مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية – سلسلة العلوم الزراعية – المجلد |18| العدد |5| 1996
عدد خاص بالندوة السورية الأولى لعلوم التربة 12-14 أيار 1996

تأثير إضافة السماد البلدي على معدل استفادة نبات الحمص (Cicer arietinum L.) من فوسفور الصخور الفوسفاتية السورية

الدكتورة ليلى أحمد حبيب*
الدكتور غياث أحمد علوش**

□ ملخص □

تستخدم هذه الدراسة تربة طينية حمراء لدراسة تأثير المادة العضوية على استخدام وامتصاص الفوسفور من التربة من قبل نبات الحمص (غاب 2: ILC - 3279) وبوجود إضافة من الصخر الفوسفاتي. وتتضمن التجربة أيضاً شاهداً أضيف له سماد السوبر فوسفاتي الثلاثي لمقارنة كفاءة استفادة الحمص من الصخر الفوسفاتي.

لقد أدت إضافة المادة العضوية إلى زيادة معنوية في نمو نباتات الحمص وذلك بالمقارنة مع تلك النباتات التي لم تتلق إضافة من المادة العضوية، ويزداد تأثير المادة العضوية بوجود الصخر الفوسفاتي. إذ كان تأثيرها أكثر وضوحاً على نمو المجموع الخضري مقارنة بتأثيرها على نمو المجموع الجذري مما أدى إلى نسبة المجموع الخضري/الجذري. كما زادت إضافة المادة العضوية من كفاءة استفادة نباتات الحمص من فوسفور التربة أو من فوسفور الصخر الفوسفاتي.

لقد تمت المناقشة على أساس الدور المشترك للأحماض العضوية الناتجة عن تحلل المادة العضوية أو التي تحتويها الراشحات الجذرية لنباتات الحمص. تشكل هذه الأحماض مصدراً لشوارد الهيدروجين اللازمة لذوبان الصخر الفوسفاتي، هذا بالإضافة إلى دور جذورها العضوية في تعقيد نواتج ذوبان الصخر الفوسفاتي ($Ca^{+2} + H_2PO_4^-$)، إذ أنها تُبقي شوارد الفوسفات متاحة للامتصاص من قبل جذور النبات نتيجة تعطيل دخولها في تفاعلات ادمصاص وتثبيت في التربة. كما وتقوم هذه الأحماض بتحييد سطوح امتصاص الفوسفور المتواجد في مناطق ذوبان الصخر الفوسفاتي بادمصاصها على تلك السطوح.

---

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

The Effect of Farm Manure on the Utilization of Syrian Rock Phosphate by Chickpea Plants (Cicer arietinum L.)

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

❐ ABSTRACT ❐

A clay red soil was used in this study to investigate the effect of organic matter on the mobilization and utilization of P by chickpea plants (Gab 2; cv. ILC 3279) either from soil or/and from rock phosphate. Additional control was added which received P-fertilization as TSP to be used as a reference to the efficiency of chickpea in utilization of P from RP.

Organic matter led to enhanced plant growth and its effect was even clearer in the presence of RP application. The effect was however, more pronounced on the growth of shoots than roots, so the shoots: roots ratios were increased. The uptake of P by chickpea plants was also enhanced by addition of organic matter whether in the presence or absence of RP.

Discussion was based on the joint effect of organic acid resulted from organic matter decomposition or exuded from chickpea roots. These organic acids could provide H^+ required for solubilization of RP and also the chelation of solubilized ions ($H2PO_4^-$, Ca^{++}). This chelation step retains phosphate ions available for absorption by plant roots and also, it could inhibit their adsorption/fixation reactions in soil. Organic anions are efficient in masking possible phosphate binding sites in soils.

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

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

المقدمة:

تختلف الأنواع النباتية فيما بينها من حيث مقدرتها على امتصاص الفوسفور المتاح من التربة أو من مركبات صعبة الذوبان. لقد عزا Loneragan (1978) في دراسته المرجعية [فيزيولوجيا النبات الكفوءة بامتصاص الفوسفور (P-Efficient)] كفاءة هذه النباتات إلى الاختلاف في مقدرة جذور هذه النباتات على امتصاص الفوسفور واستغلال أمثل للتربة وإلى الفروقات في طبيعة النشاطات الفيزيولوجية التي تزيد من ذوبان مركبات الفوسفور في التربة. فلقد أصبح من المؤكد أن للراشحات الجذرية دوراً كبيراً في تحرير الفوسفور من مركباته صعبة الذوبان (Jonston & Olsen, 1972; Van Ray & Van Diest, 1979; Hoffland et al, 1989; 1991). ويمكن اقتراح مجموعة من الآليات لدور الراشحات الجذرية في زيادة ذوبان مركبات الفوسفور في التربة:

1. من خلال إفراز الجذور للأحماض العضوية التي لا تعمل، على خفض pH التربة فحسب بل تقوم أيضاً بتعقيد الكاتيون المرافق لذوبان وتحرير الفوسفور مثل (Moghimi & Tate, Fe, Ca, Al 1978; Gardner et al, 1982).
2. من خلال تحرير أنزيمات الفوسفاتيز (Phosphatase) التي تزيد من هدرجة مركبات الفوسفور العضوية (Boero & Thien, 1979).
3. يعمل خفض pH الرايزوسفير على زيادة ذوبان مركبات فوسفات الكالسيوم القاعدية في التربة (Barber, 1980). وبكل الأحوال فقد تناقضت الآراء العلمية حول أهمية كل من هذه الآليات في زيادة ذوبان الفوسفور في التربة وبالتالي في أهميتها لتفادي نقص التغذية بعنصر الفوسفور.

بالنسبة لنبات الحمص (Cicer arietinum L.) فهو من المحاصيل واسعة الانتشار نسبياً في سوريا ويزرع بعلاً في المناطق التي يتراوح فيها الهطل بحدود /400/ ملم ويجري تسميده بجرعات سمادية من الفوسفور بمعدل /75/كغ P/هـ. وفي ضوء الزيادة في أسعار السوبر فوسفات فإن استخدام مصادر أخرى للفوسفور رخيصة التكاليف يشكل خياراً جيداً إذا كان بالإمكان أن تحافظ على نمو وإنتاجية جيدتين لنبات الحمص.

لقد أشارت دراسات عديدة إلى كفاءة استخدام الصخر الفوسفاتي كأسمدة للمحاصيل البقولية التي تنمو على ترب حامضية (Johansen & Sahrawat, 1991)، إلا أن الدراسات المتعلقة بنباتات الحمص كانت قليلة للغاية. ففي تربة حامضية ذات pH = 5-5.5 كان تجاوب نبات الحمص مع إضافة الصخر الفوسفاتي مطابقاً لدرجة تجاوبه مع إضافة أسمدة السوبر فوسفات من حيث محتوى النبات الكلي (Mathur, et al, 1979). أما على تربة رملية ذات pH = 8 وفقيرة المحتوى بالفوسفور فقد أدت إضافة الصخر الفوسفاتي إلى زيادة نمو نباتات الحمص بمعدل 50٪ تقريباً (Jalali & Thareja, 1985).

إن تجاوب نبات الحمص مع إضافة

الصخر الفوسفاتي كمصدر سمادي للفوسفور ليس بالأمر المستغرب. وقد أشارت الدراسات إلى مقدرة نبات الحمص على خفض pH الرايزوسفير والتي عزيت إلى زيادة نسبة امتصاص الكاتيونات/الأينونات (Marschner & Romheld, 1983)، هذا على الرغم من وجود النترات كمصدر آزوتي. كما أشارت الدراسات اللاحقة إلى وجود العديد من الأحماض العضوية في الراشحات الجذرية لنبات الحمص بغض النظر عن الحالة الغذائية له (Alloush, 1990). وبشكل حمضي (Citric+Malic) الكمية العظمى من مجموع الأحماض العضوية التي تفرزها جذور نبات الحمص (Ohwaki & Hirata. 1990; Alloush, 1994). فبالإضافة إلى كون هذه الأحماض العضوية مصدراً لشوارد H^+ اللازمة في تفاعلات إذابة الصخر الفوسفاتي، فهي مواد معقدة لنواتج الصخر الفوسفاتي من المعادن المرافقة (Ca^{++} على وجه الخصوص) وتقلل من نشاطها في منطقة ذوبان الصخر الفوسفاتي وتزيد من تحرير وذوبان الفوسفور (Moghimi et al, 1978; Hammond et al, 1986; Chien et al, 1990; Kpomblekon & Tabatabai, 1994; Mahimairaja et al, 1995). وبالتالي فإن كفاءة نباتات الحمص في امتصاص الفوسفور من الصخر الفوسفاتي المستخدمة كمصدر فوسفاتي تزداد مع ارتفاع نسبة احتواء التربة على المادة العضوية. فلقد أشارت دراسات عدة إلى تواجد الأحماض العضوية بتراكيز مرتفعة نسبياً كإحدى نواتج المادة العضوية (Maclaren & Peterson, 1967; Khasawneh & Doll, 1978; Hammond et al, 1986; Mahimairaja et al, 1995).

الهدف من الدراسة:

غالباً ما يتحول قسم كبير من الفوسفور المضاف إلى المحاصيل على شكل أسمدة ذوابة إلى أشكال مثبتة لا يستطيع النبات الاستفادة منها (Barber, 1980)، وإضافة المادة العضوية كمرافق للأسمدة العضوية زادت من معدل استفادة المحاصيل من الأسمدة الفوسفاتية المعدنية المضافة (Singh et al, 1983; Ni et al, 1990) وذلك بسبب بقاء الفوسفور متاحاً للامتصاص من قبل النبات (Formoli & Prasad, 1979; Pratt & Laag, 1981; Habib, 1994). ويعود تأثير المادة العضوية إلى ارتباط الفوسفور المعدني بمواد عضوية معقدة تمنع دخوله في تفاعلات تؤدي إلى تثبيته ومن ثم يتحول تدريجياً إلى فوسفور معدني نتيجة لمعدنة الفوسفور العضوي (Maclaren & Peterson, 1967). وبالتالي فقد هدفنا في هذه الدراسة إلى تقصي دور إضافة الصخر الفوسفاتي على إتاحة الفوسفور لنبات الحمص عند إضافتها مترافقة مع إضافة الصخور الفوسفاتية السورية كمصدر سمادي.

الطرق والوسائل:

1- مواد التجربة:

الصخر الفوسفاتي (RP): جلب الصخر الفوسفاتي من منطقة الحفة في المنطقة الساحلية من ذلك الجزء المتفكك بفعل عوامل التعرية (Freeiable)، نُخل ليمر من منخل 1مم وجفف هوائياً. نسبة P_2O_5 في الصخر الفوسفاتي 28٪.

التربة: تم الحصول على تربة حمراء من منطقة رأس الشمرا، جففت هوائياً ومن ثم طحنت لتمر من منخل ذي فتحات 2مم للتخلص من الحصى والأعشاب التي تشوبها وحفظت في أكياس نايلون مغلقة لحين الاستخدام. كما أجري على هذه التربة بعض التحاليل لتحديد بعض خواصها الفيزيائية والكيميائية (جدول رقم1).

جدول رقم (1): الخواص الفيزيائية والكيميائية للتربة المستخدمة:

قوام التربة ٪	رمل	22
	سلت	42
	طين	36
$CaCO_3$ %	كلية	5
	فعالة	2
pH التربة	H_2O	7.8
	KCl	7.1
الكاتيونات المتبادلة م.م/100غ تربة	Ca^{+2}	23
	Mg^{+2}	2.6
	K^{+}	0.11
P متاح مع P/كغ		9
طاقة ادمصاص P (مغ/كغ)		467
CEC (م.م/100غ تربة		36
C عضوي ٪		1.85

بذار الحمص: تم الحصول عليه من المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (ICARDA) وهو غاب 2 ILC (CV: 3279).

المادة العضوية: تم الحصول عليها من مزرعة الكلية-فديو (فضلات أغنام) من كومات متخمرة. جففت الفضلات هوائياً وطحنت لتمر من منخل 2مم لخلق تجانس في مكوناتها.

2- تحضير التربة:

وزعت التربة في أصص بلاستيكية بمعدل /1350/غ تربة جافة تماماً في كل أصيص وأضيف الصخر الفوسفاتي إلى معاملاته بمعدل /300/مغ P/كغ تربة على اعتبار أن الصخر الفوسفاتي يحتوي على 28٪ من P_2O_5. أما المادة العضوية فقد أضيفت إلى معاملاتها بمعدل 3٪. ومن أجل مقارنة أثر استخدام الصخر الفوسفاتي مع الأسمدة الفوسفاتية، فقد أضيفت معاملة السوبر

فوسفات الثلاثي حيث أضيف الفوسفور بمعدل /25/ مع P/كغ تربة. وبالتالي كانت لدينا المعاملات التالية وبستة مكررات:

- الشاهد (C): لم تتلق أية إضافات فوسفورية أو عضوية.
- معاملة الصخر الفوسفاتي (RP): وفيها تلقت الأصص إضافة من الصخر الفوسفاتي.
- معاملة المادة العضوية (OM): وفيها تلقت الأصص إضافة من المادة العضوية.
- معاملة الصخر الفوسفاتي والمادة العضوية (RP+OM): وفيها تلقت الأصص إضافات من المادة العضوية والصخر الفوسفاتي.
- معاملة السماد الفوسفاتي (TSP): وفيها تلقت الأصص التسميد بالسوبر فوسفات الثلاثي.

بعد خلط التربة في كل أصيص مع الإضافات المقررة بحسب كل معاملة، رطبت الأصص بالماء إلى حدود السعة الحقلية وتركت في المخبر لمدة /21/ يوماً مع المحافظة على رطوبة السعة الحقلية وذلك لخلق توازن كيميائي في التربة.

وضعت في كل أصيص خمس بذور من الحمص (صنف عاب 2) على عمق /1/سم من سطح التربة ونقلت الأصص بعدئذٍ إلى البيت البلاستيكي ووزعت عشوائياً على مربع التجربة، تم الإبقاء على ثلاث بادرات في كل أصيص وأضيفت إلى الأصص مع ماء الري جرعات سمادية على شكل محاليل لأملاح K_2SO_4 و$(NH_4)_2SO_4$ وذلك بمعدل /100/مغ N/أصيص و/50/مع K/أصيص وذلك للإبقاء على عنصر الفوسفور فقط كعامل محدد لنمو النباتات.

3- العناية بالأصص:

تواصلت عمليات الري بمعدل 2-3 مرات أسبوعياً طيلة فترة التجربة للمحافظة على رطوبة الأصص في حدود السعة الحقلية وذلك من أسفل الأصص، كما وتمت عمليات التعشيب بشكل مستمر.

4- الحصاد:

بعد /63/ يوماً من النمو، تم حصاد المجاميع الخضرية لنباتات الحمص واستخلاص المجاميع الجذرية من التربة بغسلها جيداً بالماء ووضعت للتجفيف في الفرن على درجة حرارة 80°م لمدة /48/ ساعة على الأقل. وبعد أخذ الأوزان الجافة لكل من المجاميع الخضرية والجذرية، طحنت باستخدام مطحنة نباتية وحفظت العينات في عبوات بلاستيكية مغلقة لحين إجراء التحاليل الكيميائية.

تم تقدير الفوسفور في العينات النباتية وذلك بأخذ عينات تتراوح بين 0.25-0.5غ من مطحون العينات النباتية وترميدها وهضمها بحمض كلور الماء. وقُدّرَ الفوسفور في ناتج الهضم بطريقة الفاندات - مولبيدات (ADAS, 1986).

5- التحليل الإحصائي:

أجري التحليل الإحصائي على كافة مشاهدات التجربة وذلك بإجراء تحليل التباين العام وكذلك حساب قيمة أقل فرق معنوي

(LSD) للدلالة على وجود التباينات المعنوية (Little & Hills, 1978).

النتائج:

يبين الجدول رقم (2) تحليل التباين لكافة مشاهدات التجربة وتوزيع المعنوية بين العوامل المدروسة. لقد كان لإضافة المادة العضوية الأثر الأكبر على الفروقات المعنوية بين المعاملات وذلك لكافة مشاهدات التجربة التي تم استقراؤها. أما الصخر الفوسفاتي فقد انحصر تأثيره على نمو المجموع الخضري وما لحقه كنتيجة لذلك من محتوى النبات من الفوسفور وتوزيعه بين المجموعين الخضري والجذري. كان للمادة العضوية بالغ الأثر على هذه الزيادة في نمو النباتات بوجود الصخر الفوسفاتي كمصدر سمادي بحيث زاد نمو المجموعين الخضري والجذري ومحتواهما من الفوسفور الناتج عن ذوبان الصخر الفوسفاتي.

جدول رقم (2): تحليل التباين العام لمشاهدات التجربة باستخدام البرنامج الإحصائي SAS.

العامل	RP	OM	TSP	PR*OM	المكررات
المشاهدات					
وزن المجموع الخضري	***	***	***	*	ns
وزن المجموع الجذري	ns	***	ns	*	ns
وزن النبات الكامل	**	***	*	**	ns
نسبة المجموع الخضري/الجذري	ns	***	ns	ns	ns
تركيز P في المجموع الخضري	ns	***	ns	ns	ns
تركيز P في المجموع الجذري	ns	***	ns	ns	ns
محتوى المجموع الخضري من P	***	***	***	*	ns
محتوى المجموع الجذري من P	ns	***	ns	*	ns
محتوى النبات الكامل من P	*	***	*	*	ns

ns: غير معنوي عند مستوى معنوية 5٪.

*: معنوي عند مستوى معنوية 5٪.

**: معنوي عند مستوى < 0.1٪.

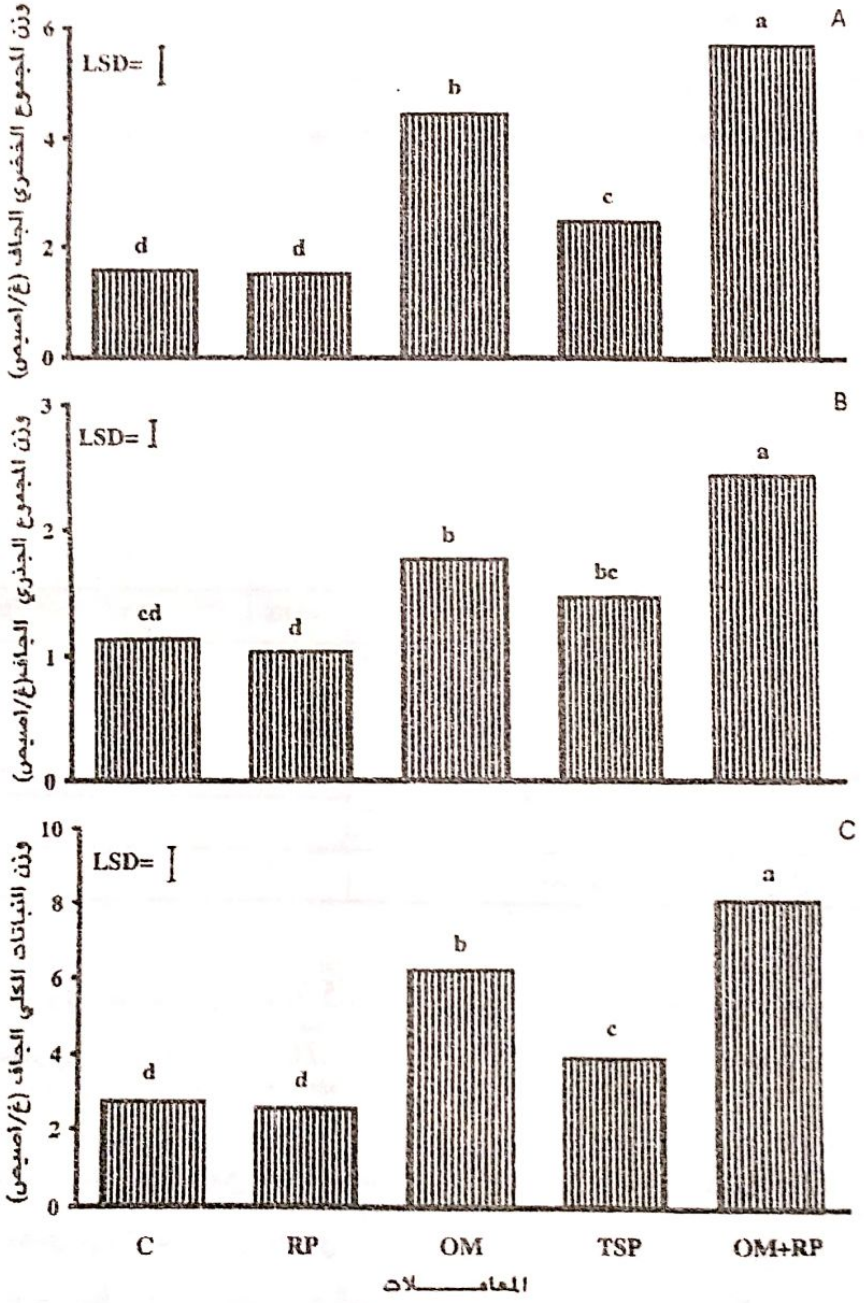
***: معنوي عند مستوى < 0.01٪.

1- نمو النباتات وتوزع النتائج من المادة الجافة بين المجموعين الخضري والجذري:

لقد أدت إضافة المادة العضوية إلى زيادة معنوية في ناتج نباتات الحمص من المادة الجافة في المجموع الخضري وذلك بالمقارنة مع تلك المعاملات التي لم تتلق إضافة من المادة العضوية (TSP, RP, C) وتزداد المعنوية بالتأثير المشترك لإضافة الصخر الفوسفاتي مترافقاً مع المادة العضوية (شكل رقم 1 A). أما بالنسبة للمجموع الجذري فقد تميزت نباتات المعاملة OM+RP بمجموع جذري أكبر من تلك في معاملة المادة

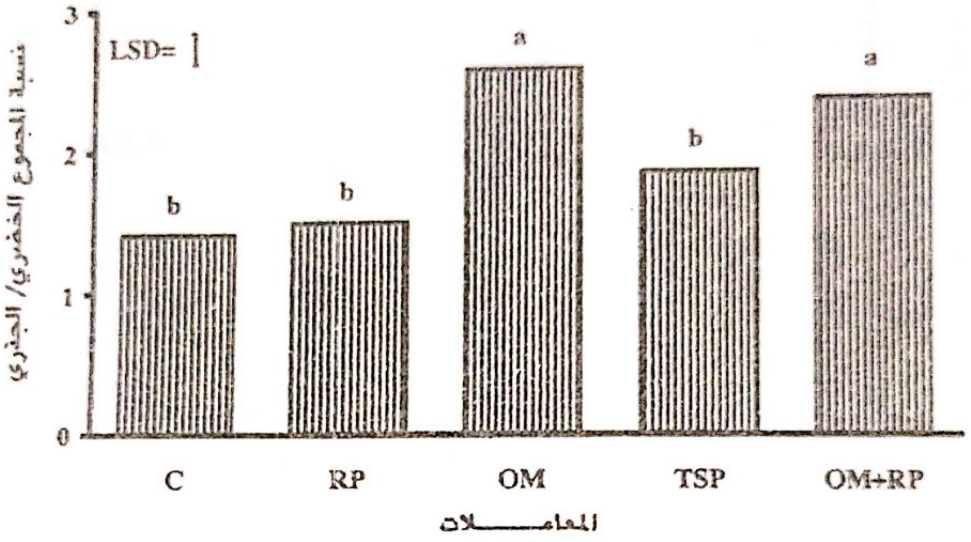
العضوية لوحدها (OM) أو تلك المعاملات التي لم تتلق الإضافة من المادة العضوية (شكل B1). لقد تبعت الفروقات في وزن النباتات الكلي الجاف تلك الفروقات بين المعاملات في وزن المجموع الخضري الجاف (شكل C1).

ولم يكن لإضافة الصخر الفوسفاتي بشكل مباشر أي أثر معنوي على زيادة وزن النبات الجاف وتوزع الناتج من المادة الجافة بين المجموعين الخضري والجذري.



شكل رقم (1): ناتج نباتات الحمص من المادة الجافة وتوزعها بين المجموعين الخضري والجذري.
الأعمدة ذات الأحرف المتشابهة غير مختلفة معنوياً حسب قيمة الـLSD (0.05).

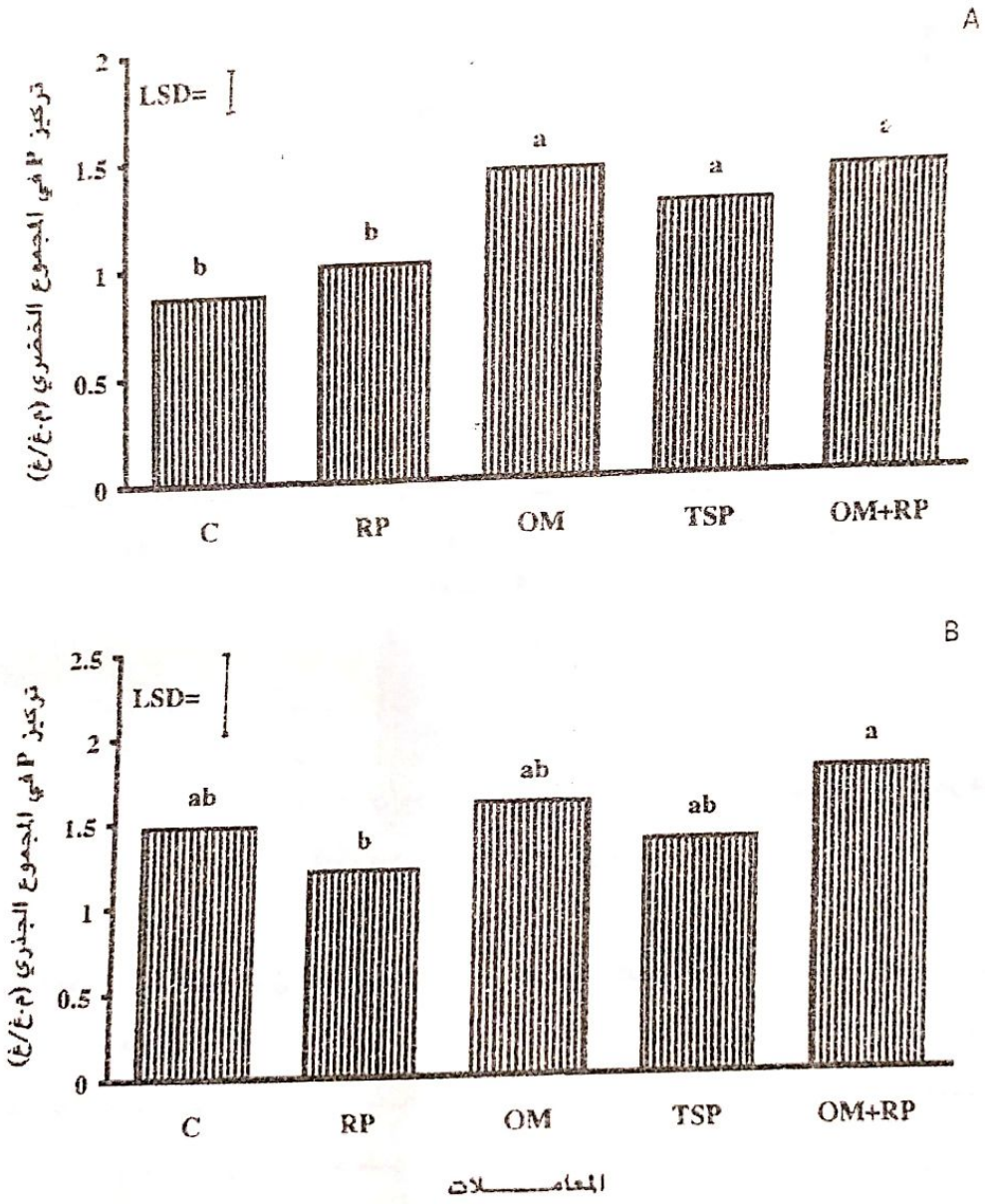
يتضح أثر المعاملات على توزع النمو بين المجموعين الخضري والجذري بحساب نسبة المجموع الخضري/الجذري (شكل رقم 2). فلقد ازدادت هذه النسبة بشكل معنوي في معاملات المادة العضوية مقارنة بباقي المعاملات نتيجة لتفضيل نمو المجموع الخضري أكثر من نمو المجموع الجذري وذلك بوجود الصخر الفوسفاتي أو عدم وجوده.



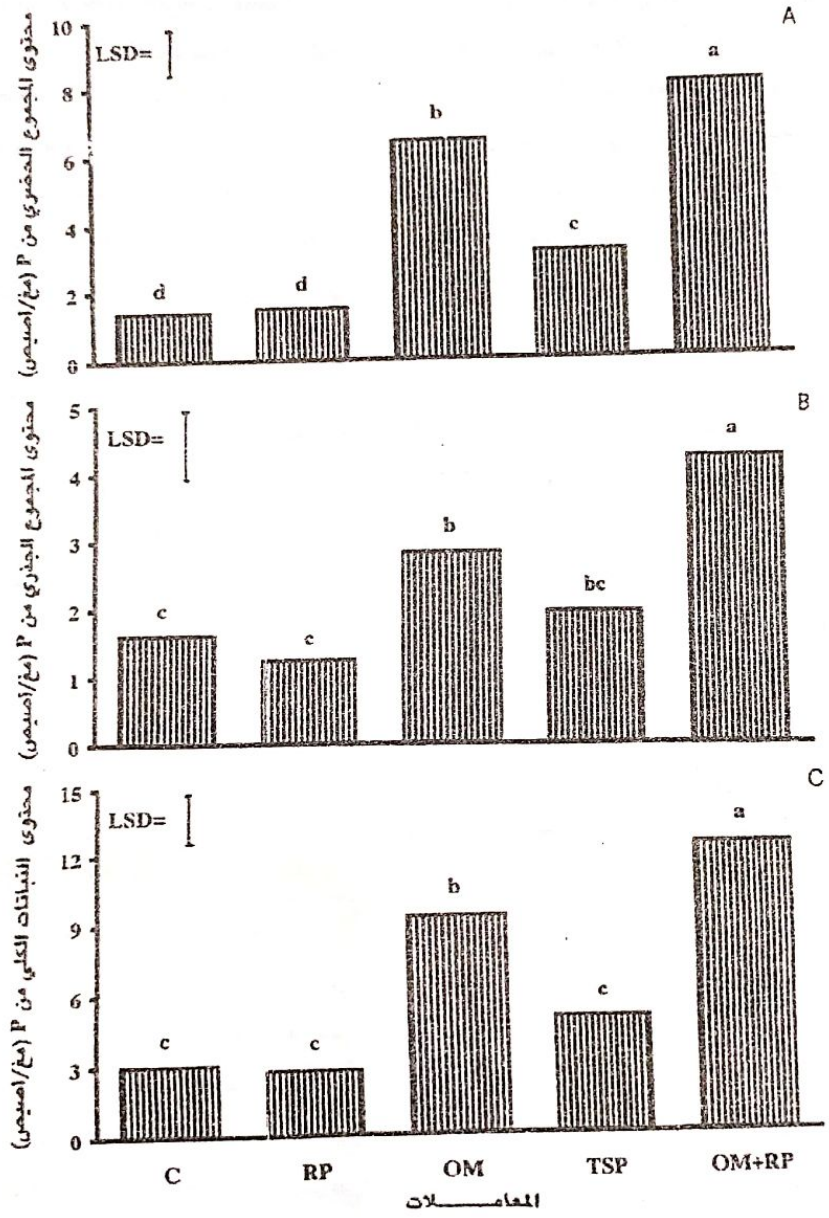
شكل رقم (2): نسبة المجموع الخضري/الجذري في المعاملات الخمسة. الأعمدة ذات الأحرف المتشابهة غير مختلفة معنوياً.

2- تراكيز ومحتوى المجموعين الخضري والجذري من الفوسفور:

تجاوبت نباتات الحمص مع إضافة المادة العضوية لوحدها أو مع الصخر الفوسفاتي وكذلك مع إضافة السوبر فوسفات بحيث ازداد تركيز الفوسفور في المجموع الخضري مقارنة بتلك التراكيز في معاملة الشاهد (C) أو تلك التي تلقت تسميداً مباشراً بالصخر الفوسفاتي (RP)(شكل A3). أما في الجذور فقد قلت التباينات المعنوية بين المعاملات، فقط المعاملة OM+RP تميزت معنوياً بمحتوى جذورها من الفوسفور بالمقارنة مع معاملة الصخر الفوسفاتي التي لم يضف لها المادة العضوية (شكل B3). لقد كان للتسميد المباشر دورٌ في زيادة بسيطة في تراكيز الفوسفور في المجموع الخضري، والعكس صحيح في المجموع الجذري، إلا أن هذه الفروقات لم تكن معنوية.



شكل رقم (3): تركيز الفوسفور في المادة الجافة للمجموعين الخضري والجذري. الأعمدة ذات الأخرف المتشابهة غير مختلفة معنوياً حسب قيمة الـLSD (0.05).



شكل رقم (4): محتوى نباتات الحمص الكلي من الفوسفور وتوزعه بين المجموعين الخضري والجذري. الأعمدة ذات الأحرف المتشابهة غير مختلفة معنوياً حسب قيمة الـLSD (0.05).

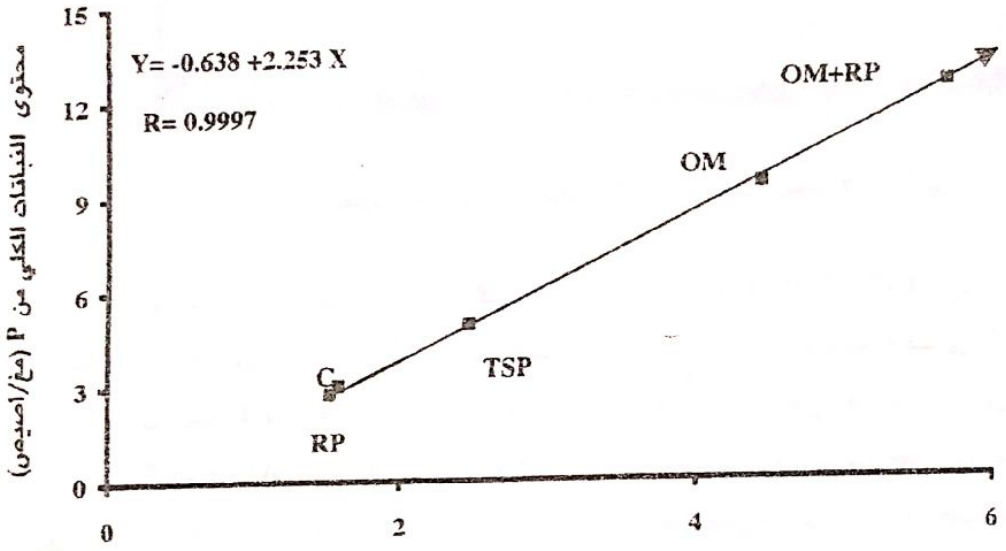
تبع محتوى الأجزاء الخضرية والجذرية من الفوسفور التباينات في أوزان مجاميع المعاملات الخضري والجذري، فقد تميزت المعاملات التي تلقت التسميد بالصخر الفوسفاتي ووجود المادة العضوية بشكل معنوي عن باقي المعاملات سواء في محتوى مجموعها الخضري أو الجذري من الفوسفور (شكل B,A4). أما بالنسبة للمحتوى الكلي للنباتات من الفوسفور والذي يمثل الكمية الإجمالية من الفوسفور التي امتصتها نباتات الحمص فقد تميزت نباتات معاملات المادة العضوية بامتصاص أكبر من الفوسفور بالمقارنة مع باقي المعاملات، ازداد التأثير المعنوي للمادة العضوية بوجود الصخر الفوسفاتي. لم تكن بين المعاملات التي لم تتلق إضافة من المادة العضوية أية تباينات معنوية حتى مع المعاملة التي تلقت التسميد الفوسفاتي على هيئة سوبر فوسفات ثلاثي (شكل C4).

المناقشة:

أجريت اختبارات عدة لتقدير الفوسفور المتاح في مناطق زراعة الحمص (شمال سورية) في محاولات لتحديد التركيز الحرج الذي يبدأ معه عنصر الفوسفور عاملاً محدداً لنمو نباتات الحمص. بينت هذه الترب (كلسية ذات pH = 8.1-8.4) عدم تجاوب محصول الحمص المبذور شتاءً مع الإضافات السمادية من الفوسفور، إذ ارتفعت قيم الفوسفور المتاح عن 5-7مغ P/كغ تربة، والتي اعتبرت التركيز الحرج للفوسفور (Matar, et al, 1988). وبالتالي فإننا لا نتوقع تجاوباً في نمو نباتات الحمص التي تنمو على تربة تحتوي /9/مغ P/كغ كالتي تم استخدامها في هذه الدراسة (جدول رقم 1). هذا وقد بينت، الدراسة الحالية تجاوب نباتات الحمص التي تنمو في أصص مع إضافة سماد السوبر فوسفات (المعاملة TSP) بالمقارنة مع نباتات الشاهد بحيث أدت المعاملة السمادية إلى زيادة النمو بمعدل 44٪ (شكل رقم 1). هذا ليس بالأمر المستغرب لأنه ربما عاد عدم تجاوب نباتات الحمص مع الإضافات السمادية من الفوسفور تحت الظروف الحقلية إلى طبيعة إضافة السوبر فوسفات نثراً على الطبقة السطحية، وبالتالي عدم تحركه إلى مناطق نشاط المجموع الجذري، هذا بالإضافة إلى تعرض الطبقة السطحية في المناطق الجافة وشبه الجافة إلى فترات تجفيف، الأمر الذي يسرع من عمليات تثبيت الفوسفور في التربة وتحوله إلى أشكال لا يمكن لجذور النبات الاستفادة منها (Johansen & Sawrawat, 1991; Arihara et al, 1991).

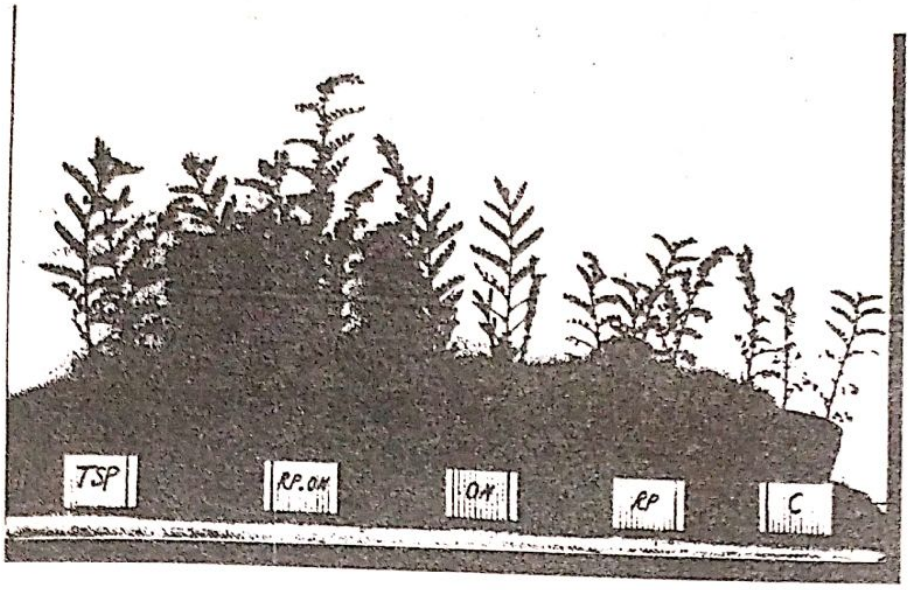
على الرغم من انخفاض معدلات نمو المجموعين الخضري والجذري في حال غياب التسميد الفوسفاتي وانخفاض تراكيز الفوسفور في المادة الجافة، لم تظهر أعراض نقص واضحة للفوسفور على المجموع الخضري إلا قرب موعد الحصاد (شكل رقم 3، صورة رقم 1). لاحظ Saxena 1984 غياباً مشابهاً لأعراض نقص الفوسفات على نباتات الحمص حتى عندما كان الفوسفور عاملاً محدداً لنمو النباتات. وربما عاد هذا إلى أحد من العاملين: الأول يكون فيه الفوسفور المتاح منخفضاً إلا

أن هنالك تحريراً مستمراً للفوسفور من معقداته المعدنية، وفي هذه الحالة يضبط النبات معدل امتصاصه للفوسفور في محاولة للحفاظ على تراكيز ثابتة من الفوسفور في الأنسجة النباتية، والثاني يكون فيه الفوسفور المتاح محدوداً وفي هذه الحالة فإن كميته تتناقص تدريجياً في محلول التربة ويتناقص معها معدل النمو للمحافظة على تراكيز من الفوسفور في الأنسجة النباتية ضمن الحدود التي لا تسمح بظهور أعراض نقص الفوسفور (Clarkson & Grighon, 1991). ربما تؤكد العلاقة الخطية عالية الجودة (R^2 = 0.99) ما بين نمو النبات والكمية الممتصة من الفوسفور أي كلاً من هذين الاحتمالين (شكل رقم 5).



شكل رقم (5): العلاقة بين نمو نباتات الحمص وامتصاصها من الفوسفور

لم يؤد تسميد نباتات الحمص بالسوبر فوسفات (معاملة TSP) إلى زيادة معنوية في نمو النباتات أو في كمية الفوسفور الممتصة بالمقارنة مع نباتات المعاملات التي تلقت إضافات من المادة العضوية سواءً بوجود الصخر الفوسفاتي أو عدمه (المعاملتين OM+RP, OM). هذا ربما عاد إلى ارتباط قسم كبير من الفوسفور المضاف على هيئة TSP بهيدروكسيدات وأكاسيد الحديد والألمنيوم في التربة الحمراء الطينية المستخدمة في هذه الدراسة والتي امتلكت قيمة كبيرة لطاقة امتصاص الفوسفور على سطوحها، هذا على الرغم من احتوائها على كمية بسيطة من كربونات الكالسيوم (جدول رقم 1).



صورة 1: نموذج لنباتات المعاملات الخمسة وقت الحصاد (63 يوم).

فقد أشارت الدراسات السابقة إلى أن إضافة المادة العضوية كمرافق للأسمدة زادت من معدل استفادة المحاصيل المزروعة من الأسمدة المضافة (Yang et al, 1994)، وذلك على وجه الخصوص في الترب عالية المحتوى من هيدروكسيدات وأكاسيد الحديد والألمنيوم (Singh et al, 1983; Ni et al, 1990). هذا ما بدأ تأثيره واضحاً في معاملة المادة العضوية (المعاملة OM) حيث أن نواتج تحللها في التربة من أحماض عضوية (أهمها: Citric, Malic, Oxalic)، أو ما تفرزه الجذور من هذه الأحماض، قد ساعدت على تحرير الفوسفور من سطوح امتصاصه Nagarajah et al, 1968,1970; Moghimi & Tate, 1978; Parfitt, 1979; Lopez-Hernandez et al, 1986; Alloush, 1990; He et al, 1992). هذا بالإضافة إلى دور الأحماض العضوية الأنيونية في تعقيد الفوسفور وبقائه متاحاً للامتصاص من قبل النباتات (Formoli & Prasad, 1979; Pratt & Lagg, 1981; Habib, 1993).

وتزداد معنوية تأثير المادة العضوية على امتصاص الفوسفور من قبل نباتات الحمص بوجودها مترافقة مع إضافة الصخر الفوسفاتي (شكل رقم 4). فلقد ساعدت نواتج تحلل المادة العضوية، ومن أهمها الأحماض العضوية على ذوبان الصخر الفوسفاتي (Khasawneh & Doll, 1978; Hammond et al, 1986; Maclaren & Peterson, 1987; Kpomblekan & Tabatabai, 1994; Mahimaraja et al, 1995) كونها تشكل مصدراً لشوارد الهيدروجين H^+ اللازمة لتفاعل ذوبان الصخر الفوسفاتي (Khasawaneh & Doll, 1978):

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

إضافة إلى ذلك، فإن دور الجذور العضوية في تعقيد شوارد الكالسيوم (Ca^{+2}) والفوسفور ($H2PO_4^-$) الناتجة عن تفاعل

ذوبان الصخر الفوسفاتي يقلل بالتالي من نشاط هذه الأيونات في وسط التفاعل (Moghimi et al, 1979; Hammond et al, 1986; Chien et al, 1990; Kpomblekon & Tapatabai, 1994; Mahimairaja et al, 1995). هذا ما يخلق القوة اللازمة لدفع تفاعلات ذوبان الصخر الفوسفاتي باتجاه تحرير مستمر للفوسفور من سطوح حبيبات الصخر الفوسفاتي فتفوقت المعاملة OM+RP على باقي المعاملات في نموها وفي كمية الفوسفور التي امتصتها جذور النباتات (شكل رقم 1و4). وهذا يجب أن لا ننسى دور عامل النبات (الحمص) في تشجيع ذوبان الصخر الفوسفاتي من خلال مقدرة الحمص على إفراز شوارد الهيدروجين اللازمة في تفاعل الإذابة (Marschner & Romheld, 1983)، وعلى احتواء راشحاته الجذرية على كميات كبيرة نسبياً من الأحماض العضوية (Alloush, 1990; Ohwaki & Hirata, 1990) التي تؤثر بطريقة مشابهة تماماً لتلك الناتجة عن تحلل المادة العضوية التي تمت مناقشتها سابقاً.

rhizophere products especially 2- Ketogluconic acid. Soil Biol. Biochem. 10: 283-287.

31.Nagarajah, S; Posner, A.M. and Quirk, J.P. (1968). Disorption of phosphate from kaolinite by citrate and bicarbonate. Soil Sci. Proc. 32: 507-510.

32.Nagarajah, S; Posner, A.M. and Quirk, J.P. (1970). Competitive adsorption of phosphate with polygalcturonate and other organic anions on kaolinite and oxide surfaces. Nature 228: 83-84.

33.Ni, W; Sun, X; Yang, X. and Lin. X.Y. (1990). Effect of organic manure on P uptake and grain yield of rice plants. Chin. J. Soil Sci. 21: 111-115.

34.Ohwaki, Y. and Hirata, H. (1990). Phosphorus absorption by chickpea (Cicer arietinum) as affected by VA-mycorrhiza and carboxylic acid in root exudates. pp. 171-177. In "Plant nutrition-physiology and applacations". Ed.M.L. Van Beusichem. Kluwer Academic Press. The Netherland.

35.Parfitt, R.L. (1979). The Availability of P from phosphate-Goethite briding completes. Description and uptake by reygrass. Plant Soil. 53: 55-65.

36.Pratt, P.F. and Laag, A.E. (1981). Effect of manure and irrgation on sodium bicarbonate-extractable phosphorus. Soil Sci. Sco. Am. J. 45: 887-888.

37.Saxena, N.P. (1984). Chickpea. pp. 419-452. In "physiology of tropical field crops". Ed.P.R. Goldsworth and Fisher, N.M. John Wiley, New York, USA.

38.Singh, A; Ahlawat, I.P.S. and Lal. R.B. (1983). Effect of planting Pattern, intercropping and application of phosphate on the yield Pigeonpea and succeeding crop of weat. Indian J. of Agron. Sci. 53: 556-562.

39.Van Ray, B. and Van Diest, A. (1979). Utilization of phosphate from different source by six plant species. Plant Soil 51: 577-589.

40.Yang, X; Werner, W; Scherer, H.W. and Sun, X. (1994). Effect of organic manure on solubility and mobility of different phosphate fertilizer in two paddy soils. Fer. Res. 38: 233-238.

41.The analysis of Agricultural materials. 3rd eddition. MAFF/ADAS, Reference Book 427, HMSO, London.