تأثير اضافة المغنسيوم في تحديد الاحتياجات السمادية الفوسفاتية من منحنيات الامتزاز لمحصول الحنطة (*Triticum aestivum L.*) في ترب ذات محتوى مختلف من الجبس

1- تأثير اضافة المغنسيوم في امتزاز الفوسفات

عبد المجيد تركي المعيني[1] هبة محمد الحمداني [1]

- [1]كلية الزراعة - جامعة تكريت

- تاريخ استلام البحث 2020/9/2 وتاريخ قبوله 2020/9/21 .

الخلاصة

جمعت ثلاثة نماذج لترب جبسية ذات محتوى مختلف من الجبس (5 , 15 , 25) % جبس لدراسة تأثير إضافة المغنسيوم في امتزاز الفوسفات وتحديد الاحتياجات السمادية الفوسفاتية عند تراكيز مختلفة من الفسفور في محلول التربة ، حضنت الترب الثلاثة مع مستويات مختلفة من المغنسيوم(0 , 30 , 60)ملغمMg.كغم$^{-1}$ تربة لمدة اسبوع واحد وبعد ذلك تمت دراسة امتزاز الفوسفات لكل تربة وعند مستويات المغنسيوم المضافة بإضافة تراكيز الفسفور (60,50,40,30,20,15,10,8,6,5,4,3,2,0) مايكروغرامP.مل$^{-1}$ استخدمت معادلات الامتزاز لوصف امتزاز الفسفور عند مستويات المغنسيوم المضافة ، اوضحت النتائج تفوق معادلة لانكَمير III في وصف بيانات الامتزاز لأيون الفوسفات ثم تلتها معادلة (فروندلخ) ومعادلة لانكَمير ذات السطح الواحد ، وان قيم الامتزاز الاعظم (Xmt) انخفضت بزيادة محتوى الترب من الجبس 540.00 مايكروغرام p.غم$^{-1}$ تربة عند 5% جبس الى 469.66 مايكروغرامp.غم$^{-1}$ تربة عند 25% جبس عند مستوى المغنسيوم Mg_0 . اشارت النتائج الى ان معظم الامتزاز الاعظم حصل عند Xm2 و Xm3 وبطاقة ربط bonding energy واطئة وبنسبة اكثر من 75% من الامتزاز الاعظم الكلي (Xmt) بنسبة 19.16% لترب الدراسة مقارنة بالمستوى Mg_0 . وان تحديد الاحتياجات السمادية الفوسفاتية عند مستويات المغنسيوم المضافة Mg_1 , Mg_2 وعند تراكيز الفسفور المقترحة ادت الى خفض الاحتياجات السمادية من(50 – 200) كغمTSP.هكتار$^{-1}$ عند التربة 5% و 15% على التوالي مقارنة بمستوى المغنسيوم Mg_0 .

الكلمات المفتاحية : مغنسيوم . امتزاز الفسفور . ترب جبسية .

Effect of Magnesium Application on determination of phosphate fertilizer Requirements for wheat crop in soils with different Content of gypsum

2- Effect of addition of magnesium on phosphorus adsorption

Abdul-Majeed Turki AL-Maeni [1] Heba Mohameed AL-Hamdany[1]

- **[1] Tikrit University - College of Agriculture**
- **Date of research received 2020/9/2 and accepted 21/9/2020 .**

Abstract

Three samples with different content of gypsum 5% , 15% and 25% was collected , to study the effect of magnesium addition on phosphate adsorption isotherm and to determination phosphate fertilizers requirements at different phosphorus concentration in soil solution .The soils was incubated with different levels of magnesium (0 , 30 , 60) mg Mg.kg^{-1} soil for one week . The phosphate adsorption was studied for each soil at the different levels of magnesium by addition different P-concentration (0 , 2 , 4,6,8,10,15,20,30,40,50 and 60)µgP.ml^{-1} . adsorption isortherm equation was used to describe phosphate adsorption at the levels of magnesium added . The result showed that Langmuir III equation was the superior in description of phosphorus adsorption , the Freundlich equation was the second and finally Langmuir I . The Maximum adsorption (Xmt) was decreased from 540.00 to 469.66 µgp.g^{-1} soil at 5% and 25% respectively at magnesium level Mg_0 . Results indicated that the most of maximum adsorption more than 75% of the total adsorption (Xmt) was at Xm_2 and Xm_3 with low bonding energy addition of magnesium at Mg_1 and Mg_2 levels decreased the value of Maximum adsorption (Xmt) about 19.16 % in studied soils compared with magnesium level (Mg_0) phosphate fertilizer requirements at

magnesium levels Mg_1 and Mg_2 and at suggested phosphorus concentrations decreased the fertilizers requirements from 50 to 200 kgTSP.ha^{-1}compared with Mg_0 level at soil with 5% and 15% gypsum respectively .

Key words: Magnesium, phosphor adsorption , Gypsiferous soil

المقدمة

تنتشر الترب الجبسية في العراق وتشكل نسبة اكثر من 20% من مساحة العراق وتتميز هذه الترب الجبسية بأنها ذات صفات خصوبية منخفضة وقدرة امدادية واطئة للعناصر الغذائية . ان تشبع محلول التربة الجبسية بأيونات الكالسيوم والكبريتات نتيجة ذوبان الجبس يؤدي الى حالة عدم التوازن الغذائي في هذه الترب مما يؤثر في جاهزية وامتصاص العناصر الغذائية من قبل النباتات النامية ، وتعد مشكلة جاهزية الفسفور وتحديد الاحتياجات السمادية الفوسفاتية واحدة من المشاكل التي تواجه انتاج المحاصيل نتيجة الامتزاز العالي لأيونات الفوسفات عند اضافة الاسمدة الفوسفاتية لهذه التربة . وتعرف عملية الامتزاز بأنها تفاعل فيزيوكيميائي من خلاله تصبح ايونات الفوسفات مرتبطة مع السطوح الخارجية والداخلية لدقائق التربة وبذلك تصبح اقل جاهزية للنبات (Robbins واخرون ، 1999) اذ يتحول الفسفور من الصورة الجاهزة الى صورة غير جاهزة وهذا يؤدي الى قلة الاستفادة من السماد الفوسفاتي المضاف بسبب عمليات التثبيت (Havlin واخرون ، 2014) ، ان دراسة امتزاز الفوسفات وطبيعة تحررها تشير الى اهمية الاستفادة من منحنيات الامتزاز في تقدير الاحتياجات السمادية الفوسفاتية للترب لرفع مستوى الفسفور الذائب الى مستوى معين ملائم لنمو المحاصيل (Barrow ، 1978) ، وفي هذا المجال اشار سرحان (2000) عند حساب الاحتياجات السمادية الفوسفاتية لبعض الترب الكلسية من منحنيات الامتزاز الى ان هناك اختلافاً كبيراً من كمية السماد الفوسفاتي الواجب اضافته للوصول الى افضل نمو للمحصول عند تراكيز مختلفة للفسفور في محلول التربة في ترب ذات محتوى متساوي من الفسفور الجاهز من محافظة نينوى واشار الى تفوق معادلة لانكمير II في وصف بيانات الامتزاز مقارنة بالمعادلات الاخرى في حين اشار داود (2016) الى تفوق معادلة لانكمير III في وصف بيانات الامتزاز مقارنة بمعادلة فروندلخ ولانكميرI في بعض الترب الجبسية ،ويعد المغنسيوم من العناصر التي تؤثر ايجابياً في زيادة جاهزية الفسفور في التربة ، اذ اشارت العديد من الدراسات الى ان اضافة المغنسيوم ادى الى زيادة جاهزية الفسفور من التربة واشارت العديد من الدراسات الى ان اضافة المغنسيوم الى الترب الكلسية ادى الى زيادة جاهزية الفسفور في التربة وزيادة كفاءة استخدام الاسمدة الفوسفاتية (بريسم واخرون ، 2015 و التميمي واخرون ، 2015 و AL- Marsumy و Jaralla ، 2019) ، وتهدف هذه الدراسة الى معرفة تأثير إضافة مستويات مختلفة من المغنسيوم في امتزاز الفوسفات في بعض الترب الجبسية وتحديد الاحتياجات السمادية الفوسفاتية من منحنيات الامتزاز للفسفور .

المواد وطرائق العمل

بهدف دراسة امتزاز الفسفور عند مستويات مختلفة من المغنسيوم في ترب الدراسة ، جمعت ثلاثة عينات ذات محتوى مختلف من الجبس 5 % و 15%و 25% جبس من حقول كلية الزراعة – جامعة تكريت ومنطقة العلم من محافظة صلاح الدين والمبينة بعض صفاتها في الجدول رقم (1) . قدرت بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية حسب الطرق الموصوفة في page واخرون (1982) ، قدر الفسفور الجاهز في الترب بطريقة Olsen واخرون (1954) وقدر المغنسيوم الجاهز والبوتاسيوم الجاهز بواسطة خلات الامونيوم (1 N) حسب طريقة Pratt (1965) . تم تحضين ترب الدراسة (5 و 15 و 25) % جبس مع المغنسيوم . إذ تم تحضين 1 كغم تربة من عينات التربة الثلاثة وأضيف اليها المغنسيوم بثلاثة مستويات (0 و 30 و 60) ملغمMg.كغم$^{-1}$ تربة والتي تعادل (0 و 60 و 120) كغمMg.هكتار$^{-1}$ بصورة كبريتات المغنسيوم ($MgSO_4.7H_2O$) لكل تربة من ترب الدراسة واستمر التحضين لمدة اسبوع على درجة حرارة 5م^0 ورطوبة عند السعة الحقلية ، بعد ذلك جففت العينات بهدف دراسة امتزاز الفسفور من المغنسيوم، تم وزن 5 غرام تربة ثم اضيف اليها 50 مللتر من محلول KH_2PO_4 بالتراكيز الاتية : 0و2و3و4و5و6و8و10و15و20و30و40و50و60) مايكروغرام **p**. مللتر$^{-1}$ ثم رجت العينات لمدة 24 ساعة بعد اضافة قطرتين من التلوين الى معلقات التربة بهدف تثبيط نشاط الاحياء المجهرية . قدر الفسفور في الرواشح حسب طريقة Murphy وRiley, (1962) وتم حساب كمية الفسفور الممتزة بطرح كمية الفسفور في الرواشح من الكمية المضافة , ومن ثم وصف العلاقة بين الفسفور الممتز والفسفور في محلول الاتزان وعند التراكيز الثلاثة للمغنسيوم بواسطة استخدام معادلات الامتزاز الاتية.

1- **معادلة لانكَمير(Langmuir-1)** البسيطة ذات السطح الواحد وتم استخراج الثوابت K,Xm للمعادلة باستخدام الصيغة الخطية الاتية:

$$X = \frac{KXmC}{1+KC} \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

حيث ان

X= كمية الفسفور الممتزة لكل وحدة وزن تربة (مايكروغرامp. غم$^{-1}$ تربة)

C= كمية الفسفور المقاسة في محلول الاتزان (مايكروغرام p .مللتر$^{-1}$)

Xm= ثابت المعادلة ويعبر عن الامتزاز الاعظم (مايكرغرامp.غم$^{-1}$ تربة)

K= ثابت المعادلة ويعبر عن طاقة الربط (سم^{3} .مايكروغرامp)

وبرسم العلاقة الخطية C/X مقابل C ومن (1/Xm) والتقاطع (KXm) يتم استخراج الثوابت Xm,K .

2-معادلة لانكَمير ذات السطحين (Langmuir-2)

$$X = \frac{K1Xm1C}{1+K1C} + \frac{K2Xm2C}{1+K2C} \quad \ldots\ldots (2)$$

إذ تمثل الارقام 1,2 السطح الاول والثاني

K_1Xm_1 =الثوابت الخاصة بمواقع الطاقة العالية .

K_2Xm_2 = الثوابت الخاصة بمواقع الطاقة المنخفضة .

وتم استخراج الثوابت الاربعة باستخدام تحليل الانحدار غير الخطي وباستعمال طريقة اقل فرق للمربعات الصغرى (Residual Least Sqares Method) والتي اوردها Holford وآخرون (1974) و Holford وآخرون(1982) و Al- Maeni (1989) واستخدمت من قبل سرحان (2000) وداود (2016) .

3-**معادلة فروندلخ Freundlich** المعدلة من قبل Fitter وSutton (1975) وقد تم استخراج الثوابت لهذه المعادلة بواسطة معادلة الانحدار الخطي البسيط الاتية :

$X=KC^b$ .....**(3)**

$Lnx=LnK+blnc$

$Ln(X+Q)=Lnk+bLnc$

إذ أنَّ :

Q = الكمية الاصلية للفوسفات في التربة .

X = كمية الفوسفات الممتزة لكل وحدة وزن تربة (مايكروغرام p.غم $^{-1}$ تربة) .

C = تركيز الفوسفات في محلول الاتزان (مايكروغرام p.مللتر$^{-1}$) .

k,b = ثوابت المعادلة.

جدول (1) بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية الخاصة بترب الدراسة

الصفات	وحدة القياس	تربة1	تربة2	تربة3
رمل	غم.كغم$^{-1}$ تربة	730	470	708
غرين		70	280	60
طين		200	250	232
نسجة التربة		SCL	CL	SCL
الاس الهيدروجيني		7.74	7.82	7.86
الايصالية الكهربائية	ديسي سمنز. م$^{-1}$	2.50	2.30	2.38
سعة تبادل الايون الموجب	سنتيمول. كغم$^{-1}$ تربة	13.40	12.36	10.66
المادة العضوية	غم.كغم$^{-1}$ تربة	12	10	9
الجبس		50	150	250
معادن الكاربونات		328	285	240
الكلس النشط		105	156	130
النتروجين الجاهز	ملغم.كغم$^{-1}$ تربة	23	20.2	12.9
الفسفور الجاهز		6.22	4.22	3.16
البوتاسيوم الجاهز		118	110	104
المغنسيوم الجاهز		19.63	10.78	7.61
الايونات الذائبة				
الصوديوم	مليمول .لتر$^{-1}$	1.22	1.58	2.10
البوتاسيوم		0.88	0.86	0.61
الكالسيوم		7.32	9.75	14.20
المغنسيوم		5.40	3.42	3.10
الكلورايد		2.71	1.96	1.48
الكاربونات		nil	nil	nil
البيكاربونات		1.86	1.98	2.32
الكبريتات		8.95	12.86	16.10

النتائج والمناقشة

مقارنة معادلات الامتزاز في ترب الدراسة

بهدف دراسة تأثير اضافة تراكيز مختلفة من الفسفور لترب تم تحضينها مع مستويات مختلفة من المغنسيوم في امتزاز الفوسفات في عينات الترب الجبسية قيد الدراسة تمت المقارنة بين المعادلات الخاصة بالامتزاز وهي معادلة لانكَمير ذات السطح الواحد ومعادلة لانكَمير ذات السطحين وفروندلخ ، وذلك من خلال تطبيق صيغ هذه المعادلات على البيانات الخاصة بامتزاز الفوسفات في التربة وبواسطة استخدام برنامج تحليل الانحدار غير الخطي لقيم الامتزاز الفعلية (المقدرة) والمتوقعة لكل تربة من الترب المدروسة مع الاشارة الى استخدام البرنامج الخاص بتحليل الانحدار غير الخطي باستخدام طريقة المربعات الصغرى عند حساب ثوابت معادلة لانكَمير ذات السطحين كما وصفها Holford وآخرون (1974) ومن ثم حساب المدى والمتوسط لقيم الخطأ القياسي (SE) لهذا التحليل . وبناءً على نتائج الدراسات السابقة فقد اضيفت كمية الفسفور الموجودة اصلاً في التربة (Native –p) والتي قدرت باستخدام بيكاربونات الصوديوم حسب طريقة اولسن (1954) وذلك بإضافتها الى قيم الامتزاز وكما بين Holford وآخرون (1974) و Mead (1981) و Al-Maeni (1989) في دراساتهم حول امتزاز الفوسفات بأنَّ اضافة هذه القيم قد ادى الى تغيير بسيط في قيم معامل التحديد والخطأ القياسي ، اذ ارتفعت قيم معامل التحديد وانخفضت قيم الخطأ القياسي وفي دراسات الامتزاز التي اجريت في العراق من قبل سرحان (2000) وداود (2016) تم اضافة قيم الفسفور الموجود اصلاً في التربة (Native-P) الى قيم امتزاز الفوسفات. وبالاعتماد على هذين المعيارين تم الاستدلال على التطابق الامثل وكفاءة هذه المعادلات في وصف البيانات الخاصة بالامتزاز . وعند المقارنة بين المعادلات السابقة من خلال معامل التحديد والخطأ القياسي يلاحظ ان المعادلات جميعها اظهرت تطابقاً جيداً في التعبير عن امتزاز الفسفور وبنجاح متفاوت ، إذ تبين أنَّ معادلة لانكَمير ثلاثية السطوح جاءت بالمرتبة الاولى ومن بعدها معادلة فروندلخ ومن ثم معادلة لانكَمير ذات السطح الواحد الجدول (2 و3) . تشير النتائج الى ان معادلة لانكَمير الثلاثية السطوح قد اعطت اعلى قيمة لمعامل التحديد كمعدل (0.973) واقل قيمة للخطأ القياسي هي (19.99) ، اما معادلة فروندلخ اعطت قيمة لمعامل التحديد كمعدل (R^2 = 0.958) و قيمة الخطأ القياسي بلغت (21.44) في حين جاءت معادلة لانكَمير ذات سطح الواحد بالمرتبة الاخيرة ، إذ كان معامل التحديد (0.954 =R^2) وبمعدل الخطا القياسي (23.21) .

جدول (2) معامل التحديد (R^2) الخاص بتطبيق المنحنيات الرياضية المستخدمة في وصف امتزاز الفوسفات في ترب الدراسة

رقم عينة التربة	نسبة الجبس %	مستويات المغنسيوم	المعادلات المستخدمة		
			معادلة لانكَمير III	معادلة لانكَمير I	معادلة فروندلخ
1	5	Mg0	0.986	0.981	0.959
		Mg1	0.965	0.950	0.968
		Mg2	0.969	0.950	0.964
2	15	Mg0	0.986	0.983	0.954
		Mg1	0.966	0.931	0.940
		Mg2	0.958	0.930	0.960
3	25	Mg0	0.986	0.982	0.967
		Mg1	0.965	0.940	0.970
		Mg2	0.964	0.942	0.945
المعدل العام			**0.973**	**0.954**	**0.958**

جدول (3) يوضح المدى والمتوسط للخطأ القياسي لمعادلات الامتزاز المستخدمة في دراسة الامتزاز لترب الدراسة

المعادلة	المدى	المتوسط
معادلة لانكَمير ذات ثلاث سطوح	24.65 --- 14.14	19.99
معادلة لانكَمير ذات السطح الواحد	28.00 --- 20.75	23.21
معادلة فروندلخ	26.26 --- 16.80	21.44

ويلاحظ من الاشكال (1 ،2 ،3) بأنَّ معادلة لانكَمير لم تعطي خطاً مستقيماً بل كان منحنياً وهذا يوضح بانه يوجد اكثر من موقع لامتزاز الفوسفات (ثلاثة مواقع) وهذا يعني ان امتزاز الفوسفات في عينات التربة الجبسية حدث عند ثلاثة سطوح تختلف في الكمية الممتزة من الفوسفات وكذلك في طاقه الربط bonding energy وهذا يعني هناك اكثر من موقع واحد لامتزاز الفوسفات تحت ظروف هذه الترب الجبسية ، وهذا واضح من الاشكال الخاصة بالامتزاز للترب الجبسية المدروسة ، وهذه النتائج تتفق مع ما اشار اليه داود (2016) في دراسته لأمتزاز الفوسفات في بعض الترب الجبسيه إذ اشار الى امتزاز الفوسفات يحدث في ثلاثة مواقع امتزاز مختلفة في طاقه الربط وكذلك الامتزاز الاعظم (Xmt) ، وكذلك هذه النتائج تتفق مع اشار اليه Holford واخرون (1974) و Al- maeni (1989) وسرحان(2000) والحديدي (2009) وفاخر(2016) عند تطبيقهم معادلات الامتزاز في الترب الكلسية واشاروا الى تفوق معادلة لانكَمير ذات السطحين على بقية المعادلات المستخدمة . ولابد من الاشارة الى أنَّ معادلة لانكَمير لها ميزة تتصف بها وهي امكانية حساب الامتزاز الاعظم للفوسفات Maximum adsorption وكذلك طاقه الربط bonding energy في حين ثوابت معادلة فروندلخ ليس لها معنى فيزيوكيميائي كما اشار Mead (1981) . ولكن هذه المعادلة ممكن تطبيقها في مدى واسع من التراكيز وذلك لأنها تستند بالاساس على موديل الامتزاز المنحنى وانخفاض طاقه الربط بشكل اسي عند زياده كمية المادة الممتزة . يوضح الجدول (4) قيم ثوابت المعادلات الخاصة بالأمتزاز وتشير النتائج الى أنَّ هناك اختلاف واضح في قيم الثوابت للمعادلات بأختلاف نسبة الجبس في الترب وكذلك بأختلاف مستويات المغنسيوم المضافة لهذه الترب الجبسية . وبالنسبة لثوابت معادلة لانكَميرIII فأن قيم الامتزاز الاعظم (Xm) تزداد من Xm_1 الى Xm_3 في جميع الترب المدروسة ، وعند مستويات الاضافه من المغنسيوم وكما يلاحظ ان قيمه bonding energy انخفضت و بشكل واضح وكبير من K_1 الى K_3 وهذا يوضح ان قيمة K تنخفض أو تقل مع زيادة قيمة الامتزاز الاعظم (Xm) وهذا ما تم ملاحظته في ترب الدراسة بأختلاف مستويات الجبس وكذلك مستويات الاضافة من المغنسيوم ويلاحظ من الجدول (4) ان تأثير الجبس عند Mg_0 ولجميع الترب بأنَّ قيم Xmt ($Xm_3 + Xm_2 + Xm_1$) تقل بزيادة محتوى التربة من الجبس ، وانخفضت قيمة Xmt عند 5% من 540 الى 469.66 مايكروغرام.P.غم$^{-1}$عند تربة (25%) جبس ، وهذا يوضح أنَّ تأثير زيادة الجبس ادى الى خفض قيم الامتزاز الاعظم للفسفور ، هذا يتفق مع ما وجده داود (2016) عند دراسته لامتزاز الفسفور في بعض الترب الجبسية وهنا اشار كل من Kordlaghari و Rowell (2006) الى أنَّ وجود الجبس في الترب الكلسية يؤدي الى انخفاض

قليل في رقم PH التربة من خلال زيادة تركيز ايون Ca^{+2} في محلول التربة وهذا ما يؤدي الى انخفاض امتزاز الفسفور ونظراً لسيادة معدن الباليكورسكايت في الترب الجبسية (العبيدي ، 2008) فأنَّ وجود هذا المعدن في الترب الجبسية سوف تكون مساهمته في امتزاز الفسفور قليلة وهذا انعكس على قيم الامتزاز Xmt لترب الدراسة (Al- Hawas، 2003) ، اما قيمة bonding energy (K) تشير نتائج جدول (4) الى الى أنَّ قيمة K كمعدل عام تنخفض او تقل من K_1 الى K_3 وعند Mg_0 فأنَّ قيمة K_1 كمعدل انخفضت من 0.315 عند K_1 الى 0.099 عند K_3 وكانت نسبة الانخفاض عند K_2 هي 100.64 % وعند K_3 218.18 % مقارنة بطاقة الربط K_1 وأنَّ هذه النتائج توضح بأنَّ معظم قيم الامتزاز للفسفور تكون بطاقة ربط واطئة حيث يشكل قيم $Xm_3 + Xm_2$ في ترب الدراسة الجبسية اكثر من 75 % من قيمة الامتزاز الاعظم Xmt جدول(4) وهذا يعني أنَّ معظم الفسفور في هذه الترب مرتبط بطاقة ربط واطئة مما يسمح لهذا الفسفور بأنَّ يتحرر الى محلول التربة نتيجة لطاقة الربط الضعيفة او الواطئة . أما بالنسبة لتأثير إضافة مستويات مختلفة من المغنسيوم على قيم او ثوابت معادلة لانكَمير III يوضح جدول (5) أنَّ قيم ثوابت المعادلة تأثرت بإضافة كل من المغنسيوم ومحتوى الترب من الجبس.

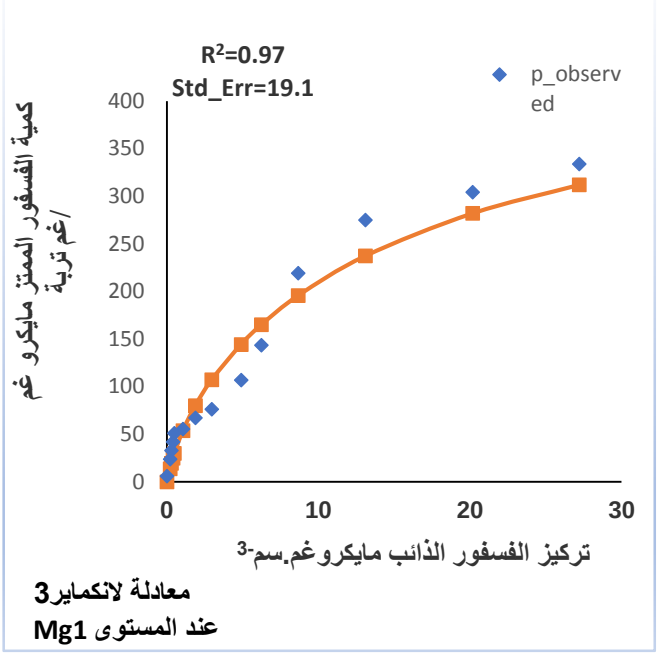
جدول (4) الثوابت الخاصة بمعادلات الامتزاز للفسفور في ترب الدراسة عند درجة الحرارة (298) مطلقة

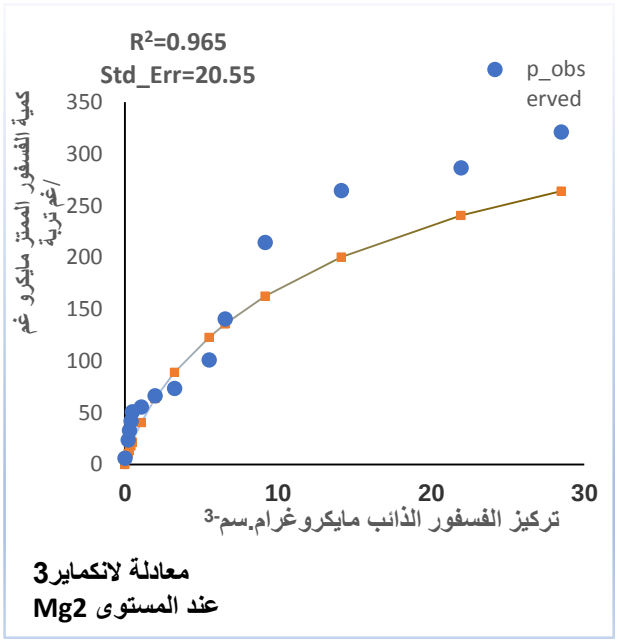
رقم عينة التربة	نسبة الجبس %	مستويات المغنسيوم	معادلة لانكَمير III							معادلة لانكَمير I		معادلة فروندلخ	
			K_1	Xm_1	K_2	Xm_2	K_3	Xm_3	Xm_t	K	Xm	a	b
1	5	Mg0	0.40	120.00	0.14	130.00	0.08	290.00	540.00	0.22	427.54	96.18	0.44
		Mg1	0.56	65.00	0.09	125.00	0.05	280.00	460.00	0.12	398.13	54.21	0.57
		Mg2	0.50	65.00	0.07	122.40	0.04	228.00	416.00	0.06	367.44	50.12	0.57
2	15	Mg0	0.29	130.43	0.16	170.45	0.11	206.40	507.28	0.23	417.80	92.11	0.47
		Mg1	0.10	119.99	0.08	152.99	0.04	199.25	472.24	0.12	345.59	49.18	0.62
		Mg2	0.07	66.21	0.07	149.26	0.03	171.63	387.00	0.07	327.43	32.69	0.66
3	25	Mg0	0.03	116.59	0.17	141.08	0.10	212.00	469.66	0.18	403.03	72.28	0.57
		Mg1	0.10	104.40	0.06	124.50	0.04	199.25	428.15	0.07	379.36	36.99	0.61
		Mg2	0.06	80.00	0.05	116.50	0.03	188.20	384.70	0.04	325.10	25.20	0.69
المعدل العام		**Mg0**	**0.24**	**122.34**	**0.157**	**147.18**	**0.099**	**236.**	**505.64**	**0.210**	**416.12**	**86.86**	**0.491**
		Mg1	**0.254**	**46.46**	**0.077**	**134.16**	**0.043**	**226.06**	**453.43**	**0.103**	**374.36**	**46.79**	**0.599**
		Mg2	**0.211**	**70.40**	**0.063**	**129.39**	**0.037**	**195.44**	**395.90**	**0.056**	**339.99**	**36.00**	**0.641**

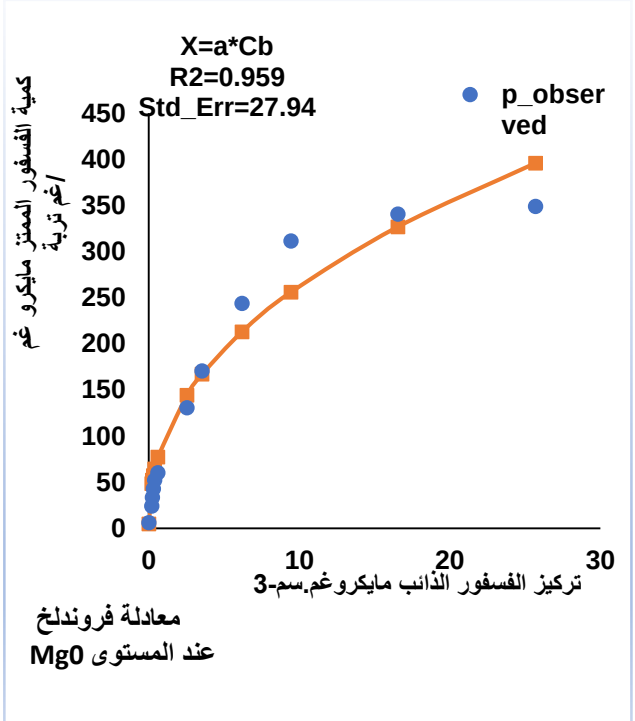
جدول (5) بعض المعايير الخاصة بمعادلات معادلة لانكَمير III

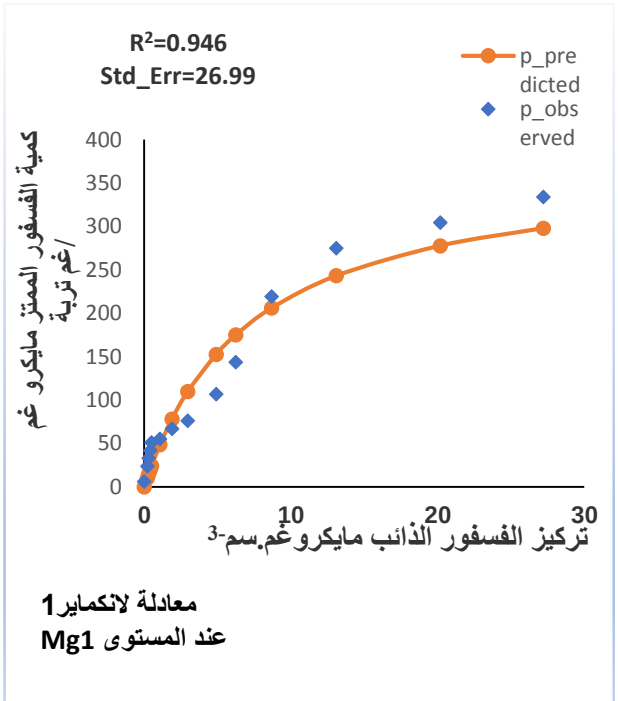
رقم عينة التربة	نسبة الجبس %	مستويات المغنسيوم	Xm_1	Xm_2	Xm_3	Xm_t	$\frac{Xm1}{Xmt} * 100$	$\frac{Xm2+Xm3}{Xmt} * 100$	نسبة الانخفاض %	K_1	K_2	K_3	$\frac{a}{Xmt} * 100$
1	5	Mg0	120.00	130.00	290.00	540.00	22.22	77.78	-	0.40	0.14	0.08	17.81
		Mg1	65.00	125.00	280.00	470.00	13.83	86.17	14.89	0.54	0.09	0.05	11.53
		Mg2	65.00	122.40	228.00	416.00	15.63	84.37	29.80	0.50	0.07	0.04	12.04
2	15	Mg0	130.43	170.45	206.40	507.28	25.69	74.31	-	0.29	0.16	0.11	18.15
		Mg1	119.99	152.99	199.25	472.24	24.88	75.12	7.42	0.10	0.08	0.04	10.41
		Mg2	66.21	149.26	171.63	387.00	17.11	82.89	31.08	0.07	0.07	0.04	8.44

15.38	0.10	0.17	0.26	-	75.18	24.82	469.66	212.00	141.08	116.59	Mg0	25	3
8.63	0.04	0.06	0.10	9.70	75.62	24.38	428.15	199.25	124.50	104.40	Mg1		
6.55	0.03	0.05	0.06	22.08	79.20	20.80	384.70	188.20	116.50	80.00	Mg2		
12.10	**0.06**	**0.1**	**0.26**	**19.162**	**78.96**	**21.04**	**452.73**	**219.41**	**136.91**	**96.40**		**المعدل العام**	

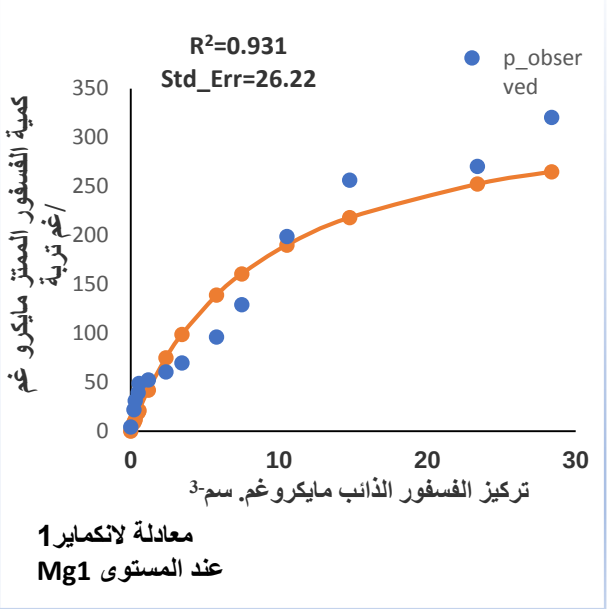




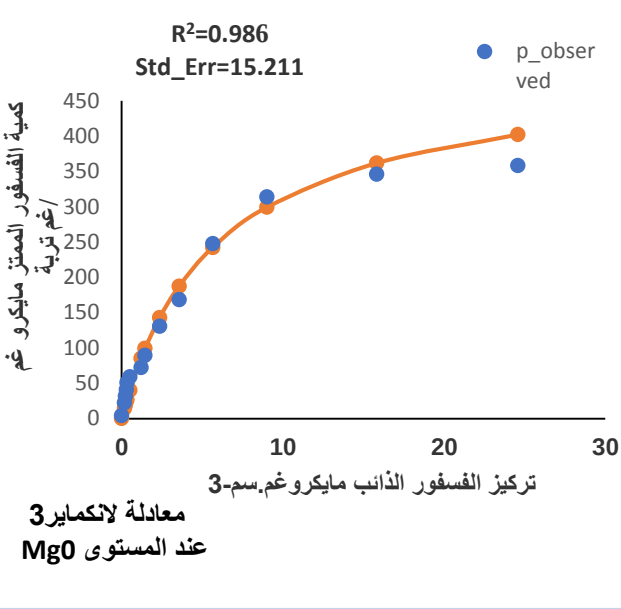




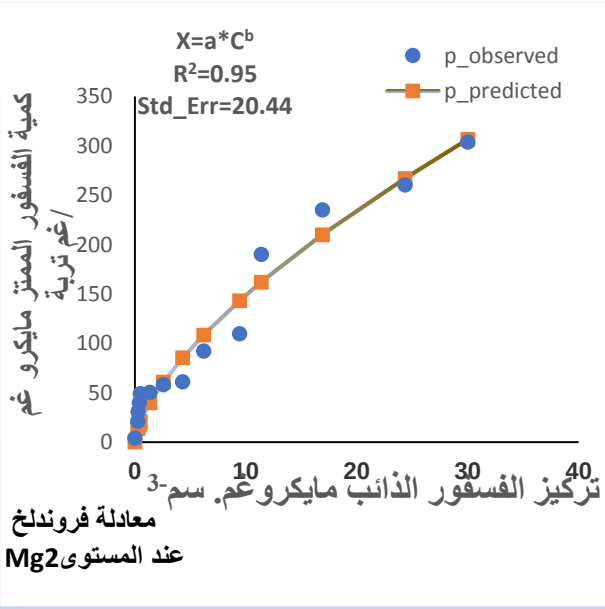
شكل (1) منحنيات امتزاز الفوسفات لوصف العلاقه بين الفسفور الممتز (X) والفسفور الذائب في التربه (C) وحسب معادلات الامتزاز وعند مستويات المغنسيوم المختلفة نسبة الجبس 5%



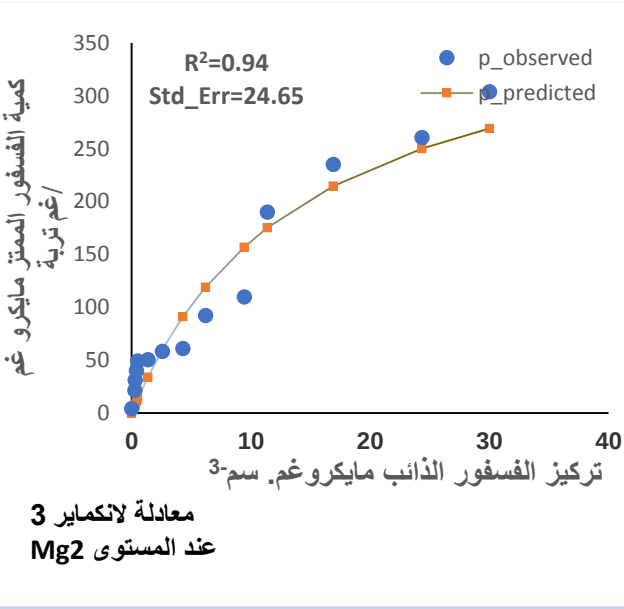
معادلة لانكماير1
عند المستوى Mg1



معادلة لانكماير3
عند المستوى Mg0

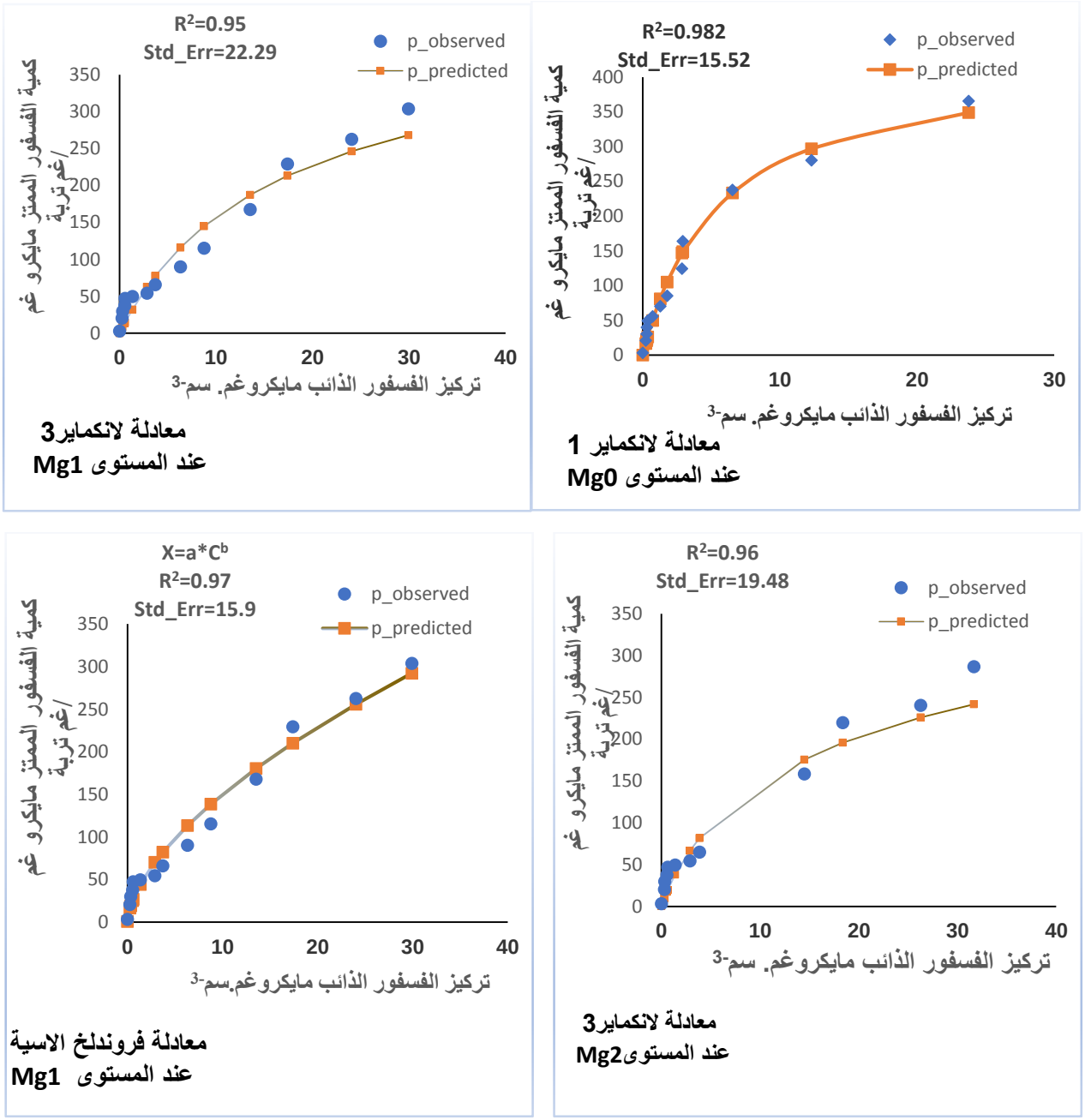


معادلة فروندلخ
عند المستوىMg2



معادلة لانكماير 3
عند المستوى Mg2

شكل (2) منحنيات امتزاز الفوسفات لوصف العلاقه بين الفسفور الممتز (X) والفسفور الذائب في التربه (C) وحسب معادلات الامتزاز وعند مستويات المغنسيوم المختلفة نسبة الجبس 15%



شكل (3) منحنيات امتزاز الفوسفات لوصف العلاقه بين الفسفور الممتز (X) والفسفور الذائب في التربه (C) وحسب معادلات الامتزاز وعند مستويات المغنسيوم المختلفة نسبة الجبس 25%

ويلاحظ من الجدول ان قيم Xmt قد انخفضت بزيادة مستويات الجبس وكذلك بزيادة مستويات المغنيسيوم من Mg_0 الى Mg_2 اذ انخفضت قيمة Xmt عند تربة 5% جبس من 540 الى 416 وعند 15% جبس من 507 الى 387 واخيراً عند 25 % جبس قيم Xmt من 469.66 الى 384.70 مايكروغرام.غم$^{-1}$ تربة وهذا يوضح بشكل كبير تأثير اضافة المغنسيوم على خفض قيم Xmt عند مستويات Mg_1 , Mg_2 ويلاحظ من الجدول(5) ان نسبة الانخفاض كانت اعلى عند Mg_2 مقارنة عند Mg_1 وعند مستويات الجبس المختلفة للترب وكانت قيمة نسبة الانخفاض كمعدل عام 19.16 % وهي تمثل نسبة عالية للانخفاض في قيمة الامتزاز الاعظم لترب الدراسة عند مستويات المغنسيوم المضافه لأن ذلك سوف ينعكس على كمية الاسمدة المضافة عند تنفيذ التجربة الحقلية وسوف يتم مناقشة ذلك لاحقاً. وتشير نتائج جدول(4) الى المعدل العام لقيم الامتزاز بغض النظر عن تاثير الجبس انخفضت قيم Xmt الى 453.43 عند Mg_1 مقارنة بالمعاملة Mg_0 505.647 مايكروغرام.غم$^{-1}$تربة وكانت نسبة الانخفاض هي 11.50% في حين انخفضت Xmt عند Mg_2 الى 395.900 ميكروغرام.غم$^{-1}$تربة وكانت نسبة الانخفاض 27.72% مقارنة بالمعاملة Mg_0 وكمعدل تكون نسبة الانخفاض 19.16 ، وهذا يشير الى تأثير الأيجابي اضافة المغنسيوم على خفض او تقليل امتزاز الفوسفات من قبل التربة الجبسية اما طاقه الربط bonding energy ، ويلاحظ بأنَّ قيمة K_1 كمعدل انخفضت من 0.240 عند Mg_0 الى 0.254 عند Mg_1 والى 0.211 عند Mg_2 وكانت نسبة الانخفاض 24.01 % و 49.29% لكل من Mg_1 و Mg_2 على التوالي في حين كانت نسبة الانخفاض عند K_2 لكل من Mg_1 و Mg_2 هي 103.9% و 149.21% على التوالي مقارنه بقيم K_2 لمعاملة Mg_0 . اما نسبة الانخفاض عند K_3

كمعدل كانت 130.123% 167.57% لكل من Mg_1 و Mg_2 على التوالي مقارنة بقيمة K_3 عند Mg_0 وهذا يؤشر بشكل واضح ان هذا الانخفاض الكبير في قيمة طاقة الربط K وعند Mg_1 و Mg_2 يوضح بأنَّ اضافة مستويات من المغنسيوم ادت الى خفض طاقة الرابط وكان اكثر وضوحاً عند K_2 و K_3 اذ أنَّ معظم امتزاز الفوسفات كان عند هذين المستويين من طاقة الربط ، إذ شكل امتزاز الفوسفات عند هذين السطحين Xm_2 و Xm_3 اكثر من 80% من قيمة الامتزاز الاعظم Xmt جدول(5) ، وهذا يعني بأنَّ هناك فرصة كبيرة للفسفور للتحرر الى محلول التربة وذلك بسبب طاقة الربط الضعيفة للفسفور الممتز ، وهذه النتائج تتفق مع ما اشار اليه yadav واخرون(1984) من أنَّ تأثير ايون المغنسيوم في تقليل امتزاز الفسفور من قبل الكالسايت يتم من خلال عمل Masking لمواقع الامتزاز للفسفور على الكالسايت ، وكذلك العمل على تعطيل nucleation وتبلور Crystallization للفسفور المترسب ، في حين اشار Kuo و Mikkelsen (1979) الى أنَّ المغنسيوم يعيق من امتزاز الفسفور على $CaCo_3$ من خلال تثبيط nucleation وكذلك نمو Crystallization لهذه المركبات المترسبة من الفسفور وبما أنَّ التربة عبارة عن نظام غير متجانس تختلف فيه نسب المكونات من رمل وطين وغرين و $CaCO_3$ و $CaSO_4$ واكاسيد الحديد والالمنيوم و المادة العضوية ..... الخ من تربة الى اخرى وأنَّ هذه المكونات تؤثر على السلوك الفيزيوكيميائي للتربة ولاسيما فيما يتعلق بعملية امتزاز الفوسفات في هذه الدراسة ، اذ اشارت دراسة داود (2016) الى أنَّ اكاسيد الحديد والالمنيوم هي المسؤولة عن الامتزاز الاعظم Xmt في الترب الجبسية واكدت دراسة الجبوري (2019) بأنَّ اكاسيد الحديد قد وفرت أسطح فعالة لأمتزاز الفوسفات في بعض الترب الجبسية في حين Xm_2 و Xm_3 ارتبطت بصورة معنوية مع الجبس وكربونات الكالسيوم النشطة على التوالي مع العلم ان معظم الامتزاز الاعظم للفسفور جدول (4 و5) حصل عند Xm_2 و Xm_3 وبطاقة ربط ضعيفة وبشكل خاص عند وجود أو أضافة المغنسيوم مما يسمح لهذا الفسفور الممتز أنَّ يتحرر الى محلول التربة اي بمعنى اخر أنَّ اضافة المغنسيوم ادى الى زيادة جاهزية الفسفور تحت ظروف هذه الترب الجبسية وهذا انعكس على الاحتياجات السمادية للفسفور وحسب التراكيز المقترحة جدول(6 و 7) لتنفيذ التجربة الحقلية . اما قيم ثوابت معادلة لانكَميرI فيتضح من جدول (4) ان للجبس تأثيراً واضحاً في خفض قيم Xm مع زيادة نسبة الجبس ، اذ تشير النتائج الى أنَّ اعلى قيمة Xm كانت عند التربة ذات نسبة جبس (5 %) وبقيمة 427.54 لتصل الى قيمة 403.03 عند التربة ذات محتوى جبس 25% اما بالنسبة لطاقة الربط K قد انخفضت بشكل عام مع زيادة محتوى الترب من الجبس ، اما بالنسبة لتأثير المغنسيوم كمعدل عام وبغض النظر عن محتوى الترب من الجبس فكان اكثر وضوحاً فتشير نتائج جدول (3 ، 4) ان قيمة Xm تنخفض مع زيادة مستويات المغنسيوم إذ انخفضت من 416.12 عند Mg_0 الى 339.99 عند المستوى (Mg_2)، علماً أنَّ هذه المعادلة اعطت اقل قيم لمعامل التحديد (0.954) واعلى قيمة لمتوسط الخطأ القياسي 23.21 وهذا يوضح ان كفاءة هذه المعادلة في وصف الامتزاز لأيون الفوسفات تعد قليلة ومنخفضة مقارنة بالمعادلات المستخدمة (لانكَميرIII و فروندلخ) ، وفي هذا المجال أشار Al-maeni (1978) وداود (2016) الى ان هذه المعادلة لم تحقق نتائج جيدة في التعبير عن الامتزاز الحاصل في الترب ذات المحتوى العالي من الجبس والكالسيوم الذائب في الماء نظراً لحدوث تداخل بين ترسيب الفوسفات على صورة فوسفات الكالسيوم وعمليات الامتزاز . اما ثوابت معادلة فروندلخ (a وb) فيتبين من الجدول (4) بأنَّ قيم الثابت (b) لم تختلف جوهرياً بين ترب الدراسة عند تطبيق هذه المعادلة والتي اثبتت الى حد ما كفاءتها في وصف امتزاز الفوسفات وتراوحت قيم هذا الثابت من 0.436 الى 0.573 عند زيادة نسبة الجبس من 5% الى 25% في ترب الدراسة ، اما بالنسبة لتأثير أضافة مستويات المغنسيوم تشير النتائج أنَّ قيمة الثابت (b) كمعدل تزداد مع زيادة مستويات المغنسيوم اذ تراوحت من 0.491 الى 0.599 ثم الى 0.641 عند المستويات Mg_0 ، Mg_1 ، Mg_2 على التوالي . وأشار العديد من الباحثين Mead (1981) و Lemare (1982) و Polyzapoulos واخرون (1985) الى ان هذا العامل يمكن ان يعبر عن طاقة الربط bonding energy لأيون الفوسفات عند تفسيرهم لهذا الثابت . أما قيم الثابت (a) فيلاحظ من جدول (4) بان هناك اختلافات واضحة في قيم هذا الثابت مع زيادة نسبة المغنسيوم اذ انخفضت عند Mg0 من 96.18 الى 92.11 غم الى 72.28 عند مستوى الجبس(5 ، 15 ، 25) % على التوالي وكما أنَّ اضافة المغنسيوم ادت الى خفض قيم هذا الثابت ويلاحظ من الجدول ان قيمة الثابت a كمعدل انخفض من 86.857 عند Mg0 الى 36.00 عند Mg2 ، ولقد اشير سابقاً الى أنَّ هذا العامل يرتبط بالسعة الامتزازية لأيون الفوسفات وعند حساب نسبة ما يشكل العامل a من السعة الامتزازية الكلية Xmt (لانكَميرIII) كمعدل كان 12.10 % (جدول 5) وهذه النسبة تعد قليلة قياساً الى سعة الامتزاز الاعظم Xmt وعلى الرغم من أنَّ هذه المعادلة اعطت وصفاً جيداً لأمتزاز ايون الفوسفات في ترب الدراسة ألا أن ثوابتها (a ، b) ليس لها معنى فيزوكيميائي عند استخدام هذه المعادلة.

حساب كمية الاسمدة:

بناء على الدراسات السابقة التي قام بها Fox و Kamprath (1970) و Mehadi وآخرون (1990) و سرحان (2000) وداود (2016) والخاصة باستخدام منحنى امتزاز الفوسفات لتقدير الكميات السمادية المثلى التي ترافقت مع افضل نمو وإنتاج محاصيل الحبوب وعند تراكيز معينة ، وفي الدراسة الحالية اقترحت التراكيز الاتية من الفسفور في محلول التربة(0 و 0.3 و 0.4 و 0.5) مايكروغرام p.مللتر$^{-1}$ للموقعين 5% و 15% لتنفيذ التجربة الحقلية لذلك تم حساب الكميات السمادية من خلال منحنى الامتزاز لكل من تربتي الدراسة عن طريق حساب كمية الفسفور المضافة المقابلة للتراكيز المقترحة اعلاه في محلول الاتزان عند مستويات المغنسيوم المضافة Mg_0 و Mg_{30} و Mg_{60} ملغم.كغم تربة ، ويوضح جدول (6و 7) الكميات السمادية المحسوبة وحسب طبيعة منحنى الامتزاز للفسفور في كل تربة من الترب المقترحة لتنفيذ التجربة الحقلية، اذ تشير نتائج جدول(2 و 3) التراكيز المقترحة لأفضل نمو لمحصول الحنطة والتي كانت (0 و 0.3 و 0.4 و 0.5) مايكروغرامP.غم$^{-1}$ تربة وحسب الدراسات السابقه في الترب الكلسية والجبسية تبين الحسابات لكميات السماد الفوسفاتي المضافة من TSP عند Mg_0 و Mg_1 و Mg_2 (جدول 2) للتربة 5% جبس ، هناك اختلاف واضح وكبير في كمية السماد المضاف من TSP عند كل تركيز مقترح اذ ادت اضافة المغنسيوم عند المستوى الاول والثاني الى خفض

او تقليل كمية السماد المضاف للوصول الى التركيز المطلوب وكان هذا الانخفاض هو 100 كغم TSP. هكتار$^{-1}$ عند التراكيز(0.3 و 0.4) المقترحة وعند التركيز المقترح 0.5 كان 50 كغم TSP.هكتار$^{-1}$ في حين التربة 15% جبس كانت كمية السماد الفوسفاتي TSP المضاف عند التراكيز المقترحة عند اضافة او عدم اضافة المغنسيوم تختلف بشكل واضح وهناك فرق واضح في كمية TSP عند عدم اضافة المغنسيوم وعند اضافته تراوحت بين(100 - 250) كغم TSP.هكتار$^{-1}$. هذا الانخفاض في تحديد كميات السماد الفوسفاتي بوجود المغنسيوم يعود الى قيم الامتزاز الاعظم هو طاقه الربط جدول (4 و 5) عند دراسه الامتزاز بوجود وعدم وجود المغنسيوم اذ كما اشرنا سابقاً الى أنَّ دور المغنسيوم في خفض قيمة Xmt و كذلك طاقة الربط bonding energy من خلال تقليل او حجب مواقع امتزاز الفسفور وكذلك تثبيط تكوين بلورات المركبات الفوسفاتية حيث اشارت دراسة Xu واخرون(2014) الى أنَّ زيادة تركيز المغنسيوم يثبط من ترسيب الفسفور بصورة فوسفات الكالسيوم وهذا يعود الى احلال ايون Mg محل ايون Ca في فوسفات الكالسيوم وهذا يعمل enhance او يزيد من جاهزية الفسفور باضافة Mg او من خلال ماء الري وهذا يساعد على تحرير to release الفسفور من سطح الكلسايت علماً ان الدراسات تشير الى أنَّ Xm_3 ترتبط بشكل كبير بكربونات الكالسيوم النشطة وبطاقة ربط ضعيفة وان معظم الامتزاز كما اشرنا سابقاً يحدث عند Xm_2 و Xm_3 وبطاقة ربط bonding energy منخفضة والمسؤول عن هذا الامتزاز عند هذه السطوح كل من الجبس و كربونات الكالسيوم لذلك فان التحرر او جاهزية الفسفور اكثر مقارنة بعدم اضافة المغنسيوم Mg_0 في تربة 5% و 15 % جبس

جدول(6) المستويات السمادية المستخدمة والممثلة لكميات الفسفور المضاف المقابلة للتراكيز المقترحة في محلول الاتزان وعند مستويات المغنسيوم المضافة وحسب طبيعة منحنى الامتزاز لتربة 5% جبس

مستويات المغنسيوم المضافة (ملغم.كغم $^{-1}$ تربة) لموقع التربة 15% جبس											
Mg_2=60				Mg_1=30				Mg_0=0			
كمية السماد المضاف TSPكغم. هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف كغمp.هك تار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف مايكروغرام p .غرام$^{-1}$ تربة	التراكيز المقترحة مايكروغرام p .مللتر$^{-1}$	كمية السماد المضاف كغمTSP .هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف كغم p.هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف مايكروغرام p. غرام$^{-1}$ تربة	التراكيز المقترحة مايكروغرام p .مللتر$^{-1}$	كمية السماد المضاف كغمTSP .هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف كغمp.هكت ار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف مايكرو غرام p .غرام$^{-1}$ تربة	التراكيز المقترحة للفسفور مايكروغ رام p .مللتر$^{-1}$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300.00	60.00	30.00	0.30	300.00	60.0	30.00	0.30	400.00	80.00	40.00	0.30
400.00	80.00	40.00	0.40	400.00	80.0	40.0	0.40	500.0	100.0	50.0	0.40
500.00	100.00	50.00	0.50	500.00	100.0	50.0	0.50	550.0	110.0	55.0	0.50

جدول(7) يوضح المستويات السمادية المستخدمة والممثلة لكميات الفسفور المضاف المقابلة للتراكيز المقترحة في محلول الاتزان وعند مستويات المغنسيوم المضافة وحسب طبيعة منحنى الامتزاز لتربة 15% جبس

مستويات المغنسيوم المضافة (ملغم.كغم $^{-1}$ تربة) لموقع التربة 5% جبس											
Mg_2=60				Mg_1=30				Mg_0=0			
كمية السماد المضاف TSPكغم. هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف كغمp.هك تار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف مايكروغرام p .غرام$^{-1}$ تربة	التراكيز المقترحة مايكروغرام p .مللتر$^{-1}$	كمية السماد المضاف كغمTSP .هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف كغم p.هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف مايكروغرام p. غرام$^{-1}$ تربة	التراكيز المقترحة مايكروغرام p .مللتر$^{-1}$	كمية السماد المضاف كغمTSP .هكتار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف كغمp.هكت ار$^{-1}$	كمية الفسفور المضاف مايكرو غرام p .غرام$^{-1}$ تربة	التراكيز المقترحة للفسفور مايكروغ رام p .مللتر$^{-1}$
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300.00	60.00	30.00	0.30	300.00	60.00	30.00	0.30	400.00	80.00	40.00	0.30
400.00	80.00	40.00	0.40	350.00	70.00	35.00	0.40	552.00	110.40	55.20	0.40
500.00	100.00	50.00	0.50	400.00	80.00	40.00	0.50	600.00	120.00	60.00	0.50

المصادر

- **التميمي ، محمد صلال و حمزة كاظم بريسم و كفاح عبد الحسين عبد الكاظم .(2015).** تأثير مستويات الفسفور والمغنسيوم في بعض مؤشرات حاصل الحنطة في ترب مختلفة النسجة .مجلة الفرات للعلوم الزراعية .7(3) : 220-231 .
- **الجبوري ، عدنان محيميد حواس الحبوري .(2019).** طبيعة وجود اكاسيد الحديد وعلاقتها بأمتزاز الفسفور في بعض الترب الجبسية .اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة تكريت .
- **الحديدي, عبد القادر عبش سباك .(2009)** . امتزاز الفسفور في ترب كلسية مختلفة الصفات . مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية . 9 (2) : 434 – 440 .
- **بريسم ، حمزة كاظم و محمد صلال التميمي وكفاح عبد الحسين عبد الكاظم .(2015).** تأثير مستويات المغنسيوم والفسفور في محتواها في نبات الحنطة *Triticum aestivum L.* . مجلة الفرات للعلوم الزراعية .7(3) : 257 – 267 .
- **داود ، محمد جار الله فرحان . (2016) .** تقدير احتياجات الذرة الصفراء من الفسفور بأستخدام منحنيات الامتزاز في تربة جبسية ، اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة . جامعة تكريت .
- **سرحان، إبراهيم خليل . (2000) .** تأثير سعة التربة التنظيمية للفسفور على الاحتياجات السمادية الفوسفاتية لمحصول الحنطة تحت الظروف الديمية. أطروحة دكتوراه، جامعة الموصل .
- **العبيدي ، باسم شاكر عبيد. (2008)** . طبيعة تواجد معدن الباليكورسكايت في بعض الترب الجبسية العراقية " ، اطروحة دكتوراه ، كلية الزراعة ، جامعة بغداد .
- **فاخر ، سلوى جمعة . (2016)** . تأثير القوة الايونية وخصائص التربة في امتزاز الفسفور في بعض الترب الكلسية ، مجلة البصرة للعلوم الزراعية ، 29 (2) : 419 – 437 .

- **Al-Hawas, Ibrahim A.M.(2003)** .The adsorption of phosphate by soils rich in palygorskite in the oasis of Alhassa Saudi Arabia . Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences . 4(2) : 1424 .
- **Al-Maeni, A. T. (1989).** Parameters influencing the phosphate Buffering Capacity in Calcareous Soils. Ph.D. Thesis Godolo Agricultural Univ. Hungary.
- **Al-Marsumy, O. I. A. and, A. K. A Jarallah.(2019).** Effect of magnesium application on phosphorus use efficiency (PUE) of some phosphate fertilizers and on magnesium and phosphorus uptake by maize. Iraqi Journal of Agricultural Sciences –2019:50(5):1302-1312 .
- **Barrow, N.J.(1978).** The description of phosphate adsorption curves. J. Soil. Sci. 29: 447-462.
- **Fitter , A.H. and C.D. Sutton. (1975).** The use of the Freundlich isotherm for soil phosphate sorption date .J. Soil. Sci .26:241-246.
- **Fox**, **R. L. and E. J. Kamprath.(1970).** Phosphate sorption isotherms for evaluating the phosphate requirements of soils. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 34:902–907.
- **Havlin , J. L. ;J. D. Beaton , S. L. Tisdal and W. L. Nelson .(2014).** Soil fertility and fertilizers . 8th Ed. An introduction to nutrient management .Upper Saddle River, New Jersey.
- **Holford, I. C. R., R. W. M. Wedderburn and G.E.G. Mattingly. (1974).** Langmuir tow-surface equation as model for phosphate adsorption by Soil. J. Soil. Sci. 25 : 245-255.
- **Holford, I.C.R. (1982).** The comparative significance and utility of freundlich and langmuir parameters for characterizing sorption and plant availability of phosphate in soils. Aust. J. Soil. Rec. 22: 233-242.
- **Kordlaghhari,M.P. and D.L.Rowell.(2006).**The role of gypsum in the reaction of phosphate with soils.Geoderma.132:105-115.
- **Kuo, S. and D.S. Mikkelsen.(1979).** Effect of magnesium on phosphate adsorption by calcium carbonate. Soil Sci. 127: 65-69 .
- **Lemare**, **P.H. (1982)** . Sorption of isotopically exchangeable and non-exchangeable phosphate by some Soils of Colombia and Brazil . and Comparisons With Soils of southern Nigeria .J. Soil. Sci. 33:691-707.

- **Mead , J.A. (1981).** A comparison of Langmuir , Freundlich , and Temkin equations to describe phosphate adsorption properties of soils. Aust. J. Soil Res. 19 : 333-342.
- **Mehadi, A.A., R. W. Taylor and J. W. Shuford .(1990).** Prediction of fertilizer phosphate requirement using the langmuire adsorption maximum. Plant and Soil. 122: 267-270.
- **Murphy , J. ; and H.P. Riley. (1962).** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27 : 31-36.
- **Olsen, S. R., C. V. Coles, F. S. Watanade, and L.A. Dean.(1954).** Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA. 939.
- **Page**, **A.L., R.H. Miller and D.R. Keeney.(1982).** Methods of soil analysis. Part (2) 2nd chemical and Microbiological properties .ed. Agrnomy series 9. Amer. Soc of Agron Madison.. Wisconsin. USA.
- **Polyzapoulos** , **N.A.V.Z. Keramidas, and H. Koisse.(1985)**. phosphate Sorption by some alfisols of Greece as descrided by Commonly used isotherms Soil Sci .Soc.Am .J. 49:81-84.
- **Pratt, P. F,(1965).** Potassium . (In C. A. Black ed) Methods of soil analysis . Agronomy 9: 1022-1030. Am .Soc. Agron Madison , Wis.
- **Robbins**, **C. W., D. T. Westermann, and L. L. Freeborn.(1999).** Phosphorus Forms and extractability from three source subsoil .Soil. Sci. Soc. Am. J. 63. : 1717 – 1729.
- **Xu , N. H.Yin, W. Chen,.Z.G. Liu , S.Q,. Chen,and M., Zhang. (2014).** Mechanisms of phosphate retention by calcite: effects of magnesium and PH. J Soils Sediments . 14:495–503 .
- **Yadav BR, Paliwal KVand Nimgade NM. (1984)**. Effect of magnesium-rich waters on phosphate adsorption by calcite. Soil Sci 138:153–157.