ديناميكية تحرر أيون الأورثوفوسفات من سمادي فوسفات الأمونيوم الإحادي والثنائي في الترب الكلسية

نصير عبد الجبار الساعدي* فليح حسن الحديثي** جواد كاظم العكيلي**

الملخص

أجريت تجربة مختبرية لدراسة الديناميكية الكيميائية لتفاعلات تحرر أيون الأورثوفوسفات من سمادي فوسفات الأمونيوم الأحادي (MAP) وفوسفات الأمونيوم الثنائي (DAP) مع مصلحين كيميائين (بايروفوسفات الصوديوم $Na_4P_2O_7$ وحامض الكبريتيك H_2SO_4) وبدونهما في تربتين مختلفتي النسجة (طينية ومزيجة رملية) لإحدى عشرة مدة زمنية (0–720 ساعة) عند ثلاث درجات حرارة هي 283، 298 و308 كلفن.

أوضحت النتائج أن معادلة فرندلخ كانت هي الأكفأ في تقويم تحرر الأورثوفوسفات حيث لها أعلى قيمة لإختبار t معامل تحديد ($r^2 = 0.960^{**}$) وأعلى قيمة (t = 12.22) وأقل خطأ قياسي تقديري (SE.e = 0.14). أن معامل تحرر ايون الفوسفات أزداد طرديا نتيجة زيادة درجة حرارة التحضين من 283 الى 298 و 308 كلفن. وكذلك أزداد معامل تحرر الفوسفات عند اضافة بايروفوسفات الصوديوم مع كلا السمادين. كما أكدت النتائج أيضا ان أعلى متوسط طاقة تنشيط تحرر الفوسفات Ea (كيلوجول مول$^{-1}$) كان مصاحبا لكل من DAP حيث بلغت 25.43 ولمعاملة المقارنة (بدون مصلحات) 22.68 ، والتربة المزيجة الرملية 21.80. يستنتج من الدراسة أن معامل تحرر الأورثوفوسفات كان هو الأسرع حدوثا لسماد MAP مع وبدون اضافة كل من بايروفوسفات الصوديوم وحامض الكبريتيك في الترب الكلسية قيد الدراسة الحالية.

المقدمة

يعد الفسفور من المغذيات الكبرى الذي يتعرض في نظام التربة الى الكثير من التفاعلات الكيميائية (الامتزاز والترسيب) بواسطة مختلف غرويات التربة كالأكاسيد والكربونات ومعادن الطين خاصة من نوع 1:1 (5،12،24). ان معظم الترب الزراعية ذات محتوى من هذا المغذي يتراوح من 200–5000 ملغم كغم$^{-1}$ تربة وبمتوسط عام يبلغ 600 ملغم كغم$^{-1}$ تربة (13)، إن الجاهز منه في جميع الترب الزراعية لاسيما الترب الكلسية محدود جدا ولا يفي بمستلزمات نمو ومكونات حاصل معظم النباتات ، ولاهمية هذا المغذي وأثره في أنظمة التربة المختلفة وقلة الجاهز منه خاصة في الترب الكلسية فأن الامر يستدعي أضافته باستمرار الى الترب الزراعية المختلفة. وكما هو معلوم فأن اضافة هذا المغذي على هيئة اسمدة مركبة كفوسفات الامونيوم الأحادي Monoammoniumphosphate (MAP) وفوسفات الامونيوم الثنائي (DAP) Diammoniumphosphate قد يبدو اكثر كفاءة ولاسيما في مراحل النمو الاولى (مرحلتي الإنبات والبادرات) (2). إن نمو وتطور وتكملة حياة معظم النباتات الاقتصادية تعتمد بالدرجه الاساسية على جاهزيه الفوسفور وانطلاقه في نظام التربه، فقد بين Ravan و Hossner (18) إن قوة إمداد ايون الاورثوفوسفات في التربة يعتمد اساسا على مقدار الفسفور الموجود عند مواقع الامتزاز الفعالة Active sites وكذلك على قابليته للاستنزاف سواء بعملية

* وزارة العلوم والتكنولوجيا – بغداد، العراق.

**كلية الزراعة–جامعة بغداد–بغداد، العراق.

الغسل **Leaching** او الامتصاص بواسطة المجموع الجذري **Root system**. بينما وجد **Sharpley** وجماعته (**21**) أن لمدة التحضين وسعة التربة لامتزاز ايون الاورثوفوسفات تأثير كبير في تحرر هذا العنصر الى طور التربة السائل (محلول التربة) والذي يساهم بدرجة رئيسة في تغذية النبات وهذا ما أكدته نتائج البحوث والدراسات التي اجراها كثير من الباحثين **Delgado** و**Torrent** (**1**)، **Tunesi** و**Gessa** (**24**).

إن استخدام أسمدة فوسفات الامونيوم سواء الاحادي او الثنائي منها لم يكن شائعا منذ أربعين سنة الماضية ولم يزل بسبب قلة وزيادة كلفة الانتاج (**17**). ان تلك الاسمدة لم تحظ بدراسات كثيرة حول الية وسرعة تحولاتها وكفاءتها فلهذا ان الهدف من الدراسة الحالية هو تقويم سرعة تحرر ايون الاورثوفوسفات من اسمدة فوسفات الامونيوم (**MAP** و **DAP**)في تربتين مختلفتي النسجة (طينية ومزيجة رملية).

المواد وطرائق البحث

اختيرت تربتان مختلفتي النسجة وبعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية الاساسية، جمعت عينات منها من الافق السطحي (**0–0.3** م) من موقعي ابي غريب والجادرية. صنفت التربتان عند مستوى تحت المجموعة **Typic Torrifluvents (Sub Group)**. قدرت معظم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتلك التربتين (جدول **1**) وفقا لما ذكره **Black** (**3**). استخدم نوعان من اسمدة فوسفات الامونيوم هما فوسفات الامونيوم الاحادي (**MAP**) وفوسفات الامونيوم الثنائي (**DAP**) ومصلحين (**A**) **Amendments** هما بايروفوسفات الصوديوم $Na_4P_2O_7$ وحامض الكبريتيك H_2SO_4 اضافة الى معاملة المقارنة (بدون مصلحات) وتربتين طينية **S1** ومزيجة رملية **S2**. لإيجاد معامل تحرر ايون الاورثوفوسفات **Release rate constant** تم استعمال اصص بلاستيكية **Pot** سعة **135** غم. تم وزن **85** غم من كل تربة وضعت في تلك الاصص واضيف سمادا **MAP** و **DAP** على هيئة محاليل وبمستوى واحد من الفسفور (**250** ملغم **P** كغم$^{-1}$ تربة) على سطح التربة. اضيفت المصلحات بايروفوسفات الصوديوم $Na_4P_2O_7$ وحامض الكبريتيك H_2SO_4 على هيئة محاليل ايضا وبمقدار **5%** من تركيز الفسفور المضاف وفي موقع الاسمدة المضافة. غطت حزمة السماد مع المصلح وبدونه بـ **15** غم تربة (عمق **1** سم). حفظت الاصص عند ثلاث درجات حرارة **10**، **25**، **35** م (**283**، **298** و**308** كلفن). تم ضبط رطوبة التربة عند **80%** من السعة الحقلية (**56** كيلو باسكال **kpa**) طيلة مدة التحضين البالغة احدى عشر مدة (**0،1**، **4**، **24**، **48**، **120**، **240**، **360**، **480**، **600** و**720** ساعة). تم تعويض الفقد في الرطوبة دوريا واعتمادا على الوزن طيلة مدة التحضين أعلاه. أخذت النماذج عند انتهاء كل مدة تحضين وجففت هوائيا وغربلت بمنخل **2.0** ملم. استخلص ايون الاورثوفوسفات الذائب بواسطة **0.01** مولار كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ (**14**).

استعملت تجربة عاملية **Factorial arrangement** ضمن تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (**RCBD**) في هذه الدراسة. حللت النتائج احصائيا باستخدام اختبار تحليل التباين وتقنية الانحدار وفقا لما ذكره **Steel** و**Torrie** (**22**). كما استعملت عدة معادلات ذات اسس الديناميكية الكيميائية (الرتبة صفر، الاولى والثانية) ومعادلات ذات اسس فيزيائية وتجريبية (الانتشار، ايلوفج وفرندلخ) لوصف العلاقة بين تحرر ايون الاورثوفوسفات مع الزمن وهي:–

معادلة الرتبة صفر	$kt \pm q_t = q_0$
معادلة الرتبة الاولى	$lnq_t = lnq_0 \pm kt$
معادلة الرتبة الثانية	$1/q_t = 1/q_0 \pm kt$
معادلة الانتشار	$q_t = q_0 \pm k\sqrt{t}$
معادلة ايلوفج	$q_t = q_0 \pm klnt$
معادلة فرندلخ	$lnq_t = lnk_f \pm 1/n\ lnt$

جدول 1. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية للتربتين المستخدمتين في الدراسة

الموقع	مفصولات التربة (غم كغم$^{-1}$) طين	غرين	رمل	نسجة التربة	رطوبة التربة للماء الجاهز (%)	EC_e* $dS.m^{-1}$	pH*	الأيونات الموجبة المتبادلة سنتي مول كغم$^{-1}$ Na	K	Mg	Ca	السعة التبادلية الآيونية (سنتي مول كغم$^{-1}$)	الفسفور الجاهز	المادة العضوية	النايتروجين الكلي	الكربونات الكلية	الكربونات النشطة
													(ملغم كغم$^{-1}$) -------- (غم كغم$^{-1}$) ---					
ابو غريب	515.4	360.0	124.6	طينية	13.4	4.3	7.7	2.51	1.01	1.74	8.75	24.5	8.20	17.5	1.14	238.3	25.0
الجادرية	171.3	210.7	618.0	مزيجة رملية	8.5	3.5	7.4	1.05	0.14	0.96	3.35	9.81	2.90	4.8	0.46	256.0	95.0

قدرت في مستخلص العجينة المشبعة **Soil extract**.

حيث أن q_t= مقدار تحرر ايون الاورثوفوسفات عند زمن (t) 720 ساعة q_0= مقدار تحرر ايون الاورثوفوسفات عند (t = 0) ساعة ، k = معامل التحرر Release rate constant و t= الزمن (مدة التحضين). لقد تم أختبار المعادلات باستعمال بعض المؤشرات الاحصائية: معامل التحديد r^2 ومعامل الكفاءة r^2 x 100 وقيمة t والخطأ القياسي التقديري SE.e (Standard error of estimate) وفقا لما ذكره Chien وجماعته (7)، Sah وMikkelsen (19).

النتائج والمناقشة

بينت النتائج الموضحة في شكل (1و2) وجدول (2) إن معادلة فرندلخ لجميع المعاملات العاملية (مصدر السماد، المصلحات والتربتين) كانت هي الافضل في تقويم سرعة تحرر واطلاق ايون الاورثوفوسفات لدرجات التحضين الثلاث (283، 298 و308 كلفن) مقارنة مع بقية المعادلات ذات الاسس الديناميكية (الرتبة صفر والرتبتين الاولى والثانية) والمعادلات ذات الاسس الطبيعية (الرياضية وايلوفج) اعتمادا على المؤشرات الاحصائية ، حيث ان لها أعلى معامل تحديد (r^2= 0.960) وأعلى قيمة لأختبار t (t= 12.22) وأقل خطأ قياسي تقديري (SE.e= 0.14). ان كفاءة هذه المعادلة في وصف تحرر أيون الاورثوفوسفات خلال زمن التحضين بلغت 96%. وهذه تتفق مع مأشار اليه Ravan وHossner (18) وتتفق ايضا مع ماوجده Chien وجماعته (6) إن تلك المعادلة تفوقت في تقويم سرعة تحرر ايون الاورثوفوسفات عند تحضين صخرالفوسفات مقارنة مع سبع معادلات ذات اسس ديناميكية وفيزيائية وتجريبية المستعملة في دراستهم.

اشارت النتائج الى ان الفسفور المستخلص بمحلول كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ (0.01 مولار) انخفض طرديا مع الزمن وقد ارتبط معنويا مع درجة الحرارة ومصدرالسماد المضاف والمصلحات ونسجة التربة. اذ يلاحظ من جدول (3) إن معامل تحرير الفوسفات lnk_f قد ازداد لجميع المعاملات المستخدمة في هذه الدراسات نتيجة زيادة درجة الحرارة. لقد بلغت قيم lnk_f 3.1372 ، 3.4907 و3.8888 ملغم p كغم$^{-1}$ تربة عند درجات الحرارة الثلاث (283، 298 و 308 كلفن) على التوالي. ان ارتفاع درجة الحرارة من 283 الى 298 و308 كلفن أدى الى زيادة سرعة تحرر الفوسفات بمقدار 11.3 و24.0% على التوالي.هذه النتائج تتفق مع Chien وجماعته (7) وكذلك وجد Sah وMikkelsen (19) إن ارتفاع درجة حرارة التحضين ادى الى زيادة معامل تحرر الفوسفات (k تبعا لمعادلة الرتبة الاولى) حيث أشارت نتائجه الى ان ارتفاع درجة الحرارة من 10 الى 20 و30م أدى الى زيادة k بمقدار 7.0 و20.0% في تربة طينية (Meyers clay).

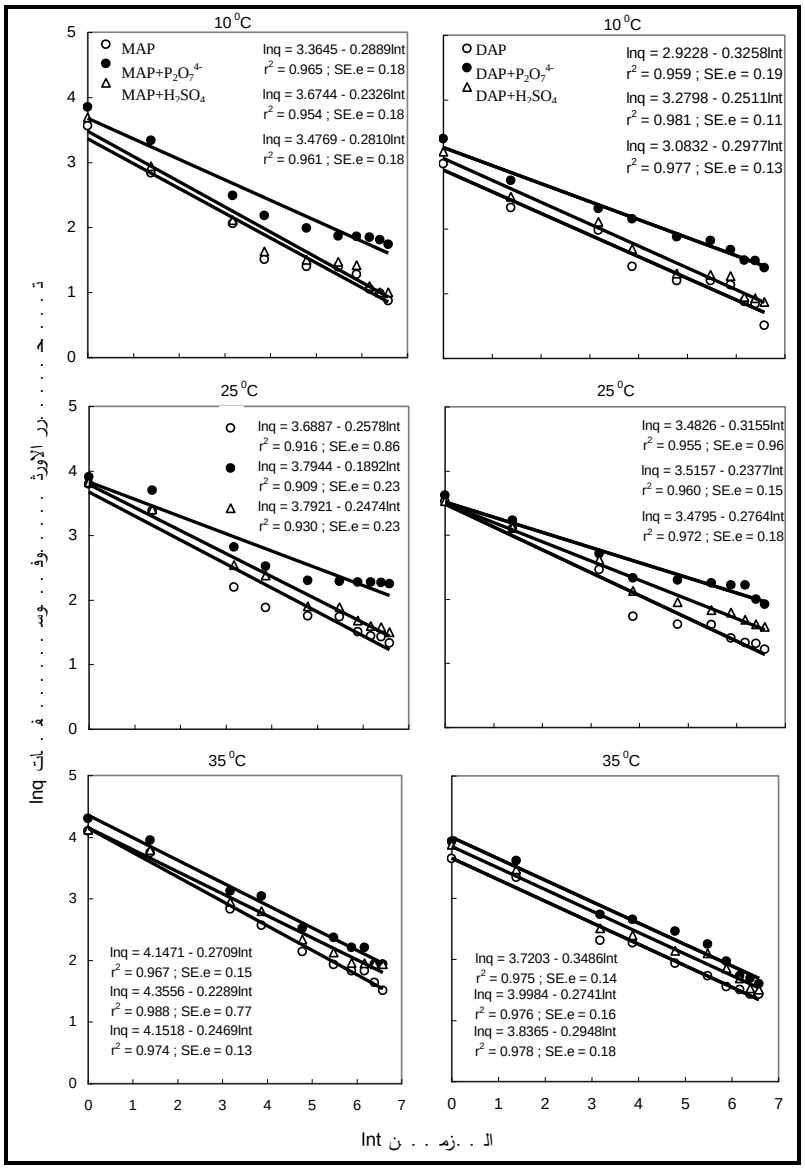
كما اوضحت النتائج ايضا تأثير مصدر السماد المضاف (Overall means) في معامل تحرر الفوسفات lnkf (جدول 3) حيث بلغت قيم معامل تحرر (lnk_f) 3.6620 و3.3647 ملغم p كغم$^{-1}$ تربة عند استخدام سمادي MAP وDAP على التوالي. ان استعمال سماد فوسفات الامونيوم الأحادي MAP ادى إلى زيادة معامل تحرر الفسفور بمقدار 8.8% مقارنة مع سماد فوسفات الامونيوم الثنائي DAP عند 720 ساعة من زمن التحضين.ان تفوق سماد MAP قد يعزى الى بعض خصائصه الفيزيائية والكيميائية [أقل قابلية للتكتل وأقل درجة تفاعل pH (3.4) وأكثر أذابة وأعلى معامل انتشار] وهذا ما أشار اليه ايضاً كل من (Hira وSingh (9)، Kalia وSharma (11)، Olsen وWatanabe (15)، Tisdalc وجماعته (23).

جدول 2: إختبار كفاءة المعادلات الديناميكية والتجريبية لوصف العلاقة بين تحرر الاورثوفوسفات $^{\#}$(q) مع الزمن (t) (n = 11)

اسم المعادلة	المؤشرات الإحصائية		
	معامل التحديد (r^2)	قيمة (t)	الخطأ القياسي التقديري SE.e
الرتبة صفر	0.416*	2.32	11.53
الرتبة الاولى	0.756**	5.10	0.35
الرتبة الثانية	0.883**	9.06	0.07
الانتشار	0.538*	3.22	8.96
ايلوفج	0.792**	6.33	7.07
فرندلخ	0.960**	12.22	0.14

$^{\#}$متوسط جميع العوامل المستخدمة (مصدر السماد ،المصلحات ، التربتان ودرجات الحرارة الثلاث)

* و ** معنوي عند مستوى 0.05 و 0.01 على التتابع.



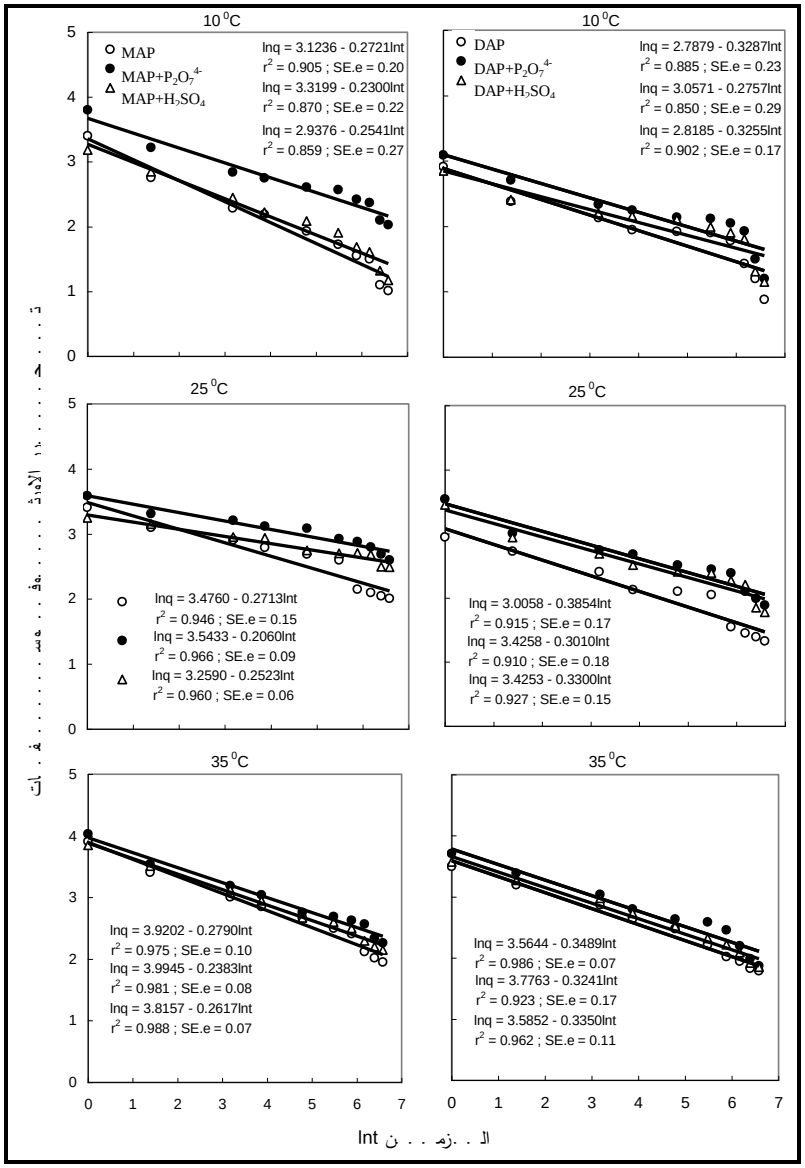
شكل 1: العلاقة بين تحرر الأورثوفوسفات lnq (ملغم كغم$^{-1}$) مع الزمن lnt (ساعة) تبعا لمعادلة فرندلخ في التربة الطينية.

أما تأثير نوع المصلح فكان واضحا في معامل تحرر الفوسفات lnk_f حيث بلغت أعلى قيمة له **3.6446** ملغم p كغم$^{-1}$ تربة عند استخدام $Na_4P_2O_7$ مع فوسفات الامونيوم الاحادي والثنائي **MAP** و **DAP** مقارنة مع معاملة المقارنة **(A_0)** حيث بلغت قيمة lnk_f **3.4170** بينما بلغ معامل تحرر الاورثوفوسفات **3.4551** عند استخدام H_2SO_4 مع كلا السمادين. ان اضافة كل من المصلحين NaP_2O_7 و H_2SO_4 ادى الى زيادة lnk_f بمقدار **6.7** و**1.1**% مقارنة مع عدم استخدامهما **(A_0)** في حين ازدادت قيم lnk_f بمقدار **5.5**% عند استخدام NaP_2O_7 مقارنة مع حامض الكبريتيك H_2SO_4 (جدول **3**). وقد يعود السبب في زيادة قيمة معامل التحرر lnk_f عند اضافة المصلحين $Na_4P_2O_7$ وH_2SO_4 مع سمادي **MAP** و**DAP** الى قدرة ايون البايروفوسفات المستعمل في هذه الدراسة في تغليف **Coating** المواقع الفعالة الموجودة على سطح كاربونات الكالسيوم الشائعة في ترب الدراسة وبالتالي يساهم في خفض تفاعلات احتجاز ايون الاورثوفوسفات وبالتالي تحديد مسلك وزيادة سرعة تحرره الى محلول التربة، اضافة الى دور حامض الكبريتيك في اذابة معادن الكربونات مما يساهم في تأخير او ابطاء امتزاز الفسفور. وهذا يتفق مع ما أشار اليه **El-Zahaby** وجماعته (**8**). وكما أوضحت النتائج أن لنسجة التربة تأثير في معامل تحرر الاورثوفوسفات حيث بلغت أعلى قيمة له **3.6536** ملغم P كغم$^{-1}$ تربة في التربة الطينية **(S1)** مقارنة مع التربة المزيجة الرملية **(S2)** حيث بلغت أقل قيمة لذلك المؤشر **3.3576** ملغم P كغم$^{-1}$ تربة وبزيادة مقدارها **8.8**%. ان زيادة معامل تحرر الفوسفات في التربة الطينية قد يرجع الى أن محتواها من الكاربونات و خاصة الكربونات النشطة أقل بكثير مما هي عليه في التربة المزيجة الرملية (جدول **1**)، الكاربونات النشطة في التربة كانت **25** غم. كغم$^{-1}$ بينما في التربة المزيجة الرملية كانت **95** غم. كغم$^{-1}$ وهذا يتفق ايضاً مع **Leytem** و**Mikkelsen** (**12**). لقد أشار **Sharpley** (**20**) إلى وجود علاقة موجبة معنوية عند مستوى **1**% بين معامل تحرر الاورثوفوسفات تبعا لمعادلة ايلوفج المحورة مع محتوى الطين (**$r=0.356^{**}$**) في **60** تربة كلسية وحامضية.

تم أستخدام معادلة ارينوس $lnk_f = lna - Ea / RT$ لحساب طاقة تنشيط تحرر الاورثوفوسفات من كلا السمادين مع وبدون المصلحات وفي كلتا التربتين. أشارت النتائج (شكل **3**) الى ان هناك تأثيراً لمصدر السماد في طاقة التنشيط **Ea** ، فقد بلغت قيم متوسط **(Overall means)** طاقة تنشيط تحرر الفوسفات لسماد **MAP** **21.95** و**22.44** كيلوجول مول$^{-1}$ في التربتين الطينية والمزيجة الرملية على التوالي، في حين بلغت قيم ذلك المؤشر لسماد **DAP** وفي كلتا التربتين **23.41** و**27.45** كيلوجول مول$^{-1}$ على التتابع. أن استخدام سماد **DAP** أدى الى زيادة طاقة التنشيط **Ea** اللازمة لتحرر الفوسفات بمقدار **6.7** و**22.3** مقارنة مع طاقة تنشيط تحرر فوسفات سماد **MAP** في التربتين **S1** و **S2** على التتابع. قد يعزى السبب الى ان خصائص سماد **DAP** الفيزيائية والكيميائية: أكثر قابلية للتكتل وأعلى درجة تفاعل **pH** (**7.4**) وأقل معامل انتشار (**9،16**، **23**). وكذلك سرعة تفاعلات ذلك السماد في نظام التربة مما يؤدي الى تكوين مركبات فوسفاتية قليلة الذوبان حيث تحتاج الى طاقة تنشيط أعلى لتحرر الفوسفات منها مقارنة مع سماد **MAP**.

كما أشارت النتائج أيضا الى تأثير كل من المصلحات الكيميائية ونسجة التربة في طاقة تنشيط **Ea** تحرر الفوسفات (شكل **3**) حيث بلغت قيم ذلك المؤشر **21.95** ، **18.37** و**19.09** كيلوجول مول$^{-1}$ لسماد **MAP** (**$MAP+H_2SO_4$, $MAP+P_2O_7^{4-}$, MAP+0**) في التربة الطينية على التوالي. بينما بلغت قيم **Ea** لسماد **DAP** بدون استخدام المصلحات A_0 ومع استخدام $P_2O_7^{4-}$ و H_2SO_4 وكالتالي **23.41** ، **19.88** و**21.51** كيلوجول مول$^{-1}$ في التربة الطينية على التوالي. إن استعمال بايروفوسفات الصوديوم وحامض الكبريتيك مع سماد **MAP** أدى الى خفض طاقة تنشيط **Ea** تحرر الفوسفات بمقدار **16.3** و **13.0**% مقارنة مع معاملة المقارنة **(A_0)** على التوالي في حين أدى استعمال تلك المصلحات مع سماد **DAP** الى خفض **Ea** بمقدار **15.1** و**8.1**% مقارنة مع **(A0)** على التوالي. كما ان استعمال المصلحات الكيميائية أظهر نتائج مماثلة في خفض قيمة **Ea** في التربة المزيجة الرملية. ان تفوق

ايون البايروفوسفات في خفض طاقة تنشيط تحرر ايون الاورثوفوسفات لكلا السمادين وفي كلتا التربتين قد يعود إلى مساهمته في تأخير أو ابطاء سير واتجاه تفاعلات الترسيب لمعادن الفوسفات وبالتالي تكون الطاقة اللازمة لتحرر أو فك ارتباط ايون الاورثوفوسفات من تلك المعادن أقل وهذا ماأكده أيضاً **Caron** (**4**)، **El-Zahaby** وجماعته (**8**)، **Leytem** و**Mikkelsen** (**12**).



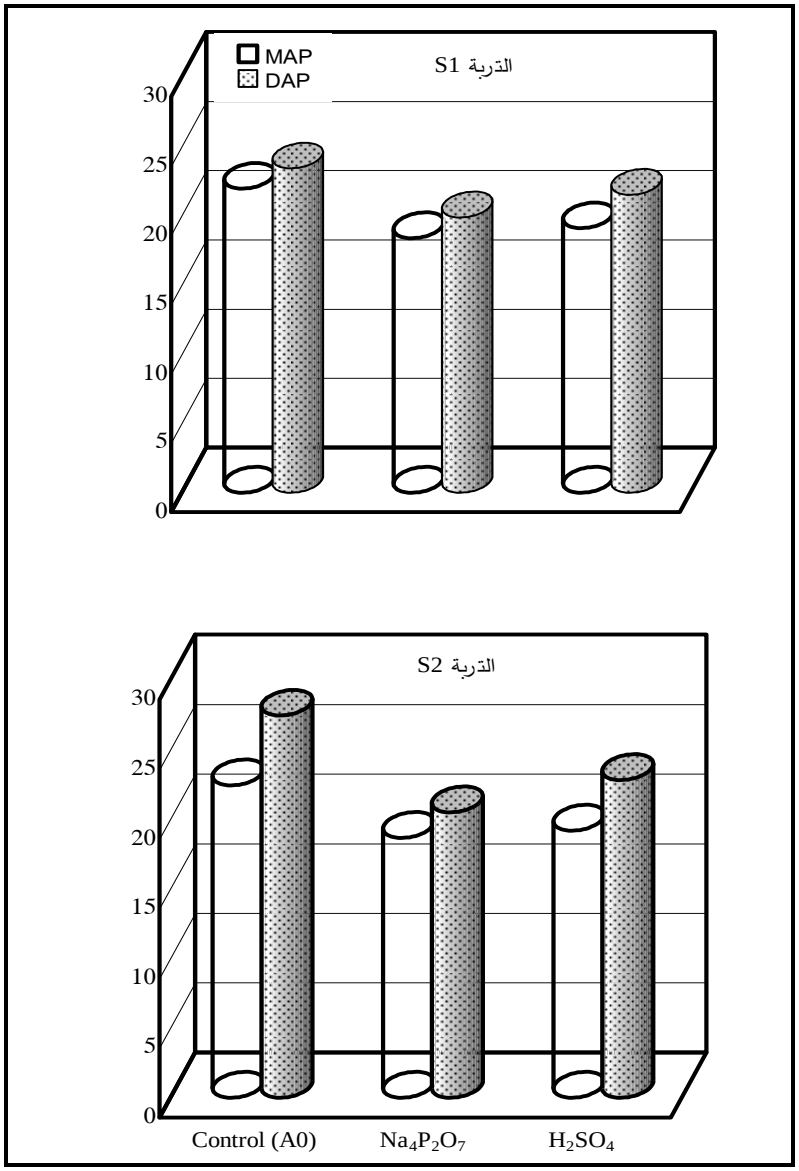
شكل 2: العلاقة بين تحرر الأورثوفوسفات lnq (ملغم كغم$^{-1}$) مع الزمن lnt (ساعة) تبعا لمعادلة فرندلخ في التربة المزيجة الرملية.

جدول 3: تأثير درجة الحرارة ومصدر السماد والمصلحات في معامل تحرر الفوسفات lnkf في كلتا التربتين تبعاً لمعادلة فرندلخ

المؤشرات	معامل تحرر الفوسفات
درجة الحرارة (كلفن)	
283	3.1372
298	3.4907
308	3.8888
المصدر السمادي	
فوسفات الأمونيوم الأحادي MAP	3.6620
فوسفات الأمونيوم الثنائي DAP	3.3647
المصلحات الكيميائية	
بدون اضافة المصلحات A_0	3.4170
بايروفوسفات الصوديوم $Na_4P_2O_7$	3.6446
حامض الكبريتيك H_2SO_4	3.4551
نسجة التربة	
طينية S1	3.6536
مزيجة رملية S2	3.3576

أما تأثير نسجة التربة فكان واضحا اذ بلغت اعلى قيمة لطاقة تنشيط (Ea) تحرر الفوسفات 21.80 كيلوجول مول$^{-1}$ في التربة المزيجة الرملية مقارنة بالتربة الطينية حيث بلغت أقل قيمة لها 20.70 كيلوجول مول$^{-1}$. ان طاقة تنشيط تحرر ايون الاورثوفوسفات تفوقت في التربة المزيجة الرملية بمقدار 1.1 كيلوجول مول$^{-1}$ (0.3 كيلو سعرة مول$^{-1}$) وبنسبة 5.3% مقارنة بقيمتها في التربة الطينية وقد يعود هذا الى ان تلك التربة (S2) ذات محتوى عال نسبيا من معادن الكاربونات الكلية (256.0 غم كغم$^{-1}$ تربة) والكاربونات النشطة (95.0 غم كغم$^{-1}$ تربة) (جدول 1) والذي يساهم في رفع قيمة تلك الطاقة مما يعمل على بذل قوى اكبر لتحرر هذا الايون مقارنة مع اطلاقه في التربة الطينية (S1). ان لخصائص التربة كمحتواها من معادن الكاربونات الكلية والكاربونات النشطة تأثيراً معنوياً في قيمة طاقة تنشيط تحرر أيون الاورثوفوسفات وهذا ايضاً أكده Agbenin وRaij (10)، Sharpley وجماعته (20) حيث وجدا ان طاقة تنشيط تحرر ذلك الايون بلغت 8.9 و34.5 كيلوجول مول$^{-1}$ لتربتين ذات نسجتين طينيتين مختلفتي محتوى الطين فيهما.

يستنتج من هذه الدراسة ان تحرر ايون الاورثوفوسفات من سماد فوسفات الامونيوم الاحادي MAP كان هو الاسرع حدوثاً مع وبدون إضافة المصلحات سواء بايروفوسفات الصوديوم أو حامض الكبريتيك مقارنة مع تحرر ذلك الايون من سماد فوسفات الامونيوم الثنائي DAP في كلتا التربتين الكلسيتين (الطينية والمزيجة الرملية).



شكل 3: طاقة تنشيط (Ea) كيلوجول مول$^{-1}$ تحرر ايون الأورثوفوسفات في التربة الطينية (S1) والتربة المزيجة الرملية (S2).

المصادر

1- **Delgado, A. and J. Torrent (2000). Phosphorus forms and desorption patterns in heavily fertilized calcareous and limed acid soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 64:2031-2037 (2000).**
2- **Aslyng, H. C. (1964). Phosphate potential and phosphate status of soils. Acta. Agric. Scand. 14:261-285.**
3- **Black, C. A. (ed.) (1965). Methods of Soil Analysis. Part 1&2. Amer. Soc. Agron. Inc., Madison, Wis.**
4- **Caron E. Gala (2006). Phosphate reactivity in long-term manure amended soils in the Ridge and Valley Virginia. M. Sc. Thesis, faculty of Virginia Polytechic Institute and State University.**
5- **Carreira, J. A. and K. L. Lajha (1997). Factors effecting phosphate sorption along a Mediterranean dolomitic soil and vegetation chronosequence. Eur. J. Soil Sci., 48:139-149.**

6- **Chien, S. H.; W. R. Clayton and G. H. McClellan (1980). Kinetics of dissolution of phosphate rocks in soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 44:260-264.**

7- **Chien, S. H.; N. K. Savant and U. Mokwunye (1982). Effect of temperature on phosphate sorption and desorption in two acid soils. Soil Sci., 133:160-166.**

8- **El-Zahaby, E. M.; S. H. Chien; N. K. Savant; P. L. G. Velk and A. U. Mokwunye (1982). Effect of pyrophosphate on phosphate sorption and ammonia volatilization by calcareous soils treated with ammonium phosphate. Aoil Sci. Soc. Am. J., 46:733-740.**

9- **Hira, G. S. and T. Singh (1978). Prediction of phosphorus diffusion from fertilizer source. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:561-565.**

10- **Agbenin, J. O. and B. V. Raij (2001). Kinetics and Energetics of phosphate release from Tropical soils determined by mixed ion-exchange resine. Soil Sci. Soc. Am. J., 65:1108-1114.**

11- **Kalia, A. K. and P. K. Sharma (1985). Effect of different phosphatic sources on phosphate diffusion in two Himalayah soils. Indian Soc. Soil Sci., 33:158-161.**

12- **Leytem A. B. and R. L. Mikkelsen (2005). The nature of phosphorus in calcareous soils. Better Crops/Vol. 89(2005, No. 2)**

13- **Lindsay, W. L. (1979). Chemical Equilibria in Soils. John Wiley & Sons, Inc., N. Y. McVikar, M. H. (eds). 1966. Agricultural Anhydrous Ammonia. Technology and Use. Soil Sci. Soc. Amer. Inc. Madison. Wis.**

14- **Murphy, J. P. Riley (1962). A modified single solution methods for the determination of phosphate in natural water. Anal. Chem. Acta. 27:31-36.**

15- **Olsen, S. R. and F. S. Watanabe (1969). Diffusion supply of phosphorus in relation to soil textural variation. Soil Sci., 110:318-327.**

16- **Olsen, S. R. and F. S. Watanabe (1963). Diffusion of phosphorus as related to soil texture and plant uptake. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 27:648-652.**

17- **Olson, R. A. (ed.) (1971). Fertilizer Technology and Use. Soil Sci Soc. Amer. Inc. Madison Wis.**

18- **Ravan, K. P. and L. R. Hossner (1993). Phosphorus desorption quantity-intensity relationships in soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:1501-1508.**

19- **Sah, R. N. and D. S. Mikkelsen (1986a). Effect of temperature and prior flooding on intensity and sorption phosphorus in soil. I. Effect on the kinetics of soluble P in soil. Plant Soil. 95:163-171.**

20- **Sharpley, A. N. (1983). Effect of soil properties on the kinetics of phosphorus desorption. Soil Sci. Soc. Am. J., 47:462-467.**

21- **Sharpley, A. N.; U. Singh; G. Hahara and J. Kimble (1989). Modeling soil and plant phosphorus dynamics in calcareous and highly weathered soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 53:153-158.**

22- **Steel, R. G. D. and J. H. Torrie (1980). Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill, Inc. N. Y.**

23- **Tisdale, S. L.; W. L. Nelson; J. O. Beaton and J. L. Havlin (1997). Soil Fertility and Fertilizers. Prentice-Hall of India, New Delhi.**

24- **Tunesi, S. V. Poggi and C. Gessa (1999). Phosphate adsorption and precipitation in calcareous soils : the role of calcium ions in solution and carbonate minerals. Nutr. Cyel. Agroecosyst. 53:219-227.**

Iraqi J. Agric. (Special Issue) Vol.14 No.2 /2009

KINETICS RELEASE OF ORTHOPHOSPHATE FROM AMMONIUM PHOSPHATE IN CALCAROUS SOILS

N. A . Al.Saadie F. H. Al-Hadethi J. K. Al.Uqaili

ABSTRACT

Chemical dynamic experiment was conducted to verify the reaction of orthophosphate released from two ammonium phosphates (i.e. MAP and DAP), with and w/o two kinds of amendments (viz, $Na_4P_2O_7$ and H_2SO_4) in two calcareous soils (namely, clay and sandy loam) for ten incubation time (0-720hr) at three incubation temperatures 283, 298 and 308 Kelvin (k).

The results confirmed that the Freundlich model was the best for prediction and describing the orthophosphate ion released with high r^2 (0.960^{**}) highest t (12.20), and lowest SE.e (0.14). The mean values of rate constant of orthophosphate released were largely enhanced by increased the temperature from 283 upto 308 k, and also it significantly enhanced when using $Na_4P_2O_7$ as amendment with both test fertilizers. Also the mean values of activation energy (Ea) of orthophosphate were highest with DAP (25.43) and without amendment (22.68) and in sandy loam soil (21.80 kJ mol^{-1}), respectively. It was concluded that monoammonium phosphate with and w/o $Na_4P_2O_7$ and H_2SO_4 is the best for hastening release reaction rate of orthophosphate ions in both calcareous soils tested.

*** Ministry of Sci. and Tech. – Baghdad, Iraq.**
****College of Agric. – Baghdad Univ. – Baghdad, Iraq.**