

تقييم طرائق استخلاص الزنك والبورون وعلاقتها مع مؤشرات نمو الذرة الصفراء *Zea mays*

1. طرائق استخلاص الزنك

نورالدين شوقي علي * بيداء حسن علوان العامري ** عدنان حسن عفج

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي/جامعة بغداد، كلية الزراعة.

* وزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة البحوث الزراعية.

** وزارة العلوم والتكنولوجيا/دائرة البيئة والمياه.

بغداد - العراق

الخلاصة

أختيرت طريقتين لإستخلاص الزنك الجاهز (الإستخلاص بالـ DTPA و الإستخلاص بحامض الـ HCl) من ترب مزيجية لأختبار الطريقة الانسب للترب العراقية الكلسية. بلغ تركيز الزنك المستخلص بالـ DTPA في مرحلتي الحريرة والحصاد 0.36- 2.91 و 0.26- 2.86 ملغم كغم⁻¹ على التوالي، والمستخلص بالـ HCl بلغ 0.31- 0.45 و 0.19- 0.91 ملغم كغم⁻¹ تربة لمرحلتي الحريرة والحصاد على التوالي، وعند اختبار كفاءة الطريقة من خلال إجراء علاقات ارتباط مع معايير محصول الذرة الصفراء في مرحلتين من مراحل النمو وهي الحريرة والنضج تفوقت طريقة الاستخلاص بالمستخلص المخليبي DTPA على طريق الاستخلاص بالحامض HCl في استخلاص الزنك الجاهز لامتلاكها أعلى معامل ارتباط r ومعامل التحديد r^2 وقيمة t بين الزنك الجاهز ومؤشرات النبات اذ بلغت 0.782 و 0.635 و 6.295 على التوالي. الكلمات المفتاحية: استخلاص الزنك، ترب كلسية و ذرة صفراء.

Evaluation of Methods for Zinc and Boron Extraction as Related to Growth Parameters of Corn (*Zea mays* L.)

1. Zinc Extraction Methods

Nooruldeen Shawqi Ali Baydaa Hassan Alwan Al-ameri *

Adnan Hassan Afaj**

Ministry of Higher Education and Scientific Research/University of Baghdad
/College of Agriculture.

*Ministry of Science and Technology/Agricultural Researches Directorate.

** Ministry of Science and Technology/ Environmental and Water Directorate.

Baghdad- Iraq

E-mail: shawqiali@yahoo.com

Abstract

Two methods for extraction of available Zn in soil (DTPA and HCl extractants) were conducted to evaluate the best method for calcareous soil. The concentration of zinc ranged from 0.36-2.91 and 0.26- 2.86 mg/KG by DTPA at silking and maturity stages respectively, and from 0.31-0.45 and 0.19- 0.91 mg/KG by HCl at silking and maturity stages respectively. The validity of these two methods was tested through correlation test with corn growth parameters at the two growth stages. The extraction with DTPA gave better result than the extraction with HCl using different statistical parameters (r , r^2 , t) which were 0.782, 0.635 and 6.295 respectively correlated with plant parameters.

Key Words: Zinc Extraction, Calcareous Soil and Corn.

البحث مستل من أطروحة دكتوراه للباحث الثاني

تعد عملية استخلاصه من التربة من المواضيع المهمة في هذا المجال.

تم استعمال عدد من المركبات المخلبية التي لها القدرة في تكوين معقدات ثابتة مع العناصر الصغرى ومنها الزنك عند مدى واسع من الـ pH ، فقد اقترح Lindsay (1979) محلول الـ DTPA (Diethylenetriaminepenta Acetic Acid) محلولاً للاستخلاص، عند pH 7.3 للحد من التأثير الناتج من ذوبان الكربونات و تستعمل هذه الطريقة بشكل واسع، وهي الطريقة المعتمدة في دراسات الجاهزية للنبات (Afnor، 1994).

كما استعملت الحوامض المخففة لاستخلاص الزنك اذ تتضمن هذه الطريقة استعمال تلك الحوامض لاستخلاص العناصر المتبادلة والمرتبطة بأواصر مع معادن الكربونات والمركبات الأخرى. وتساهم عدد من الميكانيكيات في استخلاص العناصر من التربة عند استعمال الاحماض المخففة ومنها: (1) تحرر الايونات الموجبة بواسطة التبادل الأيوني، (2) ذوبان المركبات الحاوية على تلك العناصر، (3) ذوبان مكونات معادن التربة (مثل اكاسيد Fe -Mn) (Kuo واخرون، 2006). لذا كان الهدف من الدراسة اختيار طريقتين لاستخلاص الزنك الجاهز في التربة وعلاقتها ببعض مؤشرات نمو محصول الذرة الصفراء.

المواد وطرائق العمل

اجريت تجربة حقلية في منطقة الجادرية (في احد حقول وزارة العلوم والتكنولوجيا) وجرى تحضير الحقل وتهيئته للزراعة حيث نفذت تجربة ضمن تصميم الالواح المنشقة-المنشقة ووزعت المعاملات باستعمال تصميم القطاعات الكاملة المعشاة RCBD وثلاث مكررات وتم توزيع مستوى الزنك في القطع الرئيسية

يعد الزنك من العناصر الاساسية للنبات والحيوان والإنسان، إذ ان نقص الزنك في جسم الإنسان يمكن أن يؤدي إلى تأخر النمو و التهاب الجلد ونقص المناعة (Al-Baldawi واخرون، 2005). وله دوراً مهماً في تكوين البروتينات من خلال هيكلتها و دوراً تنظيمياً كونه عامل مساعد في عدد كبير من الإنزيمات (Cakmak، 2008). الحد الحرج للزنك الجاهز في التربة يختلف من تربة الى اخرى، ووجد Lindsay (1979) ان الحد الحرج للزنك المستخلص بـ 0.005 مولاري DTPA كان 0.8 ملغم Zn كغم⁻¹ تربة لمحصول الذرة الصفراء. وفي العراق وجد Salih واخرون (1987) ان محتوى الزنك الجاهز والمستخلص بالـ DTPA تراوح من 0.4 الى 3.0 ملغم Zn كغم⁻¹ في الجزء الاوسط والجنوبي لحوض وادي الرافدين. و هناك حوالي 30% من الأراضي الزراعية في العالم تعاني من نقص الزنك (Cakmak ، 2002). صنف بشور واخرون (2007) محتوى الزنك الجاهز والمستخلص بالـ DTPA الى 0.0-0.5 ملغم Zn كغم⁻¹ (واطي جداً) و 0.6-1.5 ملغم Zn كغم⁻¹ (واطي) و 1.6-4.0 ملغم Zn كغم⁻¹ (متوسط) و 4.1-6.0 ملغم Zn كغم⁻¹ (عالي) واعلى من 6.0 ملغم Zn كغم⁻¹ (عالي جداً).

ولأهمية الزنك في تغذية النبات والانسان فمن المهم معرفة محتواه في التربة من اجل تحديد المستوى المناسب لنمو النبات ومن ثم التسميد بهذا العنصر، لأنه في حالة وجود اي نقص فيه يؤدي الى نقص تزويد الانسان به (Morgan، 2013). كذلك محاولة تجاوز حالات السمية عند وجود الزنك بتركيز عالية في محلول التربة . لذلك

جدول 1 يبين بعض خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية المستعملة في الدراسة . وتم اجراء كافة التحاليل الكيميائية وفقا لما جاء في Page وآخرون (1982) .

استعملت طريقتين لاستخلاص الزنك الجاهز في الدراسة وهي:

▪ المركب المخليبي DTPA وكلوريد الكالسيوم حضر محلول يحوي 0.005 مولار من المركب DTPA (Diethylenetriaminepenta) مع 0.01 مولار كلوريد الكالسيوم CaCl₂.2H₂O و 0.1 مولار Triethanolamine (TEA) ، ضبطت درجة التفاعل للمحلول عند pH: 7.3 وفقا لـ Lindsay و (1979).

▪ طريقة حامض الهيدروكلوريك HCl

حضر محلول حامض الهيدروكلوريك 0.05 مولار وفقا لطريقة Ponnampereuma وآخرون (1981). تم تقدير الزنك المستخلص بالطريقتين المذكورتين أنفا باستعمال جهاز الامتصاص الذري Atomic absorption حللت جميع النتائج احصائيا بأستعمال تقنية تحليل التباين (ANOVA) كما استعمل معامل الارتباط البسيط في توضيح العلاقة بين مؤشرات النبات البايولوجية وطريقتي الاستخلاص. باستخدام قيمة اقل فرق معنوي LSD (Least Significant Difference) لمقارنة متوسطات المعاملات المختلفة عند مستوى 0.05 (Torrie و Steel، 1980).

(Main Plots) اما طرائق اضافة البورون السمادي فوزعت على الالواح الثانوية (Sub Plots) اما مستويات البورون فوزعت هي الاخرى في الالواح تحت الثانوية (Sub-split plots). تضمنت عوامل الدراسة اضافة مستويين من الزنك (0، 10 كغم Zn هـ⁻¹) في هيئة ZnDTPA (تم تحضيره مختبريا) اضيفت للتربة، وتضمنت ثلاثة مستويات من البورون (0 و 0.5 و 1.0 كغم B هـ⁻¹) اضيفت بطريقتين: الاولى 100% اضافة ارضية والطريقة الثانية تضمنت اضافة 90% ارضي + 10% رش (بحيث لا يتجاوز التركيز بالرش عن 8 ملغم B لتر هـ⁻¹). وتم اضافة كميات الزنك والبورون الى التربة مع اسمدة النتروجين والفسفور والبوتاسيوم التي اضيفت حسب التوصيات السمادية للذرة الصفراء وبشكل متساو لكافة المعاملات (علي، 2012).

زرعت بذور الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) صنف بحوث 106 في الموسم الخريفي وتم اجراء كافة عمليات ادارة التربة من ري ومكافحة حسب الأوقات المناسبة.

تم استخلاص الزنك بطريقتين مختلفتين للتربة الكلسية التي زرعت بالذرة الصفراء *Zea mays* وتم اجراء علاقات ارتباط بين معايير جاهزية الزنك في التربة عند مرحلتين من مراحل النمو هي مرحلة الحريرة ومرحلة النضج الكامل. ونفذت طرائق الاستخلاص هذه ضمن دراسة موسعة لدراسة سلوك وجاهزية وكفاءة استعمال سمادي الزنك المخليبي وحامض البوريك في التربة وتأثيرهما في انتاجية الذرة الصفراء (العامري وآخرون، 2013).

جدول (1) بعض خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية للتربة المستعملة في الدراسة

القيمة	الوحدة	الصفة
1.3	دسي سيمنز م ⁻¹	الايصالية الكهربائية (1:1)
7.4	-	pH (1:1)
11.3	سنتي مول شحنة كغم ⁻¹ تربة	السعة التبادلية للأيونات الموجبة
250.0		معادن الكربونات
4.2	غم كغم ⁻¹ تربة	مادة التربة العضوية
0.2		النتروجين الكلي
20.5		النتروجين الجاهز
153.0		البوتاسيوم الجاهز
13.2		الفسفور الجاهز
1.0	ملغم كغم ⁻¹ تربة	الزنك الجاهز المستخلص بالـ DTPA
0.7		الزنك الجاهز المستخلص بحامض HCl
1.9		البورون المستخلص بالماء الحار
0.8		البورون المستخلص بحامض HCl
428.7		الرمل
368.7	غم كغم ⁻¹ تربة	الغرين
202.6		الطين
	مزيجة	النسجة

ملغم كغم⁻¹ عند اضافة الزنك وبتزايد قدرها 292.1% في حين لم يكن هناك تأثيراً معنوياً لإضافة الزنك عند الاستخلاص بحامض HCl الذي بلغت جاهزيته 0.32 ملغم كغم⁻¹ و 0.39 ملغم كغم⁻¹ لمعاملي المقارنة والاضافة على التوالي. اما طرائق اضافة البورون فلم تؤثر معنوياً في جاهزية الزنك المستخلص بكلتا الطريقتين، في حين اثرت مستويات البورون معنوياً في جاهزية الزنك المستخلص بالـ DTPA حيث انخفضت الجاهزية من 1.78 ملغم كغم⁻¹ عند عدم اضافة البورون الى 1.60 و 1.32 ملغم كغم⁻¹ لمستوي البورون 0.5

النتائج والمناقشة

اوضح جدول 2 الزنك المستخلص بطريقتين من طرائق الاستخلاص ولمرحلتين من مراحل نمو الذرة الصفراء (الحريرة والنضج). إذ اشارت النتائج الى تأثير طرائق الاستخلاص معنوياً في مقدار الزنك الجاهز والمستخلص من التربة، وقد تأثر الزنك المستخلص بالـ DTPA معنوياً بالزنك المضاف الى التربة، من خلال زيادة تركيزه من 0.63 ملغم كغم⁻¹ عند عدم اضافة الزنك الى 2.47

لاسيما عند ملاحظة نتائج تراكيز الزنك (الجدول 2) ان طريقة الاستخلاص بالـDTPA هي من الطرائق المفضلة في الترب الكلسية للمشاكل التي يتعرض لها الزنك في هذه الترب من امتزاز وترسيب (العامري، 2001 والعامري وآخرون، 2014) .

و1.0 كغم B هـ⁻¹ على التوالي وبنسبة انخفاض 10.1 و 25.8% ، بينما لم يكن لمستويات البورون تأثيرا معنويا في جاهزية الزنك المستخلص بالـHCl. هذا التباين في قيم الزنك المستخلص بطريقتي الاستخلاص المشار اليهما اعلاه يعزى الى اختلاف

جدول (2) تركيز الزنك المستخلص بطريقتين ولمرحلتين من مراحل نمو الذرة الصفراء

الاستخلاص لكل طريقة.ويمكن ان يشار هنا الى ان طريقة الاستخلاص بالمادة المخيلية اكثر كفاءة

مرحلة الحصاد		مرحلة الحريرة		المعاملة
الزنك المستخلص بحامض HCl	الزنك المستخلص بالـDTPA	الزنك المستخلص بحامض HCl	الزنك المستخلص بالـDTPA	
ملغم Zn كغم ⁻¹ تربة				
0.22	0.68	0.33	0.78	Zn ₀ B ₀ F
0.28	0.30	0.32	0.74	Zn ₀ B _{0.5} F
0.27	0.27	0.32	0.52	Zn ₀ B _{1.0} F
0.30	0.64	0.33	0.74	Zn ₀ B ₀ S
0.25	0.39	0.32	0.62	Zn ₀ B _{0.5} S
0.19	0.26	0.31	0.36	Zn ₀ B _{1.0} S
0.25	0.42	0.32	0.63	X
0.91	2.86	0.45	2.91	Zn ₁₀ B _{1.0} F
0.44	2.06	0.40	2.60	Zn ₁₀ B _{0.5} F
0.43	1.82	0.36	2.22	Zn ₁₀ B _{1.0} F
0.73	2.32	0.44	2.67	Zn ₁₀ B ₀ S
0.44	2.03	0.38	2.27	Zn ₁₀ B _{0.5} S
0.43	1.34	0.35	2.16	Zn ₁₀ B _{1.0} S
0.56	2.07	0.39	2.47	X
0.12	0.76	0.13	0.74	LSD _{0.05}
مستويات الزنك هي 0 (Zn ₀) و 10 كغم Zn هـ ⁻¹ (Zn ₁₀) ومستويات البورون هي 0 (B ₀) و 0.5 (B _{0.5}) و 1.0 كغم B هـ ⁻¹ (B _{1.0}) اضيفت بطريقتين : الاولى 100% إضافة ارضية S والطريقة الثانية تضمنت إضافة 90% ارضي + 10% رش (F) .				

مولاري، بالإضافة الى خصائص التربة وبالدرجة الرئيسية محتواها من معادن الكاربونات فقد كان محتوى معادن الكاربونات في التربة قيد الدراسة 250 غم كغم⁻¹ (جدول 1)، مما يؤدي الى استهلاك جزء من محلول الاستخلاص ويسهم في خفض قدرته في استخلاص الزنك كما بينت عدد من الدراسات عدم كفاءة حامض الهيدروكلوريك في استخلاص العناصر الصغرى الجاهزة للنبات (Sorensen وآخرون، 1971) وتكون هذه الطريقة معتمدة في الترب الحامضية والمتعادلة والتفاعل وترب الرز. أشارت نتائج تحليل الانحدار (جدول 3) وجود علاقة خطية معنوية بين الزنك المستخلص بطريقتي الاستخلاص مع بعض مؤشرات نبات الذرة الصفراء والتي شملت كل من حاصل الحبوب وحاصل المادة الجافة ووزن 1000 حبة والحاصل البيولوجي وتركيز الزنك في الحبوب والمادة الجافة والامتصاص الكلي. وتم تقييم طرائق الاستخلاص اعتمادا على مؤشرين احصائيين هما معامل الارتباط r وقيمة t ، لقد كانت قيمتا هذين المؤشرين معنويتين عند مستوى ($P \leq 0.05$) لطريقة الـ DTPA حيث تراوحت قيم معامل الارتباط بين -0.612 و 0.971 وبمتوسط 0.782 في حين تراوحت قيم t بين -2.448 و 12.948 وبمتوسط 6.295 . اما طريقة HCl فقد كانت علاقة الارتباط معنوية فقط مع تركيز الزنك في الحبوب والمادة جافة والامتصاص الكلي، فقد بلغ متوسط معامل الارتباط وقيمة t

كما اشارت نتائج الجدول 2 الى ان طرائق الاستخلاص اثرت معنويا في مقدار الزنك الجاهز والمستخلص من التربة في مرحلة النضج (الحصاد) ايضا، وكان اتجاه النتائج بالاتجاه نفسه لنتائج مرحلة الحريرة . كما اظهرت النتائج ان طريقة الـ DTPA حققت اعلى مقدار من الزنك المستخلص مقارنة بطريقة الـ HCl ولمرحلتي النمو (الحريرة والنضج)، وقد يعزى ذلك الى ان الاستخلاص بالمركب الاول ينظم عند درجة تفاعل 7.3 وان 65% من الكالسيوم المضاف على شكل كلوريد الكالسيوم يرتبط مع المركب المخليبي DTPA والذي يعمل على خلق نظام متزن عند درجة التفاعل المذكورة لمحلول الاستخلاص، كما ان 75% من المركب Triethanolamine (TEA) يتأين بشكل $HTEA^+$ والذي يتبادل مع ايوني الكالسيوم و المغنيسيوم السائدين على معقد التبادل في انظمة الترب الكلسية وهذا يؤدي الى زيادة محتواها في محلول التربة مما يؤدي الى رفع درجة التفاعل وإعاقة ذوبان معادن الكاربونات الموجودة في التربة مما يشجع المركب المخليبي DTPA (الكمية المتبقية منه) للإرتباط بالزنك واستخلاصه والتي ربما تمثل الزنك الجاهز للنبات، Lindsay، (1979).

لقد اعطت طريقة الاستخلاص بحامض HCl اقل قيم لجاهزية الزنك من الطريقة أعلاه ولمرحلتي الاستخلاص، وهذا يعني عدم كفاءتها او عدم قدرتها في استخلاص الزنك الجاهز للنبات وهذا ربما يعزى لكونه حامض مخفف (ضعيف) ذو تركيز 0.05

جدول (3) العلاقة الخطية بين الزنك الجاهز ومؤشرات النبات

HCt			DTPA			طريقة الاستخلاص
قيمة t	معامل التحديد r ²	معامل الارتباط r	قيمة t	معامل التحديد r ²	معامل الارتباط r	مؤشر النبات
1.883	0.262	0.512	2.991	0.472	0.687	حاصل الحبوب
1.867	0.258	0.508	2.632	0.409	0.640	حاصل المادة الجافة
1.784	0.241	0.491	2.448	0.375	0.612	وزن 1000 حبة
1.888	0.263	0.513	2.843	0.447	0.669	الحاصل البايولوجي
5.180	0.728	0.854	12.481	0.940	0.969	تركيز الزنك في الحبوب
5.253	0.734	0.857	12.948	0.944	0.971	تركيز الزنك في المادة الجافة
3.983	0.613	0.783	7.724	0.856	0.925	الامتصاص الكلي للزنك
3.112	0.443	0.645	6.295	0.635	0.782	X
قيمة r الجدولية عند 0.05 = 0.576 وقيمة t الجدولية عند 0.05 = 2.228 . بيانات مؤشرات النبات منشورة في العامري وآخرون، 2013						

المصادر

بشور، عصام ; محمد الفولي ; انطوان، صائغ ;
ديليك، اناك ; حنفي ابو الحق ; وونيس ،
بابادوبولس و نزار، احمد (2007) دليل استخدام
الاسمدة في الشرق الادنى. منظمة الاغذية والزراعة
للامم المتحدة FAO ، روما. العامري، بيداء حسن
علوان (2001) سلوك وكفاءة بعض اسمدة الزنك
في الترب الكلسية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة.
جامعة بغداد.

العامري، بيداء حسن علوان ; علي، نورالدين شوقي
وعدنان حسن عفج (2013) تأثير إضافة الزنك
والبورون في نمو وحاصل الذرة الصفراء. المجلة
العراقية للعلوم والتكنولوجيا المجلد 4(2)، 60-74.

العامري، بيداء حسن ; عدنان حسن عفج ونورالدين
شوقي علي (2014) إمتزاز الزنك والبورون في
تربة كلسية من وسط العراق. المجلة العراقية للعلوم
والتكنولوجيا. المجلد 5 (1)، 52-59.

علي، نور الدين شوقي (2012) تقانات الاسمدة
واستعمالاتها . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي.
جامعة بغداد. الدار الجامعية للطباعة والنشر
والترجمة.

للمؤشرات المشار اليها 0.831 و 4.805 على
التوالي. بلغت متوسط كفاءة العلاقة (معامل التحديد
 $r^2 \times 100$) بين الزنك المستخلص بالـ
DTPA ومؤشرات النبات 0.63%. في حين بلغت
متوسط كفاءة طريقة حامض الهيدروكلوريك
44.3%. ومن هذه النتائج يظهر بشكل واضح
تفوق طريقة الـ DTPA في استخلاص الزنك الجاهز
للنبات على طريقة HCl لامتلاكها أعلى قيم
للمؤشرين الاحصائيين المذكورين ونسبة الكفاءة
الأعلى. لقد تفوق كل من تركيز الزنك في المادة
الجافة والحبوب والامتصاص الكلي على بقية
مؤشرات النبات المستعملة في الدراسة في حصولهم
على أعلى قيم لمعامل الارتباط مع الزنك المستخلص
بكلتا الطريقتين وبلغت 0.971 و 0.969 و 0.925
على التوالي بطريقة الـ DTPA و 0.857 و 0.854
و 0.783 لطريقة HCl . ان تفوق طريقة DTPA
مقارنة بطريقة حامض الهيدروكلوريك يعزى الى
كفاءة المركب المخليبي DTPA وقدرته العالية للخلب
والارتباط بزنك التربة الجاهز Soil- Zn وتكوينه
معقدات ذات ثباتية واستقرارية عاليتان كما أشير إلى
ذلك آنفا.

مما تقدم يمكن الاستنتاج ان طريقة الاستخلاص
بالـ DTPA للزنك تفوقت على طريقة الاستخلاص
بحامض الهيدروكلوريك. لذا يمكن التوصية
بالاستمرار باستخلاص الزنك بالـ DTPA في الترب
الكلسية.

- Afnor**, Qualité DeS sols (1994) Méthodes d'Analyses- recueil De Norms Francaises. AFNO, Paris, France. (in French).
- Al- Baldawi**, A. ; Naji, N. and Al- Ani, A. (2005) Male Infertility and Physiological Role of Zinc. Iraq J. Med Sci.4(1), 67- 71.
- Agron**. Madison, Wis.Pande, P. ; Jha, M. N. and R. N. Kaul .(1985)Suitability of DTPA as Extractant for Available Micronutrients in Forest Soils. J. Indian Soc. Soil Sci. (33), 419 – 4
- Cakmak**, I. (2002) Plant Nutrition Research : Priorities to Meet Human Needs for Food in Sustainable Ways. Plant Soil. 3- 24.
- Cakmak**, I. (2008) Enrichment of Cereal Grains with Zinc: Agronomic or Genetic Biofortification. Plant and Soil. (302), 1- 17.
- Kuo**,S.M., Lai, S. and Lin, C. W. (2006) Influence of Solution Acidity and Calcium Chloride Concentration on the Removal of Heavy Metals from Metal-contaminated Rice Coils .Environ. Pollt. (144),918-925.
- Lindsay**, W. L. (1979) Chemical Equilibria in Soils. John Wiley and Sons. Inc., N. Y.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– 428
- Morga**, J. (2013) Biofertilization: lasting Solution to Micronutrient Malnutrition and World Hunger. CSA News magazine. 58 (1), 4-9.
- Page**, A. L. ; Miller, R. H. and D. R. Kenney (1982) Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc.
- Ponnamperuma**, F. N. ; Caytan, M. T. and Lantin, R.S. (1981)Dilute Hydrochloric Acid as an Extractant for Available Zinc, Copper and Boron in Rice Soils. Plant Soil. (61), 297- 310.
- Salih**, H. M.; Hummadi, A. M. ; Hussain, F. A. and G. S. Toma. (1987) Availability of Major and some Micronutrients in the Central and Southern Mesopotamian River Plane of Iraq. J. Agric. Water Reso. Res. (6), 85- 100.
- Sorensen**, R. C.; Oelsgle, D. D. and Knudsen, D. (1971) Extraction of Zn, Fe, and Mn from Soils with 0.1 N Hydrochloric Acids as Affected by Soil Properties, Solution : Soil Ratio, and length of Extraction Period. Soil Science. (111), 352- 359.
- Steel**, R. G. D., and Torrie, J. H. (1980) Principles and Procedures of Statistics. McGraw- Hill, Inc., N. Y Trehan, S.P.; J.S. Grewal, and A.S. Negi (1980) Micronutrient Status of some Brown Hill Soils of Simla Region. J. Indian Soc. Soil Sci. (28) 526 – 528.