

امتزاز الزنك والبورون في تربة كلسية من وسط العراق

بيداء حسن العامري * عدنان حسن عفج * نور الدين شوقي علي **

وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة البحوث الزراعية / بغداد - العراق

* وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة البيئة والمياه / بغداد - العراق

** وزارة التعليم العالي والبحث العلمي / جامعة بغداد / كلية الزراعة / بغداد - العراق

الخلاصة

يهدف دراسة امتزاز الزنك والبورون في الترب الكلسية اجريت تجربة مختبرية تحت ظروف مسيطر عليها باستعمال سماد الزنك المخليبي ZnDTPA كمصدر للزنك وحامض البوريك كمصدر للبورون في تربة كلسية من وسط العراق، ذات نسجة مزيجية عند درجة حرارة ثابتة 30 درجة مئوية ± 2 . ولهذا الغرض تم استخدام 11 تركيز لكلا من الزنك والبورون تتراوح بين 5.0 - 80.0 ملغم Zn لتر⁻¹ للزنك و 1.0 - 16.0 ملغم B لتر⁻¹ للبورون. اشارت النتائج الى تطابقها مع معادلة فرنديلخ (Freundlich eq.) في وصف امتزاز الزنك والبورون اعتمادا على اعلى معامل تحديد (r^2) واعلى قيمة (t) اللتين بلغتا 0.887 و 8.449 للزنك و 0.931 و 10.491 للبورون على التوالي. مقارنة ببقية المعادلات الفيزيوكيميائية المستعملة في الدراسة الحالية.

الكلمات المفتاحية: امتزاز، زنك، بورون وتربة كلسية.

Zinc and Boron Adsorption in Calcareous Soil from Middle of Iraq

Baydaa Hassan Al- Ameri Adnan Hassan Afaj* Nooruldeen Shawqi Ali **

Ministry of Science and Technology/Agricultural Researches Directorate
/ Baghdad- Iraq* Ministry of Science and Technology/ Environmental and Water Directorate
/ Baghdad- Iraq**Ministry of Higher Education and Scientific Research / University of Baghdad/
College of Agriculture/ Baghdad- Iraq

E- mail: Baydaa.2012@yahoo.com

Abstract

In order to study the adsorption of zinc and boron in calcareous soil. Laboratory experiment was carried out using Zn fertilizer (ZnDTPA) and boric acid as source for boron, in calcareous soil from middle of Iraq, with loamy texture at $30 \pm 2^\circ C$. Different concentrations of Zn and boron were used (5.0- 80 mg Zn L⁻¹ and 1.0- 16.0mg B L⁻¹). The results revealed that the adsorption isotherm of zinc and boron were best fitted by Freundlich equation, in comparison with other physicochemical equation used, depending on highest values of (r^2) for Zn and B (0.887 , 0.931) and highest (t) values (8.449 , 10.491) respectively.

Key words: Adsorption, Zinc, Boron and Calcareous Soil.

البحث مستل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول

المقدمة

لتكوين اواصر قوية مع ذرات الاوكسجين. وان تفاعلات التحلل المائي تمتلك اهمية خاصة في تقدير امتزاز الايونات المعدنية على السطوح الصلبة (Barrow ، 1986). ذكر Chairidchai و Ritchie (1990) ان امتزاز الزنك يرتبط جيدا مع تركيز $ZnOH^+$ ($R^2 = 0.9$) في محلول التربة النهائي لكنه لم يرتبط مع صيغ الزنك الاخرى. لذلك يعتبر المركب $ZnOH^+$ صيغة كيميائية مهمة في محلول التربة للتفاعلات الكيميائية (الامتزاز) وامتصاص النبات. ان تفاعلات الامتزاز- الاطلاق (Adsorption- desorption) تسيطر عادة على جاهزية الزنك و النحاس والمولبيدوم واليورون في معظم الترب. ان مبادئ حاصل الاذابة او تفاعلات ذوبان الترسيب مهمة فقط عند قيم الـ pH القاعدية وعند تراكيز الزنك المتعادلة. تحت هذه الظروف، تفاعلات الاذابة- الترسيب (Precipitation- dissolution) تسود على عمليات الامتزاز- الاطلاق (adsorption- desorption) وتتكون مركبات مثل فوسفات الزنك على وجه الخصوص (Kalbasi واخرون، 1978). مركبات اخرى محتملة مثل كاربونات الكالسيوم قد تكون مهمة لتفاعلات الذوبان- الترسيب (Kuo و Mikkelsen ، 1979 و العامري، 2001) وسليكات الزنك (Tiller و Pickering ، 1974 والعامري، 2001). عند تحرر اليورون بعملية المعدنة (Minerals)، او من المادة العضوية خلال تمعدنها (Mineralization) او عندما يضاف الى التربة بعملية التسميد، فأجزاء كبيرة منه يبقى في المحلول، في حين جزء اخر يمتز بواسطة دقائق التربة (Gupta واخرون، 1985). يمتز اليورون من قبل اكاسيد الحديد والالمنيوم واكاسيدهم المائية او بواسطة عدد من معادن الطين. الترب الحاوية على كميات اكبر من الاكاسيد المتبلورة (Amorphous Oxides) (المستخلصة باوكزالات الامونيوم)، اكبر قابلية لامتزاز اليورون (Goldberg و Glaubig ، 1985). مادة التربة العضوية ايضا تلعب دور مهم في امتزاز التربة لليورون. ان امتزاز

مصطلح امتزاز (Adsorption) شائع الاستعمال لوصف عمليات الامدصاص الكيميائي (Sorption) للعناصر من المحلول على سطح دقائق التربة (Kabata- Pendias و Pendias ، 1984). مصطلح امدصاص يشمل كل الظواهر التي تحدث على الحد الفاصل بين الصلب- المحلول (Solid-solution Boundry) والذي ربما يشمل الامتزاز والترسيب. مكونات التربة المهمة في عملية الامتزاز هي معادن الطين و اكاسيد المعادن المائية (Hydrated Metal Oxides) والمادة العضوية ، والطور الغروي للتربة (Colloidal Phase).

بين Jurinak و Bauer (1956) ان الزنك يمتز بقوة على معادن الطين عند قيم الـ pH القاعدية. وبين Shuman (1975) أن الترب ذات المحتوى العالي من الطين والمادة العضوية تمتز الزنك اكثر من الترب الرملية (ذات المحتوى القليل من الطين). كما وجد Wada و Abed- elfattah (1981) ان اعلى امتزاز للزنك كان بواسطة اكاسيد الحديد و معادن الـ Halloysite و الـ Allophanes والامتزاز الأقل كان بواسطة معدن المونتمورولونايت Montmorillonite ، لذلك فإن معادن الطين و الاكاسيد المائية و المادة العضوية والـ pH عوامل مهمة تؤثر على امتزاز الزنك من قبل الترب (Stanton و Burger، 1967 و Bar- Yosef ، 1979 و Barrow و Whelan ، 1998). لقد بين (Elgabaly ، 1950 و Tiller و Hodgson ، 1962) ان الزنك يمتز عكسيا بواسطة التبادل الايوني وغير عكسي على التركيب الشبكي لمعادن الطين. يمدص (Sorbed) المونتمورولونايت الزنك بكميات تفوق السعة التبادلية الكتيونية (CEC) خصوصا عند قيم الـ pH المتعادل والقاعدي (De Bingham و Mumbrum ، 1956 و Bingham و اخرون، 1964). يتحلل الزنك مائيا بقوة (Strongly hydrolyzed) الى ($ZnOH^+$) مثل بقية ايونات العناصر الثقيلة الاخرى، بسبب قابليتها

سلسلة من المحاليل القياسية ذات 11 تركيز تتراوح بين 5.0-80.0 ملغم Zn لتر⁻¹ للزنك و 1.0-16.0 ملغم B لتر⁻¹ للبورون. اخذ وزن 5.0 غم تربة جافة ذات قطر 0.5 ملم و اضيف لها 50 مل من المحلول السمادي كما اضيف 0.5 مل من مركب التولوين Toluene وذلك لتثبيط فعاليات ونشاط احياء التربة المجهرية. رجت معلقات التربة عند درجة حرارة ثابتة 30 ± 2 ° م في قناني جهاز الطرد المركزي ذات حجم 250 مل في هزاز Shaker ذي سرعة 175 اهتزاز دقيقة⁻¹ (opm) ولمدة 120 دقيقة. ثم وضعت القناني في جهاز الطرد المركزي ذي سرعة 4000 دورة بالدقيقة⁻¹ (rpm) ولمدة خمس دقائق. تم ترشيح المعلقات Supernatants ثم قدر تركيز الزنك والبورون في محلول الاتزان بجهاز الحث الكهربائي المزدوج (ICP) Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectroscopy.

البورون في التربة يتأثر بعدد من العوامل هي: الاكاسيد و معادن الطين و كاربونات الكالسيوم و المادة العضوية (Goldberg، 1997). لقد تم اجراء هذه الدراسة من اجل توصيف السلوك الفيزيوكيميائي للزنك والبورون باستعمال بعض المعادلات الرياضية ومعادلات الكيمياء الحركية في تربة مزيجة كلسية.

المواد وطرائق العمل

أخذت عينات تربة ممثلة لتربة الدراسة من موقع الجادرية (وزارة العلوم والتكنولوجيا) مزجت جيداً واخذت عينة مركبة باعتبار تربة التجربة كانت متجانسة نوعاً ما ومن ثم جففت العينة هوائياً وطحنت وغرلت بمنخل 2.0 ملم لأجل تحديد خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والخصوية (جدول 1) وكذلك لأجل تنفيذ التجربة المختبرية تبعاً للطرق الموصوفة في (Page، 1982).

لأجل تقييم امتزاز ايون الزنك والبورون في المركب ZnDTPA و H_3BO_3 على التوالي، تم تحضير محلول قياسي من المركبين الكيميائيين المشار اليهما، واذيب وزن معلوم من كل منهما في 0.01 مولار من كلوريد الكالسيوم $CaCl_2 \cdot 2H_2O$ للحصول على

جدول (1) بعض خصائص التربة قيد الدراسة

الخاصية	الوحدة	القيمة
مفصولات التربة	غم. كغم ⁻¹	
الرمل		428.7
الغرين		368.7
الطين		202.6
صنف النسجة		مزيجة
درجة التفاعل*	7.4	7.4
درجة التوصيل الكهربائي*	ديسيمنز. م ⁻¹	1.28
معادن الكربونات	غم. كغم ⁻¹	250
المادة العضوية	غم. كغم ⁻¹	4.2
السعة التبادلية	سنتي مول. كغم ⁻¹	11.23
الزنك DTPA- Zn	ملغم. كغم ⁻¹	0.98
البورون (قدر بالماء الحار) H.W- B	ملغم. كغم ⁻¹	1.93

* قدرنا في مستخلص التربة 1:1

النتائج والمناقشة

امتزاز الزنك والبورون

لوصف ظاهرة امتزاز هذين العنصرين استعملت معادلات فيزيوكيميائية عدة هي: معادلة لانكمير وفرندلخ وتمكن والتي تم اختبارها وفق المؤشرات الاحصائية المعتمدة. حيث بينت النتائج الموضحة في جدول (2) ان معادلة فرندلخ كانت هي أكفأ المعادلات المستخدمة في هذه الدراسة لتقييم امتزازي الزنك والبورون ومحتواهما في محلول التربة عند الاتزان الديناميكي في التربة قيد الدراسة لامتلاكها أعلى قيمة لمعامل الارتباط r ومعامل التحديد r^2 وأعلى قيمة t بلغت 0.942 و 0.887 و 8.449 للزنك و 0.965 و 0.931 و 10.491 للبورون على التوالي . لقد كانت العلاقة بين امتزاز الزنك والبورون ومحتواهما في محلول التربة معنوية عند مستوى ($p \leq 0.01$) ولجميع المعادلات المستعملة. يمكن ترتيب كفاءة المعادلات الفيزيوكيميائية في وصف سير تفاعلات امتزاز الزنك السمادي وفقا لما يأتي: فرندلخ < لانكمير < تمكن ، حيث بلغت تلك الكفاءة ($r^2 \times 100$) على التوالي 88.7 و 77.6 و جدول(2) المؤشرات الاحصائية لامتزاز الزنك والبورون السمادي تبعا للمعادلات الفيزيوكيميائية ($n=11$).

74.3. أما كفاءة هذه المعادلات في وصف امتزاز البورون فيمكن ترتيبها كما يلي : فرندلخ < تمكن < لانكمير حيث بلغت تلك الكفاءة 93.1 و 88.5 و 77.3 على التوالي. لقد تفوقت معادلة فرندلخ في تقييم امتزاز الزنك والبورون على بقية المعادلات المستعملة شكل 1 و 2 والتي تقترض ان هناك انخفاضا أسيا في طاقة الامتزاز نتيجة زيادة مقدار امتزاز الايونات او زيادة تغطية مواقع الامتزاز الفعالة Active sites (Barrow 1986) على الرغم من اعتبارها من المعادلات التجريبية كونها لاتعتمد على مفاهيم واسس الكيمياء الحركية Kinetic Chemistry.

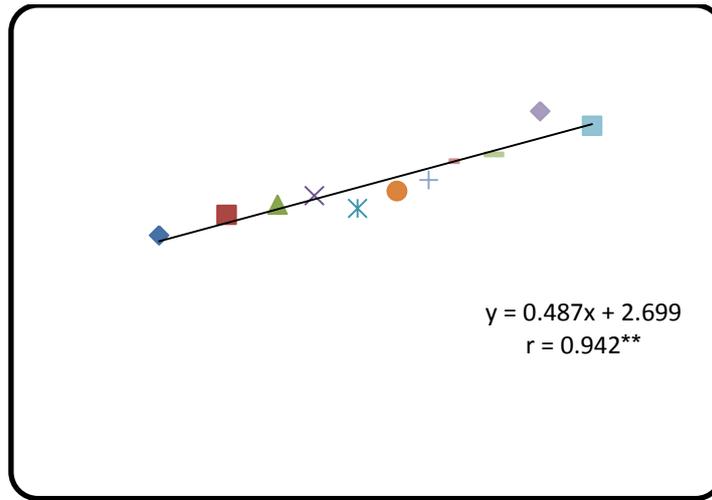
ان تفوق معادلة فرندلخ في وصف امتزاز الزنك اشارت اليه دراسات عديدة (Elrashidi و O'Connor، 1982 و العامري، 2001) حيث اشاروا الى ان تلك المعادلة عبرت بشكل افضل عن امتزاز الزنك في الترب غير الكلسية والكلسية في الترب قيد الدراسة وهذا ما اكدته ايضا نتائج Reyhanitabar واخرون (2010) عند دراستهم امتزاز الزنك في 20 تربة كلسية ،اذ

المعادلة	المؤشرات الاحصائية	الزنك السمادي	البورون السمادي
معادلة فروندلخ	معامل الارتباط r	**0.942	**0.965
	معامل التحديد r^2	0.887	0.931
	قيمة t	**8.449	**10.491
	الخطأ القياسي التقديري SE.e	0.187	0.162
معادلة لانكمير	معامل الارتباط r	**0.881	**0.879
	معامل التحديد r^2	0.776	0.773
	قيمة t	**5.579	**5.213
	الخطأ القياسي التقديري SE.e	0.073	0.046
معادلة تمكن	معامل الارتباط r	**0.862	**0.941
	معامل التحديد r^2	0.743	0.885
	قيمة t	**5.096	**7.831
	الخطأ القياسي التقديري SE.e	19.629	3.010
r : معامل الارتباط . r^2 : معامل التحديد. **. معنوي عند مستوى 0.01			

ذكرت من قبل عدد من الباحثين (الفلاحي، 2000 و Shafiq، 2008) في حين استخدم الباحثين الاخرين معادلة لانكمير لوصف امتزاز البورون (Hingston، 1964 و Goldberg و Forster، 1991 و Majidi واخرون، 2010) الذين بينوا ان معادلة لانكمير تكون غير فعالة في التراكيز العالية من البورون، كما

اشار الى تفوق معادلة فرنديلخ في وصف امتزاز الزنك عند حذف التراكيز القليلة (1-5 ملغم لتر⁻¹). على خلاف ذلك وجدت بعض الدراسات ان معادلة لانكمير كانت هي الاكفأ في وصف امتزاز الزنك خاصة عند اضافته بتراكيز محددة (0.2-3.5 ملغم لتر⁻¹) (Udo واخرون، 1970). اما الدراسات التي بينت تفوق معادلة فرنديلخ في وصف امتزاز البورون فقد

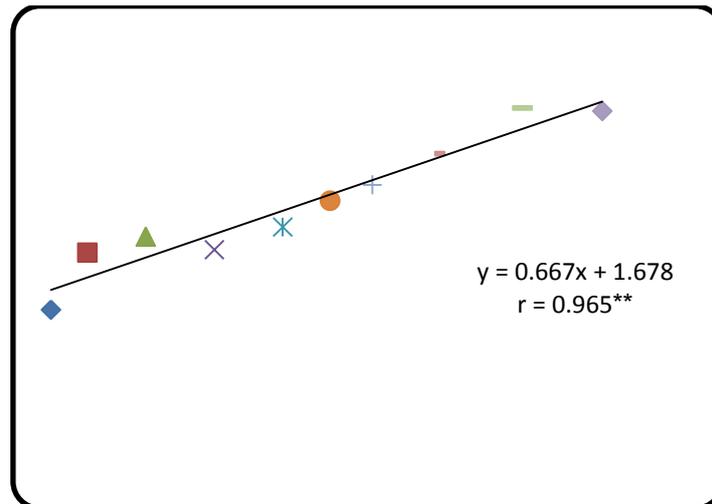
امتزاز ايون الزنك $\ln C$ (ملغم كغم⁻¹)



تركيز الزنك $\ln C$ (ملغم. لتر⁻¹)

شكل (1) العلاقة بين امتزاز ايون الزنك وتركيزه في محلول التربة تبعا لمعادلة فرنديلخ.

امتزاز ايون البورون $\ln X$ (ملغم لتر⁻¹)



تركيز البورون $\ln C$ (ملغم لتر⁻¹)

شكل (2) العلاقة بين امتزاز ايون البورون وتركيزه في محلول التربة تبعا لمعادلة فرنديلخ.

(2006) 28.49-81.3 للثابت b و -0.29 و 1.03 للثابت K على التوالي. اما ثوابت فرندلخ لامتنزاز البورون للدراسة الحالية فكانت 1.6798 و 0.668 لـ $\ln K_f$ او $1/n$ وهي مقارنة للقيم التي حصل عليها الفلاحي (2000) عند دراسته امتزاز البورون في 80 عينة تربة من وسط وجنوب العراق حيث بلغت قيمة الثابت $\ln K_f - 0.11$ و 1.78 وقيم $1/n$ 0.678 - 0.938 على التوالي في حين كانت ثوابت لانكمير لامتنزاز البورون للتربة قيد الدراسة (b و K) 49.751 و 0.101 على التوالي. في حين كانت قيم دراسة الفلاحي (2000) لنفس الدراسة اعلاه 55.95 - 312.0 و 0.004 - 0.027 لكلا من قيم (b و k) على التوالي. وهذه القيم تختلف بشكل كبير عما وجدته (Goldberg و Forster، 1991) عند دراستهم امتزاز البورون في تربتين ذات رقم هيدروجيني 5.0 اذ كانت ثوابت فرندلخ ($\ln K_f$) 0.002 ، 10^{-10} وقيمة الثابت $1/n$ كانت 0.734 ، 0.817 في حين كانت قيم ثوابت لانكمير لنفس الدراسة (b) 0.103 ، 0.119 وقيم K كانت 0.0148 ، 0.0046 على التوالي. بيانات الامتنزاز تزودنا بمعلومات قيمة لتفسير امتزاز الايون في التربة وعلى معادن التربة. ومن ناحية ثانية، من منظور تغذية النبات وتقييم الاستصلاح البيئي (Evaluation of Environmental)، فإن الامتنزاز الحراري اكثر ملائمة لذلك. هذا فضلا عن امكانية حساب المتطلبات السمادية ومن ثم تجاوز المستويات السمية قدر الامكان كما اشار الى ذلك (Shafiq، 2008). يستنتج من الدراسة الحالية ان معادلة فرندلخ هي الاكفأ في وصف امتزاز كل من عنصري الزنك والبورون في الترب الكلسية.

استخدمت معادلة لانكمير لوصف امتزاز البورون على معادن الطين والمادة العضوية. ان ثابت معادلة فرندلخ (K) يستخدم احيانا كمؤشر مناسب لمقارنة ميل التربة لامتنزاز (O'Connor و Elrashidi، 1982). وعلى الرغم من ان قيمة (K) تزودنا بمقياس نسبي لامتنزاز فانه من الواضح ان القيمة التي تزودنا بالسعة الامتنزازية تحسب من معادلة لانكمير (جدول 3). حيث دلت ثوابت لانكمير وجود سعة امتزازية عالية للزنك والبورون في التربة قيد الدراسة، وان هذه السعة تشير إلى أن هناك خزين عالي من الزنك والبورون في هذه التربة. اما قيمة K والتي تمثل طاقة الربط فأنها كانت منخفضة في تربة الدراسة الحالية بالمقياس الى نتائج دراسات في ترب أخرى (Singh و اخرون، 2006) مما يشير الى امكانية التربة في تجهيز هذين العنصرين عن طريق تنظيم تركيز محلول الاتزان.

ان قيم ثوابت فرندلخ ولانكمير تختلف بين انواع الترب. في هذه الدراسة كانت قيم ثوابت فرندلخ للزنك 2.699 و 0.487 للثوابت ($\ln K_f$ و $1/n$) على التوالي. وهي لا تختلف كثيرا عن القيم التي حصل عليها العامري (2001) في تربتين من وسط العراق اذ تراوحت قيم $\ln K_f$ من 1.66 - 1.94 و -0.42 - 0.77 لقيم $1/n$ ، والقيم التي وجدها Singh و اخرون (2006) عند دراسته امتزاز الزنك في اربع ترب ذات pH تراوح من 5.5 - 6.2 . تراوحت قيم ($\ln K_f$) من 1.825 - 3.645 و قيم ($1/n$) من 0.746 - 1.149 ، وكانت قيم لانكمير للدراسة الحالية 158.730 و 0.04 للثوابت b و K على التوالي. في حين كانت قيم العامري (2001) 176.3 - 222.7 للثابت b و 0.015 - 0.024 للثابت K في حين كانت هذه القيم في دراسة Singh و اخرون

جدول (3) ثوابت معادلة فرندلخ وقيم الامتنزاز الاعظم (b) وقوة الربط (K) للزنك والبورون السمادي تبعا لمعادلة لانكمير.

الايون	معادلة فرندلخ		معادلة لانكمير	
	$1/n$	$\ln K_f$	K	B
الزنك	0.487	2.699	0.040	158.730
البورون	0.668	1.679	0.101	49.751

المصادر

- Elgabaly.M.M., (1950) Mechanism of Zinc Fixation by Colloidal Clays and Related Minerals .Soil Science .69,167-174.
- Elrashidi, M.A., and O'Connor, G.A., (1982) Influence of Solution Composition on Sorption of Zinc by Soil Sci. Sco. Am.J. 46,1153-1158.
- Goldberg, S.,(1997) Reaction of Boron with Soils Plant and Soil .193,35-48
- Goldberg, S. and Forster, H. S.,(1991) Boron Sorption on Calcareous Soils and Reference Calcites . Soil Sci. 152, 304-310.
- Goldberg, S. and Glaubig, R.A., (1985) Boron Adsorption on Aluminum and Iron Oxide Minerals. Soil Sci. Sco. Am.J.49,1374-1379.
- Gupta, U.C.; Jame, Y.W.; Campbell, C. A.; Leyshon, A.J. and Nicholaich, W., (1985) Boron Toxicity and Deficiency: a Review. Can.J. Soil Sci. 65, 381- 409.
- Hingston, F. J., (1964) Reaction Between Boron and Clys. Aust. J. Soil Res. 2, 83-95.
- Jurink, J. J., and Bauer, N., (1956) Thermodynamics of Zinc Adsorption on Calcite, Dolomite and Magnesite- type Minerals. Soil Sci.Soc.Am. Proc.20,466-4714.
- Kabata- Pendias, A., and Pendias, H., (1984) Trace Elements in Soils and Plants.(CRC. Press: Boca Rotana, Florida).
- Kalbasi, M., Racz, G. J., and Lowen-Rudgers, L. A., (1978) Mechanism of Zinc Adsorption by Iron and Aluminum. Soil Sci. Soc. Am. J. 39, 464- 470.
- Kuo,S.,and Mikkelsen, D. S., (1979) Zinc Adsorption by Two Alkaline Soils. Soil Sci.128,274-279.
- العامري ، ببداء حسن علوان (2001) سلوك وكفاءة بعض اسمدة الزنك في التربة الكلسية . رسالة ماجستير . كلية الزراعة . جامعة بغداد .
- الفلاحي ، احمد عدنان احمد (2000) حالة وسلوكية البورن في التربة الملحية بالعراق. اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة . جامعة بغداد .
- Abed- Elfattah, A. and wada, K.J.,(1981) Adsorption of Lead, Copper, Zinc, Cobalt, and Cadmium by Soils That Differ in Cation – Exchange Material .soil. sci.31, 270-283 .
- Bar- Yosef, B.,(1979) pH- dependent Zinc Adsorption by Soils.Soil.Sci.Soc.Am.J.43,1095-1099.
- Barrow, N.J., (1986) Testing a Mechanistic Model .IV. Describing the Effects of pH on Zinc Retention by Soils. J. Soil Sci.37,295-302.
- Barrow, N.J., and Whelan ,B.R.,(1998) Comparing the Effects of pH on the Sorption of Metals by Soil and by Goethite , and on Uptake by Plants. Eur.J.Soil Sci.49,683-692.
- Bingham,F.T.; Page, A.L. and Sims, J.R., (1964) Retention of Cu and Zn by H-Montmorillonite. Soil Sci.Soc. Am. Proc. 28,351-354.
- Chairidchai, P., and Ritchie, G.S.P., (1990) Zinc Absorption by aLateritic Soil in the Presence of Organic Ligands. Soil Sci.Am.J.54,1242-1248.
- DeMumbeum,L.E., and Jackson ,M.L., (1956) Infrared Absorption Evidence on Exchange Reaction, Mechanism of Copper and Zinc with Layer Silicate Clays and Peate .Soil Sci.Soc.Am. Proc.20,334-337.

- Singh, D.; McLaren, R.G. and Cameron, K.C., (2006) Zinc Sorption-Desorption by Soils: Effect of Concentration and Length of Contact Period. *Geoderma* .173,117-125.
- Stanton, D. A. and Burger, R. du T., (1967) Studies on Zinc in Selected Orange Free State Soils .V. Mechanisms for the Reactions of Zinc with Iron and Aluminium Oxides. *Agrochimica*.2,65-76.
- Tiller, K.G., and Hodgson, J. F., (1962) The Specific Sorption of Cobalt and Zinc by layer Silicates. *Clay and Clay Miner.* 9,393- 403.
- Tiller, K. G., and Pickering, J. G., (1974) The Synthesis of Zinc Silicates at 20 degree C and Atmosphere Pressure. *Clay and Clay Min.* 22,409- 416.
- Udo, E. J.; Bohn, H. L. and Tucker, T., C., () Zinc Adsorption by Calcareous Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34,405-407.
- Majidi, A.; Rahnemaie, R.; Hassani, A. and Malakout, M.J., (2010) Adsorption and Desorption Processes of Boron in Calcareous Soils. *Chemosphere*. 80,733-739.
- Page, A. L. (ed), (1982) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Am. Soc. Agron. Madison, Wis.
- Reyhaniabar, A.; Ardalan, M.; Gilkes, R.J. and Savaghebi, G., (2010) Zinc Sorption Characteristics of Some Selected Calcareous Soils of Iran. *J. Agr. Sci. Tech.* 12,99-110.
- Shafiq, M., (2008) Estimation of Boron Requirement of Rice and Wheat Crops Using Adsorption Isotherm Technique. PhD thesis, University of Agriculture, Faisalabad.
- Shuman, L.M., (1975) The Effect of Soil Properties on Zinc Adsorption by Soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39,454-458.