الاولى First order equation

تكون معادلة بالصيغة الاتية:-

$$\ln C_t = \ln C_0 - K_1t \dots\dots\dots(2)$$

K_1 = معامل السرعة

معادلة الانتشار Diffusion equation

وتكتب بالصيغة الآتية:-

$$C_t = C_0 + K_1 t^{1/2} \dots\dots\dots(3)$$

معادلة أيلوفيج Elovich equation

$$C_t = C_0 + K_1 \ln t \dots\dots\dots(4)$$

معادلة دالة القوة Power Function equation

$$\ln C_t = \ln C_0 + K_1 \ln t \dots\dots\dots(5)$$

اذ ان :

 C_t = التركيز المقاس عند الزمن t C_0 = التركيز عند الزمن صفر

K = ثابت

t = الزمن

لتحديد أفضل معادلة رياضية

تم اختيار المعادلات الحركية لتحديد افضل معادلة في وصف حركيات تحرر الفسفور اعتماداً على اعلى معامل التحديد (R^2) واقل خطأ قياسي (SE) وتمت الحسابات على وفق برنامج REM المذكور في سعدالله (1996) وأن الصيغة العامة لمعادلة الخطأ القياسي Stander Error SE هي:

$$SE = [\sum (C_t - C_t^*)^2 / n - 2]^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

 C_t = التركيز المقاس عند الزمن t C_t^* = التركيز المحسوب عند الزمن t

n = عدد مرات القياس

اشكال التركيز التجميعي للفسفور المتحرر (حساب تراكيز الاتزان عند الزمن صفر)

يتم رسم النتائج بيانيا بين الفسفور المتحرر تجميعيا مقابل الزمن في تجارب الاستخلاص والحصول على تركيز الاتزان عند الزمن صفر C_0 باستخدام المعادلة المقترحة من قبل Smmiei و Chahal (1986) وذلك باعتماد مقلوب التراكيز التجميعية للفسفور المتحرر كدالة خطية لمقلوب الزمن و كالاتي:

$$1/C_t = 1/C_0 + b.1/t$$

إذ أن:

 C_t = التركيز عند زمن الاستخلاص t C_0 = التركيز عند الزمن صفر وتم حسابه من مقلوب تقاطع الخط المستقيم مع المحور الصادي.

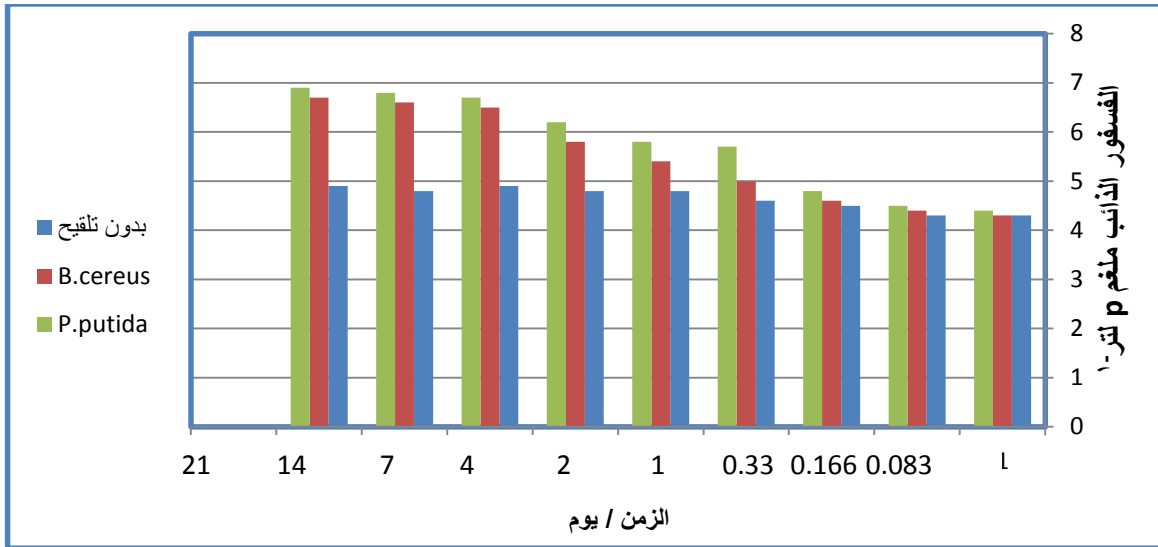
b = انحدار الخط المستقيم

t = الزمن

النتائج والمناقشة

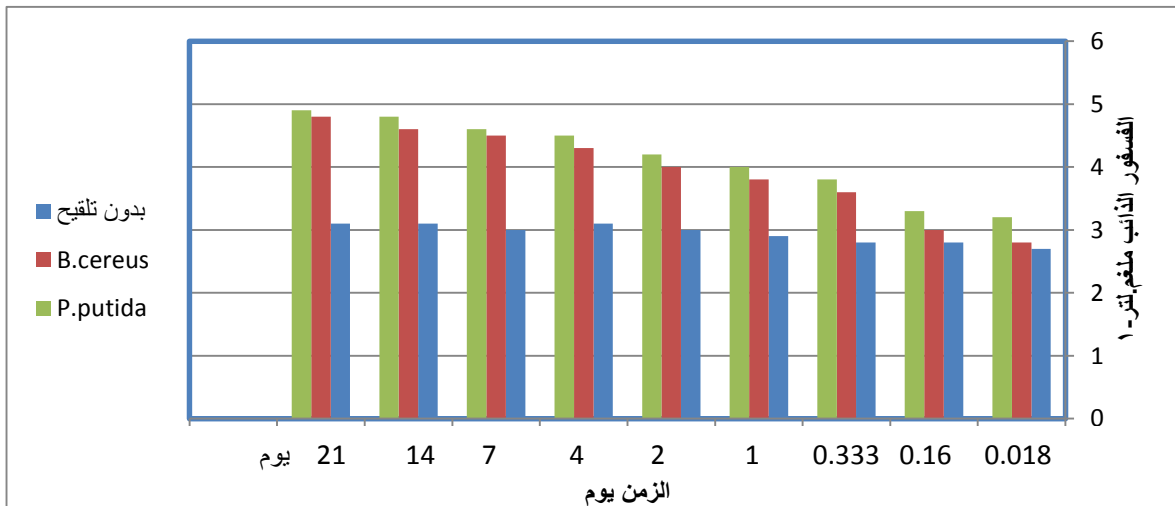
دراسة التحرر الحيوي للفسفور بتحضير التربة الملقحة بالبكتريا في التربة الجبسية

يبين الشكل (1) تأثير تحضير التربة الملقحة ببكتريا *Pseudomonas putida* و *Bacillus cereus* المذيبة للفسفور في تحرر الفسفور للعينة G1 ذات محتوى جبسي واطى 67 غم كغم⁻¹ إذ أعطت المعاملة غير الملقحة كمية فسفور متحرر (3,4، 4,3، 4,5، 4,5، 4,6، 4,8، 4,8، 4,9، 4,8، 4,9) ملغم p لتر⁻¹ (مقارنةً مع المعاملة غير الملقحة 4.65 ملغم p لتر⁻¹ والمعاملة الملقحة بكتريا *B.cereus* أعطت كمية فسفور متحرر بلغ (4.3، 4.4، 4.6، 5.0، 5.4، 5.8، 6.5، 6.6، 6.7) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 5.47 ملغم p لتر⁻¹ محققةً زيادة قدرها 54 % مقارنةً مع المعاملة غير الملقحة اما المعاملة الملقحة ببكتريا *P.putida* أعطت كمية فسفور متحرر بلغ (4.4، 4.5، 4.8، 5.7، 5.8، 6.2، 6.7، 6.8، 6.9) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 5.75 ملغم p لتر⁻¹ وحققت زيادة قدرها 55.2 % مقارنةً مع المعاملة غير الملقحة للمدد الزمنية 2، 4، 8 ساعة و1، 2، 4، 7، 14، 21 يوم على التتابع،



شكل (1) الفسفور المتحرر بتحضير التربة الملقحة بالبكتريا للعينة G1 ذات محتوى جيبس 67 غم كغم⁻¹.

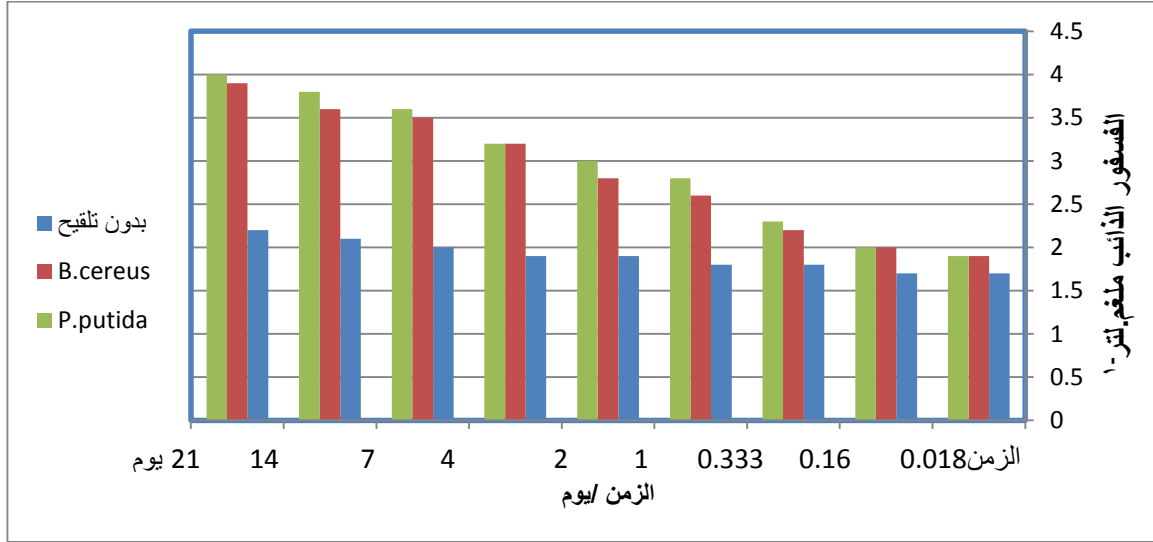
اما نتائج التجربة للعينة G2 ذات محتوى جيبس 138 غم كغم⁻¹ فيظهر الشكل بان كمية الفسفور المتحرر من تحضير التربة الملقحة ببكتريا *Bacillus cereus* والملقحة ببكتريا *Pseudomonas putida* المذيبة للفسفور إذ أعطت المعاملة غير الملقحة كمية فسفور متحرر (2.7، 2.8، 2.8، 2.9، 3، 3.1، 3، 3.1، 3.1) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 2.94 ملغم p لتر⁻¹ اما المعاملة الملقحة ببكتريا *B.cereus* اعطت كمية فسفور متحرر بلغ (2.8، 3، 3.6، 3.8، 4، 4.3، 4.5، 4.6، 4.8) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 3.93 ملغم p لتر⁻¹ محققة زيادة بلغت 53.5% مقارنة مع المعاملة غير الملقحة. اما المعاملة الملقحة ببكتريا *P.putida* بلغت كمية الفسفور المتحرر (3.2، 3.3، 3.8، 4، 4.2، 4.5، 4.6، 4.8، 4.9) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 4.1 ملغم p لتر⁻¹ وحقت زيادة قدرها 58.2% مقارنة مع المعاملة غير الملقحة للمدد الزمنية 2، 4، 8 ساعة و1، 2، 4، 7، 14، 21 يوم على التتابع



شكل (2) الفسفور المتحرر بتحضير البكتريا ملغم لتر⁻¹ للعينة G2 ذات محتوى جيبس 138 غم كغم⁻¹.

يبين الشكل (3) كمية الفسفور المتحرر من تحضير التربة للعينة G3 ذات محتوى جيبس متوسط 138 غم كغم⁻¹ عند التلقیح ببكتريا *Bacillus cereus* و *Pseudomonas putida* المذيبة للفسفور إذ أعطت المعاملة غير الملقحة كمية فسفور متحرر (1.7، 1.7، 1.8، 1.8، 1.9، 1.9، 2، 2.1، 2.2) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 1.9 ملغم p لتر⁻¹ اما المعاملة الملقحة

بكتريا *B.cereus* اعطت كمية فسفور متحرر (1.9، 2، 2.2، 2.6، 2.8، 3.2، 3.5، 4.5، 3.6، 3.9) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 2.8 ملغم p لتر⁻¹ وحقت زيادة بلغت 60 % مقارنة مع المعاملة غير الملقحة اما المعاملة الملقحة ببكتريا *P.putida* أعطت كمية فسفور متحرر (1.9، 2، 2.3، 2.8، 3، 3.2، 3.6، 3.8، 4) ملغم p لتر⁻¹ بمتوسط قدره 2.95 ملغم p لتر⁻¹ محققة زيادة قدره 60.8 % مقارنة مع المعاملة غير الملقحة للمدد الزمنية 2، 4، 8 ساعة و1، 2، 4، 7، 14، 21 يوم على التتابع ، وان ببكتريا *P.putida* لها الأفضلية في قدرتها على تحرر الفسفور .



شكل 3 الفسفور المتحرر بتحصين التربة الملقحة بالبكتريا للعينة G3 ذات محتوى جبس 243غم كغم⁻¹ يلاحظ في هذه الاشكال اختلاف الكميات المتحررة من الفسفور بين أنواع الترب، وهذا يعود الى الاختلاف في تراكيز الكالسيوم والمادة العضوية والمعدنية في الترب، وبالتالي فإن أقل كمية من الفسفور الجاهز كانت للعينة G3 ذات التراكيز العالية من الجبس 243 غم كغم⁻¹ ويعزى السبب الى وفرة ايونات الكالسيوم الذي يحدد اذابة البكتريا الفسفور ويتسبب مرة ثانية بسبب واعلاها في العينة G1 ذات التراكيز الواطئ (5%) لقلّة ايونات الكالسيوم وزيادة في كمية الطين واكاسيد الحديد ، اما السبب في الزيادة الناتجة عن التلقیح فيعود لكفاءة العزلات البكتيرية المستخدمة في اذابة المركبات الفوسفاتية غير الذائبة وهذا يفسر عن طريق الحوامض العضوية والسكريات المتعددة Nehra و Saharan (2011) وقد يعزى سبب اختلاف العزلات في معدل اذابة الفسفور إلى اختلافات وراثية بين العزلات تحدد قدرتها على اذابة الفوسفات غير الذائبة من خلال قابليتها في انتاج الحوامض العضوية وانواعها وامتلاكها للسكريات المتعددة (Iguar وآخرون، 2001).

المدخل الحركي لدراسة تحرر الفسفور بتحصين التربة الملقحة بالبكتريا في الترب الجبسية

استخدمت خمس معادلات مختلفة بعضها رياضية وأخرى إحصائية تجريبية لدراسات تحرر الفسفور في عينات ترب ذات محتوى جبسي (منخفض G1، متوسط G2، عالي G3)، وقد استعملت نوعين من البكتريا *Bacillus cereus* و *Pseudomonas putida* للمدد الزمنية 2، 4، 8، 24 ساعة و2، 4، 7، 14، 21 يوم والمعادلات الخمسة المستعملة في الدراسة هي المعادلة الخطية البسيطة معادلة الرتبة صفر، ومعادلة الرتبة الأولى ومعادلة الانتشار ومعادلة دالة القوة ومعادلة ايلوفيج .

أولاً:- ولغرض المقارنة بين الموديلات من ناحية أفضليتها في وصف عملية تحرر الفسفور فقد استخدمت قيم معامل التحديد (R^2) وقيم الخطأ القياسي (SE) Sparks (1980)، للمقارنة بينهما، وظهرت نتائج التحليل الإحصائي موضحة في جداول 2 و 3 و 4، وعلى نحو ما هو في جدول 2 الخاص بالعينة G1 ذات المحتوى الجبسي منخفض .

معادلة أيلوفيج		معادلة دالة القوى		معادلة الانتشار		معادلة الرتبة الاولى		معادلة الرتبة صفر		المعادلات نوع الاحياء
SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	
9.671	0.964	2.57	0.900	2.40	0.449	3.18	0.445	2.63	0.453	غير الملقحة
26.86	0.953	2.47	0.973	2.58	0.713	3.63	0.696	7.46	0.730	Bacillus cereus
28.59	0.979	2.72	0.974	2.72	0.613	3.86	0.591	8.10	0.635	Pseudomonas putida

جدول 2 قيم معامل التحديد والخطأ القياسي لتحرر الفسفور لترب ذات محتوى جبسي منخفض

يشير الجدول الى قيم (R^2) عند استخدام معادلة دالة القوى بلغت (0.900، 0.973، 0.974) أما قيم (SE) (2.57 ، 2.47 ، 2.72) للمعاملات غير الملقحة وبكتريا *B. cereus* و *P. putida* على التتابع وهي افضل معادلة تصف تحرر الفسفور بتحصين البكتريا للعيونة G1 ذات المحتوى الواطئ 67غم كغم⁻¹ جيس ويعود السبب الى ان تحرر الفسفور يتأثر بعوامل التربة المحيطة في هذه التجربة ومنها الاحياء المجهرية وهي التي تحكمت بتحرر الفسفور، تلتها معادلة الانتشار ثم معادلة الرتبة الاولى ثم معادلة الرتبة صفر واخيرا معادلة ايلوفيج .

أما نتائج التحليل الإحصائي عند استخدام المعاملات البكتيرية في اذابة الفسفور للعيونة G2 ذات محتوى جبسي متوسط 15% فهي موضحة في جدول.

جدول 3 قيم معامل التحديد والخطأ القياسي لتحرر الفسفور لترب ذات محتوى جبسي متوسط

معادلة أيلوفيج		معادلة دالة القوى		معادلة الانتشار		معادلة الرتبة الاولى		معادلة الرتبة صفر		المعادلات نوع الاحياء
SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	
5.514	0.915	1.183	0.915	0.815	0.518	1.53	0.514	2.39	0.522	غير الملقحة
18.35	0.976	1.584	0.956	1.351	0.589	2.22	0.557	5.22	0.621	Bacillus cereus
20.06	0.984	1.685	0.972	1.447	0.616	2.36	0.591	5.824	0.641	Pseudomonas putida

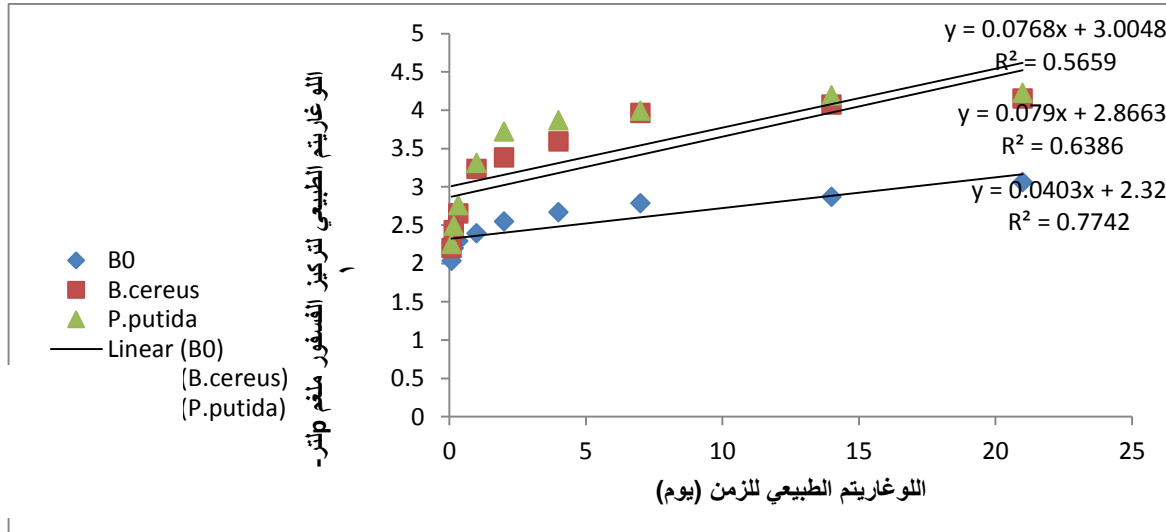
يشير الجدول (3) أن قيم (R^2) عند تطبيق معادلة دالة القوى بلغت (0.915 ، 0.956 ، 0.972) بينما قيم (SE) (1.183 ، 1.584 ، 1.685) للمعاملات غير الملقحة وبكتريا *B. cereus* و *P. putida* على التتابع وهي افضل معادلة تصف تحرر الفسفور للعيونة G2 ذات الجبس 138 غم كغم⁻¹ ويعود السبب الى ان الاحياء المجهرية هي المتحكمة في تحرر الفسفور ثم معادلة الانتشار تليها معادلة الرتبة الاولى ثم معادلة الرتبة صفر ثم معادلة ايلوفيج ، أما نتائج التحليل الإحصائي عند استخدام المعاملات البكتيرية المختلفة للعيونة G3 ذات محتوى جبسي عالي فهي موضحة في جدول 4

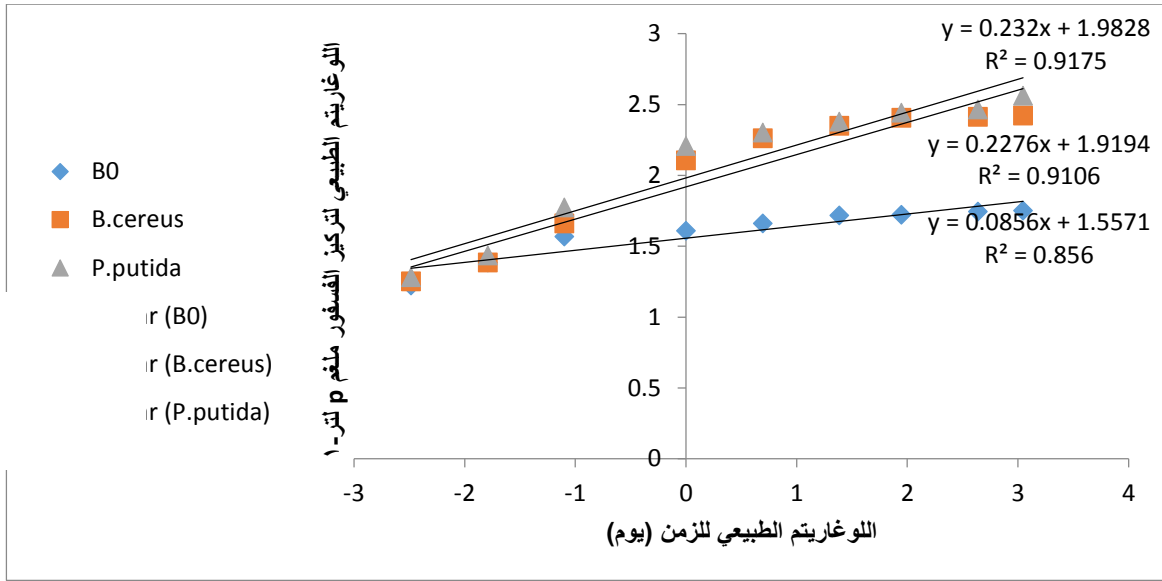
معادلة أيلوفيج		معادلة دالة القوى		معادلة الانتشار		معادلة الرتبة الاولى		معادلة الرتبة صفر		المعادلات نوع الاحياء
SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	SE	R ²	
5.60	0.911	1.107	0.927	0.108	0.875	0.824	0.862	1.78	0.887	غير الملقحة
8.871	0.983	1.006	0.992	0.944	0.711	1.60	0.674	2.42	0.747	Bacillus cereus
8.443	0.942	1.013	0.990	0.627	0.683	1.69	0.641	2.51	0.725	Pseudomonas putida

جدول 4 قيم معامل التحديد والخطأ القياسي لتحرر الفسفور لترب ذات محتوى جبسي عالي

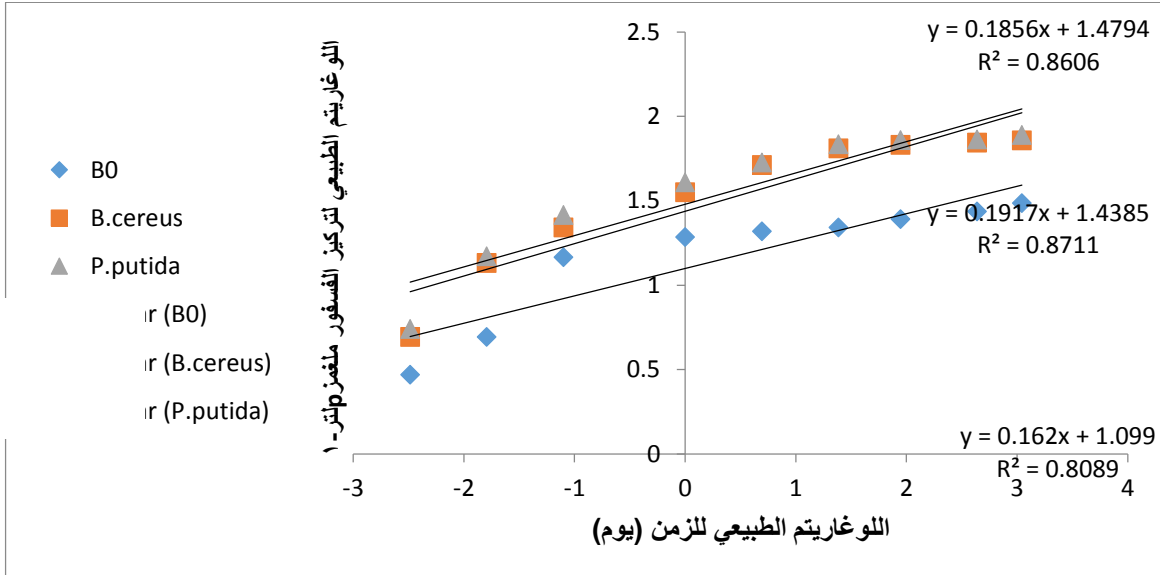
يشير الجدول (4) أن قيم R^2 عند تطبيق معادلة دالة القوى بلغت (0.927 ، 0.992 ، 0.990) بينما قيم (SE) (1.107 ، 1.006 ، 1.013) للمعاملات غير الملقحة ومعاملة التلقيح ببكتريا *B. cereus* ومعاملة التلقيح ببكتريا *P. putida* على التتابع وهي افضل معادلة في وصف تحرر الفسفور ثم معادلة الانتشار تليها معادلة الرتبة الاولى ثم معادلة الرتبة صفر ثم معادلة أيلوفيج ، ان اقل القيم للخطأ القياسي (SE) كان عند استخدام معادلة دالة القوى ثم معادلة الانتشار و تلتها معادلة الرتبة الاولى ثم معادلة الرتبة صفر واخيراً معادلة أيلوفيج فكانت غير جيدة مقارنةً بمعادلة دالة القوى و الانتشار ولجميع ترب الدراسة على نحو ما مبين في جدول 2 و 3 و 4 ومن خلال المقارنات (SE, R) للعرض السابق ذكره أنفاً للترب باستخدام المعاملات البكتيرية المختلفة، ويعزى السبب الى تفوق دالة القوى في التربة لتحرر الفسفور عن طريق ذوبانية مركبات الفسفور في التربة التي تأثرت بالظروف المحيطة وكانت الاحياء المجهرية هي المتحكمة بسبب تكاثرها اللوغاريتمي لاسيما ان معادلة دالة القوى هي معادلة لوغاريتمية ، كما وان الكمية المتحرر تعتمد على عامل الزمن أي انها تتناسب طردياً مع الزمن اما معادلة الانتشار توضح بان انتشار الايون من بين طبقات المعادن هو الذي يكون العامل المحدد للتحرر وهذا يتطابق مع ما وجدته (younessi واخرون، 2010).

ثانياً:- نلاحظ من الأشكال 4، 5، 6 استعمال معادلة دالة القوى للترب ذات المحتوى الجبسي (واطي، متوسط، عالي).

شكل 4 العلاقة بين ($\ln C_t$) مع ($\ln t$) حسب معادلة دالة القوة للعينة G1 ذات محتوى جبسي منخفض



شكل 5 العلاقة بين $(Ln C_t)$ مع $(Ln t)$ حسب معادلة دالة القوة للعينة G2 ذات محتوى جبسي متوسط



شكل 6 العلاقة بين $(Ln C_t)$ مع $(Ln t)$ حسب معادلة دالة القوة للعينة G3 ذات محتوى جبسي عالي

نلاحظ من هذه الأشكال تأثير التلقيح بالبكتيريا المذيبة للفوسفات في تحرر الفسفور، وكانت المعاملة غير الملقحة أقل معاملة في تحرر الفسفور واعطت المعاملة الملقحة ببكتريا *P. putida* اعلى القيم تلتها *B.cereus* ولجميع الترب، وهذا يتفق مع ما وجدته (Nehra و Saharan، 2011) وقد يعزى سبب اختلاف العزلات في معدل إذابة الفسفور إلى اختلافات وراثية بين العزلات تحدد قدرتها تحدد قدرتها على إذابة الفوسفات غير الذائبة من خلال قابليتها في إنتاج الحوامض العضوية وانواعها وامتلاكها للسكريات المتعددة (Iqbal وآخرون، 2001).

إن تحرر الفسفور يتأثر بدرجة كبيرة بكمية الجبس في التربة، إذ إن التربة التي تحتوي على نسبة جبس 67 غم كغم⁻¹ واطئ كانت كمية تحرر الفسفور اعلى من الترب التي تحتوي على نسبة جبس متوسط 138 غم كغم⁻¹ والتربة ذات المحتوى 243 غم كغم⁻¹ جبس ويعود السبب انه بزيادة كمية الجبس يؤدي الى تشبع المحلول بأيونات الكالسيوم بسبب ذوبان الجبس ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) والذي يرتبط مع ايونات الفسفور مكونة مركبات أكثر ثباتاً على شكل DCP او TCP او OCP مما يؤدي الى قلة تحرر الفسفور (الخطيب وآخرون، 1993). تسلسل احتواءها كما يأتي:

تربة ذات جبس 67غم كغم⁻¹ < تربة ذات نسبة جبس 138 غم كغم⁻¹ < تربة ذات نسبة جبس 243 غم كغم⁻¹ ويظهر تأثير نسبة الجبس في تحرر الفسفور كما هو واضح في الأشكال المرقمة (4، 5، 6) لترب الدراسة.

قيم معامل سرعة تحرر الفسفور بتحضير التربة الملقحة بالبكتريا في الترب الجبسية

لغرض تحديد معامل سرعة التحرر يتوجب في البداية تحديد أفضل معادلة تصف تحرر الفسفور من التربة ، ومن المقارنة بين المعادلات المستعملة تبين أن معادلة دالة القوى هي أفضل المعادلات التي تصف تحرر الفسفور في جميع ترب الدراسة.

نلاحظ من جدول 5 أن قيم معامل سرعة التحرر لمعادلة دالة القوى بلغ 0.025 ، 0.089 ، 0.089 ، 0.089 ملغم كغم يوم⁻¹ أما قيم معامل سرعة التحرر لمعادلة الانتشار كانت 0.005 ، 0.023 ، 0.022 ، 0.022 ملغم كغم يوم⁻¹، للمعاملات غير الملقحة والملقحة ببكتريا *B. cereus* والملقحة ببكتريا *P. putida* على التتابع للترب ذات المحتوى الجبسي منخفض 67 غم كغم⁻¹ ، اما قيم معامل سرعة التحرر لمعادلة دالة القوى بلغ 0.0025 ، 0.094 ، 0.078 ، 0.078 ملغم كغم يوم⁻¹ وقيم معامل سرعة التحرر لمعادلة الانتشار بلغ 0.004 ، 0.018 ، 0.016 ، 0.016 ملغم كغم يوم⁻¹ للمعاملات غير الملقحة والملقحة ببكتريا *B. cereus* والملقحة ببكتريا *P. putida* على التتابع بالنسبة للترب ذات المحتوى الجبسي متوسط 138 غم كغم⁻¹ ان قيم معامل سرعة التحرر لمعادلة دالة القوى كانت 0.044 ، 0.134 ، 0.139 ، 0.139 ملغم كغم⁻¹ يوم⁻¹ اما قيم معامل سرعة التحرر لمعادلة الانتشار بلغت 0.007 ، 0.025 ، 0.025 ، 0.025 ملغم كغم يوم⁻¹ للمعاملات غير الملقحة والملقحة ببكتريا *B. cereus* والملقحة ببكتريا *P. putida* على التتابع للترب ذات المحتوى الجبسي عالي 243 غم كغم⁻¹. ونلاحظ من النتائج السابقة أن قيم معامل سرعة التحرر قليلة نسبيا مما يعكس بوضوح تأثير خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والمعدنية ، أما اختلاف معامل سرعة التحرر بين معاملات الاحياء المجهرية يعود السبب الى اختلافات وراثية وقدرة كل نوع على اذابة الفسفور والافضلية كانت لمعاملة بكتريا *P. putida* .

المعاملة		نوع التربة		ترب ذات محتوى جبسي منخفض		ترب ذات محتوى جبسي متوسط		ترب ذات محتوى جبسي عالي	
		الانتشار	دالة القوى	الانتشار	دالة القوى	الانتشار	دالة القوى	الانتشار	دالة القوى
غير الملقحة		0.005	0.025	0.004	0.025	0.007	0.044	0.007	0.044
<i>Bacillus cereus</i>		0.023	0.089	0.018	0.094	0.025	0.134	0.025	0.134
<i>Pseudomonas putida</i>		0.022	0.089	0.016	0.078	0.025	0.139	0.025	0.139

جدول 5 قيم معامل تحرر الفسفور لترب الدراسة وفق معادلة الانتشار ومعادلة دالة القوى (ملغم.كغم.يوم⁻¹)

المصادر العربية

1. الخطيب اسماعيل خليل، سميرة نافع العزاوي وفاتنة رشيد البديريز (1993) تحولات الفوسفات في بعض الترب الجبسية العراقية ، مجلة اباء للابحاث الزراعية ، المجلد(3) العدد(1): 103-118
2. الوندائي.هديل كامل ناجي(2020) تقييم لقاح بكتريا *Pseudomonas spp* المعزولة من الترب الجبسية محفزا لنمو نبات الطماطم ومثبطا للفطر الممرض *Rhizoctonia solani* . رسالة ماجستير.كلية الزراعة –جامعة تكريت.
3. خالد.عبدالله اركان(2019) عزل وتشخيص بكتريا *Bacillus* المذيبة للفوسفات في ترب جبسية واختبار كفاءتها حيويًا في نمو محصول الذرة الصفراء .رسالة ماجستير .كلية الزراعة-جامعة تكريت
4. خليل، خليل خالد(2017) عزل وتشخيص بكتريا الزوائف من ترب جبسية مزروعة واختبار الانواع الاكفأ في تشجيع نمو الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة . جامعة تكريت.
5. سعد الله ، علي محمد (1996) العلاقة بين الملوحة وحركات تحرر البوتاسيوم في التربة العراقية . اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة . جامعة بغداد .

المصادر الاجنبية

1. **Igual, J.M. ; A. Vqlverde ; E. Eervantes ; E.Cervartes and E. Velazquez(2001)** Phosphate solubilizing bacteria as an inoculants for Agriculture: use of updated molecular techniques in their study. Agronomie, 21 : 561-568.
2. **Saharan, B.S. and Nehra, V (2011)** Plant growth promoting rhizobacteria: a critical review. Life. Sci. Med. Res. 21:1–30
3. **Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney(1982)** Methods of soil analysis. Part (2) 2nd chemical and Microbiological properties .ed. Agronomy series 9. Amer. Soc of Agron Madison.. Wisconsin. USA.
4. **Sparks, D. L(1980)** Chemistry of soil potassium in Atlantics Coastal Plain soils. A review. Common . Soil Sci. plant Anal. 11: 435 – 449.
5. **Younessi.N.,M.K.albasi and H.Shariatmadari(2010)** Cumulative and residual
6. **Smmiei,A.and D.S.Chahal(1986)**Potassium release in Alluvial
a. soils.Indian Soc.Soil.Sci.34:757-761.
7. **Hameeda, B.; Harini, G.; Rupela, O.P.; Wani, S.P.; Reddy, G(2008)** Growth promotion of maize by phosphate-solubilizing bacteria isolated from composts and macrofauna. Microbiol. Res. 163: 234-242.