مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

# Response of rape plant (*Brassica napus* L.) to phosphate rock and mixture with sulfur on growth and phosphorus uptake

**Dr. Leila Habib** [*]
**Dr. Ghiath Alloush ***
**Rabab Nasser ****

**(Received 18 / 7 / 2017. Accepted 7 / 11 /2017 )**

## □ ABSTRACT □

A two seasons field trial was conducted to evaluate the response of rape plant to Syrian phosphate rock (PR) and its mixture with three rates of elemental sulfur (10, 20, 50%), compared to triple super phosphate (TSP). The phosphate sources (TSP and PR) were applied at four rates (0, 400, 800, 1200 mg P/ kg soil). The results showed that rape plants were able to use applied PR in the first season irrespective of S mixing, with a relative agronomic effectiveness (RAE%) of 102%. In the second growth season the RAE of PR relative to TSP increased to 145%, and the effect of sulfur mixing with PR was more evident. The high response of rape to PR application is probably due to the released organic acids from the root system which will certainly enhance the dissolution of PR particles.

**Key words:** rape plant, phosphate rock, sulfur, Agronomic effectiveness.

[*]**Professor at The Department of Soil and Water Sciences. Faculty of Agriculture. Tishreen University- Latakia – Syria.**
[**] **PhD candidate at The Department of Soil and Water Sciences. Faculty of Agriculture. Tishreen University- Latakia- Syria.**

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم البيولوجية المجلد (39) العدد (6) 2017
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (39) No. (6) 2017

# استجابة اللفت الزيتي (*Brassica napus* L.) للتسميد بالصخر الفوسفاتي والخلط مع الكبريت في النمو وامتصاص الفوسفور

د. ليلى حبيب*
د. غياث علوش *
رباب ناصر**

(تاريخ الإيداع 18 / 7 / 2017. قبل للنشر في 7 / 11 / 2017)

## ملخّص

بهدف دراسة مقدرة اللفت الزيتي على استخدام فوسفور الصخر الفوسفاتي (PR) كمصدر للفوسفور، أجريت تجربة حقلية لموسمين متتالين. تضمنت الدراسة أربع معاملات هي: الشاهد، ومعاملة الـ (PR)، ومعاملة لخليط الـ PR مع الكبريت (PRS) لتبيان أثر عملية الخلط مع الكبريت على استجابة اللفت الزيتي للصخر الفوسفاتي، ومعاملة السوبر فوسفات الثلاثي (TSP). أضيفت المصادر الفوسفاتية بثلاثة معدلات 400، 800، 1200 مغP/ كغ تربة، وأضيف الكبريت وفق ثلاث نسب خلط (10%، 20%، 50%) نسبة للـ PR وزناً. استجاب اللفت الزيتي ولموسمين متتاليين للصخر الفوسفاتي دون الحاجة لخلطه مع الكبريت، وبلغت الفعالية الزراعية النسبية للـ PR في الموسم الأول 102%، ووصلت إلى 145% في الموسم الثاني. ظهر الأثر الإيجابي لعملية الخلط مع الكبريت على استجابة اللفت الزيتي في الموسم الثاني، بينما لم يكن هذا الأثر واضحاً في الموسم الأول. ربما يعود العامل الأساس في استجابة اللفت الزيتي إلى تمتعه بخاصية طرح الأحماض العضوية في المحيط الجذري للنبات الأمر الذي يزيد من انحلال الصخر الفوسفاتي.

**الكلمات المفتاحية:** اللفت الزيتي، الصخر الفوسفاتي، الكبريت، الفعالية الزراعية.

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

## مقدمة:

يعتبر نقص الفوسفور من العوامل الرئيسية المحددة لإنتاج المحاصيل في العديد من الترب الزراعية، يتم تأمين هذا العنصر الغذائي بهدف تحقيق نمو أمثل للنبات بواسطة استخدام الأسمدة الفوسفاتية المعدنية شائعة الاستخدام. لقد بينت الدراسات أن جزءاً مهماً من الفوسفور المضاف في الأسمدة الكيميائية القابلة للذوبان يتعرض لتفاعلات معقدة تؤدي لتثبيته وتخفيض إتاحته للنبات، وهذا ما يؤدي إلى ارتفاع تكلفة العملية التسميدية.

يشكل الصخر الفوسفاتي ( Phosphate Rock, PR) بديلاً طبيعياً آمناً بيئياً، ورخيص الثمن يمكنه إغناء التربة بالفوسفور القابل للامتصاص، هذا في حال توفر إمكانية انحلاله في الترب السورية. هذا من الأهمية بمكان خاصة وأن القطر العربي السوري يتمتع بامتلاكه مخزوناً احتياطياً من الصخر الفوسفاتي يتراوح بين ألف مليون طن (عباس وجبيلي، 1996 ) و 1800 مليون طن(USGS, 2012). لقد بينت الدراسات بأن الصخر الفوسفاتي عند إضافته للأراضي الزراعية يكون أقل عرضة للفقد مع مياه السيل السطحي (Chien *et al.*, 2010)، كما بينت الدراسات الأولية بأن الصخور الفوسفاتية السورية تتمتع بفعالية زراعية مهمة، وتختلف أهميتها بحسب ظروف التربة المستخدمة فكانت عالية جداً في الترب الحامضية ( حبيب و شين،2002 ؛ Alloush, 2003)، أما في الترب المائلة إلى القلوية فقد تباينت فعاليتها بحسب النبات المزروع (ناصر و حبيب، 2009)، ويعود العامل الأساسي الذي حال دون الانتشار الواسع للصخر الفوسفاتي في هذه الترب إلى التأثير السلبي لخصائص التربة المائلة إلى القلوية، وخاصة الكلسية منها، على انحلال الصخر الفوسفاتي، ولعل أهم هذه الخصائص هي درجة حموضة التربة (pH) المائلة إلى القلوية ومحتوى محلول التربة من كربونات الكالسيوم، كما تبين معادلة الانحلال للفلوروأباتيت الذي يعتبر الشكل السائد للفوسفور في الترب الكلسية (Kanabo and Gilkes, 1987):

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

لقد بين Hammond وزملاؤه (1986) وبحسب معادلة الانحلال بأن انحلال الصخر الفوسفاتي يزداد في ظروف التربة: منخفضة الpH، ذات المحتوى المنخفض من الكالسيوم والفوسفور في محلول التربة، وكذلك يزداد انحلال الصخر الفوسفاتي كلما ارتفعت قدرة التربة على تثبيت الفوسفور (Chien et al.,1980).

لقد شاع استخدام بعض الممارسات لتحفيز انحلال الصخر الفوسفاتي ورفع فعاليته الزراعية، ومنها خلطه مع عنصر الكبريت (Rajan, 1983,1987; حبيب، 2009). إن أكسدة الكبريت من قبل بكتريا الـ Thiobacillus ينتج حمض الكبريت الذي يسبب انخفاضاً لدرجة الـ pH في محيط حبيبات الصخر كما في التفاعل:

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

مما يساهم لاحقاً في انحلال حبيبات الصخر الفوسفاتي الملامسة وفق التفاعل:

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

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

يؤثر معدل الخلط بين PR والكبريت على انحلال الصخر الفوسفاتي وبالتالي فعاليته عند استخدامه مباشرة في الزراعة. أظهرت دراسات مبكرة أن الخليط PR/ S يمكن أن يكون فعالا بقدر السوبر فوسفات المفرد SSP عندما تراوحت نسبة الخليط PR: S بين 1:1 الى 1: 5 (Kittams and Attoe, 1965)، ويمكن زيادة النسبة الى PR: S = 7:1 دون تأثر الفعالية الزراعية عند استخدام صخور فوسفاتية فعالة (Rajan, 1983). كما حصل Rajan

(2002) على نتيجة مماثلة باستخدام خليط PR: S= 14:1 في المراعي الدائمة. في حين بينت دراسة في تجربة تحضين مخبرية لتربة مائلة للقاعدية (pH= 7.3) تأثير معدل الخلط بين الصخر الفوسفاتي والكبريت على انحلال الصخر الفوسفاتي (حبيب، 2009 )، وفي دراسات أخرى نفذت في أصص في البيت البلاستيكي أظهرت النتائج تأثير معدل الخلط على إنتاجية نبات الجازون (*Loliumperenne spp.*) (حبيب،2011; ناصر وحبيب، 2009).

يعتبر عامل النبات أحد العوامل المؤثرة في فعالية استخدام الصخر الفوسفاتي كمصدر للفوسفور عند انخفاض محتوى التربة من الفوسفور المتاح، حيث تختلف الأنواع النباتية في متطلباتها لامتصاص الفوسفور وكذلك في قدرتها على امتصاصه من محلول التربة (Baligar *et al.*, 2001). كما لوحظ وجود اختلافات كبيرة بين الأنواع النباتية من حيث قدرتها على استخلاص الفوسفور من الصخر الفوسفاتي (Hocking, 2001; Habib *et al.*, 2003). يمكن للنباتات أن تؤثر في معدّل انحلال الصخر الفوسفاتي بآليات مختلفة منها: الطبيعة الكيميائية للراشحات الجذرية في منطقة الرايزوسفير إذ تتميز بعض النباتات برشح أحماض عضوية كحمض الستريك، الماليك، و 2α− Ketogluconic تحت ظروف نقص الفوسفور تسبب انخفاض درجة الـ (pH) في المحيط الجذري، يمكن لهذه الأحماض أن تشكل عوامل خلب (Chelating agents) وتعقيد (Complexing) للكالسيوم (Hoffland *et al.*, 1989). لقد حاولت Hoffland (1992) تحديد الأثر المتوقع لرشح الأحماض العضوية على امتصاص الفوسفات من صخر مالي الفوسفاتي (Mali PR)، وتمكنت من قياس أحماض الستريك والماليك الراشحه من نباتات اللفت الزيتي (*Brassica napus* L) تحت ظروف نقص الفوسفور، فاستنتجت أن نبات اللفت الزيتي يزيد من امتصاص الفوسفور من الصخر الفوسفاتي عن طريق تخفيض درجة (pH) الرايزوسفير، وكذلك عن طريق خلب الكالسيوم من قبل الأحماض العضوية الراشحه، ولقد بيّنت الدراسات في السنوات اللاحقة قدرة نبات اللفت الزيتي على استخدام الصخور الفوسفاتية الفعالة في الترب المائلة للقاعدية (Habib *et al.*, 1999; Chien, 2003). تتميز نباتات أخرى كالقمح الأسود (Buckweat) واللفت الزيتي (Rape plant) والترمس (lupines) ( مجر وحبيب، 2016) بقدرتها على امتصاص كميات كبيرة من الكالسيوم، مما يفسر قدرتها على استعمال صخور الأباتيت الكلسية كمصدر للفوسفور (Hocking, 2001). كما تعتبر النباتات البقولية (Legumes) كفوءة في استخدام الصخر الفوسفاتي لقدرتها العالية على امتصاص نواتج الانحلال بسبب احتياجاتها الكبيرة للكالسيوم وكذلك لقدرتها على خفض درجة الـ (pH) في المحيط الجذري نتيجة تثبيت الآزوت الجوي (Ankomah *et al.*, 1995) وكذلك نتيجة لقدرة مجاميعها الجذرية على طرح كميات كبيرة من الأحماض العضوية والفينولية كالحمص نموذجاً (Alloush, 1990).

## أهمية البحث وأهدافه:

تأتي أهمية البحث من كون الصخر الفوسفاتي أحد الفلزات الطبيعية المتوفرة في القطر العربي السوري، لذلك فإن إمكانية استخدامه المباشر كمصدر فوسفوري طبيعي رخيص الثمن سوف يعود بالفائدة على المزارع من حيث تقليل كلفة الإنتاج، كما أن استخدامه عوضاً عن الأسمدة الكيميائية قد يساهم في التقليل من التلوث البيئي بالفوسفور. يهدف البحث الى دراسة استجابة نبات اللفت الزيتي للتسميد بالصخر الفوسفاتي وأثر كل من معدل الصخر المضاف ومعدل الخلط مع الكبريت على هذه الاستجابة.

## طرائق البحث ومواده:

### الموقع:

نفذت تجربة حقلية في حقل في قرية الهنادي، منطقة اللاذقية. حددت بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل على عمق 0–30 سم، حُدد قوام التربة باستخدام طريقة الهيدرومتر (Bouyoucos, 1962)، ومحتواها من كربونات الكالسيوم الكلية بطريقة المعايرة الرجعية (Back titration)، ومحتواها من المادة العضوية بطريقة Walkely و Black (1934). يظهر الجدول(1) بأن التربة ذات قوام رملي لومي، ودرجة pH مائلة للقلوية، وبلغ محتواها من كربونات الكالسيوم الكلية (5.6%)، وذات محتوى منخفض من الفوسفور المتاح ( 3.4 مغ/ كغ تربة).

### مواد التجربة:

**الصخر الفوسفاتي (Phosphate Rock (PR:** تم الحصول على الفوسفات الخام (**الصخر الفوسفاتي**) من الجزء المتفتت من توضعات الفوسفات السورية في موقع عين ليلون (الحفة) التي تقع على بعد 30 كم إلى الشرق من مدينة اللاذقية، وهو على شكل فلز الأباتيت من نوع كربونات– فلوروأباتيت، و يقترب في خصائصة من الفرانكوليت (عباس و جبيلي، 1996). طحن الصخر ونخل بوساطة منخل قطر فتحاته (150 µm) 100 mesh وقدر محتواه من الفوسفور الكلي بطريقة ( Olsen and Sommers, 1982) وكان 12.05% P في العينة الصخرية، أما صيغته التجريبية (Habib *et al.*, 1999) $Ca_{9.64}$ $Na_{0.26}Mg_{0.10}$ $(PO_4)_{5.02}(CO_3)_{0.98}$ $F_{2.39}$. يشكّل الفوسفور المنحل في سترات الأمونيوم المتعادلة (Neutral Ammonium Citrate) نسبة 2% من الصخر الفوسفاتي، يصنف بناءً عليه هذا الصخر بأنه متوسط إلى عالي الفعالية الزراعية النسبية وذلك تبعاً للتصنيف المقترح من قبلHammond وزملاؤه (1986) . ويحتوي على 6.4% من $CaCO_3$.

**السوبر فوسفات الثلاثي (Triple Super Phosphate = TSP)** : يحوي 46% $P_2O_5$(P=20.08%).

**الكبريت** : استخدم زهر الكبريت التجاري الناعم

**المادة النباتية:** اللفت الزيتي (Rape plant) (*Brassica napus L.*): يتبع العائلة الصليبية، وتم اختياره لطبيعة راشحاته الجذرية التي تحتوي على أحماض عضوية يمكنها المساهمة في انحلال الصخر الفوسفاتي.

**جدول 1: بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع**

| خواص التربة | |
|---|---|
| الطين % | 16.8 |
| السلت % | 14.7 |
| الرمل % | 68.5 |
| $pH_{H2O}$ (1:2.5) | 7.8 |
| الكربون العضوي % | 2.9 |
| $CaCO_3$ % (الكلية) | 5.6 |
| CEC (meq/100g) | 14.1 |
| الكالسيوم المتبادل (meq/ 100g) | 8.5 |
| Olsen– P (mg/ kg) | 3.4 |

**المعاملات والمعدلات السمادية:**

تضمنت الدراسة **معاملة الصخر الفوسفاتي PR** بواقع أربعة معدلات 0، 400، 800، 1200 مغP/ كغ تربة. ولتبيان أثر عملية الخلط مع الكبريت (S) على استجابة النبات للصخر الفوسفاتي حضرت **معاملة الخليط (PRS)** التي استقبلت المعدلات ذاتها من الصخر الفوسفاتي وطبق الكبريت بثلاثة معدلات خلط نسبة للصخر الفوسفاتي وزناً 10%، 20%، 50%. ولهدف المقارنة وتقدير الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي فقد حضرت **معاملة من سماد السوبر فوسفات الثلاثي (TSP)** التي استقبلت ذات المعدلات السابقة من الفوسفور. نفذت جميع المعاملات بواقع ثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة، وبالتالي بلغ عدد القطع التجريبية 48 ويوضحها الجدول (2)، وبلغت مساحة كل قطعة 2.8 م$^2$.

أضيفت المصادرالسمادية (TSP, S, PR) بحسب المعاملة قبل موعد الزراعة بـ 15يوم وذلك لمرة واحدة لموسمين زراعيين وذلك نثراً على سطح التربة ومن ثم قلبها في التربة على عمق 10سم. وأضيف السماد البوتاسي بصورة كبريتات البوتاسيوم (50% $K_2O$) بمعدل 0.0336 كغ لكل قطعة تجريبية ولجميع المعاملات مع الأسمدة الفوسفاتية عن طريق القلب في التربة، في حين أضيف السماد الآزوتي بصورة نترات الأمونيوم (33.5% N) وبمعدل 0.1 كغ لكل قطعة تجريبية لاحقاً بعد الإنبات مباشرة نثراً على خطوط والسقاية لضمان ذوبانه.

زرع نبات **اللفت الزيتي** على موسمين متتاليين(عامي 2012 و 2013)، حيث زرعت البذور في حفر (2-3 بذرة في الحفرة) على خطوط بتباعد 40 سم، و 10 سم بين النباتات ضمن الخط الواحد. تم الخف إلى نباتين عند مرحلة ظهور 3- 4 أوراق. تضمنت عمليات العناية بالتجربة الري عند انحباس الأمطار والتعشيب بشكل دوري طيلة فترة التجربة.

**الحصاد والقراءات:**

حصدت النباتات في مرحلة ظهور العنقود الزهري وذلك باستخدام إطار خشبي مساحته 1م$^2$ (2 م X0.5 م)، وذلك بوضعه في وسط القطعة التجريبية لاستبعاد الأطراف. نفذت عملية الحصاد بقص النباتات داخل الاطار، تم وزن النباتات المحصودة بعد تقطيعها وخلطها جيداً، وأخذ عينة عشوائية ممثلة وسُجل الوزن الرطب لها، ومن ثم تم غسيل هذه العينات بالماء لتخليصها من الحبيبات الصلبة العالقة بها، قبل تجفيفها في الفرن على درجة حرارة 70 درجة مئوية ولمدة 48 ساعة، وتم أخذ الوزن الجاف، ثم تم بعد ذلك هضم عينة نباتية بطريقة الهضم الجاف وقدر الفوسفور الكلي الممتص Total-P uptake بطريقة الفاندايت موليبدات.

**جدول(2) معاملات ومعدلات الإضافة للتجربة الحقلية**

| المعاملة | معدل p المضاف | | معدل S بالنسبة لـ % |
|---|---|---|---|
| | mgP/kg Soil | Kg P/hectar * | PR |
| Control | - | - | - |
| $PR_1$ | 400 | 520 | - |
| $PR_2$ | 800 | 1040 | - |
| $PR_3$ | 1200 | 1560 | - |
| $PR_1S_1$ | 400 | 520 | 10% |
| $PR_1S_2$ | 400 | 520 | 20% |

| | | | |
|---|---|---|---|
| $PR_1S_3$ | 400 | 520 | 50% |
| $PR_2S_1$ | 800 | 1040 | 10% |
| $PR_2S_2$ | 800 | 1040 | 20% |
| $PR_2S_3$ | 800 | 1040 | 50% |
| $PR_3S_1$ | 1200 | 1560 | 10% |
| $PR_3S_2$ | 1200 | 1560 | 20% |
| $PR_3S_3$ | 1200 | 1560 | 50% |
| $TSP_1$ | 400 | 520 | - |
| $TSP_2$ | 800 | 1040 | - |
| $TSP_3$ | 1200 | 1560 | - |
| *: تم حساب وزن هكتار من التربة اعتماداً على المساحة وعمق الطبقة الزراعية وكثافة التربة. | | | |

أخذت عينة تربة من كل قطعة تجريبية، في نهاية كل موسم ثم جففت هوائيا ونخلت بمنخل قطر 2 مم واحتفظ بها لإجراء التحاليل المخبرية حيث قدر محتوى التربة من الفوسفور المتاح بطريقة أولسن (Olsen-P) وتم قياس درجة الـ pH في معلق مائي (soil : $H_2O$ = 1 : 2.5) باستخدام جهاز الـ pH- meter.

**الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي (Relative Agronomic Effectiveness= RAE%)**: تم حسابها لدراسة استجابة نبات اللفت الزيتي للصخر الفوسفاتي، ويقصد بها مقارنة كمية المادة الجافة المنتجة من معاملة الصخر الفوسفاتي أو من معاملة الخليط مع الكبريت (PRS) مع كمية المادة الجافة المنتجة من معاملة سماد TSP. وتحسب عن طريق استخدام المعادلة نصف اللوغاريتمية التي تربط بين كمية المادة المنتجة باستخدام المصادر السمادية الفوسفورية المختلفة (Chien *et al* 1990; Habib *et al*. 1999):

$$Y_i = Y_o + B_i \ln(X) , \quad X>0$$

$Y_i$ = كمية المادة الجافة مقدرة غ/أصيص، $Y_o$ = كمية الإنتاج بغياب المصدر الفوسفوري (الشاهد) حيث اعتبر أن معاملة الشاهد استقبلت 1 ppm من الفوسفور لكي يمكن أخذ اللوغاريتم، 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. وعندئذ فإن RAE% هي النسبة المئوية لميل الخط البياني للمعاملة المراد حساب فعاليتها الزراعية ($B_i$ ($B_{PR}$, $B_{PRS}$) إلى ميل المنحنى البياني لمعاملة الـTSP ($B_{TSP}$) كنسبة مئوية:

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

**التحليل الإحصائي**: تم بإجراء تحليل التباين ANOVA لبيان تأثير الإضافة الفوسفورية (P)، والكبريت (S)، والتأثير المتداخل بينهما (PR*S)، وذلك باستخدام برنامج (SAS Institute, 1999)، كما وتم فصل المتوسطات بحساب قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند درجة معنوية 0.05 .

## النتائج والمناقشة:

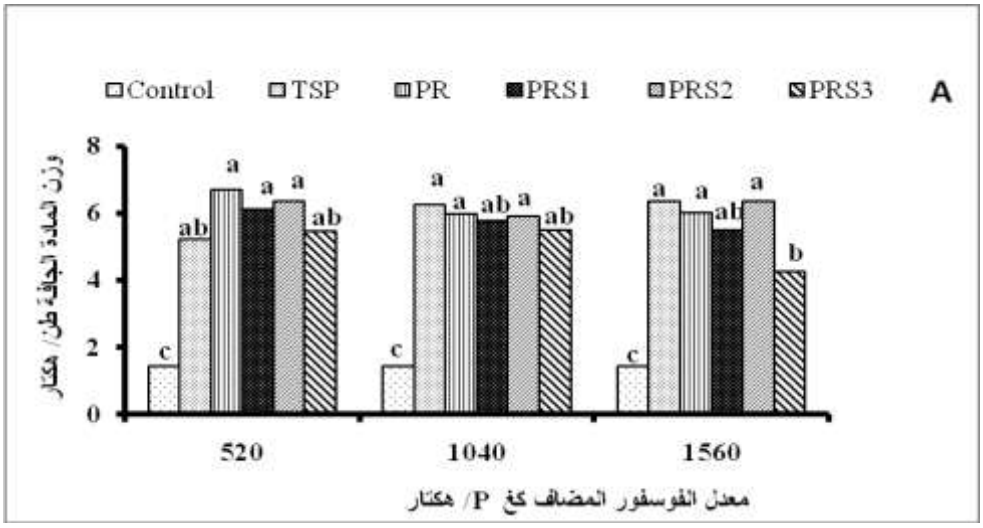
تبين نتائج الموسم الأول استجابة اللفت الزيتي للمصدر الفوسفاتي قليل الانحلال (PR) عند إضافته لوحدة بدون إضافة الكبريت (S) (شكل A1)، لقد ازداد الوزن الجاف للمجموع الخضري بالمقارنة مع الشاهد فكان الإنتاج

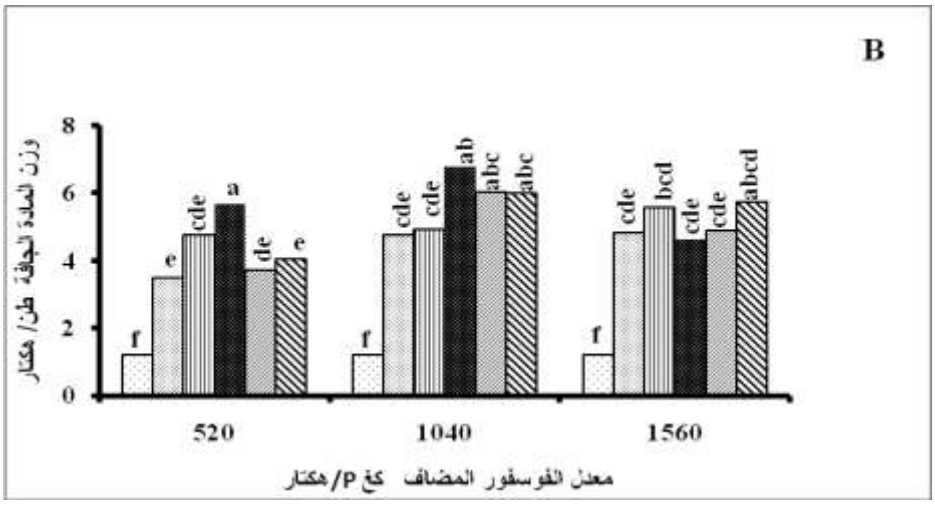
6.7، 6 و 6 طن/هكتار في المعدلات الثلاث المضافة $PR_1$، $PR_2$، $PR_3$ على التوالي بالمقارنة مع 1.4 طن/هكتار للشاهد، وبلغت قيمة الزيادة عند المعدلات الثلاث 5.3 4.6 ,4.6 طن/هـ على التوالي، إن رفع معدل الصخر إلى 1040 ($PR_2$) و 1560($PR_3$) كغ P/ هـ لم تتسبب بأي زيادة معنوية في الإنتاج الخضري بالمقارنة مع المعدل الأول $PR_1$= 520 كغ P/هـ. إن قطر الجذور وعدد الشعيرات الجذرية وطولها يزداد عندما ينخفض تركيز الفوسفور في محلول التربة مما يزيد من قدرة النبات على امتصاص الفوسفور (Foehse and Jungk, 1983)، الأمر الذي ربما يفسر سبب الاستجابة العالية عند إضافة الفوسفور بالمعدل الأول 520 كغ P/هـ وعدم استمرار الزيادة في الانتاج برفع معدل الاضافة إلى 1040 و 1560كغ P/هـ.

لم يكن لإضافة الكبريت أي تأثير معنوي عند خلطه بالمعدلات الثلاثة ( $S_1$= 10%، $S_2$= 20%، $S_3$=50%) مع المعدل الأول $PR_1$ والثاني $PR_2$ من الصخر الفوسفاتي على نمو نبات اللفت الزيتي في الموسم الأول، في حين أثرت عملية الخلط بالكبريت تأثيراً سلبياً على الإنتاج عند المعدل الفوسفوري الثالث $PR_3$ ونسبة الخلط $PR_3S_3$)50% فكانت كمية المادة الجافة المنتجة في هذه المعاملة ( 4.2 طن/ هكتار) وهي الأقل إنتاجاً في معاملات الموسم الأول، وكان هذا النقص معنويا عند مقارنتها مع نفس معدل الإضافة دون الكبريت ($PR_3$) والتي كان إنتاجها 6 طن/هكتار.

إن استجابة النبات للـ (PR) في معدلاته الثلاثة متشابهة معنوياً مع إنتاج معاملة السوبر فوسفات (TSP) لذات معدلات الإضافة، لا بل تفوق الإنتاج الجاف في معاملة المعدل الأول من الـ $PR_1$ المضاف فبلغ 6.7 طن/هكتار مقابل 5.2 لمعاملة السوبر فوسفات لنفس المعدل ولكن لم يكن الاختلاف بينهما معنوياً.

أظهرت نتائج الموسم الثاني للإنتاج الجاف للمجموع الخضري (شكل B–1) أن نبات اللفت الزيتي حقق استجابة عالية أيضاً للـ PR، فكان الإنتاج الجاف للمجموع الخضري في جميع المعدلات مشابهاً وأحيانا زائداً لما أنتجته معاملة السوبر فوسفات (TSP) عند نفس المعدل لكن لم تكن هذه الزيادات معنوية. أدت عملية خلط الـ PR في المعدلين الأول والثاني مع الكبريت عند النسبة الأولى للخلط $PR_1S_1$ و $PR_2S1$ إلى زيادة معنوية في الإنتاج بالمقارنة مع كل من معاملة الـ PR لوحده ومعاملة الـTSP عند نفس المعدل، في حين لم تبد نسب الخلط الأخرى مع الكبريت أي فروقات معنوية في الإنتاج بالمقارنة مع معاملات الـ PR والـ TSP.






**شكل (1): إنتاج المادة الجافة في الموسم الأول(A) والثاني(B) لنبات اللفت الزيتي من جراء إضافة المعدلات التالية520=TSP1=PR1، 1040=TSP2=PR2، 1560=TSP3=PR3 كغ P/هكتار) وخليط الصخر الفوسفاتي مع ثلاث نسب خلط مع الكبريت 10%=S1، 20%=S2، 50%=S3**

تبين النتائج أيضاً اختفاء الأثر السلبي لعملية الخلط مع الكبريت عند المعدل الثالث للـ PR والمعدل الثالث للخلط مع الكبريت $PR_3S_3$ والتي ظهرت في الموسم الأول، فكان الإنتاج فيها متشابها لما أنتجته نسب الخلط الأخرى. بالمقارنة مع الموسم الأول، ظهر انخفاض عام في نمو اللفت الزيتي في الموسم الثاني في معظم المعاملات فكان الانخفاض كبيراً في معاملات الـ TSP، خاصة عند المعدل الأول للإضافة TSP1 حيث بلغ حوالي 33%. ولوحظ أيضاً انخفاض الإنتاج في معاملة الـ PR وكان هذا الانخفاض أكثر أهمية عند المعدل الأول $PR_1$ فكانت 31% في حين كان 18 و 7% عند المعدلين الثاني والثالث على التوالي. أما في معاملات الخلط مع الكبريت، فقد ظهر تحسن للنمو في معاملة الخلط الثالثة $PR_3S_3$ ووصلت هذه الزيادة لحوالي 32% بالمقارنة مع الموسم الأول.

يعتبر اللفت الزيتي أحد النباتات الكفوءة في استخدام المصادر السمادية قليلة الانحلال، فهو يتصف بقدرته على رشح الأحماض العضوية (Hoffland *et al.*, 1989; Hoffland, 1992) التي تساهم في تحفيز انحلال حبيبات الصخر الملامسة، تُظهر نتائج تقدير الفوسفور المتاح (Olsen–P) بعد حصاد النبات في كل من الموسمين بأن محتوى معاملة الـ PR في المعدلات الثلاثة معادلة لما يحتويه الشاهد (جدول 3).

**جدول (3): الفوسفور المتاح Olsen– P (مغ / كغ تربة) بعد حصاد اللفت الزيتي في الموسمين**

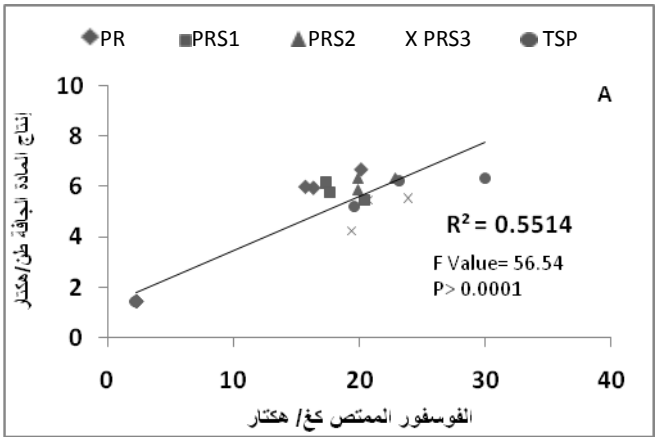
| الفوسفور المضاف كغ/ هـ | TSP | PR | معدل الكبريت المضاف كنسبة مئوية للصخر الفوسفاتي 0 | S1=10% | S2=20% | S3=50% | LSD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | الموسم الأول | | | | | |
| 0 | | Control | 9.73 | | | | |
| 520 | 224.8 | $PR_1$ | $6.7^{c}$ | $8.57^{bc}$ | $13.56^{ab}$ | $16.59^{a}$ | 5.47 |
| 1040 | 309.3 | PR2 | $9.55^{b}$ | $8.03^{b}$ | $14.63^{b}$ | $66.4^{a}$ | 27.9 |
| 1560 | 535.8 | $PR_3$ | $9.64^{b}$ | $12.85^{b}$ | $31.47^{b}$ | $135.74^{a}$ | 63.56 |

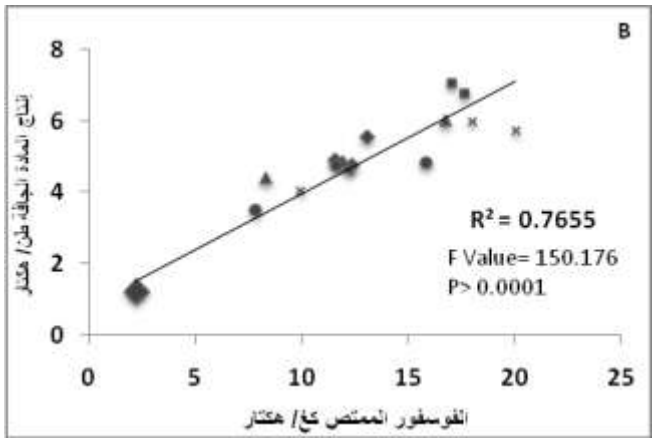
| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| LSD | | | 61.6 | | | | |
| | | الموسم الثاني | | | | | |
| 0 | | control | 5.53 | | | | |
| 520 | 58.891$^{e}$ | $PR_1$ | 5.698$^{c}$ | 8.496$^{c}$ | 14.512$^{b}$ | 27.416$^{a}$ | 5.86 |
| 1040 | 90.017$^{c}$ | $PR_2$ | 7.45$^{d}$ | 10.502$^{c}$ | 18.436$^{b}$ | 75.762$^{a}$ | 2.26 |
| 1560 | 150.961$^{a}$ | $PR_3$ | 7.101$^{c}$ | 17.913$^{c}$ | 40.712$^{b}$ | 126.2$^{a}$ | 20.75 |
| LSD | | | 10.56 | | | | |

الأحرف المختلفة تشير إلى الفروق المعنوية في كل سطر

أدت عملية الخلط مع الكبريت في الموسم الأول بمعدل 50% لزيادة في الفوسفور المتاح لكن لم تكن معنوية في $PR_1S_3$ و $PR_2S_3$ بالمقارنة مع الشاهد وذلك عند التحليل الاحصائي لكامل التجربة، ويعود ذلك لارتفاع قيمة الـ LSD بسبب الفروقات الكبيرة في انحلال المصادر السمادية (PR و TSP)، لكن كان الفرق معنوياً عند المعدل الثالث للصخر الفوسفاتي المضاف $PR_3S_3$ حيث بلغت قيمة الفوسفور المتاح 135.7مغ/كغ تربة، وقد ظهر التأثير إيجابياً بشكل عام لعملية الخلط مع الكبريت على انحلال الصخر الفوسفاتي بشكل معنوي في الموسم الثاني حيث ارتفعت قيمة الفوسفور المتاح عندما تم خلط الصخر الفوسفاتي مع الكبريت بمعدل 50% عند جميع معدلات PR المضافة، وتجاوزت قيمة الفوسفور المتاح في المعدل الثالث للصخر الفوسفاتي ($PR_3S_3$) تلك القيم التي ظهرت في معاملتي الـ $TSP_1$و TSP. تظهر قيم الـ LSD عند كل معدل إضافة للصخر الفوسفاتي ونسب الخلط المختلفة دور الكبريت المؤثر في انحلال الـ PR وإتاحة الفوسفور في الجدول (3).

يعتبر الفوسفور المتاح من العوامل المؤثرة في استجابة النبات وإنتاج المادة الجافة، فمن خلال دراسة الفعالية الداخلية (internal efficiency) والتي تعرّف بمعدل كمية المادة الجافة المنتجة إلى الفوسفور الممتص من قبل النبات (Khasawneh and Doll, 1978) تم الحصول على علاقة معنوية جيدة ($R^2$>0.5) عند ($p$<0.0001) بين العاملين وفي كلا الموسمين ( شكل 2).



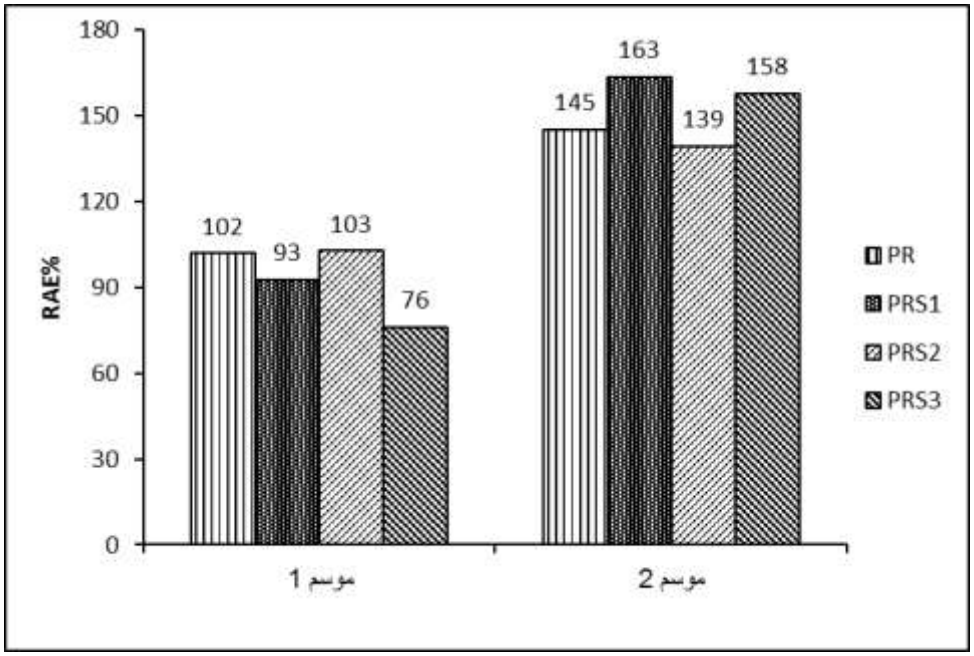



**شكل2: الفعالية الداخلية للمصادر الفوسفورية المختلفة لإنتاج المادة الجافة للموسم الأول (A) والموسم الثاني (B)**

تم حساب الفعالية الزراعية النسبية (RAE%) باستخدام دالة الميل *Bi* من المخطط نصف اللوغاريتمي لاستجابة النبات للمصادر الفوسفورية المختلفة. تبين النتائج بأن الـPR تميز بفعالية زراعية نسبية مرتفعة فاقت قليلاً الـTSP في الموسم الأول فبلغت 102%. بالرغم من الانخفاض العام في إنتاج المادة الجافة في الموسم الثاني لكن بلغت قيمة الفعالية الزراعية لهذه المعاملة 145% بالمقارنة مع الـ TSP(شكل 3).

كان تأثير عملية الخلط مع الكبريت بنسبة 10 و 20% قليلاً على الفعالية الزراعية النسبية في الموسم الأول، في حين أثر الخلط بنسبة 50% سلباً عليها كما كان الحال في المادة الجافة حيث بلغت قيمتها 76% في المعاملة (PRS3). ظهر ارتفاع عام في قيمة الفعالية الزراعية النسبية في الموسم الثاني في معاملات الخليط مع الكبريت بالمقارنة مع الموسم الأول خاصة عند نسبة الخلط الثالثة (50%)، فقد زال الأثر السلبي للخلط مع الكبريت وبلغت قيمة الفعالية الزراعية النسبية 158% بالمقارنة مع TSP في حين كانت 145% في معاملة الـ PR عند إضافته لوحده.

تبين هذه الدراسة بأن الصخر الفوسفاتي يتمتع بأثر متبقي كبير مكنت اللفت الزيتي من الاستفادة من الصخر الفوسفاتي لموسمين متتاليين وذلك بسبب تحلله البطيء والمستمر، وهذا يؤكد النتائج السابقة لـ ناصر (2010).




**شكل3: الفعالية الزراعية النسبية للنبات في معاملات الصخر الفوسفاتي(PR) وخليطه مع ثلاث نسب من الكبريت (PRS3=50%, PRS2=20%,PRS1=10%)**

إن عملية انحلال الصخر الفوسفاتي عملية بطيئة ومستمرة ومن هنا جاء دور عامل الزمن، حيث تزايدت الاستجابة المتمثلة بالفعالية الزراعية النسبية في الموسم الثاني وتفوقت فيه جميع المعاملات على الـ TSP (حيث أن إضافة الأسمدة تمت لمرة واحدة في بداية التجربة (Rajan, 1987).

يعود العامل الأساس في انحلال الـ PR لدرجة pH المحيطة بحبيبات الصخر. يتمتع نبات اللفت الزيتي بخاصية الرشح الجذري لأحماض عضوية منخفضة الوزن الجزيئي في المحيط الجذري للنبات كأحماض الماليك والستريك (Hoffland *et al*., 1989; Hoffland, 1992). تسبب هذه الأحماض انخفاضاً ملحوظاً في درجة الـ pH (Chien *et al*, 2003; Hoffland *et al*, 1989). الأمر الذي يمكّن هذه النباتات من تحرير الفوسفور من المصادر الفوسفاتية القليلة الانحلال بطريقة فعّالة (مجر وحبيب 2016). وتتمثل آلية عمل الأحماض العضوية في انحلال الصخر الفوسفاتي بآليتيين مختلفتين، فمن جهة يؤدي انخفاض درجة الـ pH إلى تحفيز انحلال حبيبات الصخر الملامسة، ومن جهة أخرى يمكن للرباطات العضوية (جذور المالات والسترات) أن تخلب Chelating شوارد الكالسيوم في الصخر الفوسفاتي الأباتيتي مما يسبب خللاً في شبكته البلورية وبالتالي تحرير الفوسفور منها (مجر وحبيب، 2016).

تبين نتائج قياس درجة الـ pH (جدول 4) أن إضافة الـ PR قد تتسبب بارتفاع طفيف في درجة الـpH في الموسم الأول وهي تؤكد نتائج Hammond (1979) التي بينت أن إضافة الفوسفاتي الأباتيتي قد تسبب ارتفاعاً طفيفاً في درجة الـ pH، حيث بين Sikora (2002 ) بأن الكربونات الموجودة في بنية الصخر الفوسفاتي تستهلك الـ $H^+$ وتسبب زيادة درجة الـ pH، ومع ذلك يُتوقع وجود بعض المواقع الدقيقة الميكرونية حول الشعيرات الجذرية تكون درجة الـpH فيها منخفضة، ففي حال حدوث تقاطع هذه الشعيرات الجذرية مع حبيبات الصخر الفوسفاتي سيؤدي بالتأكيد لانحلال الصخر الفوسفاتي وتحرير الفوسفور، وهو سبب استجابة النبات للصخر الفوسفاتي عند إضافته لوحده، مما أدى لارتفاع الفعالية الزراعية للصخر الفوسفاتي فبلغت 102% ، 145% في الموسم الأول والثاني، على التوالي.

يعتبر الكبريت عنصر هام لنمو نبات اللفت الزيتي ويوصى بإضافته كسماد للتربة بمعدلات لا تزيد عن 20 كغ/هيكتار (Jackson, 2000)، إن كمية الكبريت المستخدمة في هذه الدراسة تفوق كثيراً هذا المعدّل، يتعرض الكبريت المضاف لعملية الأكسدة وإنتاج حمض الكبريت الذي أدى لانخفاض واضح في درجة الـpH في جميع معاملات الخليط بعد الموسم الأول (جدول 4)، وازداد الانخفاض في درجة الـ pH بزيادة نسبة الخلط مع الكبريت فبلغ حوالي 0.77 درجة في المعاملة $PR_3S_1$ ووصل إلى 1.02 درجة في المعاملة $PR_3S_2$ وذلك بالمقارنة مع الشاهد، ووصلت قيمة الـpH إلى 5.69 في المعاملة $PR_3S_3$ بانخفاض بلغ 2.2 درجة بالمقارنة مع الشاهد 7.89، وربما تكون درجة الـpH الحقيقة في بعض المواقع الميكرونية حول حبيبات الكبريت أكثر انخفاضا من القيم التي تم قياسها.

تسبب درجات الـpH المنخفضة جداً بحصول أذية للجذور الملامسة في هذه المواقع السبب الذي أدى لانخفاض قدرتها في امتصاص العناصر الغذائية وخاصة الفوسفور بالرغم من توفره في التربة حيث تراوح تركيزه بين 16 و 135 ملغ P/كغ تربة في معاملات الصخر الفوسفاتي التي خلطت بـ 50 % كبريت بعد حصاد كل من الموسمين الأول والثاني (جدول 3)، أدى ذلك لانخفاض الإنتاج والفعالية الزراعية النسبية في هذه المعاملة في الموسم الأول، لقد بينت دراسة لـ ناصر وحبيب (2009 ) أيضاً التأثير السلبي لعملية خلط الـ PR مع الكبريت الحر على استجابة اللفت الزيتي للـ PR.

لقد بينت الأبحاث أن درجة الـpH المناسبة لنمو اللفت الزيتي بين 6 و 7 ويتأثر نموه عند درجات pH<5.5 (Boyles *et al.*, 2003 ). أدت إضافة سماد السوبر فوسفات الثلاثي إلى خفض درجة الـ pH أيضاً في جميع المعاملات وازداد الانخفاض بزيادة معدل الإضافة وبلغ حوالي 0.8 درجة في المعاملة $TSP_3$. لوحظت عودة درجة الـ pH للارتفاع في الموسم الثاني في جميع معاملات الخليط والـ TSP وذلك بالمقارنة مع نتائج الموسم الأول باستثناء المعاملة $PR_3S_3$ التي بقي فيها الانخفاض كبيراً وأصبحت قيمة الـpH =5.58 يعود ذلك لمعدل الكبريت الكبير جدا في هذه المعاملة، لقد حصل Evans (2010) على نتائج مشابهة واستنتج بأن درجة الـ pH تنخفض عند خلط الصخر الفوسفاتي مع الكبريت، لكن تبقى قيمة الانخفاض أقل مع مرور الزمن.

**جدول4 : قياس درجة الـpH في المعاملات قبل إضافة الأسمدة وبعد حصاد اللفت الزيتي في الموسمين**

| معدل الكبريت المضاف كنسبة مئوية للصخر الفوسفاتي | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| معدل P المضاف | مصدر | 0 | S1=10% | S2=20% | S3=50% |
| **قبل إضافة الأسمدة** | | | | | |
| 0 | Control | 7.89 | | | |
| 400 | $PR_1$ | 7.85 | 7.75 | 7.95 | 7.91 |
| | $TSP_1$ | 7.80 | | | |
| 800 | $PR_2$ | 7.91 | 7.77 | 7.85 | 7.85 |
| | $TSP_2$ | 7.83 | | | |
| 1200 | $PR_3$ | 7.74 | 7.74 | 7.92 | 7.80 |
| | $TSP_3$ | 7.84 | | | |
| **الموسم الأول** | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | Control | 7.89 | | | |
| 400 | $PR_1$ | 8 | 7.75 | 7.64 | 7.11 |
| | $TSP_1$ | 7.43 | | | |
| 800 | $PR_2$ | 7.95 | 7.56 | 7.20 | 6.33 |
| | $TSP_2$ | 7.28 | | | |
| 1200 | $PR_3$ | 7.99 | 7.12 | 6.87 | 5.69 |
| | $TSP_3$ | 7.02 | | | |
| **الموسم الثاني** | | | | | |
| 0 | control | 7.89 | | | |
| 400 | $PR_1$ | 7.92 | 7.91 | 7.9 | 7.35 |
| | $TSP_1$ | 7.7 | | | |
| 800 | $PR_2$ | 8.0 | 7.8 | 7.64 | 6.47 |
| | $TSP_2$ | 7.6 | | | |
| 1200 | $PR_3$ | 7.98 | 7.63 | 7.28 | 5.58 |
| | $TSP_3$ | 7.56 | | | |

## الاستنتاجات والتوصيات:

تؤكد هذه الدراسة بأن اللفت الزيتي يستخدم الصخر الفوسفاتي بكفاءة عالية وذلك بسبب الخواص الحمضية للراشحات الجذرية، فقد استجاب النبات ولعامين متتالين للصخر الفوسفاتي وحقق فعالية زراعية نسبية عالية تماثل سماد السوبر فوسفات الثلاثي في الموسم الأول، وتفوقت عليه في الموسم الثاني.

لم تؤثر عملية الخلط مع الكبريت إيجاباً على الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي في الموسم الأول، لا بل أثرت سلبياً على استجابة اللفت الزيتي عند إضافة الكبريت بنسب خلط عالية، وتقلّص هذا التأثير السلبي في الموسم الثاني. توصي الدراسة بأنه يمكن استخدام الصخر الفوسفاتي كمصدر للتغذية الفوسفورية لمحصول اللفت الزيتي في الترب المنخفضة المحتوى الكلسي. كما لايوصى بإضافة الكبريت في هذا النوع من الترب لما تسببه من انخفاض في درجة الحموضة التي قد تسبب أذية للمجموع الجذري.

## المراجع:

1. حبيب، ليلى. *دراسة الفعالية الزراعية النسبية لصخر فوسفاتي سوري وتأثرها بنسب الخلط بعنصر الكبريت*. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. 27 .1 .2011. 51-64.

2. حبيب، ليلى؛ وشين ، سن. *دراسة الفعالية الكيميائية والفعالية الزراعية النسبية لصخور فوسفاتية سورية في تربة حامضية*. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. سلسلة العلوم الزراعية. المجلد(24) .2002. 143 – 194.

3. حبيب، ليلى. *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 البيولوجية. مجلد 31. عدد 2. 2009. 9-20.

4. عباس، محمود ؛ جبيلي، يوسف.*الفسفات السورية*. مجلة عالم الذرة. العدد 43 .1996. 70-83.

5. مجر، حبيب. *استجابة نبات الترمس الأبيض Lupinus albus SP. للتسميد بالصخر الفوسفاتي ودور الأحماض العضوية في عملية انحلاله*. مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية. سلسلة العلوم الزراعية. 2016. قيد النشر.

6. ناصر، رباب. *الاستخدام المباشر للصخر الفوسفاتي في الزراعة وأثر خلطه مع عنصر الكبريت*. أطروحة ماجستير . كلية الزراعة . جامعة تشرين. 2010.

7. ناصر، رباب؛ وليلى، حبيب. *اختبار مقدرة اللفت الزيتي والجازون على امتصاص جذور الأورثوفوسفات من صخر فوسفاتي بعد خلطه بالكبريت الحر في عينتين من الترب الجيرية*. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات. مجلد 31.العدد 5 .2009. 195 -211.

8. ALLOUSH, G.A. *Dissolution and effectiveness of Phosphate rock in acidic soil amended with cattle manure.* Plant Soil. 251. 2003. 37-46.

9. ALLOUSH, G. A. *The mechanism of iron mobilization from the soil minerals in the rhizosphere of Cicer arietinum L*. Ph.D Dissertation, University of Leeds, U. K.1990.

10. ANKOMAH, A.B., ZAPATA, F., DANSO, S.K.A. &AXMANN, H. *Cowpea varietal differences in uptake of Phosphorus from Gafsa Phosphate rock in a low P ultisol.* Fert. Res. 41. 1995.219 225.

11. BALIGAR, V; FAGERIA, N. K; ZE, Z. L. *Nutrient use efficiency in plants.* Com. Soil Sci. Plant Anal. 32. 2001. 921-950.

12. BOUYOUCOS, G. J. *Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soils.* Agron. J. 53. 1962. 464-465.

13. BOYLES, MARK C., THOMAS, F. PEEPER., CASE, R. MEDLIN. *Winter Canola Planting Guide for the Southern Great Plains*.. Oklahoma Cooperative extension service. 2003.

14. CHIEN, S. H; PROCHNOW, L. I; S. TUANDC, S; and SNYDER, S. *Agronomic and environmental aspects of Phosphate fertilizers varying in source and solubility*: an update review. Nutr. Cycl. Agroecosyst. ©Springer Science Business Media B.V. 2010.

15. CHIEN, S. H. *Factors affecting the agronomic effectiveness of Phosphate rock for direct application*. In ‘‘Direct Application of Phosphate Rock and Related Technology: Latest Development and Practical Experiences’’ (S. S. S. Rajan and S. H. Chien, Eds.), pp. 50–62. Special Publications IFDC-SP-37, IFDC, Muscle Shoals, AL.2003.

16. CHIEN, S. H; CARMONA, G; HENAO, J; and PROCHNOW, L. I. *Evaluation of rape response to different sources of phosphate rock in an alkaline soil.* Comm Soil. Sci. Plan 34. 2003. 1825– 1835.

17. CHIEN, S.H; SALE, P.W.G. & HAMMOND, L.L. *Comparison of effectiveness of various phosphate fertilizer products*. In Proceedings of international symposium on phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania, Manila, IRRI.1990. pp. 143–156.

18. CHIEN, S, H; LEON, L. A; and 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.

19. EVANS, J. *Effectiveness of reactive phosphate rock for P fertility management in Broad- Acre organic cropping*. RIRDC publication No. 10/213. 2010.

20. FOEHSE, D. and JUNGK, A. *Influence of phosphate and nitrate supply on root hair formation of rape, spinach and tomato plants.* Plant Soil. 74. 359-368. 1983.

21. HABIB, L; ALLOUSH, G. A; and 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.

22. HABIB, L; CHIEN, S. H; CARMON, G. and 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.

23. HAMMOND, L. L., CHIEN, S. H., and MOKWUNYE, A. U. *Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics.* Adv. Agron. 40. 1986. 89–138.

24. HAMMOND, L. L. *Agronomic measurements of phosphate rock effectiveness*. International Fertiliser Development Centre, Alabama, USA, Special Publication S-1, 1979. PP 147-173.

25. HOCKING, P. *Organic acids exuded from roots in Phosphorus uptake and aluminum tolerance of plants in acid soils.* Adv. Agron. 74. 2001. 63-93.

26. 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.

27. HOFFLAND, E; FINDENGG, G. R. and 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.

28. JACKSON, GRANT D. *Effects of Nitrogen and Sulfur on Canola Yield and Nutrient Uptake.* Agron. J. 92. 2000. 644–649.

29. KANABO, I. A. K; and GILKES, R. J. *The Role of soil pH in the dissolution of Phosphate rock fertilizers.* Fertilizer research. 12.1987. 165- 174.

30. KHASAWNEH.F.E; AND DOLL.C. *The use of phosphate rock for direct application.* Adv. Agron. 30. 1978. 159- 206.

31. KITTAMS, H.A. &ATTOE, O.J. *Availability of Phosphorus in rock Phosphate-sulphur fusions.* Agron. J. 57. 1965. 331–334.

32. OLSEN, S. R., and SOMMERS, L. E. ***Phosphorus***. In A. L. Page (ed.), *Methods of soil analysis*, Agron. No. 9, Part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA.1982 . P. 403- 430.

33. 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.

34. 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.

35. RAJAN, S.S.S. *Comparison of Phosphate fertilizers for pasture and their effect on soil solution Phosphate*. Com. Soil Sci. Plant Anal. 33. 2002. 2227–2245.

36. SAS Institute. (1999) SAS user's guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC.

37. SIKORA, F. J. *Evaluating and quantifying the liming potential of phosphate rocks*. Nutrient Cycling in Agro ecosystems. 63(1). 2002. 59- 67.

38. U. S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries. 2012.

39. WALKELEY, A. and BLACK, I. A . *An examination of the Degtjareff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.* Soil Sci. 37. 1934. 29-38.