



جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة الأنبار - كلية الزراعة

سلوكية بعض أسمدة الحديد وأثرها في نمو وحاصل الذرة الصفراء في تربة كلسية.

أطروحة تقدم بها

أحمد رياض عبد اللطيف حسن العاني

إلى مجلس كلية الزراعة - جامعة الأنبار

وهي جزء من متطلبات درجة دكتوراة فلسفة في علوم التربة والموارد المائية

(كيمياء تربة)

بإشراف

أ.د. أكرم عبداللطيف حسن الحديثي

1.2. وجود الحديد في التربة:

يختلف وجود الحديد في التربة باختلاف نوعية وخصائص التربة وباختلاف عدة عوامل منها محتوى ونوع الصخور والمعادن الاولية والتجوية (الكيميائية والفيزيائية) والمادة الام وعوامل البيئة وغيرها (Tisdale واخرون، 1997). وان محتوى التربة الرسوبية من الحديد الكلي يتراوح بين 1-7% (Tayel، 1964) وفي الترب الرملية يتراوح من 0.42-5.85 % (راهي واخرون، 1991). وان محتوى التربة من الحديد الكلي يختلف ايضا وفقا لانتشار المعادن والمركبات الحاوية على هذا العنصر، حيث بين Jelic واخرون (2011) ان الحديد يوجد في البناء البلوري للمعادن الاولية والثانوية ومعادن الاطيان وان وجوده في التربة يتأثر بالكثير من خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية مثل الاس الهيدروجيني للتربة (pH) وسعة تبادل الايون الموجب (CEC). وقد أشار النعيمي (1999) ان الجزء الاكبر من الحديد يوجد في الصفائح البلورية لمختلف المعادن.

يعد الحديد من اكثر المغذيات الصغرى تواجدا في التربة اذ يبلغ وجوده الكلي في الترب المختلفة من 200-100000 ملغم.كغم⁻¹، ويأتي بالمرتبة الرابعة بعد الاوكسجين والسيلكون والالمنيوم وهذه من العناصر الاساسية في الترب ويشكل عام يشكل الحديد نسبة 5.06% من القشرة الارضية (Lithosphere) (Mortvedt واخرون، 1972). واذا اخذنا نماذج من بعض ترب العالم كترب امريكا والهند ومصر فقد وجد Lindsay و Norvell (1978) ان محتوى الحديد الكلي في بعض الترب في امريكا قد بلغ 11-76 وبمتوسط 30 غم Fe. كغم⁻¹ تربة بعد تحليل 77 عينة تربة. ووجد Rawat و Mathpal (1981) عند دراستهم لترب ثلاث مقاطعات في الهند ان محتوى الحديد الكلي يتراوح بين 46-12 غم.كغم⁻¹ تربة. اما Abd-Elrazek واخرون (1984) فقد اشاروا الى ان محتوى الحديد الكلي يتراوح بين 4.6 و 58.8 وبمتوسط 37.5 غم.كغم⁻¹ تربة في مجموعة من الترب الكلسية المصرية.

اما في العراق فقد اجريت عدة دراسات في مناطق مختلفة اذ اشار الملك (1986) الى ان محتوى الحديد الكلي في التربة الكلسية في شمال العراق بلغ بين 45.2 و 66.1 غم. كغم⁻¹ تربة. وجد الحديثي (1997) في دراسته بعض الترب الكلسية في وسط وشمال العراق بان الحديد الكلي يتراوح بين 12.6 و 14.8 غم.كغم⁻¹ تربة. بينما وضح الجدوع (1990) أن الحديد الكلي قد بلغ 38.5 الى 46.2 غم.كغم⁻¹ تربة وبمتوسط 33.0 غم.كغم⁻¹ عند دراسته لعدة انواع من الترب الرسوبية وقد عزا ذلك الاختلاف في

محتواه الى التركيب المعدني لترسبات نهري دجلة والفرات وكذلك لاختلاف محتوى معدني المونتمورولونايت والالايت فيها، اما (Mohamad1988) فقد ذكر بان محتوى الحديد الكلي في مجموعة من الترب الرسوبية تراوح بين 13.9-64.5 غم.كغم⁻¹ تربة. ولاحظ العبيدي واخرون (1994) عند دراسته للعديد من ترب شمال العراق ان محتوى الحديد الكلي يتراوح بين 5.40 - 21.3 غم Fe¹. كغم⁻¹ تربة وبمتوسط 13.35 غم Fe¹. وقد أشار عواد (1987) ان محتوى الحديد الكلي تراوح من 3.45-4.81% حديد لخمس ترب تختلف في النسجة في جنوب العراق. مما تقدم يتبين ان هذه الدراسات تختلف فيما بينها في مقدار الحديد الكلي الموجود في الترب وقد يرجع ذلك الى اختلاف طبيعة التربة والعوامل المؤثرة فيها.

2.2 صور واشكال الحديد في التربة:

يقع عنصر الحديد في الجدول الدوري في الدورة الرابعة (n=4) ضمن المجموعة الثامنة في مجموع العناصر الانتقالية الاولى وان من اهم خصائصه الكيميائية هي: عدده الذري 26 ووزنه الذري 55.85 وقطره الذري 0.126 وله عدنان تاكسدیان (Fe⁺² ، Fe⁺³) حيث ان القطر الايوني لـ Fe⁺² هو 0.76 نانوميتر والقطر الايوني لـ Fe⁺³ هو 0.64 نانوميتر (Lindsay، 1979 و Katyal و Randhawa، 1983).

ان اشكال الحديد وصوره في التربة تعتمد على ظروف التربة حيث صنف (Lindsay1979) الحديد من الناحية الجيوكيميائية ضمن مجاميع Chalcophile وSiderophile وLithophile اذ يبلغ محتوى الحديد في الصخر النارية (الكرانيت) 27 غم.كغم⁻¹ تربة ، وبلغ محتوى الحديد في صخور البازلت 86 غم.كغم⁻¹ تربة، ويوجد الحديد ايضا في الصخور الرسوبية مثل Shales حيث بلغ تركيز الحديد فيه 3.8 غم.كغم⁻¹ تربة بينما بلغ تركيز الحديد في الصخر الرسوبي Sandstones 9.8 غم.كغم⁻¹ تربة (Lindsay ، 1979 و Katyal و Randhawa ، 1983). وذكر Lindsay (1979) ان الحديد في التربة يكون على ثلاثة اشكال هي الحديد الذائب والحديد المتبادل والحديد المثبت، وان سيادة اي من هذه الاشكال في التربة يعتمد ظروف تلك التربة . فنجد في الترب العراقية يكون الحديد المثبت هو السائد وذلك لانها ذات محتوى عالي من كاربونات الكالسيوم والاس هيدروجيني اعلى من 7.0 ومحتوى منخفض من المادة العضوية.

وأشار عواد(1987) ان الحديد المثبت يمث الجزء الاكبر تحت ظروف الترب الكلسية القاعدية. ويشير Loeppert و Clark (1984) الى ان معادن الطين تختلف في قابليتها على تثبيت الحديد، اذ ان

طبقة السليكاتتراهيدرا في معادن الطين نوع 1:1 هي المواقع المفضلة لتثبيت الحديد وكذلك اسطع معادن 1:2 مثل المونتمورولونايت. و ذكر الصديق واخرون (1989) عند دراستهم لتسعة مقدرات لترب كلسية في بيجي والخازر ودهوك ان هناك ارتباطاً معنوياً سالباً بين جاهزية العناصر الصغرى وكل من الاس الهيدروجيني للتربة ومعادن الكربونات النشطة مما يدل على انخفاض جاهزية العناصر الصغرى في التربة الكلسية وان معدل تركيز الحديد الجاهز لهذه المواقع المدروسة 1.58 و2.53 و4.15 ملغم. كغم⁻¹ تربة على الترتيب. اما صور الحديد المتبادل التي يكون ممتزة على سطوح الدقائق الغروية فانها تشكل نسبة قليلة جدا مقارنة بالكمية الكلية منه في التربة.

واشار Lindsay (1979) وTisdale واخرون (1997) الى ان الحديد يوجد في نظام التربة على شكل معادن اولية (primary minerals) ومعادن ثانوية (secondary minerals) ففي المعادن الاولية يوجد عنصر الحديد على شكل هيدروكسيدات مثل الجويتايت (Goethite) (a-FeOOH) ولييدوكروسايت (Lepidocrocite) (Y-FeOOH) وبشكل اكاسيد مثل الهيماتايت (Hematite) (a-Fe₂O₃) والمـاـكـماـيـت ((Maghemite-Fe₂O₃)) والمكـنـاـيـت (Magnetite) والفريهادريت (Ferrihgdrite) (Fe₂O₃.3H₂O) وعلى شكل كاربونات مثل سيدرات (Siderite) (FeCO₃) وبشكل كلوريدات مثل لورنسايت (Lawrencite) (FeCl₂) ومولسايت (Molysite) (FeCl₃) وبشكل الكبريتات الجاروسايت (Jarosite) وبشكل سليكات الفايالات (Fayalit) (Fe₂SiO₄) والاوليفينايت (Olivines) (MgFeSiO₄) وسليكات المغنيسيوم الحديدية والاوچين Augite والهوريلند (Horanblende) والبايوتايت Biotite ويشكل كبريتيدات البايريت (Pyrite) (FeS₂). ان تواجد عنصر الحديد على هيئة معادن ثانوية يكون بشكل معادن الطين التي تشمل معادن المونتمورولونايت والالايت والكلورايت.

3.2 الحديد الجاهز في التربة:

يختلف مقدار الحديد الجاهز في ترب العالم وفي الترب العراقية من تربة الى اخرى، فعلى الرغم من ان محتوى الحديد الكلي عالي في معظم التربة لكن محتواها الجاهز قليل جدا اذ يشكل الحديد الجاهز اقل من 0.02 % من المحتوى الكلي له فـي معظم الترب الزراعية في العالم. فقد ذكر Lindsay و Norvell (1978) والعكيلي واخرون (1993) وTisdale واخرون (1997) ان مقدار الحديد الذائب في محلول التربة او المستخلص بواسطة المركبات الكيماية المختلفة

ومنها الماء (H_2O) او الحوامض المخففة (HCl و H_2SO_4) والاملاح (NH_4OAc و $NaOAc$ و $CaCl_2$) والمركبات المخيلية (Na_2EDTA و $DTPA$ و $DTPA+CaCl_2$) له القدره على امداد النباتات جميعا بجزء مما تحتاجه من الحديد في مراحل نموها المختلفة والتزهير والنضج. ولقد أشارت معظم الدراسات التي اجريت في العالم والعراق الى اختلاف كبير في محتوى الحديد الجاهز للنبات فقد ذكر Lindsay و (Norvell1978) عند دراستهما لعدد من عينات التربة في امريكا ان محتوى الحديد المستخلص بالمركب المخلي DTPA تراوح بين 0.9 و 13.5 ملغم.كغم⁻¹ تربة. وقد وجد Abd-Elrazek واخرون (1984) ان محتوى الحديد الجاهز في بعض الترب المصرية تراوح بين 0.4-25.4 وبمتوسط 7.0 ملغم.كغم⁻¹ تربة . وفي امريكا فقد اوجد Loeppart و (Hallmark1985) محتوى الحديد الجاهز يتراوح بين 1.4-19.3 وبمتوسط 6.1 ملغم.كغم⁻¹ تربة عند دراستهم لـ 24 عينة تربة في امريكا. وقد اشار Sakal واخرون (1985) في دراستهم لعدد من الترب الكلسية لاربع مقاطعات في الهند ان محتوى الحديد الجاهز تراوح بين 1.4-19.2 وبمتوسط عام 18.5 ملغم.كغم⁻¹ تربة.

اما في العراق فقد وجد الملك (1986) ان محتوى الحديد الجاهز المستخلص بالمركب المخلي DTPA لاربع مواقع كلسية تراوح بين 6.42-14.95 ملغم .كغم⁻¹ تربة. كما وجد العكلي (1994) ان محتوى الحديد الجاهز المستخلص بالمركب المخلي DTPA تراوح بين 1.7-9.8 وكمتوسط 5.3 ملغم.كغم⁻¹ تربة عند دراسته لـ 248 عينة تربة كلسية. و اشار Salih واخرون (1987) عند دراستهم لـ 50 عينة تربة لترسبات نهري دجلة والفرات في الجزء الاوسط والجنوبي من السهل الرسوبي ان محتوى الحديد الجاهز والمستخلص بالمركب المخلي DTPA تراوح بين 18.6-60.2 وبمتوسط 38.3 ملغم.كغم⁻¹ تربة. اذ ان هذه القيم كانت عالية مقارنة مع النتائج التي حصل عليها الملك (1986) و العكلي (1994). وقد بين الجدوع (1990) عند دراسته لبعض الترب الرسوبية ان محتوى الحديد الجاهز تراوح بين 2.0-14.8 وكمتوسط 8.3 ملغم .كغم⁻¹ تربة. اما العبيدي واخرون (1994) فقد وجدوا عند دراستهم لـ 24 عينة تربة كلسية ان محتوى الحديد الجاهز للنبات تراوح بين 1.2-7.2 وبمتوسط 5.2 ملغم.كغم⁻¹ تربة. بينما وجد الحديثي (1997) ان محتوى الحديد الجاهز تراوح بين 1.95-3.57 ملغم.كغم⁻¹ تربة عند دراسته لعدد من الترب الكلسية في السهل الرسوبي. وقد اشار الكنه (2006) الى ان محتوى الحديد الجاهز تراوح بين 4.69-8.53 وبمتوسط 6.61 ملغم.كغم⁻¹ تربة عند دراسته لعدد من الترب في شمال العراق.

4.2 العوامل المؤثرة في جاهزية الحديد في التربة للنبات:

هناك عوامل تؤدي دوراً في التأثير في جاهزية الحديد للنبات في التربة. فقد أوضح Lucas و Kenzek (1978) ان نقص الحديد الجاهز في التربة في اكثر الحالات لا يعود الى عدم توافر الحديد الجاهز ولكن الى عوامل عديدة تقلل من جاهزيته والتي منها:

1.4.2 الأس الهيدروجيني للتربة:

ان لاس الهيدروجيني للتربة تأثيرا مباشرا في جاهزية عدد من العناصر الغذائية ومن ضمنها الحديد. فقد اكد Lindsay و (Norvell1969) ان ارتفاع درجة التفاعل من 5.5-7.5 ادت الى انخفاض نسبة تحرر الحديد المضاف على شكل مركب مخلبي FeEDTA من 15-25% خلال الايام الاولى من سير التفاعل. وقد وجد Bhan واخرون (1962) ان الحديد المضاف الى التربة بشكل مخلبي (Fe-EDDHA) كان اقل جاهزية عندأس هيدروجيني7-8 مقارنة بجاهزيته عند درجة تفاعل 4. و اشار Lindsay،(1972) ان زيادة الأس الهيدروجيني للتربة من 3-4 ادى الى انخفاض ايون الحديدك Fe^{+3} بمقدار 1000 مرة وانخفاض مقدار ايون الحديدوز Fe^{+2} بمقدار 100 مرة. وذكر (Lindsay1979) ان ارتفاع تفاعل التربة وحدة واحدة تؤدي الى انخفاض جاهزية المغذيات الصغرى والتي من ضمنها الحديد في محلول التربة 100 مرة. اذ بين Lindsay و Schwab (1982) و العزاوي (1988) ان الاس الهيدروجيني تفاعل الترب ادى الى نقص في مقدار الحديد الجاهز للنبات.

واشار Sakal واخرون (1985) ان هنالك علاقة بين فعالية ونشاط الحديد مع الأس الهيدروجيني للتربة في معظم الترب وخصوصا الترب الكلسية. وقد بيّن Loeppert و (Hallmark1985) عند دراستهم 24 تربة كلسية الى وجود علاقة ارتباط موجبة ومعنوية بين الأس الهيدروجيني pH وزيادة ظاهرة الاصفرار الناجمة من نقص محتوى الحديد الجاهز لنبات الذرة البيضاء. ووجد Mengel واخرون (2001) ان ارتفاع درجة التشبع بالقواعد في ترب المناطق الجافة وشبة الجافة يحدد نوعية الايونات السائدة في محلول التربة التي تؤثر في معظم التفاعلات الكيميائية في محلول التربة والتي تؤثر بدورها في جاهزية الحديد. وقد اشار Hart واخرون (2003) ان ارتفاع الاس الهيدروجيني للتربة الى اعلى من 7.5 ادى الى انخفاض في جاهزية الحديد. ووجد Narvall و (Singh2001) و Sharma واخرون (2004) ان هناك علاقة خطية معنوية سالبة بين محتوى الحديد الجاهز وبين الأس الهيدروجيني

للتربة اي بمعنى ان ارتفاع الاس الهيدروجيني بالاتجاه القاعدي تؤدي الى انخفاض جاهزية الحديد الجاهز.

2.4.2 معادن الطين:

ان لمحتوى ونوع معدن الطين السائد تأثيرا كبيرا في احتجاز (أمتزاز وترسيب) وجاهزية عنصر الحديد في انظمة الترب المختلفة. ان معادن طين السمكتايت تمتلك مساحة سطحية تصل الى اكثر من 800 م² وتحتوي على 10غم فاكثر من مركبات ومعادن الحديد المختلفة لكل 1 كغم منها والتي لها القدرة على احتجاز وتقييد الحديد على سطوحها النشطة كيميائيا (Bar-Charndt، 1977). وقد اشارت عدد من الدراسات الى ان تأثير محتوى الطين في قدرة العديد من الترب الكلسية للسهل الرسوبي في العراق على احتجاز عنصر الحديد المضاف على اشكال معدنية مختلفة مثل كبريتات الحديدوز (FeSO₄) ومركبات مخليبية مذبذبة (Al-Khateeb و Raihan و Uqaili AL-واخرون ، 2002). وقد وجد Al-Mustafa واخرون (2001) ان زيادة محتوى الطين يؤدي الى زيادة محتوى الحديد الجاهز. و اشار العكيلي واخرون (1993) و العبيدي واخرون (1994) الى ان هناك علاقة معنوية موجبة بين محتوى الطين ومحتوى الحديد الجاهز.

3.4.2 كاربونات الكالسيوم:

تتأثر الكثير من العناصر الغذائية الضرورية لنمو النبات في الترب الكلسية بوجود كاربونات الكالسيوم والمغنسيوم اذ تشترك بصورة مباشرة او كطور صلب في تفاعلات ذوبان كل من الفسفور والحديد بصفة خاصة. و اشارت نتائج عدد من الدراسات الى ان كاربونات الكالسيوم لها تأثير سلبي في جاهزية الحديد حيث تؤدي الى حدوث نقص في جاهزيته للنبات. فقد اوضح Mahendra و Dahiya (1976) عند دراستها لتربة رملية أس هيدروجيني 7.2 ان اضافة كاربونات الكالسيوم الى تربة الدراسة قد ادى الى انخفاض تركيز الحديد وكذلك الحديد الممتص بزيادة نسبة كاربونات الكالسيوم. وقد فسر Mengel و Kirkby (1982) تأثير ايون HCO₃⁻ في امتصاص الحديد من قبل النبات على ان انتقال ايون HCO₃⁻ يؤدي الى رفع الأس الهيدروجيني لخلايا النبات وهذا يؤدي الى تدهور الحديد وترسيبه داخل النبات. وذكر الملك (1986) ان هنالك ارتباطا معنويا سالبا بين كمية الكلس النشط والبيكاربونات والطين مع كمية الحديد الجاهز التي تمتصها نباتات الذرة الصفراء عند دراسته لاربعة انواع من الترب الكلسية من شمال العراق.

ووجد (Abo-Rady1988) ان هناك ارتباطا معنويا سالبا بين جاهزية الحديد والأس الهيدروجيني للتربة ونسبة كاربونات الكالسيوم مما يدل على انخفاض جاهزية الحديد في الترب الكلسية. كما وجد الصديق وآخرون (1989) عند دراستهم لعدد من المواقع من الترب الكلسية في شمال العراق انخفاض قيم الحديد الجاهز دون الحد الحرج ومن ثم حاجة هذه الترب الى هذا العنصر لذلك يجب اضافته كسماد لتعويض النقص الحاصل.

وقد توصل العكيلي وآخرون (1993) عند دراستهم لثمان ترب كلسية الى ان هناك علاقة ارتباط سالبة بين الحديد الجاهز ونسبة كاربونات الكالسيوم وملوحة التربة. كما وجد كل من Sakal وآخرون (1985) وSharma وآخرون (2004) علاقة خطية معنوية سالبة بين جاهزية الحديد ومحتوى التربة من معادن الكاربونات. وقد وجد Al-Uqaili وآخرون (2002) عند دراستهم لثمان ترب كلسية ان معايير معادلة لانكماير وهما الامتزاز الاعظم (b) وقوة الربط (k) للحديد المضاف على شكل $FeSO_4$ و Fe EDTA و Fe DTPA و Fe HEDTA لها ارتباطا معنويا موجبا مع محتوى الكاربونات الكلية. وبذلك نجد مما تقدم نجد ان لكاربونات الكالسيوم تأثير مهم في جاهزية الحديد في التربة و ان زيادة كاربونات الكالسيوم تؤدي الى انخفاض جاهزية الحديد.

4.4.2 المادة العضوية:

اشارت عدد من الدراسات (Morvedt وKononova (1966) وآخرون (1972) وFlaig وآخرون (1977) وThomas و Mathers (1979) و التميمي (1997) و الحديثي (1997) ان التركيب الكيميائي للمادة العضوية والمجاميع الموجودة في الاحماض الدبالية والاحماض الفولفية والمجاميع الفعالة كمجاميع الهيدروكسيد والمجاميع الفينولية والكحولية ومجاميع الكاربوكسيل لها دور مهم في حجز وامساك عنصر الحديد في التربة او الحديد السمادي والاحتفاظ به مما يسهم في خفض سرعة تفاعلاته.

وبين Alexander (1977) و Schnitzer و Ghosh (1982) الى ان زيادة جاهزية الحديد تعتمد على خواص ومحتوى والتركيب الكيميائي للمادة العضوية. وأشار Tisdale وآخرون (1997) الى وجود ثلاثة انواع من تفاعلات المادة العضوية مع الحديد وهي تفاعلات الازابة التي تتم بواسطة الحوامض الضعيفة التاين ذات الاوزان الجزيئية المنخفضة مثل امحاض Citric وOxalic وتفاعلات التثبيت المؤقت والتي تتم بواسطة المركبات ذات الاوزان الجزيئية العالية وتكوين معقدات عضوية معدنية. ووجد الاعظمي (1981) عند دراسته لعدة ترب رسوبية ان اضافة المادة العضوية بمستوى 15 و30 و60

غم.كغم⁻¹ تربة ادت الى زيادة محتوى الحديد المستخلص بطريقة الـ DTPA والجهاز للنبات وقد عزي ذلك الى احتمال تاثير الاحماض العضوية الناتجة عن تحلل المادة العضوية المضافة في زيادة تركيز ايون الهيدروجين الفعال مما يسهم في اذابة معادن الكاربونات الكلية.

وجد Loeppert و Hallmark (1985) عند دراستهم لـ 24 تربة كلسية علاقة معنوية موجبة بين امتصاص الحديد الكلي مع محتوى المادة العضوية وقد اعزوا ذلك الى قدرة المادة العضوية في خلب الحديد مما ادى الى زيادة محتواة الجهاز في التربة. ولقد وجد العكيلي واخرون (1993) عند دراستهم لثمان ترب كلسية ان هنالك علاقة ارتباط معنوية موجبة بين محتوى الحديد الجاهز مع محتوى المادة العضوية . و اشار Al-Uqaili واخرون (2002) الى اهمية المادة العضوية في زيادة قدرة التربة في امتزاز عنصر الحديد المضاف على هيئة مركبات سمادية معدنية ومخلبية اذ بينت دراستهم لثمان ترب كلسية من السهل الرسوبي وجود علاقة ارتباط معنوية موجبة بين محتوى المادة العضوية و مؤشرات امتزاز الحديد وفقا لمعادلة لانكماير (الامتزاز الاعظم وقوة الربط). وقــد بين عدد من الباحثين (Russel ، 1973 و Schitzer و Ghosh ، 1982 و Fox و Comerford ، 1990) الى قدرة بعض الحوامض الضعيفة التاين كحامض الستريك $H_8C_6O_7$ والاحماض الاخرى Succinic و Oxalic و Tartaric وغيرها في خلب كل من حديد التربة والحديد المضاف وخاصة المعدني منه ($FeSO_4$) والاحتفاظ به وخفض سرعة تفاعلاته في انظمة التربة المختلفة.وقد لاحظ الحديثي (1997) ان جاهزية الحديد زادت نتيجة اضافة الاسمدة العضوية وكذلك زيادة تركيز الحديد في المحلول ولاحظ ايضا ان المعقدات العضوية للحديد ذات ثباتية عالية مقارنة بالمخلبيات الصناعية. ان للمادة العضوية دور مهم في جاهزية عنصر الحديد وهذا ما اكده الباحثون الحديثي واخرون، (2002) و الغريبي (2003) الى وجود علاقة موجبة بين محتوى المادة العضوية في التربة والحديد الجاهز .

5.4.2 تداخل المغذيات الاخرى مع الحديد:

بين Brown و واخرون (1961) ان مصدر النتروجين المضاف لنبات فول الصويا قد اثر بشكل كبير في محتوى النبات من الحديد. كما بين Leon و (Nazar 1968) ان اضافة عنصر الحديد بصورة مواد عضوية Poly Flavonid مع نترات الامونيوم الى ثلاثة اصناف من الذرة البيضاء كمصدر للنتروجين ادت الى زيادة في الحديد الكلي للاصناف الثلاثة. ووضح عواد (1987) ان اضافة الحديد مع النتروجين بصيغة امونيوم يؤدي الى زيادة الحديد الجاهز للنبات بينما اضافة النتروجين بصورة نترات يؤدي الى انخفاض الحديد الجاهز للنبات ومن ثم يؤدي الى قلة الانتاج. اما تاثير البوتاسيوم

في الحديد فقد اشار Jolley و اخرون (1988) الى ان وجود البوتاسيوم يؤدي الى زيادة امتصاص الحديد من قبل نباتي الطماطة وفول الصويا المزروعة في محلول مغذي وان غياب البوتاسيوم ادى الى انخفاض الحديد في الاوراق وقد عزى ذلك الى ان وجود البوتاسيوم يساعد على انطلاق ايون الهيدروجين من الجذور والذي بدوره يعمل على أس هيدروجين التربة وهذا يساعد على اختزال الحديد الى حديدوز وبذلك يزيد من جاهزية الحديد وامتصاصه وانتقاله في النبات. لقد وجد عواد (1987) ان اضافة المنغنيز بتركيز 0 3ملغم.لتر⁻¹ رشأعلى نبات الباقلاء ادى الى انخفاض امتصاص الحديد ويعزى السبب في ذلك الى ان اضافة الحديد للتربة بصورة حديدوز تؤدي الى اختزال المنغنيز الثلاثي او الرباعي الى المنغنيز الثنائي حيث يزداد امتصاص المنغنيز ويقل امتصاص الحديد.

اما الفسفور فهو من اكثر المغذيات الكبرى تداخلا مع المغذيات الصغرى فقد وجد الاعظمي (1981) عند دراسته لثريتين رسوبيه ان زيادة مستويات السماد الفوسفاتي للثريتين ادى الى انخفاض تركيز الحديد في نبات فول الصويا وقد عزا ذلك الى ان الفوسفات تؤدي الى ترسيب الحديد على شكل $Fe_2(HPO_4)_3$ غير الذائب.

5.2 تحرر الحديد:

اشار عدد من الباحثين (Bolt و Bruggenwer، 1978 و Bohn واخرون، 1985) الى ان القدرة الامدادية (Capability Power) لنظام التربة تعتمد على الخصائص الكيميائية لها وكذلك على مقدار عنصر الحديد الموجود في مواقع الامتزاز وعلى قابليته للاستنزاف او الاستخلاص بواسطة عملية الغسل او الامتصاص بواسطة النظام الجذري (Root system). ولقد بينت عدد من الدراسات ان تفاعلات تحرر الحديد المضاف من الطور الصلب للتربة يعتمد على عوامل عديدة منها مصدر وخصائص الحديد ومدة التحضين ونوع المركبات المتكونه وطاقة الربط ودرجة الحرارة. وقد اوضحت الدراسات ان تحرر ايون الحديد Fe^{+2} من طور التربة الصلب يزداد بزيادة مستوى اضافة الحديد على هيئة الحديد المخليبي وزيادة درجة حرارة التفاعل مقارنة باسمدة الحديد المعدنية. فقد وجد الباحثان Follet و (Lindsay 1971) ان 70% من الحديد المضاف بهيئة FeEDDHA لعدة ترب والمستخلص بطريقة DTPA بعد 49 يوما تناقص تدريجيا الى 26% بعد 98 يوما وقد عزى ذلك الى الخصائص الكيميائية وتحولات المركب المخليبي وكذلك الى خصائص تربة الدراسة. ووضح Lindsay و (Norvell 1969) ان 55% من الحديد المضاف بهيئة FeEDDHA بقي محتفظا بارتباطه مع المركب المخليبي ولمدة 30 يوم بينما وجد Singh و Sinha (1977) ان 8-14% من الحديد المضاف على هيئة Fe-Citrate، Fe-fluvate، Fe EDTA، Fe DTPA، يبقى ذائبا في محلول التربة الكلسية بعد 30 يوما من زمن التفاعل.

وقد بين Al-Uqaili وآخرون (2002) أن 2 و 59 و 43 و 48% من الحديد المضاف بهيئة Fe DTPA و Fe HEDTA و Fe EDTA، FeSO₄ بمستوى 50 ملغم.كغم⁻¹ تربة لثمانية ترب كلسية في العراق استخلص بطريقة DTPA عند خمسة ايام الاولى من زمن التفاعل ثم انخفض معنويا الى اقل من 1 و 35 و 13 و 17% عند 45 يوما. ولقد وجد Gil و (Butista2004) ان اطلاق الحديد من المركب Fe EDDHA تعتمد على خصائص التربة ومستوى الاضافة وزمن التفاعل. ولقد اوضح Goos و Germain (2001) عند دراستهم لتربتين كلسيتين ان اعلى مقدار من الحديد الجاهز بعد 56 يوما من الاضافة كان من مركبات Fe DTPA و Fe EDDHA بينما فقد الحديد من المركب FeSO₄ بعد 7 ايام من التحضين. ان لدرجة حرارة سير تفاعلات تحرر الحديد دورا فاعلا في مسار وسرعة التحرر فقد بين Ryan و Hariq (1983) في دراستهم ان مقدار تحرر الحديد من الحديد المخلبي Fe- EDDHA يزداد طرديا نتيجة زيادة درجة حرارة التفاعل ل (التحضين) من 5 الى 25 و 35 درجة مئوية.

6.2 امتزاز الحديد:

استعمل مفهوم الامتساك (Retention) او الاحتجاز (Sorption) كثيرا في الدراسات والبحوث وقد شمل الامتزاز السطحي (Surface Adsorption) والترسيب (Precipitation) (Bohn وآخرون، 1985 و Tisdale وآخرون، 1997). ولقد اوضح Lindsay وآخرون (1967) و Lindsay و Norvell (1969) و Al-Uqaili وآخرون (2002) ان احتجاز الحديد يتأثر بعدة عوامل منها خصائص التربة الكيميائية (CEC و pH و OM) والمعدنية التي تشمل نوع ومحتوى المعادن الاولية والثانوية والفيزيائية (محتوى الطين) والقدرة الامتزازية ومستوى ومصدر الحديد المضاف معدني ام مخلبي. من المسالك المهمة في احتجاز الحديد في التربة الكلسية هو عملية الامتزاز الفيزيائي او الكيميائي على سطوح معادن الكربونات الفعالة (الكالسيت و الدولومايت و المغنسايت) بالدرجة الاساسية. ولقد اشارت عدد من الدراسات الى وجود علاقة ارتباط موجبة بين امتزاز الحديد المضاف على هيئة معدنية بدرجة كبيرة مع محتوى ونشاط معادن الكربونات السائدة في التربة الكلسية. اذ اشار عدد من الباحثين Chang وآخرون (1983) و Tamura وآخرون (1983) الى اختفاء الحديد في المصدر المعدني عن طريق ترسيبه على هيئة مركبات كربونات وهيدروكسيدات ذلك العنصر. ولقد اكد Al-Uqaili وآخرون (2002) عند دراستهم لثمان ترب كلسية وجود علاقة ارتباط موجبة بين امتزاز الحديد المعدني (FeSO₄) والحديد المخلبي (Fe DTPA و Fe HEDTA و Fe EDTA) ومحتوى معادن الكربونات الكلية كما اشاروا الى ان امتزاز الحديد المعدني يفوق امتزاز الحديد من المصادر المخلبية. ولقد بين الحديثي وآخرون (2002) ان اضافة الحديد بهيئة FeSO₄ الى بعض التربة الكلسية قد ادى الى

امتزاز الحديد بمقدار 100% وبعد اضافة حامض الهيوميك والفولفيك مع المصدر المعدني ادى الى انخفاض امتزاز الحديد بمقدار 87%. وبين الغريبي(2003) ان امتزاز الحديد من المركب المعدني (FeSO₄) قد زاد بنسبة 42 % مقارنة بالمركب المخليبي (Fe EDDHA).

استعملت معادلات فيزيوكيميائية تعتمد اساسا على اسس تجريبية في وصف امتزاز الحديد في انظمة الترب المختلفة. كما استعملت ثوابت تلك المعادلات للتنبؤ بجاهزية الحديد في التربة وقدرة الحديد الامدادية وكذلك الاحتياجات له من قبل النبات (Lahav و Hochberg ، 1975 و Dyanand و Sinha ، Raihan و Al-khateeb 1979؛ 1985 ، و الغريبي، 2003) اما المعادلات فهي:

1.6.2 معادلة لانكمير Langmuir equation:

تتميز هذه المعادلة عن باقي المعادلات بكونها تعبر عن الحد الاقصى للامتزاز اي الاشباع التام للطبقة الاحادية من العنصر قيد الدراسة على جميع مواقع السطح الماز (Adsoped surface) كما انها تمتاز بوصفها الامتزاز عند التراكيز المنخفضة وبكفاءة عالية. استعملت من قبل عدد من الباحثين في وصف امتزاز الحديد المخليبي بكفاءة مقارنة في وصف امتزاز الحديد المعدني(FeSO₄) (Al-Khateeb و Raihan، 1985؛ Al-Uqaili و آخرون، 2002). فقد اشار كل من Bohn و آخرون (1985) و (1987) Yadav و الراوي (1998) ان هذه المعادلة جيدة في وصف الامتزاز للعناصر الصغرى الاخرى عند التراكيز الواطئة. وذكر الحديثي و آخرون (2002) ان معادلة لانكمير هي الانسب في وصف امتزاز الحديد من المركب المعدني (FeSO₄) مع الاحماض الدبالية المضافة الى اربع ترب كلسية.

$$x/m = Kbc/1+Kc$$

$$c/x/m = 1/Kb+1/b.c$$

$$x/m = \text{أمتزاز العنصر (الحديد)}$$

$$c = \text{التركيز عند الاتزان}$$

$$K = \text{طاقة الربط}$$

$$b = \text{الأمتزاز الأعظم}$$

2.6.2 معادلة فرندلخ Ferundlich equation:

تعد معادلة فرندلخ من اقدم المعادلات الفيزيوكيميائية المستعملة في وصف امتزاز العناصر الكبرى والعناصر الصغرى (الحديد والزنك والمنغنيز والنحاس). فقد اشار العديد من الباحثين (Holford واخرون، (1974) Bohn واخرون (1985). ان هذه المعادلة تعد من المعادلات التجريبية اذ انها لا تستند على اسس الديناميكية الكيميائية وعلى خلاف ذلك اكد كل من Bache و Williams (1971) و Barrow (1978) ان هذه المعادلة هي من النوع التجريبي ولكنها تعتمد على موديل الامتزاز والذي اشار الى انخفاض طاقة الربط كلما زاد امتزاز الحديد او زيادة تغطية مواقع الامتزاز الفعالة.

ولقد اوضح عدد من الباحثين (الراوي، 1998 و العامري، 2001 و Al-Uqaili واخرون، 2002 و الغريبي، 2003) ان هذه المعادلة كانت هي الاكفأ في وصف امتزاز العناصر الكبرى والعناصر الصغرى (الحديد و النحاس و الزنك والمنغنيز).

$$x/m = Kc^{1/n}$$

الصورة اللوغارتمية لمعادلة فرندلخ هي:

$$\log x/m = \log K + 1/N \log c$$

$$x/m = \text{أمتزاز العنصر (الحديد)}$$

$$c = \text{التركيز عند الاتزان}$$

$$K = \text{طاقة الربط}$$

7.2 الكيمياء الحركية للحديد:

لاجل تاكيد العلاقة بين مسلك وسرعة تفاعلات تحرر الحديد والعناصر الاخرى سواء العناصر الصغرى او الكبرى او الثقيلة مع زمن التفاعل فقد تم استخدام نوعين من المعادلات الاول منها يعتمد على اسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) معادلة الرتبة صفر والرتبة الاولى والرتبة الثانية (Al-Uqaili واخرون، 2002) والثاني منها يعتمد على اسس طبيعية (معادلة الانتشار) واسس تجريبية كدالة القوى ومعادلة فرندلخ الاعتيادية والمحورة (Sparks، 1989 و Al-Uqaili واخرون، 2002) او المعادلات

الرياضية التي تعتمد على العلاقات الخطية واللاخطية ——— زمن التفاعل (Jorda وآخرون، 1987).

ان تلك المعادلات بنوعها اشتملت في مدى محدود لوصف سير التفاعلات الكيميائية التحولات البايولوجية لعنصر الحديد او الاثنين معا للانظمة الحرة او انظمة الترب المختلفة. ولقد ذكر (Chang 1977) انه يمكن توظيف بعض ثوابت تلك المعادلات وخصوصا النوع الاول (الكيمياء الحركية) والتي لها علاقة مباشرة بمعامل التحرر (سرعة التحرر) (Release rate constant) في تقييم بعض مؤشرات الكيمياء الحركية.

ولقد اشار الغريبي (2003) ان معادلة الرتبة الاولى كانت الافضل في وصف العلاقة بين اطلاق الحديد من الحديد المعدني (كبريتات الحديد) والحديد المخلبي (Fe EDDHA) و الزمن في تربة كلسية. ولوصف التفاعلات الكيميائية التي تحدث في التربة تم استخدام عدد من المعادلات الحركية التالية:

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

إذ تمثل:

C_0 = كمية (تركيز) الحديد الموجود في المحلول عند الزمن صفر.

C_t = كمية (تركيز) الحديد الموجود في المحلول عند الزمن المحدد.

K = ثابت التحرر للحديد.

8.2 اهمية الحديد في تغذية النبات:

تكمن اهمية الحديد في دخول هذا العنصر في بناء المركبات والمكونات الاساسية وتخليقها في الخلية النباتية ومنها السائتوكرومات المهمة في عملية البناء الضوئي والتنفس والفايتوفرتين (Phytoferitin) وهو مركب يحتوى على البروتين والحديد ويعد مخزن لعنصر الحديد في البلاستيدات الخضراء فقد لوحظ ان 80-90% يوجد في حديد الاوراق (Barton ، 1970 ، ابو ضاحي واليونس، 1988). وقد ذكر عدد من الباحثين (Salisbury و Ross ، Bidwell ، 1978؛ Mengel و Kirkby ، 1982) ان

الحديد يدخل في تركيب الفيروكسينات (Ferrodoxins) التي تسلك كعوامل مختزلة في الاوراق كبروتينات وحديد وكبريت وهي تسهم في عمليتي الاكسدة والاختزال (نقل واكتساب الالكترونات) وتسهم في اختزال كل من النتريت (NO_2) والنترات (NO_3) والكبريت ومركبات NADP.

وجد Price وآخرون (1972) ان للحديد تاثير في وظيفة الحامض النووي RNA في الخلية النباتية. وقد بين Tisdale وآخرون (1997) ان عنصر الحديد يساهم في تخليق ونشاط كثير من الانزيمات المختلفة مثل انزيم NO_2 reductase و Nitrogenase و Aconitase وكذلك انزيم Dehydrogenase الذي يطلق عليه انزيم نزع الهيدروجين. كما ووضح Focus (2003) ان عنصر الحديد يساعد بدرجة كبيرة في تكوين وبناء وتحلل مادة الكلوروفيل على الرغم من انه لا يدخل في التركيب الكيميائي له. وبين Katyal و Randhawa (1983) ان نقص الحديد يسبب تبعثر وصغر حجم مجاميع الكرانا في البلاستيدات الخضراء وتلون الاوراق باللون الاصفر الشاحب على شكل بقع بين العروق وفي حالة النقص الشديد للحديد يظهر في العروق كاملة.

ولقد وجد عدد من الباحثين Wirea وآخرون (1994) و Susin وآخرون (1996) ان النباتات غير الحساسة لنقص الحديد لها القدرة على تكوين مجموع جذري جيد وتكوين خلايا نقل جذرية واسعة لها القدرة على زيادة جاهزية الحديد وامتصاصه من خلال خفض أس هيدروجين رايزوسفير وأفراس مواد تساعد على تحويل الحديدك Fe^{+3} الى حديدوز Fe^{+2} وهي الصورة الجاهزة لأمتصاص النبات. وذكر Gezgin و Er (2001) ان الحديد الذي له دور في العمليات الحيوية التي تدخل في تكوين الكلوروفيل.

9.2 تاثير التسميد بالحديد في نمو النبات وحاصله:

اشار العمادي (1991) الى ان نقص الحديد في الترب العراقية ظاهرة شائعة وصعبة المعالجة فالترب الرملية والكلسية تعاني من نقص شديد في عنصر الحديد بسب ارتفاع الأس الهيدروجيني للتربة. ووضح Matocha و Pennington (1982) ان رش الحديد بتركيز 0.02% $FeSO_4$ على محصول الذرة البيضاء ادى الى زيادة معنوية في الوزن الجاف للنبات والحاصل ومكوناته مقارنة مع عدم الرش. وقد توصل Sakal وآخرون (1985) ان رش الحديد بتركيز 1% $FeSO_4$ ادى الى زيادة معنوية في الوزن الجاف والحاصل لنبات الذرة الصفراء مقارنة بعدم الرش.

توصل ابو ضاحي (1997) الى ان اضافة المغذيات على شكل املاح الى التربة عملية غير مجدية لسرعة تثبيتها وترسيبها ومن ثم تصبح غير جاهزة للنبات. وقد وجد الملك (1986) ان اضافة الحديد

المخلبي بالمستويات 0 و 5 و 10 و 15 و 20 ملغم.كغم⁻¹ تربة أدى الى حصول زيادة معنوية في ارتفاع نبات الذرة الصفراء التي بلغت اعلى مستوياتها عند المستوى 15 ملغم.كغم⁻¹ تربة. وأكد العزواي (1988) حصول زيادة معنوية في ارتفاع النبات والمساحة الورقية والوزن الجاف وحاصل الحبوب لنبات الذرة الصفراء عند التسميد بمستوى 10كغم Fe.هكتار⁻¹ مقارنة بعدم التسميد. في حين وجد Mortvedt واخرون (1992) ان اضافة الحديد بهيئة حديد مخلبي قد اعطى اعلى حاصل للحبوب لنبات الذرة البيضاء وقد تفوق المستوى 18ملغم Fe.كغم⁻¹ تربة. في حين وجد الراوي (1994) حصول زيادة معنوية في الوزن الجاف لنبات الباقلاء ووزن الحاصل للنبات عند التسميد بالحديد بهيئة FeSO₄ بمستوى 20 ملغم.كغم⁻¹ تربة.

وبين العزواي(1988) ان اضافة الحديد المخلبي بشكل Fe EDDHA بمستوى 10كغم. هكتار⁻¹ لنبات الذرة الصفراء ادى الى حصول زيادة في حاصل الحبوب وامتصاص الحديد في النبات. كما وجد عبد الرحيم (1995) ان اضافة الحديد بمستويات 0 و5 و 10 ملغم Fe. كغم⁻¹ في تجربة اصص ادى الى زيادة معنوية في الوزن الجاف لنبات الذرة الصفراء عند المستوى 10ملغم Fe.كغم⁻¹ تربة. وأشار يوسف وعلي (2001) ان التسميد بالحديد المخلبي ادى الى زيادة حاصل الحبوب والقش لمحاصيل الحبوب والبقول مقارنة باسمدة الحديد المعدنية سواء كان التسميد ارضي او ورقي.

وأشار Asad و Rafique(2002) الى حصول زيادة في الحاصل الكلي لنبات الحنطة عند اضافة الحديد بمستوى 5كغم.هكتار⁻¹. وقد أكد الحديثي واخرون (2003) حصول زيادة معنوية في حاصل الحبوب ووزن الف حبة لصنفين من الحنطة (اباء 95 وابو غريب) عند الرش بكبريتات الحديد FeSO₄ بمستوى 2كغم.هكتار⁻¹ بشكل دفعة واحدة او دفعتين مقارنة بعدم الرش. ووجد محسن (2007) زيادة معنوية في حاصل الحبوب لمحصول الذرة الصفراء مع زيادة مستويات الحديد عند اضافة الحديد بمستويات 0 و7.5 و15كغم Fe.هكتار⁻¹ وحصول زيادة في ارتفاع النبات وبمعدل مقداره 153سم عند المستوى 15كغم Fe. هكتار⁻¹ مقارنة بمعدل بلغ مقداره 143سم عند مستوى المقارنة.كما اوضح Hakan واخرون (2008) في تجربة حقلية اجراها على محصول الذرة الصفراء لدراسة تاثير اضافة الحديد المخلبي على المجموع الخضري وبالمستويات 0 و10 و20 ملغم Fe. لتر⁻¹ حصول زيادة معنوية في حاصل المادة الجافة مع زيادة تراكيز الحديد في محلول الاضافة , اذ كان اعلى حاصل مادة جافة عند المستوى 20ملغم Fe.لتر⁻¹ وبمعدل 1669غم. نبات⁻¹, بينما سجل اقل حاصل عند معاملة المقارنة بمعدل 1304غم.نبات⁻¹. وبين Abbas واخرون (2009) حصول زيادة معنوية في حاصل الحبوب والقش

وارتفاع النبات لمحصول الحنطة عند اضافة الحديد اضافة ارضية بمستويات 0 و4 و8 و12 و 16 كغم Fe. هكتار⁻¹.

10.2 اليات تحمل النباتات لنقص الحديد:

طورت بعض النباتات آليات مورفولوجية وفسلجية تمكنها من امتصاص الحديد منها انتفاخ وتشعب الجذور واختلاف اطوالها وزيادة مساحتها السطحية او تشكيل خلايا النقل او زيادة تحرر مادة الريبوفلافين, وتتباين النباتات فيما بينها في مقدرتها على تطور هذه الآلية (Waters وآخرون، 2002). اما نباتات العائلة النجيلية فقد وجد Zaharieva وآخرون (2002) انها تقوم بتحرير مادة مخلبية عالية الانجذاب هي الفايروسيدروفورس (Alfaitosedrofors) والتي تكون منغمسة في خلايا الجذور حيث تقوم هذه المادة بخلب الحديدك (Fe^{+3}). كما وجد Zhang وآخرون (1991) حصول تحرر لمادة الفايروسيدروفورس (Alfaitosedrofors) بكميات عالية في جذور نبات الحنطة صنف Ares وحصول اختلاف في التركيب التشريحي للجذر عند نموها تحت نقص الحديد مقارنة بوجود كفاية الحديد. وبين Guerinot و (Salt2001) وجود IRT1 (Iron-Regulated Transported) في غشاء البلازما للجذور وهو ناقل متخصص في نقل الحديد. وقد ذكر Cohen وآخرون (2009) وYang وآخرون (2010) انه تم نسخ هذا الناقل IRT1 (Iron-Regulated Transported) الى نباتات مختلفة لتحسين قابليتها على امتصاص الحديد. اما (Staiger2002) فقد وجد ان النباتات تحت ظروف الحديد المنخفضة فانها تسعى الى تخفيض الاس الهيدروجيني لمنطقة الرايزوسفير من خلال قذف برتون وقد تبين ان هذه العملية تكون مرتبطة بغشاء البلازما لخلايا بشرة الجذور. واكد Kim و (Guerinet2007) اهمية هذا البروتون في منطقة الرايزوسفير في تحويل الحديد الثلاثي (Fe^{+3}) الى الحديد الثنائي (Fe^{+2}) وبذلك تزداد جاهزية الحديد. ومن المعروف ان الحديد بهيئة الحديدك (Fe^{+3}) يكون صعب الامتصاص من قبل النباتات , فقد اكد Cheng وآخرون (2005) وMostafa وآخرون (2011) ان النباتات تمتلك انزيم يسمى Iron Reductase والذي يعمل على تحويل الحديدك (Fe^{+3}) الى حديدوز (Fe^{+2}) وواضحوا ان هذا الانزيم يوجد في كل النباتات.

11.2 تأثير اسمدة الحديد في تركيز الحديد في النبات:

اوضح كل من Brown و Hanson (1977) ان التركيز الطبيعي لعنصر الحديد في النبات يتراوح بين 20-250 ملغم Fe. كغم⁻¹ مادة جافة وتظهر اعراض النقص على النباتات عند تركيز اقل من 20 ملغم Fe. كغم⁻¹. و اشار نزهت وداوود (1990) عند اضافتهم اربعة مستويات من السماد المخلي Fe EDDHA (0 و 10 و 15 و 20 ملغم Fe. كغم⁻¹ تربة) حصول زيادة معنوية في تركيز الحديد داخل انسجة نبات الذرة الصفراء اذ سجل اعلى معدل لتركيز الحديد عند المستوى 15 ملغم Fe. كغم⁻¹ تربة مقارنة مع معاملة المقارنة. وقد اشار Maralian (2009) الى حصول زيادة معنوية في تركيز الحديد في نبات الحنطة عند اضافة الحديد وبتراكيز 0 و 150 غم Fe. هكتار⁻¹ على محصول الحنطة وكان اعلى تركيز للحديد في المادة الجافة والبالغ 146.7 ملغم Fe. كغم⁻¹ مادة جافة مقارنة مع معاملة المقارنة فقد كان اقل تركيز للحديد في المادة الجافة لها بمقدار 40.93 ملغم Fe. كغم⁻¹ مادة جافة. ولقد وجد Hakan واخرون (2010) عند دراستهم تأثير اضافة الحديد وبتراكيز 0 و 30 و 60 و 90 و 120 ملغم Fe. لتر⁻¹ الى نبات الذرة الصفراء حصول زيادة معنوية في تركيز الحديد في اوراق الذرة الصفراء حيث بلغ اعلى تركيز للحديد في اوراق الذرة الصفراء بلغ 47.31 ملغم Fe. كغم⁻¹ مادة جافة بالقياس مع معاملة المقارنة والتي سجلت اقل تركيز للحديد في الاوراق والبالغ 18.76 ملغم Fe. كغم⁻¹ مادة جافة.

1.3 موقع التجربة:

اجريت الدراسة بواقع اربع تجارب (ثلاث تجارب مختبرية و تجربة واحدة حقلية) في كلية الزراعة- جامعة الانبار (الموقع البديل في ابي غريب) وقد اجريت التجربة الحقلية في حقول الكلية في تربة مزيجة طينية غرينية والمصنفة ضمن مجاميع الترب العظمى TypicTorriFluvent وفق نظام التصنيف الامريكي الحديث Soil Survey Staff (2006).

2.3 تحاليل التربة:

اخذت عينات عشوائية من مناطق مختلفة من الحقل ومن العمق 0-30 سم قبل الزراعة ثم جفت هوائيا وطحنت ومررت من خلال منخل قطر فتحاته 2 ملم ثم مزجت العينات جيدا لمجانستها واخذت منها عينة مركبة واحدة واجريت عليها مجموعة من التحاليل الكيميائية والفيزيائية المطلوبه في دائرة البحوث الزراعية في بغداد وكما في جدول 1.

3.3 استخلاص الاحماض الدبالية وفصلها وتنقيتها:

أستخدمت مادة البتموس التجاري كمخلفات نباتية عضوية للحصول على أحماض الهيومك والفولفك والموضحة صفاتها في جدول 2. حيث فصلت الاحماض الدبالية (الهيومك+الفولفيك) بحسب الطريقة المعتمدة والمذكورة في Page وآخرون، (1982) باستعمال محلول هيدروكسيد البوتاسيوم 0.1 مولار KOH بدلا من هيدروكسيد الصوديوم بنسبة 1:10 (مخلفات عضوية متحللة : KOH) رجت المحاليل في جهاز الرجاج لمدة 24 ساعة بعدها رشحت باستخدام ورق الترشيح والتنقية باستعمال جهاز الطرد المركزي (Centrifuge) بسرعة 4000 دورة / دقيقة ، الجزء المترسب هو الهيومين والذي اهمل. اما الراشح فقد جمع وبقى كما هو كمستخلص (حامض الهيومك+ حامض الفولفيك) وحفظ في اوعية بلاستيكية كبيرة. قدرت النسبة المئوية للرطوبة وذلك باخذ كمية معلومة الوزن من مستخلص حامض الهيوميك+ الفولفيك وتجفيفها على درجة حرارة 40 درجة م. تم تحضيرهيومات وفولفات الحديد (Fe-HA+FA) وذلك باضافة الحديد المعدني ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) الى حامض الهيوميك +حامض الفولفيك بنسبة 1:6 على اساس الوزن (6) حامض هيوميك+حامض الفولفيك: 1 حديد معدني)، يستخدم هذا المصدر للحديد في كل معاملات التجارب اللاحقة.

جدول 1. بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة

القيمة	الوحدة	الصفة	
7.8	—	الأس الهيدروجيني للتربة 1:1 pH	
4.3	ديسي سيمنز . م ¹⁻	الايصالية الكهربائية (EC) 1:1	
15.6	غم . كغم ¹⁻	مادة التربة العضوية (SOM)	
17.2	سنطي مول شحنة. كغم ¹⁻	السعة التبادلية للأيونات الموجبة (CEC)	
23.5	غم . كغم ¹⁻	معادن الكربونات	
6.5	ملي مول. لتر ¹⁻	Ca ²⁺	الايونات الذائبة الموجبة
3.5		Mg ²⁺	
22.6		Na ⁺	
0.27		K ⁺	
6.5	ملي مول . لتر ¹⁻	SO ₄ ²⁻	الايونات الذائبة السالبة
7.1		HCO ₃ ⁻	
18.7		Cl ⁻	
42.0	ملغم . كغم ¹⁻ تربة	النتروجين الجاهز	
15.82	ملغم . كغم ¹⁻ تربة	الفسفور الجاهز	
300	ملغم . كغم ¹⁻ تربة	البوتاسيوم الجاهز	
8.4	ملغم . كغم ¹⁻ تربة	الحديد الجاهز	
0.46	ملغم . كغم ¹⁻ تربة	الحديد الذائب	
80	غم . كغم ¹⁻ تربة	الرمل	مفصولات التربة PSD
552		الغرين	
368		الطين	
Silty Clay Loam		صنف النسجة	

جدول 2. صفات مادة البتموس التجاري.

الصفة	الوحدة	القيمة
الأس الهيدروجيني للتربة pH	—	7.2
الايصالية الكهربائية (EC)	ديسي سيمنز . م ⁻¹	1.8
الكالسيوم	%	1.77
المغنيسيوم	%	83
النتروجين الجاهز	%	2.2
الفسفور الجاهز	%	7
البوتاسيوم الجاهز	%	67
كاربون	%	36.67
نسبة C:N	%	16.67

4.3 التحاليل الكيميائية والفيزيائية للتربة:

1.4.3 الكالسيوم والمغنيسيوم الذائبين:

تم تقديرهما بطريقة التسحيح مع الفرسنيث (Na₂-EDTA) (0.01 % عياري) وفق Richards ، (1954).

2.4.3 الكلوريد:

تم تقديره بالتسحيح مع نترات الفضة (N 0.005) باستعمال كاشف كرومات البوتاسيوم وكما ورد في Jackson، (1973).

3.4.3 السعة التبادلية للأيونات الموجبة:

قدرت باستعمال خلات الامونيوم (N 1) عند pH = 7.0 وفقا للطريقة الموصوفة في Black ، b- (1965).

4.4.3 البوتاسيوم الجاهز:

تم تقديره باستخدام جهاز مطياف اللهب (Flame Photometer) بعد استخلاصه بـ 0.05 مولاري من كلوريد الكالسيوم وفق Martin و Spark ، (1983).

5.4.3 الفسفور الجاهز:

تم تقديره لونها باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) وفق طريقة اولسن والموضحة في Page وآخرون، (1982) بعد استخلاصه من التربة باستخدام محلول بيكاربونات الصوديوم 0.5 مولاري عند $pH=8.5$.

6.4.3 الصوديوم والبوتاسيوم الذائبين:

قدرا باستخدام جهاز مطياف اللهب (Flame Photometer) وفق Richards ، (1954).

7.4.3 الايصالية الكهربائية للتربة (EC):

تم قياسها في مستخلص تربة 1:1 باستخدام جهاز قياس الايصالية الكهربائية (EC-meter) وفق الطريقة الواردة في Richards ، (1954).

8.4.3 النيتروجين الجاهز:

قد باستعمال جهاز مايكروكلدال وفق الطريقة الموضحة من قبل Bremner والواردة في (Black1965).

9.4.3 الأس الهيدروجيني للتربة (pH):

تم قياسها في مستخلص تربة 1:1 باستخدام جهاز pH-meter وفق Richards ، (1954).

10.4.3 نسجة التربة:

قدرت باستخدام طريقة المكثاف وفق Gee و Bauder ، (1986).

11.4.3 المادة العضوية (OM):

قدر الكربون العضوي في التربة بطريقة Walkely و Black وفق ما وردت في Black، (1965) ثم حسبت النسبة المئوية للمادة العضوية من حاصل ضرب محتوى الكربون العضوي في معامل التحويل 1.72.

12.4.3 الكبريتات الذائبة:

قدرت بطريقة العكارة باضافة كلوريد الباريوم باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) وفق Page واخرون، (1982).

13.4.3 البيكاربونات الذائبة:

قدرت بالتسحيح مع حامض الكبريتيك 0.01 عياري وفق ما وردت في Jackson ، (1973).

14.4.3 الحديد الجاهز:

قدر بتحضير مستخلص تربة 1;2 برج 10 غم منها في 20 سم³ من محلول (DTPA) ذي التفاعل 7.3 وفق طريقة Lindsay و Norvell ، (1978) وبعد الرج لمدة ساعتين والترشيح قدر الحديد في المحلول باستعمال جهاز الامتصاص الذري. (Atomic Absorption).

5.3 التجارب المختبرية:

اجريت ثلاث تجارب مختبرية الاولى لدراسة حركات الحديد من المصادر الثلاثة(المصدر المعدني والمصدر المخلي الصناعي والمصدر المخلي المحضر) في تربة الدراسة والثانية لايجاد حاصل الاذابة لمصادر الحديد في تربة الدراسة والثالثة لتقدير الحديد الممتاز لمصادر الحديد في تربة الدراسة.

1.5.3 تجربة حركات الحديد:

اجريت هذه التجربة لدراسة تفاعلات الحديد المضاف من المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والمصدر المخلي Fe DTPA والمصدر العضوي هيوميك وفولفيك الحديد (Fe HA+FA) الى التربة ومتابعة التغيرات في جاهزيته مع المدة (يوم). حيث تم وزن 50 غم من تربة مجففة هوائيا ومنخوله بمنخل قطر فتحاته 2 ملم ووضعت في اوعية بلاستيكية ثم اضيفت مصادر الحديد المذكوره سابقا بتركيز 100 مايكروغرام غم⁻¹ لكل حاوية. وكان عدد الحاويات المستخدمة 3 (مصدر حديد) $15 \times$ (مدة تحضين) $2 \times$ (مكرر) = 90 حاوية وكانت مدد التحضين المستخدمه هي 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 يوم وبواقع مكررين. اذ اضيف

الماء المقطر الى جميع الحاويات بمقدار 100% من السعة الحقلية والمحافظة عليه طيلة مدد التحضين وبعد انتهاء كل مدة تحضين تجفف ترب الحاويات هوائيا وتم تقدير الحديد الجاهز فيها طبقا لطريقة Lindsay و Norvell، (1978) واخضعت النتائج للمعادلات الحركية لدراسة تحرر الحديد مع الزمن.

1.1.5.3 المعادلات الحركية المستعملة في الدراسة:

استعملت معادلات رياضية وفيزيائية ذات اسس تجريبية ومعادلات حركية يعتمد على اسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) لوصف تركيز الحديد في محلول التربة مع الزمن وعلاقته بالحديد الموجود بنظام التربة (Jorda وآخرون، 1992 و Al-Uqaili وآخرون، 2002) وهذه المعادلات هي:

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

إذ تمثل:

C_0 = كمية (تركيز) الحديد الموجود في المحلول عند الزمن صفر.

C_t = كمية (تركيز) الحديد الموجود في المحلول عند الزمن المحدد.

K = ثابت التحرر للحديد.

ولتحديد أكفاً معادلة لوصف تحرر أيونات الحديد اعتمدت المؤشرات الآتية:

- معامل التحديد (R^2).
- قيمة الخطأ القياسي التخميني (SEe) (Stander Error of Estimate).

2.5.3 تجربة حاصل الاذابة للحديد:

اضيفت اسمدة الحديد المختلفة من المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والمصدر المخليبي Fe DTPA والمصدر العضوي المصنع Fe HA+FA الى وزن معلوم من تربة الدراسة (200 غم) وبثلاث مستويات لكل مصدر هي 0 و 5 و 50 كغم هكتار⁻¹ وبواقع مكررين ولمدد تحضين 4 و 20 و 40

يوم (اي مدد ترطيب وتجفيف 1 و 5 و 10). بعد انتهاء كل فترة تحضين استخلص الحديد الذائب بالماء 1:1 (تربة : ماء مقطر). و ذلك برج المعلق لمدة ساعتين وترك لمدة 24 ساعة للحصول على حالة الاتزان ومن ثم رشح المعلق وقدر فيه كل من pH و EC و Fe الذائب في الماء وبعد ذلك قدر الحديد الجاهز (المستخلص بطريقة الـ DTPA) وفقا لطريقة Lindsay و Norvell، (1978) وقيس الحديد بواسطة جهاز الامتصاص الذري ونوع الجهاز (SHIMADZU- AA6300). وبالاعتماد على القيم المتحصلة تم اجراء الحسابات والتقديرية الاتية:

1- تم حساب القوة الايونية وفق الطريقة التي اوردها (Griffin و Jurnik ، 1973) حيث اعتمدت على قيم الايصالية الكهربائية وفق المعادلة الاتية:

$$I = EC \times 0.013$$

2- تم استخدام معادلة (Deby-Huckel) الواردة في (Lindsay، 1979) لحساب قيم معامل الفعالية الايونية ($\log f$) من قيم القوة الايونية (I) وكما في المعادلة التالية:

$$\log f = \frac{-A Z^2 \sqrt{I}}{1+Bd_i \sqrt{I}}$$

اذ ان:

A = ثابت مقداره 0.509 عند درجة حرارة 25 درجة مئوية.

B = ثابت مقداره 0.328 عند درجة حرارة 25 درجة مئوية.

d_i = قطر الايون الفعال في المحلول ومقداره 6 عند درجة حرارة 25 درجة مئوية.

I = القوة الايونية للتربة.

3- من العلاقة الاتية تم حساب النشاط الايوني للحديد:

$$a_i = f c_i$$

اذ ان:

a_i = النشاط الايوني.

f = معامل الفعالية الايونية.

c_i = تركيز الايون في المحلول (مول. لتر⁻¹).

4- تم حساب جهد الحديد في محلول التربة (pFe) وذلك من خلال اخذ اللوغارتم السالب لنشاط ايون الحديد وفق المعادلة الاتية:

$$pFe = -\log(Fe^{+2})$$

5- تم استخدام مخططات الاذابة المقترحة من قبل Lindsay، (1979) حيث تم وضع جهد الحديد (-LogFe) على المحور الصادي ودرجة تفاعل التربة (pH) على المحور السيني. فقد رسمت مخططات اذابة الحديد بعد الاستعانه بالمعادلات الكيميائية لتحلل المركبات النقية للحديد. ثم حسب قيم جهد الحديد (pH-1/2 pFe) وحسب المعادلات ادناه:

التفاعلات	Log K°
1- $FeO + 2H^+ \rightleftharpoons Fe^{+2} + H_2O$	13.48
PH-1/2 pFe = 6.70	
2- $Fe(OH)_2(c) + 2H^+ \rightleftharpoons Fe^{+2} + 2H_2O$	12.90
PH-1/2 pFe = 6.45	
3- $FeCO_3(siderite) + 2H^+ \rightleftharpoons Fe^{+2} + CO_2 + H_2O$	7.29
PH-1/2 pFe = 5.72	

3.5.3 تجربة امتزاز الحديد:

اجريت تجربة الامتزاز في مختبرات كلية الزراعة / جامعة الانبار من اجل تقدير الحديد الممتز في تربة الدراسة. وقد اضيف المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والمصدر المخليبي Fe DTPA والمصدر العضوي المحضر Fe HA+FA بواقع سبعة تراكيز هي 10 و 40 و 80 و 120 و 200 و 300 و 400 ملغم/كغم و بواقع مكررين لكل تركيز الى وزن معلوم من تربة الدراسة والمجففه هوائيا ومنخولة بمنخل قطر فتحاته 2 ملم اذ اضيف 20 مل من كل تركيز الى 1 غرام تربة ورج المحلول لمدة ساعتين وبعد ذلك اجريت عملية الترشيح وقدر الحديد باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Atomic Absorption) ونوع الجهاز (SHIMADZU- AA6300). وحسب الحديد الممتز وذلك بطرح الكمية المتبقية في المحلول من الكمية الكلية المضافة. استخدمت معادلة لانكماير لوصف العلاقة بين الحديد الممتز وتركيز الحديد في محلول الاتزان.

6.3 التجربة الحقلية:

تم تحضير التربة للزراعة وذلك بحراستها وتسويتها وتنعيمها والتقطيع الى مرز وبمساحة 2.4م² للمرز الواحد وبابعد 0.6 م بين مرز واخر. اضيف السماد النيتروجيني على هيئة يوريا (46% N) بمعدل 200 كغم N. هكتار⁻¹ اضيف لكافة المعاملات حتى معاملة المقارنة وبثلاث دفعات الدفعة الاولى بعد خف النبات ووصول النباتات الى ارتفاع 20سم. اما الدفعة الثانية من الاضافة فكانت بعد 20 يوم من الدفعة الاولى والدفعة الثالثة بعد مرور 20 يوما من الدفعة الثانية. اما سماد السوبر فوسفات الثلاثي (TSP)(21%P) فقد اضيف عند الزراعة بمعدل 80كغمP.هكتار⁻¹ (علي,2012). نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات الكاملة العشبية (RCBD) في تجربة شملت اربعة مستويات للحديد هي 0 و 5 و 10 و 15 كغم.هكتار⁻¹ بدفعة واحدة وذلك بتاريخ 2015/9/11 اضافة ارضية بطريقة التلقيح للجذور ومن ثلاثة مصادر للحديد هي المصدر المعدني FeSO₄.7H₂O والمصدر المخابسي Fe DTPA والمصدر العضوي المحضر هيوميك وفولفيك الحديد (Fe HA+FA) وبثلاث مكررات ليكون عدد الوحدات التجريبية 36 وحدة تجريبية (3×3×4). زرعت بذور الذرة الصفراء صنف بغداد (3) في 2015/8/22. وكانت الزراعة على شكل مرز المسافة بين مرز واخر 0.6 م والمسافة بين جورة واخرى 0.25م كما وضعت ثلاثة بذرات في كل جورة ومن ثم خفت الى نبات واحد بعد 14 يوما من الزراعة وكان عدد النباتات في الوحدة التجريبية 18 نباتا. تمت مكافحة الادغال يدويا طيلة موسم النمو وحسب الحاجة وتم مكافحة حشرة حفار الساق الذرة *Seamia Criteca* مرتين الاولى عند بلوغ النباتات ارتفاع 20سم والثانية بعد 21 يوم من مكافحة الاولى وذلك باستخدام مبيد الديازينون رشا على الجزء الخضري للنبات (النعيمي و اخرون،1991) وفي 2015/12/9 تم حصد المحصول واخذت القياسات المطلوبة.

7.3 مؤشرات النبات:

- اخذت البيانات عن النمو والحاصل باخذ عشرة نباتات بصورة عشوائية من كل معاملة وكالاتي:
- 1- قياس ارتفاع النبات (سم) من منطقة اتصال الساق بالتربة حتى قاعدة النورة الزهرية ولمعدل عشرة نباتات محروسة من كل وحدة تجريبية وعند مرحلة النضج التام.
 - 2- الوزن الجاف للنبات (غم.نبات⁻¹) بأخذ عشرة نباتات من كل وحدة تجريبية وتم قطعها من منطقة اتصال الساق بالتربة ثم فصلت الاوراق والسيقان وجففت في الفرن الكهربائي بدرجة حرارة 65-70

درجة مئوية لمدة 48 ساعة ثم حسب حاصل المادة الجافة لكل من الاوراق والسيقان. وبعد الحصاد تم اختيار عشرة نباتات بصورة عشوائية من كل وحدة تجريبية وجففت العرائص المحصودة هوائيا لمدة اسبوعين لحساب الاتي:

3- حساب معدل وزن الحبوب للنبات الواحد (غم.نبات⁻¹) كمعدل لوزن عشرة نباتات.

4- حساب معدل حاصل الحبوب الكلي (طن. هكتار⁻¹) يتم استخراجها من خلال معدل وزن الحبوب للنبات الواحد (غم.نبات⁻¹).

5- قدر تركيز الحديد في النبات وذلك باخذ عينات نباتية (حبوب او اوراق العلم) من عشرة نباتات بطريقة عشوائية في نهاية الموسم الزراعي حيث جففت في درجة حرارة 65-70 درجة مئوية لمدة 48 ساعة حتى ثبات الوزن ثم طحنت واخذت منها عينة بوزن 0.2 غم بعد أنطحنت الاوراق والحبوب كل على انفراد باستعمال المطحنة الكهربائية المعدنية ثم هضمت العينات النباتية الاوراق والحبوب باستعمال خليط حامض الكبريتيك وحامض البيروكلوريك وحسب طريقة Ulrich و Johnson (1959) والمقترحة من قبل Gresser و Parson (1979) ثم قدر تركيز الحديد في الاوراق والحبوب بجهاز الامتصاص الذري.

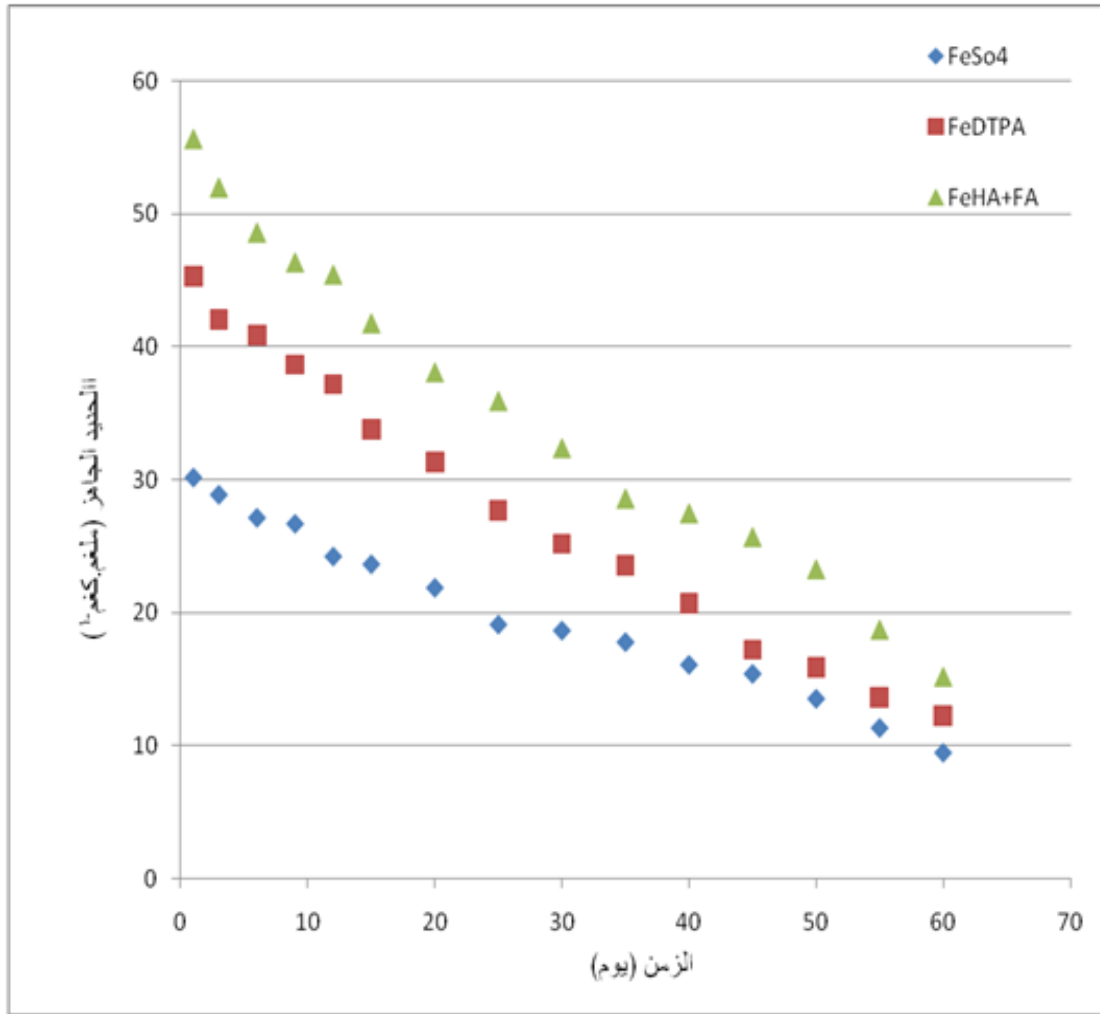
8.3 التحليل الاحصائي:

بعد تبويب البيانات للصفات المدروسة قورنت الفروق المعنوية بين المتوسطات باختبار اقل فرق معنوي (L.S.D) عند مستوى احتمال 0.05 وتم تحليل الانحدار (Regression) باستخدام برنامج اكسل لحساب R^2 و SEe و t.

1.4 التجارب المختبرية:

1.1.4- تأثير مدة الحضانة في تركيز الحديد الجاهز:

تشير نتائج شكل 1. الى ان الحديد الجاهز في تربة الدراسة يتناقص اسياً مع المدة (يوم) عند اضافة مصادر الحديد الثلاثة المختلفة $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ و $Fe DTPA$ و $FeHA+FA$. اذ انخفض تركيز الحديد الجاهز بعد يوم واحد من الاضافة ومن المصادر الثلاث المذكورة سابقا الى 30.21 و 45.35 و 55.61 ملغم. كغم⁻¹ تربة بالتتابع اي ان النسبة المئوية للانخفاض في تركيز الحديد الجاهز بعد يوم واحد من الاضافة كان بنسبة 69.79 و 54.65 و 44.39% للمصادر المختلفة بالتتابع. وبمرور المدة بدأ انخفاض تركيز الحديد الجاهز في تربة الدراسة وصولاً الى ادى انخفاض سجل بعد مرور 60 يوماً من الاضافة ولجميع المصادر، اذ كان تركيز الحديد الجاهز 9.54 و 12.21 و 15.21 ملغم.كغم⁻¹ تربة اي ان مقدار الانخفاض في تركيز الحديد كان بنسبة 90.55 و 87.79 و 84.79 % لكل من $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ و $Fe DTPA$ و $Fe HA+FA$ بالتتابع. ان اعلى انخفاض في تركيز الحديد الجاهز لوحظ عند اضافته من المصدر المعدني ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) وكان بنسبة 90.55% بعد 60 يوماً من الاضافة، ويعود سبب ذلك الى تثبيت وترسيب كميات كبيرة منه في التربة بمرور الزمن وذلك لظروف التربة الكلسية ومحتواها العالي من كاربونات الكالسيوم وارتفاع درجة تفاعل التربة، تتفق هذه النتائج مع نتائج كثير من الباحثين (الحديثي، 1997; التميمي، 1997; Al-Uqaili وآخرون، 2002; الكنه، 2006). واتفقت النتائج مع Ryan و Harig (1983) و العبيدي (2010) في تفوق هيومات الزنك على مصادر الزنك الاخرى. اذ اشار هؤلاء الباحثين الى ان زيادة فترة الحضانة ادت الى خفض تركيز الحديد الجاهز في محلول التربة. يعزى سبب الانخفاض السريع في بداية فترة التحضين والى كون التفاعلات الاولى هي تفاعلات سريعة (Fast reaction) اما في الازمنة الاخرى فتحدث تفاعلات بطيئة، اذ أن تركيز الحديد في الازمنة الاولى كان كبيراً مقارنة بالازمنة المتأخرة بسبب عدم توفر الوقت الكافي لتكوين المعقدات مع العناصر او معادن الكاربونات مثل تفاعلات الاحتجاز والترسيب والتي يبقى فيها العنصر جاهزاً وهذا يتفق مع الكنه (2006) الذي لاحظ وجود علاقة معنوية بين امتزاز الحديد وتركيزه في عشب ترب من نينوى ومحتواها من الطين والمادة العضوية و كاربونات الكالسيوم. وعند مقارنة مصادر الحديد الثلاثة نلاحظ ان تركيز الحديد الجاهز من المصدر المخليبي المحضر ($Fe HA+FA$) كان اعلى من المصادر الاخرى طوال فترة التحضين حيث امتاز مصدر هيومات فولفات الحديد ($Fe HA+FA$) باحتوائه على



شكل 1. العلاقة بين الحديد الجاهز (ملغم. كغم⁻¹) المضاف من المصادر المختلفة مع الزمن .

أكبر كميته من الحديد الجاهز المتبقي في التربة ويعزى سبب ذلك إلى دور حامضي الهيوميك والفولفيك إلى خلب الحديد وثبات معقداتها مع الحديد والبقاء لمدة طويلة.

إن تفوق المصدر المخليبي المحضر (Fe HA+FA) على المصدر المخليبي الصناعي (Fe DTPA) يعود إلى الخصائص الكيميائية كالأستقرارية أو الثباتية للأحماض الدبالية مع العناصر الصغرى التي تؤدي إلى خفض عملية تحولاته واحتجازه في التربة وكذلك مساهمتها في زيادة سرعة انتشاره وبقائه في طورها السائل، إن هذه النتائج جاءت متوافقة مع عدد من الباحثين (الحديثي، 1997 و التميمي، 1997) في استخدامهما لهيومات و فولفات الحديد المستخلصة من قش الحنطة ومخلفات الماعز وتوقعهما على الحديد المخليبي الصناعي (Fe-DTPA) والحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O) وإيضاً يتفق مع نتائج السرهيد (2013) عند استخدامه لسماذ

هيوومات و فولفات الحديد المستخلصه 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 .

2.1.4 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 اسس الكيمياء الحركية (Kinetic Chemistry) وهي معادلات الرتبة صفر والاولى والثانية والاخرى على اسس طبيعية كمعادلة الانتشار واسس رياضية تجريبية كمعادلة ايلوفج للتربة قيد الدراسة. اوضحت نتائج جدول 3. ان معادلة الرتبة الاولى (First order reaction) كانت هي الاكفا في وصف العلاقة بين تحرر الحديد الجاهز مع زمن التفاعل (t) وذلك لحصولها على اعلى معامل تحديد (R^2) (0.982) واقل خطأ قياسي (SEe) (0.049) بالرغم من ان معادلة الانتشار اعلى من معادلة الرتبة الاولى من حيث معامل تحديد (R^2) بمقدار 0.983 الا انها ذات معدل خطأ قياسي اعلى (SEe) (1.285) اي ان معادلة الرتبة الاولى تفوقت على بقية المعادلات من حيث معدل معامل التحديد (R^2) واقل خطأ قياسي (SEe). اي ان النموذج الرياضي ($\ln C_t = \ln C_0 - Kt$) لمعادلة الرتبة الاولى هو الانسب في وصف العلاقة بين الحديد الجاهز المضاف من المصادر المختلفة في تربة الدراسة مع المدة (يوم). ان تفوق معادلة الرتبة الاولى يتفق مع النتائج التي اشارت اليها بعض الدراسات فقد وجد Dyanand و Singh (1980) ان تحرر الحديد من المركبين المخليبيين Fe DTPA و Fe EDTPA في عدد من الترب الكلسية يتبع معادلة الرتبة الاولى. كما وجد Jorda و اخرون (1992) ان معادلات الرتبة الاولى والثانية والمعادلة التجريبية ايلوفج كانت هي الافضل في وصف تحرر الحديد من المركب المخليبي Fe EDDHA مع الزمن في خمس ترب كلسية. كما وجد Al-Uqaili و اخرون (2002) و جار الله (2005) ان معادلة الرتبة الاولى كانت الاكفا في وصف تحرر الحديد من مركباته المعدنية والمخليبية. كما اظهرت دراسة الربيعي (2002) والغريبي (2003) تفوق معادلة الرتبة الاولى على بقية المعادلات المستخدمة في دراستهم تقييم معامل سرعة تحرر الحديد من المركبين Fe EDDHA و FeSO₄.7H₂O في تربة كلسية.

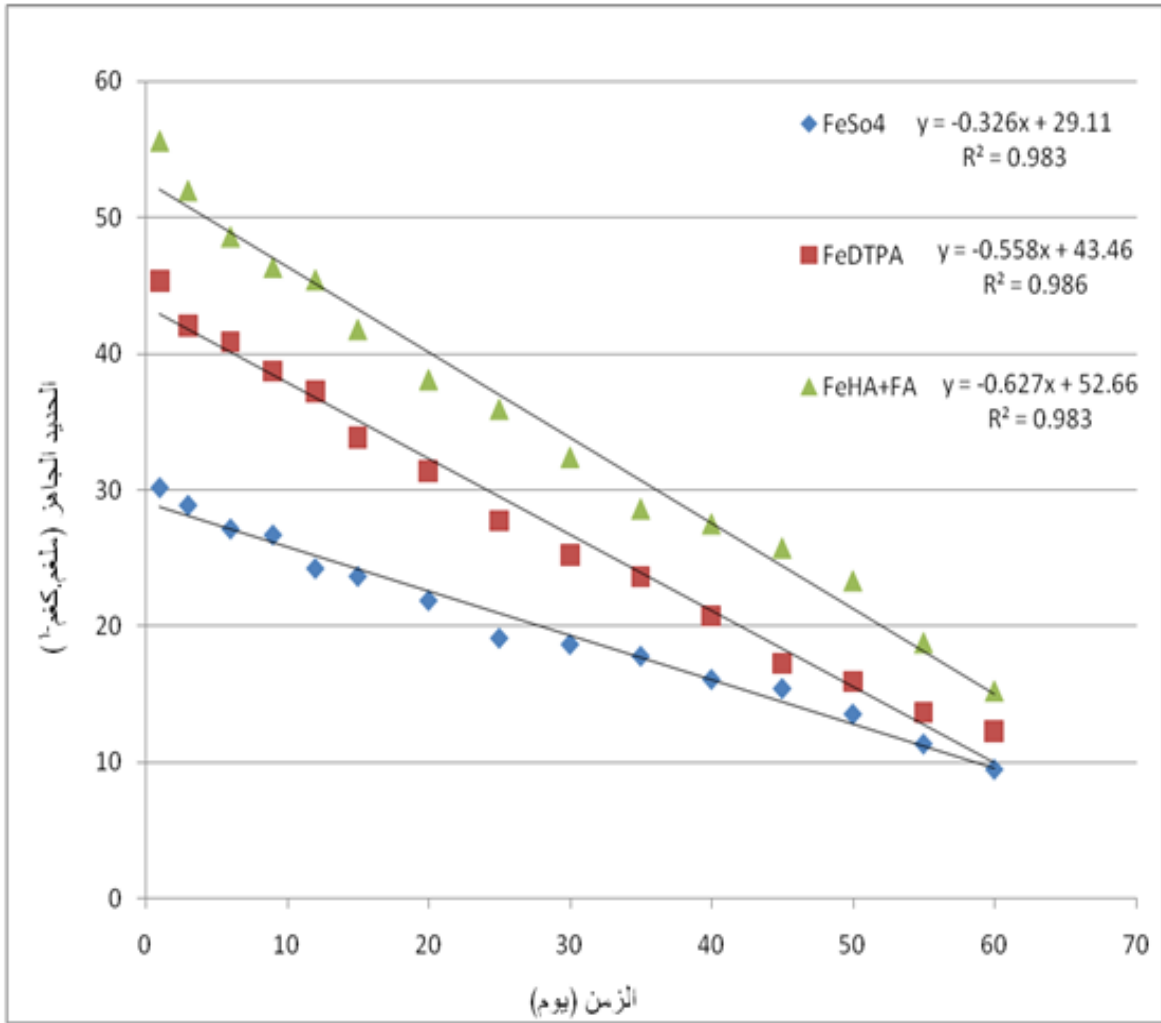
ان معادلة الحركيات لمصادر اسمدة الحديد المختلفة طبقا لمعادلة الرتبة الاولى موضحة في شكل 2. الذي يبين العلاقة بين الحديد الجاهز (ملغم.كغم⁻¹) في تربة الدراسة مع الزمن (يوم) ومن هذه المعادلة نلاحظ ان

قيمة ثابت سرعة التحرر للحديد المحسوب بواسطة المعادلة لمصدر الحديد المعدني ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 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 المحضر (Fe HA+FA). ومن هنا يظهر ان قيمة ثابت سرعة التحرر الحديد اعلى قيمة له كانت عند اضافة المصدر العضوي المحضر (Fe HA+FA) وتفوقت على جميع مصادر الحديد المختلفة المضافة الى تربة الدراسة بالمقارنة مع المصدر المعدني ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) والمصدر المخليبي (Fe DTPA).

جدول 3. 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
FeSO₄	0.983	0.993	0.907	0.980	0.855
	0.873	0.035	0.006	0.943	2.551
	-27.493	-44.818	11.320	-25.431	-8.781
FeDTPA	0.988	0.976	0.943	0.985	0.857
	1.316	0.055	0.004	1.364	4.324
	-31.168	-23.120	14.691	-30.058	-8.844
FeHA+FA	0.983	0.978	0.898	0.985	0.867
	1.639	0.058	0.004	1.548	4.695
	-28.153	-24.188	10.740	-29.834	-9.231

0.969	0.982	0.916	0.983	0.859	المعدل
1.276	0.049	0.004	1.285	3.856	
-28.938	-30.708	12.250	-28.441	-8.952	



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

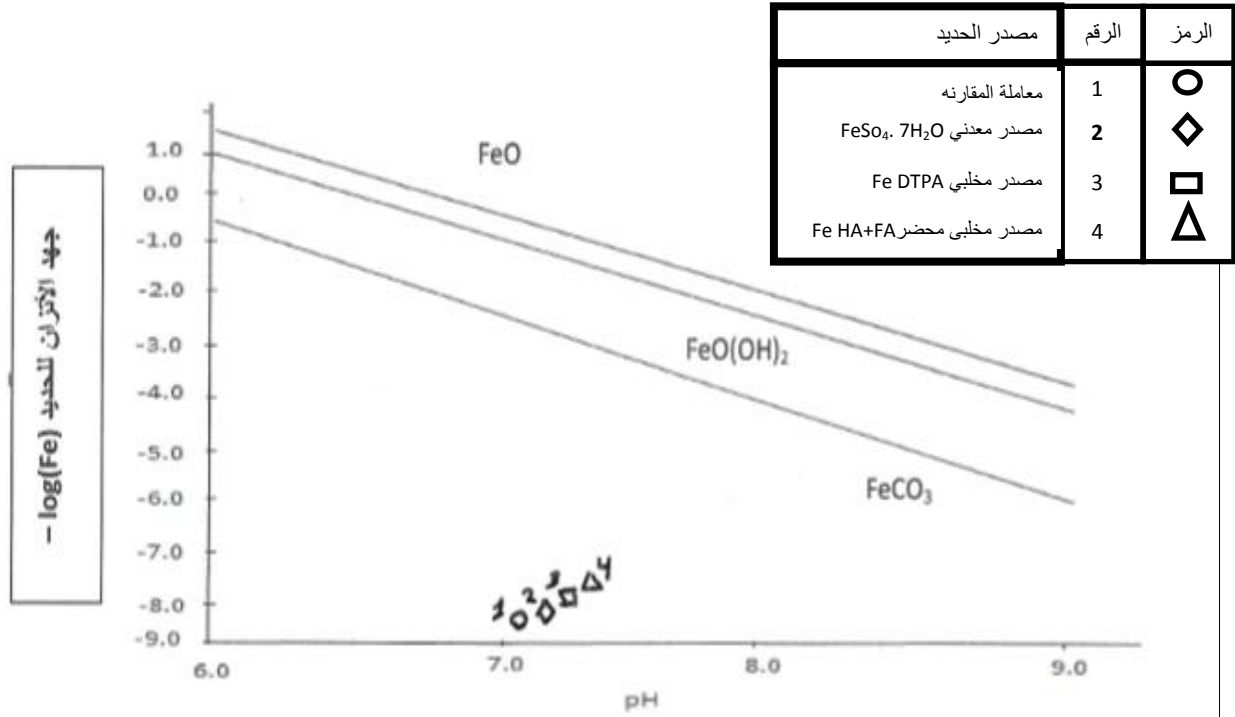
3.1.4 اذابة مركبات الحديد:

هناك عدد من المؤثرات المرتبطة بالسلوك الكيميائي لعنصر الحديد في الطبيعة بسبب التغيرات السريعة لشحنته وارتباطه مع نظم وسلوك عناصر الاوكسجين والكبريت والكاربون في الترب التي غالباً ما تدفع عنصر الحديد الى تكوين العديد من الازدواجات الايونية والمركبات في الترب. فقد رسمت مخططات الاذابة لعنصر الحديد في تربة الدراسة حسب ما اشار اليه Lindsay (1979) لغرض التعرف على نوعية المعادن المتحكمة في ذوبانية عنصر الحديد في محلول التربة فضلاً عن متابعة مصير اسمدة الحديد المعدنية والمخيلية المضافة الى تربة الدراسة.

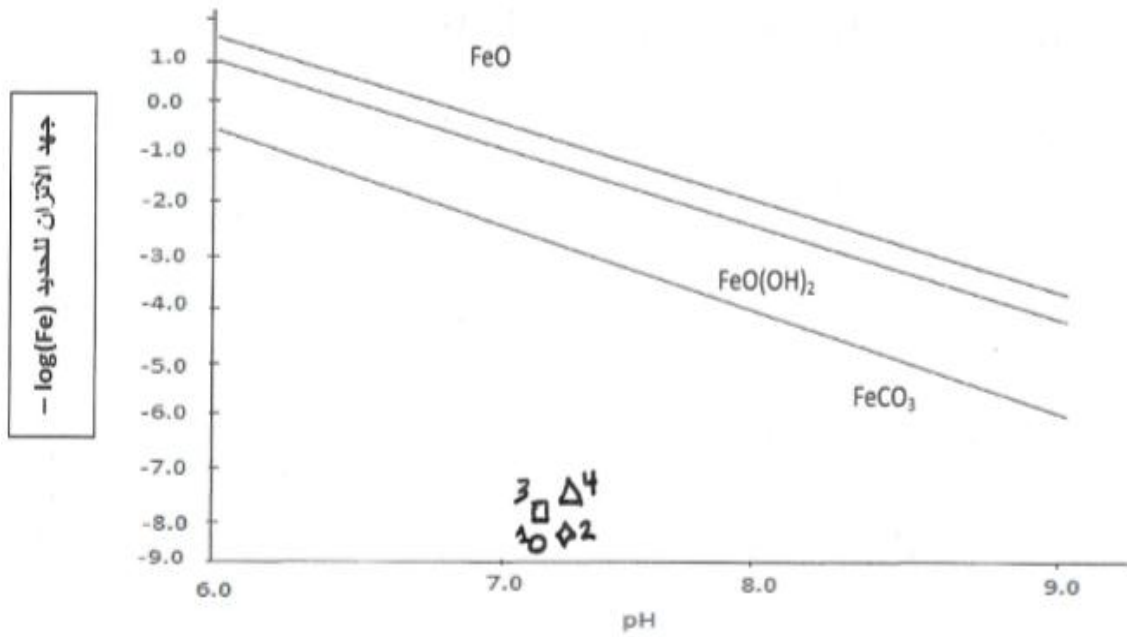
وقد اشارت النتائج في شكل 3 و 4 بالاستناد الى نواتج حاصل الاذابة لمركبات مصادر الحديد المختلفة

المضافة لتربة الدراسة، وجود تباين في قدرة المصادر السمادية المضافة على التأثير في حاصل الاذابة لعنصر الحديد، وهذا الاختلاف قد يشير الى انمواقع النقاط المعبرة لعنصر الحديد في التربة استقرت تحت الخط (فوق الاشباع) بمركب siderite $FeCO_3$ وواوكسيد الحديد FeO وهيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$. اذ ان اضافة الحديد الى التربة قد ادت الى تحرك الطور المتحكم بالذوبانية باتجاه تكوين مركبات ذات جاهزية اعلى من الطور الاصلي، حيث بينت النتائج ان معدن السيدرايت ($FeCO_3$) يتحكم باذابة الحديد الاصلي في التربة، ان عملية اضافة الحديد ادت الى تحرك الطور المتحكم الذوبانية باتجاه تكوين مركبات ذات جاهزية اعلى من الطور الاصلي، كما ان ازدياد الكمية المضافة من الحديد قد ادى الى زيادة تحرك هذه الاطوار باتجاه معدن السيدرايت ($FeCO_3$) الذي يمتاز بحاصل اذابة منخفض جدا يؤدي الى صعوبة تحرر عنصر الحديد الى طور التربة السائل. وبينت الاشكال 3 و 4 و 5 و 6 الى ان الطور المتحكم للمصدر المخليبي المصنع هيومات و فولفات الحديد ($Fe HA+FA$) يشير الى تكوين مركبات اقل ترسيبا واعلى اذابة مما هو عليه للمصدر المعدني كبريتات الحديدوز ($FeSO_4.7H_2O$) الذي يمتاز بعدم قدرته على الحفاظ على تركيز متوازن لعنصر الحديد لمدة زمنية اطول وقد يعود السبب في ذلك الى تدهور حالة المصدر المعدني مقارنة بالمصدر المخليبي الذي يبقى في التربة لمدة اطول من المصدر المعدني وهذا يتفق مع ما توصلت اليه التميمي (1997) عند دراستها لعدد من الترب في وسط وجنوب العراق وهذا ما اكده ايضا الكنه (2006) عند دراسته لبعض ترب شمال العراق في محافظة نينوى.

ومن اجل ايضاح حالة التباين لمصادر الحديد المستخدمه والمضافة لتربة الدراسة، فقد اوضحت النتائج في شكل 3 و 5 ان النقاط تتحرك من موقعها الاصلي (معاملة المقارنة) بعد الدورة الاولى من دورات الترطيب والتجفيف الى مواقع اعلى عند اضافة المستوى 5 كغم. هكتار⁻¹ لتشير الى ان لاضافة الحديد دور في تكوين مركبات ذات اذابة اعلى وان زيادة مستوى الاضافة الى 50 كغم. هكتار⁻¹ قد رفع النقاط المعبرة عن المعاملات السمادية لتستقر في مواقع اعلى وكما تباينت مواقع النقاط المعبرة عن مصادر الحديد المختلفة.



شكل 3. مخطط اذابة مركبات الحديد وتأثير مصدر ومستوى الحديد المضاف الى تربة الدراسة بعد الدورة الاولى من الترطيب والتجفيف عند المستوى 5 كغم. هكتار⁻¹.



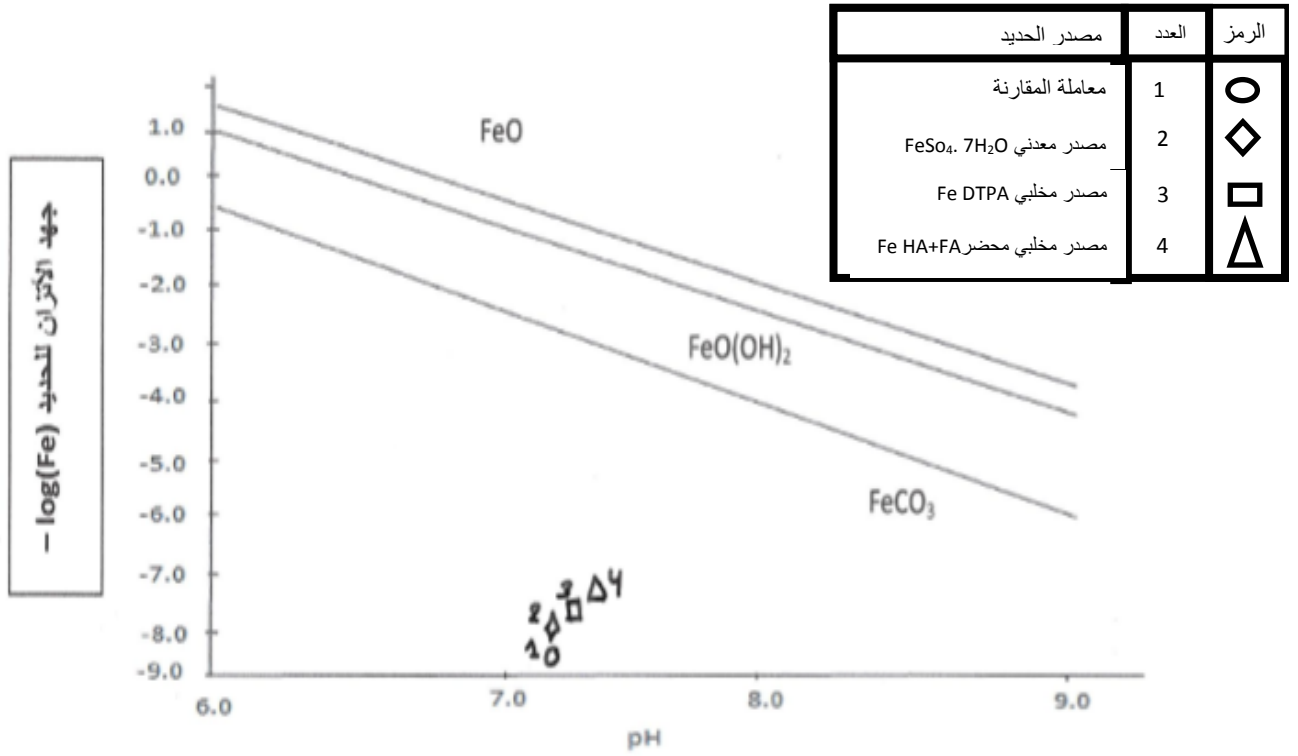
شكل 4. مخطط اذابة مركبات الحديد وتأثير مصدر ومستوى الحديد المضاف الى تربة الدراسة بعد الدورة الاولى من الترطيب والتجفيف عند المستوى 50 كغم. هكتار⁻¹.

اذ استقرت النقاط المعبرة عن المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ في مواقع ادنى بالمقارنة مع المصادر المخيلية للحديد فقد تفوق المصدر المخليبي المصنع هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) على المصدر المخليبي (Fe DTPA). ان هذه النتائج تتفق مع ما توصل اليه Havlin و Soltanpour (1984) في دراستهما عن مقارنة تفاعلات المصدريين $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ و Fe DTPA في الترب الكلسية وكذلك مع ما توصل اليه Khwakaram (2003) عند دراسته لترب من شمال العراق في محافظة السليمانية.

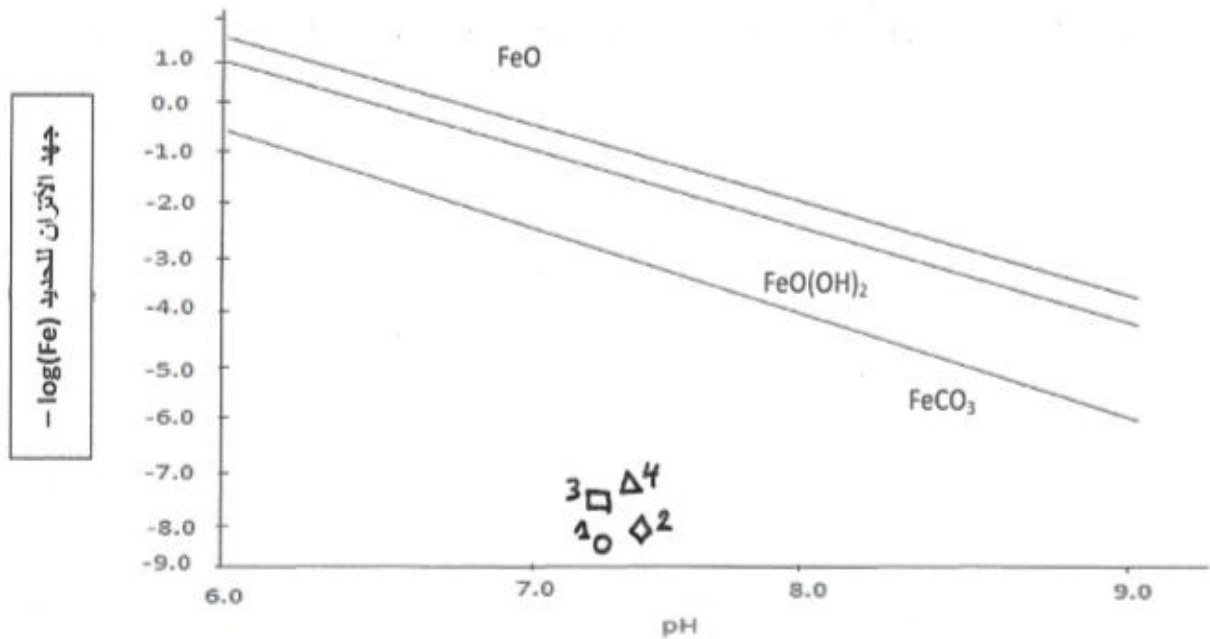
وقد اوضحت النتائج في شكل 5 و 6 ان تعرض المعاملات الى دورات الترطيب والتجفيف وصولا الى نهاية الدورة العاشرة قد دفع المصادر السمادية الى المزيد من التدهور فقد انخفضت مواقع النقاط المعبرة لتستقر في مواقع ادنى عما كانت عليه في دوره الاولى من الترطيب والتجفيف، لتؤكد تعرض جميع المصادر الى التدهور السريع مع احتفاظ المصدر المخليبي المصنع هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) بالقدرة التجهيزية المتوازنة نسبياً لعنصر الحديد، حيث احتلت المصادر المستخدمة الترتيب التالي في قدرتها على المحافظة على عنصر الحديد من التدهور في تربة الدراسة:

$Fe HA+FA < Fe DTPA < FeSO_4 \cdot 7H_2O$. ويعزى هذا التباين في كفاءة مصادر الحديد المختلفة المضافة الى تربة الدراسة الى التحرر السريع لايونات الحديدوز من المصدر كبريتات الحديدوز الى محلول التربة الذي يسهم في تعجيل اكسدته وترسيبه عند الظروف القاعدية (Lindsay، 1979) بالمقارنة مع المصادر المخيلية التي تباينت في ثباتيتها وقدرتها على التحرر التدريجي لايونات الحديدوز.

على الرغم من تباين خصائص التربة وتأثيرها في السلوك الكيميائي لتفاعلات مصادر الحديد المختلفة المستخدمة، الا ان هذه المصادر احتفظت بالترتيب نفسه مع التفوق الواضح للمصدر المخليبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) في قدرته الاحتفاظية لعنصر الحديد مع مرور الزمن بالمقارنة مع المصدر المخليبي Fe DTPA والمصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.



شكل 5. مخطط اذابة مركبات الحديد وتأثير مصدر ومستوى الحديد المضاف الى تربة الدراسة بعد الدورة العاشرة من الترطيب والتجفيف عند المستوى 5 كغم. هكتار⁻¹.



شكل 6. مخطط اذابة مركبات الحديد وتأثير مصدر ومستوى الحديد المضاف الى تربة الدراسة بعد الدورة العاشرة من الترطيب والتجفيف عند المستوى 50 كغم. هكتار⁻¹.

4.1.4 جاهزية وتدهور مصادر الحديد المختلفة المضافة الى تربة الدراسة:

بين جدول 4. النسبة المئوية للحديد المسترجع والمتدهور من مصادر الحديد المضافة الى تربة الدراسة اذ تباينت كفاءة الاسمدة في كمية الحديد المتبقي في التربة على وفق اختلاف مصدر الحديد وخصائص التربة المدروسة، فقد سجل المصدر المعدني كبريتات الحديدوز $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ اقل كمية مسترجعة واعلى نسبة تدهور وللمستويات المضافة كافة لتصل الى نسبة بلغت بين 60.9 - 63.9% ولمستويات الاضافة 5 و 50 كغم.هكتار⁻¹ على الترتيب في حين احتل المصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) المرتبة الاولى بقدرته في المحافظه على الحديد المضاف، حيث تراوحت نسبة التدهور فيه بين 34.3-36.5 % عند مستوى الاضافة 5 و 50 كغم.هكتار⁻¹ على الترتيب عند نهاية الدورة الاولى بينما اتخذ المصدر المخلبي Fe DTPA سلوكا متوسطا بين المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والمصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) حيث تراوحت نسبة التدهور فيه بين 37.8 - 41.8% ولجميع مستويات الاضافة. وهذا يتفق مع ما توصل اليه Havlin و Soltanpour (1984) ان كبريتات الحديدوز التي تم استخلاصها بعد اسبوع واحد من الاضافة كان بنسبة 20% عند مستوى الاضافة 5 ملغم.كغم⁻¹ في حين ان المصدر المخلبي Fe DTPA الذي تم استخلاصه عند نفس مستوى الاضافة ونفس الفترة الزمنية قد بلغ 70%. وهذا يؤكد تأثير خصائص التربة ودور الترسيب السطحي بواسطة كربونات الكالسيوم للحديد الذائب والمضاف بشكل اسمدة مما يقلل جاهزية الحديد للنبات. في حين اشار Harper وآخرون (1995) والتيمي (1997) والحديثي (1997) و Khwakaram (2003) الى دور المصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد في زيادة الاحتفاظ بالحديد عن طريق تكوين معقدات مخلبية.

ان معدل تدهور مصادر الحديد المختلفة قد تباين بشكل اكثر وضوحا بعد تعرض المصادر المختلفة المضافة الى تربة الدراسة الى عدد من دورات الترطيب والتجفيف لتسجيل اقصى حالة لها بعد الدورة العاشرة فقد بلغ تدهور المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ما بين 92.4-93.8 % من الحديد المضاف في تربة الدراسة في حين احتفظ المصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) باكبر كمية جاهزه من الحديد حتى بعد الدورة العاشرة من الترطيب والتجفيف بالمقارنة مع بقية المصادر الاخرى حيث كان معدل تدهوره بطئ نسبياً تراوحت بين 64.50 - 66.80% من الحديد المضاف الى التربة اما المصدر المخلبي Fe DTPA فقد اتخذ موقعا وسطيا بين المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والمصدر المخلبي المصنع Fe HA+FA حيث كان معدل تدهوره بين 66.8 - 69.8 % من الحديد المضاف عند مستويات الاضافة 5 و 50 كغم. هكتار⁻¹.

جدول 4. تأثير مصدر ومستوى الحديد المضاف الى تربة الدراسة في النسبة المئوية المسترجعة والمتدهورة من الحديد بعد دورات ترطيب وتجفيف.

دورات الترطيب والتجفيف						مستوى العنصر المضاف كغم /هكتار	نوع السماد
10		5		1			
المتدهور	المسترجع	المتدهور	المسترجع	المتدهور	المسترجع		
93.8	6.1	77.9	22.1	63.9	36.1	5	FeSO ₄ .7H ₂ O
92.4	7.5	75.8	24.2	60.9	39.1	50	
69.8	30.2	52.9	47.1	41.8	58.1	5	Fe DTPA
66.8	33.1	51.5	48.5	37.8	62.2	50	
66.8	33.2	47.9	52.1	36.5	63.5	5	Fe HA+FA
64.5	35.5	44.8	55.2	34.3	65.7	50	

اوضحت هذه النتائج امكانية استخدام المصادر المخليبة المختلفة وخصوصا المصدر المخليبي هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) لمعالجة نقص الحديد في الترب الكلسية الذي تفوق بقدرته التجهيزية مع مرور الوقت. اذ ان هذه النتائج قد بينت التطابق ما بين نتائج حاصل الاذابة حيث اتخذت المصادر المضافة الى تربة الدراسة الترتيب نفسه الذي اتخذته في نتائج حاصل الاذابة من حيث قدرتها التجهيزية وامدادها بعنصر الحديد لتربة قيد الدراسة.

5.1.4 الامتزاز المتماثل حراريا للحديد:

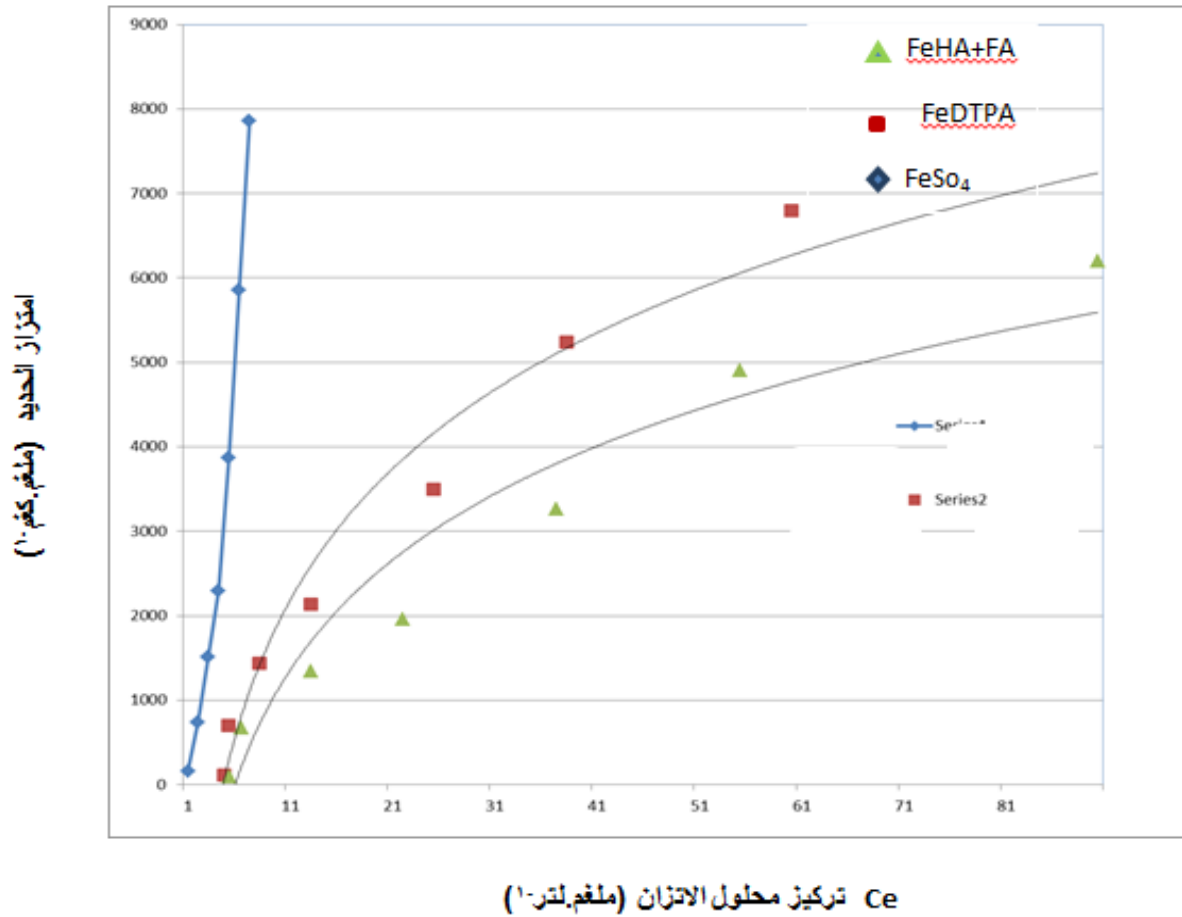
ان تحديد الامتزاز المتماثل حراريا للحديد باستخدام تراكيز مختلفة من الحديد من المصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) والمصدر المخليبي الصناعي والمخليبي الطبيعي عند تفاعله مع التربة المستخدمة في التجربة سيعطي صورة واضحة عن طبيعة التفاعل. يبين شكل 7 العلاقة بين تراكيز الحديد في محلول الاتزان وبين كمية الحديد الممتزة على التربة المضاف من المصادر المختلفة (10-400 ملغم.كغم⁻¹). ويلاحظ من الشكل ان امتزاز الحديد من المصدر المعدني من نوع H(H-shaped isotherm) ويعبر هذا المنحنى عن العلاقة القوية بين المادة الممتزة وسط الامتزاز كما في حالة تكوين معقدات داخلية (inner sphere complexes)

اي ان الايون المعدني يمكن ان يرتبط بسطح معادن الطين وتكون التفاعلات قوية لان الاواصر تكون ايونية والامتزاز هنا غير عكسي ولا يتاثر بالقوة الايونية للطور السائل.

اما امتزاز الحديد من المصدريين المخلبيين (Fe HA+FA و FeDTPA) فهو مشابه لنوع L (L-shaped isotherm)، وفي هذا المنحنى يقل الميل بزيادة تركيز المحلول حيث تقل مواقع الامتزاز الخالية نتيجة ملاء هذه المواقع باستخدام التركيز المخفف. ويمكن تفسير ذلك بان سطح الامتزاز له قابلية كبيرة لامتزاز ايونات المحلول عند التراكيز المنخفضة، اي ان في التراكيز المنخفضة يزيد معها الامتزاز ثم يبدأ الامتزاز بالانخفاض بزيادة التركيز. لذا اوضحت نتائج شكل 7 وملحق 1 العلاقة بين امتزاز الحديد (ملغم.كغم⁻¹) وتركيزه في محلول الاتزان (ملغم.لتر⁻¹) اذ لوحظ عند اضافة المصدر المعدني للحديد (FeSO₄.7H₂O) زيادة امتزاز الحديد بزيادة التركيز اذ أن السعة الامتزازية كانت اعلى مقارنة باضافة المصدر المخلبي (FeDTPA) والمصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) حيث يلاحظ بانه عند اضافة المصدر المخلبي الصناعي (FeDTPA) ان امتزاز الحديد قد انخفض مقارنة مع المصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) وكذلك فان المصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) قد انخفض عند اضافته الى تربة الدراسة مقارنة بامتزاز الحديد عند اضافة المصدر المعدني (كبريتات الحديدوز) فقد بلغت اعلى سعة امتزازية للحديد 7734.92 (ملغم.كغم⁻¹) عند اضافة المصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) واطراً سعة امتزازية للحديد بلغت 6200 (ملغم.كغم⁻¹) عند اضافة المصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) بينما اتخذ المصدر المخلبي الصناعي (FeDTPA) موقعا وسطا بين المصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) والمصدر المخلبي المحضر (Fe HA+FA) اذ بلغت السعة الامتزازية للحديد 6800 (ملغم.كغم⁻¹).

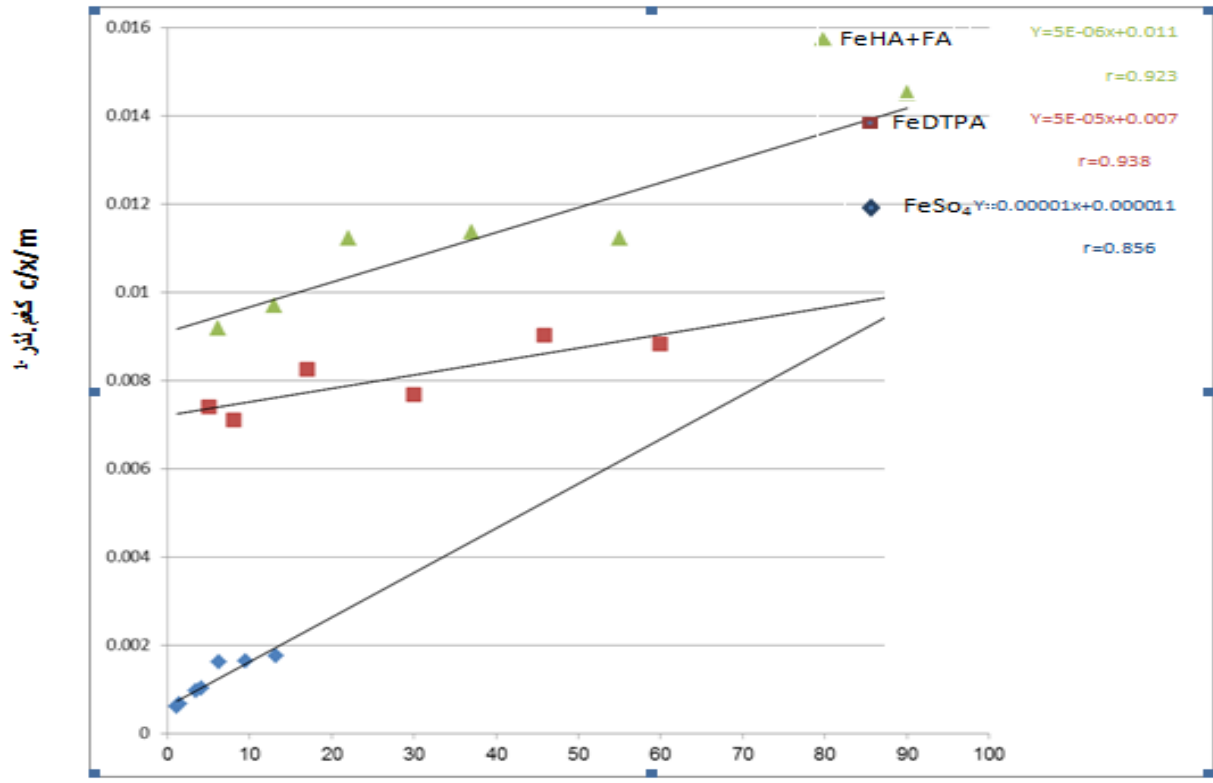
وعند اخضاع هذه النتائج لمعادلة لانكماير فان نتائج شكل 8 توضح العلاقة بين تركيز الحديد في محلول الاتزان و C/x/m (كغم. لتر⁻¹) فقد لوحظ ان معامل الارتباط (r) لمصدر الحديد المخلبي (Fe DTPA) قد تفوق على معامل الارتباط (r) للمصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) ومعامل الارتباط (r) للمصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) بينما كان اقل معامل ارتباط (r) للمصدر المعدني كبريتات الحديدوز حيث بلغت قيمتها 0.938 و 0.923 و 0.856 على الترتيب.

وبين جدول 5 مؤشرات امتزاز مصادر الحديد المختلفة في تربة الدراسة فقد كان الامتزاز الاعظم (b) لمصدر الحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O) 100000 ملغم Fe كغم⁻¹ وبطاقة ربط (k) 0.909 لتر. ملغم⁻¹ اذ تفوق عن



شكل 7. العلاقة بين تركيز محلول الاتزان (ملغم.لتر⁻¹) و امتزاز الحديد (ملغم.كغم⁻¹).

المصدر المخليبي الصناعي (Fe DTPA) والمصدر المخليبي المحضر هيومات فولفات الحديد (Fe HA+FA) فقد بلغ الامتزاز الاعظم (b) 20000 ملغم Fe كغم⁻¹ وبطاقة ربط (k) 0.0071 لتر.ملغم⁻¹ والامتزاز الاعظم (b) 16666 ملغم Fe كغم⁻¹ وبطاقة ربط (k) 0.0054 لتر. ملغم⁻¹ لكل من Fe DTPA و Fe HA+FA على الترتيب. من جدول 5 نلاحظ ايضا أن الامتزاز الاعظم العالي للمصدر المعدني تبعه طاقة ربط عالية أيضا في حين كان اقل امتزاز اعظم للحديد عند اضافته من المصدر Fe HA+FA مع اقل طاقة ربط (K) وهذه النتائج جاءت متماشية مع الباحثين الكنه (2006) و جار الله (2005) والتيمي (1997) والحديثي (1997) و Siebner واخرون (2004).



Ce تركيز محلول الاتزان (ملغم. لتر⁻¹)

شكل 8. العلاقة بين تركيز محلول الاتزان (ملغم. لتر⁻¹) و $C/x/m$ (كغم. لتر⁻¹) تبعا لمعادلة لانكمير.

جدول 5. مؤشرات امتزاز الحديد من المصادر المختلفة في تربة الدراسة من معادلة لانكمير.

مصادر الحديد	الامتزاز الاعظم (b)	طاقة الربط (k)
FeSO ₄ . 7H ₂ O	100000	0.909
Fe DTPA	20000	0.0071
Fe HA+FA	16666	0.0054

2.4 التجربة الحقلية:

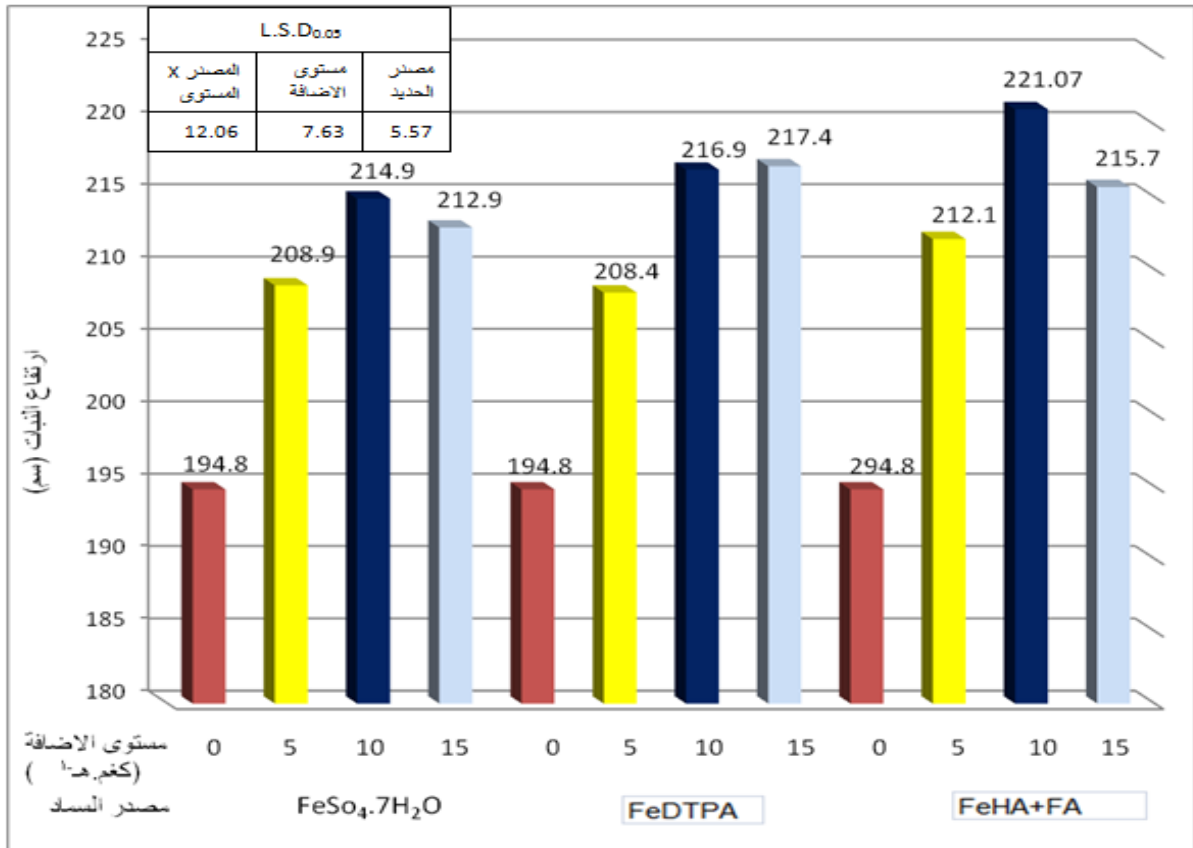
1.2.4 ارتفاع النبات (سم):

تشير نتائج جدول 6 وشكل 9 الى تأثير مصدر ومستوى الحديد وتداخلهما في ارتفاع محصول الذرة الصفراء (سم). لقد ظهر تفوق معنوي لكافة مستويات الاضافة على معاملة المقارنة وقد أظهر المستوى 10 كغم¹⁻ هكتار أعلى معدل لارتفاع النبات بلغ 217.62 سم يليه المستوى 15 بمعدل 215.24 سم بينما كان ارتفاع النبات عند مستوى الأضافة صفر ادنى معدل بلغ 194.8 سم.

واما للتداخل بين مصادر الحديد المختلفة ومستويات الاضافة فقد لوحظ وجود تداخل معنوي بين مستويات الاضافة ومصدر الحديد فقد أظهر المستوى 10 كغم¹⁻ هكتار مع هيومات وفولات الحديد أعلى معدل لهذا التداخل بلغ 221.07 سم في حين كان أدنى معدل الأرتفاع النبات بلغ 194.8 سم . ويعزى سبب ذلك الى دور الحديد في بناء الكلورفيل في النبات وكما يدخل في تركيب انزيمات الاكسدة والاختزال مثل السايبتوكروم والسايثوكدوم اوكسيديز و البيروكسيديز (صهيوني، 2004). ثم زيادة فعالية النبات في امتصاص المغذيات وزيادة عمليتي التنفس والبناء الضوئي وكذلك الانظمة البيئية وتشجيع نمو الانسجة المرستيمية ومن ثم انقسام الخلايا واستطالتها مما يزيد من ارتفاع النبات، وان هذه النتائج تتفق مع المحمدي (2005) و Amini واخرون (2009) والعسافي (2010) والخزرجي (2011). وان الاحماض الدبالية (حامض الهيوميك او حامض الهيوميك + حامض الفولفيك) دورا مهما لما تحتويه من عناصر غذائية تزيد من نمو النبات وتطوره مقارنة بالمصدر المخليبي Fe DTPA والمصدر المعدني FeSO₄.7H₂O (السرهيد، 2013). وتسبب نفاذية الاغشية والتي تسبب زيادة امتصاص المغذيات وتحسن الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا وتحسن توازن الخلايا والذي يؤدي الى زيادة ارتفاع النبات (Pettit، 2003) وهذه النتائج جاءت متماشية مع Sure واخرون (2012) و Bozorgi واخرون (2012).

جدول 6. تأثير مصدر ومستوى الحديد في ارتفاع نبات الذرة الصفراء(سم).

مصدر الحديد	مستوى الأضافة كغم Fe ⁻¹ هكتار ¹				
	0	5	10	15	Mean
FeSO ₄ .7H ₂ O	194.8	208.9	214.9	212.9	207.9
Fe DTPA	194.8	208.4	216.9	217.13	209.3
Fe HA+FA	194.8	212.1	221.07	215.7	210.9
Mean	194.8	209.8	217.62	215.24	
L.S.D _{0.05}	المصدر N.S		المستوى 7.63		التداخل 12.06



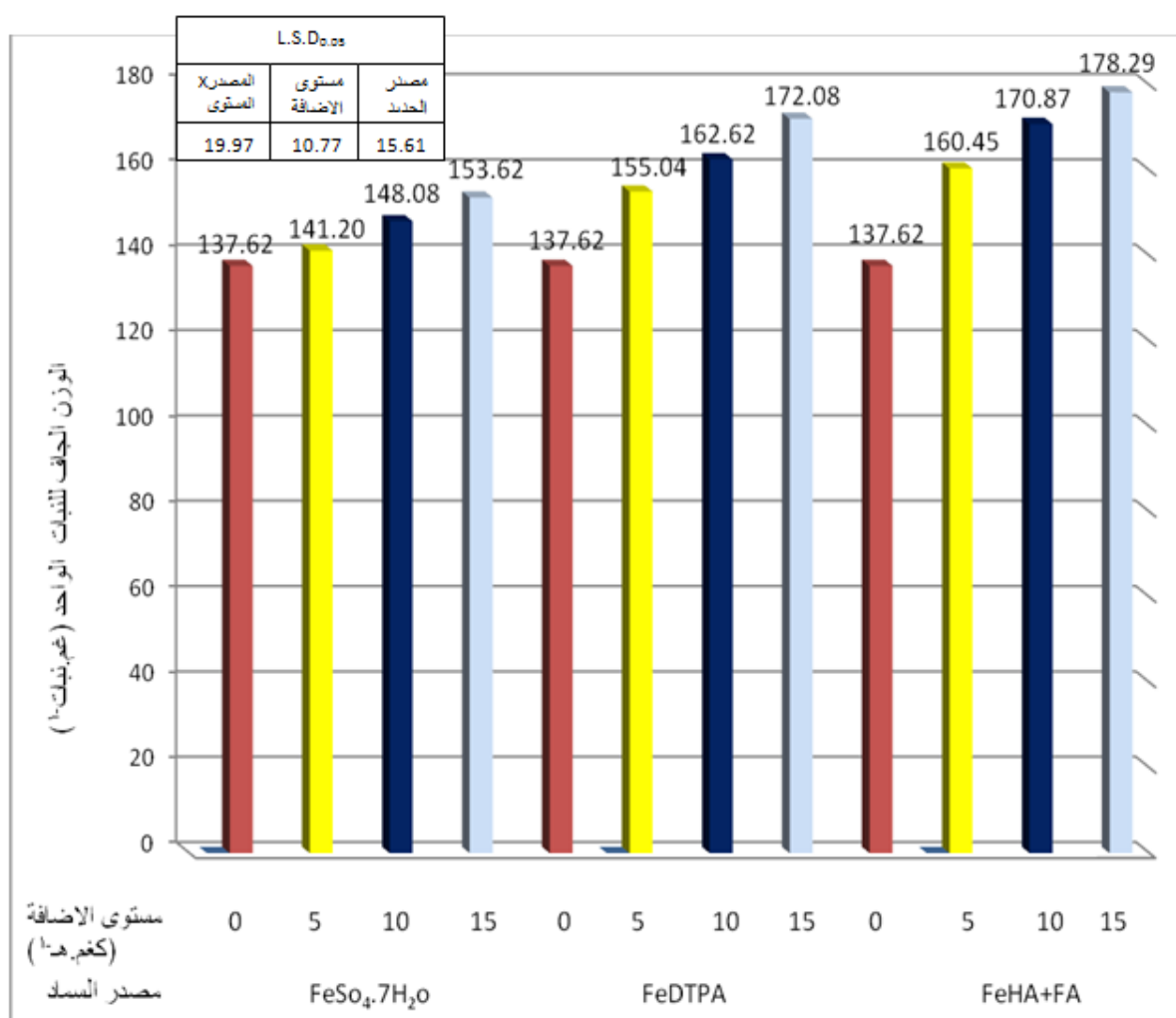
شكل 9. تأثير مصدر ومستوى الحديد في ارتفاع النبات (سم)

2.2.4 الوزن الجاف للنبات (غم.نبات⁻¹):

يبين جدول 7 وشكل 10. تأثير مصدر ومستوى الحديد وتداخلهما في الوزن الجاف لمحصول الذرة الصفراء (غم.نبات⁻¹). اذ يلاحظ من نتائج التحليل الاحصائي وجود تأثير معنوي لمصادر الحديد حيث تفوق المصدر هيومات وفولفات الحديد بأعلى معدل بلغ 161.80 غم.نبات⁻¹ على المصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ وتوقفا غير معنويا على مصدر الحديد المخلبي Fe DTPA بنسبة زيادة مقدارها 11.50% و 3.18% مقارنة بالمصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والمصدر المخلبي Fe DTPA على التوالي. كما تفوق مستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ معنويا على مستويات الاضافة ما عدا مستوى الاضافة 10 كغم.هكتار⁻¹ اذ بلغت قيمتها 167.99 غم.نبات⁻¹ والتي تفوقت بنسبة زيادة مقدارها 22.09% و 10.38% و 4.67% على مستويات الاضافة 0 و 5 و 10 كغم.هكتار⁻¹ على الترتيب. وكذلك لوحظ تفوق معنوي للمصدر المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد ومستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ اذ بلغت قيمتها 178.29 غم.نبات⁻¹ على باقي مصادر الحديد المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ والحديد المخلبي Fe DTPA ومستويات الاضافة الاخرى. وبلغت اقل قيمة للوزن الجاف لنبات الذرة الصفراء عند مستوى المقارنة (بدون اضافة) 137.62 غم.نبات⁻¹ ويعود السبب الى دور الحديد في استطالة الخلايا وفي زيادة كمية الكلورفيل في الجزء الخضري مما ينعكس على زيادة كفاءة النبات فضلا عن تأثير الحديد في زيادة ارتفاع النبات والمساحة الورقية ومن ثم ينعكس على زيادة الوزن الجاف للنبات وهذا يتفق مع Zahid وآخرون (2003) والمحمدي (2005) والخزرجي (2011) وقد يعزى السبب ايضا الى ما تحتوية الاحماض الدبالية من عناصر غذائية ومواد مصنعة لعملية التركيب الضوئي كالكاربوهيدرات والبروتينات في انسجة النبات Amujoyegde وآخرون (2007) وهذه النتائج تتفق ايضا مع El-nemr وآخرون (2012) و Nardi وآخرون (2002) عند دراستهم على محاصيل مختلفة.

جدول 7. تأثير مصدر ومستوى الحديد في الوزن الجاف للنبات الواحد للذرة الصفراء (غم.نبات⁻¹).

مصدر الحديد	مستوى الأضافة كغم Fe ⁻¹ هكتار ¹				
	0	5	10	15	Mean
FeSO ₄ .7H ₂ O	137.62	141.20	148.08	153.62	145.13
Fe DTPA	137.62	155.04	162.62	172.08	156.84
Fe HA+FA	137.62	160.45	170.87	178.29	161.81
Mean	137.62	152.23	160.52	167.99	
L.S.D _{0.05}	المصدر 15.61		المستوى 10.77		التداخل 19.97



شكل 10 . تأثير مصدر ومستوى الحديد في الوزن الجاف للنبات الواحد للذرة الصفراء (غم.نبات⁻¹).

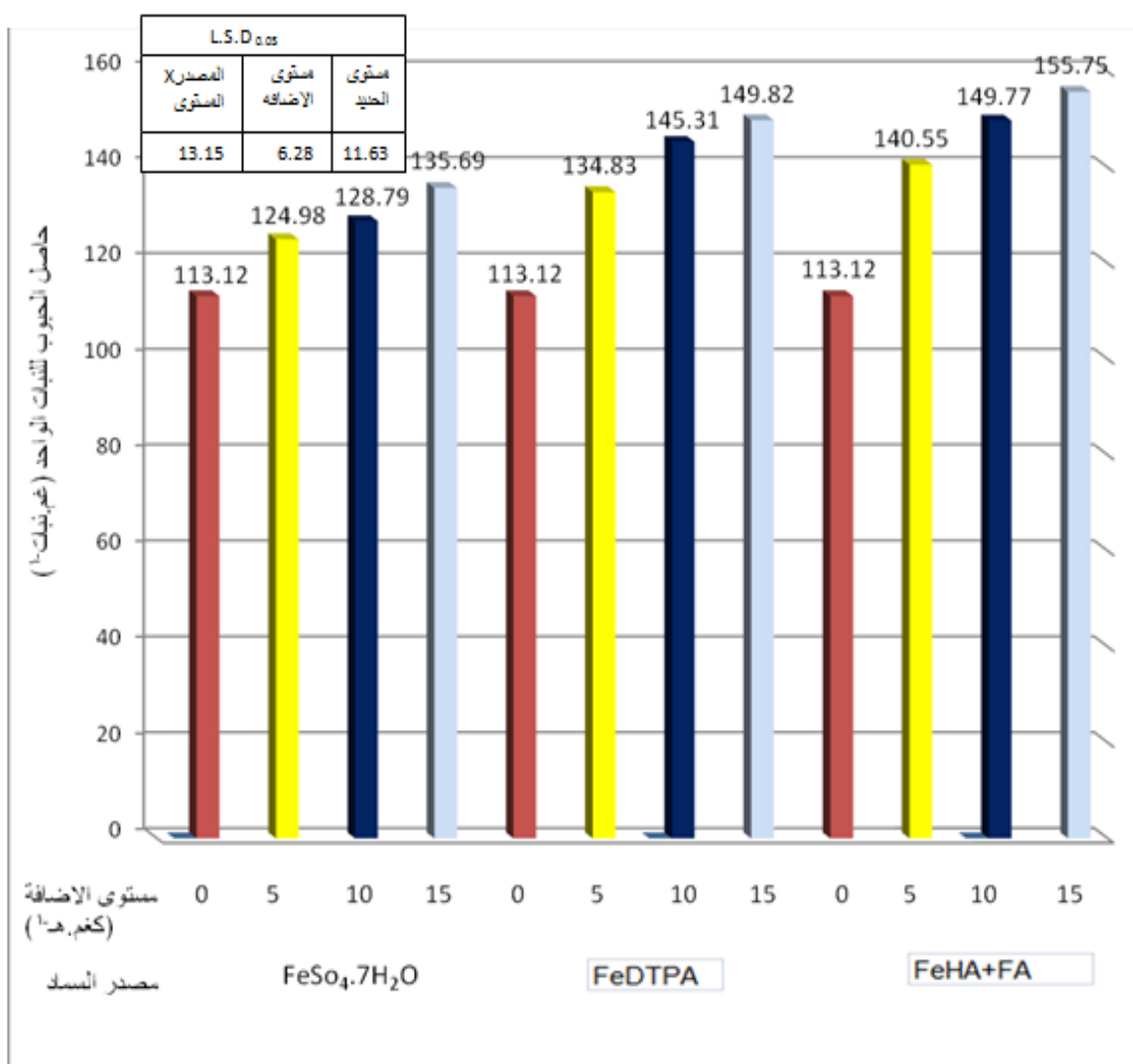
3.2.4 حاصل الحبوب للنبات الواحد (غم.نبات⁻¹):

بين جدول 8 وشكل 11 التأثير المعنوي لمصدر ومستوى الحديد وتداخلهما في حاصل الحبوب للنبات الواحد لمحصول الذرة الصفراء (غم.نبات⁻¹). اذ يلاحظ وجود فرق معنوي لمصدر الحديد المخلبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) (139.8غم.نبات⁻¹) على مصدر الحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O) (125.65غم.نبات⁻¹) وغير معنوي بالمقارنة مع مصدر الحديد المخلبي (Fe) (DTPA) (135.77غم.نبات⁻¹) وبنسبة زيادة مقدارها 11.30% و 2.96% مقارنة المصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) والمصدر المخلبي (Fe DTPA) على الترتيب. وتفوق مستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ معنويا على مستوى الاضافة 0 و 5 كغم.هكتار⁻¹ اذ بلغت قيمهم 147.1 غم.نبات⁻¹ وغير معنوي مع المستوى 10 كغم.هكتار⁻¹ وكانت نسبة الزيادة 30.06% و 10.18% و 4.10% لمستويات الاضافة 0 و 5 و 10 كغم.هكتار⁻¹ على الترتيب.

اما التداخل بين تأثير مصدر الحديد ومستويات الاضافة فقد وجد فرقا معنويا لمصدر الحديد المخلبي المصنع هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) ومستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ على المصدرين الاخرين المعدني والمخلبي ومستويات الاضافة (0 و 5 و 10 كغم.هكتار⁻¹) اذ بلغت اعلى قيمة لحاصل الحبوب للنبات الواحد 155.75 غم.نبات⁻¹ واقل قيمة لحاصل الحبوب للنبات الواحد بلغ 113.12 غم.نبات⁻¹ عند مستوى المقارنة (بدون اضافة). وقد يعزى السبب في ذلك الى ان الحديد يعمل على تنشيط عمليتي التنفس والبناء الضوئي مما يزيد من نشاط النبات في امتصاص الماء والمغذيات ويقلل التنافس على هذه المغذيات وبالتالي يزيد عدد الازهار الملقحة خلال مدة التزهير وهذا يتفق مع المحمدي (2005) في دراسته على نبات الذرة البيضاء والخرجي (2011) عند اضافته الحديد على نبات الذرة الصفراء وهذا يتفق مع ما جاء به Matocha و Pennington (1982) بان اضافة الحديد الى النبات ادى الى زيادة عدد الحبوب.

جدول 8. تأثير مصدر ومستوى الحديد في حاصل الحبوب للنبات الواحد (غم.نبات⁻¹).

مصدر الحديد	مستوى الأضافة كغم Fe . هكتار ⁻¹				
	0	5	10	15	Mean
FeSO ₄ .7H ₂ O	113.12	124.98	128.79	135.69	125.65
Fe DTPA	113.12	134.83	145.31	149.82	135.77
Fe HA+FA	113.12	140.55	149.77	155.75	139.80
Mean	113.12	133.45	141.29	147.09	
L.S.D _{0.05}	المصدر 11.63		المستوى 6.28		التداخل 13.14



شكل 11. تأثير مصدر ومستوى الحديد في حاصل حبوب الذرة الصفراء (غم.نبات⁻¹)

4.2.4 حاصل الحبوب الكلي (طن. هكتار⁻¹):

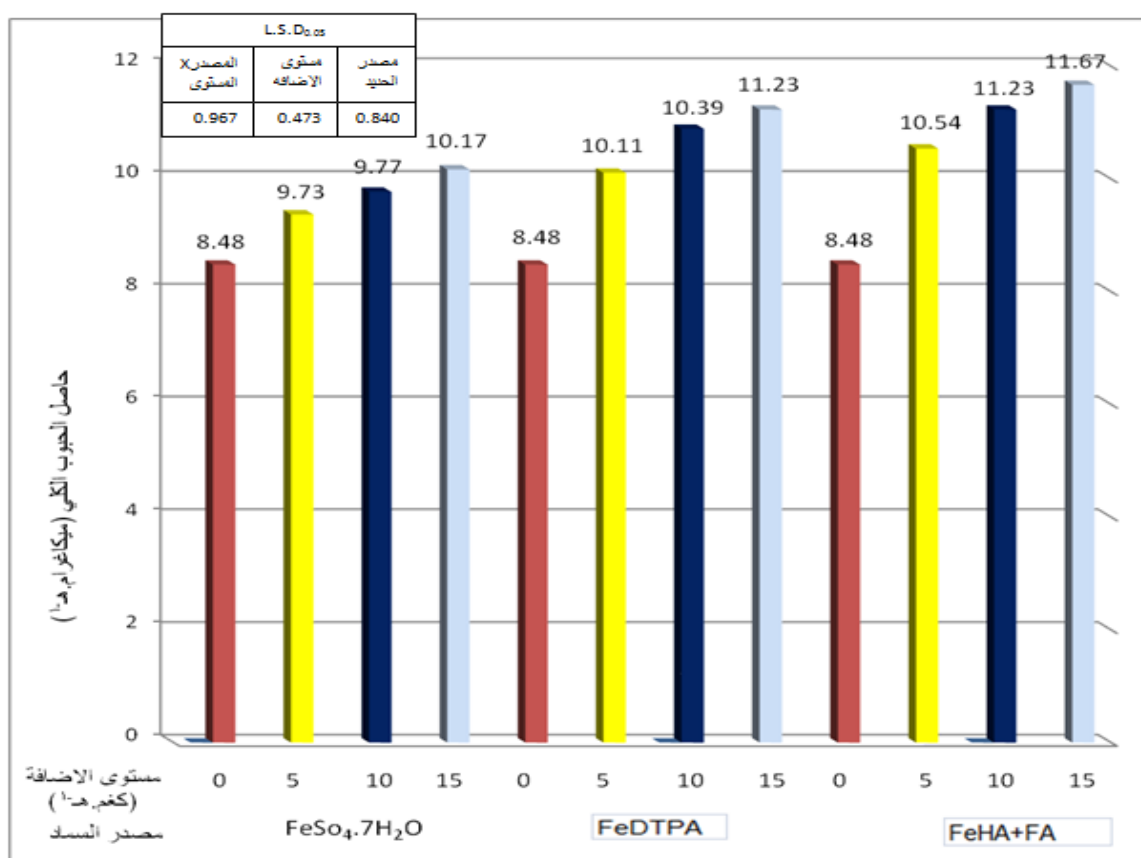
يوضح جدول 9 وشكل 12. تأثير مصدر ومستوى الحديد وتداخلهما في حاصل الحبوب الكلي لمحصول الذرة الصفراء (طن. هكتار⁻¹)، اذ يلاحظ وجود تفوق معنوي لمصدر الحديد المخليبي المحضر (هيومات وفولفات الحديد) (Fe HA+FA) على مصدر الحديد المعدني ($FeSO_4 \cdot 7H_2O$) وغير معنوي مع مصدر الحديد المخليبي (Fe DTPA) اذ بلغ اعلى معدل 10.48 طن. هكتار⁻¹ اي بنسبة زيادة مقدارها 10.92% و 2.96% مقارنة بالمصدر المعدني والمصدر المخليبي على الترتيب. كما تفوق مستوى الاضافة 15 كغم. هكتار⁻¹ معنويا على جميع مستويات الاضافة ما عدا مستوى الاضافة 10 كغم. هكتار⁻¹ اذ بلغت قيمتها 11.02 طن. هكتار⁻¹ والتي تفوق بنسبة زيادة مقدارها 30.04% و 10.20% و 3.68% على مستويات الاضافة 0 و 5 و 10 كغم. هكتار⁻¹.

اما التداخل بين مصدر الحديد ومستوى الاضافة فقد وجدت فروق معنوية لمصدر الحديد المخليبي المحضر هيومات وفولفات الحديد ومستوى الاضافة 15 كغم. هكتار⁻¹ مقارنة بمصدر الحديد المعدني والحديد المخليبي الصناعي ومستويات الاضافة اذ بلغت اعلى قيمة لحاصل الحبوب الكلي 11.67 طن. هكتار⁻¹ واقل قيمة لحاصل الحبوب الكلي عند مستوى المقارنة (بدون اضافة) بلغ 8.48 طن. هكتار⁻¹. وقد يعود السبب في زيادة الحاصل الى دور الحديد في زيادة عملية انقسام الخلايا واستطالتها وزيادة عملية البناء الضوئي ومن ثم ازدياد ارتفاع النبات (جدول 6) ووزن النبات (جدول 7) والتي بزيادتها تعمل على زيادة التمثيل الضوئي نتيجة توفر الطاقة اللازمة لامتصاص الماء والمواد الغذائية ومن ثم حصول زيادة في عدد البذور ووزنها والتي تنصب جميعها في الحاصل وهذه النتائج جاءت متماشية مع الخرجي (2011) عند اضافته الحديد على نبات الذرة الصفراء والمحمدي (2005) عند اضافتها الحديد على نبات الذرة البيضاء. اما سبب تفوق هيومات وفولفات الحديد فيعزى الى الفعل المخليبي لها وقدرتها على امداد النبات بالحديد وفي جميع مراحل النمو (التيمي، 1997 و الحديثي، 2009) اذ استمر بتجهيز الحديد خلال مراحل النمو المتأخرة مقارنة بمصدر الحديد المخليبي Fe DTPA والمصدر المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ قياسا بمعاملة المقارنة. اما السبب الثاني فقد يعود الى ما يحتويه المصدر المخليبي المصنع Fe HA+FA والاسمدة العضوية الاخرى من مغذيات والتي يستمر بتجهيزها الى مراحل متأخرة من النمو والتي زادت من قوة النمو الخضري وتمثيل العناصر مما زاد من نواتج التمثيل الكربوني وتراكم نواتج هذه العملية (كاربوهيدرات وبروتينات) في الاجزاء الخازنة للنبات ومن ثم زيادة الوزن الجاف الذي انعكس على زيادة الحاصل وتتفق هذه النتائج مع عدد من الباحثين عند دراستهم المحاصيل مختلفة Bozorgi واخرون (2012) و Unlu واخرون (2011). وتتوافق نتائج التجربة الحقلية (مؤشرات النبات) في

تفوق مصدر هيومات وفولفات الحديد على المصدر المخليبي الصناعي والمصدر المعدني مع نتائج تجريبه الامتزاز والحركيات وحاصل الاذابه للحديد والتي كان امتزازها اقل من امتزاز الحديد من المصدر المعدني والمصدر المخليبي الصناعي.

جدول 9. تأثير مصدر ومستوى الحديد في حاصل الحبوب الكلي للذرة الصفراء (طن.هكتار⁻¹).

مصدر الحديد	مستوى الأضافة كغم Fe . هكتار ⁻¹				
	0	5	10	15	Mean
FeSO ₄ .7H ₂ O	8.48	9.37	9.77	10.17	9.45
Fe DTPA	8.48	10.11	10.89	11.23	10.18
Fe HA+FA	8.48	10.54	11.23	11.67	10.48
Mean	8.48	10.01	10.63	11.02	
L.S.D _{0.05}	المصدر 0.84		المستوى 0.47		التداخل 0.96



شكل 12. تأثير مصدر ومستوى الحديد في حاصل الحبوب الكلي للذرة الصفراء (طن.هـ⁻¹).

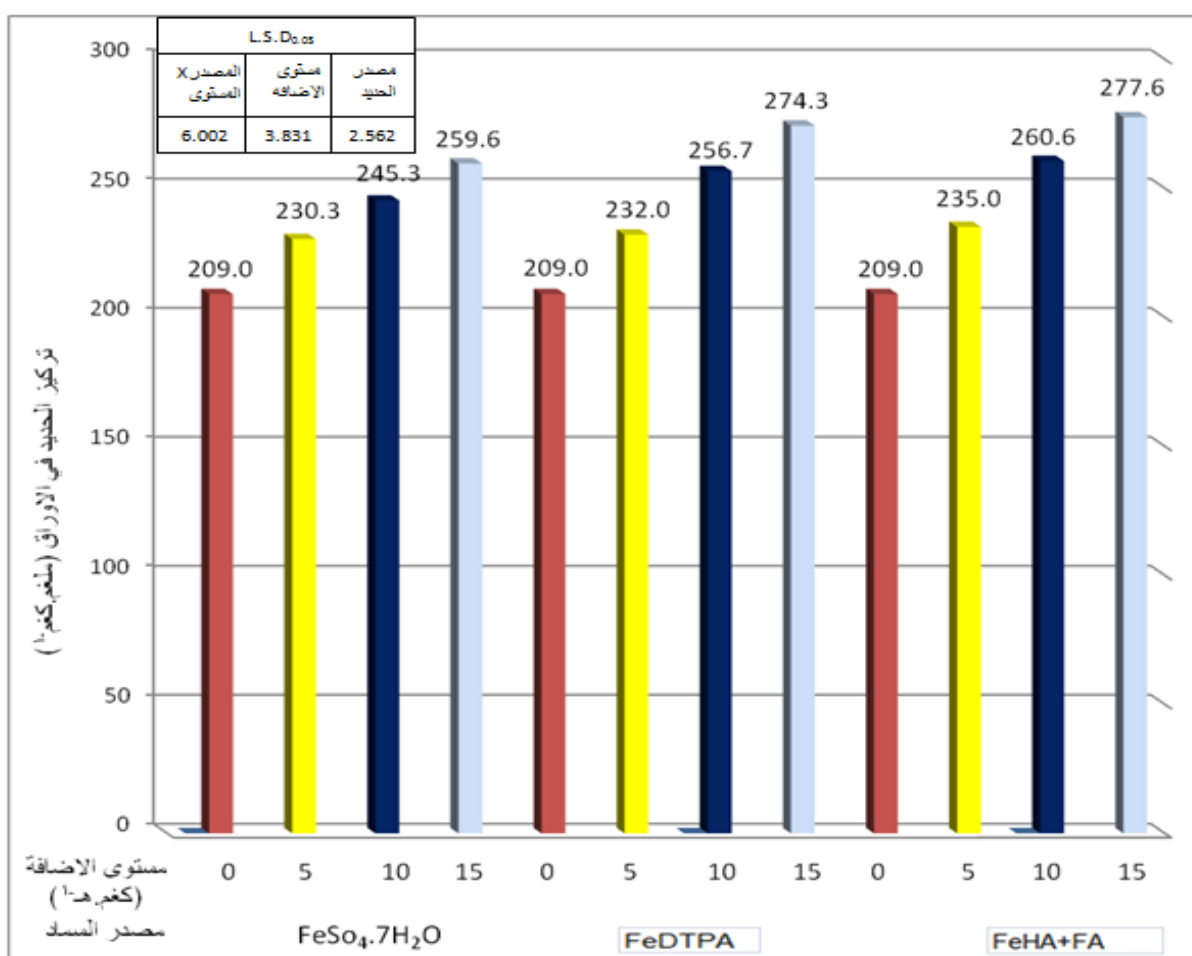
5.2.4 تركيز الحديد في اوراق نبات الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹):

يشير جدول 10 و شكل 13. الى تأثير مصدر ومستوى الحديد وتداخلهما في تركيز الحديد في اوراق نبات الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹). اذ يلاحظ وجود تفوق معنوي لمصدر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) على مصدر الحديد المعدني (FeSO₄.7H₂O) ومصدر الحديد المخليبي (Fe DTPA) اذ بلغ اعلى معدل 245.55 ملغم.كغم⁻¹ بنسبة زيادة مقدارها 4.02% و 1.06% مقارنة بالمصدر المعدني FeSO₄.7H₂O والمصدر المخليبي Fe DTPA على الترتيب. كما تفوق مستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ معنويا على جميع مستويات الاضافة 0 و 5 و 10 كغم.هكتار⁻¹ اذ بلغت قيمتها 270.56 ملغم.كغم⁻¹ والتي تفوقت بنسبة زيادة مقدارها 29.45% و 16.39% و 6.42% على الترتيب. أما التداخل بين مصدر الحديد ومستويات الاضافة فقد وجد فرق معنوي لتأثير مصدر الحديد المخليبي المحضر هيومات وفولفات الحديد (Fe HA+FA) ومستوى الأضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ عن بقية المصادر والمستويات. اذ بلغت اعلى قيمة لتركيز الحديد في اوراق نبات الذرة الصفراء 277.60 ملغم.كغم⁻¹ و اقل قيمة لتركيز الحديد في الاوراق بلغ 209.0 ملغم.كغم⁻¹ والسبب

يعود في ذلك الى ان الحديد المخليبي المحضر يوفر تجهيزا جيدا ولمدة اطول من الحديد للنبات مقارنة بالحديد المعدني الذي يتعرض الى عمليات الأمتزاز و الترسيب والتثبيت والتي تقلل من جاهزيته لنبات الذرة الصفراء (الكنة , 2006) وهذا يتفق معما ذكره Lindsay (1979) بأن الحديد المعدني يتعرض الى صور غير ذاتية نتيجة لعمليات الترسيب والأمتزاز. كما جاءت هذه النتائج متماشية مع Matocha و Pennington (1982) على نبات الذرة البيضاء والالوسي واخرون (2002) على نبات الذرة الصفراء الذين اكدوا ان استمرار اضافة الحديد تعمل على زيادة الكمية الممتصة منه في الاوراق. وقد يعزى الزيادة الحاصلة في تركيز الحديد في الاوراق الى زيادة كمية الحديد المضاف مباشرة الى التربة ومن ثم زيادة محتواها في الاوراق الذي له دور في تنشيط الفعاليات الحيوية في الاوراق ومن ثم زيادة امتصاص الحديد وهذه النتائج تتفق مع Hakan و اخرون (2010) و الخزرجي (2011) عند دراستهم على نبات الذرة والذين لاحظوا زيادة تركيز الحديد في الاوراق عند اضافة الحديد لنبات الذرة الصفراء. وكذلك الى دور الاحماض الدبالية التي تعمل على أختزال الحديد الثلاثي Fe⁺³ الى ثنائي Fe⁺² فضلا عن خلبها للحديد مما قد يكون السبب في زيادة تركيز الحديد في الاوراق وهذا يتفق ايضا مع Maralian (2009) و Bacaicoa و Garcia-Mina (2009) عند دراستهم لمحاصيل حقلية مختلفة. وهذا أيضا يتفق مع ما وجدته Kaspar واخرون (2004) من دور الاحماض الدبالية في زيادة الكمية الممتصة من الحديد.

جدول 10. تأثير مصدر ومستوى الحديد في تركيز الحديد في أوراق الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹).

مصدر الحديد	مستوى الأضافة كغم Fe ⁻¹ هكتار ⁻¹				Mean
	0	5	10	15	
FeSO ₄ .7H ₂ O	209.0	230.3	245.3	259.6	236.05
Fe DTPA	209.0	232.0	256.7	274.3	243.0
Fe HA+FA	209.0	235.0	260.6	277.6	245.55
Mean	209.0	232.43	254.2	270.56	
L.S.D _{0.05}	المصدر 2.56		المستوى 3.83		التداخل 6.00



شكل 13. تأثير مصدر ومستوى الحديد في تركيز الحديد في أوراق الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹).

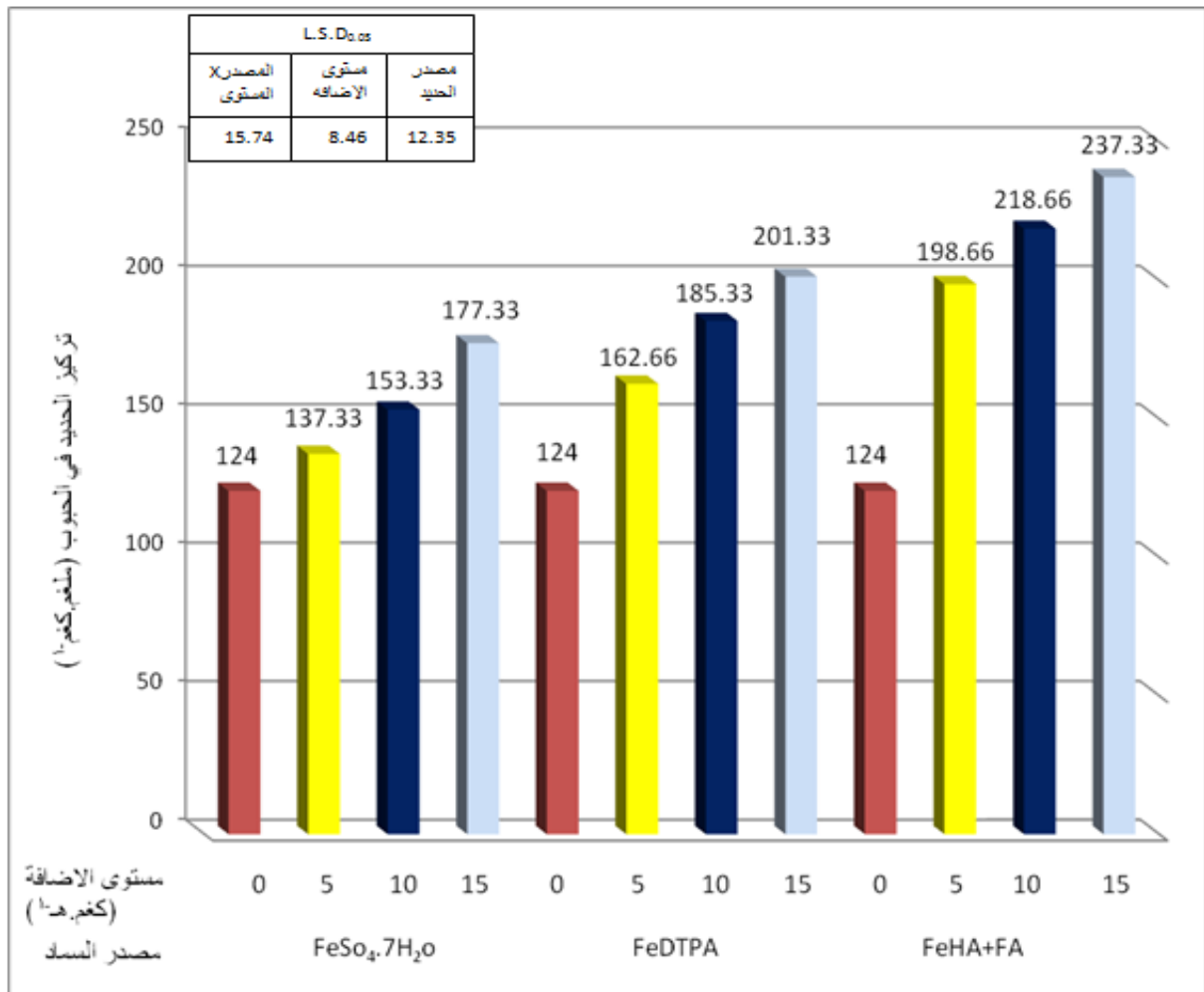
6.2.4 تركيز الحديد في حبوب نبات الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹):

يوضح جدول 11 و شكل 14. تأثير مصدر ومستوى الحديد وتداخلهما في تركيز الحديد في حبوب محصول الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹). اذ يلاحظ وجود تفوق معنوي لمصدر هيومات وفولفات الحديد Fe HA+FA على مصدر الحديد المعدني FeSO₄.7H₂O ومصدر الحديد المخليبي Fe DTPA اذ بلغ اعلى معدل 194.70 ملغم.كغم⁻¹ بنسبة زيادة مقدارها 31.55% و 15.68% مقارنة بالمصدر المعدني (FeSO₄.7H₂O) والمصدر المخليبي (Fe DTPA) على الترتيب. وتفق مستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ معنويا على جميع مستويات الاضافة 0 و 5 و 10 كغم.هكتار⁻¹ اذ بلغت قيمتها 205.30 ملغم.كغم⁻¹ والتي تفوقت بنسبة زيادة مقدارها 65.56% و 23.52% و 10.49% على الترتيب. اما التداخل بين مصدر الحديد و مستويات الاضافة فقد وجد فرق معنوي لمصدر الحديد المخليبي المحضر (هيومات وفولفات الحديد) ومستوى الاضافة 15 كغم.هكتار⁻¹ على بقية مصادر الحديد المختلفة (الحديد المعدني FeSO₄.7H₂O) و الحديد المخليبي (Fe DTPA) ومستويات الاضافة 0 و 5 و 10 كغم.هكتار⁻¹ اذ بلغت اعلى قيمة لتركيز الحديد في حبوب نبات الذرة 237.33 ملغم.كغم⁻¹ واقل قيمة لتركيز الحديد في حبوب نبات الذرة الصفراء 124.0 ملغم.كغم⁻¹ في معاملة المقارنة (بدون اضافة) وقد يعود السبب في زيادة تركيز الحديد في الحبوب الى اضافة الحديد ودوره في تنشيط الفعاليات الحيوية في الاوراق مع احتواء الاحماض الدبالية على كميات لا بأس بها من الحديد وبالنتيجة زيادة امتصاصه وتركيزه في الاوراق ومن ثم انتقاله الى الحبوب.

أتفقت هذه النتائج مع المعيني واخرون (2005) عند اضافتهم الحديد الى نبات الحنطة واتفق ايضا مع البديري (2001) الذي اكد حصول زيادة معنوية في محتوى النبات من الحديد مع زيادة مستوى اضافة الحديد لنبات الذرة الصفراء. وهذا يتفق مع Chen و Aviad (1990) في أن الاحماض الدبالية تزيد من نفاذ الاغشية الخلوية وتسهيل حركة المغذيات المضافة الى المواقع التي تتطلب وجودها .

جدول 11. تأثير مصدر ومستوى الحديد في تركيز الحديد في حبوب الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹).

مصدر الحديد	مستوى الإضافة كغم Fe . هكتار ⁻¹				
	0	5	10	15	Mean
FeSO₄·7H₂O	124.0	137.33	153.33	177.33	147.99
Fe DTPA	124.0	162.66	185.33	201.33	168.33
Fe HA+FA	124.0	198.66	218.66	237.33	194.66
Mean	124.0	166.22	185.77	205.33	
L.S.D_{0.05}	المصدر 12.35		المستوى 8.46		التداخل 15.74



شكل 14. تأثير مصدر ومستوى الحديد في تركيز الحديد في حبوب الذرة الصفراء (ملغم.كغم⁻¹).

5. الاستنتاجات والتوصيات

Conclusions and Recommendations

1.5. الاستنتاجات:

- 1- المصادر المخيلية الطبيعية المحضرة ذات كفاءة عالية في قدرتها على أبقاء تركيز مناسب لايونات الحديد لمدة اطول حتى اكثر من 60 يوما حيث انها تستطيع تجهيز النباتات النامية في الترب الكلسية بمستوى مناسب من هذه المغذيات مقارنة بالمصدر المخلي الصناعي و المصدر المعدني.
- 2- المعادلات الحركية والفيزيوكيميائية وسيلة كفوة في التنبؤ بسرع ومسارات تحرر وجاهزية الحديد وقد تفوقت معادلة الرتبة الاولى في تجربة التحضين للحديد الجاهز مع الزمن.
- 3- المصدر المخلي المحضر (الهيوميك + الفولفيك) المستخلص من البتموس له القدرة على تكوين مركبات مخيلية جيدة مع ايونات الحديد في ظروف الترب الكلسية ومن ثم زيادة محتواها في النبات.
- 4- بينت نتائج حاصل الاذابة بأن معدن siderite ($FeCO_3$) هو المتحكم بأذابة الحديد الاصلي في تربة الدراسة.
- 5- ان نواتج حاصل اذابة مصادر الحديد المختلفة المضافة الى تربة الدراسة تؤكد تباين قدرة مصادر الحديد المختلفة على وفق اختلاف الاسمدة المضافة, وبصورة عامة فقد احتل المصدر المخلي المحضر هيومات وفولفات الحديد مواقع اذابة تشير الى تكوين مركبات اقل ترسيبا واعلى اذابة بالمقارنة مع بقية مصادر الحديد المستخدمة بالاخص المصدر المعدني ($FeSO_4.7H_2O$).
- 6- انخفاض السعة الامتزازية للحديد عند اضافة المصدر المخلي المحضر هيومات وفولفات الحديد مقارنة بالسعة الامتزازية للمصدر المخلي الصناعي ($FeDTPA$) والمصدر المعدني ($FeSO_4.7H_2O$).
- 7- تفوق المصدر المخلي المحضر هيومات وفولفات الحديد ($Fe HA+FA$) في التربة قيد الدراسة في جميع المؤشرات المدروسة للنبات وفي امداد محصول الذرة الصفراء بالحديد مقارنة مع المصدر المخلي الصناعي ($Fe DTPA$) والمصدر المعدني ($FeSO_4.7H_2O$)

2.5. التوصيات :

- 1- تصنيع اسمدة مخربية من الحوامض الدبالية المستخرصة من المخرفات النباتية وبنطاق تجاري واستخدامها بدائل للاسدة المعدنية والمخربية الشائعة الاستعمال في الترب الكلسية.
- 2- أستخدم الاحماض الدبالية مع العناصر الصغرى ومنها الحديد كأسدة مخربية للحديد في الترب الكلسية التي تعاني من نقص عنصر الحديد الجاهز.
- 3- ضرورة أجراء الدراسات والبحوث على مستوى الحقل لتقييم استجابة محصول الذرة الصفراء او محاصيل اقتصادية اخرى للتسميد بالحديد اعتمادا على قيمة الحد الحرج لمحتوى الحديد الجاهز وتحديد الاحتياجات السمادية لتلك المحاصيل في ترب القطر الزراعية .
- 4- يوصى باجراء دراسات على محاصيل أخرى ولاسيما الاستراتيجية منها لمعرفة استجابتها للاضافات السمادية للحديد وطرق إضافتها .

6. المصادر:

1.6 المصادر العربية:

* أبوضاحي، يوسف محمد. 1993. تأثير طريقة اضافة المغذيات الصغرى للتربة مباشرة على شكل املاح والتغذية الورقية بها بالرش في حاصل ونوعية الحنطة صنف أبو غريب 3. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 24(2): 227-233.

* أبو ضاحي، يوسف محمد. 1997. مقارنة بين طريقة إضافة سمادي PK للتربة وبالرش في المادة الجافة وتركيز وامتصاص PK لنبات الذرة الصفراء. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 28 (1) : (41-50).

* أبو ضاحي، يوسف محمد ومؤيد أحمد اليونس. 1988. دليل تغذية النبات. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد.

* الأعظمي، زيدون أحمد عبد الكريم. 1981. دراسات عن تأثير بعض العوامل المؤثرة على جاهزية الحديد بالترب الرسوبية والبنية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة والغابات. جامعة الموصل.

* الآلوسي، يوسف أحمد محمود ومنذر ماجد تاج الدين وحسين محمود شكري. 2002. تأثير مستويات وعدد مرات رش الحديد في نمو وحاصل الذرة الصفراء والامتصاص من الحديد والنيتروجين والفسفور. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 33(5): 79-86.

* البديري، أحمد حسن تالي. 2001. تأثير نقع وتعفير البذور ورش النباتات بكبريتات الحديدوز والزنك في حاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة - جامعة بغداد.

* التميمي، هيفاء جاسم حسين. 1997. السلوك الكيميائي لأسمدة المغذيات الصغرى المخليبة والمصنعة من الحوامض الدبالية وكفاءتها في بعض الترب الكلسية. اطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة البصرة.

* جارالله، عباس خضير عباس. 2005. تقييم الواقع الخصوبي للحديد واستجابة نبات الحنطة في بعض ترب السهل الرسوبي. اطروحة دكتوراه/كلية الزراعة. جامعة بغداد.

* الجدوع، عبد الكريم حمود. 1990. حالة الزنك، النحاس، المنغنيز والحديد في بعض الترب العراقية ومفصولاتها. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

* الحديثي، أكرم عبد اللطيف.1997. دور الأحماض الدبالية المضافة في تركيز وتحرر بعض العناصر الغذائية في الترب الكلسية. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

* الحديثي، أكرم عبد اللطيف.2009. كفاءة هيومات الزنك كمصدر للزنك في الترب الكلسية، المؤتمر العلمي الرابع للتقانات الحديثة في الزراعة - القاهرة - (تحديات تحديث الزراعة)3-2009/11/5-4:400-480. القاهرة.

* الحديثي، أكرم عبد اللطيف و ابراهيم بكري عبد الرزاق وحمدالله سليمان راهي .2002. تأثير الاحماض الدبالية في تفاعلات امتزاز الحديد في الترب الكلسية. مجلة العلوم الزراعية العراقية.المجلد 33(6) : 51 - 58 .

* الحديثي، عصام خضير وفوزي محسن علي وادهام علي عبد .2003. تأثير التسميد الورقي بالمغذيات الصغرى في حاصل صنفين من الحنطة المزروعة في ترب جبسية تحت نظام الري بالرش المحوري.المجلة العراقية لعلوم التربة. المجلد 3(1) : 98105 -.

* الخرجي، أسامة عبد الرحمن عويد.2011. تأثير مستويات السماد البوتاسي المضاف الى التربة ورش الحديد في نمو وحاصل الذرة الصفراء (Zea Mays L.) .رسالة ماجستير. كلية الزراعة . جامعة الانبار .

* راهي, حمد الله سليمان , اسماعيل ابراهيم خضير ومحمد علي جمال العبيدي. (1991). التحليل الكيميائي للتربة , وزارة التعليم العالي والبحث العلمي , كلية الزراعة .جامعة صلاح الدين.

* الراوي، علي أحمد عطوي. 1994. اثر التداخل بين الري بالماء المالح والتسميد بالعناصر الصغرى على الوزن الجاف والحاصل وامتصاص الفسفور والنترجين للباقلاء. مجلة العلوم الزراعية العراقية. المجلد 25 (2): 102-109.

* الراوي، علي احمد عطوي. 1998. التفاعلات الكيميائية للزنك وجاهزيته في التربة المروية بمياه مالحة. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

* الربيعي، ابتسام مجيد رشيد.2002. تأثير الحديد المضاف ونوع الاملاح والمادة العضوية في الحديد المستخلص من التربة. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد .

* السامرائي، إسماعيل خليل. 2002. دور الأسمدة الحيوية في معالجة اصفرار نقص الحديد في نباتات الحنطة . مجلة الزراعة العراقية مجلد (7) ، العدد (8): 7-16 .

* السرهيد، بسام رمضان . 2013. تحضير تركيبات سمادية مخليبة طبيعية للزنك والحديد ودراسة سلوكها في التربة وأثرها في حاصل الخيار *CucumissativusL.* تحت ظروف البيوت البلاستيكية. أطروحة دكتوراة . كلية الزراعة . جامعة الانبار .

* الصديق، عصام عبد الستار، مظفر أحمد داود ومحمد علي جمال. 1989. توزيع العناصر الصغرى الجاهزة في بعض الترب الكلسية شمال العراق . ندوة العناصر الصغرى الخامسة. المركز القومي للبحوث. القاهرة. الاسماعيلية . مصر .

* صهيوني، فهد. 2004. اساسيات فسيولوجيا النبات (الجزء النظري). منشورات جامعة البعث. كلية الزراعة.

* العامري، بيداء حسن علوان. 2001. سلوك وكفاءة بعض أسمدة الزنك في التربة الكلسية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة . جامعة بغداد.

* عبد الرحيم، شهاب الدين أحمد. 1995. التداخل بين ملوحة ماء الري والتسميد بالحديد وتأثير ذلك على نمو نبات الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

* العبيدي، رعدة 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 الانبار .

* العبيدي، محمد علي جمال ونبيل فاضل خليل وعلي محمد سعدالله. 1994. حالة الحديد في بعض ترب شمال العراق. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 25(2): 86-93.

* العزاوي، كاظم مكي ناصر. 1988. تأثير إضافة النتروجين والحديد على نمو وحاصل الذرة الصفراء ومحتوى بعض العناصر المغذية في التربة والنبات. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

* العسافي، سلام محمد عبد. 2010. تأثير مصدر ومستوى وطريقة اضافة الحديد في نمو وحاصل زهرة الشمس *Helianthus annuusL.* في تربة كلسية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة الأنبار .

* العكيلي، جواد كاظم. 1994. الواقع الخصوبي لترب محطة اللطيفية (بحث موثق - دائرة البحوث الزراعية - منظمة الطاقة الذرية العراقية).

- * العكيلي, جواد كاظم و رمزي محمد شهاب و جميلة شاكر محمود.(1993). تقدير الحديد الجاهز للنبات في الترب الكلسية. وقائع المؤتمر العلمي الاول لبحوث المحاصيل الحقلية: من 15-17 مايس بغداد: 345-359.
- * العمادي, طارق حسن.(1991). العناصر الغذائية الصغرى في التربة. قسم التربة. كلية الزراعة. جامعة بغداد. مديرية دار الكتب للطباعة والنشر, جامعة بغداد.
- * عواد, كاظم مشحوت.1987. التسميد وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي-جامعة البصرة.
- * علي, نورالدين شوقي.2012. تقانات الأسمدة وأستعمالاتها. كلية الزراعة/جامعة بغداد/وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.الدار الجامعية للطباعة والنشر والترجمة.
- * الغريبي, فاضل عواد كريدي.(2003). سلوك وكفاءة اسمدة الحديد في الترب الكلسية تحت ظروف الزراعة المحمية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- * الكنة، فاضل رشيد عثمان. 2006. دراسة سلوكية الحديد في بعض ترب محافظة نينوى واثرها في نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea Mays L.* أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة والغابات .جامعة الموصل.
- * محسن, كريم حنون. 2007 . استجابة الذرة الصفراء *Zea mays L .* لمستويات مختلفة من عناصر النتروجين والحديد و الخارصين وتداخلاتهم تحت ظروف المنطقة الجنوبية من العراق . أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة , جامعة البصرة .
- * المحمدي، حنين شرتوح شرقي. 2005. تأثير التغذية الورقية بالزنك والحديد في نمو وحاصل الذرة البيضاء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة الأنبار.
- * الملك، سعد داود طه. 1986. جاهزية الحديد في بعض الترب الكلسية في شمال العراق. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة صلاح الدين.
- * المعيني، عبد المجيد تركي ويوسف محمد أبو ضاحي ويوسف أحمد الألوسي. 2005. تأثير التسميد البوتاسي والرّش بالحديد والمنغنيز والتداخل في حاصل الحنطة ومكوناته *Triticum aestivum L.* المجلة العراقية لعلوم التربة. 5(1): 180-190.

- * نزهت, نزار و سعد داود.1990. تأثير إضافة الحديد على النمو ومحتوى النتروجين والكلوروفيل والحديد لنبات الذرة الصفراء في بعض الترب الكلسية. مجلة العلوم الزراعية العراقية. المجلد 21 (2) :223-234.
- * النعيمي، سعد الله نجم عبد الله.1999. الأسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي - جامعة الموصل.
- * النعيمي، سعدالله نجم و اسحاق ابراهيم اوديشيو و حازم محمود البياتي و رشيد خضير عبيس.1991. إنتاج المحاصيل الحقلية الصيفية. هيئة المعاهد الفنية.
- * اليونس، عبدالحميد احمد. 1993. انتاج وتحسين المحاصيل الحقلية. جامعة بغداد. كلية الزراعة.
- * يوسف، امل نعوم وعباس فاضل علي.2001. دور التسميد بالبكتريا العقدية والحديد المخلبي في نمو وحاصل فستق الحقل *Arachishypogaea*. مجلة اباء للابحاث الزراعية . 11(2) : 118 - 130 .

- ***Abdel-Elrazek, M. M. F. Choneim, G. S. El-Charably, and K. Abd-Allah. 1984.** Micronutrients status in soils of upper Egypt. III. Iron. J. Agric. Sci. As. Univ. 15: 60 – 70.
- ***Abbas, M. Q. K. , M. J. Khan, F. Hussain and I. Hussain . 2009.** Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat *Triticumaestivum L. ,* The journal of animal & plant sciences19(3): 135-139 .
- * **Abo-Rady, M. D. K. 1988.** Effect of iron deficiency on growth, micronutrients status and chlorophyll content of vincarosa grown in calcareous soils. Arid soil Re Rehab.2: 275 –283.
- ***Alexander, M.1977.**Introduction to soil microbiology.Jhon Wiley &Sons,New York.
- * **Al-Khateeb, I. K., and M. Raihan. 1985.** Suitability of Langmuir isotherm for FeEDTA sorption by calcareous soils in Iraq. J. Agric Water Reso. Res. 4: 73-88.
- * **Al-Mustafa, W. A., A. E. Abdallah, and A. M. Falatah .2001.** Assessment of five extractants for their ability to predict iron uptake and response of sorghum grown in calcareous soils .Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 907 – 919 . (Abstract)
- .
- * **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.
- * **Amini, S. G., B. N. Khiabani and S. Ghorbani.2009.**Effect of iron and zinc on yield and yield components of mutant lines wheat. Asian journal of biological Sci 2(3):74-80.
- ***Amujoyegbe, B.J., J.T. Opabode and A. Otayinka. 2007.**Effect of organic and inorganic fertilizer on yield and chlorophyll content of maize *Zea mays L.* and Sorghum *Sorghum bicolour (L.)Moench).* Afr. J. Biotchnol. 6(16): 1869-1873.

- * **Asad, A, and R. Rafique. 2002.** Identification of micronutrient deficiency of wheat in the pashawar valley Pakistan. *Commun. Soil Sci. Plant. Anal.* 33:349-364.
- * **Bacaicoa, E., and J.M. Garcia – Mina. 2009.** Iron efficiency in different cucumber cultivars. The importance of optimizing the use of foliar iron. *J. Amer. Soc. Hort. Sci* 134(4): 405- 416.
- * **Bache, B. W., and E. G. Williams .1971.** A phosphate sorption index for soils . *J. Soil Sci.* 22: 289 – 301
- * **Barton, R. 1970.** The production and behavior of phytoferritin particles during senescence of phaseolus leaves. *Planta* 94: 73 – 77.
- * **Barrow, H.L. 1978.** Effect of soil type on mobility of iron in the soil and on its availability from iron sulfate. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24:367-372.
- * **Bhan, K. C., Wallace, A. and Krahm, G. T. 1962.** Effect of pH and nitrogen to obtain Iron chelated with ethylene diamine (di-o-Hydroxy phenyl acetate) *Agr. Jour.* 54: 119-121.
- * **Bidewell, R. G. S. 1979.** *Plant physiology*. 2nd ed. Macmillian Pub. Co. Inc. N. Y.
- * **Black, C.A. 1965b.** *Method of Soil Analysis. Part (2). Chemical and Microbiological properties.* Am. Soc. Agron. Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
- * **Bohn, H., B. McNeal and G. O'Connor .1985.** Soil organic matter In *soil Chemistry.* P.135 – 153. .John Wiley and Sons .NY.USA.
- * **Bozorgi, H.R., S Bidarigh, E. Azarpour R. K. Daneshand M. Moraditohae. 2012.** Effects of natural zeolite application under foliar spraying with Humic acid on yield and yield components of cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Inter. J. of Agri. and crop Sci,* 4-20:1485-1488.
- * **Bolt, G. H., and M. G. M. Bruggenwert .1978.** *Soil Chemistry : A Basic Elements* . Elsevier Sci. Pub. Co. N. Y.
- * **Brown, J.C., L.O. Tiffin, A.W. Specht, and J.W. Resnicky. 1961.** Stability and Concentration of metal chelates, factors in iron chlorosis of plant. *Agron. G.* 53:58-90.

- * **Chang, R. (1977).** Physical Chemistry with Application to Biological System .Macmillan Pub. Co., Inc. N. Y.
- * **Chang, H., T. W. Healy, and E. Matigevic. 1983.** Interactions of metal hydrous oxides with chelating agents.III.Adsorption on spherical colloidal hematite particles. J. Coll. Inter. Sci. 92: 469 – 478.
- * **Cheng, L., Wang F., Shou H., Huang F., Zhang L.2005.**Mutation in Nicotianamine Aminotransferase stimulated the Fe(II)Acquisition System and led to iron accumulation in Rice .Plant Physiology.145(4):1647-1657.
- * **Chen, Y. and T. Aviad. 1990.** Effects of humic substances on plant growth. In: McCarthy P, Calpp CE, Malcolm RL. Bloom, Readings.ASA and SSSA, Madison, WI. pp. 161-186.
- * **Cohen ,K.clara, C.T. Fox, F. DavidandV.kochian, 2009.**The role of iron-deficiency stress Responses in stimulating Heavy-Metal transport in plants. plantphsiol .116;1063-1072.
- ***Dyanand, S., and M. K. Sinha.1979.** Kinetics of FeEDTA reactions in calcareous soils . Soil Sci. 127: 202 – 210 .
- * **Dyanand, S., and M. K. Sinha .1980.**The kinetics of reaction of FeDTPA and Fe-fulvate in calcareous soils . J. Indian Soc. SoilSci. 28: 429 – 435.
- ***El-Nemr, M.A., M. El-Desuki, A.M. El-Bassiony and Z.F. Fawazy.2012.** Response of growth and yield of cucumber plants *Cucumissativus* L. to different foliar application of Humic acid and bio – stimulators . Aust. J. of Basic and applied Sci, 6(3): 630-637.
- * **Flaig, W., B. Nagar, H. Sochtig, and C. Tietjen. 1977.** Organic Materials and Soil Productivity.FAO, Rome, Italy.
- * **Fox, T. R., and N. B. Comerford. 1990.** Low moleculare weight organic acids in selected forest soils of southeastern USA. Soil Sci. Soc. Am. J. 54: 1139 – 1144.
- * **Follett, R. H., and W. L. Lindsay.1971.** Changes in DTPA-extractable zinc, iron, manganese, and copper in soils following fertilization . Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 35: 600 – 602 .

- * **Focus. 2003** .The importance of micronutrients in the region and benefits of including them in fertilizers.Agro. Chemicals Report 111 (1): 15-22 .
- * **Gee, G. W and S.W. Bauder. 1986.** Particle size Analysis. In A. Klute (ed.)Methods of Soil Analysis Part 1. Agron P: 825 - 845.ASA.Inc. Madsion.
- * **Gezgin, S., and F. Er .2001.** Relationship between total and active iron contents of leaves and observed chlorosis in vineyards in Konya-Hadmalada region of Turkey .Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 1513 – 1521 .
- * **Gil-Ortiz, P., and I. Bautista-Carrascosa .2004.** Effect of FeEDDHA chelate application on evolution of soil extractable iron, copper, manganese, and zinc . Commun. Soil Sci. Plant Anal. 35:559-570.
- ***Goos, R. J., and S. Germain .2001.** Solubility of tweleve iron fertilizer products in alkaline soils . Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 2317 – 2323.
- ***Greaser,M.S. and G.W. Parsons.1979.** Sulphric,perchoric and digestion of plant material for determination Nitrogen Phosphorus,Potassium,Calcium.Magensium Analytiscal chemical Acta. 109:431-436.
- ***Griffin,R.A. and J.Jurinak. 1973.**Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soils extracts.Soil Sci. 116:26-30.
- ***Guerinot,M.L. and Salt D.E. 2001.** Fortified Foods and Phytoremediation.Two sides of the same coin.Plant Phys.125(1):164-167.
- * **Hakan, C. ,B.B.Asik and A. V. Katkat .2008** . Effect of bicarbonate and iron – deprivation on growth of different maize varieties , American Eurasian .J.Agric. and Environ Sci, 3(2) : 169 - 178 .
- * **Hakan, C. ,B.B.Asik and A. V. Katkat . 2010** . Effect of potassium and iron on macro element uptake of maize ,zemdirbyste-Agriculture , 97 (1) : 11-22 .

- * **Harper , S.M., D. G.Edwards, G.L.Kerven and C.J. Asher.1995.**Effects of organic acide fraction extracted from Eucalyptus Camaldulensis leaves on root elongation of maize *Zea mays* in the presence and absence of aluminum. Kluwer Academic publishers. Netherlands.
- * **Hart , J.,D. Horneck , R.Strevens , N.Bell and C.Cogger.2003.**Acidifying soil for Blueberries and Ornamental plants in the yard and garden.[WWW.eesc.Oregoustste.edu/agcom web file/ed. not/Ec1560](http://WWW.eesc.Oregoustste.edu/agcom%20web%20file/ed.%20not/Ec1560).
- * **Hanson, R.G. and J.R. Brown .1977 .** Micro – and secondary nutrients in Missouri .Ec929 , Extension division UMC .
- * **Havlin, J. L., and P. N. Soltanpour .1984.** Changes in NH_4HCO_3 -DTPA-extractable zinc and iron as affected by various soil properties .Soil Sci. 137: 188 – 193 .
- * **Holford, I. C. R., R. W. M. Wedderburn, and G. E. G. Mattingly.1974.** A Langmuir two-surface equation as model for phosphate adsorption by soils. J. Soil Sci. 25: 242 – 255.
- * **Jackson, M.L. 1973.**Soil chemical Analysis Englewood N.J.prenticeints hall.Inc.
- ***Jelic , M . ; J .Milvojevic ; S . Trifunovic ; I . Dalovic ; D . Milosev ; and S . Seremesic . 2011.** Distribution and form of iron in the vertisols of Serbia . J .Serb .chem .Soc .76 (5)
- * **Jolley Von D., John C. Brown, Michael J. Blay lock, and stacey D. camp. 1988.** A role for potassium in the use of Iron by plants. J. plant nutrition. 11 (6-11) 1159-1175.
- * **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 .
- * **Jorda, J., J. Sanchez-Andreu, and M. Juarez .1992.** Effect of temperature on the kinetics of FeEDDHA sorption on a calcareous soil . Soil Sci. 153: 45 – 52 .
- * **Johnson, C. M. and A. Ulrich. 1959.** Analytical methods for use in plant analysis.Byl.Calf.Agric.Exp.Stn.No.766.

- * **Kaspar, T. C., J.D. Pulido., T.S. Colvin., D.L. Karlen., D.B. Jaynes, and D.W. Meek, 2004.**Relationship of corn and soyben yield to soil and terrain properties.Agro. J. 96: 700-709.
- * **Katyal, J. C., and N. S. Randhawa .1983.**Micronutrients .Iron .Fert.And Plant Nutr.Bull . 7. FAO, Rome, Italy .
- * **Khwakaram, A. I.2003.**Response of some crops to iron addition in some soils of SulaimaniGovernente.M. Sc. Thesis, Univ.Sulaimani. Iraq.
- * **Kim, Sun A., and Guerinot M. 2007.** Mining iron: Iron uptake and transport in plants. FEBS Letters 581: 2273-2280.
- * **Kononova, M. M.1966.** Soil Organic Matter .Pergamon Press, Inc., N. Y.
- * **Lahav, N., and M. Hochberg. 1975.** Kinetics of fixation of iron and zinc applied as FeEDTA, FeHDDHA and ZnEDTA in the soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39: 55 – 58.
- * **Lindsay, W. L. 1972.**Inorganic phase equilibrium of micronutrients in soils. In: J. J. Morvedtet *al.* (eds.) Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wis.
- * **Lindsay, W. L. 1979.**Chemical Equilibria in Soils.John wiley& Sons.Inc., N. Y.
- * **Lindsay, W. L., and A. P. Schwab. 1982.**The chemistry of iron in soils and its availability to plant. J. Plant Nutr. 5: 821 – 840.
- * **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.
- * **Lindsay, W. L., J. F. Hodgson, and W. A. Norvell. 1967.** The Physicochemical equilibrium of metal chetates in soils and their influence on the availability of metal cations. Trans. Cong. Int. Soc. Soil Sci. P. 305 – 316.
- * **Lindsay, W. L., and W. A. Norvell .1969.** Equilibrium relationships of Zn^{2+} , Fe^{3+} , Ca^{2+} , and H^+ with EDTA and DTPA in soils . Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 33: 62 – 68 .
- * **Leon, C. and Nazer, Y. A. 1968.**Influence of N. Fe. Zn, soil application on the growth of three sorghum varieties. 11. Effects of iron uptake. Univ. Nebraska, U. S. A. c. f. Agron.Abst. Louisiana Nov. 10-15.

- ***Loeppert, R. H. and E. T. Clark, 1984.** Reaction of Fe^{+2} , Fe^{+3} in calcareous soils, J. plant nutrition 7: 149-163.
- * **Loeppert, R. H., and C. T. Hallmark. 1985.** Indigenous soil properties influencing the availability of iron in calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 49: 597 – 603.
- * **Lucas, R. E. and B. D. Kenzek. 1978.** Climatic and soil condition promoting micronutrition in plant. C. F. Micronutrient in Agriculture. Soil Sci. Soc. of Amer. Inc. Madson Wisconsin, U.S.A.
- * **Maralian, H. 2009.** Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. African Journal of Biotechnology. 8(24): 6795-6798.
- ***Marschner, H.V.; Romhdd and M. Kissel. 1986.** Different strategies in higher plants in mobilization and uptake of iron J. Pl. (3):553-559.
- * **Martin, H.W. and D.L. Sparks . 1983 .** Kinetics of non-exchangeable potassium release from two coastal plain soils. Soil. Sci. Soc. Am. J. Vol. 47: 883-887 .
- * **Matocha, J.E. and D. Pennington. 1982.** Effect of plant iron recycling on iron chlorosis of grain sorghum grown on calcareous soils. Journal of Plant Nutrition. 5(4-7)869-882.
- * **Mengel, K; and E. A. Kirkby. 1982.** Principles of plant nutrition International potash institute Bern, Switzerland.
- * **Mengel, K.E.A. Kirkby, H. Kosegarten and T. Appel. 2001.** Principles of plant nutrition. Kluwer Academic publishers.
- ***Mohamad, I. J. 1988.** Chemical behavior of zinc, copper, and other selected nutrients elements in some Iraqi arid soils . Ph. D. Thesis . State Univ. of Ghent, Belgium .
- ***Mohamed, A. Amal, F. K. EL-Baz and R.H.M Khalifa. 2003.** Genotypic Differences of Two wheat cultivars for Enzymes activity, Amino Acids and protein profile under Fe- Deficiency . J. Biolo. Sci. 3(10):864-874 .
- * **Mortvedt, J. J., B. M. Giordano and W. L. Lindsay .1972.** Micronutrients in Agriculture. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin, WI.

- * **Mortvedt, J. J., R. L. Mikkelsen, and J. J. Kelsoe .1992.**Crop response to ferrous sulfate in banded gels of hydrophilic polymers . Soil Sci. Soc. Am. J. 56: 1319 – 1324 .
- ***Mostafa,A.V.,Mostafa,Mohammad,Z.andHosseini,S.2011.** Ant oxidative protection and Electrolyte in Durumwheat under Drought stress condition. Jou.of Appl.Sci.Reseh.7(3):236-246.
- ***Nardi, S., D. pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002.** Physiological effect of Humic acid Substances on higher plants. Soil Biol. Biochem., 34:1527-1536.
- * **Narvall, R. P., and B. R. Singh .2001.**Soild phase speciation of iron and manganese in alum shale soils studied by parallel and sequential extraction. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 331 – 349 .
- * **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., Madison, Wisc, USA.
- ***Pettit, R. E. 2003.** Emeritus Associate Professor Texas A & M university, Organic Matter, Humus, HumatesHumic Acid, Fulvic Acid and Humin: Their Importance in Soil Fertility and Plant Health.
- * **Price, C. A., H. E. Clark, and H.E. Funkhouser .1972.** Functions of micronutrients in plants *In* : J. J. Mortvedt et al. (eds). Micronutrients in Agriculture . Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, WI.
- * **Rawat, P. S., and K. N. Mathpal .1981.** Micronutrient status of some soils of U.P hills . J. Indian Soc. Soil Sci. 29: 208 – 214 .
- * **Rhoades, J.D. 1982.**Cation exchange capacity. In Methods of Soil Analysis, part2, Page AL, Miller RH and Keeney DR ed. Am. Soc. Agronomy, 2, 154–157.
- * **Richards, A. 1954.** Diagnosis and improvement of saline and alkaline soil.USDA.Handbook.60, Washington.
- * **Russell, E. W. 1973.** Soil conditions and plant growth. Loman, Inc. New York.
- ***Ryan, J and S. N. Harig. 1983.** Transformation of incubated micronutrient chelates in Calcareous soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 47: 806-810.

- * **Sakal, R., A. P. Singh, B. P. Singh, R. B. Shinha, S. V. Jha, and S. P. Singh. 1985.** Distribution of available micronutrient cations in calcareous soil as related to certain soil properties. *J. Indian Soc. Soil. Sci.* 33: 672 – 675.
- * **Salih, H. M., A. M. Hummadi, F. A. Hussain, and G. S. Toma. 1987.** Availability of major and some micronutrients in the central and southern Mesopotamian river Plain of Iraq. *J. Agric. Water Reso. Res.* 6: 85 – 100.
- * **Salisbury, F. B., and C. W. Ross. 1978.** *Plant Physiology*. 2nd ed. Wadsworth. Pub. C., Inc., Belmont, CA.
- * **Sanchez, A. S., M. Juarez, j. Sanchez-Andreu, J. Jorda, and D. Bermudez. 2005.** Use of humic substances and amino acids to enhance iron availability for tomato plants from Application of chelate FeEDDHA. *J. of plant Nutrition* 28(11):30-30-35.
- * **Sauchelli, V. 1969.** Trace element in Agriculture. Van nostr and reinhold Co. London.
- * **Schnitzer, M., and K. Ghosh. 1982.** Characteristics of water soluble fulvic acid copper and fulvic acid-iron complexes . *Soil Sci.* 134: 354 – 363 .
- * **Sharma, B. D., H. Arora., R. Kumar, and V.K. Nayyar .2004.** Relationships between soil characteristics and total and DTPA-extractable micronutrients in Inceptisols of Punjab . *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35: 799 – 818. (Abstract) .
- * **Shahbazi, H., M. Taeb , M.R .Bihamta and F. Darvis .2009.** Inheritance of Antioxidant Activity of Bread Wheat under Terminal Drought Stress . *J. Agic. & Environ sci.*, 6(3) ;298-302.
- * **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 . (Abstract) .
- * **Singleton, M.C. 2006.** Iron and Zinc physiology in sweet potato. Southeastern Louisiana Uni. M.S. Thesis.
- * **Singh, R., and M.K. Sinha .1977.** Reactions of iron chelates in calcareous soil and their relative efficiency in iron nutrition of corn . *Plant Soil* 46: 17 – 29 .
- * **Soil Survey Staff (SSS). 2006.** Key to Soil taxonomy. 10th edition. USA.

- * **Sparks, D. L. 1989.**Kinetics of Soil Chemical Processes. Academic Press, N. Y.
- * **Staiger, D. 2002.**Chemical strategies for Iron acquisition in plants. *Angew. Chem. Int. Ed.* 41: 2259-2264.
- ***Sure, S. , H . Arooic , K .Sharifzade ,and R . D. Oghadam.2012.** Response of productivity and quality of cucumber to application of the two bio-Fertilizers (humic acid and nitrogen) in fall Planting. *Agri. J.* 7(6): 401-404.
- * **Susin, S.,A. Abadia,J.A.Gonzalez-Reyes J.J.Lucena, and J.Abadia.1996.**The pH requirement for in vivo activity of the iron-deficiency-induced "Turbo ferric chelate reductase".*Plant Physiol.*65:114-120.
- ***Tamura, H., E. Matijevic, and L. Meites .1983.** Adsorption of Ca^{2+} ion on spherical magnetite particles . *J. Coll. Inter. Sci.* 92: 303 – 314 .
- * **Tawari, R.K., Kumar P., Neetu,and P.N Sharma.2005.**Signs of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants. *Plant Sci.*169:1037-104
- * **Tayel, M. Y. 1964.** M. Sc. Thesis Ain Shams Univ. Cairo.1987 .
- * **Thomas, J. D., and A. C. Mathers. 1979.** Manure and iron effects on sorghum growth on iron-deficient soil.*Agron. J.* 71: 792 – 794.
- * **Tisdale, S. L., W. L. Nelson,and J. L. Havlin. 1997.** Soil Fertility and Fertilizers.Prentice Hall of India, New Delhi.
- * **Unlu, H. O., H. Unlu., Y. Karakurt and H. Padem .2011.** Changes in fruit yield and quality in response to foliar and soil humic acid application in cucumber. *Scientific Research and Essays.* 6(13): 2800-2803. Turkey.
- ***Waters, B. M, D.G. Blevins, and D. J. Eide.2002.**Characterization of FRO1,a Pea Ferric-Chelate Reductase Involved in Root Iron Acquisition *Plant Physiology,* May 1, 2002; 129(1): 85 – 9.
- * **Wirea, N.V.,S. Marschner and V. Romhel.1994.** Iron inefficiency in maize Ysl is caused by a defect in uptake of iron phytochelatins. *Plant Physiol.*106:71-77.
- * **Yadav, D. V. 1987.**A comparison of Freundlich, Langmuir and Temkin equations to describe phosphate and zinc adsorption by soil. *J. Indian. Soc. Soil Sci.* 35: 121 – 125.

***Yang, T.J., W.D.Lin and W.Schmidt.2010.** Transcriptional profiling of the Arabidopsis Iron Deficiency Response Reveals conserved transition Metal Homeostasis Networks .Plant Physiology . 152(4) ; 2130- 2141.

* **Zaharieva, T.and V. Romheld.2002.**Specific Fe(II)uptake system in strategy I Plants inducible under Fe deficiency .J. Plant Nutr. 23 : 1733- 1744 .

* **Zahid, P., K. Hussain , S.S.H. Kazmi , K.H. Gill and A.A. Sheikh. 2003.** Iron requirement of brain wheat. International Journal of Agriculture & Biology. 1560-8530.

* **Zhang, F.S.,V. RómheldandH. Marschner.1991.**Role of the Root Apoplasm for Iron Acquisition by wheat plants . Plant Physiol. 97(4) ; 1302- 1305.

ملحق 1. بيانات تجربة الأمتزاز.

مصدر الحديد	التركيز ملغم/كغم	التركيز عند الاتزان (C)	الامتزاز x/m	C/X/M
FeSO₄.7H₂O	10	0.12	197.6 *	0.000607287
	40	0.52	789.6	0.000658561
	80	1.52	1569.6	0.0009684
	120	2.4	2352	0.001020408
	200	6.23	3875.4	0.001607576
	300	9.56	5808.8	0.001645779
	400	13.254	7734.92	0.001713528
Fe DTPA	10	4.555	108.9	0.041827365
	40	5	700	0.007142857
	80	8.0125	1439.75	0.005565202
	120	13	2140	0.006074766
	200	25	3500	0.007142857
	300	38	5240	0.007251908
	400	60	6800	0.008823529
Fe HA+FA	10	5.1	98	0.052040816
	40	6.2	676	0.009171598
	80	13	1340	0.009701493
	120	22	1960	0.01122449
	200	37	3260	0.011349693
	300	55	4900	0.01122449
	400	90	6200	0.014516129

$$(10 - 0.12) \times 20 = 197.6 *$$

8. الصور:

صور تبين مراحل نمو النبات







Abstract

This study was conducted in college of agricultural - university of Andar; including four experiments, three were laboratory experiments and one was field experiment. The aim is to study the behavior and efficiency of organic Fe fertilizer which was prepared from plant residues (peat moss) and iron metal compared to artificial chelating fertilizers of Iron metal iron fertilizers. Fulvic and Humic acid were extracted from peat moss to prepare chelating source of iron. Chelating fertilizer of Iron was made by adding the mineral source ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) to the humic acid and fulvic to form Iron Humate and Fulvat ($\text{FeHA} + \text{FA}$).

The first experiment was to incubate various iron sources to understand the physicochemical behavior of these sources whether it was metal ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), artificial chelate (FeDTPA) or natural chelate ($\text{Fe HA} + \text{FA}$), where added to the soil and left to react for a period of time 1, 3, 6, 9, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55 and 60 day. This experiment was applied in two replicate for each period, iron availability from these source was measured after each period in order to describe kinetic behavior of the element by using related kinetic equations and static indicators.

The Second experiment laboratory applied in two replicates to find out the solubility product of iron sources in the soil. Iron sources used were added into two levels each 5 and 50 $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$ in addition to the control level which was no iron added (0 $\text{kg} \cdot \text{h}^{-1}$). Incubation periods were 4, 20, and 40 days (wetting and drying periods of 1, 5, and 10 times). After each period of incubation time; water soluble iron was extracted by shaking 1:1 soil: distilled water, after filtration; soluble iron as well as available iron (extracted by DTPA) were determined using atomic absorption.

Third experiment was to determine adsorption isotherm of iron in the soil, where fertilizer sources (mineral, artificial chelate and natural chelate) added into seven concentrations (10, 40, 80, 120, 200, 300 and 400) $\mu\text{g Fe ml}^{-1}$, and concentrations were replicated twice. Twenty ml of each concentration was added to 1 gm soil, adsorbed amount of iron was calculated and its indicators estimated using Langmuir equation.

The field experiment was conducted in Silty Clay Loam soil using R.C.B.D design in three replicates during autumn season 2015 on 22/8/2015. Zea mays variety Baghdad 3 On 11/09/2015 iron sources were applied in four levels 0, 5, 10 and 15 kg h^{-1} and each level was replicated three times.

The results showed that:

First: kinetic study.

Available Iron concentrations decreased with time for all sources with high correlation of Linear equation. The linear equation was the best among other equations to show the relation between iron concentrations and time. Sources of

natural chelate and artificial chelate maintained available level of iron for two months compared to the mineral source of iron ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$).

Second: Solubility product.

- 1- Solubility product results showed that the Siderite mineral (FeCO_3) was controlling the original iron in the soil.
- 2- Source of natural chelate; Iron Humate + Fulvat ($\text{FeHA}+\text{FA}$) occupy solubility positions refers to the formation of less precipitation compositions and higher solubility in comparison to other iron sources used in this study specially the mineral source ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) which showed inability to maintain a balanced concentration of iron for long time.

Third: Iron adsorption isotherm.

- 1- Applying the artificial chelating source of iron (Humate and Fulvat, $\text{FeHA}+\text{FA}$) reduced iron adsorption as applied concentrations increased in comparison to the mineral source ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) and artificial chelating source (Fe DTPA).
- 2- Lowest adsorption capacity of iron reached 6200 mg kg^{-1} by applying artificial chelating source of iron (Humate and Fulvat) compared to the mineral source $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ where adsorption capacity reached $7734.92 \text{ mg kg}^{-1}$, while the artificial chelating (Fe-DTPA) was in the middle with adsorption capacity of 6800 mg kg^{-1} between the artificial chelating source and the mineral one.
- 3- The highest adsorption of iron was by applying it from mineral source with high bonding energy (K), while the artificial chelating source (Fe-DTPA) was in the middle between the natural and artificial source of iron in term of higher adsorption and linking energy.

Fourth: The field experiment.

- 1- Applying artificial chelating source prepared of iron humate + fulvate showed significantly higher results in plant height, dry weight, plant grain yield, total grain yield and iron concentration in corn leaves and grain compared to the mineral source of iron and the artificial chelate.
- 2- The artificial chelating source (Fe-DTPA) was superior compared to the mineral iron ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) for the all studied trails.
- 3- Iron fertilization caused an increasing in all studied traits compared to the control treatment (without iron).

Republic of Iraq
Ministry of Higher Education &
Scientific Research
University of AL-Anbar
College of Agriculture



**Behavior of some Iron Fertilizers and its Effect on
growth and yield of Corn in calcareous Soil.**

Dissertation Submitted by

Ahmed Riyadh Abdullatef Hasan AL-Ani

**To Council of the College of Agriculture at University
of Al-Anbar**

**In Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Doctor of Philosophy in
Soil and water Resources
(Soil chemistry)**

Supervised by

Prof. Dr. Akram A. H. Al-Hadethi

1437 A.H.

2016 A.D.