

تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض في جاهزية الفسفور والنحاس في التربة ونمو محصول الذرة الصفراء

محمد عبد الربيعي
استاذ مساعد

فiras كامل الجنابي*
باحث

قسم علوم التربة والموارد المائية-كلية الزراعة-جامعة بغداد

Firas_kml@yahoo.com

المستخلص

نفذت تجربة اصص بايولوجية في ظل خشبية عائدة لكلية الزراعة/ جامعة بغداد باستخدام تربة كلسية ذات نسجة مزيجة طينية غرينية (SiCL) جمعت من احد الحقول الزراعية في منطقة الجادرية/ محافظة بغداد لدراسة تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض في جاهزية الفسفور والنحاس ونمو نبات الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) ومحتواه من الفسفور والنحاس. زرعت بذور الذرة الصفراء صنف 5018 (انتاج دائرة البحوث/ وزارة الزراعة) في الموسم الخريفي 2014 بواقع ست بذور لكل اصيص وخفت بعد اسبوع من الانبات الى نبات واحد، نفذت التجربة حسب التصميم التام التعشبية (CRD) واستعمل الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% (PAPR) مصدراً للفسفور بثلاثة مستويات (0 و 40 و 80 كغم P ه⁻¹). بينت نتائج التجربة أن اضافة الصخر الفوسفاتي المحمض ادى الى زيادة معنوية في جاهزية الفسفور في التربة وقد تفوق مستوى اضافة 80 كغم P ه⁻¹ صخر فوسفاتي محمض في زيادة جاهزية الفسفور بنسبة 104.00% قياساً بمعاملة المقارنة بينما انخفضت جاهزية النحاس في التربة بزيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض، وتفوق مستوى اضافة 80 كغم P ه⁻¹ صخر فوسفاتي محمض في زيادة صفات النمو من ارتفاع النبات والوزن الجاف للجزء الخضري والجذري وبنسبة زيادة 6.25% و 28.65% و 99.72% على التوالي قياساً بمعاملة المقارنة، وتفوق المستوى نفسه من الصخر الفوسفاتي المحمض في زيادة محتوى الجزء الخضري والجذري من الفسفور والنحاس إذ بلغت نسبة زيادة النحاس في الجزء الخضري 48.81% وفي الجزء الجذري 82.10% قياساً بمعاملة المقارنة.

الكلمات المفتاحية: تربة كلسية، امتصاص الفسفور، امتصاص النحاس، صفات النمو، محتوى الجزء الخضري والجذري.
*البحث مستل من رسالة ماجستير للباحث الاول.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences –1338-1346: (5) 48/ 2017

Al-Janabi& Al-Robiaee

EFFECT OF ACIDULATED ROCK PHOSPHATE LEVELS ON AVAILABILITY OF PHOSPHORUS AND COPPER IN SOIL AND GROWTH OF MAIZE

F. K. Al-Janabi*

M. A. Al-Robiaee

Researcher

Assist. Prof.

Firas_kml@yahoo.com

Dept. of Soil Sci. and Water Res. – Coll. of Agric. – Univ. of Baghdad

ABSTRACT

A wooden house pots experiment was carried out at College of Agriculture/ University of Baghdad using calcareous soil silty clay loam texture collected from one of farm fields in Al-Jadriya region/ Baghdad governorate to study the effect of acidulated phosphate rock levels in availability of phosphorus and copper and growth of maize (*Zea mays L.*) and phosphorus, copper contents. Corn seeds (*Zea mays L.*) 5018 (produced office of agricultural research/ ministry of agriculture) were sows in Aug. 2014 with Six seeds in each pot then five plant were removed after one week from the growth. Completely Randomized Block Design (CRD) was used and three levels of partial acidulated phosphate rock 40% (0, 40 and 80 Kg p ha⁻¹) as resource of phosphorus. The result of the research showed phosphorus availability in soil were increased by 104.00% compared with control treatment at addition level 80 kg P ha⁻¹ of PAPR-40% while copper availability in soil were decreased. Plant height, shoot dry weight and roots dry weight were increased by 6.25%, 28.65% and 99.72% respectively compared with control treatment at level of 80 kg P ha⁻¹. shoot and roots contents of phosphorus and copper concentration were increased at level of 80 kg P ha⁻¹ copper content increased in shoot and roots by 48.81% and 82.10% respectively compared with control treatment.

Key words: calcareous soil, P uptake, Cu uptake, growth traits, shoot and roots contents.

*Part of M.sc thesis of the first author.

*Received:4/8/2016, Accepted:25/12/2016

المقدمة

يعد الصخر الفوسفاتي المحمض جزئياً احد مصادر الفسفور المهمة ويحضر عادةً بتفاعله مع H_2SO_4 أو H_3PO_4 بكميات أقل من التي تستخدم في الحصول على سماد سوبر فوسفات الاحادي (SSP) أو السوبر فوسفات الثلاثي (TSP)، على التوالي. وقد تم استخدام هذه الطريقة على نطاق واسع في أوروبا وأمريكا الجنوبية وأول من استخدمها Nordengren (20). ان التحميص الجزئي يمكن أن يعد وسيلة اقتصادية لتحسين الفعالية الزراعية للصخر الفوسفاتي الذي قد يكون غير فعال عند اضافته مباشرة الى التربة لهذا السبب، اجريت دراسات مستفيضة، ولازالت تجرى عالمياً (6، 7، 30). إن كفاءة الصخر الفوسفاتي المحمض تختلف تبعاً للخصائص الفيزيائية والكيميائية للصخر الفوسفاتي المستخدم، ودرجة التحميص، والخصائص الكيميائية للتربة (حموضة التربة، درجة الامتزاز للفسفور) والنظام الزراعي اما العوامل التي تزيد من فعالية الصخور الفوسفاتية المحمضة فهي: الفعالية العالية ونعومة دقائق الصخر الفوسفاتي، وحموضة التربة، والسعة العالية للتربة للاحتفاظ بالفسفور، وطول دورة النمو، وتناوب المحاصيل (5). اشار Chien (6) ان الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة (40-50)% باستخدام حامض الكبريتيك كان فعالاً كفعالية اسمدة سوبر فوسفات الكالسيوم المحمضة بالكامل وانه في الترب ذات pH الذي يتراوح بين (6.5-8.0) قد يكون الصخر الفوسفاتي المحمض فعالاً كفعالية السوبر فوسفات. إن المستويات العالية من عنصر الفسفور في التربة تؤدي الى حصول تداخل مع عنصر النحاس فنقل بذلك جاهزيته وعملية امتصاصه من النبات (3، 13). اشار Jabr (11) إلى ان اضافة الفسفور من 0 - 240 ملغم P^{-1} ادت الى حصول انخفاض في جاهزية العناصر الصغرى (Cu,Zn) بزيادة مستويات الاضافة وعلل ذلك بتداخل وترسيب الفسفور والكالسيوم مع العناصر الصغرى في التربة. وجد Olsen (21) وRahi وآخرون (24) انخفاض جاهزية وامتصاص عناصر (Cu,Zn,P) مع انخفاض حاصل الذرة الصفراء عند المستويات العالية من اضافة الجبس الفوسفاتي الى التربة الكلسية (pH7.6) وفسر ذلك بترسيب الفسفور والكالسيوم والمغذيات الصغرى. اشارت عدة دراسات لتداخل

مستويات الفسفور والنحاس وتأثير الفسفور على جاهزية النحاس وامتصاصه من النبات، إذ حصل Hamada وآخرون (9) عند دراستهم لتأثير كمية ونوعية السماد الفوسفاتي والرش بالمنغنيز والنحاس على محتوى الفسفور والمنغنيز والنحاس في النبات باستخدام اربعة مستويات من الفسفور (0 و 40 و 80 و 120) كغم P^{-1} بشكل اسمدة فوسفاتية مختلفة ورش النحاس بثلاثة مستويات (0 و 10 و 20) ملغم Cu^{-1} بشكل كبريتات النحاس وأن افضل كمية امتصاص من الفسفور والنحاس في النبات كانت عند اضافة مستوى 120 كغم P^{-1} والرش 20 ملغم Cu^{-1} . بينما حصل Aldulaimi (2) عند دراسة تأثير مستوى وطرائق اضافة سماد الفسفور في جاهزية الفسفور والزنك والنحاس وامتصاصهما من الذرة الصفراء (*Zea mays L.*) على كفاءة امتصاص للفسفور مقدارها 57% عند الاضافة الارضية ومعامل ارتباط بين امتصاص الفسفور والنحاس $r=0.74$ بينما حصل على كفاءة امتصاص 97% للفسفور المضاف رشاً ومعامل الارتباط بين امتصاص الفسفور والنحاس $r=0.99$. اجريت عدة دراسات حول تأثير المصادر الفوسفاتية المختلفة ومنها الصخر الفوسفاتي المحمض في نمو محصول الذرة الصفراء وقد استعمل Menon وChien (18) الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 50% في دراسة جاهزية فسفور التربة وتأثيره في محصول الذرة الصفراء وحصل على تأثير ايجابي معنوي في جاهزية الفسفور في التربة مقارنة باستخدام الصخور الفوسفاتية غير المحمضة وفي مؤشرات نمو محصول الذرة الصفراء. واستخدم Aldulaimi (2) السوبر فوسفات الثلاثي 21% P كمصدر فسفور بمستويات (0 و 34.4 و 68.8 و 103.2) كغم P^{-1} لدراسة جاهزية وامتصاص الفسفور ونمو محصول الذرة الصفراء وقد حصل على زيادة معنوية في الوزن الجاف ل محصول الذرة الصفراء ولكافة مستويات الاضافة لسماد السوبر فوسفات الثلاثي.

المواد وطرائق العمل

جمعت عينات مركبة من تربة سطحية (0-25) سم من حقل زراعي في منطقة الجادرية/ محافظة بغداد وجففت هوائياً ومررت خلال منخل قطر فتحاته 4.0 مم لأجراء التجربة البايولوجية ولأجل تحديد بعض خصائص التربة الكيميائية

المحمض جزئياً (PAPR) بنسبة 40% بحساب كمية حامض الكبريتيك المركز اللازمة للتحميص للنسبة المطلوبة على اساس الكمية التي نحتاجها للتحميص الكلي للصخر الفوسفاتي $(Ca_{10}(PO_4)_6F_2)$ لانتاج فوسفات الكالسيوم الاحادية (SSP) حسب طريقة (8). تمت اضافة الصخر الفوسفاتي المحمص بثلاثة مستويات وهي: صفر كغم P هـ⁻ 1، 40 كغم P هـ⁻ 1 و 80 كغم P هـ⁻ 1 علماً ان نسبة الفسفور الكلي في الصخر الفوسفاتي المحمص 8.02% وتم احتساب كمية الصخر الفوسفاتي المضاف لكل وحدة تجريبية على اساس نسبة الفسفور ووزن التربة (7كغم) لكل اصيص. اضيف النتروجين والبوتاسيوم بمستوى ثابت لكل المعاملات إذ اضيف النتروجين بشكل يوريا (46%N) بمستوى 240 كغم N هـ⁻ 1 و البوتاسيوم اُضيف بشكل K_2SO_4 (42%K) بمستوى 100 كغم K هـ⁻ 1 وتمت الاضافة بشكل دفتين متساويتين نصف قبل الزراعة والنصف الاخر بعد 20 يوماً من الانبات وذلك لأختيار مرحلة تكوين العرائص (بحدود 45 يوم من الانبات) مدة لأنها التجربة. تم اعتماد الطريقة الوزنية لحساب كمية مياه الري، إذ تم ري الاصص لأيصال الرطوبة الى حدود السعة الحقلية وإعادة الري بعد استنزاف 50% من كمية الماء عند السعة الحقلية. جمعت عينات تربة من كل اصيص للعمق (0-10) سم والتي تمثل المنطقة الجذرية بواسطة مثقاب صغير ولعدة اماكن عشوائية من الاصيص وخلطت ثم جففت هوائياً وطحنت ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 ملم لغرض تحليل الفسفور والنحاس. قدر الفسفور الجاهز بالتربة في مرحلة تكوين العرائص (بعد 45 يوماً من الانبات) حيث تم استخلاص الفسفور الجاهز من التربة بطريقة Olsen والواردة في Page وآخرون (22) باستعمال 0.5 مولاري $NaHCO_3$ (pH 8.5) وقدر الفسفور المستخلص بأستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) على طول موجي 882 نانومتر. قدر النحاس الجاهز في التربة بعد (1، 7، 15، 30، 45) يوماً من الانبات إذ تم الاستخلاص بطريقة DTPA (15) وتم تقدير النحاس المستخلص بأستعمال جهاز الامتصاص الذري. تم تقدير الفسفور في الجزء الخضري والجذري بطريقة الهضم الرطب للنباتات (wet digestion) وذلك باستخدام حامض الكبريتيك وبيروكسيد الهيدروجين (1)

والفيزيائية مررت التربة خلال منخل قطر فتحاته 2.0 مم والجدول 1 يبين بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة البحث اما الصخر الفوسفاتي فقد تم الحصول عليه من وزارة الصناعة واجريت عليه بعض التحاليل الكيميائية المبينة في الجدول 2.

جدول 1. بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة البحث

الصفة	القيمة	وحدة القياس
EC 1:1	1.71	ديسي سيمنز م ⁻¹
pH 1:1	7.16	-
CEC	22.43	سنتمول كغم ⁻¹ تربة
المادة العضوية	12	غم كغم ⁻¹ تربة
معادن الكربونات	221	غم كغم ⁻¹ تربة
النتروجين الجاهز	60	ملغم كغم ⁻¹ تربة
الفسفور الجاهز	19.1	ملغم كغم ⁻¹ تربة
البوتاسيوم الجاهز	86.70	ملغم كغم ⁻¹ تربة
النحاس الجاهز	2.1	ملغم كغم ⁻¹ تربة
النحاس الكلي	38.70	ملغم كغم ⁻¹ تربة
الماء الجاهز	18.3	%
صنف النسجة		مزيجة طينية غرينية

*المختبر المركزي/ قسم علوم التربة والموارد المائية

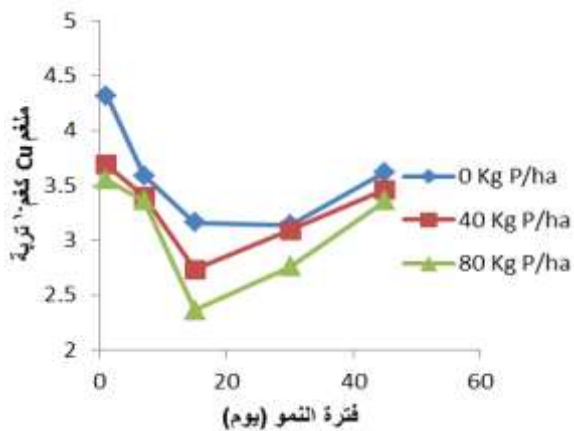
جدول 2. بعض الصفات الكيميائية للصخر الفوسفاتي

المستخدم في البحث

الصفة	القيمة	وحدة القياس
EC 1:1	5.9	ديسي سيمنز م ⁻¹
pH 1:1	7.5	-
الفسفور	10.22	%
الكبريت	0.246	%
الكالسيوم	29.25	%
الصوديوم	310	ملغم كغم ⁻¹
المغنسيوم	280	ملغم كغم ⁻¹
البوتاسيوم	728	ملغم كغم ⁻¹

*المصدر: محطة تصنيع الاسمدة الفوسفاتية (عكاشات) وزارة الصناعة نفذت التجربة بأستخدام اصص بلاستيكية سعة 10 كغم في الظلة الخشبية لكلية الزراعة - جامعة بغداد وقد وزن 7 كغم تربة لكل وحدة تجريبية ونفذت التجربة بتاريخ 2014/8/1 للموسم الخريفي 2014 لزراعة محصول الذرة الصفراء (Zea mays L. صنف 5018) (إنتاج الهيئة العامة للبحوث الزراعية) حيث زرعت ست بذور لكل اصيص وخفت بعد اسبوع من البزوغ الى نبات واحد ونفذت حسب التصميم التام التعشبية (CRD) وشملت 3 معاملات تجريبية بثلاثة مكررات ومن ضمنها معاملة المقارنة التي تمثل معاملة التربة فقط وقد تم توزيع المعاملات بصورة عشوائية ليصبح عدد الوحدات الكلية 9 وحدة تجريبية واجري التحليل الاحصائي على وفق اختبار ANOVA وقورنت المتوسطات للمعاملات بأختبار اقل فرق معنوي LSD على مستوى 0.05 وقد استعمل للتحليل الاحصائي برنامج Statistical Analysis SAS- System، (2012). حضر الصخر الفوسفاتي

الصخر الفوسفاتي المحمض على الجاهزية إذ اظهرت النتائج بأن قيم النحاس الجاهز في التربة بعد يوم واحد من الانبات 4.32، 3.69، 3.55 ملغم Cu^{-1} تربة لمستويات الاضافة 0 و 40 و 80 kg P^{-1} صخر فوسفاتي محمض على التوالي وبعد سبعة ايام من النمو انخفض تركيز النحاس الجاهز في التربة ليصبح 3.59، 3.40، 3.36 ملغم Cu^{-1} تربة لمستويات الاضافة 0 و 40 و 80 kg P^{-1} صخر فوسفاتي محمض على التوالي وقد يعود انخفاض تركيز النحاس الجاهز الى زيادة نمو النبات ومن ثم زيادة امتصاص العناصر المغذية ومنها النحاس فضلاً عن دور الفسفور في زيادة امتصاص النحاس (14). بعد خمسة عشر يوم من النمو نلاحظ زيادة انخفاض تركيز النحاس الجاهز في التربة لتصل قيم النحاس الجاهز 2.36، 2.73، 3.16 ملغم Cu^{-1} تربة لمستويات الاضافة 0 و 40 و 80 kg P^{-1} صخر فوسفاتي محمض على التوالي وقد يعزى استمرار انخفاض جاهزية النحاس في التربة الى زيادة نمو النبات والتي تتطلب زيادة امتصاص العناصر المغذية وبذلك انخفض محتوى التربة من النحاس الجاهز فضلاً عن دور الفسفور في زيادة امتصاص النحاس إذ نلاحظ وجود علاقة طردية بين زيادة كمية الفسفور وزيادة امتصاص النحاس وهذا يتفق مع ما حصل عليه Hamada واخرون (9) حيث استخدموا اربعة مستويات فسفور 0 و 40 و 80 و 120 kg P^{-1} ولاحظوا زيادة امتصاص النحاس والمنغنيز مع زيادة مستويات الفسفور وكان اعلى معدل امتصاص للنحاس عند المستوى 120 kg P^{-1} .

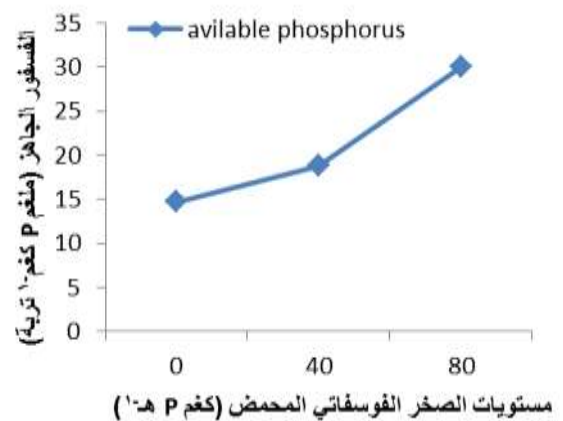


شكل 2. تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في جاهزية النحاس في التربة خلال مدد نمو الذرة الصفراء

وقد قدر الفسفور في المستخلص النباتي حسب طريقة Olsen و Watanabe (27) والموضحة في Black (4). اما النحاس تم تقديره في الجزء الخضري والجزء الجذري بطريقة الهضم الرطب للنباتات وذلك باستخدام مزيج من H_2SO_4 و HClO_4 و HNO_3 وينسب (1: 4: 10) وتم قياس النحاس بأستعمال جهاز مطياف الامتصاص الذري (12).

النتائج والمناقشة

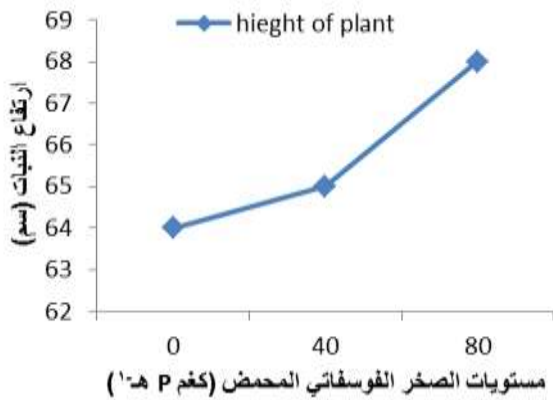
يشير الشكل 1 لتأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في جاهزية الفسفور في التربة خلال مرحلة النمو الخضري حيث اثرت زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض تأثيراً معنوياً في زيادة معدلات تركيز الفسفور الجاهز في التربة بعد 45 يوماً من الانبات إذ بلغ معدل تركيز الفسفور 18.78 ملغم p^{-1} تربة عند مستوى اضافة 40 kg P^{-1} صخر فوسفاتي محمض وسجلت هذه القيمة زيادة في معدل تركيز الفسفور مقدارها 27.58% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة اما عند مستوى اضافة 80 kg P^{-1} صخر فوسفاتي محمض فقد بلغ معدل تركيز الفسفور 30.03 ملغم p^{-1} تربة وسجل زيادة مقدارها 104.00% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة وتعود هذه الزيادة في معدلات تراكيز الفسفور الجاهز في التربة الى زيادة محتوى الصخر الفوسفاتي المحمض من الفسفور الذائب (16).



شكل 1. تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في جاهزية الفسفور في التربة خلال مرحلة النمو الخضري

يبين الشكل 2 جاهزية النحاس في التربة (ملغم Cu^{-1} تربة) في مراحل نمو نبات الذرة الصفراء وتأثير مستويات

ماتوصل اليه Tao واخرون (26). يبين الشكل 3 تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في ارتفاع النبات حيث اثرت مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض تأثيراً معنوياً في زيادة معدلات ارتفاع النبات وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 1.92 إذ بلغ معدل ارتفاع النبات 64.0 سم عند مستوى اضافة 0 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض وازداد معدل ارتفاع النبات ليصل 65.0 سم عند مستوى اضافة 40 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض وهي زيادة مقدارها 1.56% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة اما عند مستوى اضافة 80 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض فقد بلغ معدل ارتفاع النبات 68.00 سم وهي زيادة مقدارها 6.25% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة وتفسر زيادة معدل ارتفاع النبات مع زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض مقارنة بمعاملة عدم الاضافة الى الفسفور الجاهز في الصخر الفوسفاتي المحمض والذي عمل على امداد النبات بالفسفور وهنا تظهر اهمية الفسفور في تكوين وانقسام الخلايا وزيادة النمو الجذري والخضري الذي ينعكس ايجاباً على ارتفاع النبات (25).



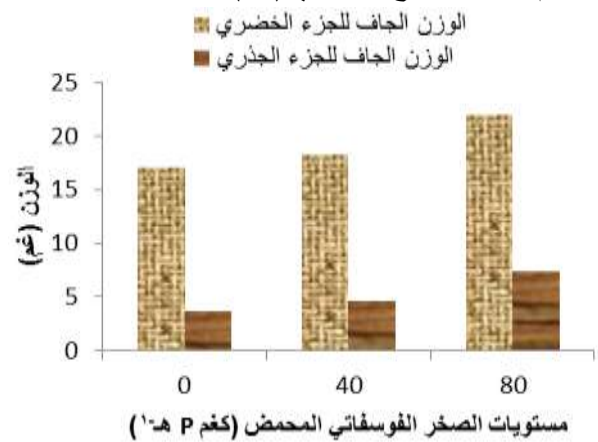
شكل 3. تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في ارتفاع النبات

يبين الشكل 4 تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% على الوزن الجاف للجزء الخضري والجذري فقد اثرت مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض تأثيراً معنوياً في زيادة معدلات الوزن الجاف للجزء الخضري وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 1.71 إذ بلغ معدل الوزن الجاف للجزء الخضري 17.1 غم عند مستوى اضافة 0 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض، أما عند مستوى اضافة 40 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض فقد بلغ الوزن الجاف

اما بعد ثلاثين يوماً من الانبات فقد تباينت قيم النحاس الجاهز وبلغت 3.14، 3.09، 2.76 ملغم Cu كغم⁻¹ تربة لمستويات الاضافة 0 و40 و80 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض على التوالي ونلاحظ ان قيمة 3.14 ملغم Cu كغم⁻¹ تربة لمستوى اضافة 0 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض انخفضت انخفاضاً طفيفاً وقد يعزى ذلك لزيادة نمو النبات وعدم تعويض التربة للنقص الحاصل في كمية النحاس الممتص من النبات، اما عند مستوى اضافة 40 و80 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض فنلاحظ العكس إذ ازدادت كمية النحاس الجاهز في التربة وقد يعود السبب في ذلك الى زيادة نمو النباتات المعاملة بمستويات الصخر الفوسفاتي المحمض ولا سيما المجموع الجذري مقارنة بالنباتات النامية بمعاملات عدم اضافة الصخر الفوسفاتي المحمض إذ عملت مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض على زيادة جاهزية عنصر الفسفور في التربة والذي ادى زيادة امتصاصه من النبات الى زيادة نمو الجذور وتظهر هنا اهمية الفسفور في تكوين وانقسام الخلايا وزيادة نمو وامتداد الجذور (25). كما ادت زيادة المجموع الجذري للنبات الى زيادة جاهزية عنصر النحاس في التربة وذلك من خلال زيادة افرازات الجذور وقد اكدت الدراسات ان لمنطقة الرايزوسفير دوراً في زيادة الجاهزية الحيوية للعناصر في التربة وذلك من خلال افرازات الجذور التي يمكن من خلالها ان تزيد من الجاهزية الحيوية للعناصر وهذا يتفق مع ماتوصل اليه Zhang واخرون، (31). اما بعد خمسة واربعون يوماً من الانبات فأزدادت جاهزية النحاس زيادة طفيفة لتصل قيم النحاس الى 3.62، 3.46، 3.36 ملغم Cu كغم⁻¹ تربة لمستويات الاضافة 0 و40 و80 كغم p هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض على التوالي وقد تفسر هذه الزيادة الى دور حامض HF المتكون نتيجة تحميض الصخر الفوسفاتي والذي ادى الى زيادة ذوبانية مركبات النحاس المترسبة كذلك تحرير جزء من النحاس الممتز نتيجة استبدال ايونات H^+ محل Cu الممتز مما زاد من جاهزية النحاس اضافة لذلك نشاط منطقة الرايزوسفير إذ تعد منطقة نشطة بيولوجياً في التربة وتحدث فيها عدة تفاعلات بين جذور النباتات ومكونات التربة والاحياء الدقيقة وبذلك تؤدي هذه التفاعلات الى زيادة الجاهزية الحيوية للعناصر المغذية في التربة (23، 27) ويتفق ذلك مع

80 كغم P^{-1} صخر فوسفاتي محمض بلغ معدل الوزن الجاف للجزء الجذري 7.33 غم وهي زيادة مقدارها 99.72% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة ويمكن تفسير النتائج المذكورة انفاً بان زيادة مستوى الصخر الفوسفاتي المحمض ادت الى زيادة امداد التربة بالفسفور ومن ثم زيادة امتصاص النبات له والذي انعكس على زيادة امتصاص النحاس من النبات كما ذكر انفاً للحفاظ على توازن المغذيات في النبات (29). وهذا تؤكد العلاقة العالية المعنوية ($r=0.61^{**}$) بين تركيز الفسفور الجاهز في التربة ومحتوى الجزء الجذري من النحاس إذ تبين العلاقة دور النحاس في زيادة نمو المجموع الجذري من خلال رفع كفاءة عملية التمثيل الضوئي نتيجة التأثير الايجابي للنحاس في منظم النمو السايبتوكاينين الذي يتكون في قمم الجذور وينقل منها الى المجموع الخضري ليقوم بتنشيط صنع البروتينات اللازمة للانقسام الخلوي وتطور نمو المجموع الخضري والمجموع الجذري (19) فضلاً عن اهمية الفسفور في تكوين وانقسام الخلايا وزيادة نمو وامتداد الجذور (25). وهذا يتفق مع ماتوصل إليه Aldulaimi (2); Hussein (10). يبين الشكل 5 تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في محتوى النبات من الفسفور للجزء الخضري والجذري حيث اثرت زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض تأثيراً معنوياً في زيادة تركيز الفسفور في الجزء الخضري وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 0.008 إذ بلغت معدلات تركيز الفسفور في الجزء الخضري 0.18، 0.26، 0.28% لمستويات الصخر الفوسفاتي 0 و 40 و 80 كغم P^{-1} على التوالي وتفسر زيادة نسبة الفسفور في الجزء الخضري مع زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض الى كمية الفسفور التي يحتويها الصخر الفوسفاتي المحمض وبالغة 8.02% وان نسبة مايقارب من 85% من كمية الفسفور تكون جاهزة وتكون بشكل H_2PO_4 القابل للذوبان بالماء (3) وبذلك فإن زيادة كمية الفسفور الجاهز في التربة تعكس زيادة تركيز الفسفور في الجزء الخضري الذي تم امتصاصه من النبات ويعزز هذا معامل الارتباط الايجابي (r) بين تركيز الفسفور الجاهز في التربة وتركيز الفسفور في الجزء الخضري والذي بلغ ($r=0.62^{**}$) وهذا يتفق مع ما حصل عليه Hamada واخرون (9).

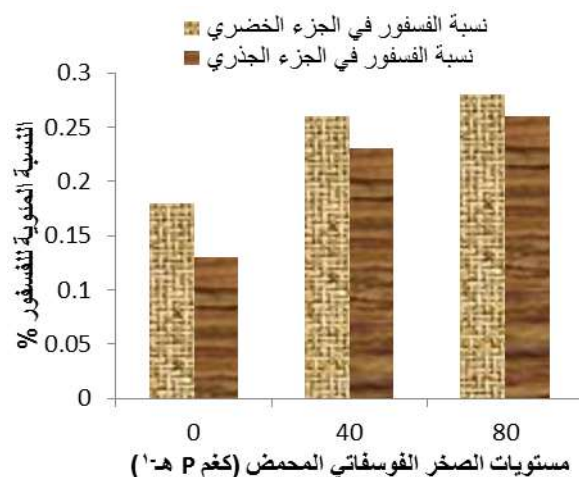
للجزء الخضري 18.2 غم وهي زيادة مقدارها 6.43% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة، اما عند مستوى 80 كغم P^{-1} صخر فوسفاتي محمض فقد بلغ معدل الوزن الجاف للجزء الخضري 22.0 غم وهي زيادة مقدارها 28.65% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة وتفسر الزيادة في معدل الوزن الجاف للجزء الخضري مع زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض الى زيادة جاهزية عنصر الفسفور في التربة والذي رافقه زيادة امتصاص النحاس ومن ثم زيادة تركيز النحاس في الجزء الخضري وتؤكد ذلك العلاقة عالية المعنوية ($r=0.62^{**}$) بين تركيز الفسفور في التربة ومحتوى الجزء الخضري من النحاس فضلاً عن العلاقة عالية المعنوية ($r=0.88^{**}$) بين تركيز الفسفور في الجزء الخضري وتركيز النحاس في الجزء الخضري. تشير هذه العلاقات عالية المعنوية الى أن للنحاس دوراً في زيادة النمو الخضري لما له من تأثير في عدد من التفاعلات الحيوية وعملية التمثيل الضوئي و دورة الفعال في تكوين منظم النمو السايبتوكاينين والذي يؤثر في تكوين البروتينات اللازمة للانقسام الخلوي ومن ثم زيادة المجموع الخضري (17).



شكل 4. تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في الوزن الجاف للجزء الخضري والجذري

كما ان زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض اثرت تأثيراً معنوياً في زيادة الوزن الجاف للجزء الجذري وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 1.14 إذ بلغ معدل الوزن الجاف للجزء الجذري 3.67 غم عند مستوى اضافة 0 كغم P^{-1} صخر فوسفاتي محمض اما عند مستوى اضافة 40 كغم P^{-1} صخر فوسفاتي محمض فقد ازداد معدل الوزن الجاف للجزء الجذري ليصل 4.67 غم وهي زيادة مقدارها 27.24% مقارنة بمعاملة عدم الاضافة وعند مستوى اضافة

النحاس في الجزء الخضري وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 1.98 إذ بلغ معدل تركيز النحاس في الجزء الخضري 14.34 ملغم Cu كغم⁻¹ مادة جافة عند مستوى إضافة 0 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض وازدادت هذه القيمة لتصل 17.0 ملغم Cu كغم⁻¹ مادة جافة عند مستوى إضافة 40 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض وهي زيادة مقدارها 18.54% مقارنة بمعاملة عدم الإضافة كذلك عند مستوى إضافة 80 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض فقد ازداد معدل تركيز النحاس في الجزء الخضري ليصل 21.34 ملغم Cu كغم⁻¹ مادة جافة وهي زيادة مقدارها 48.81% مقارنة بمعاملة عدم الإضافة وقد تفسر زيادة تركيز النحاس في الجزء الخضري الى زيادة امتصاص النبات لعنصر الفسفور مما أدى الى حدوث اختلال في التوازن الغذائي للعناصر المغذية داخل النبات مما دفع النبات لأمتصاص المغذيات الأخرى للوصول الى حالة اتزان مع كمية العنصر الممتص كما ان للفسفور دوراً في انقسام الخلية وعمليات تحرير الطاقة ونمو وتطور الجذور مما ساعد في انتشارها وزيادة امتصاصها للمغذيات (29). وتظهر هذه النتائج علاقة الارتباط العالية المعنوية ($r=0.88^{**}$) بين تركيز النحاس في الجزء الخضري وتركيز الفسفور في الجزء الخضري وهذا يتفق مع ما حصل عليه Aldulaimi (2) ; Hamada واخرون (9). كما ان زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض 0 و 40 و 80 كغم هـ⁻¹ اثرت معنوياً في زيادة معدلات تراكيز النحاس في الجزء الجذري 9.5، 14.7، 17.3 ملغم Cu كغم⁻¹ مادة جافة على التوالي وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 1.90 إذ بلغت زيادة معدلات تركيز النحاس في الجزء الجذري لمستوى 40 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض 54.73% مقارنة بمعاملة عدم الإضافة اما زيادة معدل تركيز النحاس في الجزء الجذري لمستوى 80 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض فقد بلغت 82.10% مقارنة بمعاملة عدم الإضافة وقد تعود زيادة معدل تركيز النحاس في الجزء الجذري مع زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض الى زيادة امداد الصخر الفوسفاتي المحمض التربة بالفسفور الجاهز وبذلك ازداد امتصاص الفسفور من النبات مما أدى الى حدوث اختلال في التوازن الغذائي للعناصر المغذية داخل النبات ودفع



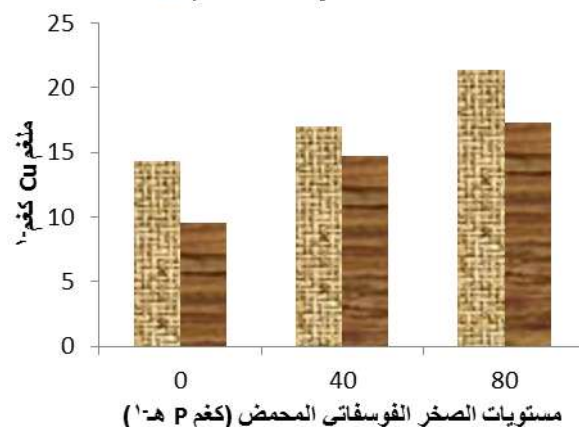
شكل 5. تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة

40% في محتوى النبات من الفسفور للجزء الخضري والجذري اثرت مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض معنوياً في زيادة معدلات تركيز الفسفور في الجزء الجذري وقد بلغت قيمة LSD عند (0.05) 0.01 إذ بلغ معدل تركيز الجزء الجذري من الفسفور 0.13% عند مستوى إضافة 0 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض اما عند مستوى 40 كغم هـ⁻¹ صخر فوسفاتي محمض فقد بلغ معدل تركيز الجزء الجذري من الفسفور 0.23% اما اعلى معدل لتركيز الجزء الجذري من الفسفور فقد بلغ 0.26% عند مستوى إضافة صخر فوسفاتي محمض 80 كغم هـ⁻¹ وقد تفسر زيادة تركيز الفسفور في الجزء الجذري مع زيادة مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض الى نسبة الفسفور في الصخر الفوسفاتي المحمض والبالغة 8.02% إضافة لزيادة تركيز حامض الهايدروفلوريك (HF) المتكون نتيجة تحميص الصخر الفوسفاتي والذي أدى الى زيادة ذوبانية مركبات الفسفور المترسبة وللفسفور دور في انقسام الخلية وعمليات تحرير الطاقة ونمو وتطور الجذور مما ساعد في انتشارها وزيادة امتصاصها للمغذيات (19) وبذلك ازداد معدل امتصاصه من النبات وانعكس على زيادة تركيز الفسفور في الجزء الجذري ويعزز هذا معامل الارتباط عالي المعنوية (0.71^{**}) بين تركيز الفسفور الجاهز في التربة وتركيز الفسفور في الجزء الجذري وهذا يتفق مع ماتوصل اليه Hamada واخرون (9) ; Aldulaimi (2). يبين الشكل 6 تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في محتوى النبات من النحاس للجزء الخضري والجذري حيث اثرت مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض تأثيراً معنوياً في معدلات تركيز

- rock products: IFDC's experience. Fert. Res., 41: 197-209.
7. Chien, S.H. 2003. IFDC's Evaluation of Modified Phosphate Rock Products. In Proceedings of international Meeting on Direct Application of Phosphate Rock and Related Technology: Latest Developments and Practical Experiences. Kuala Lumpur, Malaysian Society of Soil Science, and Muscle Shoals, USA, IFDC.
8. Gun Award, A. 1987. Studies on complete and partial acidulation of EppaWela apatite., J. Nath. Sci. Coun., Sirilanka .15 (2):183-200.
9. Hamada, iyad ahmed; yousef abo Ddahi and Turki abd Almajeed Hammadi. 2013. The effect of the quantity quality of phosphate fertilizer and spraying manganese and copper in vegetative growth of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) and content of P, Mn, Cu in gypsiferous soil. Tikrit University Journal of Agrc. Sci. 13(2): (ISSN-1646-1813).
10. Hussein, Abd Sarab. 2011. The effect of adding fertilizer nitrogen , phosphorus and potassium on the growth of two types of maize under different salt levels. Diyala Journal of Agrc. Sci. 3(2):321-330.
11. Jabr, Abd Salman. 1996. Effect of phosphorus application on the availability and absorption of phosphorus and micro. nutrients (B, Cu, Zn, Mn, Fe) and Yield of Maize. Iraqi Journal of Agrc. Sci. 27(2):31-38.
12. Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood, Cliffs, N. J.
13. Kabata-pendias, A. 2011. Trace Elements in Soils and Plants. CRC. Press, Taylor and Francis Group. pp:253-268.
14. Kumar, R., N.K. Mehrotra, B.D. Nautiyal, P. Kumar and P.K. Singh. 2009. Effect of copper on growth, yield and concentration of Fe, Mn, Zn and Cu in wheat plants (*Triticum aestivum* L.). J. of Envi. Biol. 30(4):485-488.
15. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42:421-428.
16. Manaf, Donya Faik. 2014. The Effect of Adding Compost and Different Sources of Phosphate Solubility on the Kinetics of Phosphorus and Growth of the wheat crop (*Triticum aestivum* L.) Master Thesis. college of Agriculture. Baghdad University.

النبات لأمتصاص المغذيات الاخرى للوصول الى حالة اتزان مع كمية العنصر الممتص (29) فزاد بذلك امتصاص النبات لعنصر النحاس والعناصر الاخرى وهذا يتفق مع ماذكره Aldulaimi (2); Hamada واخرون (9) وتبرر هذه النتائج معامل ارتباط عالي المعنوية (**0.61) بين تركيز الفسفور في التربة وتركيز النحاس في الجزء الجذري.

■ تركيز النحاس في الجزء الخضري
■ تركيز النحاس في الجزء الجذري



شكل 6. تأثير مستويات الصخر الفوسفاتي المحمض بنسبة 40% في محتوى النبات من النحاس للجزء الخضري والجذري

REFERENCES

- Agiza, A. H.; M.T. El-Hineidy and M. E. Ibrahim 1960. The Determination of The Different Fractions of Phosphorus in Plant and soil. Bull. FAO, Agriculture Cairo University, 121.
- Aldulaimi, Hassan yousef. 2006. Effect of Adding Phosphorus to Soil and Foliar on the growth and availability and absorption of phosphorus, zinc, copper, for maize. Iraqi Journal of Agrc. Sci. 37(2):15-22.
- Alnaimi, Saad Allah Najm. 1999. Fertilizers and soil fertility. The ministry of higher education and scientific research. University of Mosul. National Library for Printing and Publishing.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis. Part2 Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc. Agron. Inc Madison. Wisconsin, USA.
- Bolland, M.D, M.F. Clarke, & J.S. Yeates. 1995. Effectiveness of rock phosphate, coastal superphosphate and single superphosphate for pasture on deep sandy soils. Fert. Res., 41: 129-143.
- Chien, S.H. and R.G. Menon. 1995. Agronomic evaluation of modified phosphate

17. Mengel, K., and E. A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition. 5th ed. Intern. Potash Inst., Bern, Switzerland.
18. Menon, R.G. and S.H. Chien. 1990. Phosphorus availability to maize from partially acidulated phosphate rocks and phosphate compacted with triple superphosphate. *Plant and Soil* .127:123-128.
19. Mohammed, Abd Alazim Kadhim and Moyaed Ahmed Younis. 1991. Basics of plant physiology (2nd part). Ministry of Higher Education and Scientific Research. Baghdad University.
20. Nordengen, S. 1957. New theories of phosphate reactions in the soil. *Fert. Feed. Stuffs J.*,47: 344-353.
21. Olsen , S. R. 1972. Micronutrients interaction. In. J. Mortvedt, (ed). *Micronutrients in agriculture*. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison, Wiscanson, U.S.A.
22. Page, A.L. R.H. Miller and D.R. Keeney. 1982. *Methods of Soil Analysis part 2*, 2nd (ed) *Agron.*, 9, Publisher, Madison Wisconsin, USA.
23. Puglisi, E., G. Fragoulis, A. A. Del Re, R. Spaccini, A. Piccolo, G. Gigliotti, D. Said-Pullicino and M. Trevisan. 2008. Carbon deposition in soil rhizosphere following amendments with compost and its soluble fractions, as evaluated by combined soil-plant rhizobox and reporter gene systems. *Chemosphere*. 73: 1292–1299.
24. Rahi, H. S., M. A. Jamal and A. S. Jaber. 1992. Use of phosphogypsum as an amendment in calcareous soil. *Iraqi Journal of Agrc. Sci.* 23(1).
25. Sanchez, C. A. 2007. Phosphorous. In Barker, A. V and Pilbeam, D.J. (Eds) *Hand Book of Plant Nutrition*. Taylor and Francis Group, LLC.
26. Tao, S, Y.J. Chen, F.L. Xu, J. Cao, B.G. Li. 2003. Changes of copper speciation in maize rhizosphere soil, *Environmental Pollution* 122: 447–454.
27. Wang , Z., X. Q. Shan, S. Zhang. 2002. Comparison between fractionation and bioavailability of trace elements in rhizosphere and bulk soils. *Chemosphere*, 46: 1163–1171.
28. Watanabe, F. S., and S. R. Olsen. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29:677-678.
29. Yaduvanshi H. S. ,B.S. Kanwar and B. R. Tripathi. 1984. Nitrogen, phosphorus and potassium balance under continuous manuring in multiple cropping sequence in an acid hill soil. *J. Indian Soc. Soil. Sci.* 32:97-101.
30. Zapata, F. 2003. *FAO / IAEA Research Activities on Direct Application of Phosphate Rocks for Sustainable Crop Production*. In S.S.S. Rajan & S.H. Chien, eds. *Direct Application of Phosphate Rock and Related Technology: Latest Developments and Practical Experiences*. Proc. Int. Meeting, Kuala Lumpur, 16-20 July 2001. Muscle Shoals, USA, IFDC. 441 pp.
31. Zhang, F, J. Shen, L. Li and X. Liu. 2004. An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China. *Plant and Soil*,260:89–99.