

Phosphorus release from different sources of polyphosphate compounds at different temperatures

AL-Ansari, Abdulmehdi S. and Rahaf F. Hanoon

Dept. of soil sciences and water resource, College of Agriculture, University of Basrah

Abstract: An incubation experiment was conducted at laboratories of department of soil sciences and water resources, College of Agricultural, University of Basrah, to study hydrolysis of different sources of polyphosphate i.e. pyrophosphate (PP), tripolyphosphate (TPP) and trimetaphosphate (TMP) as compared to that of orthophosphate (OP) at 10°, 20° and 30°C in sandy loam and clay soils. Twenty gm of soil samples treated with polyphosphate sources at rate of 250 mg p kg⁻¹ soil were incubated at 10°, 20° and 30°C for 28 days. Set of the samples was withdrawn each 7 days and inorganic p (Pi) was determined. The results showed that the Pi released from OP source was higher than those released by polyphosphate sources. Amount of pi released from all sources increased with increasing incubation temperature from 10° to 30°C but Increasing chain length of polyphosphate compounds decreased hydrolysis rate of the compound. Hydrolysis rate was as follow: (OP > PP > TPP > TMP), However, as incubation time increased difference among sources decreased. Increasing incubation period from 7 to 28 days increased pi released from polyphosphate but decreased pi of orthophosphate treatment at all incubation temperatures.

Keywords: Polyphosphate, Released phosphorus, Temperatures

انطلاق الفسفور من مصادر مختلفة من الفوسفات المتعددة تحت مستويات من الحرارة

عبد المهدي صالح الانصاري و*رهف فاضل حنون المحمداوي
كلية الزراعة / جامعة البصرة
*قسم علوم التربة والموارد المائية

المستخلص :

أجريت تجربة مختبرية في قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة / جامعة البصرة لبيان تأثير درجات الحرارة المختلفة على تحلل مصادر مختلفة من الفوسفات المتعددة (Polyphosphate) شملت الفوسفات المتعددة الثنائية (PP) والفوسفات المتعددة الثلاثية (TPP) والفوسفات المتعددة الحلقية (TMP) إضافة الى مصدر الاورثوفوسفات (OP) في تربيين رملية مزيجة وأخرى طينية. تم تحضين 20 غم تربة جافه معاملة بـ 250 ملغم p كغم⁻¹ تربة من المصادر أعلاه على درجات حرارة 10°م و 20°م و 30°م لمدة 28 يوم وتم سحب عينة كل سبعة أيام وقدر الفسفور المنطلق من المصادر المختلفة. أظهرت نتائج الدراسة تفوق كمية الفسفور المنطلق من مركب الاورثوفوسفات على مصادر الفوسفات المتعددة الأخرى خلال مراحل التحضين الأولى وتزداد معدلات الانطلاق من جميع المصادر بزيادة درجة حرارة التحضين من 10°م الى 30°م كما انخفض معدل انطلاق الفسفور من مركبات الفوسفات المتعددة بزيادة طول السلسلة وكان ترتيب الانطلاق (OP > PP > TPP > TMP)، ولكن تلاشت الفروقات بين المصادر المختلفة بعد 28 يوم من التحضين. زيادة فترة التحضين من 7 الى 28 يوم أدت الى زيادة معدلات انطلاق الفسفور في الترب المعاملة بمصادر الفوسفات المتعددة وانخفاض معدلات الفسفور في ترب معاملة الاورثوفوسفات عند جميع درجات الحرارة.

الكلمات المفتاحية: الفوسفات المتعددة، الفسفور المتحرر، درجة الحرارة
البحث مستل من رسالة الماجستير للباحث الثاني

لدراسة تحلل مركبات الفوسفات المتعددة في الترب العراقية بصورة عامة وترب المنطقة الجنوبية بصرة خاصة ودورها في تجهيز الفسفور الجاهز للنباتات مقارنة بمصدر الاورثوفوسفات فقد أجريت هذه الدراسة لبيان تأثير درجات الحرارة على انطلاق الفسفور اللاعضوي من مصادر مختلفة من مركبات الفوسفات المتعددة.

المواد وطرائق العمل

تم جمع عينات تربة عشوائية من الطبقة السطحية (0 – 30) سم لتربتين مختلفتي الصفات احدهما طينية اخذت من احد حقول كلية الزراعة / جامعة البصرة (موقع كرمة علي) والأخرى رملية تم اخذها من مزارع الزبير / محافظة البصرة جففت التربة هوائياً ومررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم وتم اجراء بعض التحليلات الكيميائية والفيزيائية للتربتين حسب ما ورد في (Page et al., 1982) (جدول 1).
تم استعمال ثلاث مصادر للمركبات الفوسفاتية المتعددة إضافة الى مصدر فوسفات بهيئة الاورثوفوسفات والموضحة في جدول 2 (Luis et al., 2005)

M ويحضر من إذابة 9.3 غم من المادة في 450 مل ماء مقطر ويكمل الحجم الى 500 مل بالماء المقطر) و 5 مل من المحلول C (39 غم Sodium arsenite + 44.1 غم Sodium citrate + 75 مل glacial acetic acid) ثم يكمل الحجم الى 25 مل بالماء المقطر ويتم تقدير الفسفور المنطلق باستخدام جهاز spectrophotometer عند طول موجي 700 nm. تم تقدير كمية الفسفور اللاعضوي المنطلق من معاملة المقارنة وكذلك ما تحتويه مركبات الفسفور المتعددة المستعملة بالدراسة من الفسفور اللاعضوي من خلال إضافة نفس الكمية من مصادر الفسفور المتعددة الى تربة المقارنة بعد مدة التحضين ومن ثم استخلاصه مباشرة وتقدير الفسفور اللاعضوي في العينة كما في عينات المعاملة. تم طرح قيم الفسفور اللاعضوي المنطلق في معاملة المقارنة من القيم الناتجة في معاملات الدراسة (Dick and Tabatabaie, 1987).

يعد الفسفور احد العناصر الغذائية الرئيسية الكبرى وهو عنصر أساسي في النبات لا يستبدل بعنصر اخر ويؤدي دوراً مهماً في العديد من العمليات اذ يحفز من نمو وتطور الجذور ويقوي النبات كما يدخل في العمليات الابضية وفي تكوين البذور وتنظيم الخلايا كما يشجع من النمو المبكر للنبات (Achal et al., 2007 و Roberts and Simpson et al., 2011). ذكر (Johnston, 2015) ان اغلب الترب تحتوي على فسفور كلي بحدود 0.05% منها 0.1% فقط بشكل جاهز. أن نقص الفسفور ظاهرة شائعة في الترب الزراعية على الرغم من الإضافات العالية للاسمدة الفوسفاتية بسبب تفاعلات الامتزاز والترسيب التي يتعرض لها الفسفور في التربة (Zhu et al., 2018). وللتغلب على مشاكل تثبيت الفسفور في التربة وخاصة الترب الكلسية تم اختيار بدائل لمصادر الاورثوفوسفات في تصنيع الأسمدة الفوسفاتية منها استعمال مصادر الفوسفات المتعددة اللاعضوية (Inorganic polyphosphate) نظراً لقلّة ذوبانها ومحتواها العالي من الفسفور وعدم تعرضها الى عملية التثبيت في التربة

تم وزن 20 غم تربة جافة هوائياً ومنخولة من منخل قطر فتحاته 2 ملم ووضعت في علب بلاستيكية سعة 50 مل واضيف لها ماء مقطر بحدود السعة الحقلية مذاب فيه مصادر الأسمدة المستعملة في الدراسة بما يعادل 250 ملغم p كغم⁻¹ تربة. تم إضافة الماء المقطر مع السماد للتربة على شكل قطرات لضمان التوزيع المتجانس لمصادر الفوسفات في التربة. كما تم استخدام تربة بدون إضافة أي مصدر سمادي كمعاملة مقارنة. حضنت العينات على درجات حرارية 10°م و 20°م و 30°م مع متابعة المحافظة على رطوبة التربة عند السعة الحقلية ولمدة 28 يوم. بعدها تم تقدير الفسفور المنطلق من المصادر المستعملة في التربة بعد استخلاصه باستعمال 1N H₂SO₄ حسب طريقة Dick and Tabatabaie (1978) اذ تم أخذ 1 مل من المستخلص ووضع في ورق سعة 25 مل يحتوي مسبقاً على 10 مل من المحلول A (8.8 غم Ascorbic acid + 41 غم Trichloro acetic acid) يضاف لها 2 مل من المحلول B (مولبيدات الأمونيوم 0.015

جدول (1). بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربتي الدراسة

التربة الطينية	التربة الرملية المزيجة	خصائص التربة	
7.95	7.53	(1 : 1) pH	
7.50	3.60	ديسيمنز م ⁻¹	(1 : 1) EC
328.11	139.20	غم كغم ⁻¹	كاريونات الكالسيوم
20.87	6.32	سنطي مول كغم ⁻¹	CEC
6.86	1.49	غم كغم ⁻¹	المادة العضوية
1.13	0.12	غم كغم ⁻¹	النتروجين الكلي
15.80	9.19	ملي غرام كغم ⁻¹	الفسفور الجاهز
16.10	10.00		الكالسيوم
13.30	6.07	الأيونات الموجبة الذائبة	المغنيسيوم
4.37	3.54	ملي مول لتر ⁻¹	البوتاسيوم
21.57	17.42		الصوديوم
0.00	0.00		الكاربونات
12.92	2.60	الأيونات السالبة الذائبة	البيكاربونات
16.59	15.13	ملي مول لتر ⁻¹	الكبريتات
36.69	18.72		الكلورايد
695.00	145.80	مفصولات التربة	الطين
123.00	317.60	غم كغم ⁻¹	الغرين
182.00	536.60		الرمل

جدول (2). مصادر الفوسفات اللاعضوية المتعددة المستعملة بالدراسة

اسم المركب الكيميائي	الصيغة الكيميائية	المختصر	الفسفور الكلي
Orthophosphate	Na ₂ HPO ₄ .2H ₂ O	OP	17.41
Sodium pyrophosphate	Na ₄ P ₂ O ₇ .10H ₂ O	PP	13.9
Sodium tripolyphosphate	Na ₅ P ₃ O ₁₀	TPP	25.3
Sodium trymetaphosphate	Na ₃ P ₃ O ₉	TMP	30.4

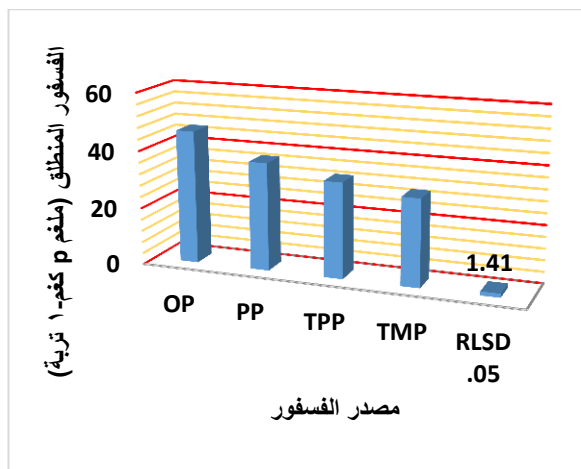
النتائج والمناقشة

(PP) والفوسفات المتعددة الثلاثية (TPP) كمية فسفور منطلق بلغت 36.3 و 32.5 ملغم كغم⁻¹ تربة بالتتابع (شكل 1- ب). وتتفق هذه النتائج مع ما أشار اليه Dick and Tabatabai (1986) الذين أشاروا الى ان كمية الفسفور المنطلقة من مصادر الفوسفات المتعددة تنخفض بازدياد طول سلسلة الفوسفات المتعددة.

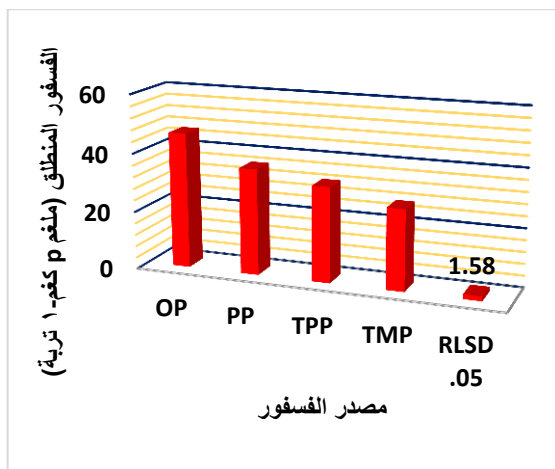
أشار (Henk and Anton (1998) الى ان تحلل الفوسفات المتعددة بالتربة يكون عن طريق انطلاق الفسفور الطرفي من المجاميع الطرفية في المركب الحاوي على عدد ذرات فسفور اقل من 5 ذرات، اما عند زيادة ذرات الفسفور في المركب يتم التحلل من خلال فصل السلاسل الداخلية وتحويلها الى سلاسل اصغر وتكوين مركبات الفوسفات الثلاثية الحلقية. ذكر (Rashchi and Finch (2000) أن الفوسفات المتعددة المرتبطة بأواصر ثلاثية (Tripoly Linked) تتحلل اسرع من تلك المرتبطة بأواصر ثنائية (Double Linked) وأن

يبين الشكل (1، ا و ب) وجود اختلافات معنوية في معدلات انطلاق الفسفور اللاعضوي من مصادر الفوسفات المتعددة في الترب الطينية والرملية المزيجة. سجلت اعلى كمية للفسفور المنطلق من معاملة الاورثوفوسفات (OP) والتي بلغت 46.3 ملغم كغم⁻¹ تربة في حين نتجت اقل كمية للفسفور المنطلق من معاملة الفوسفات المتعددة الحلقية (TMP) 30.3 وبلغت ملغم كغم⁻¹ تربة. سجلت معاملتي الفوسفات المتعددة الثنائية (PP) والفوسفات المتعددة الثلاثية (TPP) كمية فسفور منطلقة بلغت 37.5 و 33.2 ملغم كغم⁻¹ تربة بالتتابع للترب الرملية المزيجة (شكل 1- أ).

اما الترب الطينية فبلغت اعلى كمية للفسفور المنطلق من معاملة الاورثوفوسفات (OP) التي سجلت 46.4 ملغم كغم⁻¹ تربة في حين سجلت معاملة الفوسفات المتعددة (TMP) اقل معدل انطلاق بالمقارنة مع المصادر الأخرى بلغ 27.6 ملغم كغم⁻¹ تربة كما أعطت معاملتي الفوسفات المتعددة الثنائية



(أ)

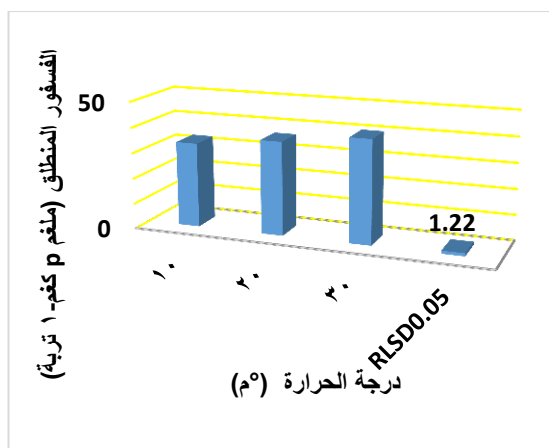


(ب)

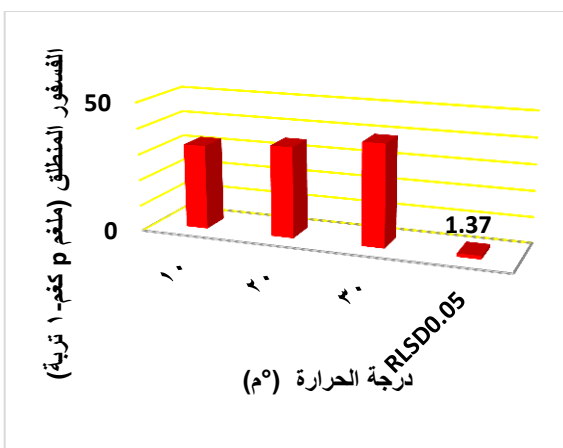
شكل (1). معدل انطلاق الفسفور من مصادر الفوسفات المتعددة في الترب الرملية المزيجة (أ) والطينية (ب)

30°م بالتتابع (شكل 2- ب). واتفقت هذه النتائج مع ما توصل اليه Hons *et al.* (1986) الذي بين أن زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة تحلل الفوسفات المتعددة اذ ان زيادة درجة الحرارة من 5°م الى 35°م أدت الى زيادة تحلل الفوسفات المتعددة بنسبة 160% تقريبا. و Ahmad and Kelson, (2001) الذي أشار الى أن درجة حرارة التربة الملائمة لتحلل الفوسفات الثنائية المتعددة تتراوح بين 5°م و 45°م وان زيادة درجة الحرارة تؤدي الى زيادة انزيمات ونشاط الميكروبات مما يؤدي الى زيادة معدلات التحلل.

يوضح شكل 2 (أ و ب) تأثير درجة الحرارة على معدلات الفسفور المنطلق من المصادر الفوسفاتية المختلفة في كلا تربتي الدراسة. زيادة درجة حرارة التحضين من 10°م الى 30°م أدت الى زيادة في كمية الفسفور المنطلق من المصادر المختلفة اذ بلغت القيم 33.2 و 36.7 و 40.5 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند درجات حرارة 10 و 20 و 30°م بالتتابع في التربة الرملية المزيجة (شكل 2- أ). اما التربة الطينية بلغت معدلات قيم الفسفور المنطلق 32.7 و 35.1 و 39.3 ملغم p كغم⁻¹ تربة لدرجات الحرارة 10 و 20 و



(أ)



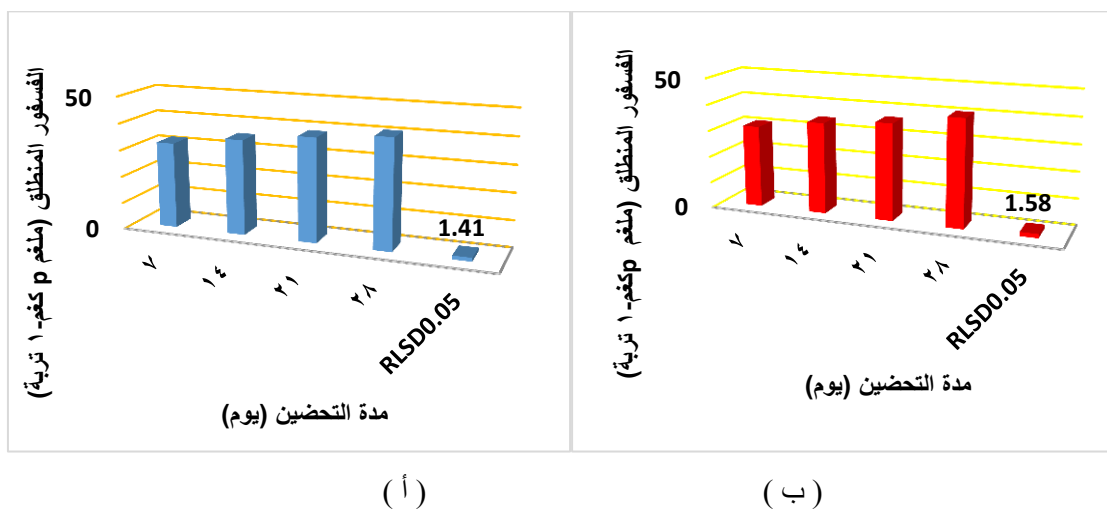
(ب)

شكل (2). معدل تأثير درجة الحرارة في انطلاق الفسفور من مصادر الفوسفات المتعددة في الترب الرملية المزيجة (أ) والطينية (ب).

المنطلق من المصادر 31.1 و 34.6 و 36.6 و 40.6 ملغم p كغم⁻¹ تربة لفترات التحضين 7 و 14 و 21 و 28 يوم بالتتابع (شكل 3-ب). تتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه Hons *et al.* (1986) الذين أشارو الى ان تحلل الفوسفات المتعددة الثلاثية (TPP) ازداد بين مدد التحضين 2 و 18 يوم عند 25°م و 35°م. كما اكد McBeath *et al.* (2009) ان الفسفور في محلول التربة يزداد مع الوقت وأن نسبة الفسفور المذاب بالمحلول قد ارتفعت بعد 7 أيام من التحضين

أما الشكل 3 فإنه يوضح تأثير معدلات مدد التحضين على معدلات انطلاق الفسفور من المصادر المختلفة في تربتي الدراسة. بين الشكل وجود فروقات معنوية لتأثير مدد التحضين على كمية الفسفور المنطلق من المصادر المختلفة بلغت 32.1 و 35.8 و 38.6 و 40.8 ملغم p كغم⁻¹ تربة لمدد التحضين 7 و 14 و 21 و 28 يوم بالتتابع للترب الرملية المزيجة (شكل 3-أ).

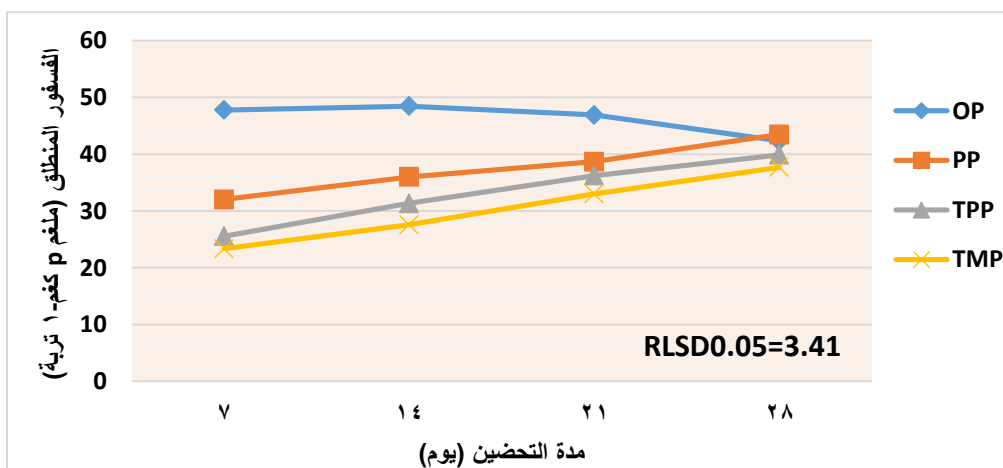
أما في الترب الطينية زيادة فترة التحضين أدت الى زيادة كمية الفسفور المنطلق من المصادر المختلفة فقد بلغت كمية الفسفور



شكل (3). معدل تأثير مدد التحضين على انطلاق الفسفور من الفوسفات المتعددة في الترب الرملية المزيجة (أ) والطينية (ب).

الى 43.4 و 39.8 و 37.6 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند 28 يوم بالتتابع. في حين سلك مصدر الاورثوفوسفات سلوك مغاير لمصادر الفوسفات المتعددة اذ انخفض انطلاق الفسفور فيه من 47.7 ملغم p كغم⁻¹ تربة ليصل الى 42.3 ملغم p كغم⁻¹ تربة للفترة من 7 الى 28 يوم بالتتابع 25.57

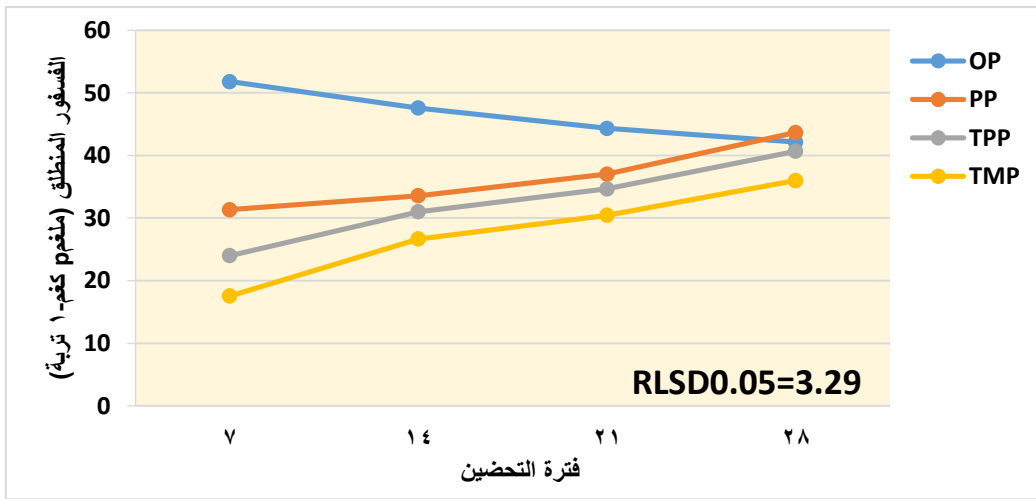
يبين شكل 4 تأثير التداخل الثنائي بين مدد التحضين ومصادر الفسفور المختلفة على الفسفور المنطلق من المصادر في الترب الرملية المزيجة. زيادة فترة التحضين من الى 28 يوم أدى الى زيادة في كمية الفسفور المنطلق من مصادر الفوسفات المتعددة اذ ارتفعت قيم الفسفور المنطلق من الفوسفات الثنائية والثلاثية والحلقية من 32.0 و 23.3 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند 7 أيام لتصل



شكل (4). تأثير التداخل الثنائي بين مصادر الفوسفات المتعددة والزمن في كمية الفسفور المنطلق في الترب الرملية المزيجية.

ولم يختلف سلوك مصادر الفوسفات المتعددة ومصدر الاورثوفوسفات في الترب الطينية عنه في الترب الرملية المزيجية (شكل 5). اذ ان زيادة فترة التحضين من 7 الى 28 يوم أدى الى زيادة انطلاق الفسفور من مصادر الفوسفات المتعددة الثنائية من 31.3 لتصل الى 43.6 ملغم⁻¹ تربة ومن 24.0 الى 40.6 ملغم⁻¹ في معاملة الفوسفات

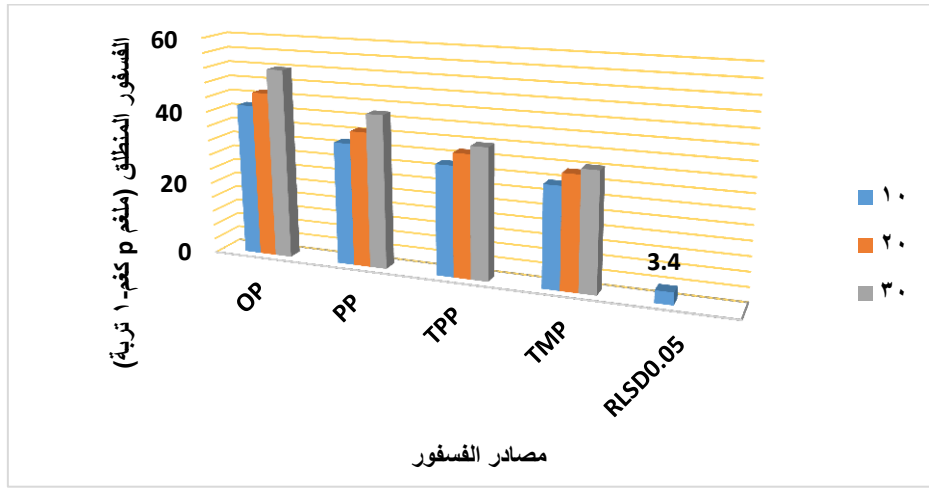
المتعددة الثلاثية ومن 17.5 الى 36.0 ملغم⁻¹ تربة في معاملة الفوسفات الحلقية (TMP) في حين انخفض الانطلاق من مصدر الاورثوفوسفات من 51.7 الى 42.1 ملغم⁻¹ تربة. تتفق هذه النتائج مع ما أشار اليه (Luis et al. (2005). بأن كمية الفسفور المنطلق من الفوسفات المتعددة تزداد بزيادة مدة التحضين.



شكل (5). تأثير التداخل الثنائي بين مصادر الفوسفات المتعددة والزمن في كمية الفسفور المنطلق في الترب الطينية.

المختلفة. ازدادت كمية الفسفور المنطلق من 41.6 الى 52.0 ملغم⁻¹ تربة عند معاملة الـ OP ومن 33.5 الى 42.0 ملغم⁻¹ تربة عند معاملة الـ PP ومن 30.2 الى 35.8 ملغم⁻¹ تربة عند معاملة الـ TPP ومن 27.6 الى 32.5 ملغم⁻¹ تربة عند معاملة الـ TMP عند زيادة درجة الحرارة من 10°م الى 30°م في الترب الرملية المزيجية.

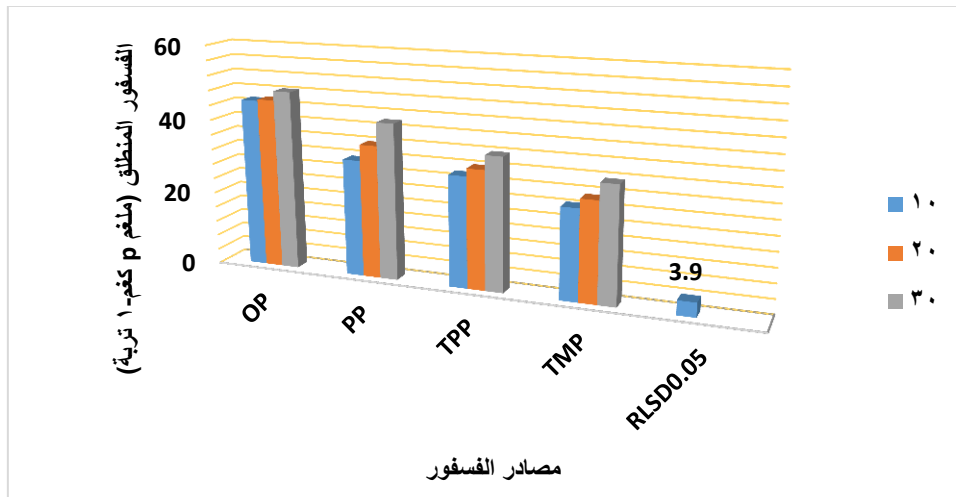
يوضح الشكل 6 تأثير التداخل الثنائي بين مصادر الفوسفات المتعددة ودرجة الحرارة في الترب الرملية المزيجية. ان زيادة درجات الحرارة من 10°م الى 30°م أدى الى زيادة كمية الفسفور المنطلق من جميع المصادر عند جميع درجات الحرارة أذ ان كمية الفسفور المنطلق من مصدر الاورثوفوسفات (OP) كانت اعلى من مثيلاته للمصادر



شكل (6). تأثير التداخل الثنائي بين مصادر الفوسفات المتعددة المستخدمة ودرجة الحرارة في انطلاق الفسفور في الترب الرملية المزيجة.

المتعددة الثلاثية (TPP) ومن 24.5 الى 31.5 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند معاملة الفوسفات المتعددة (TMP). واتفقت هذه النتائج مع (Dick and Tabatabai 1986) الذي اكد ان انطلاق الفسفور من المصادر المختلفة يزداد مع زيادة درجة الحرارة من 10°م الى 30°م. كما أشار الى العلاقة العكسية بين انطلاق الفسفور وطول سلسلة الفوسفات المتعددة اذ ان زيادة طول السلسلة الفوسفاتية يعيق من عملية التحلل مما يؤدي الى قلة الانطلاق.

اما في التربة الطينية (شكل 7) لم يكن هناك فروقات معنوية للفسفور المنطلق عند درجة حرارة 10°م و 20°م في معاملة الـ OP و 45.3 و 45.7 ملغم p كغم⁻¹ تربة بالتتابع الا ان انطلاق الفسفور ازداد عند درجة حرارة 30°م ليصل الى 48.2 ملغم p كغم⁻¹ تربة. اما بالنسبة لمصادر الفوسفات المتعددة الأخرى فقد ازداد انطلاق الفسفور بازدياد درجات الحرارة من 10°م الى 30°م اذ ازدادت كمية الفسفور المنطلق من 31.4 الى 42.0 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند معاملة الفوسفات المتعددة الثنائية (PP) ومن 29.9 الى 35.8 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند معاملة الفوسفات

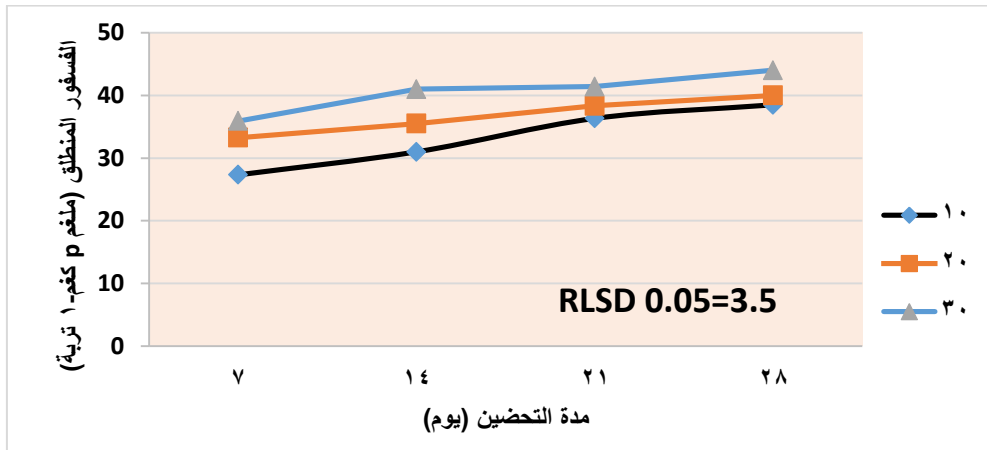


شكل (7). تأثير التداخل الثنائي بين مصادر الفوسفات المتعددة المستخدمة ودرجات الحرارة في كمية الفسفور المنطلق في التربة الطينية.

20°م ولجميع مدد التحضين. وبصوره عامة ارتفعت كمية الفسفور المنطلق من 27.3 الى 38.5 ملغم p كغم⁻¹ عند درجة حرارة 10°م ومن 33.2 الى 40.0 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند درجة حرارة

تبين النتائج في شكل 8 ان زيادة فترة التحضين أدت الى زيادة كمية الفسفور المنطلق ولجميع درجات الحرارة في التربة الرملية المزيجة. كما بين الشكل تفوق كمية الفسفور المنطلق عند التحضين على درجة 30°م على مثيلاتها عند التحضين على درجتى 10°م و

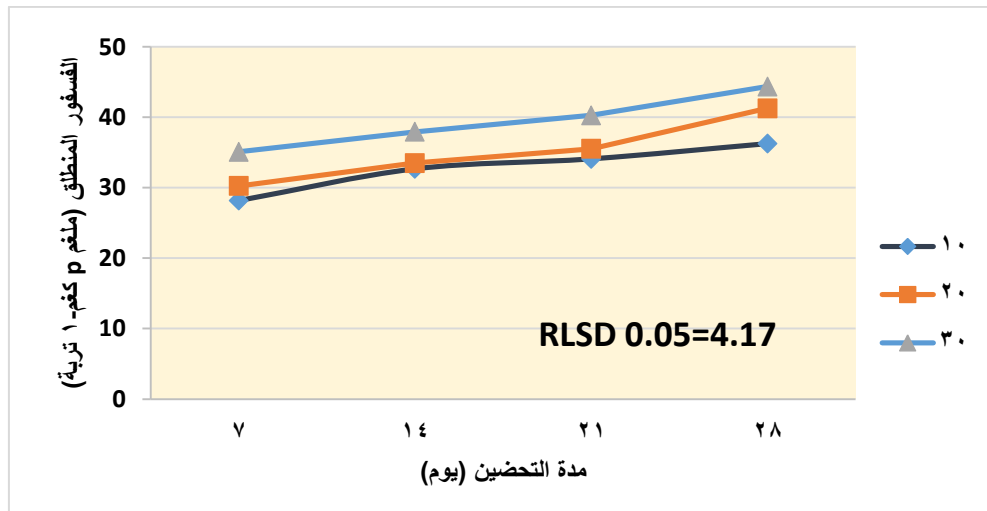
20°م ومن 35.9 الى 44.0 ملغم p. كغم⁻¹ تربة عند درجة حرارة 30°م.



شكل (8 أ). تأثير التداخل بين درجات الحرارة ومدد التحضين في كمية الفسفور المنطلق في الترب الرملية المزيجة.

بعدها تفوقت معاملات التحضين عند 20°م على مثيلاتها عند التحضين على 10°م. بين Hashimoto and Wakefield (1974) ان معدل تحلل الفوسفات المتعددة يعتمد على درجة الحرارة والوقت اذ ان الوقت المطلوب لتحلل 50% من الفوسفات المتعددة الثنائية (PP) الى الاورثوفوسفات (OP) كان 25 الى 60 يوم عند 5°م و 4 الى 13 يوم عند 25°م.

ولم يختلف الانطلاق في الترب الطينية عنه في الترب الرملية المزيجة اذ ارتفعت كمية الفسفور المنطلق من 28.1 الى 36.2 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند درجة حرارة 10°م ومن 30.2 الى 41.2 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند 20°م ومن 35.0 الى 44.3 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند درجة حرارة 30°م في الترب الطينية (شكل 9). كما يوضح الشكل عدم وجود فروقات معنوية بين قيم الفسفور المنطلق عند التحضين عند 10°م او 20°م لمدة التحضين بين 7 و 21 يوم



شكل (9). تأثير التداخل بين درجات الحرارة ومدد التحضين في كمية الفسفور المنطلق في الترب الطينية.

المستعملة. اذ بلغت القيم 53.0 و 60.0 و 50.0 و 45.0 ملغم p كغم⁻¹ تربة عند فترات تحضين 7 و 14 و 21 و 28 يوم بالتتابع عند درجة حرارة 30°م. بينما أعطت معاملة الفوسفات المتعددة الحلقية (TMP) اقل انطلاق للفسفور في الترب الرملية وبلغت القيم 26.0 و 30.0 و 35.0 و 39.0 ملغم p كغم⁻¹ تربة لفترات

يوضح جدول 3 تأثير التداخل الثلاثي بين مصادر الفوسفات المتعددة ودرجة الحرارة ومدد التحضين على انطلاق الفسفور في الترب الرملية المزيجة. أعطت معاملة الاورثوفوسفات (OP) اعلى انطلاق بالنسبة للمصادر الأخرى وازداد هذا الانطلاق مع زيادة درجة الحرارة من 10°م الى 30°م ولجميع المصادر

التحضيرين 7 و 14 و 21 و 28 يوم بالتتابع عند درجة حرارة 30°م.

جدول (3). تأثير التداخل الثلاثي بين مصادر الفوسفات المتعددة ودرجة الحرارة والزمن في انطلاق الفسفور في الترب الرملية المزيجة.

فترة التحضيرين	درجة الحرارة	مصادر الفسفور	PP	TPP	TMP
	10	OP	26.0	21.3	20.0
7	20		34.0	26.6	24.0
	30		36.0	28.6	26.0
	10		30.0	28.0	24.6
14	20		38.0	32.0	28.0
	30		40.0	34.0	30.0
	10		38.0	34.0	30.0
21	20		36.0	36.0	34.0
	30		42.0	38.6	35.0
	10		40.3	37.6	36.0
28	20		40.0	40.0	38.0
	30		50.0	42.0	39.0
		N.S			
		RLSD 0.05			
		N.S غير معنوي عند مستوى المعنوية 0.05			

اما بالنسبة للترب الطينية فقد بين الجدول 4 ازدياد الانطلاق بزيادة درجة الحرارة من 10°م الى 30°م وسجلت معاملة الاورثوفوسفات اعلى القيم لانطلاق الفسفور بالمقارنة مع بقية المصادر والتي بلغت 54.3 و 48.6 و 46.0 و 44.0 ملغم¹ كغم⁻¹ تربة لفتترات التحضيرين 7 و 14 و 21 و 28 يوم بالتتابع عند درجة حرارة 30°م. بينما سجلت معاملة الفوسفات المتعددة الحلقية (TMP) اقل انطلاق بلغ 22.0 و 30.0 و 34.0 و 40.0

ملغم¹ كغم⁻¹ تربة لفتترات التحضيرين 7 و 14 و 21 و 28 يوم بالتتابع. يمكن الاستنتاج من الدراسة بأن انطلاق الفسفور من مركبات الفوسفات المتعددة تقل بزيادة سلسلة المركب وتتلشى هذه الفروقات بين المصادر بمرور الوقت. كما ان معدلات انطلاق الفسفور من الفوسفات المتعددة تعتمد على درجة حرارة التربة.

جدول (4). تأثير التداخل الثلاثي بين مصادر الفوسفات المتعددة ودرجة الحرارة والزمن في كمية الفسفور المنطلق في الترب الطينية

مدة التحضيرين	درجة الحرارة	مصادر الفسفور	PP	TPP	TMP
	10	OP	26.0	22.0	14.7
7	20		30.0	24.0	16.0
	30		38.0	26.0	22.0
	10		30.0	30.7	26.0
14	20		32.0	28.0	24.0
	30		38.7	34.3	30.0
	10		32.0	32.0	27.3
21	20		36.0	34.0	30.0
	30		43.0	38.0	34.0
	10		42.3	35.0	30.0
28	20		40.0	42.0	38.0
	30		44.0	45.0	40.0
		N.S			
		RLSD 0.05			
		N.S غير معنوي عند مستوى المعنوية 0.05			

References

Achal, V., Savant, V.V., and Reddy, M.S., 2007. Phosphate solubilization by a wild type

- strain and UV-induced mutants of *Aspergillus tubingensis*. *Soil Biology and Biochemistry*, 39(2), p. 695-699.
- Ahmad, F., Kelso, W.I., 2001. Pyrophosphate as a source of phosphorus: Hydrolysis under different conditions. *J. Res. (Science)* 12, p. 130–139.
- De Jager, H.J., and Heyns, A.M., 1998. Kinetics of acid-catalyzed hydrolysis of a polyphosphate in water. *The Journal of Physical Chemistry A*, 102(17), p. 2838-2841.
- Diaz, J. M., Björkman, K.M., Haley, S.T., Ingall, E.D., Karl, D.M., Longo, A.F., Dyhrman, S.T., 2016. Polyphosphate dynamics at station ALOHA, North Pacific subtropical gyre. *Association for the Sci. of Limnol. Oceanogr.* 61, p. 227-239.
- Dick, W.A., Tabatabai, M.A., 1978. Inorganic pyrophosphatase activity of soils. *Soil Biol. Biochem.* 10, p. p. 58–65.
- Dick, R. P., and Tabatabai, M.A., 1986. Hydrolysis of polyphosphates by corn roots. *Plant and soil*, 94(2), p. 247-256.
- Dick, R. P., and Tabatabai, M. A. (1987). Polyphosphates as sources of phosphorus for plants. *Fertilizer research*, 12(2), p. 107-118.
- Hashimoto, I., and Wakefield, z.T., 1974. Hydrolysis of pyrophosphate in soils: Response to temperature and effect on heavy-metal uptake by plants. *Soil Sci.* 118(2), p. 90-94.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., 1999. Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. 6th edn., Prentice Hall, New Jersey, P. 191.
- Hons, F.M., Stewart, W.M., Hossner, L.R., 1986. Factor interactions and their influence on hydrolysis of condensed phosphates in soils. *Soil Sci.* 141, p. 408-416.
- Kulakovskaya, T.V., Vagabov, V.M., and Kulaev, I.S., 2012. Inorganic polyphosphate in industry, agriculture and medicine: modern state and outlook. *Process Biochemistry*, 47(1), p. 1-10.
- Luis O.T, Norbert. C, Bernd. S, Hans-Werner. O., 2005. Hydrolysis rates of inorganic polyphosphates in aqueous solutions as well as in soils and effects on P availability. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168, p. 352-358.
- Matar, A., Torrent, J., and Ryan, J., 1992. Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dryland Mediterranean zone. In *Advances in Soil Science (pp. 81-146)*. Springer, New York, NY.
- Mc Beath T. M., Lombi E., Mc Laughlin M.J., Bünemann E.K., 2009. Exchangeability of rthophosphate in soil: a double isotopic labelling study. *Plant Soil.* 314, p. 243-252.
- Page , A .L., Miller, R.H., and Keeny, D.R., 1982. Methods of soil analysis part 2 , 2nd(Edn.). *Agron. 9, pub. Madison wisconsin, U.S.A.*
- Philen, O. D., Jr., and Lehr, J. R.,1967. Reactions of ammonium polyphosphates with soil minerals. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 31, p. 196-199.
- Rashchi, F., Finch, J. A., 2000. Polyphosphates: a review. Their chemistry and application with particular reference to mineral processing. *Miner. Eng.* 13, p. 1019–1035.
- Roberts, T. L., and Johnston, A.E., 2015. Phosphorus use efficiency and management in agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 105,p. 275-281.
- Shand, C., Smith, S. 1997. Enzymatic release of phosphate from model substrates and P compounds in soil solution from a peaty podzol. *Biol. Fertil. Soils* 24, p. 183–187.
- Simpson, R.J., Oberson, A., Culvenor, R.A., Ryan, M.H., Veneklaas, E.J., Lambers, H., Lynch, J.P., Ryan, P.R., Delhaize, E., Smith, F.A., Smith, S.E., Harvey, P.R., Richardson, A.E., 2011. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Plant Soil.* 349, p. 89–120.
- Sutton, C. D., D. Gunary, and Larsen, S., 1966. Pyrophosphate as a source of phosphorus for plants: II. Hydrolysis and initial uptake by a barley crop. *Soil Sci.* 101, p. 199-204.
- Zhu, J., Li, M., and Whelan, M., 2018. Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus vailability in agricultural soils: A review. *Science of The Total Environment*, 612, p. 522-537.