تأثير الجبس الفوسفاتي في ازالة الصوديوم من اعمدة تربة متأثرة بالأملاح والمروية بمياه جوفية مالحة

فاضل عودة كريدي الغريري* ابراهيم بكري عبد الرزاق* فليح حسن احمد**

*وزارة العلوم والتكنولوجيا / دائرة البحوث الزراعية – مركز التربة والموارد المائية

** جامعة بغداد / كلية الزراعة – قسم التربة والموارد المائية

بغداد – العراق

الخلاصة

درس تأثير الجبس الفوسفاتي في غسل واعادة توزيع الصوديوم في تربة متأثرة بالأملاح بأستخدام تقنية الاعمدة Column Technique اضيف الجبس الفوسفاتي بنسب 25 و50 و 75 و 100 و 125% من متطلبات الجبس التي تعادل 3.25 و 6.50 و 9.75 و 13.00 و 16.58 طن جبس فوسفاتي هكتار$^{-1}$ وفي معاملات اخرى اضيف 25% من متطلبات الجبس بصيغة كبريت معدني لكافة المستويات اعلاه . بينت النتائج ان النسبة المئوية للصوديوم المزاح تزداد بزيادة الراشح الخارج من اعمدة التربة وهذا يصح لكافة المعاملات وكذلك معاملة المقارنة (Control) كما تبين النتائج ان المستويات المرتفعة من الجبس الفوسفاتي المستخدم في هذه الدراسة 100 و125% لم تؤد الى زيادة كمية الصوديوم المزاح اكثر مما حصل عند اضافة الجبس الفوسفاتي بمستوى 75%من متطلبات الجبس حيث كانت نسبة ازاحة الصوديوم عند المستويات المضافة اعلاه 49.2. و50.3 و52.1 و51.7 و50.6 على التتابع .

الكلمات المفتاحية : الجبس الفوسفاتي ، الكبريت ، تربة ملحية ، الصوديوم و مياه مالحة

Effect of Phosphogypsum on Sodium Removal from Salt Affected Soil Columns Irrigated with Saline Ground Water

Fadhil Aodah Al-Ghrairi* Ibrahim Bakri Abdulrazzaq* Fleyh. Hasan. Ahmed**

* Minst. of Sci. and Technology / Agric. Research Directorate - Soil and Water Resources Cent.

** University of Baghdad / College of Agriculture- Soil and Water Resources Dept.

Baghdad- Iraq

E-mail: fadhilalgrairy@yahoo.com

Abstract

Column technique was conducted to investigate the effect of phosphogypsum application on removal and redistribution of sodium in salt affected Soil. Phosphogypsum was added in rate of 25, 50, 75, 100 and 125% of total gypsum requirements as well as the sulfur was also added in rates 25% of these requirements. Data showed that percentage of removed sodium increased with increasing of effluent percolated from the columns of treatments. Also amount of removed sodium increased with increasing of phosphogypsum rate up to 75% .Percentage of removed sodium were 49.2 , 50.3 , 52.1 , 51.7 and 50.6 for the rate of 25 , 50 , 75 , 75 , 100 and 125% respectively .

Key Words: Phosphogypsum, Sulfur, Salt Soil, Sodium and Saline Water

* مستل من اطروحة دكتوراه للباحث الاول

المقدمة

إن استصلاح الترب المتأثرة بالأملاح والترب الملحية الصودية والمتضمن إزالة الأملاح من مقد التربة أو على الأقل من منطقة الجذور بوجود شبكات البزل الفعالة يعد الحل الجذري لعلاج مشكلة الملوحة ويتم ذلك طبقاً لبرنامج هندسي زراعي ستراتيجي متكامل يتضمن كافة الإجراءات والفعاليات المبرمجة والمنسقة التي تهدف إلى خفض ملوحة التربة إلى الحد الذي يسمح بنمو النبات بشكل مناسب .

يعد الجبس الفوسفاتي Phosphogypsum واحداً من أهم المصلحات الكيميائية للترب المتأثرة بالأملاح وهو ناتج عرضي لصناعة الأسمدة الفوسفاتية عند معاملة الصخر الفوسفاتي بحامض الكبريتيك وقد ينتج عن تكديس الجبس الفوسفاتي في أكوام في المصانع التي ينتج فيها كما يحصل في العراق (منطقة عكاشات) بعض المخاطر البيئية وأهمها تلوث الهواء والماء الأرضي والتربة ، حسين (1986) و Agar (2011) . ان الكبريت احد الموارد الطبيعة المهمة في العراق وبجانب استعمالاته الصناعية فان الكبريت يستخدم لإغراض التنمية الزراعية في أنحاء مختلفة من العالم، تؤدي إضافته في المناطق الجافة وشبة الجافة إلى تحسين مواصفات التربة واستصلاح القاعدية منها من خلال خفض الأس الهيدروجيني للتربة بسبب أكسدته وإنتاج حامض الكبريتيك وإذابة بعض مكونات التربة مثل كاربونات الكالسيوم ، جبر وآخرون (2007) و Rashidواخرون(2009) .

تهدف هذه الدراسة إلى إيجاد منفذ علمي لهذه المادة بأتجاهين اولهما التخلص منها كملوث بيئي للتربة والنبات والمياه الجوفية نظرا لتوافر كميات هائلة منها وثانيهما استخدامها في استصلاح الترب المتأثرة بالاملاح الصودية .

المواد وطرائق العمل

شملت الدراسة المختبرية استخدام أعمدة بلاستيكية بطول 75 سم وقطر داخلي 5 سم وبثلاثة مكررات لكل معاملة من معاملات الجبس الفوسفاتي (25 و50 و 75و100 و125% من متطلبات الجبس الفوسفاتي) اضافة الى معاملة السيطرة بحيث أصبح مجموع الأعمدة 36 عمود . اخذت عينات تربة لعدد من المواقع الممثلة للحقل ولعدة اعماق 0–20 و20–40 و 40–60 و 60–80 سم جففت هوائيا ، طحنت ثم مررت بمنخل 2.0 ملم ، حللت نماذج الترب لتقدير الخواص الكيميائية والفيزيائية والخصوبية حسب الطرائق القياسية المعتمدة والمبينه جدول(1)حيث قدر توزيع حجوم دقائق التربة بطريقة (Black,1965) Hydrometer Method .

- الايصالية الكهربائية EC : قدر في مستخلص 1:1 باستعمال Radiometer Conductivity Meter) .DM8)
- درجة تفاعل التربة pH قدر في مستخلص 1:1 باستعمال pH Meter (Radiometer M62)
- السعة التبادلية للايونات الموجبة CEC :قدرت بطريقة خلات الامونيوم 1.0 مولار ذات درجة تفاعل pH 0.7 (Black , 1965) .
- الكاربونات الكلية ($CaCO_3$) قدرت بحامض الهيدروكلوريك HCl (Page , 1982) .
- المادة العضوية (OM) : قدرت بطريقة الأكسدة الرطبة Wet Oxidation وكما في Page (1982) باستخدام كاشف O – Phenanthroline
- الصوديوم Na^+ : قدر بجهاز اللهب الضوئي نوع Jen way
- الكالسيوم Ca^+ : قدر بجهاز الامتصاص الذري نوع Analytic Jena Nov 400
- المغنسيوم Mg^+ : قدر بجهاز الامتصاص الذري نوع Analytic Jena Nov 400
- البوتاسيوم K^+ : قدر بجهازاللهب الضوئي نوع Analytic Jena Nov 400
- الكبريتات SO_4^{2-} : قدر بطريقة التعكير Turbidity Metric Method بأستعمال كلوريد الباريوم $BaCl_2$ والقياس بجهاز المطياف الضوئي وفقاً ل Black , 1965 .

- الكلوريدات Cl^{-1} : قدر باستعمال Mercury Fericnitral , $Hg(SCN)_2$ thiosenite والقياس بجهاز المطياف الضوئي حسب Page , 1982 .

- البايكربونات HCO_3^{-1} : قدرت بالتسحيح مع حامض الكبريتيك 0.005 مولار كما وتم تقدير النشاط الاشعاعي للجبس الفوسفاتي في مختبرات الوكالة الدولية للطاقة الذرية (سايبرسدورف) في فيينا. عبئت الأعمدة بالتربة لعمق 60 سم للحصول على كثافة ظاهرية متجانسة 1.3ميكا غرام . $م^{-3}$ بعد وضع طبقة من الصوف الزجاجي أسفل كل عمود . اضيف الجبس الفوسفاتي بالمستويات (0 و 25 و 50 و 75 و 100 و 125%) من متطلبات الجبس والتي تعادل 3.250 و 6.500 و 9.750 و 13.000 و 16.580 طن.هكتار$^{-1}$ على التوالي خلطا مع الطبقة السطحية للتربة . استخدمت طريقة الغسل بالغمر المستمر في التجربة وجمعت رواشح الغسل على انفراد وحسب حجم الرواشح المتحصل عليه مع الزمن ، ثم أجريت التحاليل الكيميائية عليها والتي شملت (EC و pH و Na^+) وفقا لـ Black (1965) و .

Pag (1982) أوقفت عملية الغسل لكافة المعاملات عند وصول EC التربة بحدود 4 ديسمنز.$م^{-1}$ وبعد الانتهاء من عملية الغسل فصلت التربة من الأعمدة وقطعت إلى ثلاثة أعماق 0–20 و20 –40 و 40–60 سم مباشرة ، جففت نماذج الترب هوائياً ومررت عبر منخل قطر فتحاته 2.0 ملم وقدر فيها EC و pH و Na .اتي بنفس المستويات أعلاه مع خلط نسبة 25% من متطلبات الجبس بصيغة كبريت معدني والذي يعادل 2.400 طن. هكتار$^{-1}$ مع كل مستوى من مستويات الجبس الفوسفاتي . ثم أجريت التحاليل الكيميائية عليها والتي شملت (EC و pH وNa^+) وفقا لـ Black (1965) و Page (1982) . أوقفت عملية الغسل لكافة المعاملات عند وصول EC التربة بحدود 4 ديسمنز.$م^{-1}$ وبعد الانتهاء من عملية الغسل فصلت التربة من الأعمدة وقطعت إلى ثلاثة أعماق (0–20 و20 –40 و 40–60) سم مباشرة ثم جففت هوائياً ومررت عبر منخل قطر فتحاته 2.0 ملم وقدر فيها EC و pH و Na .

جدول (1) الخصائص الفيزيائية والكيميائية والخصوبية لتربة الحقل .

الخصائص		الوحدات	الأعماق(سم)			
			20-0	40-20	60-40	80-60
مفصولات التربة	الرمل	غم.كغم$^{-1}$	67	67	57	48
	الغرين		398	415	465	466
	الطين		535	518	478	486
نسجة التربة			S.C	S.C	S.C.L	S.C.L
1: 1 EC		$dS.m^{-1}$	17.70	12.42	13.17	10.57
1 :1 PH			7.1	7.0	7.0	7.2
CEC		سنتمول.كغم$^{-1}$	20.1	20.5	20.2	20.2
$CaCO_3$		غم .كغم$^{-1}$	249.0	250.1	242.4	252.7
O.M			8.00	4.80	4.00	4.01
الايونات الذائبة الموجبة	Na	ملیمول . كغم$^{-1}$	132.01	100.46	105.61	83.40
	Ca		8.75	8.52	8.98	7.86
	Mg		17.21	14.60	18.46	13.98
الايونات الذائبة السالبة	SO_4		38.41	35.08	34.50	24.32
	Cl		118.01	87.63	96.35	80.50
	HCO_3		1.86	1.78	1.70	1.68
SAR			25.25	20.91	20.19	17.85

النتائج والمناقشة

خواص تربة الحقل والجبس الفوسفاتي والمياه الجوفية

اشارت النتائج في الجدول (1) الى سيادة ايونات الصوديوم ضمن مقد التربة مما يستدعي اضافة ايونات الكالسيوم في استصلاح هذا النوع من الترب إذ يمكن ان يضاف الكالسيوم من مصدر مباشر او غير مباشر وذلك من خلال اضافة الحوامض المعدنية لتحرير الكالسيوم من مركباته او عن طريق اضافة الجبس Gypsum والذي يتوفر بكميات كبيرة في الطبيعة اما بشكل تركيزات جبسية او احد النواتج المهمة لصناعة حامض الفوسفوريك والاسمدة الفوسفاتية والذي يسمى بالجبس الفوسفاتي

(Phosphogypsum) حسب Silveira , واخرون ، (2008) و Hurtado واخرون ، (2011) و Gharaibeh واخرون ، (2011) .

يوضح الجدول (2) بعض الخصائص الكيميائية والاشعاعية للجبس الفوسفاتي والمكونات الاساسية له في العراق والذي تتوفر منه كميات هائلة في موقع صناعة الاسمدة الفوسفاتية في عكاشات والتي تمثل ملوثا كبيرا للموارد البيئية التي تجاور هذه المادة ومنها الترب والمسطحات المائية ومجاري الانهار. ان معدل الاذابة للجبس الفوسفاتي تقدر بحوالي 2.43 غم .لتر$^{-1}$ وهي نسبة متوسطة الذوبان يمكن ان تؤدي الى تحرر كميات كبيرة نسبيا من الكالسيوم الى محلول التربة التي تؤدي بالنتيجة الى احلال ايون الكالسيوم محل ايون الصوديوم على معقد التبادل Lytropic series حسب ما ذكر Bohn واخرون (1977) . واوضحت النتائج ان النشاط الاشعاعي هو الاخر منخفض جدا الى ما دون الحدود المسموح بها عالميا ($< 0.3\ Bq.g^{-1}$) من نظائر اليورانيوم وان الجرعة الاشعاعية المقاسة كانت اقل من 0.005 ملروكين /

ساعة وهي الاخرى اقل بكثير من الحدود المسموح بها ، إذ بينت نتائج التحليل ان النشاط الاشعاعي الكلي للجبس الفوسفاتي العراقي المستخدم في البحث كان 0.4($Bq.g^{-1}$) وهو اقل من النشاط الاشعاعي للجبس الفوسفاتي العالمي حسب ما اشار الى ذلك Zvomuy (2005) كما ان تركيز الفلور هو الاخر منخفض ، حيث كان اقل من 1.8% كون ان المعدن السائد في العراق هو Hydroxyapatite وليس Fluoraxyapatite ويتبين من مجمل خواص الجبس الفوسفاتي العراقي انه من الممكن استخدامه في عملية استصلاح الترب الملحية القلوية في وسط وجنوب العراق.

جدول (2) الخصائص الكيميائية للجبس الفوسفاتي المستخدم في التجربة

الخاصية	EC 1:1 ($dS.m^{-1}$)	pH 1:1	الايونات الذائبة (مليمول . كغم$^{-1}$)						Radio activity
			Na	Ca	Mg	Cl	SO_4	P	% F	Bq.gm
القيمة	2.4	2.66	Nil	58.5	10.3	2.9	61.2	64,5	0.18	0.4

يبين الجدول(3) بعض الخواص الكيميائية ذات العلاقة بالمياه الجوفية المستخدمة في ري التجربة لهذه الدراسة وهي مياه جوفية تستخدم في نفس المنطقة ، حيث تشير النتائج الى ان تركيز الاملاح فيها معبرا عنه بالايصالية الكهربائية 3.2 الى 5.0 (ديسيمنز. م$^{-1}$) و الاس الهيدروجيني اقل من 7 و SAR اقل من 8 وهي بهذه المواصفات فأن نوعيتها تصنف ضمن المياه متوسطة الملوحة حسب FAO (1990) .

جدول(3) الخصائص الكيميائية للمياه الجوفية المستخدمة في التجربة

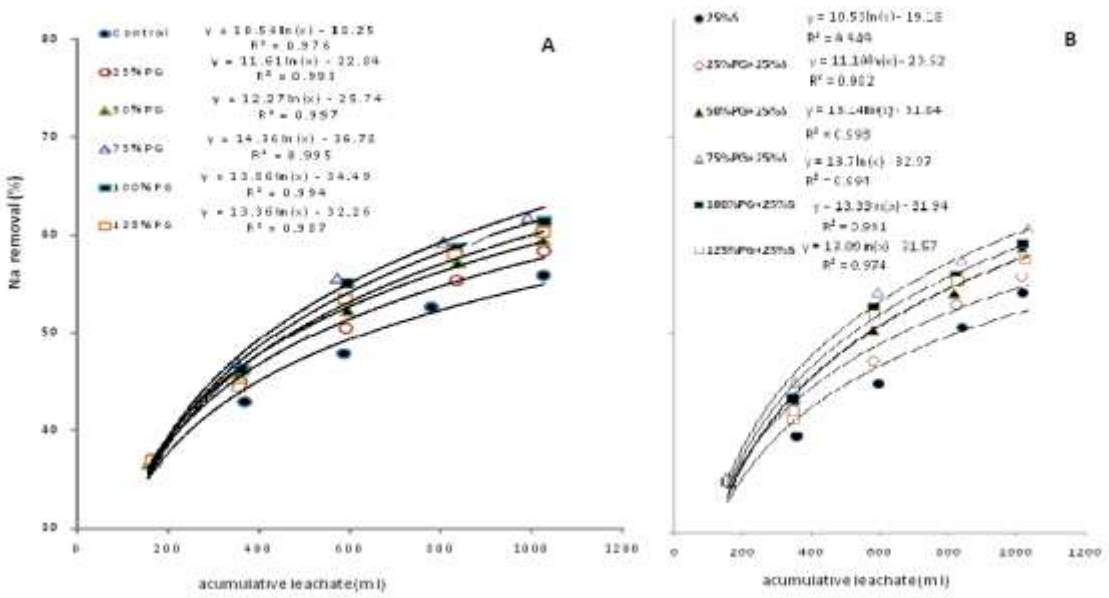
	EC ($dS.m^{-1}$	pH	الايونات الذائبة (ملي مول . لتر$^{-1}$)					SAR
			Na	Ca	Mg	Cl	SO_4	HCO_3	
القيمة	3.2	7.3	24.0	0.44	3.01	12.84	9.17	5.8	12.1

تأثير الجبس الفوسفاتي في ازالة الصوديوم من اعمدة التربة

تبين النتائج الموضحة في الشكل(B و A 1) ان النسبة المئوية للصوديوم المزاح تزداد بزيادة الراشح الخارج من اعمدة التربة وهذا يصح لكافة المعاملات وكذلك معاملة المقارنة (Control) وهذا يتفق مع الحديثي واخرون (2009) و حسن واخرون (2010) و Gharaibeh (2011) الذين اشاروا الى ان كمية الاملاح المزالة تزداد بزيادة كمية ماء الغسل المار عبر عمود التربة . ان التحليل الرياضي لمنحنيات الغسل تبين ان كمية الصوديوم المزاحة تتناسب لوغارتميا مع كمية الماء المار عبر الاعمدة وان معدل الازاحة يزداد بزيادة كمية الجبس الفوسفاتي ولحد 75% من متطلبات الجبس الفوسفاتي والتي تكافىء 9.75 طن هكتار$^{-1}$، وهذا يتفق مع Silveira واخرون (2008) الذين اشاروا الى ان كمية

الصوديوم المزاح تزداد بزيادة مستوى الجبس الفوسفاتي . كما تبين النتائج ان المستويات المرتفعة من الجبس الفوسفاتي المستخدم في هذه الدراسة 100% (13.00) طن هكتار$^{-1}$ و 125% (16.58) طن هكتار$^{-1}$ لم تؤد الى زيادة كمية الصوديوم المزاح اكثر مما حصل عند اضافة الجبس الفوسفاتي بمستوى 75%من متطلبات الجبس ، حيث ان معدل ازاحة الصوديوم عند المستويات العالية متقاربة نوعا ما . ان ارتفاع نسبة الاملاح في مياه الري المستخدمة في الغس (المياه المستخدمة في الغسل هي مياه جوفية من نفس المنطقة) حيث تحتوي على نسبة من الكالسيوم Ca (0.44 مليمول لتر$^{-1}$) و SAR (12.10) وكما مبين في الجدول 3 ربما ادى الى تقليل نسبة اذابة الجبس في المحلول بفعل الايون المشترك (Common Ion Effect) اضافة الى تاثير زيادة القوة الايونية الناتجة عن زيادة كمية الجبس الفوسفاتي الذي يؤدي الى خفض معامل الفعالية للكالسيوم وهذا من البديهيات العلمية في هذا المجال ولذا فانه عند حساب متطلبات الجبس من المفضل ان يؤخذ بنظر الاعتبار نوعية مياه الغسل المستخدمة في الري .

أكدت النتائج شكل B 1 (اضافة 25% من متطلبات الجبس بصيغة كبريت معدني) على عدم تاثيره بنسبة محسوسة في كمية الصوديوم المزاح من اعمدة التربة ، حيث ان كمية الصوديوم المزاحة تتناسب لوغارتميا مع كمية مياه الغسل المارة ولحد 75% من متطلبات الجبس . وان اية زيادة في نسبة الصوديوم المزاحة لم تلاحظ بعد هذا المستوى وعلى النقيض من ذلك فان نسبة الصوديوم المزاحة عند المستويين 100 و125% من متطلبات الجبس الفوسفاتي كانت 51.71% و 50.60% على التوالي ، في حين كانت كمية الصوديوم المزاحة عند مستوى الاضافة 75% من متطلبات الجبس الفوسفاتي 52.08% اي ان مقدار الصوديوم المزاح انخفض بنسبة0.37% و1.48% عند الاضافة 100% و125% من متطلبات الجبس الفوسفاتي مقارنة بمستوى 75% من المتطلبات . اما عند اضافة 25% من متطلبات الجبس بصيغة كبريت معدني فان الصوديوم المزاح عند المستويين 100 و125% من متطلبات الجيس الفوسفاتي كان50.67% و49.82%على التوالي ، اي ان الصوديوم المزاح انخفض بنسبة 1.41% و2.26% للمعاملتين 100 و125%على التوالي وهذا يدل على عدم كفاءة الكبريت عند المستويات العالية من الجبس الفوسفاتي بزيادة نسبة الصوديوم المزاحة ، وربما يعزى ذلك الى ضعف دور الكبريت بعد اكسدته في زيادة تحرر الكالسيوم عند هذه المستويات من الاضافة مما ادى الى هذه الزيادة المحسوسة . عند مقارنة كمية الصوديوم المزاح في المعاملات التي اضيف فيها الجبس الفوسفاتي مع معاملة المقارنة (0PG) ، تبين ان الصوديوم المزاح يزداد بزيادة كمية الجبس الفوسفاتي المضاف ولحد مستوى الاضافة 75% من متطلبات الجبس ، والذي يعادل 9.75 طن هكتار$^{-1}$ وهذا يدل على كفاءة الجبس الفوسفاتي كمصلح كيميائي في زيادة فعالية عملية الاستصلاح ، حيث ان الصوديوم المزاح كان اكثر بنسبة 49.2% و 50.3% و 0 .52 % و 51.7% و 50.6% عند المعاملات التي اضيف بها الجبس الفوسفاتي مما عليه في معاملة المقارنة ، وهذا يصح على المعاملات التي اضيف بها الكبريت مع الجبس الفوسفاتي ايضا و كما يستدل من منحنيات الغسل لكل معاملة من معاملات الجبس الفوسفاتي (شكل A) والجبس الفوسفاتي مع الكبريت (شكل B) ، حيث ان منحنى الغسل للمعاملة التي لم يضاف بها اي مصلح (معاملة المقارنة) كانت الاوطأ .



شكل (1) تأثير الجبس الفوسفاتي والجبس الفوسفاتي مع الكبريت على نسبة الصوديوم المزالة (%) في اعمدة التربة A : جبس فوسفاتي B : جبس فوسفاتي مع الكبريت

المصادر

الحديثي ، اكرم عبد الطيف وموسى فتيخان ياسين وعبد الستار زين الحيانى .(2009). دور الجبس الفوسفاتى فى حركة وتوزيع الاملاح فى التربة الكلسية. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 40 (6) ، 108-117 .

جبر، عبد سلمان وحسين محمود شكري و وليد فليح حسن الزاهدى (2007). تاثير الكبريت الزراعى ومخلفات الدواجن والصخر الفوسفاتى فى جاهزية الفسفور وبعض العناصر الغذائية ونمو وحاصل حنطة الخبز. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 38 (2) ، 60-75 .

حسن ، محمد قتيبة و عبد الكريم حسن عذافة واحمد حيدر الزبيدي . (2010) . التوازن الملحي في تربة مروية بمياه مالحة في ظروف الزراعة الكثيفة للماش . مجلة الزراعة العراقية . مجلد 15 (1) ، 75-86

حسين ، عبد الصمد عماش .(1986). واقع معالجة المخلفات الصناعية والتخلص من الفوسفوجبسوم فى مجمع الاسمدة فى القائم . تقرير مقدم الى ندوة الفوسفوجبسوم .بغداد- العراق.

Agar, A. (2011). Relation of Saline and Sodic Soil by Using Divided Doses of Phosphogypsum in Cultivation Condition. African Journal of Agriculture Research .6 (18), 4243-4252.

Bohn, H.; B. McNeal, and G. Oconnor. (1977) . Soil Chemistry. John Wiley and Sons, NewYork.

FAO.(1990). An International Action Programmer on Water and Sustainable Agricultural Development. Astrategy for the Implementation of the Del Plata Action Plan for the Lqqos.Rome.p.42 .

Black, C.A. (ed) .(1965). Methods of soil analysis . Part 2. Agron. J. Amer. Soc. Agron. Madison, Wis .

Page, A. L.(ed). 1982 . Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbilogical Properties. Am. Soc. Agron.. Madison, Wis.

Gharaibeh, M.; N,I .Eltaif and S.H. Shara . (2011) . Leaching Curves of Highly Saline-sodic Soils Amended with Phosphoric Acid and Phosphogypsum International Conference on Agricultural and Animal Science IPCBEE (22) IACSIT Press, Singapore .

Hurtado, M. D.; S. M. Enamorado;L. Andreu.; A. Delgado, and J. Maria, (2011). Drain Flow and Related Salt Losses as Affected by Phosphogypsum Amendment in Reclamaied Marsh Soils from SW Spain . Geoderma . 161 (1-2) , 43-49 .

Rashid, A.; R. V. Khan and S. K. Marwat. (2009). Response of Weat to Soil Amendment with Poor Quality Irrigation Water in Salt Affected Soil. World Journal of Agricultural Sciences 5 (4) , 422-424 .

Silveira, K. R.; Ribeiro, M. R.; Oliveira, L. B.; Heek, R. J. and Silveira,R. R. (2008) . Gypsum – saturated Water to Reclamation Alluvial Saline Sodic and Sodic Soils Sci. Agric. (Piracicaba,Broze.) 65 (1) , 69-76 .

Zvomuya, F.; F. Larney; C. K. Nichol; A. F. Olson; J. J. Miller and P. R. Demaere. (2005). Chemical and Physical Changes Following Co-

composting of Beat Cattle Feedlot Manure with Phosphogypsum . Journal of Enviromental .Quality-Article 34 (6) , 2318-2327 .