

حركات مصادر مختلفة من الحديد في تربة كلسية

أكرم عبد اللطيف حسن الحديثي أحمد رياض عبد اللطيف العاني*
كلية الزراعة-جامعة الأنبار

الخلاصة

أجريت تجربة مختبرية لدراسة تأثير مصادر الحديد المخلبية المصنعة من تفاعل حامض الهيوميك + الفولفيك المستخلصة من البتموس مع كبريتات الحديد والتي أضيفت بصورة هيومات وفولفات الحديد (Fe-) (HA+FA) وأسمدة الحديد المضافة بصورة Fe DTPA و $FeSO_4.7H_2O$ في حركات الحديد. حضنت مصادر الحديد المختلفة لمعرفة السلوك الفيزيوكيميائي لها سواء كانت معدنية ($FeSO_4.7H_2O$) أم مخلبية صناعية (Fe) DTPA أم مخلبية طبيعية من المخلفات النباتية (Fe HA+FA). حضنت لمدد 1 و 3 و 6 و 9 و 12 و 15 و 20 و 25 و 30 و 35 و 40 و 45 و 50 و 55 و 60 يوماً وبواقع مكررين لكل مدة ومتابعة جاهزية الحديد من هذه المصادر مع الزمن واستعملت المعادلات الحركية وفق المؤشرات الإحصائية لوصف سلوك التفاعل. أكدت النتائج انخفاض تراكيز الحديد الجاهز مع الزمن وللمصادر وبالعلاقة ارتباط عالية تبعاً لمعادلة الرتبة الأولى. إذ كانت الأكفاً في وصف العلاقة بين تراكيز الحديد مع الزمن مقارنة بالمعادلات الأخرى وتميز المصدر المخلبي الطبيعي والصناعي بالمحافظة على مستوى حديد جاهز ولمدة شهرين مقارنة بالمصدر المعدني للحديد ($FeSO_4.7H_2O$).

Kinetics of various iron sources in Calcareous soil

Akram A. H. AL-Hadethi

Ahmed R. A. AL-Ani

Collage of agric- Univ. of Anbar

Abstract

A laboratory experiment was conducted to study the effect of artificial chelating sources of Iron made of Fulvic and Humic acid (extracted from peat moss) with Iron sulfate which added as iron humate and fulvaet (FeHA+FA), and the effect of Iron fertilizers applied as Fe-DTPA and $FeSO_4.7H_2O$ on the iron kinetics. Iron sources were incubated to understand the physiochemical behavior of the various sources whether it was mineral ($FeSO_4.7H_2O$) or artificial chelate (Fe-DTPA) or natural chelate from plant residues (Fe HA+FA). The incubation periods were 1, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 and 60 days in two replicates for each period. Iron extracted by DTPA with time from these sources was determined. The results indicated that the DTPA extractable iron were decreased with time for all sources

* البحث مستل من أطروحة الدكتوراه للباحث الثاني

Linear equation, which was the best to describe the relation between iron concentrations with the time compared to other formulas Artificial and natural chelating sources, were distinct by keeping on the highest level of available iron for two months compared to the mineral source of iron ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

المقدمة

يحتل عنصر الحديد المرتبة الرابعة بعد كل من عنصر الأوكسجين والسليكون والألمنيوم من حيث وفرته في القشرة الأرضية أو تبلغ بسبته فيها بصورة أكاسيد وهيدروكسيدات وفوسفات 4.2%. وتتراوح نسبة عنصر الحديد 0.42% في ترب الرملية والى أكثر من 5.58% في الترب الطينية. ومن اهم معادن الحديد الهيماتايت (Fe_2O_3) والمكنتايت (Fe_3O_4) والسدرايت (FeCO_3) والبايرايت FeS_2 والليمونايت ($\text{Fe}_6\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) والجوثايت FeOOH من اهم معادن الحديد في التربة. ويبلغ محتوى الترب من الحديد الكلي بين 100000-200 ملغم كغم⁻¹ (18). تظهر حالات نقص عنصر الحديد على النباتات المزروعة في الترب الكلسية والذي يعرف بنقص المادة الخضراء الناتج عن الكلس (Lime-induced chlorosis) ويعود سبب ذلك الى قلة امتصاص النبات للحديد بالنظر الى لارتفاع محتوى الكلس في الترب العراقية ومعظم ترب المناطق الجافة وشبه الجافة وارتفاع pH. لذا فان جاهزية العناصر الصغرى ومنها الحديد تكون منخفضة، لأنه يتعرض للعديد من تفاعلات الاحتجاز مثل الامتزاز والترسيب رغم ان التركيز الكلي لهذا العنصر (الحديد الكلي) في معظم الترب الكلسية يزيد بشكل كبير عن احتياجات النبات.

ان الدور الذي تؤديه أيونات الكالسيوم في تحسين تهوية التربة مما تعمل على توفير ظروفًا لأكسدة الحديدوز وهي الصورة الأكثر جاهزية من الحديدك لذلك تقل جاهزية الحديد للنبات بسبب ترسيبه (10). كذلك ان ظاهرة الاصفرار تظهر في الترب ذات المستوى المنخفض من الحديد وتعد البيكاربونات واحده من اهم العوامل المؤثرة في تقاوم ظاهرة الاصفرار الناجم عن نقص الحديد وبالأخص في الترب ذات المستوى المنخفض من الحديد والمرتفع في تركيز البيكاربونات في محلول التربة وهي عبارة عن فشل النباتات في تكوين الكلوروفيل والذي بدوره ينعكس سلبيًا في نمو وحاصل العديد من النباتات (15 و 5). ولأجل تأكيد العلاقة بين مسلك وسرعة تفاعلات تحرر الحديد والعناصر الأخرى سواء العناصر الصغرى أو الكبرى أو الثقيلة مع زمن التفاعل فقد تم استخدام نوعين من المعادلات الأولى والرتبة الثانية (11) والثاني منها يعتمد على أسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) معادلة الرتبة صفر والرتبة الأولى والرتبة الثانية (11) والثاني منها يعتمد على أسس طبيعية (معادلة الانتشار) وتجريبية كدالة القوى ومعادلة فرنديخ الاعتيادية والمحورة (20 و 11) أو المعادلات الرياضية التي تعتمد على العلاقات الخطية واللاخطية مع زمن التفاعل (13). وأوضح (20) ان اختيار أكفأ المعادلات الرياضية يعتمد على عدة مؤشرات إحصائية وهي معامل الارتباط (r) ومعامل التحديد (r^2) وقيمة (t) والخطأ القياسي التقديري (SEe) Standard Error estimate.

ان تلك المعادلات بنوعها استعملت لوصف سير التفاعلات الكيميائية والتحولات البايولوجية لعنصر الحديد أو الاثنين معا لأنظمة الحرة أو أنظمة الترب المختلفة. ولقد ذكر (12) انه يمكن توظيف بعض ثوابت تلك المعادلات وخصوصا النوع الأول (الكيمياء الحركية) والتي لها علاقة مباشرة بمعامل التحرر (ثابت سرعة التحرر) ((Release rate constant في تقييم بعض مؤشرات الكيمياء الحركية. ولقد أشار (8) ان معادلة الرتبة الأولى كانت الأفضل في وصف العلاقة بين إطلاق الحديد من مصدره المعدني (كبريتات الحديد) والحديد المخلبي (Fe EDDHA) مع الزمن في تربة كلسية. وبناءً على كل ما تقدم ولقة الدراسات عن سلوكية عنصر الحديد من المصادر المختلفة في الترب الكلسية العراقية هدف هذا البحث الى دراسة حركيات بعض مصادر الحديد المختلفة في تربة كلسية.

المواد وطرائق العمل

تم إجراء تجربة مختبرية استخدم فيها تربة كلسية ذات نسجة طينية من منطقة أبي غريب (كلية الزراعة-جامعة بغداد) والمصنفة ضمن مجاميع الترب العظمى TypicTorriFluvent وفق نظام التصنيف الأمريكي الحديث (19) لدراسة تأثير إضافة مصادر مختلفة من الحديد في تفاعلات حركات الحديد في تربة كلسية. أخذت عينات من الطبقة السطحية 0-30 سم لتربة الدراسة وجففت هوائياً وطحنت ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 ملم، وأجريت التحاليل الكيميائية والفيزيائية المطلوبة والموضحة في جدول 1. فصلت الأحماض الدبالية (الهيومك+الفولفيك) بحسب الطريقة المعتمدة من (16) باستعمال محلول هيدروكسيد البوتاسيوم 0.1 مولاري بدلا من هيدروكسيد الصوديوم بنسبة 10:1 (خلفات عضوية متحللة: KOH) ورجت المحاليل أليا لمدة 24 ساعة بعدها رشحت باستخدام ورق الترشيح والتنقية باستعمال جهاز الطرد المركزي (Centrifuge) بسرعة 4000 دورة. دقيقة⁻¹، أهمل الجزء المترسب وهو الهيومين. أما الراشح فقد جمع وبقي كما هو كمستخلص (حامض الهيومك+ حامض الفولفيك) وحفظ في أوعية بلاستيكية كبيرة. قدرت النسبة المئوية للرطوبة بأخذ كمية معلومة الحجم من مستخلص حامض الهيوميك+ الفولفيك وتجفيفها على درجة حرارة 40 م.

تم تحضير هيومات وفولفات الحديد (Fe-HA+FA) وذلك بإضافة الحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O) الى حامض الهيوميك +حامض الفولفيك بنسبة 6:1 على أساس الوزن (6 حامض هيوميك+حامض الفولفيك: 1 حديد معدني)، ويستخدم هذا المصدر للحديد في كل معاملات التجربة لاحقاً.

أجريت تجربة حركيات الحديد لدراسة تفاعلات الحديد المضاف من المصدر المعدني FeSO₄.7H₂O والمصدر المخلبي Fe DTPA والمصدر العضوي هيوميك وفولفات الحديد (Fe HA+FA) الى التربة ومتابعة التغيرات في جاهزيته مع الزمن. تم وزن 50غم من تربة مجففة هوائياً ومنخولة بمنخل قطر فتحاته 2 ملم ووضعت في حاويات بلاستيكية ثم أضيفت مصادر الحديد المذكورة أنفاً بتركيز 100 مايكرو غرام غم⁻¹ لكل حاوية. وكان عدد الحاويات المستخدمة 3 (مصدر حديد) × 15 (مدة تحضين) × 2 (مكرر) = 90 حاوية وكانت مدد التحضين المستخدمة هي 1 و3 و6 و9 و12 و15 و20 و25 و30 و35 و40 و45 و50 و55 و60 يوم وبواقع

مكررين. إذ أضيف الماء المقطر الى جميع الحاويات بمقدار 100% من السعة الحقلية والمحافظة عليه طيلة مدد التحضين وبعد انتهاء كل مدة تحضين تجفف ترب الحاويات هوائيا تم تقدير الحديد الجاهز فيها طبقا لطريقة (14) وأخضعت النتائج للمعادلات الحركية لدراسة تحرر الحديد مع الزمن.

استعملت معادلات رياضية وفيزيائية ذات أسس تجريبية ومعادلات حركية يعتمد على أسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) لوصف تركيز الحديد في محلول التربة مع الزمن وعلاقته بالحديد الموجود بنظام التربة (11 و13) وهذه المعادلات هي:

- 1 . معادلة الرتبة صفر
Zero order eq. $C_t = C_0 - Kt$
- 2 . معادلة الرتبة الأولى
1St order eq. $\ln C_t = \ln C_0 - Kt$
- 3 . معادلة الرتبة الثانية
2nd order eq. $1/C_t = 1/C_0 + Kt$
- 4 . معادلة الانتشار
Parabolic diffusion eq. $C_t = C_0 - Kt^{1/2}$
- 5 . معادلة ايلوفج
Elovich equation $C_t = C_0 - K \ln t$

إذ ان C_0 كمية (تركيز) الحديد الموجود في المحلول عند الزمن صفر، و C_t كمية (تركيز) الحديد الموجود في المحلول عند الزمن المحدد. و K ثابت التحرر للحديد. ولتحديد أكفاً معادلة تصف تحرر أيونات الحديد في تربة الدراسة اعتمدت المؤشرات إحصائية كمعامل التحديد (R^2) ، وقيمة الخطأ القياسي التخميني (SEe) (Stander Error of Estimate) وقيمة (t) الجدولية (التباين بين القيم).

جدول 1 بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة

مفصولات التربة غم كغم ⁻¹	صنف النسجة	المادة العضوية (غم كغم ⁻¹)	التوصيل الكهربائي (ديسي سيمنز م ⁻¹)	CEC (سنتي مول كغم ⁻¹ تربة)	الحديد الجاهز (ملغم كغم ⁻¹ تربة)	الحديد الذائب (ملغم كغم ⁻¹ تربة)			
الرمل 368	الغرين 80	الطين 552	Clay	15.6	7.4	4.3	17.2	8.4	0.76

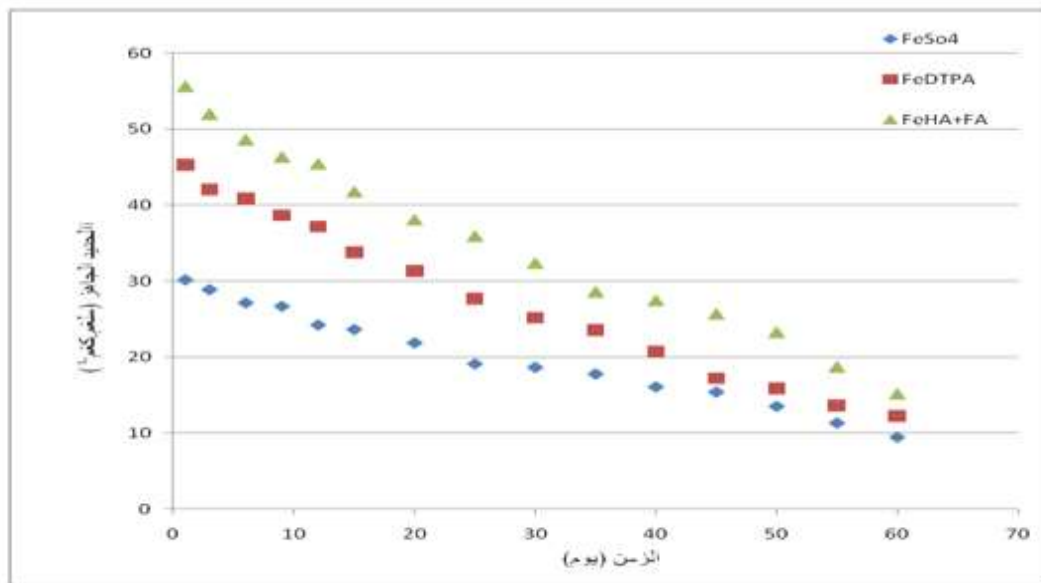
النتائج والمناقشة

تأثير مدة الحضان في تركيز الحديد الجاهز

تشير نتائج شكل 1 ان الحديد الجاهز في تربة الدراسة يتناقص أسيا مع الزمن (يوم) عند إضافة ولمصادر الحديد الثلاثة المضافة $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ و $Fe DTPA$ و $FeHA+FA$. فقد انخفض تركيز الحديد الجاهز بعد يوم واحد من الإضافة ومن المصادر الثلاث المذكورة أنفاً إلى 30.21 و 45.35 و 55.61 ملغم كغم⁻¹ تربة بالتتابع أي ان النسبة المئوية للانخفاض في تركيز الحديد الجاهز بعد يوم واحد من الإضافة كان 69.79 و 54.65 و 44.39% للمصادر المختلفة بالتتابع. واستمر انخفاض تركيز الحديد الجاهز في تربة

الدراسة مع الزمن وسجل أدنى انخفاض بعد مرور 60 يوماً من الإضافة ولجميع المصادر، إذ كان تركيز الحديد الجاهز 9.54 و 12.21 و 15.21 ملغم كغم⁻¹ تربة أي ان نسبة الانخفاض في تركيز الحديد كان 90.55 و 87.79 و 84.79 % لكل من H₂O₇.FeSO₄ و Fe DTPA و Fe HA+FA بالتتابع.

ان أعلى انخفاض في تركيز الحديد الجاهز سجلت مع المصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) وكان بنسبة 90.55% بعد 60 يوماً من الإضافة، ويعود سبب ذلك الى تثبيت وترسيب كميات كبيرة منه في التربة بمرور الزمن وذلك لظروف التربة الكلسية ومحتواها العالي من كاربونات الكالسيوم وارتفاع الاس الهيدروجيني للتربة، تتفق هذه النتائج مع نتائج كثير من الباحثين (3 و 1 و 11 و 9). إذ أشار هؤلاء الباحثين إلى ان زيادة فترة الحضان أدت إلى خفض تركيز الحديد الجاهز في محلول التربة. يعزى سبب الانخفاض السريع في بداية فترة التحضين وذلك لكون التفاعلات الأولى هي تفاعلات سريعة (Fast reaction) أما في المدد الأخرى فتحدث تفاعلات بطيئة، فأن تركيز الحديد في الأزمنة الأولى كان كبيراً مقارنة بالأزمنة المتأخرة بسبب عدم توفر الوقت الكافي لتكوين المعقدات مع العناصر أو معادن الكاربونات مثل تفاعلات الاحتجاز والترسيب والتي يبقى فيها العنصر جاهزاً وهذا يتفق مع (9) إذ لاحظ وجود علاقة معنوية بين امتزاز الحديد وتركيزه في عشر ترب من نينوى ومحتواها من الطين والمادة العضوية وكاربونات الكالسيوم. وعند مقارنة مصادر الحديد الثلاثة نلاحظ ان تركيز الحديد الجاهز من المصدر المخليبي المصنع (Fe HA+FA) كان أعلى من المصادر الأخرى طوال مدة التحضين إذ امتاز مصدر هيومات فولفات الحديد (Fe HA+FA) باحتوائه على أكبر كمية من الحديد الجاهز المتبقي في التربة ويعزى سبب ذلك الى دور حامض الهيوميك والفولفيك في خلب الحديد وثبات معقداتها مع الحديد والبقاء لمدة طويلة.



شكل 1 تركيز الحديد الجاهز (ملغم كغم⁻¹) المضاف من المصادر المختلفة في تربة الدراسة مع مدد تحضين مختلفة

ان تفوق المصدر المخليبي المصنع (Fe HA+FA) على المصدر المخليبي الصناعي (Fe DTPA) يعود الى الخصائص الكيميائية كالأستقرارية أو الثباتية للأحماض الدبالية مع العناصر الصغرى التي تؤدي الى خفض عملية تحولاتها واحتجازها في التربة وكذلك مساهمتها في زيادة سرعة انتشاره وبقائه في طورها السائل، وهذه النتائج متوافقة مع 3 و 1 في استخدامهما لهيومات و فولفات الحديد المستخلصة من قش الحنطة ومخلفات الماعز وتفوقهما على الحديد المخليبي الصناعي (Fe- DTPA) والحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O)، وتتفق أيضا مع نتائج 6 عند استخدامه لسماذ هيومات و فولفات الحديد المستخلصة من كوالح الذرة وتفوقه على الحديد المخليبي (Fe DTPA). ومن الملاحظ ان تركيز الحديد الجاهز المتبقي في نهاية مدة التحضين عند اضافة الحديد بصورة Fe HA+FA يقدر بـ 15.21 ملغم كغم⁻¹ مقارنة مع الاسمدة المخليبية الصناعية والمعدنية وهذا يؤكد فاعلية هذا المركب ليس في الاسابيع الاولى فقط ولكن لجميع مدد التحضين.

حركيات تحرر الحديد

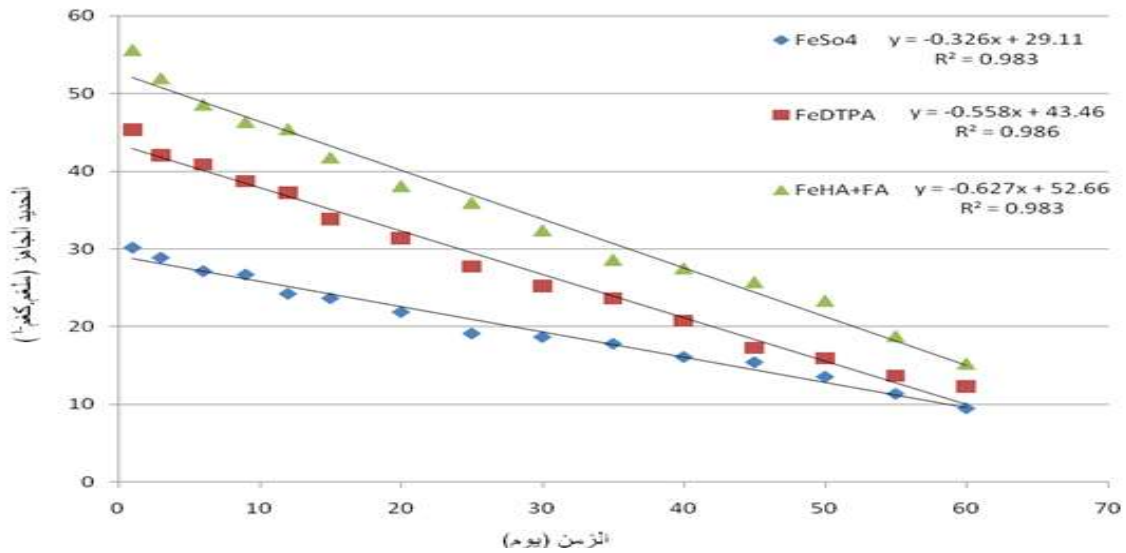
لتحديد العلاقة بين سلوك وسرعة تفاعلات تحرر الحديد من المصادر المختلفة المعدنية والعضوية مع مدد التحضين استعملت خمسة معادلات اعتمدت بعضها على أسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) وهي معادلات الرتبة صفر والأولى والثانية اوضحت نتائج جدول 2 ان معادلة الرتبة الأولى (First order reaction) كانت هي الأكفأ في وصف العلاقة بين تحرر الحديد الجاهز مع زمن التفاعل (t) وذلك لحصولها على أعلى معامل تحديد (R²) (0.982) واقل خطأ قياسي (SEe)(0.049) بالرغم من ان معادلة الانتشار اعلى من معادلة الرتبة الأولى من حيث معامل تحديد (R²) بمقدار 0.983 ألا إنها ذات معدل خطأ قياسي اعلى (SEe)(1.285) أي ان معادلة الرتبة الأولى تفوقت على بقية المعادلات من حيث معدل معامل التحديد (R²) واقل خطأ قياسي (SEe). أي ان النموذج الرياضي (lnC_t=lnC₀-Kt) لمعادلة الرتبة الأولى هو الأنسب في وصف العلاقة بين الحديد الجاهز المضاف من المصادر المختلفة في تربة الدراسة مع الزمن (يوم).

جدول 2 مؤشرات المعادلات الحركية المختلفة لوصف تفاعل الحديد في تربة الدراسة المعاملة بمصادر مختلفة من الحديد

المعاملة	Zero – order	1 St – order	2 nd . - order	Diffusion	Elovich
FeSo ₄	0.983	0.993	0.907	0.980	0.855
	SEe	0.873	0.006	0.943	2.551
	T	-27.493	11.320	-25.431	-8.781
FeDTPA	0.988	0.976	0.943	0.985	0.857
	See	1.316	0.004	1.364	4.324
	T	-31.168	14.691	-30.058	-8.844
FeHA+FA	0.983	0.978	0.898	0.985	0.867
	SEe	1.639	0.004	1.548	4.695
	T	-28.153	10.740	-29.834	-9.231
المعدل	0.969	0.982	0.916	0.983	0.859
	SEe	1.276	0.004	1.285	3.856
	T	-28.938	-30.708	12.250	-28.441

ان تفوق معادلة الرتبة الأولى يتفق مع النتائج التي أشارت اليها بعض الدراسات فقد وجد (13) ان تحرر الحديد من المركبين المخليبين Fe EDTA و Fe DTPA في عدد من الترب الكلسية يتبع معادلة الرتبة الأولى. كما وجد (13) ان معادلات الرتبة الأولى والثانية ومعادلة ايلوفج التجريبية كانت هي الأفضل في وصف تحرر الحديد من المركب المخليبي Fe EDDHA مع الزمن في خمس ترب كلسية. كما وجد (2 و 11) ان معادلة الرتبة الأولى كانت الأكفأ في وصف تحرر الحديد من مركباته المعدنية والمخيلية. كما أظهرت دراسة (4 و 8) تفوق معادلة الرتبة الأولى على بقية المعادلات المستخدمة في دراستهم تقييم معامل سرعة تحرر الحديد من المركبين Fe EDDHA و FeSO₄.7H₂O في تربة كلسية.

ان معادلة الحركيات لمصادر أسمدة الحديد المختلفة طبقاً لمعادلة الرتبة الأولى في شكل 2 الذي بين العلاقة بين الحديد الجاهز (ملغم لتر⁻¹) في تربة الدراسة مع الزمن (يوم) ومن هذه المعادلة نلاحظ ان قيمة ثابت سرعة التحرر للحديد المحسوب بواسطة المعادلة (شكل 2) لمصدر الحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O) كان 0.326 ملغم يوم⁻¹ في حين بلغ قيمة ثابت سرعة التحرر للحديد 0.558 ملغم. يوم⁻¹ بالنسبة للمصدر المخليبي (Fe DTPA) و 0.627 ملغم. يوم⁻¹ بالنسبة للمصدر العضوي (Fe HA+FA). ومن هنا يظهر ان قيمة ثابت سرعة تحرر الحديد اعلى قيمة له كانت عند إضافة المصدر العضوي (Fe HA+FA) وتوقفت على مصدري الحديد الأخرى المضافتين الى تربة الدراسة.



شكل 2 العلاقة بين الحديد الجاهز (ملغم كغم⁻¹) المضاف من المصادر المختلفة في تربة الدراسة مع الزمن (يوم) طبقاً لمعادلة الرتبة الأولى.

المصادر

1-التميمي، هيفاء جاسم حسين، 1997. السلوك الكيميائي لأسمدة المغذيات الصغرى المخيلية والمصنعة من الحوامض الدبالية وكفاءتها في بعض الترب الكلسية. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة البصرة. العراق.

- 2- جارالله، عباس خضير عباس، 2005. تقييم الواقع الخصوبي للحديد وأستجابة نبات الحنطة في بعض ترب السهل الرسوبي. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد. العراق.
- 3- الحديثي، أكرم عبد اللطيف، 1997. دور الأحماض الدبالية المضافة في تركيز وتحرر بعض العناصر الغذائية في الترب الكلسية. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- 4- الربيعي، ابتسام مجيد رشيد، 2002. تأثير الحديد المضاف ونوع الأملاح والمادة العضوية في الحديد المستخلص من التربة. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- 5- السامرائي، إسماعيل خليل، 2002. دور الأسمدة الحيوية في معالجة اصفرار نقص الحديد في نباتات الحنطة. مجلة الزراعة العراقية مجلد (7)، العدد (8): 7-16.
- 6- السرهيد، بسام رمضان. 2013. تحضير تركيبات سمادية مخلبية طبيعية للزنك والحديد ودراسة سلوكها في التربة وأثرها في حاصل الخيار *Cucumissativus*L. تحت ظروف البيوت البلاستيكية. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة الأنبار.
- 7- العبيدي، رغدة كريم أحمد، 2010. كفاءة هيومات الزنك في جاهزية الزنك وأثره في نمو الحنطة *Triticum durum* L. في بعض الترب الكلسية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة الأنبار.
- 8- الغريبي، فاضل عواد كريدي، 2003. سلوك وكفاءة أسمدة الحديد في الترب الكلسية تحت ظروف الزراعة المحمية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- 9- الكنة، فاضل رشيد عثمان، 2006. دراسة سلوكية الحديد في بعض ترب محافظة نينوى وأثرها في نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea Mays* L. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة والغابات. جامعة الموصل.
- 10- النعيمي، سعد الله نجم عبد الله، 1999. الأسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة الموصل.
- 11- 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.
- 12- Chang, R., 1977. Physical Chemistry with Application to Biological System .Macmillan Pub. Co., Inc. N. Y
- 13- 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.

- 14- 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.
- 15- Marschner, H. V.; Romhdd and M. Kissel, 1986. Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron *J. P. (3):*553-559
- 16- Page, A, L., R. H Miller and D. R. Keeney (Eds), 1982. *Methods of Soil Analysis.Part.2.chemical & microbiological Properties.* Am .Soc. of Agr, S.S.S.Am.Inc., Madison, Wisc, USA.
- 17- Ryan, J and S. N. Harig, 1983. Transformation of incubated micronutrient chelates in Calcareous soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47: 806-810.
- 18- Sauchelli, V., 1969. *Trace element in Agriculture.* Van nostr and reinhold Co. London.
- 19- Soil Survey Staff (SSS), 2006. *Key to Soil taxonomy.* 10thedition.USA.
- 20- Sparks, D. L., 1989. *Kinetics of Soil Chemical Processes.* Academic Press, N. Y.