

العلاقة بين أشكال الحديد وبعض خصائص التربة تحت أغطية نباتية مختلفة في محافظة دهوك - شمال العراق

حازم محمود أحمد
قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة
والغابات / جامعة الموصل

قحطان درويش عيسى الخفاجي
قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة
والغابات / جامعة الموصل

dr.hazimahmed@uomosul.edu.iq

qahtan_darwish@uomosul.edu.iq

• تاريخ استلام البحث 11/3/2021 وقبوله 6/4/2021

• البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الأول

الخلاصة

اختيرت ستة مواقع لترب مختلفة في الغطاء الغابي والغطاء النباتي لدراسة صور وأشكال الحديد في هذه الترب، بيدونين في غابات أتروش أحدهما تحت أشجار الصنوبر والآخر تحت أشجار البلوط وبيدونين في غابات زاويتا تحت أشجار الصنوبر وتحت أشجار البلوط، وبيدون في ناحية باتيل لتربة غير مستغلة زراعيًا، وبيدون في سهل السليفاني لتربة مزروعة بالحنطة. أشارت النتائج بأن التباين في طبيعة الغطاء النباتي أدى إلى اختلاف وتوزيع واضح في قيم الأشكال المختلفة للحديد، وأظهرت النتائج بأن المحتوى الكلي للحديد في الترب تراوح بين (21580 إلى 35525 ملغم.كغم⁻¹)، أما المحتوى الجاهز من الحديد فقد تراوح بين (4.96 - 8.85 ملغم.كغم⁻¹)، في حين الحديد المرتبط بالمادة العضوية تراوح بين (28.5 - 148.20 ملغم.كغم⁻¹)، والحديد المرتبط بالكاربونات تراوح بين (150.4 إلى 350.8 ملغم.كغم⁻¹)، بينما الحديد المرتبط بالأكاسيد غير المتبلورة تراوح محتواه بين (58.5 إلى 5206.0 ملغم.كغم⁻¹)، في حين الحديد المتبقي في التربة تراوح محتواه بين (21020.8 - 33470.8 ملغم.كغم⁻¹)، كما أظهرت النتائج بأن الحديد الجاهز يرتبط بعلاقة ارتباط موجبة مع المادة العضوية وعلاقة ارتباط سالبة مع الكربونات في التربة، ومن جهة أخرى هناك علاقة ارتباط سالبة بين درجة تفاعل التربة (pH) والأشكال المختلفة (عدا المرتبط بالكاربونات) للحديد في الترب المدروسة. كلمات دالة: أشكال الحديد، خصائص التربة.

The Relationship Between Iron Forms and Some Soil Properties Under Different Vegetation Cover in Duhok Governorate - Northern Iraq

Qahtan D. Essa Al-Khafagi

Soil Science & Water Resources Dept.
College of Agriculture and Forestry
Mosul University / Iraq

dr.hazimahmed@uomosul.edu.i

Hazim M. Ahmed

Soil Science & Water Resources Dept.
College of Agriculture and Forestry
Mosul University / Iraq

qahtan_darwish@uomosul.edu.i

- Date of research received 11/3/2021 and accepted 6/4/2021
- Part of PhD dissertation for the first author.

ABSTRACT

In order to study the forms of iron and its related with some soil properties in forest soils and agricultural soils, six different sites were chosen from the Dohuk Governorate in northern Iraq. They varied in forest cover and vegetation as follows: Two pedons in the forests of Atrush area, one of which is under the pine trees and the other under oak trees, and two pedons is also in the forests of Zawita area under the pine trees and under the oak trees, pedon in Bateel area for soil that is not exploited for agriculture, and pedon is in the Slifani Plain area for soil cultivated with wheat. The results indicated that the variation in the nature of vegetation cover led to a clear difference and distribution in the values of iron, at different forms the results showed that the total iron content in the soils ranged between (21580 to 35525 mg.kg⁻¹), and the available iron content ranged between (4.96 - 8.85 mg.kg⁻¹), while iron related with organic matter (Fe-O.M) ranged between (28.5 - 148.20 mg.kg⁻¹), and iron

related with carbonate (Fe-CaCO_3) ranged between (150.4 to 350.8 mg.kg^{-1}), while iron related with free oxides (Fe-Oxides) ranged from Its content ranged between (58.5 to 5206.0 mg.kg^{-1}) in the studied soils, while the residual iron in the soil ranged between (21020.8 - 33470.8 mg.kg^{-1}). The results also showed that available iron has a positive correlation with organic matter and a negative correlation with carbonates in the soil, and a negative correlation between (pH) and different forms (except related carbonate) of iron in the studied soils.

Key words : iron forms , soil properties.

المقدمة

يعتبر الحديد من العناصر الصغرى التي يحتاجها النبات لدوره الفعال في كثير من التفاعلات الكيميائية والفعاليات الحيوية التي تحدث في النبات وفي التربة (الالوسي، 2003). ويتصف بمحتواه القليل من حيث الوفرة إذ يبلغ محتواه الكلي كمتوسط عام 40 غم.كغم⁻¹ تربة إلا أن المحتوى الجاهز منه أقل من 0.02% ويكون نقصه شائعاً في الترب القاعدية خاصة الكلسية (Lindsay، 1979). وتعد كيمياء الحديد من التفاعلات الديناميكية المهمة في التربة نظراً لما يصاحبها من حدوث تغير في التكافؤ نتيجة استجابة هذه العناصر للتفاعلات الفيزيوكيميائية (Pendias، 2001). لذلك وجد أن كثير من التفاعلات الكيميائية التي تحدث للحديد تتأثر بدرجة تفاعل التربة وجهد الأكسدة والاختزال لنظام التربة (Giblin، 2009). كما تشجع الظروف القاعدية وظروف الأكسدة على حدوث ترسيب للحديد بعكس الظروف الحامضية وظروف الاختزال التي يصاحبها حدوث ذوبان مركبات الحديد (Essington، 2004).. تتعرض العناصر في التربة خاصة الصغرى إلى سلسلة من التفاعلات مثل الامتزاز، التحرر، الترسيب، الإذابة، التبادل الأيوني، الإحلال في التركيب البلوري للمعادن، وهذه التفاعلات ذات دور كبير في جاهزية العناصر الصغرى وانتقالها في التربة (الفراج والوابل، 2009). إن تقدير صور الحديد الجاهز والمتبادل يعطي وصفاً لجاهزية هذا العنصر وأهميته في تغذية النبات، لذلك فإن توزيع الحديد بين أجزاء التربة ضروري لفهم كيمياء هذا العنصر، ولتحقيق هذا الهدف لجأ بعض الباحثين إلى عمل استخلاص متعاقب للتربة لأجل تجزئة صور الحديد المرتبط مع مكونات التربة لإعطاء معلومات وافية عن كيمياء هذا العنصر (Rao وآخرون، 2008) و (Bakhshi و Tabande، 2017). حيث أن الاستخلاص المتعاقب يُفسر ارتباط الحديد، وحسب (Kashem وآخرون، 2007) فإن طريقة الاستخلاص المتعاقب تقدر عنصر الحديد المرتبطة بالكربونات والمادة العضوية والأكاسيد والهيدروكسيدات والجزء المتبقي residual الذي يمثل الجزء غير النشط في حين تكون الصور المرتبطة بالمكونات اعلاه نشطة بسبب اعتمادها على بعض خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية (Shakeri و Saffari، 2020). وعلى نطاق الطرق تركزت أغلب الدراسات على المحتوى الكلي للحديد وعلى الجزء المستخلص بـ DTPA. في حين تناولت دراسات أخرى أشكال الحديد، مما يتطلب معرفة سلوك الحديد وتحولاته في التربة وقدرته على توفير الصورة الجاهزة للنبات. لذلك كان الهدف من البحث تأثير الغطاء الغابي والنباتي على الأشكال الكيميائية للحديد باستخدام طريقة الاستخلاص المتعاقب في بعض ترب شمالي العراق.

المواد وطرائق العمل

1- أختيار مواقع الدراسة :

شملت الدراسة موقعين مختلفين لترب غابات أتروش (صنوبر وبلوط) وغابات زاويتا (صنوبر وبلوط) وموقع في ناحية باتيل غير مستغل زراعياً وموقع في سهل السليفاني مزروع بالحنطة ضمن محافظة دهوك شمالي العراق، جمعت عينات التربة من ثلاث أعماق من كل بيدون فأصبح المجموع الكلي لعدد العينات ثمانية عشر عينة تربة. جففت عينات التربة هوائياً وطحنت باستخدام مطرقة خشبية ثم نخلت بمنخل 2 ملم وقدر فيها كمية المفصولات الثلاث الطين والغرين والرمل وكربونات الكالسيوم الكلية والنشطة والمادة العضوية والسعة التبادلية للأيونات الموجبة والدالة الحامضية pH والتوصيل الكهربائي EC بالطرق الموصوفة (Carter و Gregorich، 2008). بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية مدرجة في الجدول (1).

2- تقدير صور الحديد المختلفة

1- الحديد الكلي Total – Fe

تم استخلاص الحديد الكلي من التربة باستخدام كربونات الصوديوم اللامائية مع (10) ملتر من حامض الهيدروكلوريك (HCl) بتركيز (5M)، و (60%) من حامض البيروكلوريك، وفقاً للطريقة الواردة في (Black، 1965)

2- الحديد الجاهز Available – Fe

قدر محتوى الحديد الجاهز بعد الاستخلاص بواسطة المادة المخيلية DTPA وفقاً لـ (Lindsay و Norvell، 1978)

جدول (1) بعض خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية لأفاق بيدونات الدراسة

العمق	تفاعل التربة	التوصيل الكهربائي	مفصولات التربة			كربونات الكالسيوم		المادة العضوية	السعة التبادلية الكاتيونية
			الطين	الغرين	الرمل	الكلية	الفعالة		
سم	غم	ديسيمنز.م ⁻¹	غم.كغم ⁻¹	سنتمول.كغم ⁻¹					
بيدون (1) أتروش / صنوبر									
0 – 18	7.39	0.745	331.2	440.0	228.8	395.0	80.0	28.20	26.95
18 – 38	7.42	0.650	171.2	480.0	348.8	450.0	85.0	17.54	26.95
38 – 55	7.47	0.500	451.2	400.0	148.8	465.0	90.0	6.19	14.78
بيدون (2) أتروش / بلوط									
0 – 22	7.46	0.765	371.2	400.0	228.8	195.0	80.0	32.68	28.69
22 – 46	7.30	0.760	451.2	360.0	188.8	380.0	87.5	19.60	36.52
46 – 60	7.38	0.790	331.2	360.0	308.8	295.0	90.0	15.82	26.95
بيدون (3) زاويتا / صنوبر									
0 – 20	7.97	0.555	335.2	532.0	132.8	360.0	90.0	15.16	17.39
20 – 50	8.11	0.605	295.2	452.0	252.8	410.0	95.0	13.78	20.00
50 – 90	7.76	0.740	295.2	492.0	212.8	425.0	100.0	13.09	20.00
بيدون (4) زاويتا / بلوط									
0 – 22	7.86	0.965	363.2	264.0	372.8	230.0	105.0	30.61	31.30
22- 54	8.45	0.785	243.2	264.0	492.8	425.0	115.0	7.22	16.52
54 – 90	8.07	0.790	203.2	264.0	532.8	425.0	105.0	3.44	16.52
بيدون (5) باتيل / غير مستغلة									
0 – 18	7.35	1.010	133.8	757.4	108.8	325.0	105.0	23.39	27.82
18 – 59	7.41	0.875	575.2	396.0	28.8	320.0	110.0	8.60	25.21
59 – 91	7.58	0.945	695.2	276.0	28.8	340.0	115.0	6.19	20.86
بيدون (6) سهل السليفاني / حنطة									
0 – 24	7.78	0.985	335.2	492.0	172.8	210.0	80.0	34.40	27.82
24 – 60	7.88	0.825	335.2	412.0	252.8	235.0	100.0	20.98	25.21
60 – 88	7.89	0.700	375.2	372.0	252.8	240.0	105.0	13.07	24.34

3-2 الحديد الذائب Soluble – Fe

استخلص الحديد الذائب في معلق 1:1 تربة: ماء وفقاً للطريقة الواردة في (Page وآخرون، 1982)

4-2 الحديد المتبادل Exchangeable – Fe

تم استخراج قيم الحديد المتبادل وفقاً لما جاء في (Jackson، 1958).

الحديد المتبادل = الحديد الجاهز - الحديد الذائب.

5-2 الحديد غير المتبادل Non-exchangeable – Fe

حسب الحديد غير المتبادل حسب المعادلة التالية

الحديد غير المتبادل = الحديد الكلي - الحديد الجاهز

3- الاستخلاص المتعاقب لتجزئة الحديد

1-3 استخلاص الحديد المرتبط بالكربونات في التربة :

أخذ 10 غم تربة جافة وأضيف لها 150 مل خلات الصوديوم 1 عياري (pH = 5) ورجت لمدة 24 ساعة ثم رشحت خلال ورق ترشيح Watman 42 وقدر في هذا الراشح الحديد المرتبط بالكلس (Sims و Patrick، 1978).

2-3 استخلاص الحديد المرتبط بالمادة العضوية في التربة :

أخذ 10 غرام تربة جافة هوائياً وأضيف لها 100 مل من بيروكسيد الهيدروجين H₂O₂ بتركيز (30-35%) على دفعات متتالية في دورق ثم تترك لمدة ساعتين وتسخن محتويات الدورق على حرارة بحيث لا يحصل غليان للمكونات في الدورق حتى انتهاء التفاعل بعد ذلك يتم هضم الكلس كما ورد في الفقرة (1-3).

تحتسب كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية كما يلي :
 كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية = كمية الحديد الناتج من هضم المادة العضوية والكلس - كمية الحديد المرتبط بالكلس. (Sims و Patrick، 1978) و (حسين، 1977)
 3-3 استخلاص الحديد المرتبط بالأكاسيد غير المتبلورة في التربة
 تم تقدير الحديد المرتبط بأكاسيد الحديد غير المتبلورة حسب الطريقة المقترحة من قبل Schwertmann (1964) ، اذ اخذ نموذج التربة في الفقرة (2-3) بعد هضم الكلس والمادة العضوية وأضيف لها 100 مل من محلول الاستخلاص المتكون من 0.2 عياري أوكزالات الامونيوم الحامضية (pH = 3) وبعد الرج لمدة أربع ساعات في الظلام يتم الترشيح من خلال ورق ترشيح Watman 42 ويقدر في هذا الراشح عنصر الحديد.
 4-3 استخلاص الحديد المتبقي :
 ويستخرج بالطرح للأجزاء الثلاثة المستخلصة من التركيز الكلي .

النتائج والمناقشة

1- الحديد الكلي

تؤثر التفاعلات الكيميائية التي تحدث في التربة خصوصاً تفاعلات الاكسدة والاختزال على اختلاف وتباين كمية الحديد بين الترب بشكل عام أو ضمن الافاق والطبقات للتربة الواحدة بشكل خاص نظراً لتواجد الحديد بصورتين (حديدك وحديدوز) مما يجعل وجود عوامل تتحكم في حدوث التفاعلات منها المحتوى الرطوبي ومحتوى الطين والغرويات العضوية الحاوية على المجاميع العضوية الفعالة التي تكوّن مخلبيات ومعقدات مع الحديد (Jensen وآخرون، 2002). ويتحقق ذلك في الجدول (2) الذي يُظهر تباين محتوى الحديد الكلي بين المواقع وضمن الموقع الواحد حيث تراوحت قيمة بشكل عام في جميع الترب بين 21580 الى 35525 ملغم/كغم¹ .

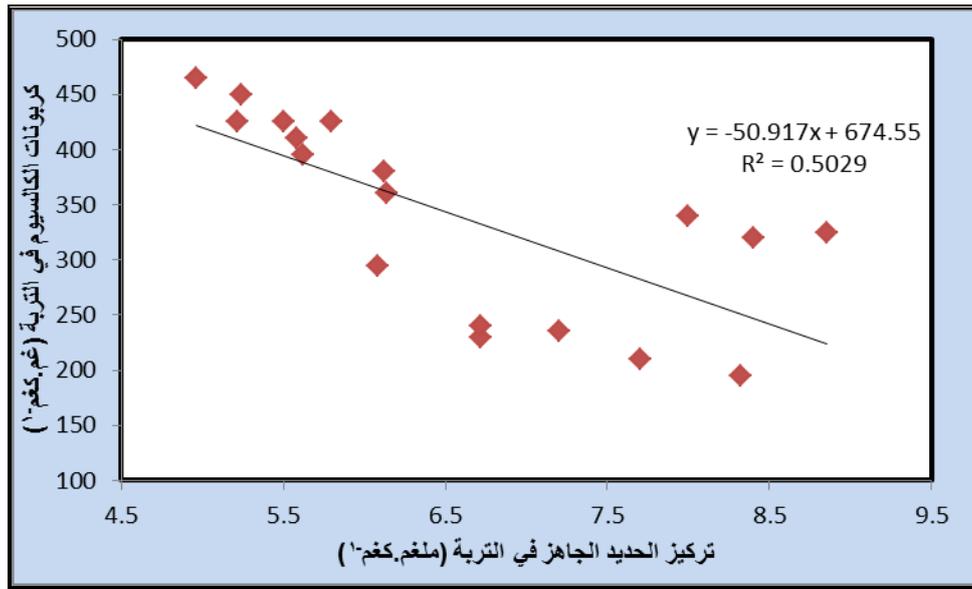
جدول (2) تركيز عنصر الحديد بالصور المختلفة في عينات ترب الدراسة

الحديد الكلي mg.kg ⁻¹	الحديد غير المتبادل mg.kg ⁻¹	الحديد الجاهز mg.kg ⁻¹	الحديد المتبادل mg.kg ⁻¹	الحديد الذائب mg.kg ⁻¹	العمق سم
بيدون (1) أتروش / صنوبر					
33480	33474.38	5.62	3.47	2.15	0 – 18
31235	31229.76	5.24	3.84	1.40	18 – 38
21580	21575.04	4.96	3.11	1.85	38 – 55
بيدون (2) أتروش / بلوط					
35525	35516.68	8.32	7.22	1.10	0 – 22
32660	32653.88	6.12	4.87	1.25	22 – 46
33430	33423.92	6.08	5.03	1.05	46 – 60
بيدون (3) زاويتا / صنوبر					
28125	28118.86	6.14	4.54	1.60	0 – 20
31310	31304.42	5.58	4.28	1.30	20 – 50
33980	33974.50	5.50	4.25	1.25	50 – 90
بيدون (4) زاويتا / بلوط					
32230	32223.28	6.72	4.87	1.85	0 – 22
28455	28449.20	5.80	4.65	1.15	22- 54
30675	30669.78	5.22	4.27	0.95	54 – 90
بيدون (5) باتيل / غير مستغلة					
32915	32906.15	8.85	6.95	1.90	0 – 18
33545	33536.60	8.40	6.60	1.80	18 – 59
30670	30662.00	8.00	6.30	1.70	59 – 91
بيدون (6) سهل السليفاني / حنطة					
32490	32482.30	7.70	5.95	1.75	0 – 24
32845	32837.80	7.20	5.00	2.20	24 – 60
31110	31103.28	6.72	5.77	0.95	60 – 88

كما يلاحظ من الجدول أن أعلى قيمة وجدت في العمق الأول لتربة غابة أتروش / بلوط، وأقل قيمة وجدت في العمق الثالث لتربة غابة أتروش/ صنوبر. ان تذبذب قيم الحديد الكلي بين الزيادة والنقصان تحكمه اما ظروف الاكسدة أو الاختزال أو المعادن الأولية الحاملة له أو تأثير التجوية الكيميائية وعلاقته بسيادة صورة على صورة أخرى للحديد أو تنوع الغطاء النباتي وعلاقتها بتحلل وتفكس مخلفاته وتكوين مركبات دبالية تحوي على مجاميع عضوية أو تفاوت نسبة الكربونات حيث يقل الحديد عند زيادة محتوى الكربونات لأنه يكون مركبات مترسبة مع الكربونات (Jon و Mary ، 2001).

2- الحديد الجاهز

يشمل هذا الحديد الصيغة الأيونية للحديد Fe^{+2} بالإضافة الى صورة الحديد المتبادل مع بعض أشكال الحديد المرتبط بالمادة العضوية ، ويتم استخلاصه من التربة بـ DTPA حيث يظهر الجدول (2) قيمة التي تراوحت بين (4.96 - 8.85 ملغم.كغم⁻¹) في جميع مواقع الدراسة. ويلاحظ من الجدول (2) أن أقل قيمة كانت في العمق الثالث لتربة أتروش/ صنوبر مقابل أعلى قيمة في العمق الأول لتربة باتيل/ غير مستغلة. ان انخفاض قيم الحديد الجاهز مقارنة بالحديد الكلي يشير الى مجموع صور الحديد الذائب في محلول التربة والجزء المتبادل القابل للامتصاص من قبل النبات (الجبوري، 2019). وعند النظر الى التوزيع العمودي للحديد الجاهز نرى أنه يتماشى مع التوزيع العام للمادة العضوية في ترب الدراسة ، وان الانخفاض في قيم الحديد الجاهز في ترب الدراسة يعود الى احتمالين : الاول هو دخول الحديد في تكوين مركبات عضوية معقدة أو ارتباطه مع الطين أو ارتباطه مع كربونات الكالسيوم وكما يظهر من الشكل (1) ان العلاقة عكسية بين الحديد الجاهز مع كمية الكربونات في التربة أو يتواجد بصورة أكاسيد وهيدروكسيدات الحديد. الثاني نشاط عمليات الغسل بفعل السواقي المطرية التي يمكن أن تغسل الحديد الجاهز (Meena وآخرون، 2017).

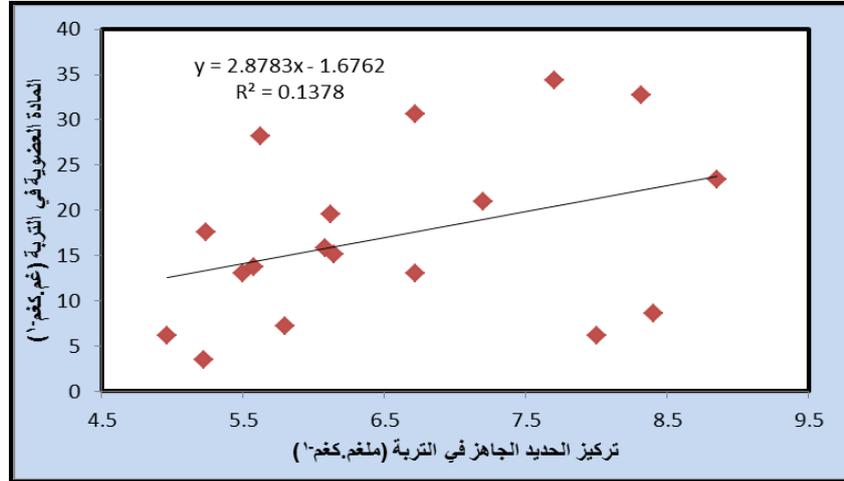


الشكل (1) العلاقة بين الحديد الجاهز وكمية كربونات الكالسيوم في التربة

3- الحديد المرتبط بالمادة العضوية (Fe-O.M)

يتصف الحديد بأنه يكون معقدات عضوية معدنية اعتماداً على درجة تحلل وتحول المادة العضوية الى مركبات دبالية بمعنى أن الحديد المرتبط بالمادة العضوية يزداد مع زيادتها، ويعرض الجدول (3) هذا الشكل من الحديد حيث اعطت تربة أتروش / بلوط أعلى القيم مقارنة مع بقية الترب الاخرى اذ تراوحت من (111.15 - 148.20 ملغم.كغم⁻¹) في حين وصلت أقل قيمة للحديد (Fe-O.M) في العمق الثالث لتربة سهل السليفاني / حنطة (28.50 ملغم.كغم⁻¹). ان الاختلافات في كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية بين المواقع المدروسة قد يعزى الى طبيعة المادة العضوية المتكونة واختلاف ظروف تحللها أو قدرة المادة العضوية على توفير مواقع امتزاز يمكن للحديد الارتباط بها او تكوين مجاميع فعالة معها (Zhao وآخرون، 2016). مما سبق يلاحظ ان كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية قليلة مقارنة بكمية الحديد المرتبط بمكونات التربة الاخرى بسبب حدوث تحلل وتفكس تام للمادة العضوية في هذه الترب (Mandal و Mitra، 1982)، وهنا أشار Shuman (1985) ان هناك تأثير لدرجة تفاعل التربة على كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية حيث تزداد كلما انخفضت درجة التفاعل وهذا كان واضحاً في الترب المدروسة (الجدول 3). وفي ظروف الترب المدروسة فان محتوى المادة

العضوية وارتفاع درجة تفاعل التربة دور واضح بالاختلافات في كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية بين الترب. ويظهر من خلال الجدول ان كمية الحديد المرتبط بالمادة العضوية عالي في الأفق السطحية ويقل مع العمق في جميع المواقع، وهناك علاقة ارتباط موجبة بين الحديد الجاهز والمادة العضوية في التربة (الشكل 2) خاصة ترب الغابات لأنها تعمل على تثبيط عملية أكسدة الحديد وتزيد من الصورة الجاهزة (Yan وآخرون، 2016).



الشكل (2) العلاقة بين الحديد الجاهز وكمية المادة العضوية في التربة

4- الحديد المرتبط بمعادن الكربونات (Fe-CaCO_3)
يكون الحديد مع الكربونات مركبات يغلب عليها الترسيب مما يحد من حركة وانتقال الحديد كأيون حر لذلك نتوقع أن يشكل هذا النوع من الحديد نسبة قليلة مقارنة مع الأنواع الأخرى ولاظهار سلوك الحديد مع الكربونات يعرض الجدول (3) قيم الحديد (Fe-CaCO_3) التي تتراوح بين 150.4 الى 350.8 ملغم.كغم⁻¹ تربة في جميع الأعماق ولكافة المواقع ، اذ سجلت أقل قيمة في العمق الاول لتربة أتروش / بلوط وأعلى قيمة في العمق الثالث لتربة أتروش / صنوبر، فقد أوضح بعض الباحثين ان الحديد له ارتباطين مع الكربونات الكلية ومع الكربونات النشطة أو الفعالة ولهذا تكون نسبته قليلة والسبب في ذلك يعود الى ان معادن الكربونات تعمل على تثبيد الحديد ويقوة تقاوم تأثير محلول الاستخلاص (Takkar، 1969). كما يظهر من الجدول أن ترب الدراسة يقل فيها الحديد المرتبط بالكربونات في العمق الاول بسبب قلة نسبة الكربونات الكلية في هذا العمق نتيجة حركته أو انتقاله الى الأعماق السفلى.

5- الحديد المرتبط بالأكاسيد غير المتبلورة (Fe-Oxides)
يظهر الجدول (3) وجود زيادة في كمية الحديد المرتبط بالأكاسيد غير المتبلورة في الأعماق السطحية لمواقع الدراسة ويقل بعد ذلك بصورة تدريجية مع العمق ، هذا السلوك يفسر امكانية وجود تفاعلات تحلل واذابة للمعادن الحاملة للحديد بشكل ملحوظ في الأفق السطحية وتقل هذه التفاعلات مع زيادة العمق، وبوجود كمية عالية من كربونات الكالسيوم فإن الحديد المتحرر يترسب على هيئة أكاسيد وأكاسيد مائية (عثمان، 2006). ويلاحظ من الجدول ان تركيز الحديد المرتبط بالأكاسيد السداسية تراوح بين 58.5 ملغم.كغم⁻¹ في العمق الثالث لتربة زاويتا / بلوط و 5206.0 ملغم.كغم⁻¹ في العمق الاول لتربة أتروش / بلوط وبلغت نسبة هذا الشكل من الحديد 5.59 % .

6- الحديد المتبقي في التربة (Fe-Res.)
يقصد بالحديد المتبقي، الحديد الذي لم يتم استخلاصه حيث يلاحظ من الجدول (3) وجود كميات عالية من هذا الحديد لدرجة تصل النسبة المئوية الى نسبة الحديد الكلي 80 % . حيث وجد نفس هذا السلوك في دراسات سابقة مثل (نصر، 2017) و (Jaafar و Al-Balkhi، 2018). وكانت أقل قيمة للحديد المتبقي في العمق الثالث لتربة أتروش / صنوبر 21020.8 ملغم.كغم⁻¹ في حين سجلت أعلى قيمة في العمق الثالث لتربة زاويتا / صنوبر 33470.8 ملغم.كغم⁻¹.

جدول (3) كمية الحديد المرتبط بالمفصولات المختلفة في عينات ترب الدراسة

Fe-Total	Fe – Residual		Fe – Oxides		Fe – CaCO ₃		Fe – O.M		العمق
mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	%	mg.kg ⁻¹	سم
بيدون (1) أتروش / صنوبر									
33480	97.6	32684.3	1.28	430.9	0.73	246.0	0.35	118.75	0 – 18
31235	97.9	30610.2	0.69	217.3	0.93	291.6	0.37	115.90	18 – 38
21580	97.4	21020.8	0.46	101.0	1.62	350.8	0.49	107.35	38 – 55
بيدون (2) أتروش / بلوط									
35525	84.5	30020.4	14.65	5206.0	0.42	150.4	0.41	148.20	0 – 22
32660	92.7	30291.6	6.14	2007.4	0.69	228.0	0.40	133.00	22 – 46
33430	93.7	31355.0	5.32	1781.4	0.54	182.4	0.33	111.15	46 – 60
بيدون (3) زاويتا / صنوبر									
28125	98.1	27598.1	0.44	125.4	0.90	255.2	0.52	146.30	0 – 20
31310	98.2	30770.6	0.37	117.0	0.96	300.8	0.38	121.60	20 – 50
33980	98.5	33470.8	0.26	89.6	0.95	323.6	0.28	95.95	50 – 90
بيدون (4) زاويتا / بلوط									
32230	91.1	29381.3	7.73	492.8	0.79	255.2	0.31	100.7	0 – 22
28455	98.5	28032.1	0.26	75.2	1.02	291.6	0.19	56.05	22- 54
30675	98.7	30285.6	0.19	58.5	0.93	287.2	0.14	43.70	54 – 90
بيدون (5) باتيل / غير مستقلة									
32915	86.6	28505.9	12.52	4123.7	0.55	182.8	0.31	102.60	0 – 18
33545	87.6	29388.9	11.56	3878.2	0.53	180.0	0.29	97.85	18 – 59
30670	91.9	28186.7	7.04	2159.9	0.80	246.4	0.25	76.95	59 – 91
بيدون (6) سهل السليفياني / حنطة									
32490	89.7	29143.9	9.54	3100.8	0.58	189.2	0.17	56.05	0 – 24
32845	89.9	29541.9	9.29	3052.1	0.64	212.0	0.11	38.95	24 – 60
31110	90.5	28175.4	8.65	2691.9	0.68	214.2	0.09	28.50	60 – 88

7- الارتباط بين أشكال الحديد وخصائص التربة

يُظهر الجدول (4) علاقات الارتباط بين أشكال الحديد والخصائص الكيميائية، فقد لوحظ أن جميع أشكال الحديد عدا المرتبط بالكاربونات ارتبطت بعلاقة سالبة مع ارتفاع درجة تفاعل التربة (pH) التي تشجع على أكسدة الحديد الثنائي Fe⁺² إلى ثلاثي Fe⁺³ ثم ترسبه على هيئة أملاح أو أكاسيد مائية، ويؤدي ارتفاع الـ pH إلى انخفاض محتوى الترب من الحديد الجاهز بسبب الأكسدة التي ذكرت أعلاه (Milivojevic وآخرون، 2011). كما يلاحظ من الجدول أن الحديد المرتبط بالكاربونات قد ارتبط بعلاقة سالبة معنوية مع التوصيل الكهربائي (-0.56*) في حين ظهرت علاقة موجبة معنوية بين التوصيل الكهربائي وأشكال الحديد (الكلية *0.55، المتبادل *0.55، المرتبط بـ Oxides **0.62)، وأعطت المادة العضوية علاقة موجبة معنوية مع أشكال الحديد (الكلية *0.53، المرتبط بـ Oxides *0.51) بينما كانت العلاقة سالبة معنوية بين الحديد المرتبط بالكاربونات مع المادة العضوية (-0.52*). وارتبط الحديد الكلية والمتبادل والـ Oxides بعلاقة ارتباط سالبة معنوية مع الكربونات الكلية (*-0.50، *-0.49، *-0.82*) على التوالي، وكانت العلاقة معنوية موجبة بين الحديد المرتبط بالكاربونات مع الكربونات الكلية (**0.80). وبينت النتائج في الجدول (4) وجود ارتباط معنوي موجب بين (الحديد الكلية والحديد المرتبط بـ Oxides) والـ CEC (**0.65 و **0.59) وأخيراً كانت العلاقة سالبة ومعنوية بين الحديد المرتبط بالكاربونات مع الـ CEC. مما سبق يلاحظ أن أكثر خصائص التربة تأثيراً على أشكال الحديد سواء كان سالباً أم ايجابياً هي السعة التبادلية الكاتيونية و كاربونات الكالسيوم والمادة العضوية و pH التفاعل والتوصيل الكهربائي كما أشار إليها (Jassal وآخرون، 2000) و (Shukla و Behera، 2014).

جدول (4) علاقات الارتباط بين أشكال الحديد وبعض خصائص التربة المدروسة

	pH	EC	O.M	CaCO ₃	CEC	Clay	Silt
Fe-Total	-0.25	0.55*	0.53*	-0.50*	0.65**	-0.08	0.13
Fe-Exch.	-0.21	0.55*	-0.05	-0.49*	0.22	0.35	0.04
Fe-O.M	-0.48*	-0.34	0.27	0.18	0.25	0.04	0.30
Fe-CaCO₃	0.38	-0.56*	-0.52*	0.80**	-0.62**	-0.14	-0.18
Fe-Oxides	-0.39	0.62**	0.51*	-0.82**	0.59**	0.25	0.18
Fe-Res.	-0.04	0.26	0.30	-0.09	0.40	-0.26	0.04

* Significant at p < 0.05

** Significant at p < 0.01

المصادر

- الإلوسي، يوسف احمد محمود.(2003). التشخيص والتوصية المتكامل DRIS في التوازن الغذائي لمحصول الحنطة Triticum aestivum L. المجلة العراقية لعلوم التربة: 1 (3) : 112-119.
- حسين، علي حسن (1977). مستوى الزنك وجاهزيته في بعض الترب العراقية. رسالة ماجستير ، كلية الزراعة ، جامعة بغداد.
- الفراج ، عبدالله سليمان ومحمد ابراهيم الوابل. (2009) . تقويم مدى تلوث ترب المناطق المحيطة بمنجم مهد الذهب . مركز البحوث الزراعية . كلية علوم الأغذية والزراعة - جامعة الملك سعود.
- الجبوري، عدنان محييد حواس (2019). طبيعة وجود أكاسيد الحديد وعلاقتها بامتزاز الفسفور في بعض الترب الجبسية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة ، جامعة تكريت.
- عثمان، فاضل رشيد (2006). دور التسميد بالحديد وسلوكيته في بعض ترب شمال العراق واثرها في نمو وحاصل الذرة الصفراء Zea Mays L اطروحة دكتوراه . جامعة الموصل .كلية الزراعة والغابات.
- نصرا، ريم (2017). تأثير الخصائص الاساسية للتربة في أشكال بعض العناصر الصغرى لترب مختارة من محافظة حمص. أطروحة دكتوراه. كلية الهندسة الزراعية. جامعة البعث.
- **Black, C. A. (1965).** Methods of Soil Analysis. Part 2. Am. Soc. Agron. Inc. Publisher Madison, Wisconsin. U .S. A .
- **Behera, S. K., and Shukla, A. K. (2014).** Total and extractable manganese and iron in some cultivated acid soils of India: Status, distribution and relationship with some soil properties. Pedosphere, 24(2), 196-208.
- **Carter M. R. and E. G. Gregorich .(2008) .** Soil sampling and methods of analysis . Lewis publishers . Canadian society of soil sci . CRC press .Inc .
- Canola .
- **Essington, M.E. (2004).** Soil and water chemistry : an integrative approach : CRC Press , Boca Raton.
- **Giblin A.E. (2009).** Iron and manganese in Gene Likens , Editor in chief , Encyclopedia of Indian waters : Elsevier press. P. 35 -44.
- **Jaafar, A. A. and Al-Balkhi A. (2018).** Effect of maxing ratio of olive solid waste and cow manure on serial extraction of iron and zinc in calcareous soil. Journal of Hama University , Vol: 1, No. 6: 96-110.
- **Jackson, M. L. (1958).** Soil Chemical Analysis. Prentice – Hall Inc. Englewood cliffs., New Jeresy.
- **Jassal H. S. Sidhu P. S., Sharma B. D., Mukhopadhyay S. S. (2000).** Mineralogy and geochemistry of some soils of Siwalik hills. J. Indian Soc. Soil Sci. 48 (1) 163- 172.
- **Jensen, D. L., J. K. Boddum, J. C. Tjell and T. H. Christensen. (2002).** The solubility of rhodochrosite $MnCO_3$ and siderite $FeCO_3$ in geochemistry 17 : 503 – 511.
- **Jon , C., and Mary , K. A. (2001).** Reaction of Forest floor organic matter at goethite , birnessite and smectite surface. Geochimica et cosmochimica acta. 65 (1): 95-109.
- **Kashem, M.A;B.R.Sing;T,Kondo ;S.M.Imamul Huq and S.Kawai. (2007).** Comparison of extractaminated and non- contaminated soils.Int.J.Envirion Tech,4(2):169-176.
- **Lindsay .W. L. and W. A . Norvell (1978).** Development of a DTPA soil test for , Zinc , iron manganese , and copper. Soil , Sci , Am. J. 49:597–603.
- **Lindsay, W. L. (1979).** Chemical equilibria in soils. John. Wiley and sons. Inc. New York.

- **Mandal, L. N., and R.P. Mitra (1982).** Transformation of iron and manganese in rice soil under different moisture regimes and organic matter application. *Plant and Soil* 69 : 45-56.
- **Meena, B. L., Rattan, R. K., and Datta, S. P. (2017).** Solubility relationships of iron and evaluation of its fertility status in degraded soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(9), 1059-1067.
- **Milivojevic J. Ž., Đalović I. G., Jelić M. Ž., Trifunović S. R., Bogdanović D. M., Milošev D. S., Nedeljković B. D. and D. Đ. Bjelić. (2011).** Distribution and forms of manganese in vertisols of Serbia. *J. Serb. Chem. Soc.* 76 (8) 1177–1190
- **endias , A.K., and H. Pendias. (2001).** Trace elements in soils and plants. CRC Press. Boca Raton.
- **Page, A. L., R. H. Miller and D.R. Keeney (1982).** Method of soil analysis. Part2 2nd ed . Agronomy Madison. Wisconsin. USA.
- **Rao, C. R. M. A. Sahuquillo, J. F. Lopez Sanchez, (2008).** Water, Air, Soil Pollut. 189- 291.
- **Schwertmann, V. U. (1964).** The differentiation of iron oxide in soils by a photochemical extraction with acid ammonium oxalate. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 105, 194-201.
- **Shakeri, S., and Saffari, M. (2020).** The Status of Chemical Forms of Iron and Manganese in Various Orders of Calcareous Soils and Their Relationship with Some Physicochemical and Mineralogical Properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(15), 2054-2068.
- **Shuman L.M. (1985).** Fractionation method for soil microelements. *Soil Sci.*, 140: 11-22.
- **Sims, J. L., and Jr. W. H. Patrick. (1978).** The distribution of micronutrient cation in soil under conditions of varying redox potential and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 258-264.
- **Takkar, P. N. (1969).** Effect of organic matter on soil iron and manganese. *Soil science*, 108(2), 108-112.
- **Tabande, L., and Bakhshi, M. R. (2017).** Application of Fe-EDDHA on soybean and distribution of chemical forms of iron in soils of Fars Province. *Journal of Water and Soil*, 31(4).
- **Yan, J., Jiang, T., Yao, Y., Lu, S., Wang, Q., and Wei, S. (2016).** Preliminary investigation of phosphorus adsorption onto two types of iron oxide-organic matter complexes. *Journal of Environmental Sciences*, 42, 152-162.
- **Zhao, Q., Simon R. P., Daniel O., Samira S., James J. D., Joyce M. McBeth, and Yu Y. (2016).** Iron-bound organic carbon in forest soils: quantification and characterization. *Biogeosciences*, 13 : 4777-4788

