مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية – المجلد |18| العدد |5| 1996
عـــدد خـــاص بالنـــدوة الســـورية الأولـــى لعـــلوم التـــربة 12-14 أيـــار 1996

تأثير السماد البلدي على ذوبان الصخر الفوسفاتي في أنواع مختلفة من الترب: دراسة تحضين مخبرية

الدكتور غياث أحمد علوش*
الدكتورة ليلى أحمد حبيب**

□ ملخص □

في دراسة مخبرية، تم التحضين الهوائي لثلاثة أنواع من الترب (A= سلتيه لوميه، B= رمليه لوميه، C= طينية لوميه) مع الصخر الفوسفاتي بوجود أو عدم وجود أحد من ثلاثة أنواع من مخلفات حيوانات المزارع (فضلات أغنام، أبقار، أو دواجن)، وذلك باستخدام أنبولات بلاستيكية. بعد 48 يوماً من التحضين، تم استخلاص محتويات كل أنبولة بمحلول 0.5 مول من بيكربونات الصوديوم (pH=8.5) وقدّر الفوسفور المعدني في هذه المستخلصات بطريقة الموليبدنيوم الأزرق.

لقد أدى التحضن المباشر للصخر الفوسفاتي مع الترب إلى ذوبان بسيط بحيث زادت كمية الفوسفور المعدني المستخلص بالشواهد. كان للتحضين بوجود المادة العضوية أثر كبير على ذوبان الصخر الفوسفاتي في التربتين B و C بالمقارنة مع التربة A لاحتواء الأخيرة على تراكيز عالية جداً من الكالسيوم الذائب والمتبادل على سطوح غروياتها. لقد تفوقت فضلات الأغنام في إذابة الصخر الفوسفاتي على كل من فضلات الأبقار والدواجن. وقد تمت المناقشة على أساس دور نواتج تحلل المادة العضوية، ودور الأحماض العضوية بشكل خاص، كمصدر لشوارد الهيدروجين اللازمة في تفاعل ذوبان الصخر الفوسفاتي إضافة إلى دور الجذور العضوية السالبة في تعقيد كل من شوارد Ca^{++} والفوسفور $H_2PO_4^-$ الناتجة عن تفاعل الإذابة وبالتالي القوة الدافعة لحث تفاعل الصخر الفوسفاتي باتجاه ذوبانه وتحرير الفوسفور من سطوحه.

---

* مدرس في قسم التربة واستصلاح الأراضي كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.
** أستاذة مساعدة في قسم التربة واستصلاح الأراضي كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

The Effect of Farm Animal Manure on the Solubilization of Rock Phosphate in Different Soils: an Incubation Study.

Dr. G. A. ALLOUSH*
Dr. L. A. HABIB**

❐ ABSTRACT ❐

In a laboratory study, three types of soils (A: silty loam; B: sandy loam; C: clay loam) were incubated with rock phosphate (RP) in the presence of one of three types of farm animal manure. After 48 days of incubation, the content of each sample tube was extracted with $NaHCO_3$ (0.5 M; pH = 8.5) and mineral phosphorus was determined.

Direct incubation of rock phosphate with soils A,B and C led to little solubilization which appeared in the amount of P extracted as compared to the controls. incubation of RP with the presence of organic matter increased greatly the solubilization of RP in B and C soils compared to A soil. This was probably due to the very high concentrations of Ca both in soil solution and on the exchangeable sites. Sheep manure showed higher efficiency in solubilization RP compared to either Cow or poultry manure. Discussion of the effect of organic matter was based on the role of decomposed materials, specifically organic acids, in providing H^+ ions required for the hypothesized solubilization reaction of RP, and the role of organic anion in chelating Ca^{++} and $H_2PO_4^-$ resulting from the solubilization reaction of RP. This chelating step would provide the driving force pushing the reaction forward releasing P from RP surfaces into the soil solution.

---

* Lecturer, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia - SYRIA.

** Associate Professor, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia - SYRIA.

المقدمة:

يشكل الفوسفور واحداً من أهم العوامل المحددة لخصوبة التربة. ففي أغلب الأحيان تنخفض معدلات الفوسفور المتاح في التربة وذلك نتيجة انخفاض مستوى التربة من مركبات الفوسفور أو نتيجة مقدرة الترب الكلسية، واسعة الانتشار، على تثبيت الفوسفور وجعله غير متاح للنبات (Marschner, 1986; Mengel & Kirkby, 1987). وبالتالي لابد من الإضافات السمادية من الفوسفور للوصول إلى معدلات عالية من الإنتاج الزراعي.

تشكل فكرة استخدام الصخور الفوسفاتية المطحونة في التسميد المباشر للترب الزراعية كمصدر فوسفاتي، خياراً يجذب الانتباه خاصة مع ارتفاع أسعار الأسمدة محلياً وعالمياً. يتراوح الوفر الناتج عن استخدام الصخور الفوسفاتية كبديل لأسمدة السوبر فوسفات، محسوباً على أساس واحدة الوزن من P، من 10-20 مرة انخفاضاً خاصة وأن القطر العربي السوري من بين الدول التي تتواجد فيها الصخور الفوسفاتية الخام وباحتياطي يصل مجموعه في المواقع المختلفة إلى /1045/ مليون طن (كناكري، 1990).

لكي تشكل فكرة استخدام الصخور الفوسفاتية في التسميد المباشر للمزروعات خياراً مقبولاً، لابد من أن تكون فعالة وذات كفاءة جيدة -تحت ظروف البيئة السورية- في تأمين احتياجات المحاصيل من الفوسفور من أجل الوصول إلى النمو والإنتاجية المحققة باستخدام التسميد بالسوبر فوسفات. وهنا لابد من أن تسمح ظروف التربة السورية على اختلاف مناطق استقرارها البيئية بذوبان الصخور الفوسفاتية والتي يمكن أن نلخص معادلتها بالتالي (Khasaunch & Doll, 1978):

$$Ca_{10}(PO_4)_6F_2 + 12H^+ \leftrightarrow 10Ca^{+2} + 6H_2PO_4^- + 2F^-$$

كما تشير الاعتبارات الترموديناميكية إلى حدوث هذا التفاعل بشكل مستمر دائم مع حدوث ذوبان لجزيئات الصخر الفوسفاتي (Chien, 1977)، وبالتالي فإن مقدرة التربة على تأمين شوارد H^+ مهمة في دفع التفاعل باتجاه ذوبان الصخر الفوسفاتي بشكل فعال (Kanabo & Gilkes, 1987; Bolan & Heciley 1989). وكما يشير قانون الكتلة إلى أن ذوبان الصخر الفوسفاتي يحدث بكفاءة أعلى في الترب التي تستطيع أن تحافظ على تراكيز منخفضة من الكالسيوم والفوسفور في محلول التربة، وهذا ما يتعلق بدرجة تشبع سطوح الامتصاص بكاتيون الكالسيوم (Mackay & Syers, 1986). هذا ما يتواجد عادة في الترب الحامضية التي تمتلك مستويات منخفضة من الكالسيوم المتبادل وتشجع على تثبيت الفوسفور المتواجد في محلول التربة (Sale & Mckwunye, 1993).

أما في القطر العربي السوري فتملك معظم الترب المتواجدة على pH يقع بين المعتدل إلى المائل للقلوية (pH=7-8.5) إضافة إلى احتوائها على نسب مرتفعة من $CaCO_3$ الكلية ومن الكالسيوم المتبادل. هذه الظروف بمجملها لا تشجع على ذوبان الصخر الفوسفاتي عند إضافته للتربة مباشرة. وبالتالي

فإن السؤال المطروح هو ما هي العوامل التي يمكن أن تساعد على تأمين ارتباط للكالسيوم الناتج عن التفاعل وكذلك للفوسفور دون السماح لهذا الأخير بالتحول إلى أشكال لا يستطيع النبات الاستفادة منها؟

لقد أشارت الدراسات إلى وجود فروقات معنوية من حيث الفعالية في إضافة الصخور الفوسفاتية كسماد مباشر على نوعين من الترب المعدنية (حمراء) نتيجة احتوائها على نسب متباينة من المادة العضوية (Chien et al, 1990). لقد عُزي ذلك إلى مقدرة نواتج تحلل المادة العضوية على تعقيد الكالسيوم الناتج عن ذوبان الصخر الفوسفاتي (Chien et al, 1990) والتي تؤدي إلى خفض شوارد الكالسيوم في محلول التربة (Chien, 1979).

هذا ما أشارت له أيضاً الدراسات المحدودة للغاية بأن تخمير الفضلات النباتية مع الصخر الفوسفاتي قد شجع على ذوبان الصخر الفوسفاتي (RP) (Mishra & Bangar, 1986; Singh & Amberger, 1991) وذلك نتيجة لتفاعلات تخمر المادة العضوية، (النشدرة، النترجة) التي لا تشكل فقط مصدراً لشوارد الهيدروجين اللازمة لتفاعل ذوبان الصخر الفوسفاتي، بل أيضاً المعقدات العضوية التي تسمح بتعقيد وإزالة كل من الكالسيوم والفوسفور الناتج عن ذوبان الصخر الفوسفاتي. كما وأشارت الدراسة الأخيرة (Mahimairaja et al, 1995) إلى أن تحضين الصخر الفوسفاتي مع مخلفات الدواجن لمدة /120/ يوماً قد أدى إلى ذوبان محدود للصخر الفوسفاتي. عُزي ذلك لتواجد تراكيز عالية من الكالسيوم في زرق الدواجن.

الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة التي تستخدم ثلاثة أنواع من الترب متباينة في بعض خواصها الفيزيائية والكيميائية وثلاثة أنواع من فضلات حيوانات المزارع (أغنام، أبقار، دواجن) وذلك بوجود الصخر الفوسفاتي إلى استقصاء دورها في ذوبان الصخر الفوسفاتي المتواجد في المناطق الساحلية (منطقة الحفة، قرية عين ليلون) الذي تبلغ نسبة P_2O_5 فيه بحدود 28%.

الطرق والوسائل:

1- مواد التجربة:

آ- التربة:

جمعت التربة من ثلاثة مناطق: تربة (A: سلتية لومية) تم جمعها من محافظة حلب - منطقة عفرين، وتربة رملية (B: رملية لومية) تم جمعها من مزرعة جامعة تشرين بفديو، وتربة كلسية (C: طينية لومية تحتوي على نسبة عالية من الكلس) تم جمعها من مزرعة جامعة تشرين ببوقا من أرض لم يسبق زراعتها أو تسميدها لعدة سنوات خلت. جففت هذه الترب هوائياً، وأزيلت منها الأعشاب والأحجار الشائبة ونخلت لتمر من منخل ذو فتحات (2 mm) وحفظت الترب الثلاث في أكياس نايلون لحين الاستخدام.

ب- الصخر الفوسفاتي:

تم الحصول عليه من مواقع تكشفات الصخر الفوسفاتي في المنطقة الساحلية (منطقة الحفة - قرية عين ليلون) وذلك من الجزء

المتفكك بفعل عمليات التعرية (Freiable Rock Phosphate). هذا الصخر الفوسفاتي من نوع فلورو أباتايت $[Ca_{10}(PO_4)_6F_2]$ يجمع حبيباته ملاط بشكل معظمه $CaCO_3$، وتتراوح فيه نسبة P2O5 بحدود 28% (كناكري، 1990).

جـ- الفضلات الحيوانية:

تم الحصول عليها من كومات متخمرة من الزبل من مزرعة كلية الزراعة بجامعة تشرين (فديو) وهي فضلات الأغنام (1)، الأبقار (2)، والدواجن (3) وذلك من الجزء المسمى الروث بدون فضلات القش أو التربة التي تشوب عادة الفضلات الحيوانية. جففت الفضلات هوائياً وطحنت لتمر من منخل ذو فتحات (2 mm).

2- تحليل التربة بالفضلات الحيوانية:

قبل إجراء التجربة، تم تحليل الترب الثلاث (C،B،A) وكذلك الفضلات الحيوانية (3،2،1) لمعرفة أهم الخواص الفيزيائية والكيميائية لمواد التجربة والتي توثر على التجربة موضوع الدراسة وذلك بالاعتماد على مرجع لتحليل المواد الزراعية المعتمد من قبل وزارة الزراعة البريطانية (ADAS, 1986).

يوضح الجدول رقم (1و2) أهم الخواص الفيزيائية والكيميائية للترب والفضلات الحيوانية المستخدمة في التجربة.

جدول رقم (1): بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للترب المستخدمة في التجربة

نوع التربة	قوام التربة ٪			pH 1:1	CaCO3 %		OM %	P متاح ppm	Ca متاح م.م/100غ تربة
	رمل	طين	سلت		كلية	فعالة			
A (سلتية لومية)	7	21	72	7.9	7.2	2.5	0.91	7.3	30.6
B (رملية لومية)	80	12	8	7.8	43.6	4.75	2.27	5.5	7.56
C (طينية لومية)	34	32	34	8.0	45.4	12.5	3.18	11.4	11.2

جدول رقم (2): بعض الخواص الكيميائية لفضلات الحيوانات المستخدمة في التجربة على أساس الوزن الجاف.

نوع الزبل الحيواني	pH 1:10	C عضوي ٪	N كلي ٪	C/N	الفوسفور الكلي ٪
أغنام (1)	8.30	42	2.05	20.5	0.92
أبقار (2)	8.46	41	1.95	21.0	0.79
دواجن (3)	7.78	35	1.95	18.0	2.24

3- تحضير التجربة:

خضعت مواد التجربة (تربة، صخر فوسفاتي، مادة عضوية) للتجفيف الهوائي قبل استخدامها في التجربة التي أجريت ضمن أنبولات بلاستيكية (أسطوانية الشكل: قطر 2سم وارتفاع 8سم). نقل إلى كل أنبولة وذلك بحسب المعاملة: 7غ تربة جافة + 2غ مادة عضوية + 1غ من الصخر الفوسفاتي. ومن ثم مزجت محتويات كل أنبولة ورطبت بالماء المقطر إلى درجة الإشباع (100٪ من الوزن). تركت الأنبولات مفتوحة (للسماح بعمليات التبادل الغازي) وذلك على درجة حرارة الغرفة وفي الظلام. استمرت عملية تحضين الصخر الفوسفاتي لمدة 48 يوماً. وكان مخطط التجربة على الشكل التالي:

التربة		المادة العضوية		الصخر الفوسفاتي		المكررات		عدد الأنبولات الإجمالي
a		0		0				
B	×	1	×	1	×	3	=	72
		2						
C		3						

نتج لدينا وفقاً لهذا المخطط التجريبي 24 معاملة تدل فيها الأرقام 1،2،3 على نوع المادة العضوية والتي كانت على التوالي: أغنام، أبقار، دواجن. والأحرف A،B،C تدل على نوع التربة والتي كانت على التوالي: سلتية لومية، رملية لومية، وطينية لومية.

4- دراسة ذوبات الصخر الفوسفاتي:

عند انتهاء التجربة (بعد 48 يوماً من التحضين) جففت محتويات الأنبولات هوائياً، ونقلت محتويات كل أنبولة إلى دورق سعة 250 ml. أضيف لها 100 ml من محلول بيكربونات الصوديوم (0.5 مول، pH=8.5) ومن ثم التحضين لمدة نصف ساعة، والترشيح باستخدام ورقة ترشيح Whatman (No. 5). حفظ الراشح ضمن عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق لحين تقدير الفوسفور.

قدر الفوسفور في راشح البيكربونات بطريقة المولبيدنيوم الأزرق والإرجاع بكلوريد القصديري، وحسبت بعدئذٍ الكمية الكلية من الفوسفور القابل للاستخلاص (P متاح) ضمن كل أنبولة.

5- التحليل الإحصائي:

أُجري التحليل الإحصائي لمعاملات كل تربة على حدة وذلك بإجراء تحليل التباين العام (ANOVA) وكذلك حساب قيمة أقل فرق معنوي بين المعاملات (LSD) لمقارنة متوسطاتها (Little & Hills).

النتائج:

يشير تحليل التباين العام (ANOVA) إلى أن معطم ذوبان الصخر الفوسفاتي وتحرير الفوسفور كان ناتجاً عن التحضين بوجود المادة العضوية (جدول رقم 3) وبدون المادة العضوية لم يكن ذوبان

الصخر الفوسفاتي معنوياً إلا في حالة التربة C، وكذلك بوجود التداخل بين عاملي المادة العضوية والصخر الفوسفاتي.

جدول رقم (3): تحليل التباين لذوبان الصخر الفوسفاتي في الترب الثلاث (C،B،A) باستخدام (ANOVA)

عوامل التباين	Rep	RP	OM	RP*OM
التربة				
A	ns	ns	***	ns
B	ns	ns	***	ns
C	ns	***	***	***

ns: غير معنوي.
***: pr > 0.01.

لقد أدى تحضين الترب (C،B،A) بمعزل عن إضافة الصخر الفوسفاتي أو المادة العضوية لمدة 48 يوماً في ظروف رطبة إلى تشجيع تحولات الفوسفور ضمن التربة، ودفع تفاعلاته باتجاه تحرير الفوسفور المعدني من أشكاله التي لم تكن قابلة للاستخلاص والتقدير قبل بدء التجربة (جدول رقم 1و4). أكبر هذه التحولات كانت في التربة B والتي بلغ فيها معدل الزيادة 12.5 مرة مقارنة مع التربتين C,B اللتين بلغ فيهما معدل الزيادة 2.7 و2.8 مرة على التوالي، هذا مع العلم أن طرق الاستخلاص وتقدير الفوسفور كانت واحدة.

لقد أدى التحضين المباشر للصخر الفوسفاتي مع الترب A,B,C إلى ذوبان بسيط في الصخر الفوسفاتي بحيث زادت كمية الفوسفور المستخلصة بمحلول بيكربونات الصوديوم. (جدول رقم 4) وكان هذا الذوبان أعلى في التربة C بالمقارنة مع التربتين A وB. بكل الأحوال، لم تكن الزيادة في كمية الفوسفور المستخلصة ناتجة عن التحضين مع الصخر الفوسفاتي في أي من الترب الثلاث بالمقارنة مع الشاهد أو تلك التي حضنت بوجود المادة العضوية.

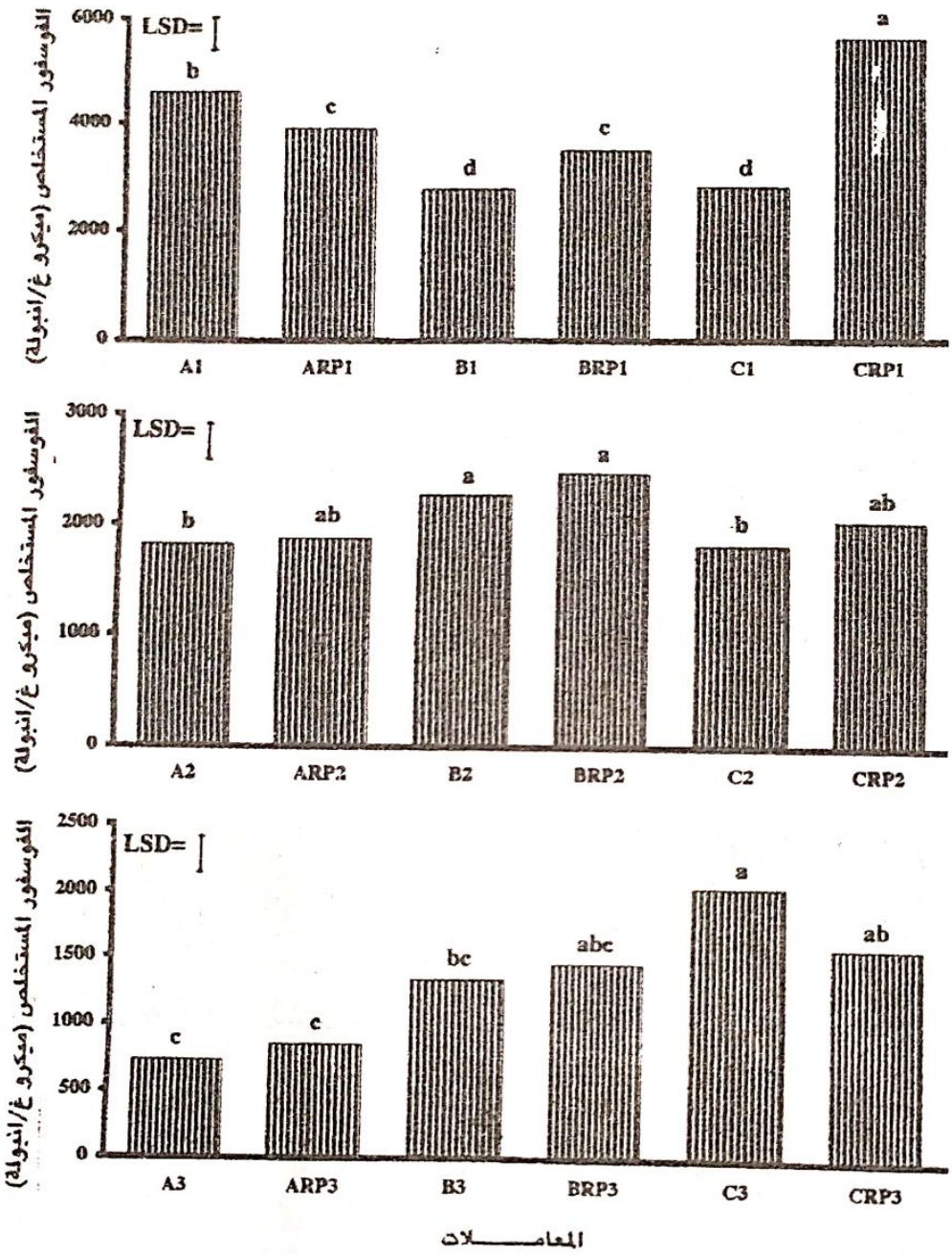
جدول رقم (4): الفوسفور المستخلص في الترب الثلاث(A،B،C) نتيجة تحضين الصخر الفوسفاتي (RP0) بوجود ثلاثة أنواع من الفضلات الحيوانية.

المعاملة	P معدني ذائب مكروغرام	المعاملة	P معدني ذائب مكروغرام	المعاملة	P معدني ذائب مكروغرام
A	137^{d}	B	481^{d}	C	223^{e}
ARP	$172d^{e}$	BRP	635^{d}	CRP	584^{e}
Al	4591^{a}	B1	2804^{b}	C1	2838^{b}
A2	1821^{b}	B2	2268^{b}	C2	1821^{ed}
A3	738^{e}	B3	1340^{ed}	C3	1254^{d}
ARP1	3917^{a}	BRP1	3522^{a}	CRP1	5608^{a}
ARP2	1872^{b}	BRP2	2474^{b}	CRP2	2044^{e}
ARP3	859^{e}	BRP3	1460^{e}	CRP3	1581^{ed}
LSD*	717.0	LSD*	771.5	LSD*	571.7

*LSD: أقل فرق معنوي عند مستوى معنوية 5%.

الأرقام ذات الأحرف المتشابهة ضمن كل عمود غير مختلفة معنوياً.

كما وتباين تأثير نوع المادة العضوية على ذوبان الصخر الفوسفاتي بتباين نوع التربة (شكل رقم1). فلقد بينت معاملات المادة العضوية في التربة A عدم وجود تأثير معنوي على ذوبان الصخر الفوسفاتي. أما في التربتين C,B فقد أدى تحضين الصخر الفوسفاتي بوجود فضلات الأغنام إلى زيادة في كمية الفوسفور الذائبة والمستخلصة بمحلول بيكربونات الصوديوم، وكانت هذه الزيادة أكبر في التربة C مقارنة بالتربة B. لم يكن لفضلات كل من الأبقار والدواجن تأثير معنوي على ذوبان الصخر الفوسفاتي في التربتين C,B وكذلك الحال في التربة A التي لم يكن للتحضين فيها أي تأثير معنوي لأي من أنواع المادة العضوية على كمية الفوسفور المستخلصة نتيجة لذوبان الصخر الفوسفاتي (شكل رقم1).



شكل رقم (1): الفوسفور المستخلص (ميكروغرام) في الترب (A،B،C) نتيجة التحضين مع المادة العضوية والصخر الفوسفاتي. الأعمدة ذات الأحرف المتشابهة غير مختلفة معنوياً حسب قيمة الـLSD(0.05).

المناقشة:

تضمنت هذه الدراسة ثلاثة نماذج من الترب التي تنتشر في القطر العربي السوري فهي ذات pH يميل للقلوية ويتراوح بين (8-7.8)(جدول رقم1). وعند هذه الدرجة من الـpH يجب أن يكون ذوبان الصخر الفوسفاتي محدوداً للغاية إذا لم تتدخل عوامل أخرى تساعد على ذوبانه وذلك نتيجة لندرة شوارد الهيدروجين اللازمة في تفاعلات ذوبان الصخر الفوسفاتي.

لقد أدى التحضين للصخر الفوسفاتي مع الترب الثلاث إلى ذوبان محدود للصخر الفوسفاتي (جدول رقم4). بكل الأحوال، تباين ذوبان الصخر الفوسفاتي في هذه الترب وتفوقت كمية الفوسفور المعدني المستخلصة في التربتين B وC مقارنة بالتربة A وربما عاد ذلك إلى احتواء التربتين B وC أصلاً (جدول رقم1) على نسب مرتفعة نسبياً من المادة العضوية (Chien et al, 1990). هذا ما يتوافق مع نتائج دراسة أجريت على 228 نوعاً من الترب حيث بينت أن الترب التي امتلكت المقدرة على إذابة الصخر الفوسفاتي كانت تلك الترب التي احتوت على نسب مرتفعة نسبياً من المادة العضوية (Hughes & Gilkes, 1994a,b).

أما تجارب تحضين الصخر الفوسفاتي مع المادة العضوية فقد ركزت بمعظمها على دراسة أثر مخلفات المزارع النباتية (Mishra & Bangar, 1986; Singh & Amberger, 1991). وفي الدراسة الحالية أدت إضافة فضلات الحيوانات (الزبل البلدي) إلى تشجيع ذوبان الصخر الفوسفاتي بشكل معنوي (جدول رقم4، شكل رقم1). لقد تركزت معنوية تأثير المادة العضوية على ذوبان الصخر الفوسفاتي في التربتين B وC وتميزت فضلات الأغنام في تأثيرها على تأثير فضلات كل من الأبقار والدواجن. إن احتواء التربتين B وC على تراكيز أقل من الكالسيوم المتاح قد لعب، في أغلب الظن، دور عامل التربة الأهم في تحديد درجة ذوبان الصخر الفوسفاتي (Mackay & Syers, 1986; Mackay et al, 1986) وذلك بالمقارنة مع تأثير تراكيز مرتفعة نسبياً من الفوسفور في التربة C. إن نشاط وإمكانية تفاعلات الفوسفور مع الأيونات الأخرى أو السطوح الغروية في التربة أكثر وأوسع بكثير من تلك المعروفة بالنسبة للكالسيوم، وبالتالي فإن تواجد تراكيز مرتفعة نسبياً من الفوسفور في التربة قد لا يلعب دوراً كبيراً في الحد من ذوبان الصخر الفوسفاتي (Sale & Mokwunge, 1993). ويبقى السؤال المطروح للمناقشة، كيف تزيد إضافة المادة العضوية من ذوبان الصخر الفوسفاتي؟.

يحدث ذوبان الصخر الفوسفاتي بفعل مهاجمة شوارد الهيدروجين لحبيبات الصخر الفوسفاتي وينتج عن تفاعل تحرير لشوارد $H2PO^{4-}$، Ca^{2+} وذلك وفقاً للمعادلة المقترحة بالنسبة لأنواع الفلوروأباتايت (Khasawneh & Doll, 1979):

$$Ca+10\ (PO_4)_6F_2 + 12H^+ \rightarrow 10Ca^{2+} + 6H_2PO_4^- + 2F^-$$

وبالتالي فإن ذوبان الصخر الفوسفاتي يزداد بتواجد شوارد H^+ وأيضاً بالنزح

المستمر لنواتج تفاعل الإذابة لكل من شوارد الفوسفور $H2PO^{4-}$ وشوارد الكالسيوم Ca^{2+} من منطقة الإذابة (Kirk & Nye, 1986). قد يلعب تواجد المادة العضوية دوراً في هاتين العمليتين المقترحتين كمسبب تفاعلات إذابة الصخر الفوسفاتي. فهي (المادة العضوية) تتشكل أثناء تحللها مصدراً لشوارد الهيدروجين من خلال نترجة الأمونيوم الناجم عن عملية النشدرة (Marschner, 1993; Mahimairaja, et al, 1995) كما وتشكل الأحماض العضوية الناتجة عن تحلل المادة العضوية Oxalic, Acetic, Citric (Hammond, et al, 1986; Tartaric Yang, et al, 1990; Mahimairaja, et al, 1995) المصدر الأهم لشوارد الهيدروجين اللازمة لتفاعل إذابة الصخر الفوسفاتي (Bolland & Gilkes, 1990). أما جذور الأحماض العضوية السالبة فتلعب دوراً مهماً في تعقيد الكالسيوم وبالتالي خفض نشاطه في وسط التفاعل Hammond et al, 1986; Lynch, 1990; Yang et al, 1990; Kponbdekon & Tabatabai, 1994; Mahimairaja et al, 1995)، وهذا ما يخلق القوة الدافعة لتحريك التفاعل باتجاه ذوبان الصخر الفوسفاتي. كما وتقوم جذور الأحماض العضوية بتعقيد الفوسفور الناتج عن ذوبان الصخر الفوسفاتي ويبقى متاحاً للنبات نتيجة منعه من الدخول في تفاعلات تؤدي إلى تثبيته في التربة (Khasawunch & Doll Hughes & Gilkes, 1994; 1978). لقد انخفضت كمية الفوسفور المعدني المستخلصة نتيجة التحضن مع زرق الدواجن بالمقارنة مع مثيلاتها من زبل الأغنام والأبقار. وهذا ليس بالأمر المستغرب إذا لاحظنا دخول مركبات فوسفات الكالسيوم في علف الدواجن. لقد أشارت تحاليل زرق الدواجن إلى احتوائها على نسبة عالية من $CaCO_3$ ومن شوارد Ca^{++} الذائبة في محلولها (Mahimairaja et al, 1995) وهذه من العوامل التي تعطل تفاعلات ذوبان الصخر الفوسفاتي والتي تمت مناقشتها سابقاً.

بقي أن نشير هنا إلى أن هذه الدراسة قد ركزت على تقدير محتوى مستخلص البيكربونات من الفوسفور المعدني فقط، ولكن يجب ألا ننسى بأن مستخلص البيكربونات قد يستخلص بعض الفوسفور العضوي بالإضافة إلى الفوسفور المعدني. قد يكون مرد هذا الفوسفور العضوي إلى ارتباط بعض الفوسفور الناتج عن ذوبان الصخر الفوسفاتي بمواد نتجت عن تحلل المادة العضوية المضافة أو الموجودة أصلاً في التربة. وبالتالي قد تكون قيم الفوسفور الذائب من الصخر الفوسفاتي والمتحصل عليها من هذه الدراسة أقل بكثير قيم الذوبان الحقيقية. سوف نحاول تفادي هذه الملاحظة في الأبحاث المكملة والتي بعضها قيد التنفيذ حالياً.

REFERENCES المراجع

1. Bolan, M.S. and Heciley, M.J. (1989). Dissolution of phosphate rock in soil. 1. Evaluation of extraction methods for the measurement of phosphate rock dissolution. Fer. Res. 19: 65-75.
2. Chien, S.H. (1977). Thermodynamic considerations on the solubility of phosphate rock. Soil Sci. 123: 117-121.
3. Chien, S.H. (1979). Dissolution of phosphate rocks as influenced by nitrogen and potassium fertilizers. Soil Sci. 127: 371-376.
4. Chien, S.H. Sale, P.W.G. and Hammond, L.L. (1990). Comparsion of the effectiveness of phosphate fertilizer products. In "phosphorous requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania". Symposium Proceedings. PP. 143-156. Int. Rice Res. Inst. the philippines.
5. Hammond, L.L., Chien, S.H. and Mokwunye, A.U. (1986). Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. Adv. Agron. Vol. 40: 89-140.
6. Hughes, J.C. and Gilkes, R.J. (1994a). Rock dissolution and bicarbonate-soluble P in some soils from south-western Australia. Aust. J. Soil Res. 32: 767-779.
7. Hughes, J.C. and Gilkes, R.J. (1994b). The dissolution of north carolina phosphate rock in some south-western Australia soils. Fer. Res. 38: 249-253.
8. Kanabo, J.A. and Gilkes, R.J. (1987). The role of pH in the dissolution of phosphate rock fertilizers. Fer. Res. 12: 165-174.
9. Khasaunch. F.E. and Doll, E.C. (1978). The use of phosphate rock direct applicaton to soils Adv. Agron. 30: 159-206.
10. Kirk, G.J.D. and Nye P.H. (1986). A simple model for predecting the rate of dissolution of sparingly soluble calcium phosphate in soil. 1. The basic model. J. Soil Sci. 37: 529-550.
11. Kanakri, S. (1990). Report on the use of rock phosphate for direct application. Nuclear Energy Commssion. Damascus. PP. 1-74.
12. Kpomblekou, A.K. and Tabatabai, M.A. (1994). Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. Soil Sci. 158: 442-452.
13. Little, T.M. and Hills. F.J. (1978). Agricultureal experimentation: design and analysis. John Wiley & Sons INC. PP: 350.
14. Lynch, J.M. (1990). Microbial metabolitates. In "The rhizosphere". Ed.J.M. Lynch. John Wiley & Sons LTD. London. PP: 458.
15. Mackay A. D. and Syres, J. K. (1986). Effect of phosphate, calcium and pH on the dissolution of a phosphate rock in soil. Fer. Res. 10: 175-184.
16. Mackay, A.D; Syers, J.K.; Tillman, R.W. and Gergg, P.E.H. (1986). A simple model to describe the dissolution of phosphate rock in soils. Soil Sci. Soc. Am. 50: 291-296.
17. Mahimairaja, S; Bolan, N.S. and Hedley, M.J. (1995). dissolution of phosphate rock during the compositing of poultry manure: An incubation experment. Fer. res. 40: 93-104.
18. Marschner, B, (1993). Microbial contribution to sulphate mobilization after

Imoisi on acid forest soil. Soil Sci. 68: 459-466.
19. Marschner, H. (1986). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press London. PP. 674.
20. Mengel, K. and Kirkby, E. A. (1987). Principles of plant nutrition. Int. Potash Inst. Bern, Switzerland. PP.
21. Mishra, M.M. and Banerjee, K.C. (1986). Rock sulphate composting: Transformation of phosphorus forms and mechanisms of solubilization. Biol. Agric. Hortic. 3: 333-340.
22. Sale, P.W.G. and Mokwunye, A.U. (1993). Use of phosphate rock in the tropics. Fer. Res. 35: 33-45.
23. Singh, C.P. and Amberger, A. (1991). solubilization and availability of phosphorus during decomposing of rock phosphate enriched straw and straw. Biol. Agric. Hortic. 7: 263-269.
24. Yang, X., Werner, W., Schnier, H.W. and Sun, X. (1990). Effect of organic manure on solubility and mobility of different phosphate fertilizers in two paddy soils. Fer. Res. 38: 233-238.
25. The analysis of Agricultural materials. 3rd edition. MAFF/ADAS. Reference Book 427. HMSO. London. PP. 268.