

تأثير بعض خصائص التربة في امتزاز الحديد

عبدالله سليمان راهي	جواد كاظم العكيلي	عباس خضير عباس جارالله*
أستاذ متقاعد	أستاذ مساعد	أستاذ مساعد
كلية الزراعة – جامعة بغداد	كلية مدينة العلم الجامعة	كلية الزراعة – جامعة بغداد

*Abbas_altaae@hotmail.com

المستخلص:

أجريت تجربة مختبرية بهدف دراسة امتزاز الحديد من المصدر المخليبي FeEDDHA وعلاقته ببعض خصائص التربة في ست ترب كلسية من وسط العراق واستعملت ثلاث معادلات فيزيوكيميائية هي لانغمير وفرندلخ وتمكن في وصف الامتزاز. تم اعتماد معامل الارتباط البسيط ومعامل التحديد وقيمة t والخطأ القياسي التقديري في اختيار أفضل معادلة لوصف امتزاز الحديد. أظهرت النتائج أن معادلة فرندلخ كانت هي الأكفأ في وصف وتقييم امتزاز الحديد مقارنة ببقية المعادلات الفيزيوكيميائية المستعملة تبعاً لأعلى معامل ارتباط r (0.985) ومعامل تحديد r² (0.970) وقيمة t (20.01) وأقل خطأ قياسي (SE.e) (0.186) وبلغت الكفاءة 97.0 و 83.5 و 82.8% لكل من معادلة فرندلخ ولانغمير وتمكن بالترتيب. بلغت سعة الامتزاز العظمى لترب الدراسة وفق معادلة لانغمير 415.2 و 393.7 و 353.7 و 344.2 و 318.4 و 306.0 مايكروغرام Fe غم⁻¹ تربة وقوة الربط 0.039 و 0.046 و 0.059 و 0.051 و 0.051 و 0.059 و 0.064 مل Fe مايكروغرام⁻¹ لترب بلد والخالص والرائد والوحدة والمسيب والراشدية بالترتيب. أن مقدار امتزاز الحديد في ترب الدراسة بلغ 59.2% من الحديد المضاف وان 40.8% منه يبقى ذائباً في محلول التربة. ارتبطت معايير معادلة فرندلخ (lnK_f و 1/n) خطياً مع معايير معادلة لانغمير (الامتزاز الأعظم b وقوة الربط K) كما ارتبط معيار الامتزاز الأعظم b وفقاً لمعادلة لانغمير خطياً مع بعض الخصائص الكيميائية للترب الست (الايصالية الكهربائية والكاربونات الكلية والكاربونات النشطة ومع الحديد الجاهز للنبات). يستنتج من الدراسة أن معادلتى فرندلخ و لانغمير كانت أكثر ملائمة في وصف امتزاز الحديد في ترب الدراسة وان ترتيب امتزاز الحديد في الترب الست كما يلي: بلد < الخالص < الرائد < الوحدة < المسيب < الراشدية.

الكلمات المفتاحية: امتزاز، حديد، ترب كلسية، سعة الامتزاز العظمى، قوة الربط.

البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الأول.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences – 47(4):1056-1063, 2016

Jar Allah & et al.

EFFECT OF SOME SOIL PROPERTIES ON IRON SORPTION

Abbas Kh. A. Jar Allah*

Jawad K. Al-Uqaili

Hamd Allah S. Rahi

Assistant Prof.

Assistant Prof.

Prof. Retired

Coll. of Agric. /Univ. of Baghdad

Madenat Alelem University College

Abbas_altaae@hotmail.com

ABSTRACT:

Laboratory experiment was carried out in order to study the adsorption of Fe as FeEDDHA as related to some soil properties in six calcareous soils from the middle of Iraq. Langmuir, Freundlich and Temkin equations were used for describing Fe adsorption. The best equation was chosen according to highest value of r, r² and t and least value of Standard error of estimate. The results showed that Freundlich equation was more efficient for describing Fe sorption compared with other physicochemical equations used, depending on highest values of, r (0.985), r² (0.970) and t (20.01) and lower standard error SE.e (0.186). Maximum adsorption capacity in tested soils were 415.2, 393.7, 353.7, 344.2, 318.4 and 306.0 µg Fe g⁻¹ soil while the binding strength were 0.059, 0.046, 0.059, 0.051, 0.059 and 0.064 ml Fe µg⁻¹ for Balad, Al-Khalis, Al-Raaid, Al-Wehda, Al-Mussayib and Al-Rashidaaa. 59.2% of the applied Fe was sorbed on soil while 40.8% remained soluble in soil solution. Freundlich adsorption constants (lnK_f and 1/n) significantly correlated with Langmuir maximum adsorption (b) and binding strength (K). Also, the maximum adsorptive capacity (b) of Langmuir models statistically related to soil properties (EC, total and active carbonate and plant available Fe). It can be concluded from this study that Freundlich and Langmuir equations were more suitable for describing Fe adsorption in all tested soils. Tested soils sorbed Fe according to the following arrangement: Balad > Al-Khalis > Al-Raaid > Al-Wehda > Al-Mussayib > Al-Rashidaaa.

Key words: Adsorption, Iron, Calcareous Soil, Maximum adsorption capacity, Binding strength.

*Part of Ph.D. dissertation for the first author.

المقدمة:

يطلق على صور الحديد الذائبة في محلول التربة والمتبادلة والقابلة للامتصاص من جذور النبات بالحديد الجاهز وهذه الصور تشمل الصيغة الأيونية Fe^{2+} والحديد المتبادل وبعض الصيغ المركبة $Fe(OH)^+$ وبعض الصور العضوية المعقدة (27). وعلى الرغم من أن محتوى الحديد الكلي عال يشكل الحديد إذ 5% من القشرة الأرضية (ألا أن محتواه الجاهز والمستخلص بالمركبات الكيميائية المختلفة يشكل أقل من 0.02% من محتواه الكلي (22). أن قلة محتوى الحديد الأصلي الجاهز في التربة أو المضاف على شكل أسمدة معدنية يعود إلى تعرضه إلى تفاعلات عدة كالترسيب والامتزاز من غرويات التربة المعدنية والعضوية فضلا عما يحدث في الترب الكلسية من احتجاز للحديد والذي يكون أما امتزازا كيميائيا أو فيزيائيا على سطوح معادن الكربونات الفعالة كالكلسايت والدولومايت والمغنيسايت (20 و 28 و 31). يتأثر امتزاز الحديد بعدة عوامل هي: الصفات الكيميائية للتربة (السعة التبادلية للأيونات الموجبة ودرجة تفاعل التربة ومحتوى الكربون العضوي والكربونات الكلية والنشطة) ونوع ومحتوى المعادن الأولية والثانوية و مستوى الحديد المضاف ومصدره والتركيب الكيميائي لمحلول التربة (8 و 18). وقد أكد Al-Uqaili وآخرون (8) وجود علاقة ارتباط معنوية بين امتزاز الحديد المضاف على هيئة معدنية $FeSO_4$ و ثلاثة مركبات مخيلية مع محتوى الكربونات الكلية في ثمان ترب كلسية وقد بلغت نسبة امتزاز الحديد 98 و 68% من الحديد المضاف للمصدر المعدني والمخليبي بالترتيب. وأشار Al-Hadethi وآخرون (5) إلى أن امتزاز الحديد المضاف على شكل $FeSO_4$ إلى أربع ترب كلسية كان بمقدار 100% ثم انخفض إلى 87% بعد إضافة كل من حامض الفولفيك والهيوميك مع المصدر المعدني إلى التربة. كما أوضح Al-Grairy (4) في دراسته أن الحديد المعدني $FeSO_4$ أكثر عرضة للامتزاز بفعل غرويات التربة ومعادن الكربونات مقارنة بالحديد المخليبي FeEDDHA إذ زاد امتزاز الحديد من المركب المعدني بنسبة 42% مقارنة بالمركب المخليبي.

معادلات الامتزاز: استعملت عدة معادلات فيزيوكيميائية استندت إلى أسس ومفاهيم تجريبية لوصف امتزاز الحديد في

أنظمة التربة المختلفة واستخدمت ثوابت تلك المعادلات للتنبؤ بجاهزية الحديد وقدرة التربة الامدادية وكذلك حاجته من قبل النبات (6 و 29) وهذه المعادلات هي:

معادلة لانغمير Langmuir equation تتميز هذه المعادلة عن المعادلات الأخرى بكونها تعبر عن أقصى حد للامتزاز بإشباع تام للطبقة الأحادية من العنصر قيد الدراسة على جميع مواقع السطح الماز Adsorbed surface والامتزاز يكون بطاقة ثابتة لمواقع التبادل على السطح الماز (سطوح الغرويات الفعالة كيميائيا) كما أنها تصف الامتزاز بكفاءة عالية في التراكيز الواطئة لعناصر الكاديوم والرصاص والزنك (16). استعملت هذه المعادلة من عدد من الباحثين في وصف امتزاز الحديد، إذ أشار Al-Khateeb و Raihan (6) إلى تفوق هذه المعادلة في وصف امتزاز الحديد بمصدره المعدني $FeSO_4$ والمخليبي FeEDTA في ثمان ترب كلسية. وأوضح Al-Uqaili وآخرون (8) أن معادلة لانغمير كانت الأفضل في وصف امتزاز الحديد لأربع مركبات معدنية ومخيلية في ثمان ترب من السهل الرسوبي. وذكر Al-Hadethi وآخرون (5) أن معادلة لانغمير هي الأنسب في وصف امتزاز الحديد من المركب المعدني $FeSO_4$ مع الأحماض الدبالية المضافة إلى أربع ترب كلسية.

معادلة فرندلخ Ferundlich equation تعد معادلة فرندلخ من المعادلات الفيزيوكيميائية المستعملة في وصف امتزاز العناصر الغذائية كالفسفور والزنك والنحاس والمغنيز والحديد والبورون (1 و 2 و 26 و 30) وهي من المعادلات التجريبية إذ تستند أساسا على موديل الامتزاز الذي يشير إلى انخفاض قوة الربط Binding strength كلما زاد امتزاز العنصر أو زيادة تغطية مواقع الامتزاز الفعالة (10). لقد أشارت الدراسات إلى ملائمة هذه المعادلة في وصف امتزاز الحديد بكلا مصدره المعدني والمخليبي في الترب الكلسية (4 و 29).

معادلة تمكين Temkin equation: استخدمت هذه المعادلة بدرجة محدودة في وصف امتزاز بعض العناصر مثل الزنك و البورون و الحديد والفسفور (2 و 3 و 7) ولم تستعمل في وصف امتزاز الحديد في أنظمة الترب المختلفة وذلك لعدم كفاءتها مقارنة بمعادلتها لانغمير وفرندلخ (4).

مايكرو غرام Fe¹⁻ تربة لعشر عينات من كل تربة على انفراد كما أضيف لها 0.5 مل من مركب التولوين Toluene وذلك لتثبيط فعاليات ونشاط أحياء التربة المجهرية. رجعت معلقات التربة عند درجة حرارة ثابتة 298±2 كلفن في قناني جهاز الطرد المركزي ذات حجم 250 مل في هزاز Shaker ذي سرعة 175 (opm) ولمدة 30 دقيقة (11). ثم وضعت القناني في جهاز الطرد المركزي ذي سرعة 4000 (rpm) ولمدة خمس دقائق. تم ترشيح المعلقات Supernatants ثم قدر تركيز الحديد في محلول الاتزان بجهاز مطياف الامتصاص الذري (25) ووصف امتزاز الحديد وفق المعادلات المستعملة في الدراسة.

معادلات الامتزاز الفيزيوكيميائية: الصيغ الرياضية للمعادلات المستعملة وصفت في Bhon وآخرون (11) وكما يأتي:-

* معادلة لانغمير Langmuir equation

$$C/X = 1/K_1b + C/b$$

 * معادلة فرنلدخ Freundlich equation

$$\ln X = \ln K_f + 1/n \ln C$$

 * معادلة تمكين Temkin equation

$$X = K_t + B \ln C$$

 إذ أن :-

C: تركيز الحديد عند الاتزان

X: كمية الحديد الممتزة

ln: اللوغاريتم الطبيعي

n و K_f: ثوابت معادلة فرنلدخ

B و K_t: ثوابت معادلة تمكين

K₁: قوة الربط وفقاً لمعادلة لانغمير

b: الامتزاز الأعظم وفقاً لمعادلة لانغمير

ولتحديد المعادلة ذات الكفاءة تم اعتماد عدة مؤشرات إحصائية وهي: معامل الارتباط البسيط r² والتحديد t² وقيمة t والخطأ القياسي التقديري (SE.e) Standard error of estimate، كما استعملت معادلات الانحدار البسيط والانحدار غير الخطي وفقاً لـ Draper و Smith (13).

وتفترض هذه المعادلة أن طاقة الربط تتخفف خطياً مع زيادة امتزاز العنصر. وبسبب قلة الدراسات المتعلقة بامتزاز الحديد في الترب العراقية هدفت الدراسة إلى استعمال هذه المعادلات في وصف سير التفاعلات الكيميائية للحديد وعلاقة معايير الامتزاز ببعض خصائص التربة.

المواد وطرائق العمل: عينات التربة: اختيرت ست ترب وهي مستغلة زراعيًا بمحصول الحنطة لعدة مواسم زراعية من مواقع بلد و الخالص و الوحدة و الرائد و المسيب و الراشدية. جدول 1 يبين مواقع أخذ العينات وبعض الملاحظات الحقلية لها، صنفت ترب تلك المواقع عند مستوى تحت المجموعة Entisols Typic Torrfluvents والتي تعود جميعاً لرتبة Entisols وفقاً للتصنيف الأمريكي (33). تم أخذ عشرين عينة تربة من كل موقع من عمق 0-15 سم ثم مزجت للحصول على عينة مركبة، جففت هوائياً وطحنت ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 مم. تم تحليل ترب المواقع أعلاه فيزيائياً وكيميائياً والنتائج مبينة في جدول 2 وفقاً للطرائق المعتمدة في Page وآخرون (25) أما الكاربونات النشطة فقد قدرت وفقاً لطريقة Carter (12) وقدر الحديد الجاهز وفقاً لطريقة Lindsay و Norvell (22).

أمتزاز الحديد: بهدف تقييم امتزاز أيون الحديد في ترب الدراسة استعمل وزن 1.6667 غم من الحديد المخليبي (FeEDDHA) (6.0% Fe) وأذيب في لتر من 0.01 مولار كلوريد الكالسيوم CaCl₂.2H₂O للحصول على محلول قياسي بتركيز 100 ملغم Fe لتر⁻¹ ثم حضرت منه سلسلة من المحاليل القياسية ذات عشرة تراكيز هي 2 و 4 و 6 و 8 و 10 و 20 و 30 و 40 و 50 و 60 ملغم Fe لتر⁻¹. أخذ وزن 10 غم تربة جافة (من كل موقع من المواقع الست على انفراد) ذات قطر 0.5 مم و أضيف لها 100 مل من محلول الحديد المخليبي وكانت التراكيز الناتجة 20 و 40 و 60 و 80 و 100 و 200 و 300 و 400 و 500 و 600

جدول 1. الترب المستعملة في الدراسة ومواقعها والملاحظات الحقلية لها

رقم النموذج	اسم الموقع	موقع أخذ النموذج	الملاحظات الحقلية
1	الخالص	محافظة ديالى قضاء الخالص قرية الخويلص	تربة محروثة ومهيأة لزراعة الحنطة
2	المسيب	محافظة بابل قضاء المسيب مشروع المسيب	تربة مستصلحة مهيأة لزراعة الحنطة
3	الراشدية	محافظة بغداد ناحية الراشدية قرب مشروع أسالة ماء الراشدية	تربة محروثة مهيأة لزراعة محاصيل الحبوب
4	بلد	محافظة صلاح الدين قضاء بلد قرية الشبايب	تربة مزروعة محاصيل بقولية، مزروعة حنطة سابقاً
5	الوحدة	محافظة واسط ناحية الوحدة مشروع الوحدة المركزية الشرقية	تربة محروثة مهيأة لزراعة الشعير، تروى سحياً
6	الرائد	محافظة بغداد محطة الرائد التابعة لوزارة الموارد المائية	تربة محروثة، مزروعة حنطة للموسم الماضي

جدول 2. بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للتربة قيد الدراسة.

رقم العينة	الموقع	*EC دسي سمنز م ⁻¹	*pH	الحديد الجاهز ملغم كغ ⁻¹ Fe	المادة عضوية	الحديد الكلي	الكربونا ت الكلية	الكربونات النشطة	CEC سنتي مول كغ ⁻¹ + كغ ⁻¹ تربة	مفصولات التربة غم كغ ⁻¹ تربة		
										طين	رمل	غرين
1	الخالص	9.5	7.4	1.19	16.20	28.59	315.0	122.5	28.4	321.6	378.4	300.0
2	المسيب	5.1	7.4	6.81	19.10	45.04	310.0	97.5	23.6	460.0	220.0	320.0
3	الراشدية	2.3	7.7	9.03	18.27	22.41	296.3	87.5	27.2	560.0	80.0	360.0
4	بلد	12.4	7.0	0.98	18.00	41.99	371.3	142.5	30.8	440.0	140.0	420.0
5	الوحدة	6.4	7.9	2.51	18.60	38.41	320.0	110.0	30.0	621.6	118.4	260.0
6	الرانند	7.1	7.6	2.36	19.52	40.53	325.0	112.5	26.8	480.0	140.0	380.0

* قدرت في مستخلص عجينة التربة المشبعة.

جدول 3. المؤشرات الإحصائية لامتماز الحديد في التربة تبعا للمعادلات الفيزيوكيميائية (n=10).

الموقع	معادلة فرندلخ			معادلة لانغمير			معادلة تمكين		
	معامل الارتباط r*	معامل التحديد r ²	الخطأ التقديري SE.e	معامل الارتباط r	معامل التحديد r ²	الخطأ التقديري SE.e	معامل الارتباط r	معامل التحديد r ²	الخطأ التقديري SE.e
الخالص	0.983	0.966	15.06	0.872	0.760	5.04	0.872	0.192	
المسيب	0.979	0.958	13.61	0.933	0.870	11.49	0.933	0.199	
الراشدية	0.991	0.982	21.41	0.924	0.854	6.82	0.924	0.241	
بلد	0.986	0.972	16.70	0.876	0.767	5.14	0.876	0.176	
الوحدة	0.998	0.996	41.52	0.918	0.843	6.55	0.918	0.069	
الرانند	0.972	0.944	11.76	0.959	0.920	9.58	0.959	0.239	
المتوسط (X)	0.985	0.970	20.01	0.914	0.835	7.44	0.914	0.186	

* قيم r و r² و t جميعها معنوية عند مستوى 0.01.

النتائج والمناقشة

امتزاز الحديد: بينت النتائج الموضحة في جدول 3 أن معادلة فرندلخ كانت هي أكفأ المعادلات المستعملة في هذه الدراسة لتقييم امتزاز الحديد ومحتواه في محلول التربة عند الاتزان الديناميكي في التربة الست قيد الدراسة وذلك لاملاكها أعلى قيمة لمعامل الارتباط r وأعلى قيمة t بلغت 0.985 و 20.01 بينما كانت ترتيب كفاءة معادلة لانغمير بعد معادلة فرندلخ في وصف امتزاز الحديد وذلك لاملاكها معامل ارتباط 0.914 وقيمة t 7.44 وكانت معادلة تمكين أقل كفاءة بمعامل ارتباط 0.910 وقيمة t 6.24. لقد كانت العلاقة بين امتزاز الحديد ومحتواه في محلول التربة معنوية عند مستوى (p ≤ 0.01) ولجميع المعادلات المستعملة. على الرغم من أن معادلة فرندلخ حصلت على قيم لمعامل ارتباط وقيمة t أعلى من معادلة لانغمير إلا أن المعادلة الثانية تمتلك أقل خطأ قياسي (SE.e) (0.018) مقارنة بالمعادلة الأولى (0.186) مما يجعلها أكثر ملائمة في وصف امتزاز الحديد في هذه الدراسة إلا أن امتلاك معادلة فرندلخ على

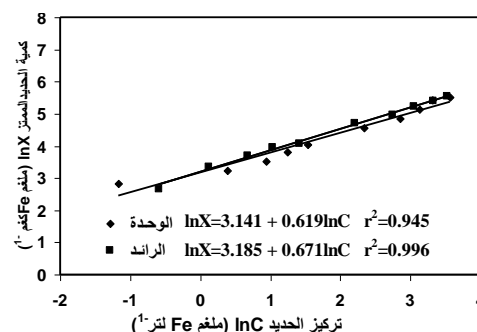
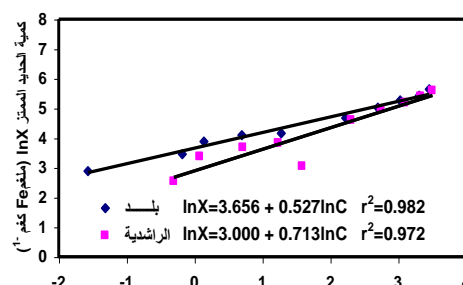
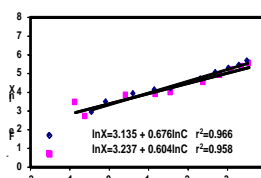
ثوابت يمكن من خلالها وصف قوة الامتزاز والامتزاز الأعظم لذا تم اعتمادها في هذه الدراسة. ويمكن ترتيب كفاءة المعادلات الفيزيوكيميائية في وصف سير تفاعلات امتزاز الحديد وفقا لما يأتي: فرندلخ < لانغمير < تمكين، حيث بلغت تلك الكفاءة (r² × 100) بالترتيب 97.0 و 83.5 و 82.8% جدول 3. أن تفوق معادلة فرندلخ في وصف امتزاز الحديد أشارت إليه نتائج دراسات عدد من الباحثين، فقد وجد Sanchez-Andreu وآخرون (26) أن معادلة فرندلخ كانت الأكفأ في وصف امتزاز الحديد المخليبي FeEDDHA. كما بين Al-Grairy (4) في دراسته تفوق معادلة فرندلخ على معادلتى لانغمير وتمكين في وصف امتزاز الحديد المعدني FeSO₄ والمخليبي FeEDDHA وهذا ما أكدته دراسة Ayalew وآخرون (9) و Karthikeyan وآخرون (19) و Sheta وآخرون (31). لقد أشارت النتائج الموضحة في شكل 1 وجدول 4 تأثير التربة الست المستعملة في الدراسة في امتزازها للحديد من الحديد المضاف بتركيز ضمن مدى (20-600 مايكروغرام Fe⁻¹ تربة)

له علاقة بثابت الاتزان الديناميكي) مع الثابت $1/n$ للترب قيد الدراسة وقد بلغ معامل الارتباط لتلك العلاقة (0.918^{**}) وهذا يؤكد انخفاض قوة الربط كلما زاد امتزاز الحديد أو زيادة تغطية مواقع الامتزاز الفعالة Active sites. كما ارتبط ثابتا معادلة لانغمير الامتزاز الأعظم b خطيا سالبا مع قوة الربط K (0.933^{**}) وهذا يشير إلى انخفاض قوة الربط عند بلوغ أقصى حد لامتزاز الحديد المخليبي FeEDDHA. وبينت النتائج في جدول 4 وشكل 1 أن متوسط ثابتا معادلة فرنديلخ : معامل الامتزاز $\ln K_f$ والثابت $1/n$ للترب المستعملة في الدراسة بلغ 3.226 و 0.635 بالترتيب أما بالنسبة لثوابت معادلة لانغمير فقد بلغ متوسط الامتزاز الأعظم b وقوة الربط K Binding strength 355.2 ملغم Fe كغم⁻¹ و 0.053 لتر ملغم⁻¹ بالترتيب مما يشير إلى أن مقدار امتزاز الحديد في الترب الستة قيد الدراسة بلغ 59.2% من مقدار الحديد المضاف على شكل FeEDDHA وان 40.8% من الحديد المضاف بقي حرا في محلول التربة (4 و 6 و 8) إذ أشار Al-Uqaili وآخرون (8) إلى اختفاء 98% من الحديد المضاف على شكل $FeSO_4$ بينما بقي أكثر من 60% من الحديد المضاف على هيئة مركبات مخيلية (FeDTPA و FeEDTA و FeHEDTA) حرا. كما لاحظ Raihan و Al-Khateeb (6) أن مقدار الحديد الممتز من المركب FeETDA تراوح بين 22 و 49% من الحديد المضاف إلى ثمان ترب كلسيه في القطر. كما أوضحت نتائج دراسة Al-Grairy (4).

جدول 4. ثوابت معادلة فرنديلخ وقيم الامتزاز الأعظم b وقوة الربط K لايون الحديد تبعا لمعادلة لانغمير في الترب قيد الدراسة

معادلة لانغمير		معادلة فرنديلخ		الموقع
K ml Fe μg^{-1}	b μg Fe g^{-1} soil	1/n	Ln K_f	
0.046	393.7	0.604	3.237	الخالص
0.059	318.4	0.676	3.135	المسيب
0.064	306.0	0.713	3.000	الراشدية
0.039	415.2	0.527	3.656	بلد
0.051	344.2	0.619	3.141	الوحدة
0.059	353.7	0.671	3.185	الرائد
0.053	355.2	0.635	3.226	المتوسط (X)
-0.933 ^{**}		-0.918 ^{**}		معامل الارتباط البسيط (r)

** معنوي عند مستوى 0.01 .



شكل 1. العلاقة بين أمتزاز أيون الحديد $\ln X$ وتركيزه في محلول التربة $\ln K_f$ تبعا لمعادلة فرنديلخ

فقد لوحظ من تلك النتائج أن ثابتي معادلة فرنديلخ والمحسوبة وفقا لتقنية الانحدار غير الخطي Nonlinear regression ارتبطا معا وأظهرت نتائج تحليل الانحدار وجود علاقة خطية سالبة عند مستوى ($p \leq 0.01$) بين معامل الامتزاز $\ln K_f$

جدول 5. معامل الارتباط r بين ثوابت معادلتى فرندلخ ولانغمير في الترب قيد الدراسة.

معادلة لانغمير		معادلة فرندلخ
قوة الربط K	الامتزاز الأعظم b	
0.999**	0.874*	Ln K _f
0.989**	-0.919**	1/n

* و ** معنوي عند مستوى 0.05 و 0.01.

(6) إلى وجود علاقة ارتباط موجبة بين ثابت معادلة لانغمير الامتزاز الأعظم b للحديد المخليبي FeEDTA مع السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) لثمان ترب كلسيه (** $r=0.972$), كما وجد Al-Uqaili وآخرون (8) علاقة ارتباط معنوية موجبة بين الامتزاز الأعظم b لأربع مركبات للحديد مع محتوى الكاربونات الكلية ($r=0.843$). وكذلك تتفق النتائج الحالية أيضا مع ما أشارت إليه نتائج دراسة كل من Ayalew وآخرون (9) و Loeppert وآخرون (23) و Siebner-Freibach وآخرون (32) والذين أشاروا في دراساتهم إلى زيادة امتزاز الحديد في الترب ذات المحتوى العالي من الكاربونات الكلية كما بينت نتائج تحليل الانحدار الخطي البسيط وجود علاقة معنوية عند مستوى (0.05) و ($p \leq 0.01$) موجبة بين معامل الامتزاز $\ln K_f$ وفقا لمعادلة فرندلخ مع كل من ثابتي معادلة لانغمير الامتزاز الأعظم b وقوة الربط K وقد بلغت قيم معامل الارتباط 0.874^* و 0.999^{**} بالترتيب جدول 5، كما وجدت علاقة ارتباط بين الثابت الثاني لمعادلة فرندلخ $1/n$ مع ثابتي معادلة لانغمير فقد كانت سالبة مع الامتزاز الأعظم وموجبة مع قوة الربط وبلغت قيم معامل الارتباط 0.919^{**} و 0.989^{**} بالترتيب ويظهر من النتائج أن ثوابت معادلة فرندلخ يمكن الاستفادة منها أيضا كما في معادلة لانغمير. كما أوضحت نتائج تحليل الانحدار جدول (6) وجود علاقة خطية معنوية عند مستوى (0.05 و $p \leq 0.01$) بين الامتزاز الأعظم b وفقا لمعادلة لانغمير مع بعض صفات الترب الست قيد الدراسة فقد كانت موجبة مع كل من الايصالية الكهربائية EC ومحتوى كل من الكاربونات الكلية و الكاربونات النشطة و بلغت قيم معامل الارتباط 0.980^{**} و 0.811^* و 0.979^{**} بالترتيب وعلى خلاف من ذلك فقد كانت تلك العلاقة سالبة مع محتوى الحديد الجاهز ($r=0.884$). ويعزى زيادة امتزاز الحديد بزيادة ملوحة التربة إلى زيادة القوة الأيونية مما أسهم في خفض فعالية ايونات الحديد في محلول

FeEDDHA أن الحديد المخليبي كان اقل امتزازا من الحديد المعدني $FeSO_4$ وقد انخفض امتزاز الحديد من المركب الأول بنسبة 29% مقارنة بالمركب الثاني. كما أشارت النتائج جدول 4 إلى أن أعلى قيمة لمعامل الامتزاز وفقا لمعادلة فرندلخ $\ln K_f$ كانت في تربة بلد وبلغت 3.656 بينما كانت أقل قيمة له في تربة الراشدية 3.000 بينما بلغت في تربة الرائد 3.185 و بلغت نسبة الزيادة في معامل الامتزاز 6 و 22 % لكل من تربة الرائد و بلد مقارنة بتربة الراشدية. على خلاف ذلك فأن الثابت الثاني لمعادلة فرندلخ $1/n$ والذي يمثل معامل الانحدار الخطي لهذه المعادلة إذ بلغت قيمه 0.527 و 0.671 و 0.713 لترب بلد والرائد و الراشدية بالترتيب. وزادت قيمة الثابت في تربتي الرائد و الراشدية بنسبة 27 و 35 % مقارنة بتربة بلد. لقد بينت النتائج جدول 4 أن أعلى قيمة للامتزاز الأعظم b (ثابت معادلة لانغمير) كان في تربة بلد و بلغ 415.2 بينما كان في تربة الرائد 353.7 أما في تربة الراشدية فقد بلغ 306.0 ملغم Fe^{-1} تربة والتي تمثل أقل قيمة له فقد زاد الامتزاز الأعظم في تربتي الرائد و بلد بنسبة 17 و 36 % مقارنة بتربة الراشدية بالترتيب. وعلى خلاف من ذلك فقد كانت أعلى قيمة للثابت الثاني لمعادلة لانغمير K قوة الربط في تربة الراشدية إذ بلغ 0.064 بينما كان في تربة الرائد 0.059 أما أقل قيمة له كانت في تربة بلد و بلغت 0.039 لتر ملغم Fe^{-1} وقد زاد في تربتي الرائد والراشدية بنسبة 8 و % 64 مقارنة بتربة بلد. لقد بلغت نسبة امتزاز الحديد المضاف على شكل FeEDDHA 69 و 59 و 51% للترب بلد والرائد والراشدية بالترتيب. أظهرت تربة بلد قابلية أعلى في الكمية الممتازة العظمى من الحديد مقارنة بتربتي الرائد والراشدية وهذا يعزى إلى ارتفاع محتواها من معادن الكاربونات الكلية والكاربونات النشطة والسعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC) وذات ايصالية كهربائية وحديد جاهز اقل جدول 2. فقد أشار Al-Khateeb و Raihan

هي التي تحدد ذلك فترية بلد رغم أنها تمتلك أعلى امتزاز أعظم للحديد بالمقارنة بالترب الأخرى إلا أن قوة الربط لها واطئة مما يعني أن معظم الحديد الممتاز يكون جاهزا فيها وهذا ما يؤكد دور وفعالية الحديد المخليبي FeEDDA في الحفاظ على جاهزية جيدة للحديد في التربة الكلسية (21). يستنتج من هذه الدراسة أن معادلتى فرنديلخ ولانغمير كانت ملائمة في وصف وتقييم امتزاز الحديد في جميع ترب الدراسة وان قابلية الترب على امتزاز الحديد كانت كما يلي: بلد < الخالص < الرائد < الوحدة < المسيب < الراشدية

جدول 6. العلاقة الخطية بين امتزاز الحديد الأعظم b لمعادلة لانغمير (Y) وصفات التربة (X).

معامل الارتباط (r)	معادلة الانحدار	صفات التربة
0.312	$Y = 277.47 + 0.229 X$	الغرين
0.605	$Y = 474.29 + 0.248 X$	الطين
0.980**	$Y = 270.58 + 11.861 X$	الايصالية الكهربائية EC
0.679	$Y = 1052.06 - 92.917 X$	درجة تفاعل التربة pH
0.537	$Y = 714.37 + 19.647 X$	المادة العضوية OM
0.811*	$Y = -77.68 + 1.340 X$	الكربونات الكلية
0.979**	$Y = 113.84 + 2.153 X$	الكربونات النشطة
0.884	$Y = 398.33 - 11.313 X$	الحديد الجاهز (DTPA)

* و ** معنوي عند مستوى 0.05 و 0.01.

REFERENCES:

1. Al-Degsa, Y. S., M. I. El-Barghouthia, A. A. Issaa, M. A. Khraishehb, and G. M. Walkerc. 2006. Sorption of Zn (II), Pb (II), and Co (II) using natural sorbents: Equilibrium and kinetic studies. Water Research 40: 2645 – 2658.
2. Al- Ameri, B. H. A. 2001. Behavior and Use Efficiency of Some Zinc Fertilizers in Calcareous Soils. MSc. Thesis. College. of Agric. Univ. of Baghdad. pp. 117.
3. Al- Ameri, B. H., A.H. Afaj, and S. A. Nooruldeen. 2014. Zinc and boron adsorption in calcareous soil from middle of Iraq. Iraqi J. of Science and Technology, 5(1):52-59.
4. Al-Gairy, F. A. K. 2003. Behavior and Efficiency Use of Iron Fertilizers in Calcareous Soils Under Green House. MSc. Thesis. College. of Agric. Univ. of Baghdad. pp.117.
5. Al-Hadethi, A. A., I. B. Razaq, and H. S. Rahi. 2002. Effect of Humified Organic Acid on Iron Adsorption Reaction in calcareous soils. Iraqi J. of Agric. Sciences 33(6): 51 – 58.
6. Al-Khateeb, I. K., and M. Raihan. 1985. Suitability of Langmuir isotherm for FeEDTA

التربة (14) فضلا عن الترسيب على معادن الكربونات التي تسهم في تلك التفاعلات أيضا وهذا ما أكدته عدد من الدراسات (15 و 17 و 24). كما أشارت عدة دراسات إلى احتجاز الحديد في الترب الكلسية بفعل معادن الكربونات النشطة كيميائيا وانخفاض جاهزيته للنبات (18 و 23 و 28). أما خصائص التربة الأخرى قيد الدراسة لم يكن تأثيرها معنويا في امتزاز الحديد جدول 6. أن الامتزاز الأعظم للحديد الذي يشير إلى الكمية القصوى الممتازة من الحديد في التربة ليس دليلا كافيا عن جاهزية الحديد بل أن قوة الربط

- sorption by calcareous soils in Iraq. J. Agric. Water Reso. Res. 4: 73 –88.
7. Al-Saedy, N. A. A. 2000. Behavior and efficiency of ammonium phosphate fertilizers in calcareous soils. Dept. of Soil and Water Recourses Sci. Coll. of Agric. Univ. of Baghdad. pp.146.
 8. Al-Uqaili, J. K., A. A. Al-Hadethi, and A. k. A. Jarallah. 2002. Adsorption-desorption of iron in some calcareous soils. Basrah J. Agric. Sci. 15(2): 49 – 64.
 9. Ayalew, A., S. Beyene, and F. Walley. 2015. Sorption of Zinc and Iron in Soils of Selected Areas in Southern Ethiopia. Chemistry and Materials Research. 7(11): 24 – 34.
 10. Barrow, N.J. 1986. Testing a Mechanistic Model. IV. Describing the Effects of pH on Zinc Retention by Soils. J. Soil Sci. 37: 295-302.
 11. Bohn, H. L., B. L. McNeal, and G. A. O'Connor. 1985. Soil Chemistry. John Wiley & Sons., N. Y. PP: 341.
 12. Carter, M. R. 1981. Association of Total CaCO₃ and active CaCO₃ with growth of five tree species on chernozemic soils. Can. J. Soil Sci. 61: 173 – 175.

13. Draper, N. R., and H. Smith .1966. Regression Analysis. John Wiley & Sons. Inc., N. Y. PP: 407.
14. Griffin, R.A., and J.J. Jurinak. 1973. Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soils extracts. *Soil Sci.* 116:26 – 30.
15. Hochberg, M., and N. Lahav .1978. Movement of iron and zinc applied as EDTA complexes in soil columns. *Plant Soil* 50: 221 – 225.
16. Igwe, Jude C. and A. Abia Augustin. 2007. Equilibrium sorption isotherm studies of Cd (II), Pb (II) and Zn (II) ions detoxification from waste water using unmodified and EDTA modified maize husk. *Journal of Biotechnology* 10 (4): 536 – 548.
17. Jorda, J. D., J. Sanchez-Andreu, M. Juarez, and J. Mataix .1987. Optimization of the addition of FeEDDHA to calcareous soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 18: 235 – 242 .
18. Kang, D.H., A. P. Schwab, C. T. Johnston, and M. K. Banks. 2010. Adsorption of iron cyanide complexes on to clay minerals, manganese oxide, and soil. *J. Environ. Sci. Health A Tox. Hazard Subst Environ. Eng.* 45(11): 1391 – 1396.
19. Karthikeyan, G., N. Muthulakshmi Andal and K. Anbalagan. 2005. Adsorption studies of iron (III) on chitin. *J. Chem. Sci.* 117(6):663–672.
20. Lahav, N., and I. Zipori .1978. Fixation of iron applied as FeEDTA: effect of calcium concentration and soil solid phase. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 255 – 257.
21. Lindsay, W. L. 1974. Role of Chelation in Micronutrient Availability. p 507–524. *In* E. W. Carson (ed.). *The Plant Root and Its Environment*. University Press of Virginia, Charlottesville. (Cited by Lindsay and Norvell, 1978).
22. Lindsay, W. L., and W. A. Norvell .1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 421 – 425.
23. Loeppert, R. H., S. C. Geiger, R. C. Hartwig, and D. R. Morris .1988. A comparison of indigenous soil factors influencing the Fe-deficiency chlorosis of sorghum and soybean in calcareous soils. *J. Plant Nutr.* 11: 1481 – 1492.
24. Lucena, A., A. Garate, and O. Carpena. 1987. Iron-chelates evaluation in a calcareous soil. *Plant and Soil* 103:134 – 138.
25. Page, A. L., R. H. Miller, and S.R. Kenney. 1982. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Am. Soc. Agron. Madison, WI. USA.
26. Reyhanitabar, A., M. Ardalani, R.J. Gilkes, and G. Savaghebi. 2010. Zinc sorption characteristics of some selected calcareous soils of Iran. *J. Agr. Sci. Tech.* 12: 99-110.
27. Romheld, V., and M. Nikolic. 2007. *Iron. In* Barker, A. V., and D. J. Pilbeam -Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Taylor and Francis, USA pp.330.
28. Ryan, J., and S.N. Hariq .1983. Transformation of incubated micronutrient chelates in calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 806 – 810.
29. Sanchez-Andreu, J., M. Juarez, and A. Fortun. 1985. Obtaining empirical equations for the process of formation-decomposition of FeEDDHA in soils. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 16: 1259 – 1269.
30. Shafiq, M. 2008. Estimation of Boron Requirement of Rice and Wheat Crops Using Adsorption Isotherm Technique. PhD. University of Agriculture, Faisalabad. PP: 134.
31. Sheta, A. S., A. M. Falatah, M. S. Al-Sewailam, E. M. Khaled, and A. S.H. Sallam. 2003. Sorption characteristics of zinc and iron by natural zeolite and bentonite. *Microporous and Mesoporous Materials* 61: 127–136.
32. Siebner-Freibach, H., Y. Hadar, and Y. Chen .2004. Interaction of iron chelating agents with clay minerals. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 470 – 480.
33. Soil Survey Staff .1975. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*, Soil Conservation Service, USDA, Washington, D.C., Agric. HB. 436.