مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

اختبار مقدرة اللفت الزيتي والجازون على امتصاص جذور الأورثوفوسفات من صخر فوسفاتي بعد خلطه بالكبريت الحر في عينتين من الترب الجيرية

رباب ناصر*
الدكتور ليلى حبيب **

(تاريخ الإيداع 16 / 8 / 2009. قبل للنشر في 15 / 12 / 2009)

□ ملخّص □

اهتمت هذه الدراسة، و من خلال عدد من تجارب الأصص، بدراسة مقدرة نباتي اللفت الزيتي Rape Plant (*Brassica napus L.*) و الجازون (الزوان المعمر) Rye grass (Lolium perenne) على استخدام الصخر الفوسفاتي (PR) وذلك في عينتين من الترب، تحوي العينة الأولى مستوى منخفض من كربونات الكالسيوم (2.5%) أما الثانية فتحوي مستوى مرتفع منه (35%). إن أهم ما توصلت إلية هذه الدراسة هي قدرة اللفت الزيتي الكبيرة على استخدام الـPR في العينة الترابية الأولى، حيث بلغت فعاليته الزراعية النسبية (RAE%) الإجمالية و في المحصولين 96%. لكن عجز هذا النبات عن النمو في التربة الثانية بسبب محتواها المرتفع من كربونات الكالسيوم. أما نبات الجازون فقد عجز، على عكس اللفت الزيتي، عن استخدام الـPR لوحدة. أثرت عملية خلط الـPR مع الكبريت الحر (PRS) سلباً على مقدرة اللفت الزيتي لاستخدام الـPR في المحصول الأول، فأعطى RAE% = 37%، و يعزى ذلك للتخفيض الكبير للرقم الهيدروجيني (pH)، لكن أثرت إيجاباً عليها وأعطت RAE%= 103% في المحصول الثاني، بينما حفزت عملية الخلط من الإنتاج في نبات الجازون فأعطت RAE% متزايدة مع تقدم الزمن فبدأت بنسبة قدرها 34% في الحشة الأولى ووصلت إلى 81% في الحشة الرابعه.

الكلمات المفتاحية: صخر فوسفاتي– كربونات الكالسيوم– النوع النباتي– الكبريت الحر– الرقم الهيدروجيني (pH).

* طالبة دراسات عليا (ماجستير)– قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة– جامعة تشرين– اللاذقية – سورية.
** أستاذ – قسم علوم التربة والمياه– كلية الزراعة – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية.

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (31) العدد (5) 2009
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (31) No. (5) 2009

A Study of The Ability of Rape Plant and Ryegrass to Use Phosphate Rock After Mixing With Elemental Sulfur in two Calcareous Soils

Rabab Nasser *
Dr. Leila Habib∗∗

(Received 10 / 9 / 2009. Accepted 7 / 12 / 2009)

□ ABSTRACT □

By using green house experiments, this study was carried out to determine the ability of Rape plant *(Brassica napus L.)* and Rye grass *(Lolium perenne)* to use PR in two different soils: $soil_1$, low $CaCO_3$ content 2.5%, and 35% in soil $_2$. The main achieved results were as follow: Rape plant was capable of using PR added alone with total relative agronomic effectiveness (RAE%) of the two crops = 96%; whereas it fell to use PR in the second soil. Unlike Rape plant, Rye grass was incapable of using PR when added alone. By mixing PR with elemental Sulfur (PRS) and because of pH reduction, the RAE% of Rape plant was effected negatively in the first crop and gave RAE%=37%, but it increased in the second crop to a RAE%=103. Whereas mixing stimulated the RAE of Rye grass and it increased with time, it was 34% in the first cut and 81% in the fourth and final one.

Key words: Phosphate Rock, Calcium carbonate, Plant species, Elemental sulfur, pH degree.

*Postgraduate student, Soil and Water Sciences Department, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria .
∗∗ Professor, Soil and Water Sciences Department, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Lattakia, Syria .

مقدمة:

إن الارتفاع المستمر في أسعار الأسمدة، لاسيما الفوسفاتية منها، قد دفع بالدول النامية للتحول بشكل متزايد إلى استخدام مخزونها الفوسفاتي لتحسين إنتاجها الزراعي، كما أوصت منظمة الFAO (2004) باستخدام بعض المصادر الطبيعية وفي مقدمتها الصخور الفوسفاتية من أجل تحقيق هدف الزراعة المستدامة.

يتبع الصخر الفوسفاتي السوري مجموعة الأباتيت وهو من أصل رسوبي كربونات فلورابانيت، فرانكوليت Francolite (Habib *et al*., 1999). يعدّ الصخر الفوسفاتي السوري من الصخور الفعالة زراعياً خاصة إذا ما استخدم في ظروف مشجعة لانحلاله كالترب الحامضية (حبيب و شين، 2002)، يعود السبب في ذلك لاحتوائه على عملية الإحلال الأيوني المتماثل للفوسفات PO_4^{3-} بواسطة الكربونات والفلور $CO_3^{-2} + F^-$ في الشبكة البلورية للأباتيت (Mc Clellan and Van Kauwenbergh, 1990). بالرغم من عدم انتشارها، لكن يوجد بعض الحالات التي استخدم فيها الصخر الفوسفاتي في ترب جيرية و كان فعالاً نسبياً في نمو النبات (Hagin and Shelly, 1985; Edwards, 1956; Singaram *et al*., 1995; Habib *et al*., 1999). يعود العامل الأساسي الذي حال دون الانتشار الواسع في هذه الترب، مقارنة في الترب المنخفضة الرقم الهيدروجيني، إلى التأثير السلبي لخصائص التربة الجيرية على انحلال الصخر الفوسفاتي، ولعل أهم هذه الخصائص هو رقمها الهيدروجيني المرتفع و محتوى التربة من الكالسيوم المتبادل، فقد بين Hammond *et al* (1986) ازدياد انحلال الصخر الفوسفاتي في ظروف التربة المنخفضة الرقم الهيدروجيني، والمنخفضة المحتوى من الكالسيوم المتبادل، وذات التركيز الفوسفوري المنخفض في محلول التربة. لقد وجد Chien *et al* (1980) أن انحلال الصخر الفوسفاتي يزداد كلما ازدادت قدرة التربة على تثبيت الفوسفور، و يمكن توضيح تأثير ما تقدم من عوامل على انحلال الصخر الفوسفاتي من خلال التفاعل المثالي للفلوروأباتيت والذي يمكن تطبيقه على كل أفراد صخور الأباتيت:

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

لقد درج القيام ببعض المعاملات عند انخفاض فعالية الصخر الفوسفاتي و ذلك لزيادة انحلاله ورفع فعاليته الزراعية، كالقيام بعملية خلطه مع الكبريت الحر (Kittams, 1963; Kittams and Attoe,1965; Swaby, 1975; Rajan, 1983-1987; Pathirana *et al*, 1989; حبيب، 2009 أ. ب). إن الفكرة التي تكمن وراء هذه التقنية هو إمكانية خفض الرقم الهيدروجيني في محيط دقائق (particles) الصخر الفوسفاتي عن طريق أكسدة الكبريت من قبل بكتريا الThiobacilli مؤدياً لإنتاج H_2SO_4 كما في التفاعل:

$$2\,S^0 + 2\,H_2O + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,H_2SO_4$$

حيث يؤدي ذلك لاحقاً إلى انحلال الصخر الفوسفاتي وفق التفاعل:

$$H_2SO_4 + PR \longrightarrow MCP + DCP + residual\ PR$$

MCP و Monocalcium Phosphate = DCP و Dicalcium Phosphate فوسفات الكالسيوم الأحادية و فوسفات الكالسيوم الثنائية على التوالي، و Residual PR= الصخر الفوسفاتي المتبقي.

يعدّ النبات أحد العوامل المؤثرة في كفاءة استخدام الصخر الفوسفاتي كمصدر للفوسفور عند تدني محتوى التربة من الفوسفور المتاح، حيث تختلف الأنواع النباتية في متطلباتها لامتصاص الفوسفور و كذلك في قدرتها على امتصاصه من محلول التربة (Helyar, 1998; Baligar *et al*., 2001)، كما يوجد اختلافات كبيرة بين الأنواع النباتية من حيث قدرتها على استخلاص الفوسفور من الصخور الفوسفاتية (Hinsinger, 1998; Hocking 2001; Habib *et al*., 2003). يمكن للنباتات أن تؤثر في معدّل انحلال

الصخر الفوسفاتي بآليات مختلفة: الطبيعة الكيميائية للراشحات الجذرية في منطقة الغلاف الجذري (الرايزوسفير)، حيث تتميز بعض النباتات بإنتاج أحماض عضوية مثل أحماض الستريك، الماليك، و 2-Ketogluconic التي يمكنها تخفيض الرقم الهيدروجيني في الغلاف الجذري، كما يمكنها تشكيل عوامل تمخلب (Chelating) وتعقيد (Complex) للكالسيوم (Moghimi and Tate, 1878; Hoffland *et al*., 1989)، لقد حاول Hoffland, 1992 تحديد الأثر المتوقع لرشح الأحماض العضوية على امتصاص الفوسفات من صخر مالي الفوسفاتي (Mali PR) وتمكن من قياس أحماض الستريك و الماليك الراشحة من نباتات اللفت الزيتي (*Brassica napus* L) تحت ظروف نقص الفوسفور، لقد استنتج بأن نباتات اللفت الزيتي تزيد من امتصاص الفوسفور من الصخر الفوسفاتي عن طريق تخفيض الرقم الهيدروجيني في منطقة الرايزوسفير و كذلك عن طريق تعقيد الكالسيوم من قبل الأحماض العضوية الراشحة. وأشارت الدراسات في السنوات الأخيرة إلى إمكانية استخدام الصخور الفوسفاتية الفعالة في التسميد المباشر في الترب القاعدية من قبل النباتات التي تفرز الأحماض العضوية كاللفت الزيتي (Habib *et al*., 1999; Chien, 2003). تتميز نباتات أخرى بقدرتها على امتصاص كميات كبيرة من الكالسيوم، و بما أن معظم الصخور الفوسفاتية هي فوسفات الكالسيوم، لذلك فإن استخلاص الكالسيوم من الصخر الفوسفاتي من قبل النبات يؤدي إلى تحرير أنيونات الفوسفات إلى المحلول. لذلك فقد فسرت قدرة بعض النباتات كالقمح الأسود (Buckweat) و اللفت الزيتي (Rape plant) والترمس (lupines) على استخدام الصخر الفوسفاتي بسبب قدرتها على امتصاص الكالسيوم (Bekele, 1983; Bekele and Hofner, *1*993; Hinsinger, 1998; Houcking, 2001)، كما وجد بأن لطبيعة المجموع الجذري دور في قدرة النبات للوصول إلى حبيبات الصخر المتواجدة في محيطه الجذري، فالنباتات النجيلية التي تتميز بمجموع جذري ليفي كثيف تزيد من فرص و سطح التلامس بين الجذور وحبيبات الصخر (Bekele *et al*., 1983)، كما تزيد فترة النمو الطويلة من كفاءة النبات في الاستفادة من الصخر الفوسفاتي، وذلك بسبب عملية انحلاله البطيئه والمستمره، كما تؤدي لزيادة أهمية الأثر المتبقي للصخر الفوسفاتي.

أهمية البحث وأهدافه:

يعدّ الصخر الفوسفاتي أحد المركبات الطبيعية التي يمكن استخدامها مباشرة في الزراعة، و هي رخيصة الثمن، مما سيعود بالفائدة على لمزارع مقابل التكلفة الباهظه للأسمدة الكيميائية، كما سيخفض من الأضرار البيئية التي تسببها هذه الأخيرة. لقد استخدم الصخر الفوسفاتي عالمياً في الترب الحامضية، لكن كانت الدراسات قليلة في الترب القاعدية ومن هنا تأتي أهمية هذه الدراسة التي تهدف إلى:

1- تقدير أثر عملية الخلط بين عنصر الكبريت و الصخر الفوسفاتي على الفعالية الزراعية للصخر الفوسفاتي في تربتين مائلتين للقاعدية ومختلفتين في محتواهما من كربونات الكالسيوم.

2- تحديد دور النوع النباتي في هذه العملية وذلك باستخدام نبات اللفت الزيتي (Rape plant) (B*rassica napus L.*) و نبات الجازون (الزوان المعمر (*Lolium perenne*) (Ryegrass) .

طرائق البحث و مواده:

الترب: تم استخدام عينتين من تربتين مختلفتي القوام والمحتوى من كربونات الكالسيوم، جمعتا من الطبقة السطحية لحقلين في موقع قرية الهنادي في محافظة اللاذقية، وبعد التجفيف الهوائي تم نخلهما بمنخل أقطار فتحاته 2

مم، ومن ثم تحديد أهم خصائصهما الفيزيائية و الكيميائية، و وضعت في الجدول رقم (1)، الذي يظهر أن التربتين معتدلتي الرقم الهيدروجيني ومائلتين للقاعدية، ومختلفتين في قوامهما، التربة 1 رملية لومية أما التربة 2 طينية لومية، وكذلك مختلفتين في محتواهما من كربونات الكالسيوم 2.5% و 35% على التوالي.

المصادر السمادية:

-الصخر الفوسفاتي (Phosphate Rock= PR): تم الحصول على الصخر المتفتت من موقع عين ليلون (الحفه) في منطقة اللاذقية، نخل بمنخل قطر فتحاته 100 mesh (150 ميكرومتراً). يتبع الصخر الفوسفاتي السوري مجموعة الأباتيت (كربونات فلورابانيت، فرانكوليت Francolite)، و يشكّل الفوسفور الكلي والفوسفور المنحل في سترات الأمونيوم المتعادلة 12.2% و 2% على التوالي، و يعدّ هذا الصخر متوسط إلى عالي الفعالية الزراعية النسبية وذلك تبعاً للتصنيف المقترح من قبل Hammond *et al* (1986)، و بلغت قيمة البعد a لوحدة الخلية $9.3342\ A^o$ وصيغته التجريبية $Ca_{9.64}\ Na_{0.26}Mg_{0.10}\ (PO_4)_{5.02}(CO_3)_{0.98}\ F_{2.39}$ (Habib *et al*., 1999).

-سماد السوبر فوسفات الثلاثي (triple superphosphate = TSP) يحوي P_2O_5 46%

-عنصر الكبريت (S): عبارة عن كبريت حر مخبري، تشكل الحبيبات ذات الأقطار الأقل من 40 ميكرومتر 90 % من وزنه.

محلول اللقاح البكتيري (Inoculum): حضر بطريقة Ghani and Rajan(1994) وذلك بإضافة 100 مغ كبريت/ كغ تربة، حضنت التربة لثلاثة أسابيع في ظروف الحرارة الجوية بعد ترطيبها، ثم ُحضر بعدها معلق مائي بنسبة (ماء: تربة محضنة، 1:10)، وبعد الرج لمدة ثلاثين دقيقة تم فصل الجزء السائل عن طريق ترشيحه باستخدام ورق ترشيح Whatman n^o 1.

الجدول رقم (1): بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للعينات الترابية

Soil 2		Soil 1		خواص التربة
				القوام Texture
41		17		%Clay
15		3		%Silt
44		80		%Sand
1.48		0.7		الكربون العضوي %
35		2.5		%CaCO3
nd**		0.62		أكاسيد الحديد اللابلورية ‰
nd**		11.3		أكاسيد الحديد الحرة ‰
26.5		15		السعة الحقلية %
28		13.5	meq/100g	CEC
24.8		11.5	meq/100g	الكالسيوم المتبادل
7.8		7.3		(1:2.5) pH_{H2O}
4.4		6.5	µg P/g Soil	Olsen-P
62		26	µg P/g Soil	NaOH-P
310		145	µg P/g Soil	* P-Sorption apacity

*** قدرت من خلال انشاء منحني ادمصاص (Adsorption Isotherm) واستخدام نموذج لانغمير Langmuir.**
*** * غير مقاسة**

المادة النباتية: استخدم نوعين من النباتات:

-نبات اللفت الزيتي: Rape Plant (*Brassica napus L.*) يتبع العائلة الصليبية، واستخدم الصنف Pactol، و هو أحد الأصناف الربيعية التي أدخلت حديثاً إلى القطر العربي السوري لاستخدامه في استخراج الزيت النباتي المعروف بنوعيته العالية الجودة، ويعود سبب اختيار هذا النبات لفعاليته في استخدام الصخر الفوسفاتي (Bekele and Hofner, 1993; Habib *et al*., 1999; Chien, 2003) .

-نبات الجازون (الزوان المعمر) Rye grass **(*Lolium perenne*)** يتبع العائلة النجيلية، ويطلق علية محلياً اسم الجازون، و يستخدم في زراعة المروج الخضراء في القطر العربي السوري، وتم اختياره كنبات دال على مقدرة النباتات على الاستفادة من الصخر الفوسفاتي، وبسبب تمتعه بمجموع جذري ليفي كثيف مما يؤمن فرصة تلامس كبيرة بين دقائق (particles) الصخر مع المجموع الجذري، ولفترة نموه الطويلة، وبالتالي يمكن تكرار عملية الحش التي تحقق مجال أكبر للاستفادة من الصخر الفوسفاتي الذي يتميز بوتيرة انحلال بطيئة و مستمرة.

المعاملات والمعدلات السمادية: بهدف دراسة قدرة النبات على استخدام الصخر الفوسفاتي كمصدر للفوسفور فقدُ حضرت أربع معاملات بالإضافة لمعاملة الشاهد التي لم تستقبل أي مصدر فوسفوري: معاملة الصخر الفوسفاتي (PR)، واستخدم فيها أربعة معدلات منه و هي 400، 800، 1600، 4800 مغ PR/ كغ تربة، ولدراسة أثر الخلط مع الكبريت فقد حضرت معاملتين للكبريت، خلط في الأولى الكبريت مع الصخر المضاف و بكميات مناسبة بحيث نحصل على نسبة خلط وزنيه (PR:S) (5:1) لكل معدل من معدلات الصخر الفوسفاتي المستخدمة، وأطلق عليها معاملة الخليط (PRS)، و في الثانية استخدم الكبريت لوحده و سميت معاملة الكبريت (S)، وبهدف المقارنة ولتقدير الفعالية الزراعية للPR حضرت معاملة من سماد السوبر فوسفات الثلاثي (TSP) حيث استخدم فيها نفس معدلات الفوسفور المضافة عن طريق الPR وهي تعادل (48.8 ، 97.6، 195.2، 585.6 مغP/ كغ تربة)، هذا ونفذت جميع المعاملات بواقع ثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة.

تنفيذ التجربة: تم تنفيذ ثلاث تجارب أصص، حيث استخدمت التربة المنخفضة المحتوى من كربونات الكالسيوم (تربة 1) في التجربة الأولى والثانية، حيث زرع في الأولى نبات اللفت الزيتي و لمحصولين متتاليين، حيث زرعت الأصص ثانية باللفت الزيتي بعد حصاد المحصول الأول و نزع المجموع الجذري منها، أما التجربة الثانية فزرعت الأصص بنبات الجازون، وفي التجربة الثالثة استخدمت التربة الحاوية على نسبه مرتفعة من كربونات الكالسيوم (التربة 2)، حيث زرعت بنبات اللفت الزيتي فقط و لمحصولين متتاليين أيضاً.

وزعت التربة الجافة هوائيا في أصص سعة 3 كغ منخولة بمنخل أقطار فتحاته 5 مم، و خلطت التربة مع الأسمدة البوتاسية و الآزوتية الأساسية بمعدّل 500 مغ/كغ لكل من(N وK) باستخدام أملاح NH_4NO_3 و KNO_3. جمع نحو 1.5 سم من الطبقة السطحية للأصيص، و تم بعدها توزيع البذور ثم أعيد تغطيتها بالتربة السطحية المأخوذة، ثم وزعت الأصص بطريقة عشوائية في البيت البلاستيكي، تم بعدها ري الأصص لتصل إلى الرطوبة عند السعة الحقلية، عن طريق إضافة الماء ضمن صحن تحت الأصيص مع إضافة 10 مل من المحلول

الميكروبي لكل أصيص مع ماء الري، لقد فرّدت النباتات إلى 8 نباتات بالنسبة للفت الزيتي و إلى 10 نباتات في الجازون، هذا و لقد تم متابعة الري كلما دعت الحاجة. تم الري بعد كل حصاد بمحلول غذائي يحتوي على 100 مل من الماء أضيف لها 5 مل من محلول (KNO_3 (1M)، و 1مل من محلول عناصر صغرى (يحوي 0.04 mM من كل من Mn^{2+}، Cu^{2+} و Zn^{2+} و 0.03 mM من B (H_3BO_3) و 0.005 mM من Mo ($Na_2MoO_4.2H_2O$)، و 1مل من محلول شلات الحديد (0.15mM).

حُصد المجموع الخضري للفت الزيتي في المحصولين قبل ظهور العنقود الزهري. أما بالنسبة لتجربة الجازون فقد تمّ حش المجموع الخضري على ارتفاع 1سم، و نفذت أربع حشات بعد مضي 58، 88،130 و185 يوم من الزراعة، ثم جففت النباتات على حرارة $70^{o}C$ و تمّ تسجيل الوزن الجاف.

جففت تربة الأصص هوائياً في نهاية التجربة، و تم قياس الرقم الهيدروجيني في معلّق مائي بنسبة (1:2.5 Soil:H2O). و قدر الفوسفور بطريقة Watanabe and Olsen (1965) و ذلك بعد استخلاصه بطريقة Olsen بواسطة محلول ($NaHCO_3$ (0.5M و pH= 8.5 . قدّر الفوسفور الممتص من قبل النبات P-uptake و ذلك بعد الهضم الجاف لحوالي 0.5 غ من العينة النباتية، و إذابة الرماد في الجفنه بواسطة حمض كلور الماء (2N). و قدر الفوسفور بطريقة فاندايت و موليبدات الأمونيوم Ammonium Vanadate Molibdate.

الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي:(Relative Agronomic Effectiveness= RAE%) يقصد بها مقارنة كمية المادة الجافة المنتجة من معاملة الصخر الفوسفاتي أو من معاملة الخلط بالكبريت (PRS) مع كمية المادة الجافة المنتجة من معاملة سماد TSP وحده، وتحسب عن طريق استخدام المعادلة نصف اللوغاريتمية التي تربط بين كمية المادة المنتجة باستخدام المصادر السمادية الفوسفورية المختلفة و التي استخدمت سابقاً من قبل عدد كبير من الباحثين منهم (Chien *et al*,1990; Leon *et al*, 1986; Habib *et al*., 1999):

$$Y_i = Y_o + B_i \ln(X) , \quad X>1$$

Y_i = كمية المادة الجافة مقدرة غ/أصيص، Y_o = كمية الإنتاج بغياب المصدر الفوسفوري (الشاهد)، و لكي يمكن أخذ اللوغاريتم لقد عُدّ بأن معاملة الشاهد استقبلت 1 ppm من الفوسفور، X= معدّل الفوسفور المضاف مقدّراً بـ ppm ، B_i = معامل التراجع الخطي نصف اللوغاريتمي للعلاقة بين إنتاج المادة الجافة ومعدل المصدر الفوسفوري المضاف، وهي عبارة عن ميل المنحنى البياني، و RAE% هي نسبة ميل الخط البياني للمعاملة المراد حساب فعاليتها الزراعية B_i (B_{PR}, B_{PRS}) إلى ميل المنحنى البياني لمعاملة الـTSP (B_{TSP}) كنسبة مئوية:

$$(\%)RAE = (B_i / B_{TSP}) \times 100$$

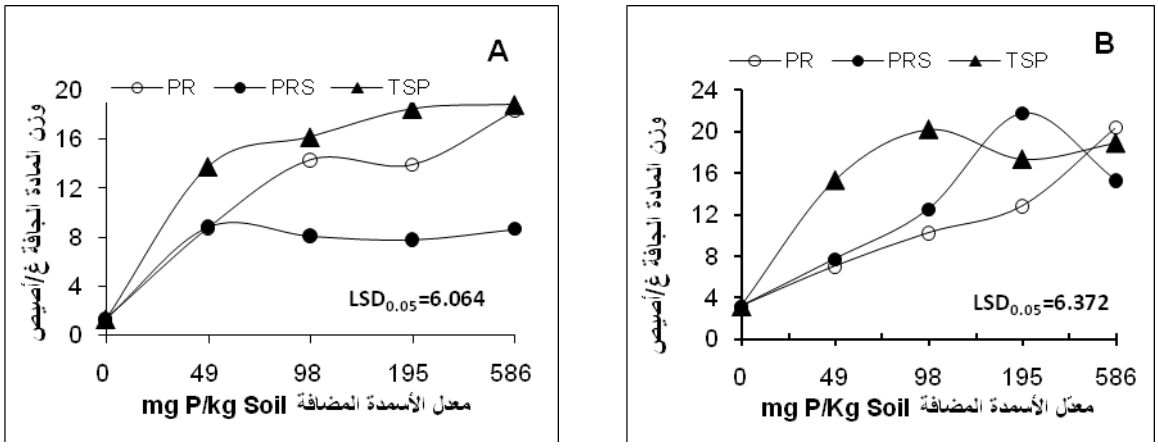
النتائج والمناقشة:

لقد عبر عن كفاءة النبات لاستخدام الصخر الفوسفاتي بواسطة المادة الجافة المنتجة، حيث تأثرت كمية الإنتاج بكل من عامل النبات و عامل التربة. لقد تمكن اللفت الزيتي من استخدام الصخر الفوسفاتي عند إضافته لوحده في **التربة الأولى** ذات المحتوى المنخفض من كربونات الكالسيوم و ذلك في المحصولين الأول والثاني (شكل رقم 1A, B)

خاصة في المعدلات الأخيرة منه، حيث تقارب عندها الإنتاج مع معاملة الـTSP، أما خلط الصخر الفوسفاتي مع الكبريت (معاملة PRS) فقد أثرت بطريقة سلبية و معنوية، في المحصول الأول، على إنتاج المادة الجافة في المعدلات الفوسفورية الثلاث الأخيرة وذلك بالمقارنة مع أي من المعاملتين TSP و PR. بهدف دراسة الأثر المتبقي للصخر الفوسفاتي، زرعت الأصص ثانية باللفت الزيتي، فكانت النتائج مغايرة في المحصول الثاني عنه في المحصول الأول و خاصة في معاملة الخليط PRS (شكل رقم 1B) حيث تقارب /و أحياناً تفوق/ الإنتاج فيها على معاملة الصخر الفوسفاتي، واقتربت مع ما أنتجته معاملة TSP في المعدلات الأخيرة.

الشكل رقم 1: إنتاج المادة الجافة في المحصول الأول (A) والثاني (B) لنبات اللفت الزيتي

للتذكير هنا لقد كانت كمية المادة الجافة المنتجة في معاملة الكبريت لوحده في معدلاته المختلفة متشابهة مع تلك المنتجة من قبل الشاهد و في كلا المحصولين.



أما في التربة الثانية وبسبب ارتفاع محتواها من كربونات الكالسيوم، فقد تأثر إنتاج المادة الجافة لنبات اللفت الزيتي سلباً، و هذا تأكيد للنتائج السابقة (Habib *et al.*, 1999)، فلم تظهر أي استجابة في المعاملات التي استقبلت الصخر الفوسفاتي سواء لوحدة PR أو في معاملة الخليط مع الكبريت PRS وفي المحصولين الأول والثاني (جدول رقم 2)، فكانت كمية المادة الجافة المنتجة في المحصولين أقل وبطريقة معنوية عما أنتجته معاملة الـTSP، لكنها كانت متقاربة مع تلك المنتجة من قبل الشاهد والتي بدورها كانت مرتفعة بالمقارنة مع محتوى التربة من الفوسفور المتاح 4.4 mgP/kg soil، ويمكن أن يعزى السبب إلى احتواء التربة على كمية مهمة من أشكال الفوسفور غير المتاحة كتلك المرتبطة على شكل Fe-P و Al-P المتشكلين حديثاً و غير المحتجزين (NaOH-P) (جدول رقم1)، و يعود ذلك لكفاءة نبات اللفت الزيتي لاستخدام أشكال الفوسفور غير المتاحة (Hoffland, 1992).

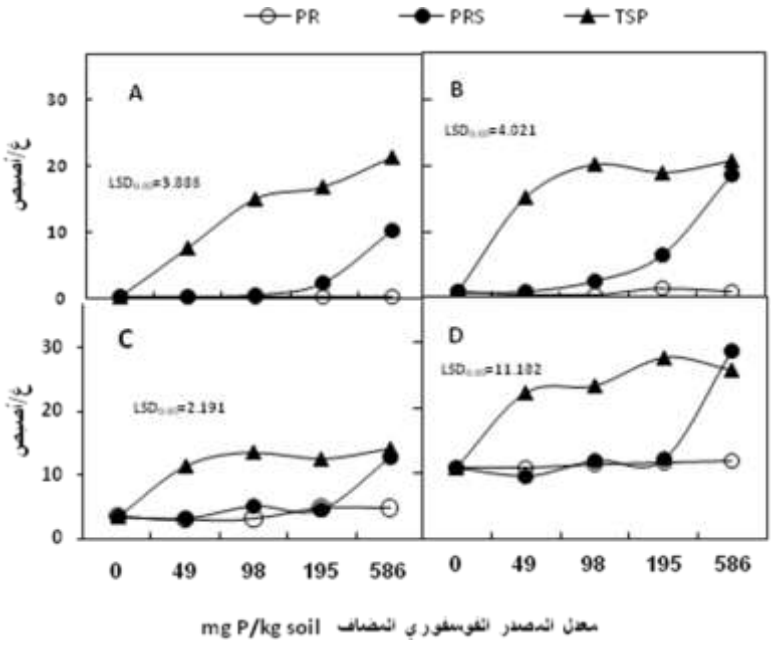
الجدول رقم (2): إنتاج المادة الجافة من اللفت الزيتي المزروع في التربة 2 (مرتفعة المحتوى من كربونات الكالسيوم)

رقم معدل P المضاف	المعاملة	محصول 1	محصول 2	رقم المعدل	المعاملة	محصول 1	محصول 2
	Control	13.0	5.2		Control	13.0	5.2
1	S	15.1	6.4	3	S	14.2	4.7

	PR	18.2	8.0		PR	16.4	7.1
	PRS	13.1	5.2		PRS	14.3	6.2
	TSP	21.3	6.8		TSP	40.5	10.4
2	S	15.4	7.0	4	S	13.3	7.3
	PR	10.4	7.1		PR	14.7	5.9
	PRS	9.7	8.4		PRS	13.8	7.1
	TSP	34.4	8.1		TSP	54.0	9.6
LSD	8.827		2.934				

درست كفاءة نبات الجازون لاستخدام الصخر الفوسفاتي في التربة ذات المحتوى المنخفض من كربونات الكالسيوم فقط (تربة1)، وذلك بسبب عدم قدرة نبات اللفت الزيتي في استخدام الصخر الفوسفاتي في التربة المرتفعة المحتوى من كربونات الكالسيوم (تربة2).

بعكس اللفت الزيتي فإن نبات الجازون لم يستجب لإضافة الصخر الفوسفاتي لوحدة في هذه التربة فتراوح الإنتاج في الحشات الأربع بين 0.4– 12 غ/أصيص (شكل رقم 2)، وهي متقاربة مع ما أنتجته معاملة الشاهد 0.5 – 11 غ/أصيص، وإنما ظهرت استجابة واضحة عند خلط الكبريت مع الصخر الفوسفاتي، تجلت في ارتفاع كمية الإنتاج و تزايدت مع تزايد معدل الصخر الفوسفاتي المضاف و مع تقدم الزمن فكانت كمية الإنتاج معادلة لمعاملة السوبر فوسفات في المعدل الفوسفوري الأعلى المضاف (586mgP/kg soil) وذلك في



الشكل رقم 2: إنتاج المادة الجافة في الحشة ا لأولى (A) والثانية (B) والثالثة (C) والرابعة (D) لنبات الجازون

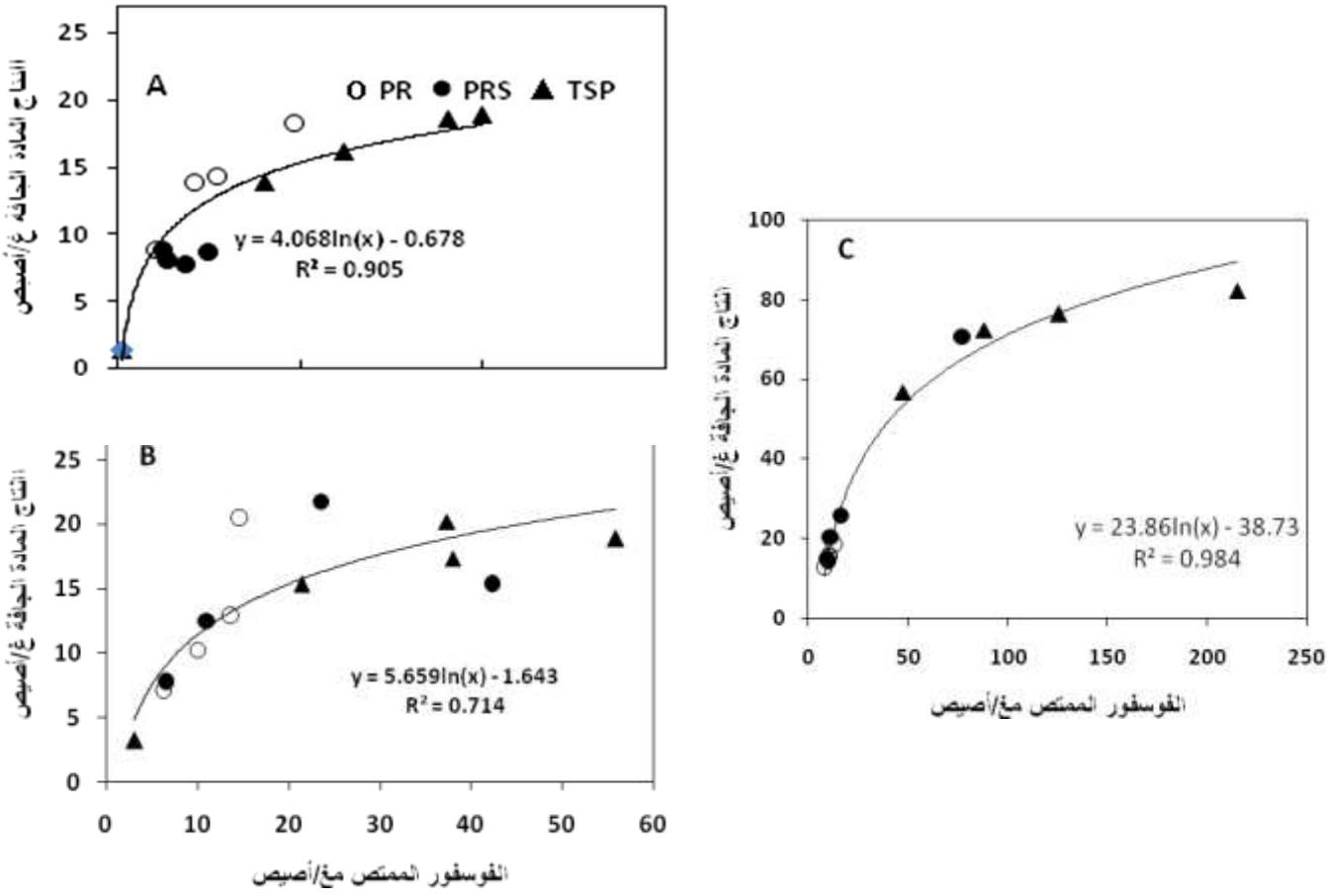
الحشات الثلاث الأخيرة (شكل رقم 2 B, C, D). تتمتع النباتات النجيلية بمجموع جذري ليفي كثيف مما يضمن قدر أكبر من التقاطع مع دقائق الصخر الفوسفاتي و يفسح فرصة أكبر للاستفادة من الصخر الفوسفاتي المنحل بواسطة حمض الكبريت الناتج عن عملية أكسدة الكبريت، لكون عملية انحلال الصخر الفوسفاتي عملية بطيئة لكن مستمرة.

تم تقدير الفوسفور المتاح (Olsen-P) بعد الحصاد النهائي لكلا النباتين لذلك كانت قيمه في المعاملات التي تحوي صخر فوسفاتي (PR, PRS) منخفضة، فهي لم تتجاوز 13 مغ/كغ تربة في المحصول الثاني للفت الزيتي و 3 مغ/كغ تربة في نهاية تجربة الجازون، في حين بلغت أضعاف ذلك في معاملة السوبر فوسفات الثلاثي (جدول رقم 3).

الجدول رقم 3: محتوى التربة من الفوسفور المتاح في نهاية التجربة بعد الحصاد النهائي (مغP/كغ تربة)

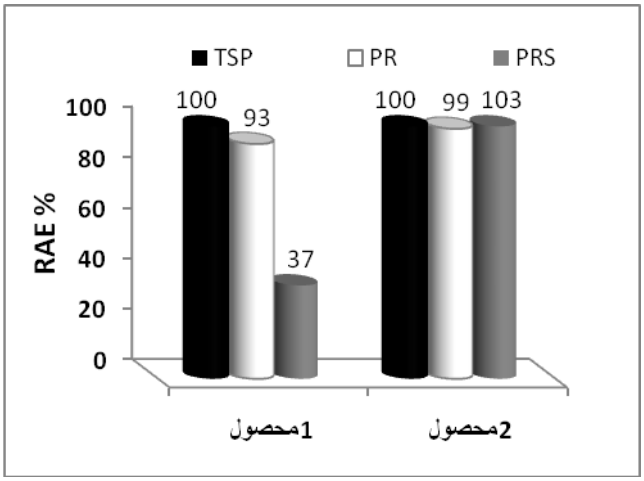
الجازون	معدل P المضاف	المعاملة			
		PR	S	PRS	TSP
	0	1.95	1.95	1.95	1.95
	49	1.71	1.99	2.22	2.73
	98	2.03	1.99	2.13	4.83
	195	1.89	2.27	2.17	14.37
	586	2.08	1.99	2.92	49.05
اللفت الزيتي	المحصول الأوّل				
	0	3.42	3.42	3.42	3.42
	49	3.90	3.13	5.15	13.50
	88	5.15	3.70	6.20	32.23
	195	4.18	3.51	5.63	67.20
	586	8.03	3.70	13.21	267.66
	المحصول الثاني				
	0	3.18	3.18	3.18	3.18
	49	3.08	3.72	3.57	5.14
	88	3.77	3.28	3.77	8.18
	195	3.77	2.98	3.57	24.38
	586	3.67	….	12.80	108.88

يعود العامل الأساس في استجابة النبات وإنتاج المادة الجافة إلى الفوسفور المتاح في التربة، والذي نستدل عليه من خلال دراسة الفعالية الداخلية (internal efficiency) والتي تعرّف بمعدل كمية المادة الجافة إلى الفوسفور الممتص من قبل النبات (Khasawneh and Doll, 1978)، حيث تم الحصول على علاقة عالية الجودة (R^2) بين عاملي الفوسفور الممتص و إنتاج المادة الجافة وفي كلا النباتين (شكل رقم 3) نتائج مشابهة حصل عليها (Butegwa *et al*, 1996).



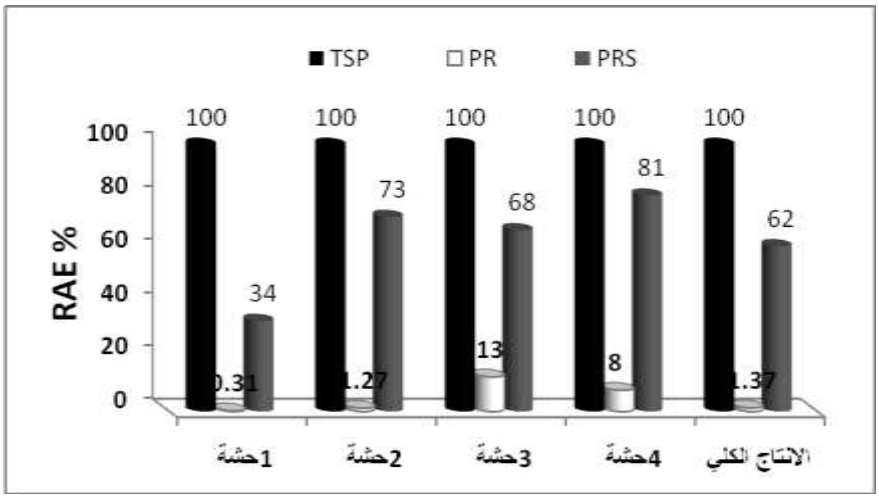
الشكل رقم 3: الفعالية الداخلية للمصادر الفوسفورية المختلفة لإنتاج المادة الجافة للمحصول الأول (A) و المحصول الثاني (B) لنبات اللفت الزيتي و للإنتاج الكلي لنبات الجازون (C).

استخدمت دالة الميل *Bi* من المخطط نصف اللوغاريتمي لاستجابة النبات لكل من المصادر الفوسفورية المختلفة في حساب الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي وخليطه مع الكبريت بالمقارنة مع معاملة السوبر فوسفات الثلاثي. نجد بأنه اختلفت الـ RAE% تبعاً لنوع النبات و عدد الحشات. فقد تميز الـPR بفعالية زراعية نسبية مرتفعة في المحصول الأول للفت الزيتي في التربة الأولى بلغت 93% (شكل رقم 4)، و وصلت إلى 99% في المحصول الثاني، لقد أثرت إضافة الكبريت مع الصخر الفوسفاتي سلبياً على الـRAE% في المحصول الأول للفت الزيتي فكانت 37% فقط، بينما عملية خلط التربة وإعادة زراعتها ثانية أعطت فعالية زراعية مرتفعة لهذه المعاملة في المحصول الثاني و تفوقت على معاملة الـTSP فكانت 103%.



الشكل رقم 4: الفعالية الزراعية النسبية لنبات اللفت الزيتي

أما بالنسبة لنبات الجازون فكانت الـ RAE% مغايرة تماماً لتلك في اللفت الزيتي سواء في معاملة الصخر الفوسفاتي أو معاملة الخليط مع الكبريت. ففي الوقت الذي لم تتجاوز الفعالية الزراعية النسبية في معاملة الـPR الـ 13% وكان ذلك في الحشة الثالثة (شكل رقم 5)، أما معاملة الخليط PRS كانت فعاليتها الزراعية النسبية مهمة بدءاً من الحشة الأولى (34%) و وصلت إلى 81% في الحشة الرابعة، وكانت الـRAE% الإجمالية لمعاملة الخليط تساوي 62%.



الشكل رقم 5: الفعالية الزراعية النسبية لنبات الجازون

إن عملية انحلال الصخر الفوسفاتي عملية بطيئة لكن مستمرة، من هنا جاء دور عامل الزمن، فكان مهماً لنبات الجازون لظهور الاستجابة في معاملة الخليط، وتزايدت الاستجابة المتمثلة بالفعالية الزراعية النسبية مع تقدم الزمن فكانت 34% في الحشة الأولى، و وصلت إلى 81% في الحشة الرابعة، و قد يصل إلى معدلات متقاربة مع الـTSP أو قد تفوقها لو مددت التجربة لفترة زمنية أطول من 185 يوماً، ومن هنا يمكن الاستنتاج بأنه يمكن استخدام

هذه المعاملة (خلط الصخر الفوسفاتي مع الكبريت) كأحد المعاملات التي تزيد من كفاءة استخدام الصخر الفوسفاتي في الأماكن التي يمكث فيها النبات لفترات زمنية طويلة كما هو الحال في الملاعب والمروج الخضراء.

يعدّ الرقم الهيدروجيني في المحيط المجاور لدقائق الصخر الفوسفاتي العامل الأساس في انحلاله، فقد بينت الدراسات بأنه يمكن للفت الزيتي استخدام المصادر الفوسفاتية القليلة الانحلال كمصدر فوسفوري بطريقة فعّاله (Brewster *et al*., 1979; FÖhse *et al*., 1991)، و يعزى ذلك لتمتعه بخاصية طرح الأحماض العضوية المنخفضة الوزن الجزيئي في المحيط الجذري للنبات كأحماض الماليك و الستريك (Hofland *et al*., 1989a. b) وما تسببه من خفض في الرقم الهيدروجيني.

ففي التربة الأولى: أدى نمو اللفت الزيتي في تربة الشاهد إلى تخفيض الرقم الهيدروجيني فكانت 6.22 (جدول رقم 4)، ورغم الارتفاع الواضح في الرقم الهيدروجيني التي سببها إضافة الصخر الفوسفاتي والتي تراوحت 6.60 و 6.85 في المحصول الأول، و حوالي 7.5 في المحصول الثاني (جدول رقم 4) لكن يبقى احتمال وجود بعض المواقع الدقيقة الميكرونية المنخفضة الرقم الهيدروجيني حول الشعيرات الجذرية، فعند حدوث تواجد لدقائق الصخر الفوسفاتي في هذه المواقع سيؤدي لانحلال الصخر الفوسفاتي وإتاحة الفوسفور للنبات فكانت استجابته قريبة من معاملة الـTSP وأعطت فعالية زراعية إجمالية مرتفعة 96%.

الجدول رقم 4: قياس الرقم الهيدروجيني(pH) في الأصص بعد حصاد محصول اللفت الزيتي المزروع في العينة الترابية الأولى

		المحصول الأوّل		
Added-P	PR	S	PRS	TSP
0	6.22	6.22	6.22	6.22
49	6.60	5.93	6.50	7
98	6.72	5.98	6.43	7.00
195	6.70	5.75	6.28	7.05
586	6.85	5.58	5.78	6.75
		المحصول الثاني		
Added-P	PR	S	PRS	TSP
0	7.03	7.03	7.03	7.03
49	7.50	6.85	7.30	7.70
98	7.57	6.70	7.30	7.77
195	7.53	6.83	7.27	7.70
586	7.60	……	6.70	7.57

بالرغم من كون الكبريت عنصر هام لنمو نبات اللفت الزيتي و يوصى بإضافته كسماد للتربة و بمعدلات لا تزيد عن 20 كغ/هيكتار (Jackson, 2000)، لكن كمية الكبريت المستخدمة في هذه الدراسة تفوق هذا المعدّل، لقد أدت إضافة الكبريت إلى تخفيض واضح في الرقم الهيدروجيني فأصبحت 5.58 في معاملة الكبريت لوحدة و5.78 في معاملة الخليط بعد المحصول الأول (جدول رقم 4) أي بانخفاض للرقم الهيدروجيني قدره حوالي 1.5 درجة بالمقارنة مع التربة الأصلية، يعزى ذلك لعملية أكسدة الكبريت وإنتاج حمض الكبريت،

لكن من المتوقع أنه حدث انخفاض أكثر أهمية للرقم الهيدروجيني في المواقع الميكرونية الصغيرة حول دقائق الكبريت (micro site)، مما يسبب أذية للجذور إذا ما تقاطعت مع هذه المواقع الميكرونية (وهذا ما تم ملاحظته لدى معاينة الجذور بعد حصاد المحصول الأوّل)، لقد أدى ذلك لانخفاض الإنتاج و الفعالية الزراعية النسبية في هذه المعاملة. لقد سجلنا نفس الملاحظة في تجارب أخرى باستخدام نبات الفصه التابع لنفس العائلة (الصليبية). لقد بينت الأبحاث أن قيمة الرقم الهيدروجيني المناسب لنمو اللفت الزيتي هي بين 6 و 7 و يتأثر نموه عند قيم أقل من ذلك (pH < 5.5) (Boyles *et al*., 2003).

أدت عملية خلط التربة بعد حصاد المحصول الأول لتجانسها وبالتالي تعديل رقمها الهيدروجيني العام بواسطة كربونات الكالسيوم (جدول رقم 4)، و معلوم أن الأكسدة العظمى للكبريت تتم بعد الأسابيع الثمانية الأولى التي تلي عملية الخلط (Fan *et al*., 2002)، بينما كانت بعد 40 يوم في نتائج (2001) Salton *et al* ، و بالتالي كانت عملية أكسدة الكبريت في طورها البطيء أثناء نمو المحصول الثاني، أدت هذه الظروف مجتمعة إلى غياب المواقع الميكرونية المنخفضة الرقم الهيدروجيني مما أدّى إلى تحسين نمو النبات في معاملة الخليط عند زراعة الأصص ثانية باللفت الزيتي بالمقارنة مع المحصول الأول مما أدت إلى ارتفاع الفعالية الزراعية النسبية إلى 103% في هذه المعاملة (شكل رقم4).

أما بالنسبة لتجربة الجازون، لم يظهر أي تأثير واضح لنمو نبات الجازون أو لعملية الخلط مع الكبريت على الرقم الهيدروجيني، فتراوحت بين 7.8 و 8.4، لكن بالرغم من عدم انخفاض الرقم الهيدروجيني الذي قيس في نهاية التجربة، لكن لوحظ تزايد فعالية الصخر في معاملة الخليط، تعزى هذه الاستجابة إلى مواقع التلامس بين الكبريت و دقائق الصخر في جوار المجموع الجذري و ما يمكن أن تسببه من انخفاض موقعي للرقم الهيدروجيني مما يشجع عملية انحلال الصخر وإتاحة الفوسفور للنبات .

أما في التربة الثانية و بسبب محتواها المرتفع من كربونات الكالسيوم و ما يسببه من طاقة تنظيمية للرقم الهيدروجيني في التربة، فلم يسجل أي انخفاض فيه و في كافة المعاملات بعد زراعة المحصول الأول من اللفت الزيتي فتراوح الرقم الهيدروجيني بين 7.7 و 8.1، فلم تشجع هذه الظروف على انحلال الصخر مما أدى إلى غياب استجابة نبات اللفت الزيتي في هذه التربة للصخر الفوسفاتي.

الاستنتاجات والتوصيات:

أكدت هذه الدراسة على أن كفاءة استخدام الصخر الفوسفاتي تختلف تبعاً لعاملي النبات والتربة، حيث استخدم اللفت الزيتي الصخر الفوسفاتي بفعالية زراعية نسبية عالية، و ذلك في عينة التربة ذات المحتوى المنخفض من كربونات الكالسيوم، إلا أنه عجز عن تحقيق ذلك في عينة التربة ذات المحتوى المرتفع منها، أما بالنسبة لنبات الجازون فلم يتمكن من استخدام الصخر الفوسفاتي في كلا التربتين، و كذلك اختلف أثر عملية الخلط مع الكبريت الحر في الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي بحسب عامل النبات، حيث كان أثرها سلبياً في المحصول الأول و إيجابياً في المحصول الثاني، و ذلك فيما يخص نبات اللفت الزيتي، أما فيما يخص نبات الجازون فلقد أدت عملية الخلط إلى رفع كفاءة النبات في استخدام الصخر الفوسفاتي، حيث تزايدت مع الزمن، و لهذا نوصي باختبار مقدرة أنواع نباتية أخرى في ظروف الترب السورية.

المراجع:

1. BALIGAR, V. C.; FAGERIA, N. K.; ZE, Z. L. *Nutrient use efficiency in plants*. Com. Soil Sci. Plant Anal.32, 2001, 921-950.
2. BEKELE, T; CINO, B. J; EHLERT, P. A. I; VAN DERMAS, A. A; VAN DIEST, A. *An evaluation of plant-borne factors promoting the solubilization of alkaline rock phosphates* . plant soil ,75, 1983, 361-378 .
3. BEKELE, T.; HOFNER, W. *Effects of different phosphate fertilizers on yield of barley and rape seed on reddish brown soils of the Ethiopian highlands*. Fert. Res. 34, 1993, 243-250 .
4. BOYLES, M. C.; THOMAS, F. P.; MEDLIN, C. R. *Winter Canola Planting Guide for the Southern Great Plains.* Oklahoma Cooperative extension service, 2003,73.
5. BREWSTER, J. L.; SBHAT, K. K.; NYE, P. H. *The possibility of predicting solute uptake and plant growth response from independently measured soil and plant characteristics. V. the growth and phosphorus uptake of rape at a range of phosphorus concentrations and a comparison of results with predictions of a simulation model.* Plant and Soil, 44, 1976, 295-328.
6. BUTEGWA, C. N.; MULLINS, G. L.; CHIEN, S. H. *Agronomic evaluation of fertilizer products derived from Sukulu Hills phosphate rock*. Fertilizer research, 44, 1996, 113-122.
7. CHIEN, S. H.; LEON, L. A.; TEJEDA, H. *Dissolution of north Carolina phosphate rock in acid Columbian soils as related to soil properties.* Soil Sci. Soc. Am. J. 44, 1980, 1267-1271.
8. CHIEN, S. H.; SALE, P.W.G.; FRIESEN, D. K. *A discussion of methods for comparing the relative agronomic effectiveness of phosphate fertilizers varying in solubility*. Fert. Res. 24, 1990, 149-157.
9. CHIEN, S. H. *Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock: a general review . In S.S.S. Rajan and S.H.Chien, eds. Direct application of phosphate rock and related technology : Latest developments and practical experiences. Proc.* Int. Meeting, Kuala Lumpur, 16- 20 july 2001. Muscle Shoals, USA, IFDC.2003, 441.
10. EDWARDS, G. H. A. *Observations on the response of crops to rock phosphate.* Int. Congr. Soil Sci Trans. Paris Comm.44, 1956, 13-20**.**
11. FAN, X.; HABIB, L.; FLECKENSTEIN, J.; HANEKLAUS, S.; SCHNUG, E**.** *"In Situ Digestion" a Concept to Manage Soil Phosphate in Organic Farming*. In Proceedings of 13th International Fertilizer Symposium „"Fertilizers in Context with Resource Management in Agriculture, Tokat, Turkey,2002, 219-228
12. FAO. Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13. *Use of Phosphate Rocks for Agriculture*. 2004, 148.
13. GHANI, A.; RAJAN, S. S. S.; LEE, A. *Enhancement of phosphate rock solubility through biological processes.* Soil Biol. Biochem. 26, N^{o}.1, 1994, 127-136.
14. HAGIN, H.; SHELLY, K. *Effectiveness of partially acidulated phosphate rock as a source to plants in calcareous soils*. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 8, 1985, 117-127.
15. FÖHSE, D.; CLAASSEN, N.; JUNGK, A. *Phosphorus efficiency of plants. II. Significance of root radius, root hairs and cation-anion balance for phosphorus influx in seven plant species.* Plant and Soil, 132, 1991, 261-272.

16. HABIB, L.; CHIEN, S. H.; CARMON, G.; HERAO, J. *Rape response to a Syrian Phosphate rock and its mixture with triple superphosphate on a limed alkaline Soil*. Communication in Soil Sciences and Plant Analysis, Vol.30, N^{o} 3&4, 1999 , 449-456.
17. HABIB, L.; ALLOUSH, G. A.; CHIEN, S. H. *Agronomic Effectiveness of Phosphate Rock as influenced by Plant Species Grown on Sand Culture and Alkaline Soil.* J. King Saud Univ. 15. Agric. Sci. 1, 2003, 53-60.
18. HAMMOND, L. L.; CHIEN, S. H.; MOKWUNYE, A. U. *Agronomic Value of unacidulated and partially acidulated phosphate Rocks indigenous to the tropics*. Advances in Agronomy, 40, 1986, 89-139.
19. HELYAR, J. *Efficiency of nutrient utilization and sustaining soil fertility with particular reference to phosphorus*. Field Crops Res. Vol.56, 1998, 187-195.
20. HINSINGER, P. *How do plant roots acquire minerals nutrients?* Adv. Agron. 64,1998, 225-265.
21. HOCKING, P. *Organic acids exuded from roots in phosphorus uptake and aluminum tolerance of plants in acid soils*. Adv. Agron. 74, 2001, 63-93
22. HOFFLAND, E.; FINDENEGG, G. R.; NELEMANS, J. A. *Solubilization of rock phosphate by rape. II. Local root exudation of organic acids as a response to P-Starvation*. Plant Soil, 113, 1989, 161-165.
23. HOFFLAND, E. *Quantitative evolution of the role of organic acid exudation in the mobilization of rock phosphate by rape* . plant and soil, 140, 1992, 279-289 .
24. JACKSON, G. D. *Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake*. Agron. J. 92, 2000, 644–649.
25. KHASAWNEH, F. E.; DOLL, C. *The use of phosphate rock for direct application*. Adv. Agron. 30, 1978, 159-206.
26. KITTAMS, H. A. *use of sulphur for increasing the availabilty of phosphrus in rock phosphate*. Dissertation Abstracts, 24, 1963, 1323
27. KITTAMS, H. A.; ATTOE, O. J. *Availability of phosphorus in rock phosphate sulfur fusions.* Agronomy Journal, 57, 1965, 331-334.
28. LEON, L. A.; FENSTER,W. E.; HAMMOND, L. L. *Agronomic potential of eleven phosphate rocks from Brazil, Colombia, Peru. And Venzuela*. Soil Sci. Soc. Am. J. 50, 1986, 798-802.
29. MC CLELLAN, G. H.; VAN KAUWENBERGH, S. J. *Mineralogy of sedimentary apatites.* In A.J.G. Notholt & I. Javis, eds. Phosphate research and development. Geological Society Special publication, 52, 1990, 23-31.
30. MOGHIMI, A.; TATE, M. E. *Does 2-Ketogluconate chelate calcium in the pH range 2.4 6.4?* Soil Biochem. 10, 1978, 289-292.
31. PATHIRANA, L. S. S.; DE, U. P.; WAIDYANATHA, S.; PERIES, O. S. *The effect of apatite and elemental sulphur mixture on growth and P content of Centrocema pubescens*. Fertilizer Research, Vol. 21, 1989, 37-43.
32. RAJAN, S.S.S. *Effect of sulphur content of phosphate rock/sulphur granules on the availability of phosphate to plants.* Fertilizer research, 4, 1983, 287-296.
33. RAJAN, S.S.S. *Phosphate rock and phosphate rock/ sulppur granules as phosphate fertilizers and their dissolution in soil*. Fertilizer research, 11, 1987, 43-60.
34. SLATON, N. A.; NORMAN, R. J.; GILMOUR, J. T. *Oxidation rates of commercial elemental sulfur products applied to an alkaline silt loam from Arkansas.* Soil sci. soc. Am . J. 65, 2001, 239-243 .

35. SINGARAM, P.; RAJAN, S. S. S.; KOTHANDARAMAN, G. V. *Phosphate rock and a phosphate rock/superphosphate mixture as fertilizers for crops grown on a calcareous soil.* Commn. Soil Sci. Plant Anal.26, 1995, 1571-1593.
36. SWABY, R. J. *Biosuper-Biological super phosphate. Sulphur in Autralian Agriculture. Ed. K.D. Mc Lachlan.* Sydney University Press.1975, 213-220.
37. WATANABE, F. S.; OLSEN, S. R. *Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and $NaHCO_3$ extracts from soil.* Proc. Soil. Sci. Soc. Am. 29, 1965, 677-678.

38. حبيب، ليلى؛ شين، سن. *دراسة الفعالية الكيميائية والفعالية الزراعية النسبية لصخور فوسفاتية سورية في تربة حامضية*. مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية. سلسلة العلوم الزراعية، المجلد الرابع و العشرون، 2002، 143–149.
39. حبيب، ليلى. أ. *دراسة انحلال الصخر الفوسفاتي من خلال خلطه مع معدلات مختلفة من الكبريت و أثر ذلك على الفوسفور المتاح في التربة*. مجلة جامعة تشرين للدراسات و البحوث العلمية. سلسلة العلوم الزراعية، 2009 ، قبل للنشر.
40. حبيب، ليلى. ب. *دراسة الفعالية الزراعيةالنسبية لصخر فوسفاتي سوري و تأثرها بنسب الخلط بعنصر الكبريت.* مجلة جامعة دمشق، 2009 ، قبل للنشر.