دور البكتريا المذيبة للفوسفات في اتزان الإذابة للفوسفات من الصخر الفوسفاتي في تربة كلسية

رند عبد الهادي الطائي
قسم علوم التربة والمياه/كلية الزراعة والغابات/جامعة الموصل-العراق

الخلاصة

أجريت تجربة مختبرية لدراسة تأثير التلقيح البكتيري في إذابة الصخر الفوسفاتي بوجود الصخر الفوسفاتي وعدم وجوده وتحت تأثير مستويات مختلفة من المادة العضوية (مخلفات الدواجن) صفر و ١٠ و ٢٠ غم.كغم$^{-1}$ في تربة معقمة وغير معقمة. وقد بينت النتائج مايلي: زيادة قيم جهد الفوسفات في التربة بوجود ١٪ صخر فوسفاتي نسبة لمعاملة المقارنة صفر٪ صخر فوسفاتي وبنسبة ٩١٪ كما ازدادت قيم جهد الفوسفات في التربة بوجود المادة العضوية نسبة لمعاملة المقارنة صفر٪ مادة عضوية وأن زيادة مستوى المادة العضوية من ١٠ إلى ٢٠ غم.كغم$^{-1}$ أدى إلى زيادة قيم جهد الفوسفات بنسب تراوحت بين ٣٠ – ١٥٥ ٪ . وازدادت قيم الجهد الفوسفاتي في التربة المعقمة مقارنة بالترب غير المعقمة بحدود ٩٪ . وأظهرت النتائج بأن بكتريا *Bacillus subtilis* زادت من جهد الفوسفات لجميع المعاملات بمقدار ١٠٤.٥٪ في حين بلغت الزيادة الناتجة عن بكتريا *Pseudomonas fluorescence* ٧٤.٥٪ . كما أشارت نتائج الإذابة باستخدام مخططات الإذابة بأن معظم النقاط وقعت تحت خط الإشعاع لمعدن فوسفات الكالسيوم الثنائية DCPD بعد ٧ أيام من التحضين وأن ترك التفاعل لغاية ٥٦ يوم لم يعطي مؤشر على تكون معدن الهيدروكسي اباتايت.

المقدمة

يعد الفسفور ثاني عنصر من العناصر الغذائية الضرورية لتغذية النبات بعد النتروجين (Donahue وآخرون، ١٩٩٠) إذ تحتاجه النباتات والأحياء بصورة عامة بكميات كبيرة نظراً لدوره المهم في العمليات الحيوية والكيميائية التي تجري في الخلية الحية للأحياء. وعلى الرغم من احتواء الترب العراقية على كمية كافية من الفسفور المعدني تعد الكمية الجاهزة منه قليلة إذ يوجد بصورة مترسبة بشكل فوسفات كالسيوم أو ممتزة على أسطح كاربونات الكالسيوم أو مثبتة بوساطة المعادن الطينية من نوع ١ والسائدة في الترب العراقية ومن هنا لايكاد الفسفور الجاهز يسد احتياجات المحاصيل في معظم الترب الزراعية لتحقيق الإنتاج الأفضل (السليفاني، ١٩٩٣ و راهي وآخرون، ١٩٩٤ و العبيدي وعامرة محمد، ٢٠٠٣). أشار Lindsay وآخرون (١٩٦٢) إلى إمكانية استخدام مخططات الإذابة في الكشف عن فعالية أيون الفوسفات وتحديد المعادن المتحكمة بالذوبانية. واستخدم هذا الأسلوب من قبل العديد من الباحثين مثل عواد (١٩٩٢) والسليفاني (١٩٩٣) و راهي وآخرون (١٩٩٤) و Datta و Doria (١٩٩٩) و اميدي (٢٠٠٠). فقد وجد عواد (١٩٩٢) بأن الطور المتحكم بالذوبانية يقع ضمن فوسفات الكالسيوم الثنائية بينما حصل راهي وآخرون (١٩٩٤) على طور بيتا فوسفات الكالسيوم الثلاثية .B.T.C.P بينما حصلت العبدلي (٢٠٠٥) في ترب شمال العراق على طور D.C.P.D . إن للأحياء الدقيقة دوراً مهماً في إذابة الصخر الفوسفاتي والمعادن الفوسفاتية غير الذائبة وتجهيز التربة بالفسفور الذائب، وذلك من خلال إنتاجها للأحماض العضوية (Illmer وآخرون، ١٩٩٥) أو تكوينها للمركبات المخلبية (Sibanda و Young، ١٩٨٦) مع الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المادة العضوية، فضلاً عن حجز مواقع الامتزاز من قبل المركبات العضوية، وهذا بدوره يقضي إلى زيادة الفسفور الجاهز بالتربة وإن استخدام الأحياء الدقيقة بوصفها سماداً حيوياً ذا فائدة أيضاً في تقليل التلوث الحاصل في الترب الناتج عن الاستخدامات العشوائية وغير العلمية للأسمدة الكيميائية. ويحتوي الصخر الفوسفاتي على ١١–١٦٪ P وتعد صخور عكاشات في العراق عالية المحتوى من الفسفور إذ تصل ٣٠٪ P_2O_5 (اليوزبكي، ٢٠٠٤) ومعظمه غير ذائب في الماء.

وجد الدليمي (١٩٩٤) بأن الفسفور المتحرر من الصخر الفوسفاتي ازداد في الترب الملحة بالأحياء المذيبة للفوسفات مقارنة بغير الملقحة، إذ اقترح Ghani وآخرون (١٩٩٤) استعمال خامات الصخر الفوسفاتي بدلاً عن الأسمدة الفوسفاتية المصنعة.

تاريخ تسلم البحث ٢٠٠٨/٤/١٥ وقبوله ٢٠٠٨/٥/٢٩

لقد أدى التلقيح بالمكروبات الحرة المعيشة المذيبة للفوسفات في الاتحاد السوفيتي وإسبانيا إلى زيادة معنوية في الإنتاج، وقد يكون هذا ناتجاً ليس بسبب إذابة الفوسفات فقط. لقد اقترح Fernandez وآخرون (١٩٨٥) تأثير التلقيح بالبكتريا المذيبة للفوسفات المعزولة من تربة كلسية على حركة الفوسفات وامتصاص الفسفور من قبل المحصول. كما أفاد Domey و Lippmann (١٩٨٨) بأن التلقيح بالبكتريا المذيبة للفوسفات حسن التغذية الفسفورية للنباتات.

أشار Datta وآخرون (٢٠٠٢) إلى أن التلقيح بالبكتريا المذيبة للفوسفات *Bacillus firmus* أدى إلى زيادة في كمية الفسفور الجاهز من ١١ – ١٥.٧ كغم P.هكتار$^{-١}$ مقارنة بالمعاملة غير الملقحة. وأكد Babana (٢٠٠٣) على أن بكتريا Pseudomonas أدت إلى زيادة معنوية في امتصاص الفسفور بعد ٩٠ يوماً من النمو فضلاً عن الزيادة في حاصل الحبوب.

ويهدف البحث الحالي إلى التعرف على دور البكتريا المذيبة للفوسفات في زيادة جاهزية الفسفور من خلال متابعة الطور المتحكم بالذوبانية باستخدام مخططات الإذابة.

مواد البحث وطرائقه

جمع التربة وتهيئتها للتجارب: استخدمت في الدراسة تربة مأخوذة من أحد حقول منطقة الرشيدية والمزروعة بالبطاطا لسنوات عديدة، وقد صنفت هذه التربة حسب الأصول الواردة في دليل مسح التربة (Soil survey staff، ١٩٩٥) ضمن مجموعة الترب العظمى Calciorthid.

التحليلات الروتينية للتربة: تم إجراء بعض التحليلات الروتينية على نموذج التربة قيد الدراسة إذ شملت:

التحليلات الفيزيائية:

تحديد نسجة التربة: تم تحديد نسجة التربة بوساطة التحليل الميكانيكي وباستخدام طريقة الهيدروميتر والموضحة من قبل Gee و Bauder (١٩٨٦).

السعة الحقلية: قدرت السعة الحقلية للتربة باستخدام غشاء الضغط (Pressure membrane) وبالطريقة الموضحة من قبل Klute (١٩٨٦).

نسبة الرطوبة: قدرت نسبة الرطوبة في نموذج التربة بالطريقة الوزنية وبالطريقة الموضحة من قبل Klute (١٩٨٦).

التحليلات الكيميائية: تم إجراء التحليلات الكيميائية للتربة بالاعتماد على الطريقة الموضحة من قبل Page وآخرون (١٩٨٢).

الجدول (١) : بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية والبايولوجية لتربة الرشيدية

الصفة	وحدة القياس	القيمة	الصفة	وحدة القياس	القيمة
رمل	غم.كغم$^{-١}$	٢٠٨	الأيونات الذائبة		
غرين		٥٠٠	الكالسيوم	مول.م$^{-٣}$	١.٢٥
طين		٢٩٢	المغنيسيوم		٠.٥٠
معادن الكاربونات		١٧٣	الصوديوم		١.٦٠
مادة عضوية		٧.٢٩	البوتاسيوم		٠.٥٥
الرطوبة عند السعة الحقلية		٢٧٠	الكلور		٢.٥٠
النسجة		مزيجية طينية	البيكاربونات		١.٠٠
EC	دسي سيمنز.م$^{-١}$	٠.٣٩	الكاربونات		صفر
pH		٨.١	الكبريتات		٠.٤٠
السعة التبادلية الكاتيونية	سنتي مول.كغم$^{-١}$	٢٨.٢	المحتوى الجاهز		
البكتريا	×١٠^{٨} .غم$^{-١}$	٢.٣	النتروجين	ملغم.كغم$^{-١}$	٤٠
الفطريات		٥.٥	الفسفور		٣
			البوتاسيوم		٣٠٠

درجة تفاعل التربة: تم تقدير درجة تفاعل التربة في معلق التربة بنسبة ١ وباستخدام pH meter نوع Philips PW–9421 .

التوصيل الكهربائي: قدر التوصيل الكهربائي للتربة في معلق ١ وباستخدام جهاز EC–meter 2201 نوع nv(ARC) .

كاربونات الكالسيوم: قدرت كاربونات الكالسيوم في التربة بطريقة الكالسيمتر (Calcimeter).

المادة العضوية: قدرت المادة العضوية عن طريق تقدير الكاربون العضوي بوساطة الأكسدة باستخدام حامض الكبريتيك المركز ودايكرومات البوتاسيوم والمعايرة مع كبريتات الحديدوز الأمونيوم.

الفسفور الجاهز: تم استخلاص الفسفور الجاهز بطريقة اولسن المعدلة وباستخدام محلول بيكاربونات الصوديوم ٠.٥ مولر وضبط عند pH ٨.٥ وبنسبة استخلاص ١ ٢٠ إذ قدر الفسفور بعد تطوير اللون الأزرق بجهاز الطيف الضوئي (Spectrophotometer) وعلى طول موجي ٨٨٢ نانوميتر.

السعة التبادلية للأيونات الموجبة: قدرت السعة التبادلية الكاتيونية باستعمال محلول خلات الصوديوم ١ مولاري كمادة مشبعة للتربة، ومن ثم استخلاصها بمحلول خلات الأمونيوم ١ مولاري.

الأيونات الموجبة الذائبة: تم تقدير الكاتيونات الذائبة بالمستخلص المائي ١ إذ قدر الكالسيوم والمغنيسيوم بمعايرة حجم معين من المستخلص مع محلول (EDTA) ٠.٠١ عياري. كما قدر الصوديوم والبوتاسيوم بوساطة جهاز الطيف باللهب Flame photometer نوع Corning 400.

الأيونات السالبة الذائبة: تم تقدير الكلور بطريقة التسحيح مع محلول نترات الفضة. وقدرت الكاربونات والبيكاربونات بطريقة التسحيح مع حامض الهيدروكلوريك ٠.١ مولر والكبريتات بالطريقة الوزنية، وذلك بترسيبها بمحلول كلوريد الباريوم.

عدد التربة بالبكتريا المذيبة للفوسفات: تم استخدام (٢٥٠) غم تربة جافة هوائياً في التجربة، وضعت في أقداح من الكارتون المشمع بقطر ٨ سم وارتفاع ١٢ سم إذ تمت إضافة الصخر الفوسفاتي بمستويين صفر و ١٪ والمادة العضوية مخلفات دواجن بالمستويات صفر و ١ و ٢٪ وضبطت الرطوبة عند الحد القريب من السعة الحقلية، كررت المعاملات ثلاث مرات، وتم تعقيم نصف عدد المعاملات في الأوتوكليف على درجة حرارة ١٠٠°م ولمدة ساعتين ولثلاثة أيام متتالية، للتأكد من القضاء الكامل على الأحياء المجهرية الأصلية في التربة (Native microorganisms) فيما ترك النصف الثاني بدون تعقيم. حضنت المعاملات في المختبر على درجة حرارة ٢٥±٢ °م .

لقحت الترب بعزلات حديثة العمر من البكتريا *Bacillus subtilis* و *Pseudomonas flouracence* وبمقدار ١٠ مل/عينة ٤.١ و ٤.٩ × ١٠^٧ خلية/مل على التوالي.

تجربة اتزان الإذابة الفوسفاتي: تم أخذ عينات التربة المعاملة بعد أسبوع وثمانية أسابيع من التلقيح البكتيري بمقدار ٥ غم تربة جافة، أضيف لها ١٠٠ مل ماء مقطر في علبة بلاستيكية ورجت لمدة ١/٢ ساعة ثم تركت للاتزان الديناميكي على درجة حرارة ٢٩٨ ° كلفن لمدة ٢٤ ساعة ثم رشحت وقدر الفسفور لونياً باستخدام طريقة الامتصاص الضوئي بجهاز الموديل. وقدر فيه كل من التوصيل الكهربائي EC و pH والفسفور الذائب بطريقة Morphy و Reley (١٩٦٢) وأجري لها الحسابات التالية:

١- القوة الأيونية باستخدام معادلة Griff & Jurinek (١٩٧٣)

$$I = 0.013\ EC \text{ ------- (1)}$$

حيث أن I = القوة الأيونية (مول.لتر$^{-1}$)

EC = التوصيل الكهربائي ($ds.m^{-1}$)

٢- معامل الفعالية الأيونية للفوسفات حسب معادلة ديباي هوكل والمذكورة من قبل Lindsay (١٩٧٩) وكالآتي:

$$-\log fi = \frac{AZi^2\sqrt{I}}{1+bdi\sqrt{I}} \text{ ------- (2)}$$

حيث أن fi = معامل الفعالية الأيونية ، A = ثابت ٠.٥٠٩ ، Zi^2 = مربع شحنة الأيون ، I = القوة الأيونية (مول.لتر$^{-1}$) ، b = ثابت العزل الكهربائي ، di = نصف قطر الأيون

٣- فعالية الفوسفات

$$\alpha i = Ci \times fi \text{ ------- (3)}$$

٤- جهد الفوسفات وفق المعادلة التالية:

$p = -log\ \alpha\ H_2PO_4$ ------- (4)

٥- تم رسم مخططات الإذابة حسب ماورد من قبل Lindsay (١٩٧٩) برسم قيم جهد الفوسفات على المحور الصادي وقيم درجة تفاعل التربة على المحور السيني.

النتائج والمناقشة

تشير النتائج المبينة في الجدول (٢) إلى أن إضافة المادة العضوية إلى التربة بعد تلقيحها ببكتريا *B. subtilis* إلى زيادة جهد الفوسفات من ١.٥ إلى ٢.٦٦ مول.لتر$^{-1}$ وبنسبة زيادة قدرها ٧٧.٣٪ خلال سبعة أيام وإن زيادة جهد الفوسفات من ١.٨٨ إلى ٢.١٩ مول.لتر$^{-1}$ وبنسبة زيادة قدرها ١٦.٥٪ .

أما دور تعقيم الترب سواء المقارنة أو المعاملة بالمادة العضوية فقد أدى تلقيح التربة المعقمة إلى زيادة جهد الفوسفات من ١.٥ إلى ٢.٦٦ وبنسبة زيادة قدرها ٧٣٪ لفترة التحضين الأولى انخفضت بعد زيادة مدة التحضين لغاية ٥٦ يوم حيث بلغت قيم جهد الفوسفات من ١.٨٨ إلى ٢.٦٦ وبنسبة زيادة قدرها ٤١.٥٪ . وقد يعود سبب زيادة جهد الفوسفات الطبيعي في التربة إلى دور المادة العضوية والأحياء الدقيقة في تحللها وإنتاج أحماض عضوية تساعد في إذابة الفوسفات من جهة ودور المادة العضوية في خلب الفسفور وبالتالي منع ترسيبه إضافة إلى كون المادة العضوية مصدر للفوسفات وهذا يتفق مع ما حصل عليه كل من Hannapel وآخرن (١٩٦٤) و الدليمي (١٩٩٤) و أميدي (٢٠٠٠) مما يشير بوضوح إلى قدرة البكتريا المذيبة للفوسفات في تأثيرها المباشر للفوسفات عن طريق نموها وتكاثرها مستفيدة من الفوسفات غير الذائبة وبعد موتها وتحللها سيتحرر الفسفور خلال عملية المعدنة والتي يمكن أن تستفيد منها النباتات (Das، ١٩٦٣ ؛ Hannapel وآخرون، ١٩٦٤ و Agnihotii، ١٩٧٠).

الجدول (٢): تأثير تلقيح التربة ببكتريا *Bacillus* على ذوبانية الفسفور من الجبس الفوسفاتي.

مدة التحضين (يوم)		المعاملة	جهد الفوسفات		درجة التفاعل	
			قبل التسميد	بعد التسميد	قبل التسميد	بعد التسميد
			الفوسفاتي		الفوسفاتي	
بدون تعقيم	٧	بدون مادة عضوية	١.٥	١.٨٨	٧.٤٣	٨.٣٠
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.١٩	٢.٤٤	٧.٦٢	٧.٥٣
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٦٦	٣.٤٤	٧.٨٨	٧.٧٣
	٥٦	بدون مادة عضوية	١.٨٨	٢.٤٤	٧.١٧	٧.٢٦
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	١.٨٨	٢.١٩	٧.٠٣	٧.٢٦
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.١٩	٢.٨٢	٦.٨١	٧.١١
معقمة	٧	بدون مادة عضوية	١.٥٠	٢.٤٤	٧.٥٥	٧.٨٤
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.١٩	٢.٨٢	٧.٨٦	٧.٧٥
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٦٦	٣.١٣	٧.٧٨	٧.٧٩
	٥٦	بدون مادة عضوية	١.٨٨	٢.٦٦	٦.٧٣	٧.٢١
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٦٦	٢.٨٢	٧.١٨	٦.٧١
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	١.٨٨	٢.١٩	٦.٨٧	٦.٧٣

أما تأثير التلقيح البكتيري ببكتريا *P. fluorescence* بوجود المادة العضوية فقد زادت قيم جهد الفوسفات من ١.٥ إلى ٢.٦٦ مسببة زيادة قدرها ٧٤.٨٪ خلال سبعة أيام م التحضين إلا أن كفاءة التسميد الحيوي للفسفور انخفض لقيمة ١.٥ – ١.٨٨ وبزيادة أقل قدرها ٢٥.٣٪ بعد ٥٦ يوم من التحضين عند حالة عدم تعقيم التربة. كذلك يلاحظ من الجدول (٣) بأن تعقيم التربة أدى إلى زيادة مدة بقاء تأثير التسميد الحيوي ببكتريا *P. fluorescence* إلى ٤٧.٢٪ بعد ٥٦ يوم من التحضين مما سبق يتضح بأن تعقيم الترب أطال فترة بقاء جهد الفوسفات عالي فترة أطول قياساً عن حالة عدم تعقيم التربة. وهذا قد يعود إلى أن تعقيم التربة ثم تسميدها حيوياً سواء ببكتريا *B. subtilis* أو *P. fluorescence* سيجعلها أكثر قدرة على تجهيز الفسفور عن طريق نموها وتكاثرها.

الجدول (٣): تأثير تلقيح التربة ببكتريا *Pseudomonas* على ذوبانية الفسفور من الجبس الفوسفاتي.

مدة التحضين (يوم)		المعاملة	جهد الفوسفات		درجة التفاعل	
			قبل التسميد	بعد التسميد	قبل التسميد	بعد التسميد
			الفوسفاتي		الفوسفاتي	
بدون تعقيم	٧	بدون مادة عضوية	١.٥٠	٢.١٩	٧.٥٣	٧.٧٤
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.١٩	٢.٨٢	٧.٨٣	٧.٧٠
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٦٦	٢.٩٧	٧.٨٩	٧.٨٨
	٥٦	بدون مادة عضوية	١.٥٠	١.٨٨	٧.١٤	٦.٦٥
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	١.٨٨	٢.١٩	٧.٣١	٦.٦٤
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	١.٨٨	٢.١٩	٧.٠٦	٦.٦٧
معقمة	٧	بدون مادة عضوية	٢.١٩	٢.٨٢	٧.٨٦	٧.٩٦
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٤٤	٢.٩٧	٧.٨٣	٧.٧٤
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٨٢	٣.١٣	٨.١١	٧.٨٠
	٥٦	بدون مادة عضوية	١.٨٨	٢.١٩	٦.٨٨	٧.١٦
		مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$	١.٨٨	٢.١٩	٧.١٥	٧.٣٠
		مادة عضوية ٢٠ غم.كغم$^{-1}$	٢.٨٢	٣.٤٤	٦.٧٥	٧.١٥

دور التسميد الحيوي في جاهزية الفسفور من الصخر الفوسفاتي: تشير النتائج المبينة في الجدول (٢) إلى أن التسميد الحيوي ببكتريا *B. subtilis* بوجود المادة العضوية بعد إضافة ١٪ صخر فوسفاتي أدى إلى زيادة جهد الفوسفات من ١.٨٨ إلى ٣.٤٤ وبنسبة زيادة قدرها ٨٣٪ مقارنة بالترب الملقحة وغير المضاف لها مادة عضوية وإذا ماتم مقارنتها بالتربة المسمدة فإن الزيادة بلغت ١٢٩٪ خلال ٧ أيام من التحضين في استمرار عملية التحضين لغاية ٥٦ يوم فقد أدى انخفاض كفاءة التسميد الحيوي مما أدى إلى خفض كمية جهد الفوسفات إلى قيمة تراوحت من ٢.٢٤ إلى ٢.٨٢ إلى ١٥.٦٪ وإذا ماتم مقارنتها بالتربة غير المسمدة لفترة ٥٦ يوم فإن كفاءة التسميد بلغت ٢٩.٨٪ .

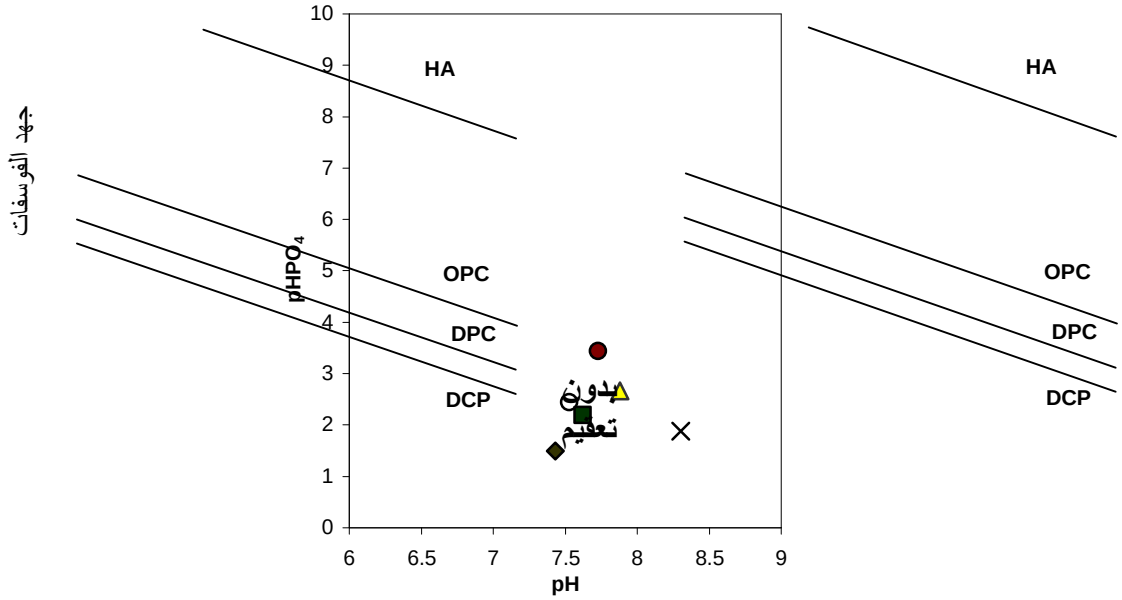
أما دور التعقيم فقد بلغ جهد الفوسفات ٢.٤٤ – ٣.٨٢ وبنسبة قدرها ٥٦.٥٪ مقارنة بالتربة غير الملقحة والمضاف لها المادة العضوية والصخر الفوسفاتي لفترة التحضين الأولى وقد أدى زيادة التحضين لغاية ٥٦ يوم إلى زيادة أيضاً في جهد الفوسفات من ٢.٤٤ إلى ٢.٨٢ وبنسبة زيادة أقل من المرحلة الأولى والبالغة ١٥.٦٪ .

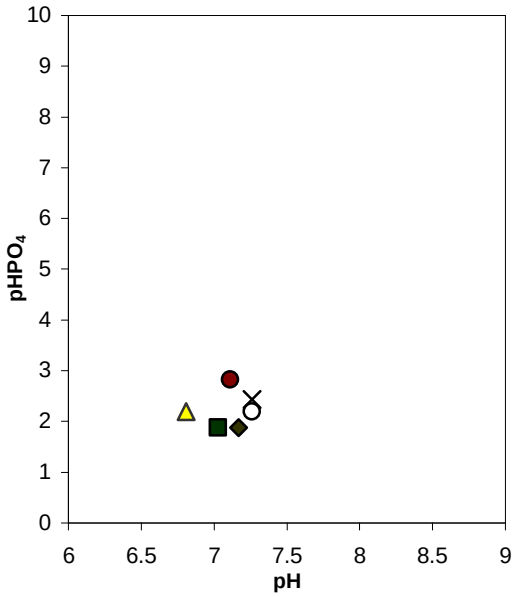
أما دور تعقيم التربة بعد التسميد فقد ازداد جهد الفوسفات من ١.٨٨ للتربة غير المعقمة إلى ٣.٨٢ وبنسبة زيادة قدرها ١٠٣٪ خلال السبعة أيام الأولى من التحضين لتنخفض قيمة جهد الفوسفات إلى ٢.١٩ بعد مرور ٥٦ يوماً وقد يعود سبب ذلك إلى كفاءة هذا الجنس البكتيري لوحده بعد تعقيم التربة.

أما دور بكتريا *P. fluorescence* في زيادة جهد الفوسفات للتربة غير المعقمة فكان واضحاً حيث زاد من ٢.١٩ إلى ٢.٩٧ وبنسبة زيادة قدرها ٣٥.٨٪ خلال سبعة أيام من التحضين انخفض إلى المدى ١.١٨ – ٢.١٩ مسبباً زيادة قدرها ١٦.٥٪ وعند مقارنتها بعدم التسميد للمقارنة بلغت النسبة ٩٨٪ بينما تراوح جهد الفوسفات بعد تعثيم التربة وتلقيحها ببكتريا *Pseudomonas* من ٢.٨٢ إلى ٣.١٣ خلال الأسبوع الأول وعند مقارنتها بعد التسميد وعد التلقيح بلغت النسبة ١٠٨.٦٪ ارتفع إلى المدى ٢.١٩ – ٣.٤٤ بعد ٥٦ يوماً وبنسبة زيادة قدرها ٥٧٪ وعند مقارنتها بعدم التسميد وعدم التلقيح بلغت النسبة ١٢٩٪ مما يشير بوضوح إلى كفاءة هذا الجنس في زيادة جاهزية الفسفور.

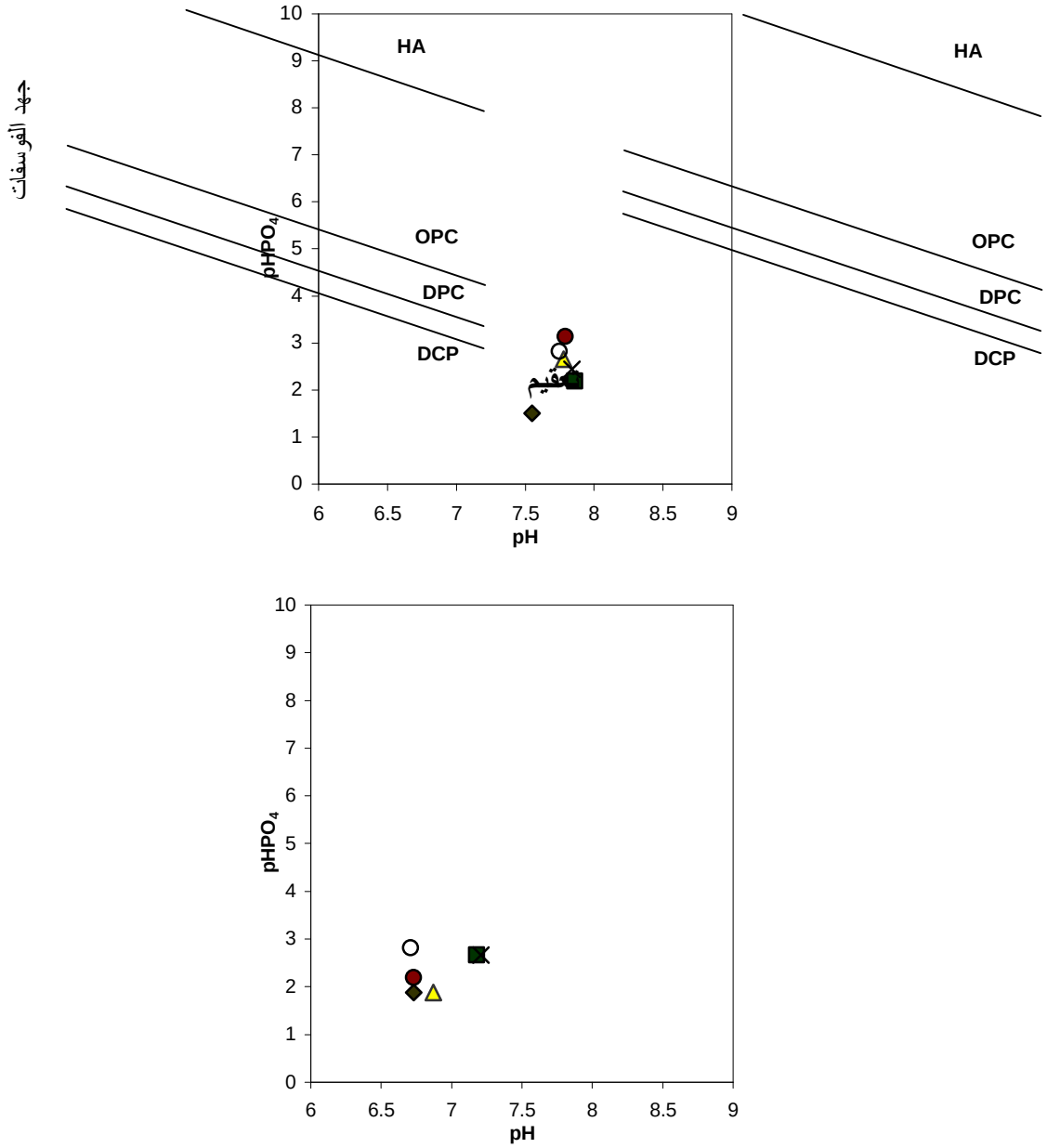
تشير النتائج المبينة في الشكلين (١ و ٢) إلى أن المعدن المتحكم بذوبانية الفسفور عقب إضافة الصخر الفوسفاتي إلى التربة هو DCPD خلال مدة التحضين للأسبوع الأول والأسبوع الثامن وقد يعود السبب في ذلك إلى انخفاض تحرر الفوسفات من الصخر الفوسفاتي وبالتالي جعل المعدن المتحكم هو DCPD . كما يلاحظ من الأشكال بأن زيادة مدة التحضين شجع الفسفور الأصلي والمتحرر بالبقاء بمكان أبعد عن خط الإذابة وقد يرجع سبب ذلك إلى دور عملية الترطيب وإضافة المادة العضوية التي بتحللها سوف تكون وسط يجعل السماد أكثر ذوباناً من جهة وتكون معقدات مخلبية مع الفسفور المتحرر وبالتالي تجعله ذائب لفترة طويلة (السليفاني، ١٩٩٣ ؛ العبيدي وآخرون، ١٩٩٤). وإن زيادة المادة العضوية أدت إلى تحرك الطور إلى مكان أكثر بعداً أسفل خط DCPD مما يؤكد حقيقة كون

المـادة سـاهمت بشـكل فاعـل فـي إمـداد وسـط التفاعـل بأحمـاض عضـوية أدت إلـى زيـادة خلـب الفسـفور وبالتالي تأخير ترسيبه مرة ثانية (الدليمي، ١٩٩٤ و السليفاني، ١٩٩٣).



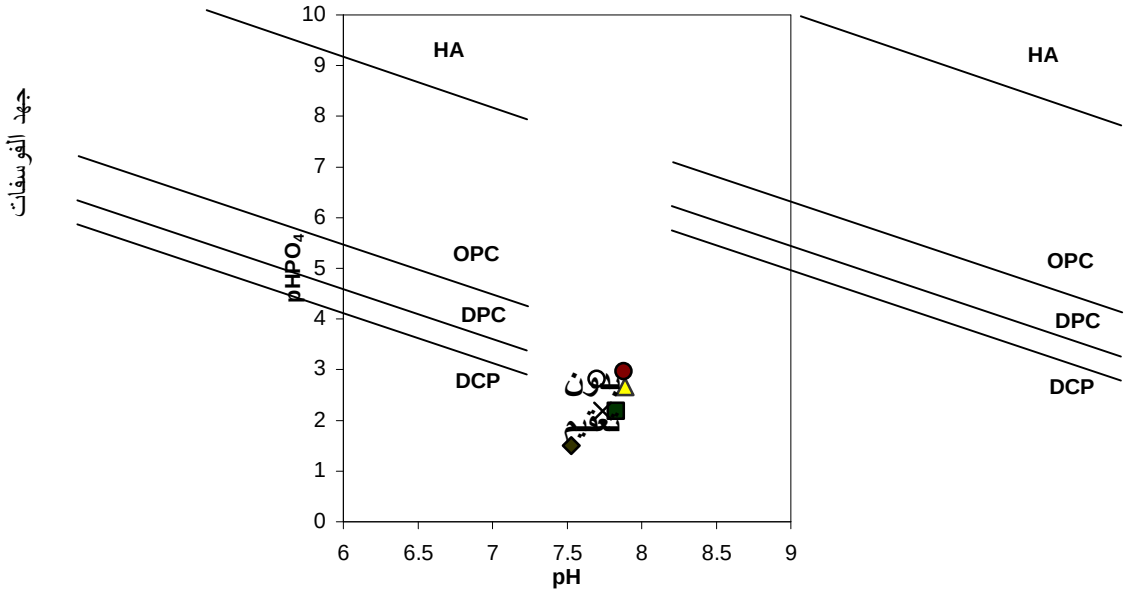


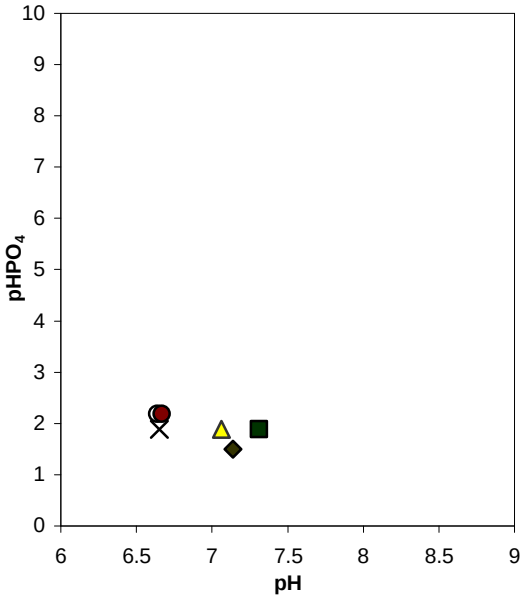
الأسبوع الأول الأسبوع الثامن



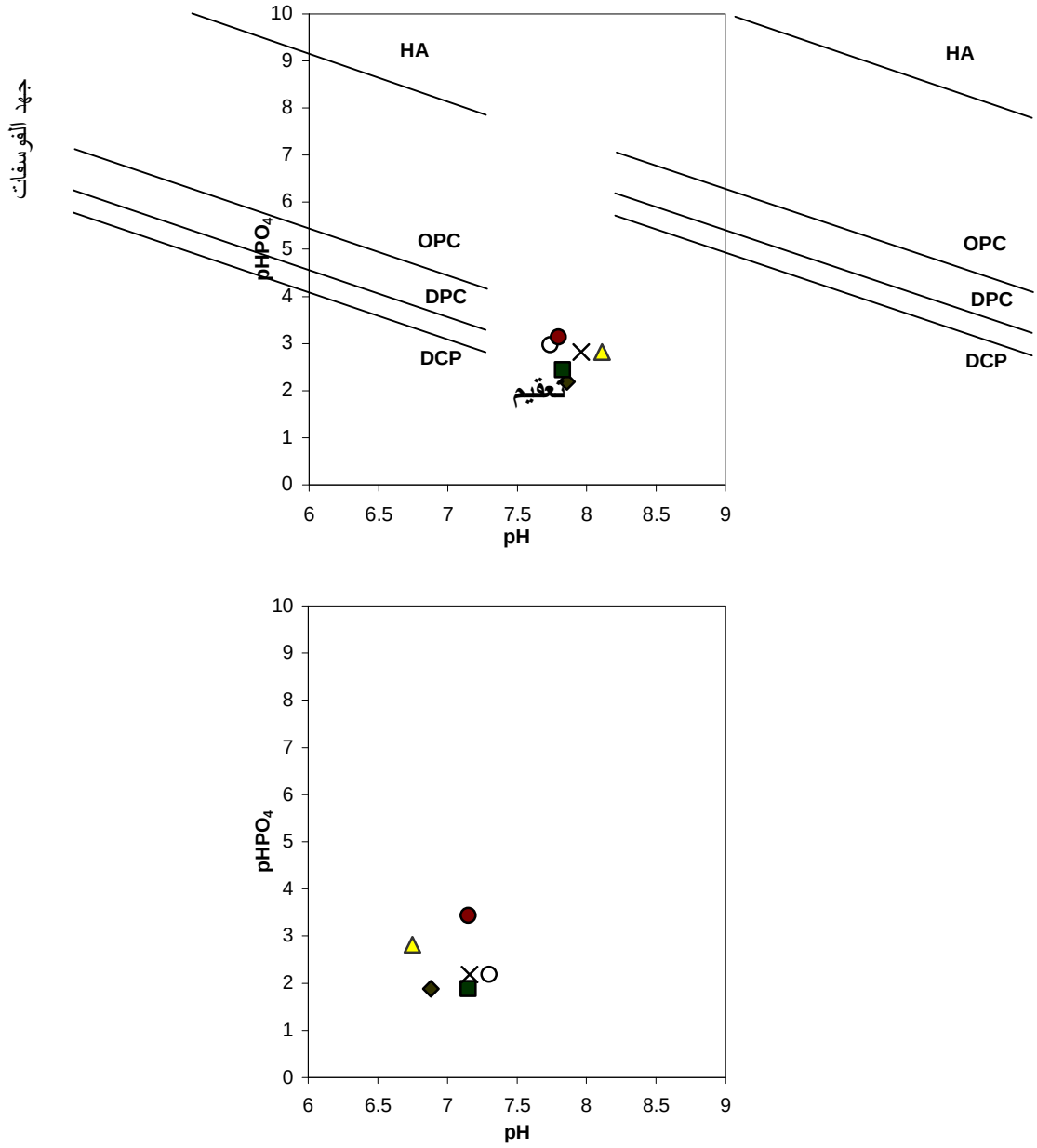
الشكل (١): العلاقة بين جهد الفوسفات ودرجة تفاعل التربة تحت تأثير التلقيح ببكتريا *Bacillus subtilis*

دون صخر وبدون مادة عضوية
بدون صخر فوسفاتي + مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$
بدون صخر فوسفاتي + مادة عضوية ٢٠ عم.كغم$^{-1}$
١٠ غم.كغم$^{-1}$ بدون صخر فوسفاتي بدون مادة عضوية
(١٠ صخر فوسفاتي + ١٠ مادة عضوية) غم.كغم$^{-1}$
(١٠ صخر فوسفاتي + ٢٠ مادة عضوية) غم.كغم$^{-1}$





الأسبوع الأول الأسبوع الثامن



الشـكل (٢): العلاقــة بــين جهـد الفوسـفات ودرجــة تفاعــل التربــة تحــت تــأثير التلقــيح ببكتريــا *Pseudomonas flouracence*

دون صخر وبدون مادة عضوية
بدون صخر فوسفاتي + مادة عضوية ١٠ غم.كغم$^{-1}$
بدون صخر فوسفاتي + مادة عضوية ٢٠ عم.كغم$^{-1}$
١٠ غم.كغم$^{-1}$ بدون صخر فوسفاتي بدون مادة عضوية
(١٠ صخر فوسفاتي + ١٠ مادة عضوية) غم.كغم$^{-1}$
(١٠ صخر فوسفاتي + ٢٠ مادة عضوية) غم.كغم$^{-1}$

ROLE OF PHOSPHATE SOLUBILIZATION BACTERIA ON PHOSPHATE SOLUBILITY IN SOIL

Rand A. Al-Tae'e
Soil and Water Sci. Dept., College of Agric. and Forestry , Mosul Univ., Iraq.

ABSTRACT

A laboratory experiment was conducted to study the effect of bacterial inoculation rock phosphate solubilization in the presence or absence of rock phosphate under different levels of organic matter (0, 10, 20 $gm.kg^{-1}$) and in sterile and non sterile soil. The results indicated the following; Phosphate potential values were increased after 1% rock phosphate addition as compared with the control treatment (0% rock phosphate) in about 91% , also phosphate potential values were increased in soil amended with both levels of the organic matter as compared with the control treatment (0 $gm.kg^{-1}$ organic manure). Increasing the organic matter level from 10 to 20 increased the phosphate potential (30 – 155%) , the values of phosphate potential were greater in the non–sterilized soil than the sterilized soil in about 9% . Results showed also that *Bacillus subtilis* increased phosphate potential 104.5% while *Pseudomonas fluorescence* bacteria was increased the phosphate potential about 74.5% . Results of P solubility by using solubility diagram showed that most of the points were under saturated with DCPD at 7 days period and no indication of hydroxyl apatite formation in this experiment after 56 days.

المصادر

أميدي، بيار محمد سعيد (٢٠٠٠). مؤشرات الجاهزية والمعايير الثرموديناميكية، للأمتزاز وانطلاق الفوسفات في الترب الكلسية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة دهوك.

الدليمي، حسن يوسف (١٩٩٤). تأثير المادة العضوية (الدبال) والأحياء المجهرية المذيبة للفوسفات على جاهزية الفسفور من صخر عكاشات الفوسفاتي لنبات الحنطة. مجلة العلوم الزراعية العراقية، ٢٥(٢): ٩٤–١٠٠ .

راهي، حمدالله سليمان ؛ العبيدي، محمد علي جمال و خضر، إسماعيل إبراهيم (١٩٩٤). تأثير مستوى الكبريت الزراعي ورطوبة التربة على تحولات الفسفور تحت ظروف الترب الكلسية. مجلة العلوم الزراعية، ٢٥(٢): ٦٦–٧٦ .

السليفاني، سعيد إسماعيل عبو (١٩٩٣). دراسة السلوك الفيزوكيميائي السمادي الأورثوفوسفات والبايروفوسفات. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

العبدلي، رنا سعد الله (٢٠٠٥). تفاعلات بعض الأسمدة الفوسفاتية في الترب الكلسية وتأثيرها في نمو نبات الحنطة. رسالة ماجستير، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

العبيدي، محمد علي جمال و قبع، عامرة محمد علي (٢٠٠٣). امتزاز الفوسفات في بعض الترب العراقية. المجلة العراقية للعلوم الزراعية. ٤(٢): ٣٨–٤٤ .

عواد، كاظم مشحوت (١٩٩٢). مقارنة تفاعل كفاءة الأسمدة الفوسفاتية المضافة لبعض الترب الكلسية. ٥(٢): ٢٤٧–٢٥٧.

اليوزبكي، قتيبة توفيق (٢٠٠٤). الجوانب البتروغرافية والجيوكيميائية وتأثيرها على خطوط إنتاج الأسمدة الفوسفاتية ومطروحاتها / القائم - غرب العراق. أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، كلية العلوم.

Agnihotii, V. P. (1970). Solubilization of Insoluble Phosphates by Some Soil Fungi Isolated From Nursey Seedbeds. Cand. J. of Microbiol., 16: 877-880.

Babana, A. H. (2003). Mise au Point d'un inoculant biologique pour le ble' irrigue du Mail. Facult. Des. Sciences del Agriculture Et. DeL'Alimentation.

Das, A. C. (1963). Utilisation of Insoluble Phosphates by Soil Fungi. J. of the Ind. Soc. Soil Sci., 11: 202-207.

Datta, M, S. Banik and K. R. Dhiman (2002). Efficacy of A Phosphobactrium (*Bacillus firmus*) in Combination with Phosphates and Organics on Rice Productivity in Acid Soils. 17th WCSS 14-21 August Symposium No. 16 Thailand.

Datta, S. P. and P. B. S. Doria (1999). Phosphorus adsorption and sorption calcareous lebancse. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 950–959.

Domey, S. and G. Lippmann (1988). Stimulation of Plant Growth by Phosphate Solubilizing Bacteria Interrelationships between Microorganisms and Plants in Soil (Edited By Vancura, V.; Kunc, F.; in Developments in Soil Science 18: 457-461.

Donahue, R. L., R. W. Miller and J. C. Shickluna (1990). Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, PP: 222-224.

Fernandez, M., C. Cadahia; A. Garate and R. M. Esteboan (1985). The Electro Ultrafiltration Method for Controlling The Effect of *Bacillus Cereus* on Phosphorus Mobilization in A Calcareous Soil. Biology and fertility of Soils, 1: 97-102.

Gee, G. W. and J. W. Bauder (1986). Particle Size Analysis. In Method of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Method, 2nd.ed. Edited by A. Klute, P. 383-409.

Ghani, A, S. S. S. Rajan and A. Lee (1994). Enhancement of Phosphate Rock Solubility Through Biological Processes. Soil Bio. and Biochem., 26: 127-136.

Griffin, R. A. and J. J. Jurinuk (1973). The interaction of phosphate with calcite. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 37: 75–79.

Hannapel, R. J., W. L. Fuller and R. H. Fox (1964). Phosphorus Movement in A calcareous Soil: II. Soil Microbial Activity and Organic Phosphorus Movement. Soil Sci., 97: 421-427.

Illmer, P. and F. Schinner (1995). Solubilization of Inorganic Calcium Phosphate Solubilization Mechanisms. Soil Biol. Biochem., 27: 257-263.

Klute, A. (1986). Water Retension: Laboratory Method. In Method of Soil Analysis. Part 1, Physical and Mineralogical Method, 2nd.ed. Edited by A. Klute, P. 635-660.

Lindsay, W. L., A. W. Frazier and H. F. Stephenson (1962). Dentification of relation products from phosphate fertilizer in soils. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 26:446–452.

Lindsay, W. L. (1979). Chemical equilibrium in soil John Wiley New York. Chen J. H. and Barber S. A. (1990). Effect of liming and adding phosphate on predicated phosphorus uptake by wheat on acid soils of three orders soil Sci. 150: 844–850.

Murphy, J. and J. P. Reley (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Anal. Chem. Acta. 27: 31–36.

Page, A. I.; R. H. Miller and D. R. Kenney, (1982). Methods of Soil Analysis. Part 2, Agronomy 9, Madison W. I.

Sibanda, H. M., and S. D. Young (1986). Competitive Adsorption of Humus Acids and Phosphate on Goethite, Gibbsite, and Two Tropical Soils. J. Soil Sci. 37: 197-204.

Soil Survey Staff (1995). Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey, Soil Conservation Service, USDA, Washington, D. C., Agric. Hand Book, No. 436.