تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي السوري على جاهزية الفوسفور لنبات الذرة الصفراء في التربة الكلسية

اعداد الطالبة : جلنار الجوراني

المشرف العلمي: الأستاذ الدكتور محمود عودة الأستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي اختصاص/خصوبة التربة/ في جامعة حمص

والمشرف المشارك الدكتور محمود الحمدان من مركز البحوث العلمية الزراعية بحمص اختصاص /التربة واستصلاح الأراضي (هيدرولوجيا مياه سطحية حصاد مياه)/

الملخص

تم تنفيذ تجربة حقلية في دائرة الموارد الطبيعية التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في حمص (من الشهر السابع إلى الشهر العاشر) للموسم الزراعي 2024م لدراسة تأثير مستويات متباينة من الصخر الفوسفاتي السوري في إتاحة الفوسفور لنبات الذرة الصفراء في التربة الكلسية. وقد أُستخدم في هذه الدراسة الصخر الفوسفاتي من إنتاج الشركة العامة للفوسفات والمناجم في حمص بالمستويات التالية (PR0=0,PR1=250,PR2=500,PR3=750,PR4=1000kg/ha) ، كما أُستخدم السوبر فوسفات الثلاثي (TSP 46% P_2O_5) بمعدل 120kg/ha(حسب التوصية السمادية) بهدف المقارنة، وتم استخدام نبات الذرة الصفراء *Zea Mays* صنف غوطة 82 كنبات تجربة، وبلغ عدد المعاملات في التجربة (6) معاملات بمعدل (3) مكررات لكل معاملة وبالتالي بلغ عدد الوحدات التجريبية في هذه التجربة 18 وحدة تجريبية، ولقد صُممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)، وخضعت جميع النتائج المتحصل عليها للتحليل الإحصائي باستخدام برنامج Anova وحساب قيمة $LSD_{0.05}$.

أظهرت النتائج المتحصل عليها تفوق معنوي للصخر الفوسفاتي في زيادة محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة، حيث كان محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة تحت تأثير المعاملة PR4 (14.03ppm) ، في حين كان محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة في معاملة الشاهد 7.85ppm . في حين تفوقت معاملة الـTSP في زيادة محتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور على الشاهد وعلى معاملات الصخر الفوسفاتي بمستوياته المختلفة المستخدمة جميعها، حيث بلغ محتوى الأوراق تحت تأثير هذه المعاملة 0.356% ، وسجلت كل من المعاملات (PR_1,PR_2,PR_3,PR_4) زيادة في محتوى الأوراق من الفوسفور، حيث بلغت الزيادة (7.6%, 9.2%, 10.1%, 13.5%) على الترتيب بالمقارنة مع الشاهد (PR_0).

الكلمات المفتاحية: صخر فوسفاتي، فوسفور قابل للإفادة، ذرة صفراء.

The effect of different levels of Syrian phosphate rock on phosphorus availability for maize plant in calcareous soil

Abstract

A field experiment was conducted at the Natural Resources Department of the Agricultural Scientific Research Center in Homs from July to October in 2024 to study the effect of varying levels of Syrian phosphate rock on phosphorus availability to maize plant in calcareous soil. In this study, phosphate rock (PR) produced by the General Company for Phosphate and Mines in Homs was used at this level:(PR0=0,PR1=250,PR2=500,PR3=750,PR4=1000kg/h a)، Triple superphosphate (TSP 46% P_2O_5) was also used at a rate of 120 kg/ha (As per fertilizer recommendation) for comparison purpose. The Maize plant (*Zea mays*), Ghouta 82 variety, was used as an experimental plant. The number of treatments in this experiment was (6) treatments at a rate of (3) replicates for each treatment. Therefore, the number of experimental units in this experiment was 18. The experiment was designed according to the randomized complete block design (RCBD), and all the obtained results were subjected to statistical analysis using the Anova program and calculating the $lsd_{0.05}$.

The obtained results showed a significant superiority of phosphate rock in increasing the soil content of available phosphorus, as the soil content of available phosphorus under the influence of treatment PR4 was 14.03 ppm, while the soil content of available phosphorus in the control treatment was 7.85 ppm. While the TSP treatment was clearly superior in increasing the phosphorus content of maize leaves over the control and over the phosphate rock treatments at its different levels used. The leaf's P content under the influence of this treatment reached 0.356%, and each of the treatments (PR_1, PR_2, PR_3, PR_4) recorded an increase in the leaf's phosphorus content, the

increase was (7.6%, 9.2%, 10.1%, 13.5%) respectively compared to the control (PR_0).

Keywords: phosphate rock, Available phosphorus, maize

1-مقدمة

يُعد الفوسفور عنصراً أساسياً لنمو النباتات ومحدد لإنتاجية المحاصيل (Weeks and Hettiarachchi, 2019) فهو يؤدي دوراً مهماً في العديد من العمليات الفيزيولوجية ضمن النبات حيث يدخل في التفاعلات الإنزيمية، ويشارك بشكل مباشر في نقل الطاقة، واستقلاب البروتين في النبات، وتخليق الأحماض النووية، وعملية التمثيل الضوئي، وغيرها من العمليات الهامة لبناء الخلية (Devau *et al.*, 2011).

يُعتقد بأن المصدر الأساسي لمركبات الفوسفات المتواجدة بالتربة هو فلز الفلور أباتيت والذي يتواجد في معظم الأحيان مع معدن الكالسيت مكوناً معدن الفرانكوليت الذي يعطى له الرمز $Ca_{10}(PO_4)_6F_2.Ca\,CO_3$ ، ويتواجد هذا المعدن بصورة رئيسة على شكل صخور مترسبة في شمال أفريقيا وأمريكا الشمالية وروسيا، حيث يُقدر احتياطي العالم من هذه الصخور بحوالي 55 بليون طن (Wallker and Syers, 1976).

ويشكل الفوسفور الذائب في محلول التربة المصدر المباشر للفوسفور بالنسبة للنبات، ويكون على شكل فوسفات أحادية ($H_2PO_4^-$) وفوسفات ثنائية (HPO_4^{-2}) قابلة للامتصاص من قبل النبات مباشرةً، ويعتمد تركيز هذه الأيونات في محلول التربة على التوازن القائم بين الشكل الذائب للفوسفور والصور المختلفة الأخرى للفوسفور في التربة(Wiklaner,1975).

إن توفر الفوسفور في التربة القلوية والكلسية يتأثر بشدة بعوامل عدة مثل قوام التربة (Jalali and Jalali , 2016)، ومحتوى التربة من كربونات الكالسيوم(Leytem and Mikkelsen ,2005) ،

وملوحة التربة(Bai *et al.*, 2017) ، ودرجة تفاعل (pH) التربة، والكاتيونات الذائبة (Na^{+}, Mg^{+2},Ca^{+2})، والأنيونات الذائبة (SO_4^{-2}, NO_3^{-}, Cl^{-})، والفوسفور الكلي (Li *et al.*, 2019) .

تعد الصخور الفوسفاتية Phosphate Rock هي مواد طبيعية تحتوي على حوالي 5 إلى 13٪ من الفوسفور، وتوجد في الطبيعة بشكل رئيس في الصخور النارية والرسوبية. حيث يعتقد بأن حوالي 13–15٪ من PR يتواجد في الصخور النارية، و80–82٪ في الصخور الرسوبية، و2–3٪ فقط من المصادر الحيوية (Serikani *et al.*, 2019). وقد بلغ الإنتاج العالمي من خام الفوسفات في عام 2012 نحو 217 مليون طن، بينما بلغت الاحتياطيات العالمية حوالي 67 مليار طن (Hellal *et al.*, 2013) ويتكون الصخر الفوسفاتي Phosphate Rock بصورة رئيسة من فلز الأباتيت Apatit وبخاصة فلور الأباتيت $Ca_{10}(PO_4)_3F_2$ ، فإذا استُبدل الكلور بالفلور سمي الفلز الناتج كلور الأباتيت وبطريقة مشابهة يتكون هيدروكسيد الأباتيت وكربونات الاباتيت. ويمكن اعتبار الصخر الفوسفاتي مصدراً رخيصاً للفوسفور بالمقارنة مع الأسمدة الفوسفاتية والكيميائية (Ditta *et al.*, 2018).

تُعد كربونات الكالسيوم أحد أكثر المعادن شيوعًا في الصخر الفوسفاتي، يزيد إذابة كربونات الكالسيوم من تركيز الكالسيوم ودرجة تفاعل التربة(pH)، لذلك لن يكون من المستغرب أن كربونات الكالسيوم يمكن أن تقلل من معدل إذابة PR في بعض الترب (Mendes *et al.*, 2020)

وجد (Mackay And Syers, 1986) بعد 90 يوم من الحضانة للصخر الفوسفاتي ، بلغت نسبة إذابة صخر فوسفات سيشورا عند درجة حموضة 6.4 (6%) فقط من إجمالي الفوسفور المضاف، مقارنةً بنسبة 33.6% من إجمالي الفوسفور المضاف عند درجة حموضة 5.2، ويعود السبب في ذلك إلى كلوريد الكالسيوم الذي أدى لرفع درجة حموضة التربة من 5.2 إلى 6.4 وبدوره أدى إلى خفض نسبة الفوسفور المتاح الناتج عن ذوبان الصخر الفوسفاتي إلى 11%.

وذكر الباحثون أن استخدام 1000 كغ/هكتار من جسيمات PR المطحون بشكل ناعم جداً، حسّن مؤشرات نمو العديد من النباتات إضافة إلى زيادة محتوى التربة من الفوسفور المتاح. (El-Halim and Omae, 2019)

أوضح(Schilling *et al.*, 1988) أنه عندما أُستخدام الصخر الفوسفاتي بمعدل 3غ/كغ تربة أدى إلى زيادة في محتوى التربة من الفوسفور المتاح بنسبة 9% بالمقارنة مع الشاهد وبلغت الزيادة في محتوى النبات من الفوسفور أيضاً 84% بالمقارنة مع الشاهد عند هذا المعدل.

تنتشر الترب الكلسية على نطاق واسع في سورية، وتعاني هذه الترب والنباتات النامية فيها من مشاكل عدة أهمها انخفاض محتواها من الفوسفور القابل لإفادة النبات نظراً لتعرضه للتثبيت فيها بطرائق وآليات شتى، هذا من ناحية ومن ناحية أخرى تعد سورية من البلدان الغنية بالصخور الفوسفاتية والمصدّرة لها، ومن الممكن من حيث المبدأ استخدام جزء من الصخر الفوسفاتي المحلي بعد تحضيره بالطرق المناسبة في تأمين حاجة المحاصيل المختلفة من عنصر الفوسفور مما يقلل الحاجة إلى الأسمدة الفوسفاتية غالية الثمن. وانطلاقاً مما سبق فإن هذا البحث هدف إلى دراسة تأثير استخدام مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي السوري في إتاحة الفوسفور لنبات الذرة الصفراء النامي في تربة كلسية.

2-مواد العمل وطرائقه:

تم تنفيذ التجربة الحقلية في دائرة الموارد الطبيعية التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية في حمص (من الشهر السابع إلى الشهر العاشر) خلال الموسم الزراعي 2024م.

تتصف تربة حقل التجربة بأنها ذات درجة pH قاعدي، وأنها ذات محتوى مرتفع من كربونات الكالسيوم، ومنخفضة إلى متوسطة المحتوى من الأملاح الكلية الذوابة، ومتوسطة المحتوى من المادة

العضوية، وإضافة لما سبق تتصف هذه التربة أنها متوسطة المحتوى من كل من الفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنزيوم كما هو موضح في (الجدول 1).

جدول (1): الخصائص الكيميائية الأساسية لتربة موقع التجربة

pH (1:2.5)	8.22
EC (1:5) dS/m	0.25
Organic Mattar%	1.27
$CaCO_3$%	30.23
Available Ca (ppm)	1317.35
Available Mg (ppm)	281.43
Available P (ppm)	7.86
Available K (ppm)	265.27

أُستخدم في هذا البحث مسحوق الصخر الفوسفاتي الذي تم تأمينه من الشركة العامة للفوسفات والمناجم في حمص، وسماد السوبر فوسفات ثلاثي (TSP 46% P_2O_5) من إنتاج الشركة العامة للأسمدة في حمص.

تم في هذا البحث استخدام المعاملات التالية:

1-المعاملة الأولى (T1): تربة مضاف لها السماد الفوسفاتي (TSP) بمعدل 120كغ P_2O_5/هـ، ورُمز لها بالرمز (TSP).

2-المعاملة الثانية (T2): تربة شاهد دون أي إضافة، ورُمز لها بالرمز (PR_0).

3-المعاملة الثالثة (T3): تربة مضاف لها الصخر الفوسفاتي بمعدل 250كغ/هـ ، ورُمز لها بالرمز (PR_1).

4-المعاملة الرابعة(T4): تربة مضاف لها الصخر الفوسفاتي بمعدل 500 كغ/هـ، ورُمز لها بالرمز (PR_2).

5-المعاملة الخامسة(T5): تربة مضاف لها الصخر الفوسفاتي بمعدل 750 كغ/هـ، ورُمز لها بالرمز (PR_3).

6-المعاملة السادسة (T6): تربة مضاف لها الصخر الفوسفاتي بمعدل 1000 كغ/هـ، رُمز لها بالرمز (PR_4).

تم تصميم التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة وبلغ عدد المعاملات 6 معاملات وعدد المكررات 3 وبالتالي بلغ عدد الوحدات التجريبية 18 وحدة تجريبية.

جرى تنفيذ البحث بدءاً من الشهر السابع إلى الشهر العاشر خلال الموسم الزراعي 2024م حيث تمت إضافة الصخر الفوسفاتي وسماد السوبر فوسفات الثلاثي دفعة واحدة قبل الزراعة، كما تمت زراعة نبات الذرة الصفراء *Zea Mays* صنف غوطة 82 كنبات تجربة.

تم جمع عينة تربة مركبة قبل الزراعة لتحديد الخصائص الأساسية لتربة موقع التجربة (الجدول1)، كما تم جمع عينات تربة مركبة من كل قطعة تجريبية في فترتين زمنتين: الأولى في منتصف موسم النمو (الفترة T_I) (أي بعد 45 يوم تقريباً من الزراعة) والثانية بعد مرور 90 يوم من الزراعة (الفترة T_{II})

العينات النباتية: تم أخذ العينات النباتية (الأوراق) من المعاملات والمكررات كافة بشكل متزامن مع موعد أخذ عينات التربة.

تم إجراء التحاليل المخبرية التالية قبل البدء بالتجربة:

تقدير pH التربة في معلق تربة: ماء (2.5:1)باستخدام جهاز pH meter . Baruah and Barthakur,1997)، تعيين الناقلية الكهربائية في مستخلص مائي للتربة (تربة: ماء:5:1) باستخدام Conductvity meter((Richards,1954)، تقدير محتوى التربة من الكربونات الكلية بطريقة المكلاس باستخدام جهازCalcimter. (Baruah and Barthakur, 1997) ، تقدير محتوى التربة من المادة العضوية باستخدام طريقة الأكسدة الرطبة بواسطة ديكرومات البوتاسيوم في وسط شديد الحموضة (Walkely and Black, 1934)، تقدير محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة بطريقة أولسن باستخدام جهاز القياس الطيفيSpectrophotometer (Olsen *et al*, 1954)، تقدير محتوى التربة من الكالسيوم والمغنزيوم القابلين للإفادة :باستخدام طريقة المعايرة المصحوبة بتشكل المعقدات (Baruah and Barthakur, 1997)، تقدير محتوى التربة من البوتاسيوم القابل للإفادة باستخدام جهاز التحليل باللهب Flame photometer (Baruah and Barthakur,1997).

خضعت عينات التربة المأخوذة من المعاملات والمكررات كافة للتحاليل الكيميائية لتقدير محتواها من الأشكال المتاحة لكل من الفوسفور والكالسيوم والمغنزيوم حسب الطرق آنفة الذكر، أما العينات النباتية المأخوذة فقد تم تحديد محتواها من الفوسفور حسب (Kalra,1988).

تم تحليل النتائج المتحصل عليها احصائياً، حيث خضعت كافة نتائج التجربة لتحليل التباين Analysis of Variance ببرنامج (Anova)، وتم حساب قيمة أقل فرق معنوي Least Significant Difference (LSD)عند مستوى معنوية 5%.

3-النتائج والمناقشة:

3-1-تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى أوراق الذرة الصفراء من الفوسفور:

تشير النتائج المبوبة في الجدول (2) أن المعاملات المستخدمة جميعها أدت إلى زيادة في محتوى أوراق الذرة الصفراء من الفوسفور، وكان للمعاملة (T1) والتي تضمنت إضافة سماد السوبر فوسفات الثلاثي (TSP) الدور الأكبر في زيادة محتوى الأوراق من الفوسفور، حيث بلغ محتوى الأوراق من الفوسفور تحت تأثير هذه المعاملة 0.354% و0.359% في (الفترتين T_I وT_{II}) على الترتيب. في حين كان محتوى الأوراق من من الفوسفور في معاملة الشاهد 0.225% و0.249% في منتصف ونهاية موسم النمو على التوالي. وقد ازداد محتوى الأوراق من الفوسفور بازدياد المستوى المستخدم من الصخر الفوسفاتي، وكان للمعاملة (T6) والتي شملت الصخر الفوسفاتي بمعدل (1000kg\ha) الأثر الأكبر بين معاملات الصخر الفوسفاتي بمستوياته المختلفة في زيادة محتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور، حيث بلغ محتوى الأوراق من الفوسفور تحت تأثير هذه المعاملة 0.267% و0.271% في (الفترتين T_I وT_{II}) على الترتيب.

وسجلت النتائج المتحصل عليها في نهاية موسم النمو ارتفاعاً في محتوى الأوراق من الفوسفور مقارنة بمنتصف موسم النمو وهذا يعود إلى امتصاص النبات للفوسفور من التربة وهذا ممكن أن يحصل كون منطقة انتشار الجذور نشطة حيوياً تفرز راشحات جذرية غنية بالأنيونات التي تؤدي للتقليل من تثبيت الفوسفور، أو تُشكل مخلبيات مع الكالسيوم مما يقلل من اتحادها مع الفوسفات المتحررة سواء من الصخر الفوسفاتي أو حتى السماد الفوسفاتي لتبقى الأنيونات الفوسفاتية ($H_2PO_4^-$,HPO_4^{-2}) متاحة للنبات (Halford and Mattingly, 1975).

وتوضح المقارنة بين معاملات الصخر الفوسفاتي تفوق المعاملة T6(PR_4) على معاملات الصخر الفوسفاتي الأخرى وبنسبة زيادة تقدر بـ 13.5% و5.5% و4.3% و3.1% بالمقارنة مع المعاملات T2(PR_0) وT3(PR_1) و T4(PR_2) و T5(PR_3) على الترتيب .

جدول (2): تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور

	P% in leaves (D.M)		Treatments	
Average	T_{II}	T_I	Code	Number
0.356	0.359^{a}	0.354^{a}	TSP	T1
0.237	0.249^{d}	0.225^{c}	PR_0	T2
0.255	0.257^{cd}	0.253^{b}	PR_1	T3
0.259	0.262^{bc}	0.256^{b}	PR_2	T4
0.261	0.265^{bc}	0.257^{b}	PR_3	T5
0.269	0.271^{b}	0.267^{b}	PR_4	T6
	0.277	0.268	Main	
	0.00761	0.00982	LSD 0.05	

في حال وجود حرف مخالف بنفس العمود (a,b,c...) يعني وجود اختلاف معنوي عند $LSD_{0.05}$

3-2-تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة:

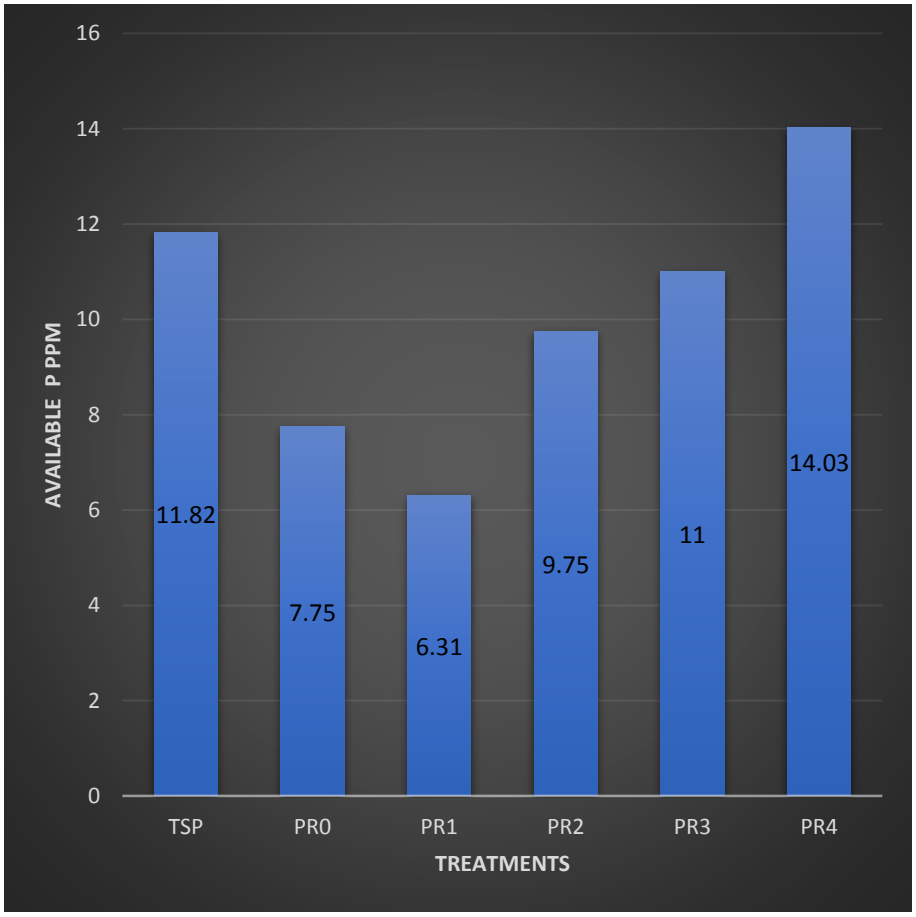
تشير النتائج المتحصل عليها في الجدول(3) إلى وجود تأثير معنوي للمعاملات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي والسماد الفوسفاتي في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة، ولقد كان

للمعاملة T6 (معاملة الصخر الفوسفاتي بمعدل 1000kg/ha)الأثر الأكبر في زيادة محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة، حيث بلغ محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة تحت تأثير هذه المعاملة 14.28ppm و 13.78ppm في منتصف ونهاية موسم النمو على الترتيب، في حين كان محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة في معاملة الشاهد 7.81ppm و 7.69ppm في مرحلتي (T_{II}وT_{I}) على الترتيب. ويمكن أن يُعزى ذلك إلى تحرر جزء من محتوى الصخر الفوسفاتي من الفوسفور بأشكال متاحة للنبات(Klaic *et al.*, 2017). كما ارتفع محتوى التربة من الفوسفور المتاح تحت تأثير المعاملة (T1) والتي تضمنت إضافة سماد السوبر فوسفات الثلاثي، وبلغ محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة تحت تأثير هذه المعاملة 11.90ppm و 11.75ppm في منتصف ونهاية موسم النمو على الترتيب. وتشير النتائج المتحصل عليها إلى وجود فروق معنوية بين المستويات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي، كما تمت ملاحظة فروق معنوية بين المستويات المختلفة المستخدمة من الصخر الفوسفاتي (PR_0,PR_1, PR_2, PR_3,PR_4) حيث تفوقت المعاملة (PR_4) (والتي تضمنت استخدام الصخر الفوسفاتي بمعدل (1000kg/ha) تفوقاً معنوياً على بقية المستويات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي في زيادة محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة. وتشير النتائج المبوبة في الجدول (3) أيضاً إلى انخفاض عام في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة مع مرور الزمن ربما بسبب الامتصاص النباتي أو تعرض بعض الفوسفور المتحرر من الصخر الفوسفاتي إلى التثبيت في التربة(Bertrand *et al* ., 2003).

جدول(3): تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة

Available P ppm			Treatments	
Average	T_{II}	T_{I}	Code	Number
11.82	11.75^{ab}	11.90^{ab}	TSP	T1
7.75	7.69^{cd}	7.81^{cd}	PR_0	T2
6.31	6.21^{d}	6.42^{d}	PR_1	T3
9.75	9.69^{bc}	9.83^{bc}	PR_2	T4
11.00	10.82^{b}	11.19^{b}	PR_3	T5
14.03	13.78^{a}	14.28^{a}	PR_4	T6
	9.99	10.24	Main	
	1.837	1.766	LSD 0.05	

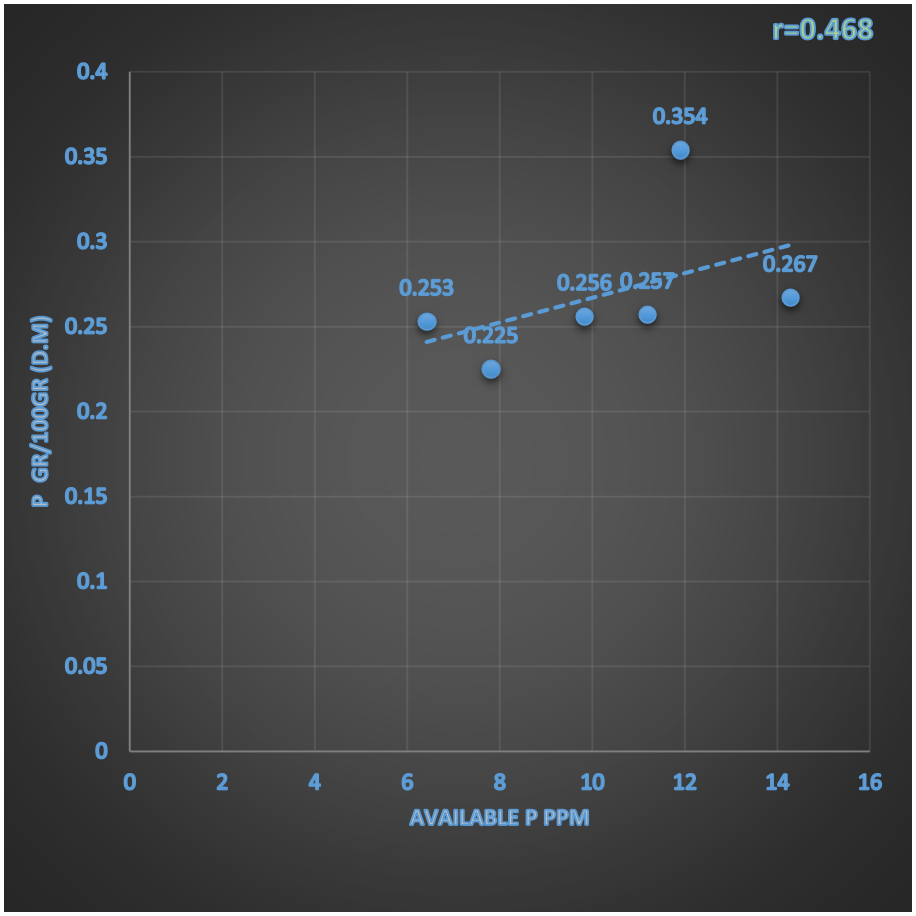
في حال وجود حرف مخالف بنفس العمود (a,b,c…) يعني وجود اختلاف معنوي عند $LSD_{0.05}$



الشكل (1): تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة (متوسط الفترتين T_1 و T_2)

يوضح الشكل (1) تأثير المستويات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة (متوسط الفترتين T_1 و T_2)، حيث يبدو واضحاً من هذا الشكل ازدياد واضح في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة بازدياد المستوى المستخدم من الصخر الفوسفاتي باستثناء المستوى(PR_1) (250kg/ha) ، وبالمقارنة مع المستوى (PR_0) حققت كل من المستويات (PR_2,PR_3,PR_4) زيادة قدرها (25.8%,41.9%,81%) على الترتيب ، وكان تأثير المستوى

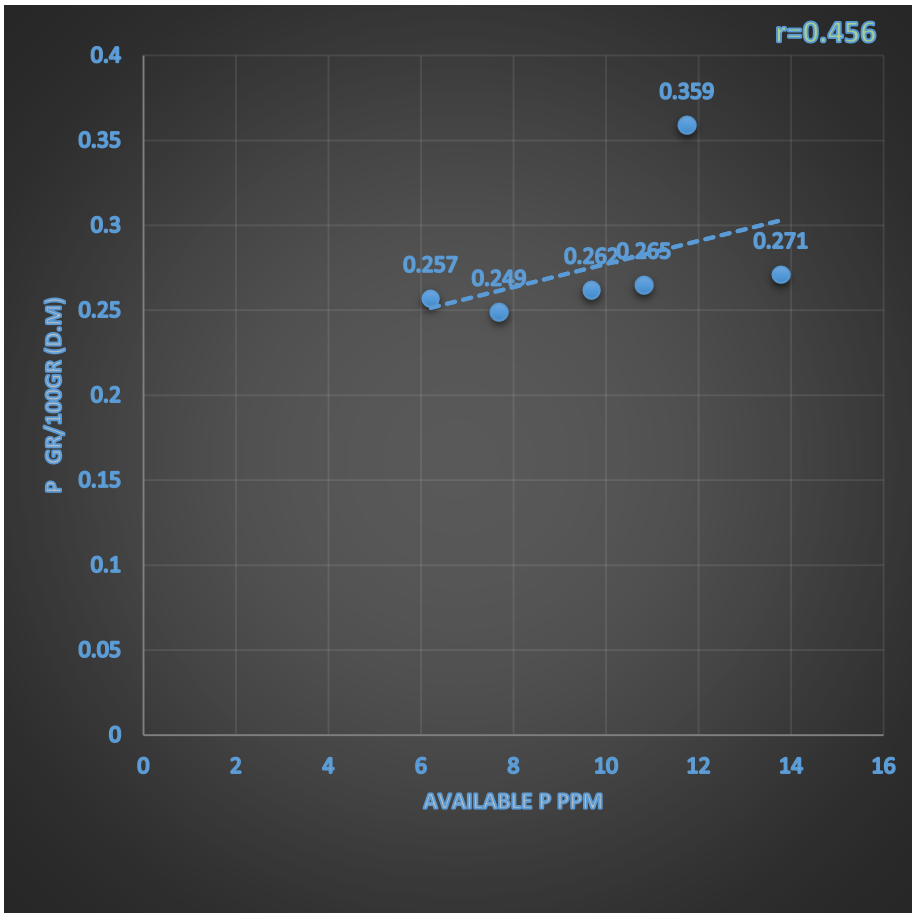
(750kg/ha) PR_3 مقارباً لتأثير المعدل المستخدم من السماد الفوسفاتي الـTSP ، بينما تفوق المستوى (1000kg/ha) PR_4 عليه بنسبة 18.6%.



الشكل (2): العلاقة بين محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة ومحتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور في منتصف موسم النمو (الفترة T_I)

أوضح الشكل (2) العلاقة بين محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة ومحتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور في منتصف موسم النمو (الفترة T_I) حيث بين الشكل أن هناك ارتباط طردي بين محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة محتوى النبات من الفوسفور ولو كان هذا الارتباط الطردي ضعيف لوحظ أنه كلما زاد محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة زاد محتوى

النبات من الفوسفور وقد تبين من الشكل تفوق سماد الـTSP على كل مستويات الصخر الفوسفاتي في زيادة محتوى النبات من الفوسفور.



الشكل (3): العلاقة بين محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة ومحتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور في نهاية موسم النمو (الفترة $T_{\square}$)

أوضح الشكل (3): العلاقة بين محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة ومحتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور في نهاية موسم النمو (الفترة $T_{\square}$) ، حيث بين الشكل أن هناك ارتباط طردي بين محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة محتوى النبات من الفوسفور ولو كان هذا الارتباط

الطردي ضعيف ،أنه ترافق انخفاض محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة في التربة مع مرور الزمن بزيادة محتوى الأوراق من الفوسفور .

3-3-تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح:

يبين الجدول (4) أن المعاملات المستخدمة في هذا البحث جميعها قد زادت معنوياً في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح. ولقد حققت (المعاملة T1) أكبر زيادة في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح، حيث بلغ محتوى التربة من الكالسيوم المتاح في هذه المعاملة 1331.87ppm و1334.33ppm وذلك في منتصف ونهاية موسم النمو على الترتيب، في حين كان محتوى التربة من الكالسيوم المتاح في معاملة الشاهد (PR_0) 1313.67ppm و1314.40ppm في منتصف موسم النمو(الفترة□T) ونهايته (الفترة□T) على الترتيب. ويمكن أن يُعزى السبب في ذلك إلى تحرر كاتيونات الكالسيوم نتيجة تحلل سماد السوبر فوسفات الثلاثي المستخدم في المعاملة (T1).

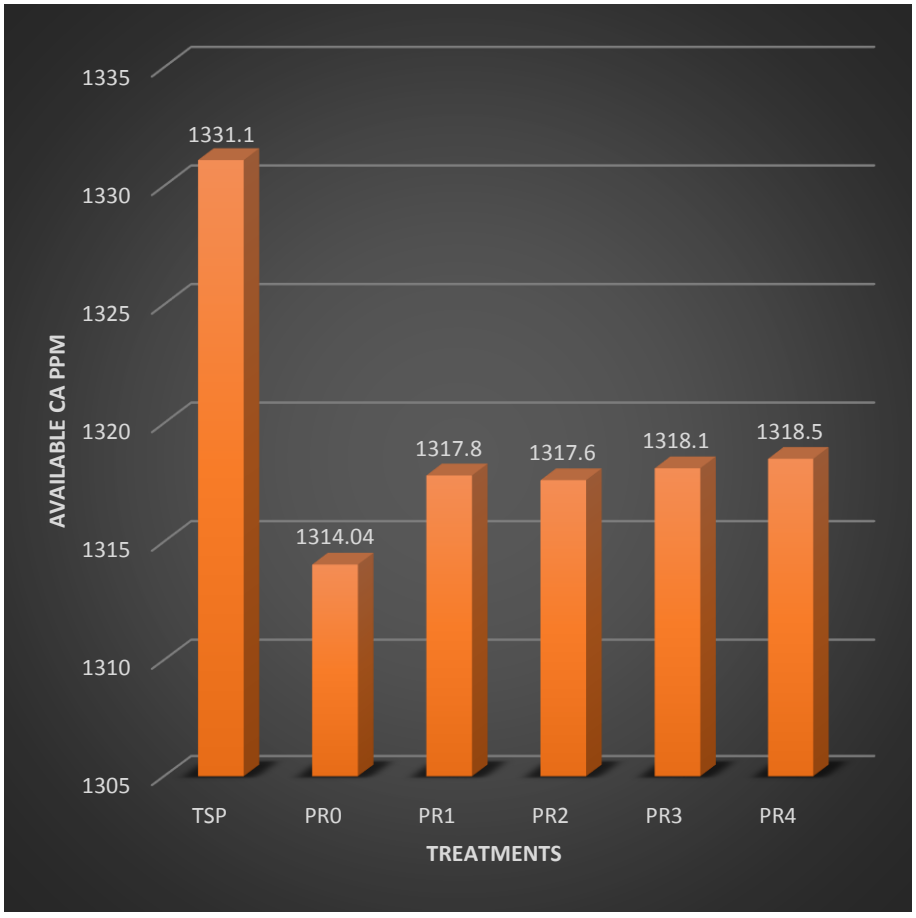
يتضح من النتائج المتحصل عليها أيضاً حصول ارتفاع معنوي في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح بتأثير المعاملات المستخدمة من (PR) بالمستويات المختلفة جميعها حيث بلغ محتوى التربة من الكالسيوم المتاح (1318.5ppm, 1318.1ppm, 1317.6ppm,1317.8ppm) في كل من المعاملات (PR_1,PR_2,PR_3,PR_4) على الترتيب وذلك بناءً على متوسط الفترتين (T_I و T_{II})، في حين لم يُلحظ فروق معنوية واضحة بين المستويات المختلفة المستخدمة من الصخر الفوسفاتي في التأثير في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح. ويمكن أن يُعزى الارتفاع الحاصل في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح تحت تأثير إضافة الصخر الفوسفاتي إلى تحرر كاتيونات هذا العنصر عبر عملية الانحلال الجزئي الحاصلة للصخر الفوسفاتي (Khasawneh and Doll, 1978).

وبالمقارنة بين تأثير الصخر الفوسفاتي بمستوياته المستخدمة والسماد الفوسفاتي (TSP) في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح، توضح النتائج المتحصل عليها تفوقاً معنوياً لسماد الـ (TSP) على الصخر الفوسفاتي من حيث التأثير في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح (الشكل4).

جدول (4): تأثير استخدام مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح

Average	Available Ca ppm		Treatments	
	T Ⅱ	T Ⅰ	Code	Number
1333.1	1334.33[a]	1331.87[a]	TSP	T2
1314.04	1314.40[c]	1313.67[c]	PR_0	T2
1317.8	1318.23[b]	1317.53[b]	PR_1	T3
1317.6	1318.40[b]	1316.80[b]	PR_2	T4
1318.1	1318.70[b]	1317.40[b]	PR_3	T5
1318.5	1319.03[b]	1318.07[b]	PR_4	T6
	1320.52	1319.22	Main	
	0.6813	1.292	LSD 0.05	

في حال وجود حرف مخالف بنفس العمود (a,b,c...) يعني وجود اختلاف معنوي عند $LSD_{0.05}$



الشكل (4): تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من الكالسيوم المتاح (متوسط الفترتين T□ و T□)

3-4-تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من المغنزيوم المتاح:

يتضح من النتائج المبوبة في الجدول (5) عدم وجود تأثير يُذكر للمعاملات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي بمستوياته المختلفة ولمعاملة السماد الفوسفاتي الـ TSP في محتوى التربة من المغنزيوم المتاح سواء في منتصف موسم النمو (الفترة T II) أو نهايته (الفترة T II). فالفروق بين المستويات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي والشاهد أو بين المستويات المستخدمة نفسها لم تكن معنوية،

الأمر الذي يمكن أن يعزى إلى فقر الصخر الفوسفاتي بالمغنزيوم بالمقارنة مع محتواه من الكالسيوم (Shahrour & ALnajjar, 2018).

جدول (5): تأثير مستويات مختلفة من الصخر الفوسفاتي في محتوى التربة من المغنزيوم المتاح

	Available Mg ppm		Treatments	
Average	T Ⅱ	T Ⅰ	Code	Number
270.2	268.43^{a}	271.97^{bc}	TSP	T1
268.13	266.27^{a}	270.00^{c}	PR_0	T2
270.45	268.77^{a}	272.13^{bc}	PR_1	T3
267.71	266.07^{a}	269.37^{c}	PR_2	T4
272.45	269.40^{a}	275.50^{a}	PR_3	T5
271.4	269.33^{a}	273.47^{ab}	PR_4	T6
	268.04	272.07	Main	
	3.281	1.901	Main LSD 0.05	

في حال وجود حرف مخالف بنفس العمود (a,b,c…) يعني وجود اختلاف معنوي عند $LSD_{0.05}$

الاستنتاجات والمقترحات:

1-أدى إضافة الصخر الفوسفاتي إلى زيادة معنوية في محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة، وكان المستوى المستخدم (PR_4(1000kg/ha) الأثر الأكبر بين المستويات المستخدمة من الصخر الفوسفاتي في زيادة محتوى التربة من الفوسفور القابل للإفادة حيث حقق زيادة معنوية تقدر بـ 81% بالمقارنة مع الشاهد.

2-تفوق كل من سماد الـTSP والمستوى الرابع PR4(1000kg/ha) من الصخر الفوسفاتي في زيادة محتوى أوراق نبات الذرة الصفراء من الفوسفور حيث سجلت كل منهما زيادة معنوية في محتوى الأوراق من الفوسفور تقدر بـ 50.2% و13.5% على الترتيب بالمقارنة مع الشاهد.

3- تفوق سماد الـ TSP تفوقاً معنوياً على المستويات المستخدمة المختلفة من الصخر الفوسفاتي في زيادة محتوى التربة من الكالسيوم المتاح

4-نقترح متابعة دراسة تأثير مستويات أخرى الصخر الفوسفاتي، وفي أنواع مختلفة من الترب الزراعية ولاسيما الكلسية منها للوقوف على إمكانية استخدامه كمصدر متوفر ورخيص الثمن للفوسفور.

References

-Bai J, Ye X, Jia J, Zhang G, Zhao Q, Cui B, Liu X (2017): Phosphorus sorption-desorption and effects of temperature, pH and salinity on phosphorus sorption in marsh soils from coastal wetlands with different flooding conditions. Chemosphere 188:677-688.

-Baruah ,T.C.and Barthakur,H.P.(1997): A text book of soil analysis.Vices publishing House PVT.LTD.

-BERTRAND, I; HOLLOWAY, R.E; ARMSTRONG, R.D; MCLAUGHLIN, M.J(2003):Chemical characterstics of phosphorus in alkaline soils from Southern Australia, Aust. J. Soil. Res. 41,.61-76.

-Devau,N;Hinsinger,P;Cadra,E;andGerard,F(2011):Root-induced processes controlling phosphate availability in soils with contrasted P-fertilizerd treatments. Plant and Soil,343,.203-218.

-Ditta, A.; Imtiaz, M.; Mehmood, S.; Rizwan, M.S.; Mubeen, F.; Aziz, O.; Qian, Z.; Ijaz, R.; Tu, S. (2018): Rock phosphate-enriched organic fertilizer with phosphate-solubilizing microorganisms improves nodulation, growth, and yield of legumes. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* , *49*, 2715-2725.

-El-Halim, A.A.A.; Omae, H (2019): Examination of nanoparticulate phosphate rock as both a liming agent and phosphorus source to enhance the growth of spinach in acid soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* , *65*, 386-392

-Halford, I. C. R. and G. E. G. Mattingly.(1975): The high and low energy phosphate absorbing surfaces in calcareous soils J. Soil Sci.26:407 – 417.

-Hellal, F.A.A.; Nagumo, F.; Zewainy, R.M.(2013): Influence of phosphocompost application on phosphorus availability and uptake by maize grown in red soil of Ishigaki Island, Japan. *Agric. Sci.*, *4*, 102–109.

-Jalali M, Jalali M.(2016): Relation between various soil phosphorus extraction methods and sorption parameters in calcareous soils with different texture. Sci Total Environ 566:1080–1093.

-Kalara,Y.P.(1988):Hand book of Reference Methods for plant Analysis .CRC Press.Boca Raton Boston London New York Washinngtin,D.C.

-Khasanch,F.Eand Doll,E.C.(1978):The Use of phosphate Rock for Direct Application to Soils.Ad.Agron.30,159-206.

-Klaic, R.; Plotegher, F.; Ribeiro, C.; Zangirolami, T.; Farinas, C. A (2017): Novel combined mechanical–biological approach to improve rock phosphate solubilization. *Int. J. Miner. Process.*, *161*, 50–58.

-Leytem AB, Mikkelsen RL (2005):The nature of phosphorus in calcareous soils. Better Crops 89:11–13.

-Li F, Liu L, Liu J, Yang K. (2019): Abiotic and biotic controls on dynamics of labile phosphorus fractions in calcareous soils under agricultural cultivation Sci Total Environ 681:163–174.

-Mackay, A., Syers, J. (1986): Effect of phosphate, calcium, and pH on the dissolution of a phosphate rock in soil. *Fertilizer Research* **10**, 175–184 .

-Mendes, G.D.O.; Murta, H.M.; Valadares, R.V.; da Silveira, W.B.; da Silva, I.R.; Costa, M.D. (2020): Oxalic acid is more efficient than sulfuric acid for rock phosphate solubilization. *Miner. Eng*, *155*, 106458.

-Olsen,S.R.,Collie,C.V.,Wataanabe,F.S.,Dean(1954): Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate).U.S Department of Agriculture,circular 939.

-Richard, L.A. (1954): Diagnosis and imporovment of saline alkali soils.USDA Agric.Hand Book .Washington D.C.

-Sarikhani, M.R.; Khoshru, B.; Greiner, R (2019): Isolation and identification of temperature tolerant phosphate solubilizing bacteria as a potential microbial fertilizer. *World J. Microbiol. Biotechnol.* , *35*, 126.

_Schilling.G. , A. Gransee, A. Deubel, G. Lezovic, S. Ruppel(1988):Phosphorus availability, root exudates, and microbial activity in the rhizosphere Z. Pflanzenernahr. Bodenkd., 161 pp. 465-478.

-Shahrour, Abdullah, Al-Najjar(2018): Preparation of hexametaphosphate salt from local phosphorous ores and a study of some of its uses, Master's thesis in applied chemistry, University Of Aleppo, Faculty of Science Chemistry Department.

-Walkler ,T.W.and J.K.Syers,(1976):The fate of phosphours during pedogenesis.Geoderma,15:1-19.

-Weeks JR,and HettIarchchI,G,M.(2019):Areview of the latest in phosphorus fertilizer technology:Possibilities and pragmatism. Journal of Enveronmental Quility 48(51300-1313.

.-Wiklaner,(1975):Stuies on soils.III.Kungl.Lanthbrukshogsk.Ann.177:42.

-Walkley,Aand Black,I.A.,(1934): An Examination of Degtjaraff Method for Determining Soil Organic Matter and proposed Modification of the Chromic Acid Method. Soil Science,37.29-38.