



Kinetic Release of Phosphorus when Adding Different Levels of Phosphor and its Fractionation in the Soil Planted Wheat Crop (*Triticum aestivum L.*).

T. M. Saad, Agric. College, Al-Muthanna Univ.*
M.H. AL-absawy, Agric. college, Al Muthanna Univ.

Article Information

Received
15/1/2018
Accepted
15/3/2018

Keywords

Phosphate
Fractionation
Wheat Soil

Abstract

A field experiment was conducted in Al-Muthanna Governorate to studied influence of different levels of phosphorus three rate (0,50,100) kg P h⁻¹ and three Payments of application (once , twice ,and three parts) on phosphorus released in the soil solution . The order first equation was used to explanation of the results. The result was showed phosphorus released was decreased with time in creased so the best result was 19.71 mgP kg⁻¹ at P2T2 treatment at 5 and 150 minutes(0.73 mgkg⁻¹).

*Corresponding author: E-mail(mohmedalabsawy19@gmail.com) Al- Muthanna University All rights reserved

حركيات تحرر الفسفور عند اضافة مستويات من الفسفور وتجزئتها في تربة مزروعة بمحصول الحنطة (*Triticum aestivum L*)

تركي مفتن سعد/ كلية الزراعة / جامعة المثنى
محمد حسن ملح/ كلية الزراعة / جامعة المثنى

المستخلص

نفذت تجربة حقلية في احدى الحقول التابعة لمحافظة المثنى لدراسة تأثير اضافة ثلاث مستويات مختلفة من الفسفور (0,50,100) كغم P هـ⁻¹ واخذت الرموز التالية (P0, P1, P2) مع ثلاث طرق اضافة هي (دفعة واحدة ، دفعتين ، ثلاث دفعات) ويرمز لها (T1, T2, T3) لمعرفة سرعة تحرر وانطلاق الفسفور في التربة مع الزمن وبأستعمال معادلة الرتبة الاولى في تطبيقها وتحليل النتائج المستحصل عليها في التجربة خلال تحرر الفسفور من الطور الصلب الى السائل. اوضحت النتائج ان سرعة تحرر وانطلاق الفسفور في محلول التربة تقل مع الزمن اي كلما ازدادت مدة الرج قلت جاهزية الفسفور في محلول التربة إذ بلغت اعلى قيمة عند المعاملة P2T2 19.71 ملغم P كغم⁻¹ خلال المدة 5 دقائق وايضاً عند المدة 150 دقيقة إذ بلغت 0.73 ملغم P كغم⁻¹.

المقدمة

المحاصيل الزراعية (النعيمي ، 1999). اوضح Sparks ان استعمال مفهوم الحركيات ضروري جداً في معرفة سلوك التفاعل المستمر بين الايونات في محلول التربة والجزء الصلب خلال الزمن ، وان استعمال المفاهيم الثرموديناميكية والحركية تكون قادرة على اعطاء صورة واضحة وشاملة لعملية تحرر الفسفور في التربة ، وعليه فأن دراسة تحرر الفسفور من المركبات الفوسفاتية المضافة للتربة وحركيات هذا التحرر تعد ذات أهمية في دراسة مقدرة التربة في تجهيز الفسفور . جدير بالذكر إن ايونات الفوسفات المدمصة على التربة والموجودة بشكل مباشر في حالة توازن مع فوسفات محلول التربة يحدد تركيز أيونات الفوسفات المتيسرة لتغذية النبات وهذا يعتمد على الطبيعة المعدنية لغرويات التربة والتي تعد بمثابة مخزن للفسفور الجاهز في محلول التربة ويقوم بالتعويض عن

يعد الفسفور أحد العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات. إذ تحتاجه بكميات عالية نسبياً لدوره في العمليات الحيوية الأساسية في النمو والتطور، والتي لا يمكن أن تتم من دونه ولذا يعد مفتاح الحياة لما له من اثر كبير في العديد من العمليات الفسلجية في النبات فهو يدخل في تكوين المركبات الغنية بالطاقة والمرافقات او المساعدات الانزيمية والتي بدونها لا يمكن للنبات من القيام بوظائفه الحيوية وكذلك تحلل الكاربوهيدرات الناتجة من عملية التركيب الضوئي ويساعد في انقسام الخلايا النباتية وتحفيز نمو وتطوير الجذور ونضج النبات وتكوين البذور والثمار ولذا فأن جاهزيته في التربة وبكميات كافية خلال مرحلة النمو مهمة في نمو ونتاج

الخضري ويعمل على التبخير بالنضج Roy et al, 2006 .
جدير بالذكر إن المحصول الذي يعاني من نقص الفسفور
سيؤدي الى تقزم النبات وانخفاض حاصل حبوبه كما تصبح
الأوراق خضراء داكنة (جدوع وآخرون 2017).

المواد وطرائق العمل

تهيئة الحقل

تمت تهيئة الارض من حيث حرارتها وتنعيمها وتسويتها وتقسيمها
الى الواح ابعادها 2*2 م² ، جدول رقم (1) يبين بعض الصفات
الفيزيائية والكيميائية للتربة . تمت اضافة النتروجين والبوتاسيوم
حسب التوصية السمادية للحنطة قبل الزراعة واطافة سماد سوبر
فوسفات الاحادي كمصدر للفسفور و بثلاث مستويات (P2,P1,P0)
سماد (100,50,0) كغم⁻¹ هـ⁻¹ ، وموعد التسميد بثلاث مواعيد
للتسميد (T3,T2,T1) (كل الكمية عند الزراعة ، نصف الكمية عند
الزراعة ونصف عند التزهير ، ثلث الكمية عند الزراعة وثلث عند
التفرع وثلث عند التزهير) .

الفسفور الذائب عند استنزافه من قبل النبات
(القرداغي،2006) . يعد محصول الحنطة *Triticum aestivum L.*
الذي ينتمي للعائلة النجيلية من المحاصيل
الاستراتيجية والتي تمثل زراعتها المرتبة الأولى في العالم
والقطر . وتتركز زراعة هذا المحصول في المناطق الديمة
والإروائية . ابو ضاحي واليونس (1988) . ويشكل محصول
الحنطة قيمة غذائية تتمثل بالموازنة الجيدة في حبوبه بين
البروتينات والكاربوهيدرات وإحتوائه على كميات من الدهون
والفيتامينات مثل (B1,B2) وبعض الاملاح المعدنية مما
يجعله غذاء اساسياً لمعظم سكان العالم شامل المحمدي
(2010). للفسفور دور رئيسي في تكوين المركبات الغنية
بالطاقة وتركيب الاحماض النووية المهمة في تكوين البروتينات
Tanwar and Shaktawat، 2003 . ان تأمين المستوى
المناسب من الفسفور في انسجة النبات يزيد من نشاط ونمو
المجموعة الجذرية وزيادة تشعبها ويزيد من المجموع

جدول (1). يبين بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

القيمة	الوحدة	الصفة
7.3	—	درجة تفاعل التربة pH في مستخلص 1:1
4.7	ديسي سيمنز . م ⁻¹	الايصالية الكهربائية Ece
1.6	غم كغم ⁻¹	المادة العضوية
0.82	غم كغم ⁻¹	الجبس
275	غم كغم ⁻¹	كربونات الكالسيوم (CaCO ₃)
22.6	ملغم كغم ⁻¹	النتروجين الجاهز
18.8	ملغم كغم ⁻¹	الفسفور الجاهز
176.5	ملغم كغم ⁻¹	البوتاسيوم الجاهز
20.10	سنتمول شحنة. كغم ⁻¹	السعة التبادلية الكاتيونية
680	الرمل	
30	غم كغم ⁻¹	مفصولات التربة
290	الطين	
Sandy loam		صنف النسجة

انبوية ابلاستيكية سعة (100)مل ثم يضاف لها (50)مل محلول
بيكاربونات الصوديوم ثم رجبت بواسطة جهاز الطرد المركزي
لفترات زمنية مختلفة هي 5,30,60,120,150(دقيقة). ثم
أخذت (10)مل من المعلق ثم قيس الفسفور الجاهز بواسطة
جهاز (spectrophotometer) حسب طريقة (Olsen) .
وحسب فترات الرج المختلفة نجد تركيز الفسفور (ملغم.كغم⁻¹)

تقدير الفسفور الجاهز في محلول التربة (Olsen)

لفهم آلية تفاعل السماد السوبر الاعتيادي المضاف إلى التربة
بدلالة الفسفور الجاهز المستخلص بواسطة بيكاربونات
الصوديوم (طريقة اولسن Olsen method) مع الزمن وتمت
طريقة القياس كالتالي (أخذت (10)غم تربة مجففة هوائياً
منخولة بمنخل قطر الفتحة حوالي (2)ملم . ثم وضعت في

$$\ln C_t = \ln C_0 - Kt$$

حيث ان:

$\ln C_t$ في المحور الصادي والتي تمثل تركيز الفسفور خلال الفترة الزمنية (دقيقة).

$\ln C_0$ تركيز الفسفور الجاهز بالتربة عند الزمن صفر .

(t) الزمن بالدقيقة .

($\text{slop} = -k$) ويمثل الميل معامل سرعة التحرر ووحدته

مقلوب الزمن (زمن $^{-1}$) .

في الشكل (1) يلاحظ ارتفاع معدل الفسفور الجاهز بالتربة خلال مرحلة التزهير وعند فترة رج (5) دقيقة للمعاملة (T2) حيث سجلت اعلى قراءة (5.34) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة بالمقارنة مع المعاملتين (T1) (T3) ولنفس المستوى (2.13) (3.4) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة وبفارق زيادة مقداره (60.1) (36.3) % على التوالي. ثم بدأت جاهزية الفسفور بالتربة بالانخفاض كلما زادت فترة الرج ولجميع فترات الرج التالية (150,120,60,30) دقيقة حيث بلغت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة عند الفترة (150) دقيقة للمعاملة (T2) (0.19) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة وبفارق زيادة عن المعاملة (T1) (T3) (0.08) (0.08) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة مقداره (57.9) (57.9) % على التوالي عند المستوى (P0) وللصنف بنغال كما في شكل (1).

بينما وجد ان جاهزية الفسفور بالتربة شكل (2) عند الفترة الزمنية (5) دقيقة ولنفس المستوى (P0) قد سجل اعلى قيمة عند المعاملة (T2) (2.26) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة بالمقارنة مع المعاملة (T1) (T3) (1.21) (2.25) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة وبفارق زيادة عن المعاملتين السابقتين مقداره (46.7) (0.4) % على التوالي. ثم اخذت الجاهزية للفسفور في محلول التربة تتناقص تدريجياً كلما زادت فترة الرج وهذا ما ينطبق مع معادلة الرتبة الاولى (التحرر) Desorption حيث بلغت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة عند الفترة الزمنية (150) دقيقة حوالي (0.24) ملغم P كغم $^{-1}$ تربة للمعاملة

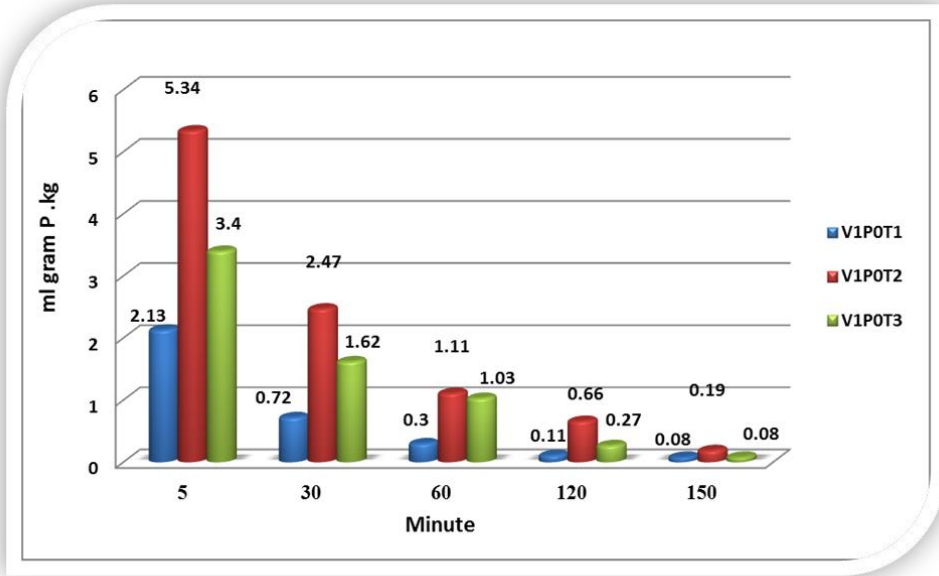
¹(المتحرر تجميعياً حسب الطريقة اعلاه المتبعة لتقدير الفسفور الجاهز بالتربة . بعد ذلك أخضعت النتائج إلى التحليل الرياضي لمعادلة الرتبة الاولى (التحرر) Desorption والتي تنص على (ان سرعة تحرر العنصر من الغرويات تعتمد على كمية العنصر المتبقي في المحلول بعد الاتزان . اي ان معدل سرعة تحرر العنصر من الطور الصلب يتناسب مع عدد المواقع المشغولة على السطح او مع الكمية التي تشغل هذه المواقع) . لأيجاد العلاقة بين جاهزية الفسفور في محلول التربة مع الزمن حيث تمت طريقة القياس كالتالي . والصيغة العامة لهذه المعادلة هي:-

جاهزية الفسفور بالتربة خلال فترة التزهير

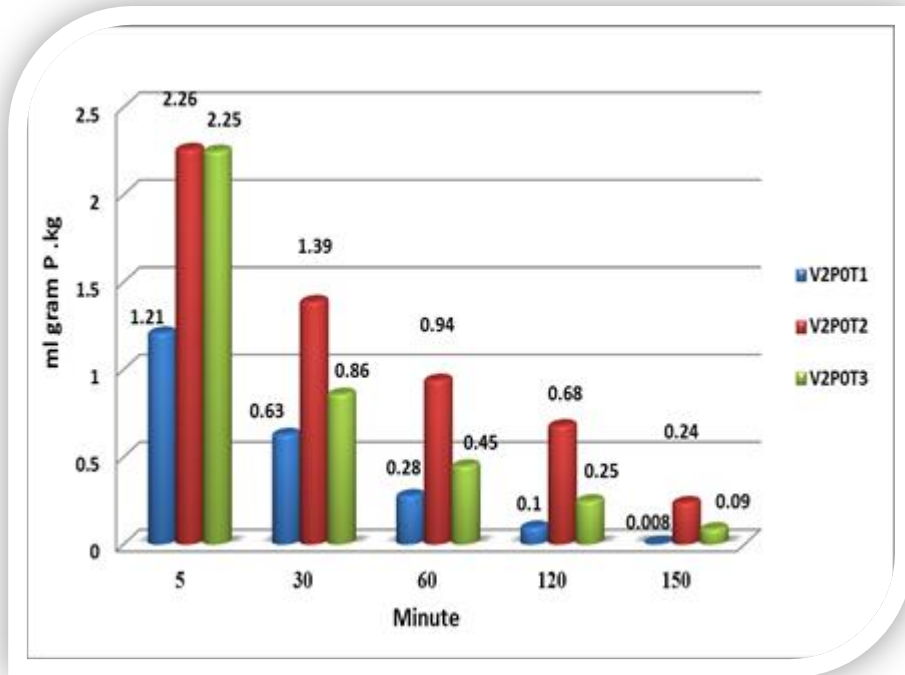
استخدمت في هذه التجربة ثلاث مستويات التسميد الفوسفاتي (P2,P1,P0) سماد سوبر الفوسفات الاعتيادي (100,50,0) كغم P هـ $^{-1}$ ، وموعد التسميد بثلاث مواعيد للتسميد (T3,T2,T1) (دفعه واحدة ، دفعتين ، ثلاث دفعات) وقد استمرت هذه التجربة لمدة موسم . وبينت النتائج المستحصل عليها ان مستوى الفسفور الجاهز مع الزمن في تربة الحقل وبفترات زمنية مختلفة (150,120,60,30,5) دقيقة خلال مرحلة التزهير قد إنخفض في التربة مع الزمن إذ كان الانخفاض سريعاً في البداية ثم يتباطأ بعد ذلك تدريجياً في المرحلة اللاحقة وهذا يتوافق مع معادلة الرتبة الاولى (التحرر) Desorption وهو يتفق مع نتائج البحوث من حيث طبيعة تفاعلات الفسفور في التربة وانخفاض الفسفور الجاهز مع الزمن Panahi ، 2002 و سعد الله والقيسي ، 2003 . حيث يتحول الفسفور مع الزمن الى الاشكال الاقل ذوباناً نتيجة للامتزاز والترسيب حيث يتحول الى معدن الاباتيت وبمرور الزمن يتحول الى صور صعبة الجاهزية . شوقي وآخرون ، 2014 .

النتائج والمناقشة

(T2) ويفارق زيادة عن المعاملة (T1) (T3) (0.008) (0.09) المستوى (P0) وللصنف رشيد .
ملغم P كغم⁻¹ تربة مقداره (96.7) (62.5) % على التوالي عند



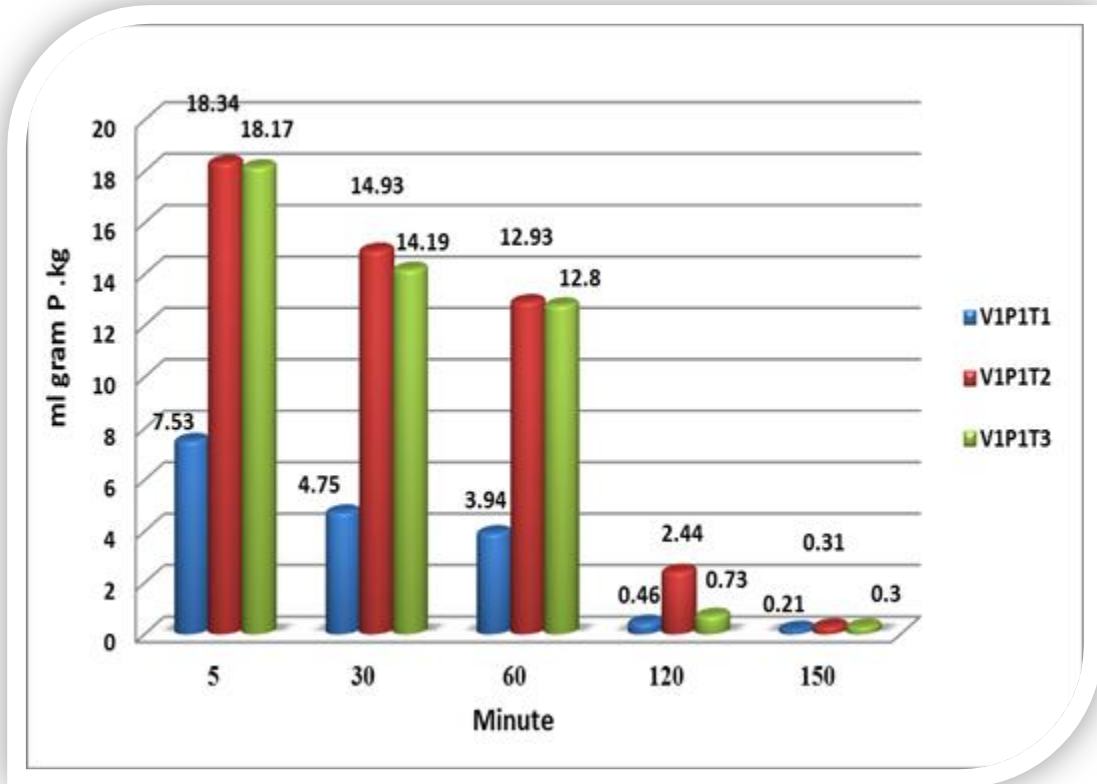
شكل (1). يوضح جاهزية الفسفور في محلول التربة حسب فترات
الرج المختلفة للصنف بنغال والمستوى (P0) خلال مرحلة التزهير .



شكل (2). يوضح جاهزية الفسفور في محلول التربة حسب فترات الرج المختلفة للصنف رشيد والمستوى (P0) خلال مرحلة التزهير .

في الشكل (3) نلاحظ ان قيمة الجاهز بالتربة عند المستوى (P1) وللصنف بنغال حيث اعطت المعاملة (T2) اعلى قراءة عند الفترة الزمنية (5) دقيقة مقدارها (18.34) ملغم P كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع المعاملة T1 و T3 (7.53) (18.17) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة مقدارها (58.9) (0.9) % على التوالي.

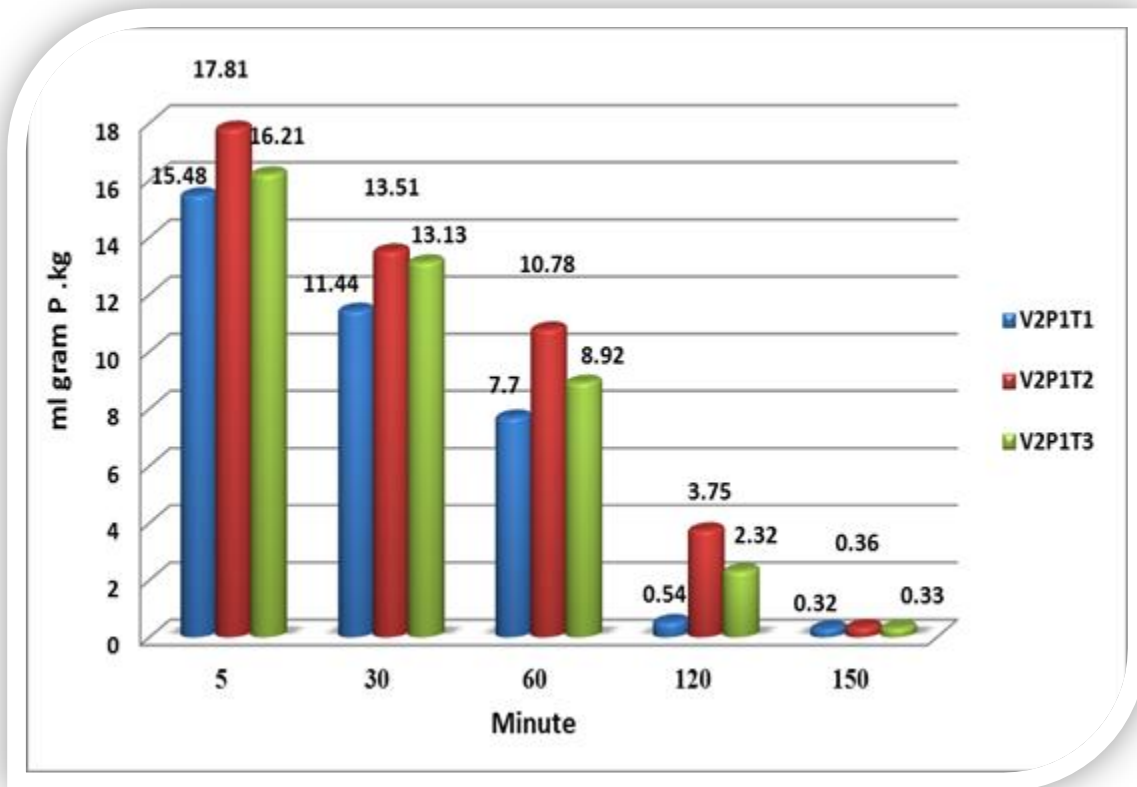
ثم بدأت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة تأخذ بالانخفاض تدريجياً كلما زادت فترة الرج حيث بلغت قيمة الفسفور الجاهز عند الفترة الزمنية (150) دقيقة للمعاملة (T2) (0.31) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة عن المعاملة T1 و T3 (0.21) (0.30) ملغم P كغم⁻¹ تربة (32.3) (3.2) % على التوالي. عند نفس المستوى (P1) ولنفس الصنف (بنغال) .



شكل (3). يوضح جاهزية الفسفور في محلول التربة حسب فترات الرج المختلفة للصنف بنغال و للمستوى (P1) خلال مرحلة التزهير.

ثم بعد ذلك بدأ الفسفور الجاهز في محلول التربة بالانخفاض كلما ازدادت فترة الرج حيث بلغت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة عند الفترة الزمنية (150) دقيقة للمعاملة (T2) (0.36) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة عن المعاملة T1 و T3 (0.32) (0.33) ملغم P كغم⁻¹ تربة مقدارها (11.1) (8.3) % على التوالي .

اما في الشكل (4) وللصنف رشيد ولنفس المستوى (P1) وجد ان جاهزية الفسفور بالتربة عند الفترة الزمنية (5) دقيقة اعطت اعلى قيمة للمعاملة (T2) (17.81) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة عن المعاملة T1 و T3 (15.48) (16.21) ملغم P كغم⁻¹ تربة مقدارها (13.1) (9) % على التوالي.

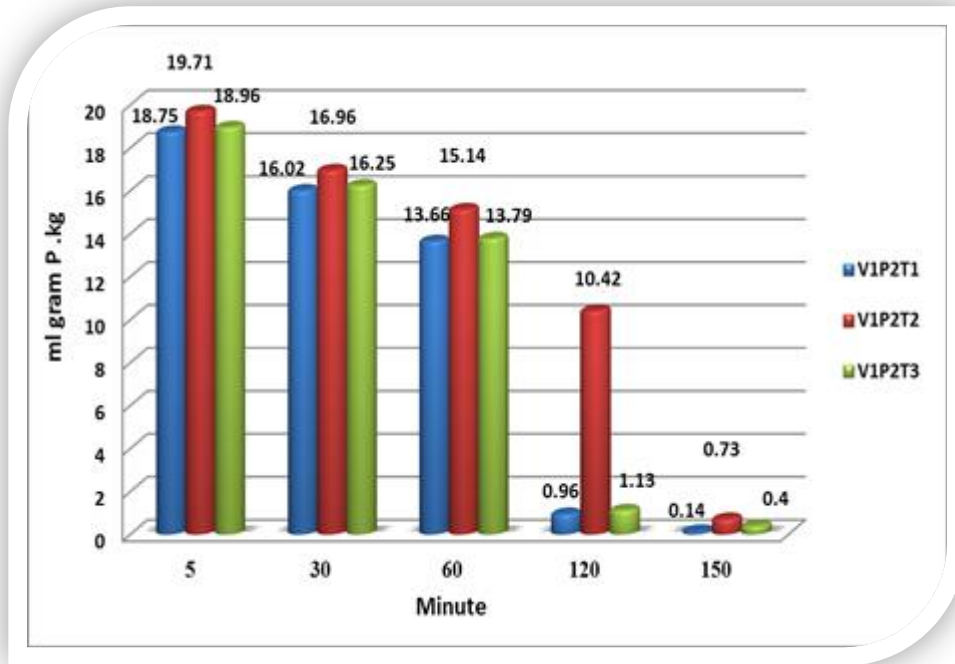


شكل (4). يوضح جاهزية الفسفور في محلول التربة حسب فترات الرج المختلفة للصنف رشيد والمستوى (P1) خلال مرحلة التزهير.

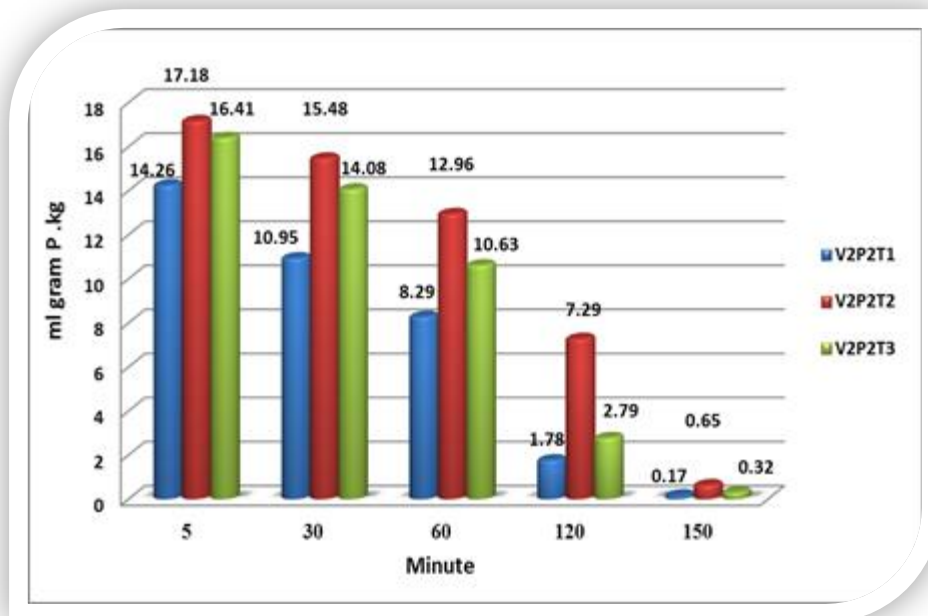
اما في الشكل (6) وللصنف رشيد وعند نفس المستوى (P2) تميزت المعاملة (T2) بأعطائها اعلى قيمة للفسفور الجاهز بالتربة عند الفترة الزمنية (5) دقيقة بلغت (17.18) ملغم P كغم⁻¹ تربة مقارنة بالمعاملتين (T1) (14.26) (T3) (16.41) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة مقداره (17) (4.48) % على التوالي .

بعد ذلك بدأت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة تنخفض تدريجياً كلما زادت فترة الرج حيث اعطت المعاملة (T2) اعلى قيمة للفسفور الجاهز بالتربة عند فترة الرج (150) دقيقة مقدارها (0.65) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة عن المعاملة (T1) (0.17) (0.32) (0.17) ملغم P كغم⁻¹ تربة مقدارها (73.8) (50.7) % على التوالي عند نفس المستوى (P2) ولنفس الصنف (رشيد) .

وفي الشكل (5) نلاحظ ان قيمة الفسفور الجاهز بالتربة عند المستوى (P2) وللصنف بنغال حيث تميزت المعاملة (T2) بأعلى قيمة للفسفور الجاهز بالتربة عند الفترة الزمنية (5) دقيقة وكانت قيمتها (19.71) ملغم P كغم⁻¹ تربة بالمقارنة مع المعاملة T1 و T3 (18.75) (18.96) ملغم P كغم⁻¹ تربة وبفارق زيادة مقداره (4.9) (3.8) % على التوالي. بعد ذلك انخفضت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة تدريجياً مع زيادة فترات الرج حيث بلغت قيمة الفسفور الجاهز بالتربة عند الفترة الزمنية (5) دقيقة للمعاملة (T2) (0.73) ملغم P كغم⁻¹ تربة بفارق زيادة عن المعاملة (T1) (0.14) (0.40) ملغم P كغم⁻¹ تربة مقدارها (80.8) (45.2) % على التوالي .



شكل (5). يوضح جاهزية الفسفور في محلول التربة حسب فترات الرج المختلفة للصنف بنغال والمستوى (P2) خلال مرحلة التزهير



شكل (6). يوضح جاهزية الفسفور في محلول التربة حسب فترات الرج المختلفة للصنف رشيد والمستوى (P2) خلال مرحلة التزهير .

محلل التربة سوف يقلل من جاهزية الفسفور هذا يتفق مع ما توصل اليه (مكي، 2010). ايضاً لدائق الاطيان دور مهم في امتزاز الفسفور على سطوحها الخاجية حيث اكد (الحسيني، 2010) ان معادن الكاربونات ذات دقائق صغيرة الحجم تنتقل من الأفق السطحية الى الأفق تحت السطحية ناقلة معها الفسفور بصورة ممتزة على سطوحها الخارجية مما يقلل من جاهزية الفسفور في محلل التربة. كذلك تلعب الاحياء المجهرية دور مهم تحلل الأسمدة المعدنية والعضوية مما يؤدي الى انطلاق العناصر المغذية ومن ضمنها الفسفور الى محلل التربة بريسم (2006) و (Wandruszka, 2006). وكذلك تتحدد جاهزية الفسفور في التربة وإمتصاصه من قبل النبات بعامل التربة والنبات إذ تعد التربة خزاناً كبيراً يكون فيه الفسفور بصورة ممتزة و مترسبة (العبدلي، 2005).

للعلوم الزراعية، المجلد 8: العدد (4) عدد خاص بالمؤتمر.

النعيمة، سعدالله نجم عبدالله. 1999. الاسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل.

بريسم، ترف هاشم. 2006. تأثير مستويات من الحمأة ونوعية مياه الري في سلوكية بعض العناصر في التربة وحاصل الذرة الصفراء. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

جدوع، خضير عباس ومحمد فوزي حمزة وجمال وليد محمود. 2017. نمو ونشوء الحنطة. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

سعدالله، علي محمد وشفيق جلاب القيسي. 2003. مستوى الكالسيوم الى المغنيسيوم المضاف واثره في حركيات الفسفور الجاهز في التربة، مجلة العلوم الزراعية العراقية، المجلد 34: 21-30.

شوقي، نور الدين علي وحمدالله سليمان راهي وعبد الوهاب عبد الرزاق شاكر. 2014. خصوبة التربة. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

مكي، كاظم مكي ناصر. 2010. تأثير المادة العضوية والتركييب الايوني لمحلل التوازن في سلوك وحركة الفسفور في التربة. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

وفي هذه المرحلة وحسب نتائج التحليل الاحصائي نجد ان المستوى (P2) تفوق على بقية المستويات (P0) (P1) في جاهزية الفسفور في التربة كذلك اثرت تجزئة الاضافة في جاهزية الفسفور بالتربة حيث تفوقت المعاملة (T2) على المعاملتين (T1) (T3) في جميع فترات الرج. اما بالنسبة للصنف فلا يوجد هناك فروق معنوية تذكر بين الصنفين في جاهزية الفسفور بالتربة. اما بالنسبة للتداخل بين الصنف (V) والمستوى (P) والتجزئة السمادية (T) فقد تفوقت المعاملة VIP2T3 على جميع المعاملات في جاهزية الفسفور بالتربة بمقدار (19.71) ملغم P كغم⁻¹ تربة. جدير بالذكر ليس الزمن وحدة عامل مهم ومؤثر في جاهزية الفسفور في محلل التربة إذ توجد عدة عوامل مؤثرة في جاهزية الفسفور من اهمها فعالية الاحياء المجهرية و PH التربة والأملاح والتركييب المعدني لدقائق الاطيان حيث ان زيادة نسبة الكالسيوم في

المصادر

أبو ضاحي، يوسف محمد ومؤيد احمد اليونس. 1988. دليل تغذية النبات. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

الحسيني، ابياد كاظم علي. 2010. وراثه وتطور افاق الكسب لبعض ترب شمالي العراق. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

العبدلي، رنا سعد الله عزيز. 2005. تفاعلات بعض الاسمدة الفوسفاتية في الترب الكلسية وتأثيرها في نمو نبات الحنطة. رسالة ماجستير. كلية الزراعة والغابات. جامعة الموصل.

العزاوي، كاظم مكي ناصر. 2010. تأثير المادة العضوية والتركييب الايوني لمحلل التوازن في سلوك وحركة الفسفور في التربة. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

القرداغي، نيكار علي عزيز. 2006. العلاقة بين كمية الفسفور المستخلص والفسفور المدمص عند التوازن في الترب الكلسية. مجلة جامعة كركوك_ الدراسات العلمية المجلد (1) العدد (1).

المحمدي، شامل إسماعيل نعمة. 2010. استجابة نمو وحاصل بعض اصناف حنطة الخبز (*Triticum aestivum L.*) للتغذية الورقية بالنحاس. مجلة الانبار

- Sparks, D. L. 1992. Kinetics of soil chemical processes. *Academic press, Inc. (England)*.
- Tanwar , S.P.S and M.S. Shaktawat , 2003. Influence of Phosphorus sources, levels and Solubilizes on Yield, quality and nutrient up-take of soybean (*Glycine max*) - Wheat (*Triticum aestivium L*) cropping system in southern Rajasthan. *Indian J. Agric. sci.*, 73, pp. 3-7.
- Wandruszka, Ray Von. 2006. Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. *Geochemical Transactions*, 7(6), pp. 1-8.
- Panahi, K.M., 2002. Study of the status of available P and K in 23 Esfahan soil series, their relationship with some properties. *Abs. World Congress of Soil Sci. V2*, p. 548.
- Sahoo, S.C. and Panda, M.M., 2001. Effect of phosphorus and detasseling on yield of babycorn (*Zea mays*). *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 71(1).
- Sparks, D.L. 1986. Potassium release from sandy soils. In: Nutrient balance and the need for potassium, (ed.) by *International Potash Institute (IPI)*. Bern, pp. 93-107.
- Sparks, D.L. 1989. Kinetics of soil processes. *Academic press, Inc., San Diego, C.A*, PP. 266.