Mesopotamia J. of Agric. ISSN: 2224 - 9796 (Online) مـجلــة زراعــة الـرافـديـن
Vol. (45) No. (2) 2017 ISSN: 1815 - 316 X (Print) المجلد (45) العدد (2) 2017

تأثير نوعية مياه الري على تحرر البوتاسيوم في بعض الترب الكلسية في محافظة نينوى

محمد طاهر سعيد خليل
قسم علوم التربة والموارد المائية / كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل – العراق
E-mail: dr_mohammed1951@yahoo.com

الخلاصة

أجريت دراسة مختبريه لمعرفة تأثير نوعية مياه الري على تحرر البوتاسيوم من بعض الترب الكلسية باستخدام طريقة الجريان المستمر الهادئ في أعمدة زجاجية، أذ سمح لنوعين من المياه (كلوريدية وكبريتية) من الجريان في تربتين مختلفتي النسجة لموقعي الفاضلية والحمدانية في محافظة نينوى / شمالي العراق لمدة جريان قدرها 240 دقيقة، وقد أشارت النتائج الى زيادة كمية البوتاسيوم المتحرر بزيادة مدة الجريان، إذ حررت المياه الكلوريدية أقل كميات من البوتاسيوم مقارنة مع المياه الكبريتية، فقد بلغت سعة التحرر كمعدل لموقع الفاضلية 3.57 سنتي مول.كغم$^{-1}$ باستخدام مياه كبريتية، بينما بلغت سعة تحرر البوتاسيوم من موقع الحمدانية 2.128 سنتي مول.كغم$^{-1}$. أما البوتاسيوم المتحرر باستخدام مياه كلوريدية من الموقعين أعلاه فقد بلغ,1.15 2.25 سنتي مول.كغم$^{-1}$ على التوالي. كما أظهرت النتائج الارتباط الإحصائي العالي بين سعة التحرر ومدة الجريان R^2=0.96، R^2=0.79 للمياه الكبريتية والكلوريدية لموقع الفاضلية على التوالي 0.98 =R^2 و 0.95 = R^2 لكلا نوعي المياه لموقع الحمدانية على التوالي، وأظهر الوصف الرياضي لمعادلة الانتشار تفوق المياه الكبريتية على المياه الكلوريدية في سرعة وسعة التحرر، فقد بلغت سرعة تحرر البوتاسيوم وفق معادلة الانتشار باستخدام المياه الكلوريدية 0.15 و0.05 سنتي مول.كغم$^{-1}$.دقيقة$^{-½}$ لموقعي الفاضلية والحمدانية على التوالي، في حين أدى استخدام المياه الكبريتية الى زيادة سرعة التحرر والبالغة 0.26و 0.13 سنتي مول.كغم$^{-1}$.دقيقة$^{-½}$ لموقعي الفاضلية والحمدانية على التوالي.

الكلمات الدالة: مياه كلوريدية، مياه كبريتية، مدة الجريان، سعة وسرعة التحرر.

تاريخ تسلم البحث: 2013/1/7 ، وقبوله: 2013/5/6.

المقدمة

يعد البوتاسيوم عنصرا غذائيا رئيسيا في حياة النبات ويعاني هذا العنصر من مشاكل كثيرة في الترب العراقية أهمها الغسل لكونه سريع الحركة خصوصا في الترب الخفيفة (AL-Semmak،2005, Huang وAbbas، 2008, Al-Azawi، 2010 وAl-Obaidi و2010, Hussain). كما أنه يتعرض إلى الأمتزاز والتثبيت في الترب الطينية وأن مشاكل تثبيته تزداد بزيادة محتوى الترب من الأطيان المتمددة ونوعيتها (Badraoui وآخرون ,1992، Ghosh وSing ،2001, Jalali ،2006, Shanwall وDahiya ،2006, Poonia وNicderbudde ،2007)، ولقد اتجهت الدراسات الحديثة إلى استخدام أساليب عديدة من أجل تحرر وإطلاق ما يثبت في التربة من هذا العنصر (Cracksi وSparks ،1985, Rao وآخرون ,2004، 2006, Shanwall وMam Rusul وAlObaidi و2010, Hussain). لقد أشار العبيدي والزبيدي (2001) بأن الترب العراقية ولكونها ترب قاعدية وذات محتوى عالي من الكربونات بأنها ذات سعة خزين متوسط الى عال، لكن سرعة تحرر هذا العنصر منخفضة جدا، وقد أكد هذه الحقيقة في ترب أخرى من قبل Simard وآخرون 1992، Khodabaksh ،2006 وKarabachsch وUlrich ،2007)، وأن عملية تحرر البوتاسيوم من التربة هي عملية ديناميكية تستند على قوانين السرعة التي تعتمد على عامل الزمن وأن الكمية المتحررة من طور التربة الصلب الى الطور السائل تزداد مع زيادة تماس الماء مع التربة وعدد وحجوم المسامات في جسم التربة (Jalali ,2006 وAl-Obaidi و ,2010) Hussain تعد المياه مصدرا لأيونات كالكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم. هذه الصفة تجعل المياه ذات قدرة على أحداث تغيرات كيميائية في طور التربة الصلب عن طريق تفاعلات التبادل الأيوني للأنواع الأيونية الموجبة ذات الشحنة العالية مثل الكالسيوم والمغنيسيوم التي تحل محل البوتاسيوم المتبادل على سطح التربة الغروي وبالتالي يؤدي الى تحرره الى الطور السائل للتربة وفق قانون فغل الكتلة وثوابت التفضيل لعملية التبادل الأيوني (Sparks ,2003 وDu ,2004) .

نظرا لأهمية المياه في الزراعة ودورها في التبادل الأيوني، فأن الدراسة الحالية تهدف إلى التعرف على دور المياه ونوعيتها في تحرر البوتاسيوم من الترب.

مواد البحث وطرائقه

جمعت نماذج الترب الكلسية من موقعي الفاضلية والحمدانية في محافظة نينوى في شمالي العراق ضمن رتبة Aridisols (Anonymous , 2008) على عمق 30 سم. تم اختيار نوعين من المياه الأولى كلوريدية تمثل مياه نهر دجلة في مدينة الموصل والثانية كبريتية أخذت من المياه الجوفية في المدينة. قدرت بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية للترب والمياه لها استنادا إلى (Carter وGregorich،(2008) فحصت المعادن الطينية لمفصول الطين باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية في مختبرات الشركة العامة للمسح الجيولوجي، كما صنفت المياه حسب مختبر الملوحة الأمريكي للمياه (Richard, 1954) الجدولين (1و2). تم دراسة تحرر البوتاسيوم بطريقة الإزاحة الأمتزاجية حسب (Sparks, 2003) وذلك لأفضليتها ولكونها تمثل ما يحدث في الحقل وذلك بوضع 25 غم من التربة الجافة هوائيا في عمود تربة زجاجي قطره 2.5 سم بارتفاع قدره 9 سم حيث رصت كل تربة داخل العمود لتكون عند كثافة ظاهرية قدرها 1.25 ميكاغم.م$^{-3}$. تم السماح للمياه بالجريان الهادئ إلى داخل عمود التربة وبمعدل جريان قدره 1 مل.دقيقة$^{-1}$(Mam Rasul، 2008)، وبعد تسجيل زمن نزول أول قطرة للراشح جمعت رواشح الاتزان النازلة كل عشرة دقائق باستمرار لغاية 240 دقيقة. قدر أيون البوتاسيوم في الرواشح بجهاز قياس العناصر باللهب الضوئي flame photometer. حسبت كمية البوتاسيوم المتحررة في رواشح الاتزان بوحدات c.mole.kg^{-1} وتم تحويلها إلى قيم تجميعية ثم رسمت بيانيا كدالة لزمن التفاعل حسب معادلة الانتشار والتي ثبت جدواها في الترب العراقية (ألعبيدي،1996 وMam Rasul، 2008)، وأخيرا حسب معامل سرعة تحرر البوتاسيوم حسب معادلة الانتشار ذات القطع المكافئ parabolic diffusion التي تنص على أن: $Ct = Co + Kt^{½}$ حيث أن:

Ct : كمية البوتاسيوم المتحررة تجميعيا عند الزمن t بوحدات c.mole.kg^{-1}.

Co : قاطع العلاقة الخطية.

K : ميل العلاقة الإحصائية والذي يعبر عن معامل سرعة الانتشار الظاهري استنادا إلى Sparks و Recheigl، (1982)

$t^{½}$: الجذر ألتربيعي للزمن.

الجدول (1): بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية والمعدنية لترب الدراسة.

Table (1): Some physical and chemical characteristics of studied soils.

Location الموقع		الوحدة	الصفة	
Hamdania الحمدانية	Fadhlia الفاضلية	Unit	Characteristic	
373	375	gm.kg^{-1}	clay	
384	387		silt	
243	238		sand	
210	188		$CaCO_3$	
13.5	14		Organic matter	
0. 5	0.3	dS.m^{-1}	EC	
7.3	7.2		pH	
18.7	18.9	c.mole.kg^{-1}	CEC	
2.4	2.6	m.mole. liter^{-1}	Ca^{+2}	Soluble ions
0.8	1.1		Mg^{+2}	
0.45	0.87		Na^{+}	
0.06	0.11		K^{+}	
1.9	2.2		HCO_3^{-}	
0.15	0.12		Cl^{-}	
1.46	2.36		SO_4^{-2}	
Dominated	Dominated	Smictite	Clay minerals	
Main	Main	Illite		
Rare	Little	Chlorite		
Rare	Rare	Badillite		

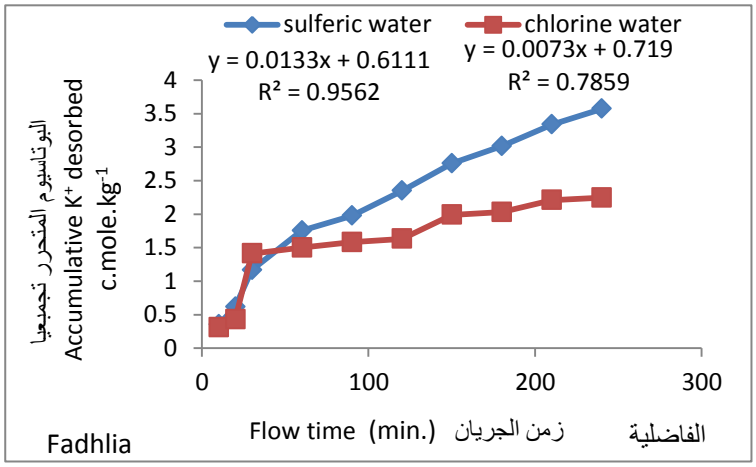
الجدول (2) : بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الري المستخدمة.

Table (2): Some physical and chemical characteristics of irrigation water used.

تصنيف الماء Water classification	SAR	الأيونات الذائبة Soluble ions							EC dS.m^{-}	pH	نوع الماء Water quality
		SO_4^{-2}	Cl^-	HCO_3^-	K^+	Na^+	Mg^{+2}	Ca^{+2}			
		m.mole.liter^{-1}									
C_2S_1	0.4	40.3	50.5	3.2	1.8	37	20	35	8.02	7.8	sulfuric
C_4S_1	7.0	0.86	0.55	3.0	0.05	0. 6	2.0	2.0	0.45	8.0	chlorine

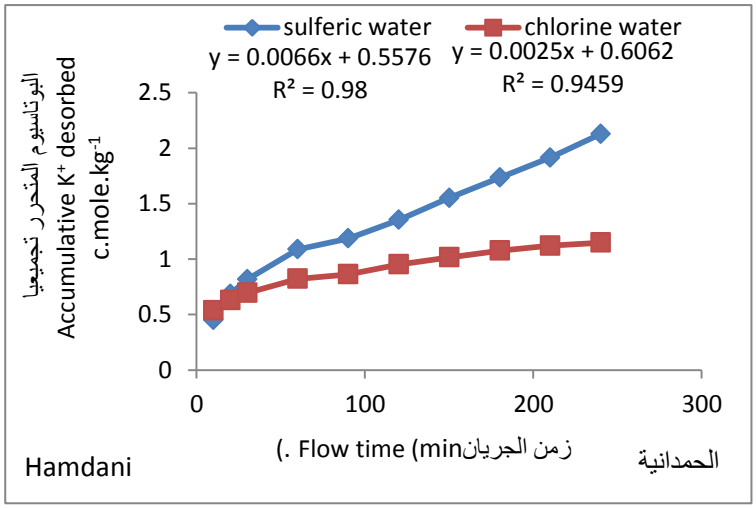
النتائج والمناقشة

تشير النتائج المبينة في الشكلين (1و2) إلى حصول تراكم تجميعي للبوتاسيوم الأصلي الموروث Indigenous بزيادة مدة الجريان. أن زيادة الكمية المتحررة وبغض النظر عن نوعية المياه قد يعود إلى قدرة المياه على تمدد طبقات الطين وتحرر البوتاسيوم من بين الطبقات (2000, Sparks) مما سيحدث تغيرات تطرأ على وضعية البوتاسيوم المتحرك Labile K^+ من خلال عملية الجريان المستمرة الأمر الذي يعكس الاتزان التدريجي للبوتاسيوم المتحرر من مخازنه المتعددة في التربة باتجاه طور التربة السائل إلى حد معين (ألعبيدي وآخرون، 2010) (McLean وWatson، 1985)، وأن أستمرار الرطوبة الجارية سيؤدي إلى تحرر البوتاسيوم بتفاعل غير عكسي في التربة عن طريق استبدال البروتون المتحرر H^+ من عملية تزع الماء من جذر الهيدرونيوم (Jackson وLuo، 1985) وأن أستمرارية عملية التحرر إلى نهاية التجربة، ويوضح لنا وبشكل قاطع على استمرارية تدفق وانتشار البوتاسيوم من الطور الصلب لتربتين باتجاه مياه الغسل، كما يعكس أهمية نوع المعدن الطيني السائد (السمكتايت) ونسبته وهذا تيفق مع ما توصل اليه العايدي (2005) لترب عراقية غنية بالسمكتايت مؤكدا على دور هذا المعدن في زيادة سعة تحرر البوتاسيوم، كما تشير النتائج المبينة في الشكلين (1و2) بأن هناك تأثير كبير ومعنوي لمدة جريان الماء بمختلف نوعياته على البوتاسيوم المتحرر، وقد ارتبطت كمية البوتاسيوم المتحررة ارتباطا معنويا مع مدة الجريان وكما مبين في قيم معامل التحديد R^2المثبتة على الشكلين ولكلا نوعي المياه. وهذا يتفق مع ما أشار إليه الباحثون ألعبيدي وآخرون (2012) وSparks (2003) و*Simonsson* وآخرون (2007) من أن جريان المياه يؤدي إلى أحداث عمليات تبادل أيوني ما بين صوديوم المياه والأيونات المتبادلة على سطح التبادل وخاصة البوتاسيوم وفقا لقانون فعل الكتلة مما سيؤدي إلى تحرر البوتاسيوم من طوره الصلب الى طور التربة السائل كما يتضح من الشكلين (1و2) من خلال المعادلات التنبؤية المستخدمة في وصف عملية التحرر، علاوة على ذلك فأن التفاعل التحرري للبوتاسيوم يحدث في وجود مسارين الأول يمثل الطور المتبادل والثاني يمثل الطور غير المتبادل ومساهمتهما في عملية التحرر (ألعبيدي، 1996).



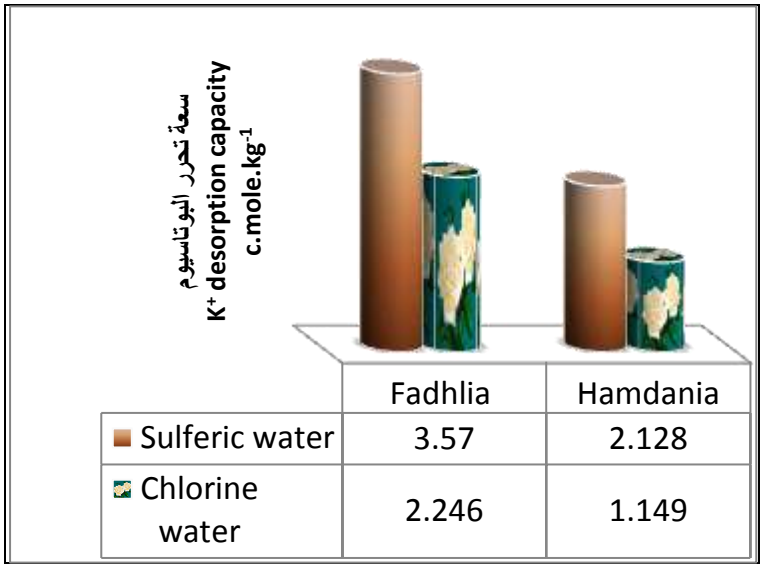
الشكل (1): تأثير نوعية المياه وزمن جريانها على تحرر البوتاسيوم في تربة الفاضلية.

Fig. (1): Effect of water quality and flow time on K^+ desorption in Fadhlia soil.



الشكل (2): تأثير نوعية المياه وزمن جريانها على تحرر البوتاسيوم في تربة الحمدانية.

Fig. (2) : Effect of water quality and flow time on K^+ desorption in Hamdania soil.

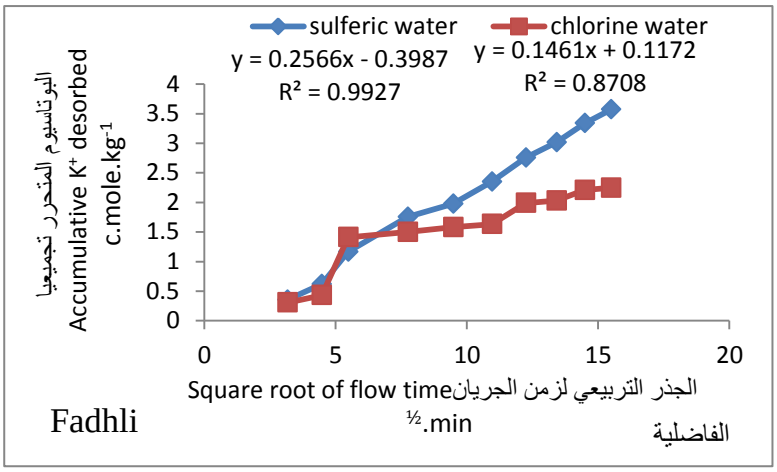


الشكل (3) : تأثير نوعية المياه على سعة تحرر البوتاسيوم في ترب الدراسة.

Fig. (3): Effect of water quality on K^+ desorption capacity in investigated soils.

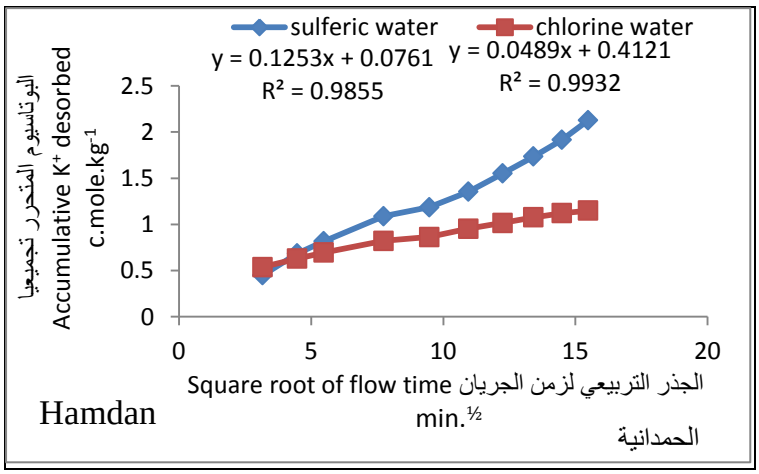
كما يلاحظ من الشكل (3) بأن المياه الكبريتية حررت بوتاسيوم من طور التربة الصلب تفوق على ما تم تحرره من التربتين بالمياه الكلوريدية إذ بلغ ما تم تحرره بالمياه الكبريتية (2.138، 3.57) سنتي مول.كغم$^{-1}$ لتربتي الفاضلية والحمدانية على التوالي، في حين تم تحرر البوتاسيوم من التربتين باستخدام المياه الكلوريدية (1.149، 2.246) سنتي مول.كغم$^{-1}$ لتربتي الفاضلية والحمدانية على التوالي وقد يعود السبب الى اختلاف نوعي المياه المستخدمة أذ يلعب كل من الأيون السالب المرافق للمياه والقوة الأيونية على تحرر البوتاسيوم، كما أن للطبيعة الأيونات الداخلة في تركيب كل من التربة والمياه ودرجة اختلاف قابلية ذوبان أملاحها وكذلك اختلاف قابلية الايونات الموجبة فيها على عملية الأمتزاز على طور التربة الصلب دورا كبيرا في إزاحة الأنواع الأيونية في التربة وأملاحها وأن لمرور المحلول الأليكتروليتي (نوعية المياه) وتماسه مع طور التربة الصلب أثر كبير في خصائص التربة التبادلية وأن لهذه التفاعلات التبادلية الحاصلة بين المحلول االأليكتروليتي وطور التربة الصلب المتوازن معه أهمية خاصة في أدارة الترب المروية، وهنا تعد صفة الاختيارية صفة تعكس طبيعة التبادل الأيوني للأيونات أحادية الشحنة (البوتاسيوم) والأيونات الموجبة ثنائية الشحنة (الكالسيوم والمغنيسيوم) مما يعكس اختلاف الترب في قابلية تفضيلها للأيونات الأحادية والتي تتأثر بالتركيب المعدني للترب والمادة

العضوية والسعة التبادلية للأيونات الموجبة (Kolahchi وJalali, 2007) كما تشير النتائج إلى تفوق المياه الكبريتية على المياه الكلوريدية في تحررها للبوتاسيوم وهذا يتفق مع ما أشار إليه Al-Wabelوآخرون (2002) الى أن اختلاف الأملاح والأيونات الموجبة في المياه على تحرير البوتاسيوم من التربة، وقد عزا الباحثون أعلاه السبب إلى صفات الأيونات الموجبة الداخلة في تركيبها مثل نصف القطر الأيوني وشحنة الأيون الموجب والأستقطابية Polarizability وطاقة التأدرت. بشكل عام فأن الأيون الموجب ذو نصف القطر الأيوني القريب من نصف قطر أيون البوتاسيوم ويمتلك أستقطابية عالية تجعل له قابلية أعلى على تحرر البوتاسيوم.



الشكل (4): العلاقة بين الجذر ألتربيعي لزمن الجريان والبوتاسيوم المتحرر تجميعيا في تربة الفاضلية.

Fig. (4): Relationship between square root of flow time and accumulative K^+ desorbed in Fadhlia soil.



الشكل (5): العلاقة بين الجذر ألتربيعي لزمن الجريان والبوتاسيوم المتحرر تجميعيا في تربة الحمدانية.

Fig. (5): Relationship between square root of flow time and accumulative K^+ desorbed in Hamdania soil.

وفي هذا الصدد وجد Bohn وآخرون (2005) وWang وآخرون (2004) بأن هناك زيادة في تحرر البوتاسيوم بزيادة أيون الكالسيوم في محلول التربة، في حين أكدRowell و Dimiteries (2002) اللذان أشارا الى قدرة الأملاح في تحرر البوتاسيوم إذ حررت محاليل الأملاح الكبريتية كميات أكبر من البوتاسيوم مقارنة بمحاليل المياه الكلوريدية،وعند أعادة رسم المنحنيات حسب معادلة الانتشار ذات القطع المكافئ Parabolic diffusion والموضحة في الشكلين (4و5) أتضح جليا وجود مسارين تحررين للترب عند الفترة الرابعة أي بعد 40 دقيقة بعدها تبدأ مساهمة الطور غير المتبادل (أحمد والعبيدي، 2012و نعناع وآخرون، 2007) أذ بلغت سرعة تحرر البوتاسيوم من التربة (0.125، 0.048) سنتي مول.كغم$^{-1}$.دقيقة^{½} نتيجة استخدام مياه كبريتية

وكلوريدية. أما في موقع الفاضلية ظهر نفس السلوك التحرري مع تفوق للمياه الكبريتية على المياه الكلوريدية، وقد يعود سبب ذلك إلى اختلاف القوة الأيونية للمياه الكبريتية عن المياه الكلوريدية علاوة على ذلك وجود جذر الكبريتات وقدرته المتفوقة في التأثير على مكونات التربة الصلبة مما

يساهم في سرعة وسعة التحرر (السماك، 2007). يتضح مما ورد أعلاه أهمية استخدام المياه الكبريتية في المراحل المبكرة للمحاصيل أو استخدامها بالتناوب مع المياه الكلوريدية ومياه الأمطار خصوصا في الترب الديمية لرفع جاهزية البوتاسيوم فيها.

EFFECT OF WATER IRRIGATION QUALITY ON POTASSIUM DESORPTION IN SOME CALCAREOUS SOILS IN NINEVH PROVINCE

Mohammed Tahir Said Khalil
Soil Science and Water Resources Dept., College of Agriculture and Forestry,
Mosul University. Iraq
E-mail: dr_mohammed1951@yahoo.com

ABSTRACT

A laboratory study was conducted to determine the effect of irrigation water quality on potassium desorption in some calcareous soils. It was constructed by miscible displacement technique using chlorine and sulfuric water via two different textured soils from Fadhlia and Hamdania locations in Nineveh province / northern Iraq for 240 minute with 10 minutes interval at a rate flow 1 ml.minute^{-1}. Results showed higher values of desorbed potassium rate in sulfuric water which were 3.57, 2.128 c.mole.kg^{-1}, while these rates referred to be much lower than that resulted by using chlorine water 2.25, 1.15 c.mole.kg^{-1} for both locations respectively. Also high correlation appeared between K^+ desorption capacity and flow time (R^2 = 0.96 , R^2 = 0.79) for both water qualities in Fadhlia location , while these rates were (R^2 = 0.98, R^2 = 0.95) for Hamdania location respectively. Mathematical description for diffusion equation appeared to be of higher values of K^+ desorption capacity rates for sulfuric water which were 0.26, 0.13 c.mole.kg^{-1}.min.$^{-½}$ for Fadhlia and Hamdania locations respectively, while these rates for chlorine water were 0.146, 0.048 c.mole.kg^{-1}.min.$^{-½}$ for both locations respectively.

Keywords: chlorine water, sulfuric water, Flow time, desorption rate & capacity.

Received: 7/1/2013, Accepted: 6/5/2013.

المصادر

أحمد، حازم محمود ومحمد علي جمال العبيدي (2012). المدخل الحركي لتحرر البوتاسيوم المخزون من بعض الترب الكلسية في محافظة نينوى شمالي العراق. *مجلة زراعة الرافدين*،*40 (3): 97 - 106.*

ألعبيدي، محمد علي جمال (1996). حركيات البوتاسيوم في بعض الترب العراقية، رسالة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية الزراعة.

ألعبيدي، محمد علي جمال ورائدة أسماعيل عبدالله الحمداني، فاتح عبد سيد حسن (2010). تأثير دورات الترطيب والتجفيف على تحرر البوتاسيوم المضاف الى بعض الترب الكلسية من شمالي العراق. مجلة *زراعة الرافدين، 38 (1): 32 - 37.*

ألعبيدي، محمد علي جمال وعامر وديع عبد الكريم وعبد القادر عبش سباك الحديدي (2012). حركيات تحرر الكالسيوم والمغنيسيوم من الترب الكلسية المروية بنوعيات مياه مختلفة، مقبول للنشر في *مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية.*

السماك، قيس حسين عباس (2007). سلوكية بعض الأسمدة الفوسفاتية في تربة صحراوية مستغلة زراعيا تحت أنظمة ري مختلفة. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة، جامعة بغداد.

العايدي، مهدي وسمي صحيب مطر (2005)..مقارنة طرق استخلاص مختلفة لعنصر البوتاسيوم في بعض الترب الكلسية في محافظة نينوى، رسالة ماجستير، كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل.

العبيدي، محمد علي جمال وأحمد حيدر الزبيدي (2001). حركيات تحرر البوتاسيوم في بعض الترب العراقية. أ- استخدام مفهوم حركيات التحرر في التقويم الخصوبي لوضع البوتاسيوم في الترب العراقية. *مجلة زراعة الرافدين، 32 (2): 33- 40.*

نعناع، احمد، محمد ثروت وفاطمة جاسم المحمود (2007). مساهمة في تحديد النموذج الرياضي لحركية تحرر البوتاسيوم في ترب حوض العاصي الأوسط. *مجلة جامعة تشرين للدراسات والبحوث العلمية، سلسلة العلوم البيولوجية، 29 (1): 93- 110.*

Al- Semmak, Q and H, Abbas (2008). The Behavior Of Some Potassium Fertilizers In Cultivated Desert Soil Under Different Irrigation Systems. PhD Thesissubmitted to College of Agriculture, University of Baghdad, Iraq.

Al-Azawi, H. A. (2010). Effect of Cation Exchange Capacity On Availability Of Potassium To The Maize Crop In A Heavy Clay Soil. M.Sc. Thesis. Agronomy and Soil Science School of Environment and Rural Science. University of New England.

Al-Obaidi, M. A. and A. R. Hussain (2010). Kinetics of potassium adsorption and desorption in some Nineveh Governorate soils. *Mesopotamia Agricultural Journal. 38 (4): 32 - 37.*

Al-Wabel, M. A. ; Heil, D. M. ; Westfall, D. G. and K. A. Barbarick, (2002). Solution chemistry influence on metal mobility in biosolids – amended soils. *Journal of Environment quality 31:1157 - 1165.*

Anonymous, (2008). Key To Soil Taxonomy. Soil Survey Staff,10th Edition. USDA, NRCS. USA.

Badraoui, M. M. ; M. Agbani ; P. R. Bloom ; R. Bouabid ; B. Soudi ; A. Mimouni and S. Bouchara (1992). Chemistry and Mineralogy of Potassium. MoroccoInt. Centre Of Agricultural Researches In Dry Areas. ICARDA.

Bohn, H. L.; B. I. McNeal and G. A. Oconnor (2005). Soil Chemistry. John and Willy´s sons. Inc. USA.

Carter, M. R. and E. G. Gregorich (2008). Soil Sampling and Methods of Analysis. 2nd edition. Canadian Society of Soil Science. Canada.

Cracksi, T. H. and D. L. Sparks (1985). A modified miscible displacement technique for investigating adsorption-desorption kinetics in Soils. *Soil Science Society Journal. 49:1114-1116.*

Du, Y. J. (2004). Some factors controlling the adsorption of potassium ions on clay soils. Applied Clay Sciences. 27: 209 - 213.

Ghosh, B. N. and R. D. Sing (2001). Potassium release characteristics for some soils of Uttar Pradesh hills varying in altitude and their clay mineralogy. *Geoderma. 104: 134 - 144.*

Huang,. M. (2005). Chemistry of Potassium In Soil. American Society Of Soil Sciences. WI. p 227 - 292.

Jackson, M. L. and L. X. Luo(1985).Potassium release on drying of soil non-exchangeable by protonation of mica. *Soil Science 141:225-229.*

Jalali, M. (2006). Site-Specific Potassium Application Based On The Fertilizer Potassium Availability Index Of Soil. Precision Agric. Springer Science Business Media, LL.C.

Karabachsch, M, and B. Ulrich (2007). Kalium - dynamic and kalium - fixiegrung, Nordwesticaischer Boden. *Zeitschrift Für Pflanzenernahrung und Bodenkunde. 141 (5): 535 - 546.*

Khodabaksh, P. K. (2006). Sorption - desorption behavior of phosphorous and potassium in four series of Isfahan - 18th World Congress Of Soil Science. July 9 - 15, 2005. Philadelphia, Pennsylvania, USA 154 - 159.

Kolahchi, Z. I. and M. Jalali (2007). Effect of water quantity on the leaching of potassium from sandy soil. *Journal of Arid Environment. 68: 624 - 639.*

Mam Rasul, Gh. A. (2008). Physio-Chemical Behavior Of Potassium In Predomination Soil Orders In Sulaimania Governorate. Ph.D Thesis Agriculture College , University of Sulaimania.

Mam Rasul, Gh. A. and M. A. Al-Obaidi (2011). Kinetics of potassium desorption from entisols, vertisols and mollisols using modified miscible displacement technique in Sulaimania Governorate. Mesopotamia Journal of Agriculture. 39 (3): 32 - 38.

McLean, E. O. and M. E. Watson (1985). Soil measurements of plant available potassium:227 - 308 in R-D-Muson(ed). Potassium In Agriculture- ASA.CSSA. And SSA, Madison, W.I.

Poonia, S. R. and E. A. Nicderbudde (2007). Exchange equilibrium of potassium in soils. III – Effect of K+ fertilization on K^+ - Ca^{2+} exchange. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. *149 (0): 691 - 701.*

Rao, Ch. S. ; A. Swarup ; A. S. Rao and U. R. Gobal (2004). Kinetics of non exchangeable potassium release from rapaquept as influenced by long term cropping fertilization and manuring. *Australian Journal of Soil Researches. 37 (7): 317 - 328.*

Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement Of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No.60 USDA Washington.

Rowell, D. L. and P. Dirmitories (2002). Diffusion and cation exchange during the reclamation of saline structured soils. *Geoderma 107: 271 - 278.*

Shanwall, A. V. (2006). Characterization of soil potassium derived from sorption - desorption experiments. *Plant and Soil. 251 (2): 331 - 341.*

Shanwall, A. V. and S. S. Dahiya (2006). Potassium Dynamics and Mineralogy Encyclopedia of Soil Science. 2nd edition. In lal (ed.).

Simard, R. R. ; G. R. Dekimpe and J. Zizka (1992). Release of potassium and magnesium from soil fraction and its kinetics, *Soil Science Society of American Journal. 55: 1421 - 1429.*

Simonsson, M. ; S. Anderson ; Y. Angrich - Ranget ; S. Hillier ; L. Mattsson and I. Oborn (2007). Potassium release and fixation as function of fertilizer application rate and soil parent material. *Geoderma 140: 188 -198.*

Sparks, D.L. (2000). Bioavailability of soil potassium – In Handbook Of Soil. Walcolmn -Summered 2000 CORC Press. New York.

Sparks, D.L. (2003). Environmental Soil Chemistry of. 2ed edition. Elevier Science (USA).

Wang, J. J.; D. L. Harvell and P. F. Bell (2004). Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. *Soil Science Society of American Journal*. *68: 654 - 661*.