

تقييم كفاءة الحديد المعدني والمخلبي في نمو وحاصل الباقلاء *Vicia faba L.*

سعيد سلمان عيسى

صباح كدر احمد

قسم التربة / كلية الزراعة / جامعة بابل

الخلاصة

أجريت تجربة حقلية في ناحية أبي غرق / محافظة بابل للموسم الشتوي 2010/2009 لتقييم كفاءة مصدرين من الحديد هما المعدني (FeSO_4) والمخلبي (FeEDDHA) وثلاث مستويات من الإضافة هي 0 و 4 و 8 كغم Fe^{-1} في نمو وحاصل نبات الباقلاء الصنف المحلي (*Vicia faba L.*). نفذت تجربة عاملية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) و بأربعة مكررات.

أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لمستوى الحديد ولكلا مصدره في مؤشرات النبات قيد الدراسة فقد أعطى المستوى 8 كغم Fe^{-1} أعلى زيادة في ارتفاع النبات (سم) وعدد التفرعات و القرينات /نبات ووزن 100بذرة (غم) وحاصل القرينات الخضراء (طن /دونم) وحاصل البذور الجافة (كغم/دونم) ومحتوى الحديد في الجزء الخضري (ملغم كغم $^{-1}$). كما بينت النتائج تفوق الحديد المخلبي على المعدني في إعطاء أعلى القيم لجميع مؤشرات النبات قيد الدراسة. أظهرت نتائج الدراسة وجود استجابة لنبات الباقلاء للحديد المضاف وان المستوى 8 كغم Fe^{-1} كان الأكفأ في زيادة جميع مؤشرات النبات مقارنة بالمستويين الآخرين.

ABSTRACT

A Field experiment was conducted on silty clay soil at Abu-Garak district – Babylon governorate in winter season of 2009 – 2010 to study the efficiency of application of two iron fertilizers (FeSO_4 and FeEDDHA) and three levels (i.e., 0, 4 and 8 Kg Fe ha^{-1}) on growth, yield and it's components of broad bean (*Vicia faba L.*) local var. Factorial experiment was used a randomized complete block design with four replicates.

The results showed that application of two fertilizers significantly increased plant height, number of branches, number of pods/plant, weight of 100 seeds and wet and dry yield; Using FeEDDHA as a chelated source statistically increased all plant parameters as compared with inorganic Fe source as FeSO_4 .

The results revealed that *Vicia faba* plant showed a great response to addition of iron fertilizers and 8 Kg Fe ha^{-1} level was enough to increase the yield. Application iron as

FeEDDHA was superior in increasing all the values of plant parameters as compared to those from FeSO₄ application.

المقدمة:

يعد الحديد من العناصر الغذائية الصغرى الضرورية لنمو وإكمال دورة حياة النبات وتأتي أهميته كونه يدخل في تركيب المكونات الأساسية للخلية النباتية كالسايكرومات والفايتوفرتين ومساهمته في بناء الكلورفيل فضلا عن دوره في تركيب ونشاط العديد من الإنزيمات المسؤولة عن العمليات الحيوية (البناء والهدم وتفاعلات الأكسدة والاختزال) ومن هذه الإنزيمات NO₂-reductase و NO₃-reductase والنيتروجيناز Nitrogenase و Catalase و Peroxidase (Mengel and) (Havlin et al.,1999 ; Kirkby,1982).

يعد الحديد عنصرا مهما لمعظم المحاصيل ولاسيما البقولية منها لكونه يدخل في تركيب إنزيم النيتروجيناز المسؤول عن تثبيت النيتروجين الجوي ومساهمته في نشاط مادة الهيموكلوبين البقولي في العقد الجذرية لتلك المحاصيل (Brill,1980). ومن المعروف أن الترب العراقية كونها ترب كلسية فأنها تعاني من قلة الحديد الجاهز لمعظم النباتات النامية فيها نتيجة لتعرض الحديد إلى تفاعلات عدة منها تفاعلات الاحتجاز (الترسيب والامتزاز) بفعل معادن الكربونات (FAO,1973 ; Sharma et al., 2004 ; Al-Uqaili et al.,2001). ولغرض معالجة حالة النقص التي تعاني منها النباتات الاقتصادية النامية في الترب الكلسية بسبب قلة جاهزية الحديد تعد إضافة أسمدة الحديد بنوعها المعدنية والمخلبية من الطرائق الرئيسية في زيادة جاهزيته وسد حاجة النبات منه.

يعد نبات الباقلاء (*Vicia faba L.*) من المحاصيل البقولية التي تنتشر زراعتها بشكل واسع في العالم والعراق إذ يعد مصدرا غذائيا أساسيا لعدد كبير من سكان العالم ويزرع لغرض الحصول على القرون الخضراء أو البذور الطرية أو الجافة لمحتواها العالي من البروتينات (17.8%) و الكربوهيدرات (8.4%) فضلا عن أنها غنية بفيتامين B₂ وذات محتوى متوسط من الكالسيوم والفسفور وكذلك فيتاميني B₁ و C (حسن، 2002). تزرع الباقلاء في العراق بمساحات واسعة إذ بلغت المساحة المزروعة لعام 2005 حوالي 33.7 ألف هكتار إلا إن عائد المحصول في الهكتار يعد منخفضا حيث يتراوح بحدود 195 كغم هـ¹ (المنظمة العربية للتنمية الزراعية،2005) وتعد محافظة بابل من المحافظات الوسطى المعروفة بزراعتها للباقلاء.

أظهرت نتائج العديد من الدراسات استجابة معظم النباتات الاقتصادية ولا سيما البقولية منها النامية في أنظمة الترب المختلفة وبدرجة كبيرة في الترب الكلسية للتسميد بالحديد سواء كان مخلبيا أم معدنيا (Moraghan,1987 ; Lucena et al.,1988 ; Roomizadeh & Karimian,1996 ; Goos et al.,2004). فقد أشار الراوي (1994) إلى أن إضافة

الحديد المعدني بمستوى 20 ملغم كغم⁻¹ أدت إلى زيادة وزن القنرات و الوزن الجاف الكلي لنبات الباقلاء بنسبة 44 و 41% على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة. بينما أشار جاسم (2007) إلى زيادة عدد ووزن القنرات الخضراء ووزن 100 بذرة وحاصل البذور في نبات الباقلاء عند إضافة السماد الورقي الحاوي على عناصر غذائية صغرى بضمنها الحديد (500 ملغم كغم⁻¹). كما بينت دراسة عبد الرضا والمختار (2000) وجود زيادة في الوزن الجاف الكلي وحاصل الحبوب لنبات فول الصويا عند إضافة الحديد المخلي بمستوى 1 و 2 و 8 كغم هـ⁻¹. وهذا ما أكدته دراسة يوسف وعلي (2001) على نبات فستق الحقل.

وبسبب قلة الدراسات المتوفرة حول التسميد بعنصر الحديد على المحاصيل البقولية وخاصة الباقلاء أجريت هذه الدراسة بهدف تقييم كفاءة سمادي الحديد المعدني والمخلي في نمو وحاصل نبات الباقلاء.

المواد وطرائق العمل:

أجريت تجربة حقلية في ناحية أبي غرق غرب محافظة بابل بحوالي 5 كم في مقاطعة 6 / الخواص في الموسم الشتوي 2009 - 2010 في تربة طينية غرينية (Silty clay) ، تضمنت التجربة استخدام مصدرين للحديد هما المعدني $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (Fe%19) والمخلي FeEDDHA (Fe %6) بثلاث مستويات هي 0 و 4 و 8 كغم Fe هـ⁻¹. نفذت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) و بأربعة مكررات شملت 24 وحدة تجريبية بأبعاد 3 X 3م إذ تم تحضير الأرض بحراثتين متعامدتين ثم التعميم والتسوية. أخذت نماذج ممثلة لتربة الحقل قبل الزراعة عند عمق (0 - 30 سم) قدرت فيها بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية وفقا للطرائق المتبعة في (Page et al.,1982) أما الحديد الجاهز فقدر تبعاً لطريقة (Lindsay & Norvell,1978) وكما مبين في جدول (1).

تضمنت كل وحدة تجريبية ستة خطوط المسافة بين خط وآخر 50 سم والمسافة بين جوره وأخرى 20سم. زرعت بذور الباقلاء الصنف المحلي (*Vicia faba* L.) في 15 /10/2009 بواقع ثلاث بذرات في الجورة الواحدة ، أضيف الحديد بكلا مصدره بحالة سائلة على سطح التربة وبدفعتين الأولى عند الزراعة والثانية عند التفرعات. أضيف السماد النتروجيني على هيئة يوريا (N %46) وبمستوى 120 كغم N هـ⁻¹ وبدفعتين الأولى عند الزراعة والثانية بعد 40 يوماً من الزراعة أما السماد الفوسفاتي فقد أضيف على هيئة سوبر الفوسفات الثلاثي (P₂O₅ %46) وبمستوى 120كغم P₂O₅ هـ⁻¹ وبدفعة واحدة عند الزراعة كما أضيف البوتاسيوم على هيئة كبريتات البوتاسيوم (K₂SO₄) (K₂O %50) وبمستوى 100 كغم K₂O هـ⁻¹

عباس، 1989). أجريت عمليات خدمة التربة والنبات من خف وترقيع حيث خفت إلى نبات واحد في الجورة. عشتت التجربة يدويا مرتين خلال موسم النمو وكانت تروى حسب الحاجة.

حدد خطين من كل وحدة تجريبية لأخذ حاصل القرون الخضراء الذي تم عند مرحلة امتلاء الحبوب ويفترات أسبوعية واستخرج منه عدد القرنات للنبات الواحد ومتوسط وزن القرنة الواحدة وحاصل القرنات الخضراء. تم ترك خطين من كل وحدة تجريبية لغاية النضج والجفاف ثم استخرج وزن البذور الجافة وقدر حاصل البذور ومتوسط وزن 100 بذرة. أما الخطان الداخليان من كل وحدة تجريبية فقد خصصت لاختيار خمس نباتات عشوائيا وتم تقدير متوسط ارتفاع النباتات ومتوسط عدد التفرعات. تم تحليل التباين لعوامل الدراسة وقورنت المتوسطات باستخدام اقل فرق معنوي (LSD) وبمستوى احتمالية 0.05 .

النتائج والمناقشة:

مؤشرات نمو النبات

أظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لكل من مستوى الحديد ومصدره في صفة ارتفاع النبات و عدد التفرعات و عدد القرنات في النبات الواحد جدول (2). فقد أدت إضافة الحديد بكلا مصدره إلى زيادة قيم كل من صفة ارتفاع النبات بنسبة 27 و 37% وعدد التفرعات/نبات بنسبة 51 و 81% وعدد التفرعات /نبات بنسبة 67 و 111% عند المستويين 4 و 8 كغم Fe ه¹⁻ على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة.

أن زيادة قيم الصفات هذه كان نتيجة لزيادة مستوى إضافة الحديد والذي يعزى لدوره الفعال في بناء وتخليق العديد من المكونات الأساسية في النبات كمركب الكلوروفيل والفايتوفرتين والفيريدوكسينات والساييتوكرومات

جدول 1 . بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الحقل .

| القيمة (Value) | الصفة (Character) |
|----------------|--|
| | مفصولات التربة (غم كغم ⁻¹) |
| 180.0 | الرمل |
| 334.0 | الغرين |
| 476.0 | الطين |
| طينية غرينية | نسجه التربة |
| 7.7 | * درجة تفاعل التربة Ph |
| 4.1 | * التوصيل الكهربائي (ديسي سمنز م ⁻¹) |
| 10.3 | المادة العضوية (غم كغم ⁻¹) |
| 1.02 | النتروجين العضوي (غم كغم ⁻¹) |
| 310.0 | كربونات الكالسيوم (غم كغم ⁻¹) |
| 6.2 | الفسفور الجاهز (ملغم كغم ⁻¹) |
| 178.0 | البوتاسيوم الجاهز (ملغم كغم ⁻¹) |
| 3.2 | الحديد الجاهز (ملغم كغم ⁻¹) |

* قدرتا في مستخلص عجينة التربة المشبعة.

والأنزيمات الضرورية مثل النتروجينيز والبيروكسيديز وهذا ما أكدته دراسات عدة في فسيولوجيا النبات (Mengel and Havlin et al., 1999 ; Kirkby,1982). هذا من جهة ومن جهة أخرى فان الاستجابة من قبل النبات للحديد المضاف يمكن إن تعزى إلى قلة محتواه الجاهز في تربة الدراسة فقد بلغ 3.2 ملغم كغم⁻¹ (جدول 1) وهذا المستوى لايفي بحاجة نبات الباقلاء إذ بلغ الحد الحرج لمحتواه الجاهز لترب المنطقة الوسطى (6.2 ملغم كغم⁻¹) (جارالله، 2005) . أن هذه النتائج تتفق مع ما أشارت إليه دراسة (الراوي،1994) الذي وجد بان إضافة الحديد المعدني بمستوى 20 ملغم كغم⁻¹ أدت إلى زيادة وزن القنرات و الوزن الجاف الكلي لنبات الباقلاء بنسبة 44 و 41% على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة وهذا ما أكدته دراسة (جاسم، 2007) على نبات الباقلاء أيضا".

بينت النتائج أيضا تفوق سماد الحديد المخلي FeEDDHA على المعدني FeSO₄ إذ أدت إضافة السماد المخلي إلى زيادة قيم كل من صفة ارتفاع النبات وعدد التفرعات/نبات وعدد القنرات /نبات بمقدار 8 و 14 و 25% على التوالي مقارنة بالسماد المعدني . أن تفوق السماد المخلي في زيادة قيم الصفات هذه مقارنة بالسماد المعدني قد يعود إلى خصائصه الكيميائية كقدرته العالية على خلب عنصر الحديد وثباتيته وقابليته في إمداد عنصر الحديد للنبات خلال مراحل النمو المختلفة وهذا ما أشارت إليه عدة دراسات (Goos et al.,2004 ; Garcina-Mina et al.,2003 ; Gezgin & Er,2001).

مؤشرات الحاصل

أوضحت النتائج أيضا وجود تأثير معنوي لمستوى إضافة الحديد في صفات الحاصل (حاصل القنرات الخضراء ووزن 100 بذرة وحاصل البذور الجافة) جدول (2). فقد أدت زيادة مستوى إضافة الحديد من 0 إلى 4 و 8 كغم هـ¹ إلى زيادة حاصل القنرات الخضراء بنسبة 11 و 19% ووزن 100 بذرة بنسبة 4 و 8% وحاصل البذور الجافة 6 و 12% على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة.

أن زيادة قيم تلك الصفات بزيادة مستوى الإضافة للحديد يعزى إلى مساهمة الحديد في الفعاليات الحيوية التي تجرى في النبات كعمليتي التركيب الضوئي والتنفس مما اثر ايجابيا على مؤشرات الحاصل . فقد أشار الراوي (1994) إلى زيادة وزن القنرات و الوزن الجاف الكلي لنبات الباقلاء بنسبة 44 و 41% على التوالي عند إضافة الحديد المعدني بمستوى 20 ملغم كغم⁻¹ مقارنة بمعاملة المقارنة ، كما أشارت عدة دراسات إلى زيادة الوزن الجاف وحاصل البذور لمحاصيل بقوليه (فول الصويا والبرسيم) وفسق الحقل) عند التسميد بعنصر الحديد سواء كان معدنيا أم مخلبيا (Moraghan,1987 ; عبد الرضا،1997 ; عبد الرضا و المختار، 2000 ; Gao & Shi,2007)

أما بالنسبة لمصدر الحديد فيبين جدول (2) أن إضافة الحديد المخلبي قد أدى إلى حصول زيادة معنوية في حاصل القنرات الخضراء ووزن 100 بذرة وحاصل البذور الجافة إذ بلغت قيمتها 2.518 طن /دونم و 155.1 غم و 643.2 كغم / دونم على التوالي عند إضافة الحديد المعدني بينما بلغت هذه القيم 2.633 و 157.6 و 672.1 عند إضافة الحديد المخلبي. وقد تعزى الزيادة في قيم تلك الصفات عند إضافة الحديد المخلبي إلى خصائصه الكيميائية كالثباتية وقدرة احتفاظه بعنصر الحديد وقلة تعرضه للتفاعلات (Lucena et al., 1988 ; Roomizadeh & Karimian,1996 ; Juarez et al.,2001).

جدول 2: تأثير مستوى ومصدر الحديد في مؤشرات نمو وحاصل ومحتوى الحديد لنبات الباقلاء.

| محتوى الحديد | حاصل البذور الجافة | متوسط وزن 100 بذرة غم | حاصل القرنات الخضراء طن/دونم | متوسط عدد القرنات/نبات | عدد التفرعات/نبات | ارتفاع النبات سم | مستوى الحديد كغم ه ⁻¹ | مصدر الحديد |
|----------------------------|--------------------|-----------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|------------------|----------------------------------|------------------------------|
| 104.1 | 620.07 | 150.6 | 2.341 | 8.3 | 4.3 | 86.3 | 0 | المعدني FeSO ₄ |
| 128.2 | 640.07 | 154.2 | 2.500 | 12.0 | 5.7 | 101.3 | 4 | |
| 170.0 | 669.40 | 160.4 | 2.714 | 15.0 | 7.3 | 115.0 | 8 | |
| 134.1 | 643.18 | 155.1 | 2.518 | 11.8 | 5.8 | 100.9 | المتوسط | |
| 104.1 | 620.07 | 150.6 | 2.341 | 8.3 | 4.3 | 86.3 | 0 | المخابي FeEDDH A |
| 163.4 | 672.40 | 158.3 | 2.694 | 15.7 | 7.3 | 117.7 | 4 | |
| 185.2 | 723.80 | 165.0 | 2.863 | 20.0 | 8.3 | 122.0 | 8 | |
| 150.9 | 672.09 | 158.0 | 2.633 | 14.7 | 6.6 | 108.7 | المتوسط | |
| اقل فرق معنوي (LSD 0.05) | | | | | | | | |
| 3.8 | 16.97 | 1.04 | 0.051 | 0.7 | 0.5 | 2.8 | مستوى الحديد | |
| 4.7 | 20.78 | 1.27 | 0.061 | 0.9 | 0.6 | 3.5 | مصدر الحديد | |
| 6.6 | 29.39 | 1.80 | 0.086 | 1.2 | 0.9 | 7.9 | التداخل | |

محتوى الحديد

أوضحت النتائج في جدول (2) إلى وجود زيادة معنوية في محتوى الحديد في الجزء الخضري للنبات

عند التسميد بعنصر الحديد إذ بلغت نسبة الزيادة 40 و 71% عند المستويين 4 و 8 كغم Fe⁻¹ على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة ويمكن إن تعزى زيادة محتوى النبات من الحديد نتيجة لزيادة مستوى إضافته إلى زيادة جاهزيته مما أدى إلى زيادة امتصاصه من قبل النبات وبالتالي مساهمته في بناء الكلوروفيل ونشاط العديد من الإنزيمات المسؤولة عن العمليات الحيوية.

ومن ناحية أخرى تشير النتائج تفوق الحديد المخابي على المعدني في زيادة محتوى النبات من الحديد بزيادة بلغت 13% وهذا يعود إلى قابلية الحديد المخابي للاحتفاظ بالحديد بصورة جاهزة ومقدرته العالية على إمداد النبات بهذا

العنصر (Wallace, 1990 ; Shenker et al., 1999 ; Juarena et al., 2001). فقد أشار (Chen & Barak, 1982)

أن استعمال المركب المخابي FeEDDHA أدى إلى زيادة جاهزية الحديد بمقدار 1850 مرة مقارنة بالمركب المعدني

.FeSO₄

المصادر:

- الراوي ، علي احمد عطوي. 1994. اثر التداخل بين الري بالماء المالح والتسميد بالعناصر الصغرى على الوزن الجاف والحاصل وامتصاص الفسفور والنترجين للباقلان. مجلة العلوم الزراعية العراقية (2) 25 : 102 – 109.
- الغريبي ،فاضل عودة كريدي .2003. سلوك وكفاءة أسمدة الحديد في التربة الكلسية تحت ظروف الزراعة المحمية. رسالة ماجستير.كلية الزراعة . جامعة بغداد .
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية. 2002. الكتاب السنوي للإحصاءات الزراعية.
- جارالله ، عباس خضير عباس.2005. تقييم الواقع الخصوبي للحديد واستجابة نبات الحنطة في بعض ترب السهل الرسوبي. أطروحة دكتوراه. كلية الزراعة . جامعة بغداد .
- جاسم، علي حسين. 2007. تأثير التسميد الورقي في نمو وحاصل الباقلاء *Vicia faba L.* مجلة الانبار للعلوم الزراعية. (2)5:
- حسن، احمد عبد المنعم. 2002 . إنتاج الخضر البقولية. الدار العربية للنشر والتوزيع. القاهرة - جمهورية مصر العربية.
- عباس ، عقيل جابر. 1989 . تأثير مسافات الزراعة بين الجور وعدد النباتات في الجور على الحاصل ومكونات ونسبة البروتين لصنفين من الباقلاء. رسالة ماجستير . كلية الزراعة - جامعة بغداد.
- عبد الرضا ، حسن علي .1997. تأثير الحديد المخلبي في نمو وحاصل نباتات البازاليا (*Pisum sativum L.*) الملحقة بالبكتريا العقدية .مجلة العلوم الزراعية العراقية .المجلد (1)28 : 9 – 13 .
- عبد الرضا ، حسن علي ومنذر محمد علي المختار .2000. تأثير الحديد في كفاءة *Bradyrhizobium japonicum* ونمو وحاصل فول الصويا .مجلة ايباء للأبحاث الزراعية. (2)10 : 141 – 157.
- يوسف ، امل نعوم وعباس فاضل علي .2001. دور التسميد بالبكتريا العقدية والحديد المخلبي في نمو وحاصل فستق الحقل (*Arachis hypogaea*) .مجلة ايباء للأبحاث الزراعية. (2)11 : 118 – 130.
- 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.
- Brill, J.W. 1980. Nitrogen fixation .In: Biology of Crop Productivity. Edited by Carlson. P.S.
- Chen, y., and P. Barak .1982. Iron nutrition of plants in calcareous soils. Adv. Agron. 35: 217 – 240.
- FAO. 1973. Calcareous Soils of Iraq. Bull No. 21, FAO, Rome, Italy.
- Gao, Li., and Y. Shi. 2007. Genetic differences in resistance to iron deficiency chlorosis in peanut. J. Plant Nutr.30: 37 – 52.

- Garcia-Mina, J., R. G. Cantera, and A. Zamarreno .2003. Interaction of different iron chelates with an alkaline and calcareous soil: A complementary methodology to evaluate the performance of iron compounds in the correction of iron chlorosis. J. Plant Nutr. 26: 1943 – 1954. (Abstract).
- 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. (Abstract).
- Goos, R. J., B. Johson, G. Jackson, and G. Hargrove .2004. Greenhouse evaluation of controlled-release iron fertilizers for soybean. J. Plant Nutr. 27: 43 – 55. (Abstract).
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W. L. Nelson .1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice- Hall, Inc., N.J.
- Juarez, M., D. Bermudez, J. D. Jorda, J. Sanchez-Andreu, and M. M. Cerdaan .2001. Effect of copper, nickel, zinc, and phosphorus on reactions of FeEDDHA isomers under variable pH. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 32: 509 – 519. (Abstract) .
- 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.
- Lucena, J. J., A. Garate, and O. Carpena .1988. *Lolium multiflorum* uptake of iron supplied as different synthetic chelates. Plant Soil 112: 23 – 28.
- Mengel, K., and E. A. Kirkby .1982. Principles of Plant Nutrition. Intern. Potash Inst., Bern, Switzerland.
- Moraghan, J. T.1987. Effect of phosphorus and iron fertilizers on the growth of two soybean varieties at two soil temperatures. Plant Soil 104: 121 – 127.
- Page, A. L. (ed.). 1982. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc. Agron. Madison, WI.
- Roomizadeh, S., and N. Karimian .1996. Manganese-iron relationship in soybean grown in calcareous soils. J. Plant Nutr. 19: 397 – 406.
- 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).
- Steel, R.G.D., and J. H. Torrie .1980. Principles and Procedures of Statistics. McGraw-Hill, Inc., N. Y.
- Wallace, A.1990. Interactions encountered when supplying iron, phosphorus and nitrogen fertilizer to two cultivars of soybeans. J. Plant Nutr. 13: 349 – 356.