

## تأثير النوع النباتي في الاستجابة للصخر الفوسفاتي كمصدر للتغذية الفوسفاتية في تربة قاعدية

رباب منير ناصر\*<sup>(1)</sup> ويلي أحمد حبيب<sup>(1)</sup> وغيث أحمد علوش<sup>(1)</sup>

(1). قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.  
(<sup>°</sup> للمراسلة: م. رباب منير ناصر. البريد الإلكتروني: [rababnasser1973@gmail.com](mailto:rababnasser1973@gmail.com)).

تاريخ القبول: 2018/07/02

تاريخ الاستلام: 2018/04/08

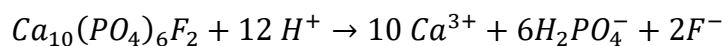
### الملخص

نفذت تجربة حقلية في قرية الهنادي الواقعة في جنوب محافظة اللاذقية في العام 2014 وذلك لدراسة استجابة وقدرة نباتات اللفت الزيتي والحمص والنجيل البلدي على استخدام الصخر الفوسفاتي السوري (PR) كمصدر للفوسفور. تضمنت الدراسة معاملة للصخر الفوسفاتي (PR)، ومعاملة للسوبر فوسفات الثلاثي (TSP)، ومعاملة الشاهد التي لم تتلق أي إضافة فوسفاتية. أضيفت المصادر الفوسفاتية بثلاثة معدلات 520، 1040، 1560 كغ P/هكتار. كما نفذت تجربة مخبرية باستخدام تقنية الآجار لتبيان دور المجموع الجذري للنبات في تغيير درجة الـ pH في الرايزوسفير. تبين النتائج استجابة اللفت الزيتي بشكل فعال للصخر الفوسفاتي، وبلغت الفعالية الزراعية النسبية للـ PR 102% بالنسبة للـ TSP في حين جاء نبات الحمص في المرتبة الثانية، وبلغت الفعالية الزراعية النسبية للـ PR 77.5% بالنسبة للسوبر فوسفات. أما نبات النجيل البلدي اختلفت فعاليته الزراعية بحسب رقم الحشة فتراوحت الفعالية الزراعية النسبية بين 2 و 75%، وبلغت 44% للإنتاج الكلي. ربما يعود العامل الأساس في استجابة النبات إلى التغيرات التي يحدثها مجموعها الجذري في درجة الـ pH نتيجة عملية الرشح للأحماض العضوية في نباتي اللفت الزيتي والحمص كما أوضحت تقنية الآجار.

**الكلمات المفتاحية:** اللفت الزيتي، الحمص، النجيل البلدي، الصخر الفوسفاتي، تقنية الآجار.

### المقدمة:

تستخدم الأسمدة الفوسفاتية التقليدية بشكل محدود في المناطق النامية بسبب كلفتها العالية، مما زاد ذلك من أهمية الاعتماد على الصخر الفوسفاتي (Phosphate Rock = PR) كمصدر للتغذية الفوسفورية للنبات. وتختلف الأنواع النباتية في متطلباتها من الفوسفور وقدرتها على امتصاصه من محلول التربة (Helyar, 1998; Baligar, 2001)، كما يعتبر النوع النباتي أحد العوامل المؤثرة في عملية انحلال الصخر الفوسفاتي، إضافة إلى كل من مصدر الصخر الفوسفاتي وخصائص التربة وعمليات الإدارة (Chien and Menon, 1995)، حيث أن لهذه العوامل مجتمعة تأثيرات مختلفة على التوازن في معادلة انحلال الفلورو أباتيت الذي يعتبر الشكل السائد للفوسفور في الترب الكلسية (Kanabo and Gilkes, 1987):



لقد بين Hammond *et al.*, (1986) بأن انحلال الصخر الفوسفاتي يزداد في ظروف تربة منخفضة الـ pH، ذات محتوى منخفض من الكالسيوم والفوسفور في محلولها.

تظهر الأنواع النباتية اختلافاً في قدرتها على استخلاص الفوسفور من الصخر الفوسفاتي (Habib *et al.*, 2003; Hocking, 2001)، فقد تباينت فعالية الصخر الفوسفاتي في الترب القاعدية بحسب النبات المزروع (ناصر وحبيب، 2009)، ووجد Bolan *et al.*, (1997) بأن الصخر الفوسفاتي ينحل بكفاءة أكبر بوجود النبات بالمقارنة مع غيابه، فالأنواع النباتية ومن خلال آليات مختلفة تمتلكها في منطقة الرايزوسفير يمكن أن تؤثر في معدل انحلال الصخر الفوسفاتي، إذ تتميز بعض النباتات برشح أحماض عضوية كحمض الستريك، الماليك، و 2α-Ketogluconic تحت ظروف نقص الفوسفور، تتسبب هذه الأحماض بانخفاض درجة الـ pH في المحيط الجذري، يمكن لهذه الأحماض أن تشكل أيضاً عوامل خلب (Chelating agents) قادرة على تعقيد الكالسيوم (Hoffland *et al.*, 1989) مما يحفز عملية انحلال حبيبات الصخر الفوسفاتي الملامسة للجذر، ولقد بينت دراسات لاحقة قدرة نبات اللفت الزيتي (Rape plant) على استخدام الصخور الفوسفاتية الفعالة في الترب المائلة للقاعدية (ناصر وحبيب، 2009; Habib *et al.*, 1999; Chien, 2003) عن طريق تخفيض درجة pH في المحيط الجذري للنبات (الرايزوسفير)، وكذلك عن طريق خلب الكالسيوم من قبل الأحماض العضوية الراشحة. تتميز نباتات أخرى كالقمح الأسود (Buckwheat) والتمرس (Lupines) بقدرتها على امتصاص كميات كبيرة من الكالسيوم، مما يفسر قدرتها المرتفعة على استعمال صخور الأباتيت الكلسية كمصدر للفوسفور (مجر وحبيب، 2016; Hocking, 2001). بينت أيضاً الدراسات أن طبيعة المجموع الجذري تساهم في قدرة النبات لاستغلال التربة المحيطة مما يمكن النبات من الوصول لعدد أكبر من دقائق الصخر الموجودة في محيطه، فالنباتات النجيلية التي تتميز بمجموع جذري ليفي كثيف تزيد من فرص وسطح التلامس بين الجذور ودقائق الصخر الفوسفاتي (Bekele *et al.*, 1983)، وهذا أيضاً ما وضحته دراسة Bolan *et al.*, (1990) حيث ازدادت فعالية الصخر الفوسفاتي عند استخدامه في المراعي الدائمة بسبب كثافة الجذور وبالتالي زيادة فرص التلامس بين الجذور ودقائق الصخر الفوسفاتي. تعتبر النباتات البقولية (Legumes) كقوة في استخدام الصخر الفوسفاتي كنبات الحمص على سبيل المثال بسبب متطلباتها العالية من الكالسيوم وللاثر الحامضي لعملية تثبيت الأزوت الجوي في منطقة الرايزوسفير، وكذلك نتيجة لقدرة مجاميعها الجذرية على طرح كميات كبيرة من الأحماض العضوية والفينولية (Ankomah *et al.*, 1995; Alloush, 1990).

تعتبر درجة pH التربة عاملاً هاماً في زراعة المحاصيل وذلك لارتباطها الكبير بإتاحة العناصر الغذائية المعدنية (Marschner, 1995). إن تغيرات درجة الـ pH حول الجذور في منطقة الرايزوسفير شائعة جداً، ويمكن أن تعود لأسباب مختلفة منها: تنفس الجذور ومايقابله من تحرير CO<sub>2</sub>، اختلال التوازن في امتصاص كاتيون-أنيون، وتعتمد بشكل خاص على مصدر النتروجين، ورشح الأحماض العضوية، وتعزيز خروج بروتون الهيدروجين الناتج عن عجز الحديد (Marschner and Römheld, 1983). يمكن قياس تغيرات درجة الـ pH بسهولة في المحاليل الغذائية، لكنها ليست سهلة عندما يتعلق الأمر بقياسها في الرايزوسفير. إن تعديل طريقة القياس من خلال دمج الجذور السليمة للنباتات بالأغار بوجود مؤشر لدرجة الـ pH يسمح بتحديد أفضل لتغيرات درجة الـ pH على طول الجذور سواء الناجمة عن النمو أو عن التغذية. استخدمت هذه التقنية وتم بواسطتها التنبؤ بتغيرات درجة الـ pH في منطقة الرايزوسفير للنباتات التي تنمو في التربة وذلك تبعاً لامتصاص كاتيون-أنيون (Nye, 1981). لقد وجد Riley and Barber (1971) بعد الفصل

الميكانيكي لتربة الرايزوسفير لنبات فول الصويا عن باقي كتلة التربة اختلافات في درجة الـ pH وصلت إلى حوالي درجتين وذلك عند المقارنة بين التغذية النترائية والتغذية الأمونياكية. وقد لوحظ انخفاض درجة الـ pH الرايزوسفير لبادرات اللغت الزيتي تحت ظروف نقص الفوسفور وهو يعود أيضاً لتغيرات امتصاص الكاتيون-الأنيون (Hedley et al., 1982).

تأتي أهمية البحث كون الصخر الفوسفاتي أحد الفلزات الطبيعية المتوفرة في القطر العربي السوري، لذلك فإن إمكانية استخدامه المباشر كمصدر فوسفوري طبيعي رخيص الثمن يقلل من كلفة الإنتاج من جهة، ومن جهة أخرى يساهم في التقليل من التلوث البيئي بالفوسفور وذلك من جهة انخفاض فقدانه مع مياه السيل السطحي.

يهدف البحث إلى تقييم استجابة ثلاثة أنواع نباتية (اللغت الزيتي، والحمص، والنجيل البلدي) للتسميد بالصخر الفوسفاتي، والتركيز على دراسة تغيرات درجة الـ pH في منطقة الرايزوسفير للنباتات الثلاثة بطريقة تقنية الأغار.

#### مواد البحث وطرائقه:

#### الموقع:

نفذت تجربة حقلية في حقل في قرية الهنادي، محافظة اللاذقية. حُددت بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل، حيث حُددت قوام التربة باستخدام طريقة الهيدرومتر (Bouyoucos, 1962)، ومحتواها من كربونات الكالسيوم الكلية بطريقة المعايرة الرجعية (Back titration)، ومحتواها من المادة العضوية بطريقة Walkely and Black (1934). يظهر الجدول (1) بأن التربة ذات قوام رملي لومي، ودرجة pH مائلة للقلوية، وبلغ محتواها من كربونات الكالسيوم الكلية (5.4%)، وذات محتوى منخفض من الفوسفور المتاح (2.8 مغ/كغ تربة).

الجدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الموقع

القيم	خواص التربة
16.8	الطين %
14.7	السلت %
68.5	الرمل %
7.9	pH <sub>H2O</sub> (1:2.5)
2.9	الكربون العضوي %
5.4	CaCO <sub>3</sub> %
14.1	CEC (meq/100g)
8.5	الكالسيوم المتبادل (meq/ 100g)
2.8	Olsen- P (mg/ kg)

الصخر الفوسفاتي (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، ويقترب في خصائصه من الفرانكوليت (عباس وجبيلي، 1996). طحن الصخر ونخل بواسطة منخل أقطار فتحاته 100 mesh (150 µm)، وقدر محتواه من الفوسفور الكلي بطريقة Olsen and Sommers, (1982)، وكان 12.05% P في العينة الصخرية، أما صيغته التجريبية (Habib et al., 1999)  $F_{2.39}(PO_4)_{5.02}(CO_3)_{0.98}Ca_{9.64}Na_{0.26}Mg_{0.10}$ . يشكل 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 قبل Hammond et al., (1986). ويحتوي على 6.4% من CaCO<sub>3</sub>.

السوبر فوسفات الثلاثي (Triple Super Phosphate = TSP) : يحتوي 46%  $P_2O_5$  (P=20.08%).  
المادة النباتية: استخدمت ثلاثة أنواع نباتية:

- اللفت الزيتي (Rape plant) (*Brassica napus* L.): يتبع العائلة الصليبية، وتم اختياره لنوعية راشحاته الجذرية التي تحتوي على أحماض عضوية يمكنها المساهمة في انحلال الصخر الفوسفاتي (Hoffland, 1992).
- نبات الحمص (*Cicer arietinum* L.) (Chickpea): يتبع العائلة البقولية، وهو من المحاصيل الغذائية المهمة في سورية. تفرز جذوره بروتون الهيدروجين عند تثبيت الأزوت، كما تفرز جذوره الأحماض العضوية، تزيد هذه الخصائص من انحلال الصخر الفوسفاتي (Hinsinger and Gilkes, 1997).
- النجيل البلدي (*Cynodon dactylon*) (Bermuda grass): يتبع العائلة النجيلية، ويستخدم في زراعة المروج الخضراء والملاعب الرياضية، يتمتع بفترة نموه الطويلة ويعطي مجموع جذري ليفي كثيف مما يؤمن فرص تلامس كبيرة بين دقائق الصخر مع المجموع الجذري.

**المعاملات والمعدلات المستخدمة:** بهدف دراسة قدرة كل من الأنواع النباتية الثلاثة على استخدام الصخر الفوسفاتي كمصدر للفوسفور حضرت معاملة الصخر الفوسفاتي (PR) حيث أضيف بثلاثة معدلات PR1= 520، PR2= 1040، PR3= 1560 كغ /P هكتار، وبهدف المقارنة وتقدير الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي فقد حضرت معاملة من سماد السوبر فوسفات الثلاثي (TSP) التي استقبلت ذات المعدلات السابقة من الفوسفور، بالإضافة إلى معاملة الشاهد (Control) التي لم تستقبل أي مصدر فوسفوري. لقد أضيفت معدلات عالية من PR لمرة واحدة في بداية التجربة، حيث وجدت دراسات سابقة بأن إضافة كمية كبيرة ورئيسية من الصخر الفوسفاتي تفوقت على الإضافات السنوية الصغيرة من حيث نوبان الـ PR والإنتاجية (Simpson *et al.*, 1997; Scholefield *et al.*, 1999). تم توزيع المعاملات وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، ونفذت جميع المعاملات بواقع ثلاثة مكررات للمعاملة الواحدة، وبلغ عدد القطع التجريبية 63 بمساحة 2.8 م<sup>2</sup> لكل قطعة، وبفاصل 1 م بين القطع التجريبية.

**تنفيذ التجربة الحقلية:** نفذت التجربة في عام 2014. أضيفت المصادر السمدية (PR، TSP) بحسب المعاملة قبل موعد الزراعة بنحو 15 يوم ولمرة واحدة، وذلك نثراً على سطح التربة ومن ثم قلبها في التربة على عمق 10 سم. وأما باقي الأسمدة فقد أضيفت بحسب احتياجات كل نوع نباتي، فعند زراعة اللفت الزيتي أضيف السماد البوتاسي بصورة كبريتات البوتاسيوم (50%  $K_2O$ ) بمعدل 0.0336 كغ لكل قطعة تجريبية، في حين أضيف السماد الأزوتي بصورة نترات الأمونيوم (33.5% N) وبمعدل 0.1 كغ لكل قطعة. وأما بالنسبة للنجيل البلدي فأضيفت كبريتات البوتاسيوم بمعدل 0.028 كغ لكل قطعة قبل الزراعة و0.076 كغ لكل قطعة خلال موسم النمو، وأضيف نترات الأمونيوم بمعدل 0.042 كغ لكل قطعة تجريبية قبل الزراعة، ثم بمعدل 0.112 كغ خلال موسم النمو، كما وأضيفت شيلات الحديد ورقيا بتركيز 5ppm وذلك بسبب ظهور أعراض نقص الحديد على النباتات، حيث أن السماد الورقي يتم امتصاصه بسرعة وتظهر استجابة أفضل للنبات.

وعند زراعة الحمص أضيف السماد البوتاسي بصورة كبريتات البوتاسيوم (50%  $K_2O$ ) بمعدل 0.0336 كغ لكل قطعة تجريبية، في حين لم تتم إضافة الأسمدة الأزوتية واعتمد في التغذية الأزوتية على تثبيت الأزوت الجوي من قبل العقد الجذرية. فقد تمت زراعة بذور الحمص بعد نقعها في بيئة مغذية سائلة تحتوي على لقاح ميكروبي للرايزوبيوم.

## الحصاد والقراءات:

حصدت نباتات اللفت الزيتي والحمص في مرحلة ظهور الأزهار، بينما نفذت 4 حشاشات للنجيل البلدي. نفذت عملية الحصاد باستخدام إطار خشبي مساحته 1 م<sup>2</sup> (2 م × 0.5 م)، وذلك بوضعه في وسط القطعة التجريبية لاستبعاد الأطراف، وقصت النباتات داخل الإطار. تم وزن النباتات المحصودة بعد تقطيعها وخلطها جيداً، وأخذ عينة عشوائية ممثلة، وسُجل الوزن الرطب لها، قبل تجفيفها على درجة حرارة 70 درجة مئوية ولمدة 48 ساعة، وتم أخذ الوزن الجاف.

الفعالية الزراعية النسبية للخصر الفوسفاتي (Relative Agronomic Effectiveness = RAE%) : تم حسابها لدراسة استجابة النبات للخصر الفوسفاتي، ويقصد بها مقارنة كمية المادة الجافة المنتجة من معاملة الصخر الفوسفاتي 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):

$$X > 0, Y_i = Y_0 + B_i \ln(X)$$

$Y_i$  = كمية المادة الجافة مقدرة طن/هكتار،  $Y_0$  = كمية الإنتاج بغياب المصدر الفوسفوري (الشاهد) حيث أعطيت معاملة الشاهد القيمة 1 ppm من الفوسفور من أجل حساب اللوغاريتم،  $X$  = معدّل الفوسفور المضاف مقدراً بنحو 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 ( $B_i$  ( $B_{PPR}$ ,  $B_{PRS}$ ) إلى ميل المنحنى البياني لمعاملة الـ TSP ( $B_{TSP}$ ) كنسبة مئوية:

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

## تنفيذ تقنية الآغار:

طبقت الطريقة الموصوفة من قبل Marschner et al., (1982) وذلك بعد تنمية النباتات في وسطين إما في محلول غذائي أو بعد الزراعة في التربة.

- تنمية النبات في المحلول المغذي: جُهِز المحلول الغذائي في عبوات سعة 16 لتر، أضيف 16 لتر من الماء المقطر، ثم تمت إضافة 16 مل نترات أمونيوم  $(NH_4NO_3)$  (0.1 م) + 3.4 غ ملح  $CaSO_4$  + 16 مل شيلات الحديد (1 م) + 16 مل عناصر نادرة [Cu (0.02 م)، B (0.5 م)، MO (0.01 م)، Zn (0.05 م)، Mn (0.5 م)، Fe (1 م)] + 16 مل سلفات المغنيزيوم  $(MgSO_4)$  (1 م) + 16 مل سلفات البوتاسيوم  $(K_2SO_4)$  (0.5 م). زرعت بعدها بادرات النباتات (اللفت الزيتي، والحمص، والنجيل البلدي) في المحلول المغذي.
- تنمية النبات في التربة: تم تصميم صناديق خشبية (26 \* 10 \* 1 سم) مع وجهين زجاجيين شفافين قابلين للسحب. تم ملء الصناديق بالتربة، ثم زرعت بالأنواع النباتية الثلاثة، وتم تغطية الوجوه الزجاجية بتجليد لاصق أسود اللون، وللتأكد من أن جذور النباتات ستنمو باتجاه الغطاء الزجاجي الشفاف تم وضع الصناديق بشكل مائل بحوالي 45 درجة.
- تجهيز بيئة الآغار: بعد تسخين محلول كبريتات الكالسيوم (1 ميليمول  $CaSO_4$ ) للوصول لمرحلة الغليان، مُزج مع الآغار (0.75%)، ثم إضافة كاشف bromocresol purple بكمية 0.006 غ لكل 100 مل في وسط التربة، وبكمية 0.06 غ

لوسط المحلول الغذائي، وتعديل درجة الـ pH باستخدام 0.1M NaOH حتى الوصول إلى اللون الأحمر عند درجة  $pH=6$ . يعطي الكاشف اللون البنفسجي عندما تكون درجة الـ pH أعلى من 6، بينما يتحول للأصفر عندما تكون بحدود 4.

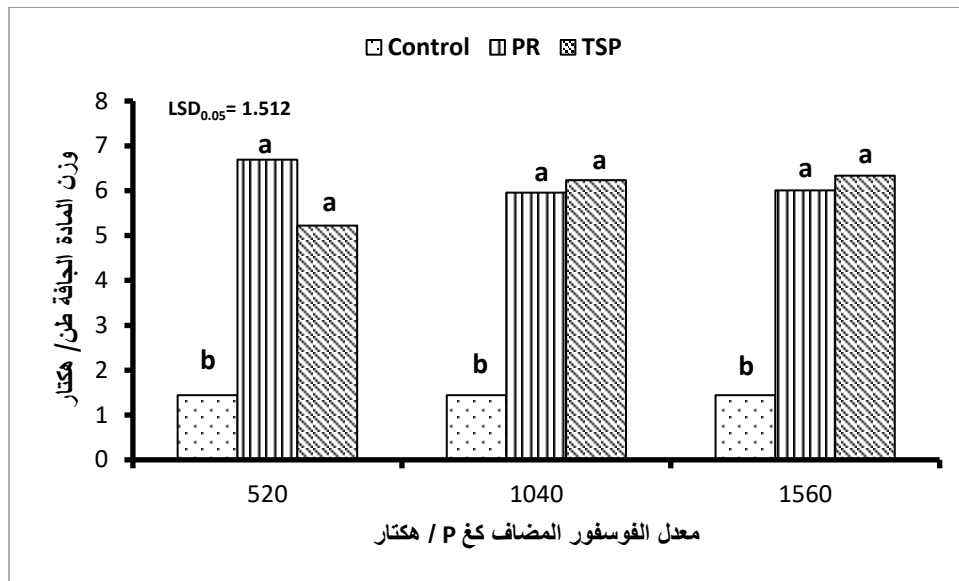
- **دمج الآغار مع الجذور والتربة:** النباتات المزروعة في التربة، يقلب الصندوق بحيث يصبح الوجه الزجاجي السفلي باتجاه الأعلى ثم يسحب لوح الزجاج بحذر بحيث يتم الحفاظ على جذور النبات بدون تخريب، بعد ذلك يسكب الآغار بحذر عندما تكون درجة حرارته (35-38م°)، وفور تجمده يغطى بطبقة ثانية بسماكة 1.5-2 مم، وبعد مرور 15 دقيقة إلى ساعتين تظهر على طول الجذور ألوان مختلفة لمؤشر الرقم الهيدروجيني، عندها يتم التقاط الصور بالكاميرا الرقمية. أما بالنسبة للنباتات التي تم تنميتها في محلول غذائي، فيؤخذ النبات وتفرّد جذوره بحذر في وعاء زجاجي ثم يسكب الآغار بحذر بحيث يشكل طبقة رقيقة فوق الجذور، وبعد مرور 15 دقيقة إلى ساعتين تُلتقط الصور التي تظهر فيها الألوان المختلفة لمؤشر الرقم الهيدروجيني (Marschner and Römheld, 1983).

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

#### النتائج والمناقشة:

**إنتاج المادة الجافة:** كان هنالك استجابة عالية لنبات اللفت الزيتي للمصدر الفوسفاتي قليل الانحلال (PR) والتي عُبر عنها بالإنتاج الجاف، حيث ازدادت كمية الوزن الجاف للمجموع الخضري بطريقة معنوية بالمقارنة مع الشاهد فكان الإنتاج 6.7، 6 و 6 طن/هكتار في المعدلات الثلاثة المضافة من الفوسفور (520، 1040، 1560 كغ P/هكتار)، على التوالي، بالمقارنة مع 1.4 طن/هكتار للشاهد، وبلغت قيمة الزيادة 4.6، 4.6، 5.3 طن/هكتار عند المعدلات الثلاثة على التوالي. إن رفع معدل الصخر الفوسفاتي المضاف إلى 1040 و 1560 كغ P/هكتار لم يتسبب بأي زيادة معنوية في إنتاج المادة الجافة بالمقارنة مع المعدل الأول 520 كغ P/هكتار (الشكل، 1).

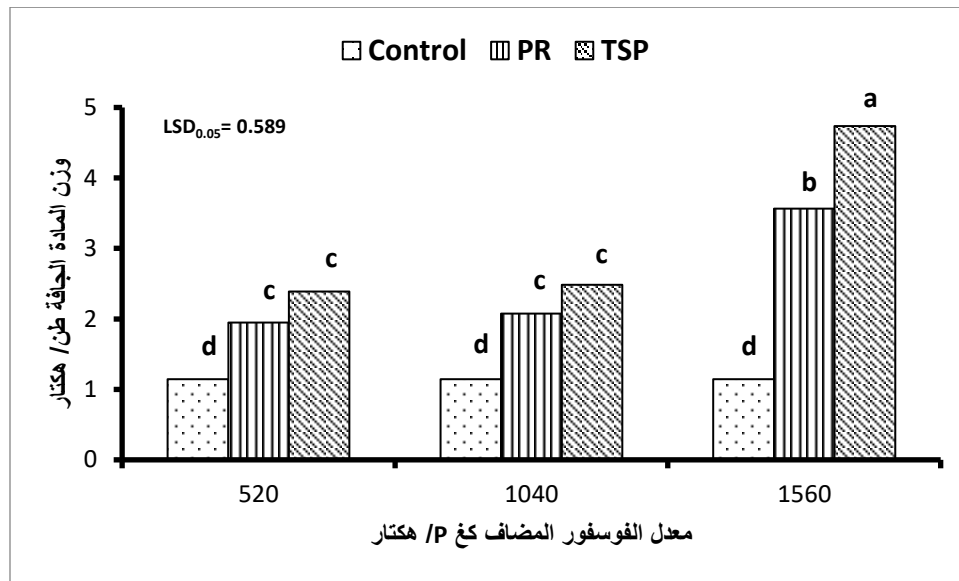
وعند مقارنة استجابة اللفت الزيتي لـ (PR) مع معاملة السوبر فوسفات (TSP) في معدلاته الثلاثة تبين أنها متشابهة معنوياً لذات معدلات الإضافة، لا بل تفوق الإنتاج الجاف في المعدل الأول من معاملة الصخر الفوسفاتي المضاف فبلغ 6.7 طن/هكتار مقابل 5.2 لمعاملة السوبر فوسفات لنفس المعدل ولكن لم يكن هذا الاختلاف معنوياً.



الشكل 1. إنتاج المادة الجافة لنبات اللفت الزيتي

تعود استجابة اللفت الزيتي للصخر الفوسفاتي وكفاءته في استخدام هذا المصدر السمادي قليل الانحلال إلى قدرته على رشح الأحماض العضوية منخفضة الوزن الجزيئي في المحيط الجذري للنبات كأحماض المالك والستريك (Hoffland *et al.*, 1989; Hoffland, 1992) تسبب هذه الأحماض انخفاضاً ملحوظاً في درجة الـ pH (ناصر وحبيب، 2009; Chien *et al.*, 2003) الأمر الذي مكن اللفت الزيتي من تحرير الفوسفور من المصادر الفوسفاتية القليلة الانحلال بطريقة فعالة (مجر وحبيب، 2016). وتتمثل آلية عمل الأحماض العضوية في انحلال الصخر الفوسفاتي بآليتين 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).

يبين الشكل (2) استجابة واضحة أيضاً لنبات الحمص للتسميد بالصخر الفوسفاتي، فازداد إنتاج المادة الجافة لمعاملات الـ PR وفي جميع معدلات الإضافة معنوياً بالمقارنة مع ما أنتجته معاملة الشاهد. وكان لزيادة معدل الفوسفور المضاف أثر إيجابي على استجابة الحمص، فقد ازداد الإنتاج الجاف في المعدلين الثاني والثالث (1040 و 1560 كغ P/هكتار) فبلغ 2.1 و 3.6 طن/هكتار على التوالي بالمقارنة مع 1.9 طن/هكتار في المعدل الأول، ولكن هذه الزيادة لم تكن معنوية إلا في المعدل الثالث من الفوسفور المضاف. لقد تشابهت استجابة الحمص للصخر الفوسفاتي معنوياً مع إنتاج معاملة السوبرفوسفات في معدلي الإضافة الأول والثاني، بينما تفوق إنتاج معاملة السوبرفوسفات معنوياً في المعدل الثالث للإضافة على إنتاج الـ PR لذات المعدل.



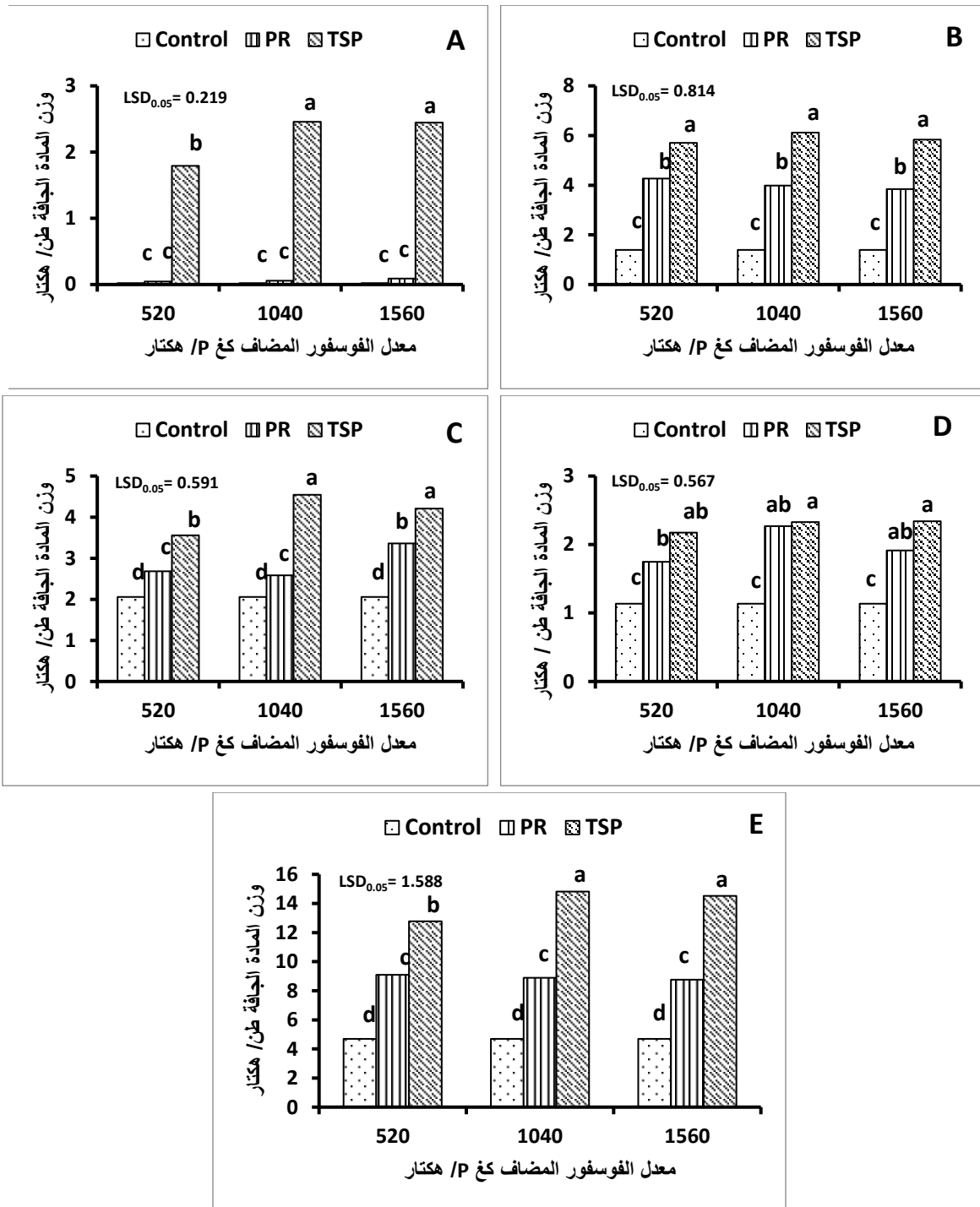
الشكل 2. إنتاج المادة الجافة لنبات الحمص

تعتبر البقوليات من النباتات الكفوءة في استخدام فوسفات الكالسيوم القليلة الانحلال (Aguilar and Van Diest, 1981). تعود كفاءة الحمص في الاستعادة من الصخر الفوسفاتي المضاف لقدرته على خفض درجة الـ pH في المحيط الجذري نتيجة تثبيت الأزوت الجوي من خلال تعايش جذور النبات مع بكتريا الريزوبيوم (Ankomah *et al.*, 1995)، وكذلك لقدرة مجاميعه الجذرية على طرح كميات كبيرة من الأحماض العضوية والفينولية (Alloush, 1990).

اختلفت نتائج النجيل البلدي عن نتائج نباتي (اللفت الزيتي والحمص، فقد كانت استجابته للصخر الفوسفاتي معدومة في المعدلات الثلاثة المستخدمة في الحشة الأولى بعد 37 يوم من الزراعة (الشكل 3). وهذا يعود من جهة لاحتواء تربة التجربة على كمية منخفضة من الفوسفور المتاح (2.8 مغ /كغ تربة)، ومن جهة أخرى لامتلاكها لدرجة pH مائلة للقلوية واحتوائها على 5.4 % كربونات الكالسيوم، تعيق جميع هذه العوامل من انحلال الصخر الفوسفاتي (Chien and Menon, 1995). لقد ظهرت استجابة واضحة في الحشة الثانية بعد مضي 70 يوم بعد الزراعة، فازداد إنتاج المادة الجافة زيادة معنوية في كافة معدلات الصخر الفوسفاتي المضاف بالمقارنة مع الشاهد، لكن بقيت كمية الإنتاج أقل وبطريقة معنوية من معاملات الـ TSP. تكررت النتيجة ذاتها في الحشة الثالثة وذلك بعد مضي 104 يوم من الزراعة. تغيرت نتائج معاملة الصخر الفوسفاتي مقارنة مع نتائج السوبر فوسفات في الحشة الرابعة، فكانت كمية الإنتاج متشابهة في المعاملتين وفي جميع معدلات الإضافة. وعند تمثيل الإنتاج الكلي للحشات الأربعة (شكل 3) تبين أن النجيل استفاد من الصخر الفوسفاتي وكانت استجابته معنوية في جميع معدلات الإضافة وذلك بالمقارنة مع الشاهد، وتشابهت هذه الاستجابة مع معاملة الـ TSP.

إن تربة التجربة هي تربة كلسية وتحتوي كمية منخفضة من الفوسفور المتاح (الجدول 1)، كما أن الصخر الفوسفاتي مصدر بطيء الانحلال في الترب الكلسية القاعدية (Chien and Menon, 1995)، وهذا يفسر التأخير الواضح في إنتاج المادة الجافة في معاملات الصخر الفوسفاتي (PR) عند إضافته لوحده حتى الحشة الثانية. يمتلك النجيل البلدي جذر ليفي كثيف يساعد في زيادة فرص التلامس مع حبيبات الصخر الفوسفاتي، كما تسيطر الكربوهيدرات على مفرزات جذوره (Moghimi *et al.*, 1978)، فتتشط الكائنات الحية الدقيقة وتفرز أحماض عضوية تساعد في تخفيض درجة الـ pH، تعمل جميع هذه العوامل على تحفيز انحلال الصخر الفوسفاتي وبالتالي تحسين

استجابة النجيل البلدي للصخر. لعب عامل الزمن دوراً مهماً في نمو المجموع الجذري الليفي للنجيل وزيادة كثافته وكذلك في انحلال حبيبات الصخر، أكدت هذه النتائج ما تم الحصول عليه في دراسة سابقة لناصر وحبيب (2009).



الشكل 3. إنتاج المادة الجافة لنبات النجيل البلدي (الحشة الأولى A، والحشة الثانية B، والحشة الثالثة C، والحشة الرابعة D، والإنتاج الكلي E)

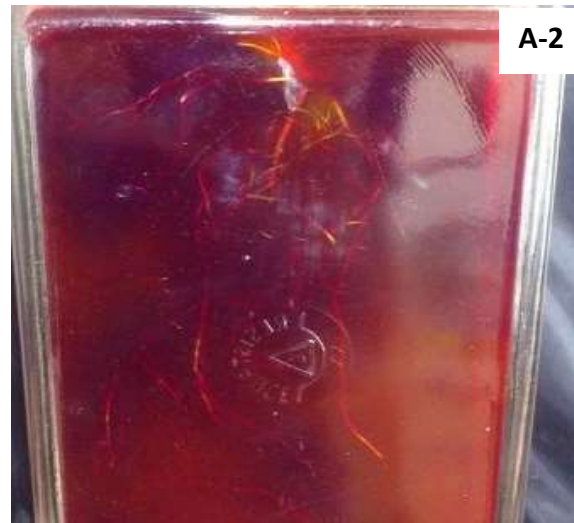
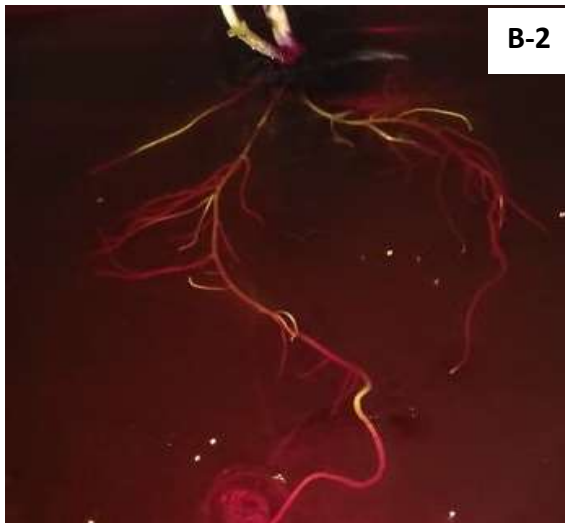
تم حساب الفعالية الزراعية النسبية (RAE%) باستخدام دالة الميل *Bi* من المخطط نصف اللوغاريتمي لاستجابة كل نوع نباتي للصخر الفوسفاتي. اختلفت الفعالية الزراعية النسبية باختلاف النبات. تميز اللفت الزيتي بفعالية زراعية نسبية مرتفعة للـ PR فاقت قليلاً الـ TSP

فبلغت قيمتها 102%. في حين بلغت قيمة الفعالية الزراعية النسبية للصخر الفوسفاتي 77.5% عند زراعة الحمص. أما بالنسبة للنجيل البلدي فقد اختلفت قيمة الفعالية الزراعية النسبية تبعاً للحشة حيث لم تتجاوز 2% في الحشة الأولى ثم ارتفعت قيمتها مع تقدم الحشات ووصلت لـ 75% في الحشة الرابعة. وبلغت الفعالية الزراعية النسبية لإنتاج مجموع الحشات 44%.



الشكل 4. الفعالية الزراعية النسبية لنباتات الحمص واللفت الزيتي والنجيل البلدي في معاملات الصخر الفوسفاتي.

**تقنية الآغار:** نفذت تقنية الآغار لتبيان دور المجموع الجذري والراشحات الجذرية للنباتات الثلاث في خفض درجة الـ pH بهدف تفسير عملية انحلال الصخر الفوسفاتي واستجابة النباتات الثلاث له، حيث تعتبر التغيرات التي تسببها الجذور في درجة الـ pH الرايزوسفير عاملاً هاماً لحركة المغذيات في هذه المنطقة، وبالتالي أيضاً للتغذية المعدنية للنباتات. يوضح الشكل (5) أنه تحت ظروف نقص الفوسفور وبالاعتماد على تغيرات لون الكاشف يلاحظ تغيرات في اللون خلال ساعتين إلى أربع ساعات بالنسبة لنبات اللفت الزيتي حيث ظهرت المناطق ذات اللون الأصفر حول الجذور عند تنمية النبات في المحلول الغذائي وهذا يدل على انخفاض درجة الـ pH إلى حدود 4، يعود هذا بالتأكيد إلى رشح جذور اللفت الزيتي للأحماض العضوية (Hoffland, 1992)، وتم الحصول على نفس النتيجة عند الزراعة في التربة فقد ظهرت مناطق بلون أصفر قرب الجذور تختلف عن باقي كتلة التربة.



الشكل 5. تغيرات درجة pH الرايزوسفير تحت ظروف نقص الفوسفور . A-1,2: اللفت الزيتي عند الزراعة في التربة وفي المحلول الغذائي. B-1,2: الحمص عند الزراعة في التربة وفي المحلول الغذائي.

أمكن كذلك تمييز تغيرات درجة الـ pH في منطقة الرايزوسفير لنبات الحمص بشكل أوضح حيث ظهرت المناطق ذات اللون الأصفر عند قمم الجذور وعلى سطوح الجذور وتبعاً للون الكاشف فهذا دليل على انخفاض درجة الـ pH إلى حدود الرقم 4، أما عند زراعته في التربة لوحظ أيضاً ظهور لون أصفر في منطقة الرايزوسفير بخلاف باقي كتلة التربة البعيدة عن الجذور، وهذا يتوافق مع النتيجة التي حصل عليها (Marschner and Romheld (1983).

لم تظهر تغيرات واضحة لدرجة الـ pH عند نبات النجيل البلدي سواء عند التتمية في محلول غذائي أو عند الزراعة في التربة، ربما يشير ذلك إلى عدم قدرة نبات النجيل البلدي من طرح الأحماض العضوية أو شوارد الـ  $H^+$  التي تساعد في انحلال الصخر الفوسفاتي واستجابة النبات له، وهو العامل الذي أدى إلى تأخر استجابة هذا النبات مدة 70 يوماً، حيث ساهمت عوامل أخرى ( نشاط حيوي كبير بسبب رشح الجذور للكربوهيدرات) في عملية الانحلال وذلك بعكس النباتين السابقين.

إن خفض درجة الـ pH الناتج عن الجذور في منطقة الرايزوسفير له أثر إيجابي على امتصاص المغذيات ونمو النبات في الترب المتعادلة والقلوية حيث يزيد من إتاحة العناصر الغذائية كالفوسفور، وهذا يفسر استجابة اللفت الزيتي والحمص للصخر الفوسفاتي. إن انخفاض درجة الـ pH إلى حدود الـ 4 وهو انخفاض بمعدل درجتين ويعني كمية كبيرة من شوارد الـ  $H^+$  اللازمة لهذا الانخفاض وذلك اعتماداً على القدرة التنظيمية للتربة. تؤمن شوارد الهيدروجين المكونات اللازمة لمعادلة انحلال الصخر الفوسفاتي (Kanabo and Gilkes, 1987)، وتتحرك بالتالي كمية كبيرة من الفوسفور اللازم لعملية تجاوب نباتي اللفت الزيتي والحمص مع إضافة الصخر الفوسفاتي، ولذلك جاءت الفاعلية الزراعية ذات قيم عالية (الشكل 4).

#### الاستنتاجات:

تمكن كل من اللفت الزيتي والحمص والنجيل البلدي ومن خلال آليات مختلفة تمتلكها في منطقة الرايزوسفير من التأثير في معدل انحلال الصخر الفوسفاتي، وتباينت فعالية الصخر الفوسفاتي حسب النبات المزروع. استخدم اللفت الزيتي الصخر الفوسفاتي بكفاءة عالية وذلك بسبب الخواص الحمضية للراشحات الجذرية، وحقق فعالية زراعية نسبية عالية تماثل سماد السوبر فوسفات. كذلك فقد استفاد الحمص من الصخر الفوسفاتي المضاف وذلك لقدرته على خفض درجة الـ pH في منطقة الرايزوسفير نتيجة تثبيت الأزوت الجوي، ولقدرته مجاميعه الجذرية على طرح كميات كبيرة من الأحماض العضوية والفينولية. لقد استجاب أيضاً النجيل البلدي للصخر الفوسفاتي ولو بشكل متأخر، لكن بكفاءة أقل من اللفت الزيتي والحمص.

#### التوصيات:

توصي الدراسة بأنه يمكن استخدام الصخر الفوسفاتي كمصدر للتغذية الفوسفورية لكل من اللفت الزيتي والحمص، أما بالنسبة للنجيل البلدي يوصى باستخدامه عند زراعته لفترة زمنية طويلة وتفيد حشوات متتالية، كل ذلك في الترب الخفيفة القوام والحاوية على نسبة منخفضة من كربونات الكالسيوم.

#### المراجع:

- عباس، محمود ويوسف جبيلي (1996). الفوسفات السورية. مجلة عالم الذرة. 43: 70-83.
- مجر، حاتم وليلى حبيب (2016). 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. قيد النشر.
- ناصر، رباب وليلى حبيب (2009). 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. 31(5): 195-211.
- Aguilar, S.A.; and A. Van Diest (1981). Rock phosphate mobilization induced by the alkaline uptake pattern of legumes utilizing symbiotically fixed nitrogen. *Plant and Soil*. 61: 27-42.

- Alloush, G.A. (1990). The mechanism of iron mobilization from the soil minerals in the rhizosphere of *Cicer arietinum* L. Ph.D. Dissertation, University of Leeds, U. K.
- Ankomah, A.B.; F.Zapata; S.K.A. Danso; and H. Axmann (1995). Cowpea varietal differences in uptake of Phosphorus from Gafsa Phosphate rock in a low Pultisol. *Fertilizer Research*. 41: 219- 225.
- Baligar, V.; N.K. Fageria; and Z.L. Ze (2001). Nutrient use efficiency in plants. *Communication in Soil Sciences and Plant Analysis*. 32: 921-950.
- Bekele, T.; B.J. Cino; P.A.I. Ehlert; A.A. Van dermas; and A. Van diest (1983). An evaluation of plant-borne factors promoting the solubilization of alkaline rock Phosphates. *Plant and Soil*. 75: 361-378.
- Bolan, N.; R.E. White; and M.J. Hedley (1990). A review of the use of phosphate rocks as fertilizers for direct application in Australia and New Zealand. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 30: 297–313.
- Bolan, N.S.; J. Elliot; P.E.H. Gregg; and S. Weil (1997). Enhanced dissolution of phosphate rocks in the rhizosphere. *Biology and Fertility of Soils*. 24: 169– 174.
- Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soils. *Agronomy Journal*. 53: 464-465.
- Chien, S.H.; P.W.G. Sale; and L.L. Hammond (1990). Comparison of effectiveness of various phosphate fertilizer products. In *Proceedings of international symposium on phosphorus requirements for sustainable agriculture in Asia and Oceania*. 143–156. Manila. IRRI.
- Chien, S.H.; and R.G. Menon (1995). Factors affecting the agronomic effectiveness of Phosphate rock for direct application. *Fertilizer Research*. 41: 227–234.
- Chien, S.H. (2003). 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.
- Habib, L.; S.H. Chien; G. Carmon; and J. Herao (1999). 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*. 30 (3 and 4): 449-456.
- Habib, L.; G.A. Alloush; and S.H. Chien (2003). Agronomic effectiveness of phosphate rock as influenced by plant species grown on sand culture and alkaline soil. *Journal King Saud University. Agriculture Science*. 15(1): 53-60.
- Hammond; L.L.; S.H. Chien; and A.U. Mokwunye (1986). Agronomic value of acidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. *Advances in Agronomy*. 40: 89–138.
- Hedley, M.J.; P.H. Nye; and R.E. White (1982). Plant-induced changes in the rhizosphere of rape (*Brassica napus* var. Emerald) seedlings. II. Origin of the pH changes. *New Phytologist.*, 91: 31-44.
- Helyar, J. (1998). Efficiency of nutrient utilization and sustaining soil fertility with particular reference to Phosphorus. *Field Crops Research*. 56: 187-195.
- Hinsinger, P.; and R.J. Gilkes (1997). Dissolution of phosphate rock in the rhizosphere of five plant species grown in an acid, P-fixing substrate. *Geoderma*. 75: 231–249.
- Hocking, P. (2001). Organic acids exuded from roots in Phosphorus uptake and aluminum tolerance of plants in acid soils. *Advances in Agronomy*. 74: 63-93.

- Hoffland, E.; G.R. Findeng; and J.A. Nelemans (1989). Solubilization of rock Phosphate by rape. II. Local root exudation of organic acids as a response to P-starvation. *Plant Soil*. 113: 161-165.
- Hoffland, E. (1992). Quantitative evolution of the role of organic acid exudation in the mobilization of rock Phosphate by rape. *Plant and Soil*. 140: 279-289.
- Kanabo, I.A.K.; and R.J. Gilkes (1987). The role of soil pH in the dissolution of Phosphate rock fertilizers. *Fertilizer Research*. 12: 165- 174.
- Marschner, H.; V. Römheld; and H. Ossenber-Neuhaus (1982). Rapid method for measuring changes in pH and reducing processes along roots of intact plants. *Zeitschriftfür Pflanzenphysiol*. 105: 407- 416.
- Marschner, H.; and V. Römheld (1983). In vivo measurement of root-induced pH changes at the soil-root interface: Effect of plant species and nitrogen source. *Zeitschriftfür Pflanzenphysiol*. 111: 241-251.
- Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London. Pp. 889.
- Moghimi, A.; and M.E. Tate (1978). Does 2-Ketogluconate chelate calcium in the pH range 2.4 6.4? *Soil Biochem.*, 10: 289-292.
- Nye, P.H. (1981). Changes in pH across the rhizosphere induced by roots. *Plant and Soil*. 61: 7-26.
- Olsen, S. R.; and L.E. Sommers (1982). Phosphorus. P. 403- 430. In A. L. Page (ed.), *Methods of soil analysis*, Agronomy. No. 9, Part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., American Society Agronomy. Madison, WI, USA.
- Riley, D.; and S.A. Barber (1971). Effect of ammonium and nitrate fertilization on phosphorus uptake as related to root-induced pH changes at the root-soil interface. *Soil Science Society of America Proceedings*. 35: 301-306.
- SAS Institute. (1999) SAS user's guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC.
- Scholefield, D.; R.D. Sheldrick, T.M. Martyn; and R.H. Lavender (1999). A comparison of triple superphosphate and Gafsa ground rock phosphate fertilizers as P-sources for grass-clover swards on a poorly-drained acid clay soil. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*. 53: 147-155.
- Simpson, P.G.; P.W.G. Sale; and S.B. Tennakoon (1997). An economic analysis of the field performance of North Carolina reactive phosphate rock compared with single superphosphate for selected sites from the National Reactive Phosphate Rock Project. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 37: 1061-1076.
- Walkeley, A.; and I.A. Black (1934). An examination of the Degtjareff method of determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37: 29-38.

## Effect of Plant Species on The Response to Phosphate Rock as a Source for Phosphorus Nutrition in Alkaline Soil

Rabab Moner Nasser<sup>\* (1)</sup> Leila Ahmed Habib<sup>(1)</sup> and Ghiath Ahmed Alloush<sup>(1)</sup>

(1). Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University, Latakia, Syria.

(\*Corresponding author: Eng. Rabab Moner Nasser. Email: [rababnasser1973@gmail.com](mailto:rababnasser1973@gmail.com)).

Received: 08/04/2018

Accepted: 02/07/2018

### Abstract

A field trial was conducted in 2014 at Al Henadi village, which located in south of Latakia, to evaluate the response of three plant species: Rape plant, chickpea and Bermuda grass to phosphate rock (PR) compared to triple super phosphate (TSP). Phosphate sources (PR and TSP) were applied at three rates (520, 1040, 1560 kg P/ha) besides the control without addition. Also, an agar experiment was conducted to illustrate the role of root exudates in rhizosphere pH changes. The results showed that rape plant had high response to PR application, with high relative agronomic effectiveness (RAE%) of 102% compared to TSP. Whereas chickpea came second with a RAE value of 77.5% compared to TSP. Finally, Bermuda showed a RAE% varied between 2 and 75% according to the number of cut, and 44% for total yield. The main factor may influence plant response to PR was due to induced changes in pH by roots system, and the exuded organic acids as showed by agar technique in chickpea and rape.

**Key words:** Rape plant, Chickpea, Bermuda grass, Phosphate rock, Agar technique.