مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية المجلد(14) العدد(1)–(2014)
ISSN-1813-1646

# تأثير القوة الأيونية للمياه على تحرر البوتاسيوم من بعض الترب الكلسية في محافظة نينوى

**محمد علي جمال ألعبيدي  حازم محمود أحمد  محمد طاهر سعيد خليل**
**كلية الزراعة والغابات / جامعة الموصل / العراق**

**الكلمات الدالة:**
القوة الأيونية ، تحرر البوتاسيوم ، معادلة الانتشار ، الترب الكلسية.

**للمراسلة:**
**محمد علي جمال ألعبيدي**
كلية الزراعة والغابات– جامعة الموصل – العراق

**الاستلام :**

**الخلاصة**

أجريت دراسة مختبريه لتحديد سلوكية و تحرر البوتاسيوم من طوريه المتبادل وغير المتبادل بطريقة الجريان الهادئ (الإزاحة الأمتزاجية) في أعمدة تربة مستثارة جمعت من منطقتي الفاضلية والحمدانية شرق مدينة الموصل في شمالي العراق والمصنفة ضمن مجموعة الترب العظمى Calcid ولعشرة دورات ري مستمرة بهدف دراسة تأثير مدة الجريان على سعة وسرعة التحرر والانتشار من التربة باستخدام نوعين من المياه مختلفين في القوة الأيونية. أشارت النتائج إلى تفوق البوتاسيوم المتحرر التجميعي المياه ذات القوة الأيونية العالية على ما تم تحرره بفعل المياه ذات القوة الأيونية المنخفضة ، وأن هناك علاقة ارتباط عالية المعنوية لمدة الجريان على سعة التحرر $R^2$ (0.79 - 0.98) وأن عملية التحرر كشفت عن وجود مسارين الأول يمثل البوتاسيوم المتحرر من الطور المتبادل والثاني يمثل البوتاسيوم المتحرر من الطور غير المتبادل. كما حصل انخفاض تدريجي لعملية التحرر بتعاقب دورات الري وقد بلغ معامل السرعة من ترب الدراسة حسب معادلة الانتشار (0.048 - 0.146) و (0.125 - 0.256) سنتي مول. كغم$^{-1}$. دقيقة$^{-½}$ بفعل المياه ذات القوة الأيونية العالية وذات القوة الأيونية المنخفضة على التوالي.

# Effect of Water Ionic Strength on Potassium Desorption for Some Calcareous Soils in Nineveh Province

**Mohammed Ali J. Al-Obaidi, Hazim M. Ahmed and Mohammed Tahir S. Khalil**
**College of Agriculture and Forestry / University of Mosul / Iraq.**

**KeyWords:**
Ionic strength, $K^+$ desorption, diffusion model, calcareous soils.

**Correspondence:**
**Mohammed Ali** Foundation of College of Agri.and Forestry-Mousl University-Iraq

**Received:**

**Accepted:**

**Abstract**

A laboratory study was conducted to determine potassium desorption behavior from ex change- able and non-exchangeable phases by using miscible displacement technique for disturbed soil columns sampled from two locations in Mosul at northern of Iraq which were classified within soil great group (Calcid) for ten continuous irrigation cycles to study effect of flow time of two qualities of water differ in their ionic strength on rate and capacity of potassium desorption and diffusion from soils. Results showed higher values of accumulative desorbed $K^+$ by sulfuric water, a high significant correlation of flow time on $K^+$ desorption capacity $R^2$ (0.79 - 0.98). Desorption process appeared two different pathways representing exchangeable and non-exchangeable $K^+$ respectively. Also a graduate depression of desorption process is occurred by alternative irrigation cycles. Soils coefficient $K^+$ desorption by low ionic strength waters were ranged from (0.048 - 0.146) , (0.125 - 0.256) C.mole.kg$^{-1}$.mint.$^{-½}$ for high and low ionic strength for both studied soils respectively.

**المقدمة**

من التفاعلات الكيميائية التي تحدث للبوتاسيوم في التربة هي الأمتزاز والتحرر والإذابة للمكونات المعدنية الصلبة خلال مرور الماء في جسم التربة (Sparks, 1989) وأن السبيل الأمثل لوصف هذه التفاعلات هو التحول من المعايير التقليدية إلى المعايير الحركية (Mengle و Rahmatullah, 1998 و Sparks, 2000) ، ويتطلب تطبيق ذلك إدخال عامل الزمن مع الكمية المتحررة ثم وصفها بمعادلات رياضية (Majumbar وآخرون, 2002) والتي تكون ذات طابع تجريبي أو تستند على أسس كيميائية ويعبر عن ذلك بمعامل سرعة التحرر وهو قيمة حركية. ولكن الترب تختلف في سرعة تحررها للبوتاسيوم اعتمادا على عدة عوامل منها نوع المستخلص

وتقنيات الاستخلاص وسرعتها ومدة تماس محلول الاستخلاص مع التربة ونوع المعادن السائدة ودرجة الحرارة (Zarrabi و ,2008) Jalali ويستند المدخل النظري لهذا المفهوم على القوانين المعتمدة على سرعة التفاعل بهدف حساب معامل سرعة التفاعل $K_d$ ونصف عمر التفاعل $t^{½}$ (Sposito, 2008) ، وأكدت كثير من الدراسات أن سلوك البوتاسيوم سواء الممتز أو المتحرر يرتبط بعوامل منها المعادن الحاملة له وتغيرات درجات الحرارة و التجوية التي تحكمها تعاقب فترات الجفاف و ألأبتلال (Shen و Stucki, 2004) . كما يتأثر محلول التربة بكمية البوتاسيوم الموجودة اعتمادا على سرعة الأبتلال( Shen و Stucki, 2004) . كما يتأثر محلول التربة بكمية البوتاسيوم الموجودة اعتمادا على سرعة استنزافه من قبل النبات أو ما يتحرر من أطوار الأمتزاز (Abdul Hammam وآخرون, 2007) ويرتبط البوتاسيوم بقوى أرتباط اليكتروستاتيكية مختلفة مع الغرويات ذات الشحنة السالبة عند مواقع الأمتزاز على حافات أوجه معادن الطين أو بين الطبقات (Havlin وآخرون ,2005). ويعتمد البوتاسيوم المتحرر على كمية المياه المارة خلال عمود التربة والتي تكون بدورها كدالة للتركيبة الأيونية المتمثلة بالقوة الأيونية للمياه ونسب أمتزاز الصوديوم SAR ، فقد وجد الكيكي ,(2013) أن زيادة القوة الأيونية للمياه أدى إلى زيادة البوتاسيوم المتحرر عند SAR ثابت من التربة الكلسية لمدينة الموصل في شمالي العراق ، كما حصل Jalali (2007), على فيم بوتاسيوم متحرر بزيادة القوة الأيونية و قيم SAR للمياه في دراسته على ترب إيرانية ذات مادة أصل كلسية ، وقد أشار ,(2005) Essington و Dubey وآخرون2007) إلى التأثير الكبير للمياه على التركيب الكيميائي لمحلول التربة وأن عملية الري ستؤدي الى تحرر أيونات منها البوتاسيوم وأن مقدار ما يتحرر من مواقع التبادل وإذابة المعادن الحاملة للبوتاسيوم يعتمد على قدرة المياه المارة على استبدال البوتاسيوم القابل للتبادل في هذه المعادن (Brar و ,1999 Bagwa و Razaei وآخرون,2009) من خلال دور القوة الأيونية للمياه في زيادة إذابة كربونات الكالسيوم الذي ينتج عنه تحرر الكالسيوم وينعكس ذلك على معامل سرعة تحرر البوتاسيوم. ونظرا لأهمية المياه في تطوير الزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة وما تحتويه هذه الترب من محتوى قابل للتحرر ولكن يسرع واطئة (ألعبيدي ,2006) ولأحل معرفة دور القوة الأيونية للمياه على تحرر البوتاسيوم من الترب والمعادن أجريت هذه الدراسة.

**مواد البحث وطرائقه**

اختير موقعي الفاضلية والحمدانية في محافظة نينوى في شمالي العراق من رتبة Aridisols ضمن مجموعة الترب العظمى Calcid (Anonymous, 2008) على عمق30 سم . جلبت عينة الماء ذات القوة الأيونية العالية من أحدى عيون المياه المعدنية المحلية في منطقة القوسيات قرب موقع جامعة الموصل وجلبت عينة الماء الثانية ذات القوة الأيونية المنخفضة من نهر دجلة ضمن محافظة نينوى. قدرت بعض الخصائص الفيزيائية و الكيميائية للترب والمياه استنادا للطرائق الواردة في (Carter و Gregorich، 2008) . صنفت المياه حسب مختبر الملوحة الأمريكي (Richards, 1954) الجدولين (1 و2) . تم السماح للنوعين من المياه بالمرور الهادئ خلال أعمدة ترب طبيعية بطول 30 سم ونصف قطر 6.5 سم بطريقة العمق الثابت وبعمق ضاغط قدره 4 سم فوق سطح التربة في نظام الغمر المستمر وبسرعة جريان قدرها 1 مل. دقيقة$^{-1}$و(Martin و Spark, 1983) . تم تسجيل زمن نزول أول قطرة لرواشح الاتزان و أخذت عينات كل عشرة دقائق استمرت عملية الإزاحة الأمتزاجية لغاية 240 دقيقة.

1- قدرت كمية البوتاسيوم الذائبة في محلول الاتزان باستخدام جهاز قياس العناصر باللهب الضوئي Flame photometer و تم التعبير عن البوتاسيوم بوحدات $C.mole.kg^{-1}$.

2- تم حساب معامل سرعة تحرر أيون البوتاسيوم بإخضاع النتائج إلى معادلة الانتشار ذات القطع المكافئ Parabolic diffusion model والتي تنص على :

$$Ct = Co - K_r t^{½}$$

حيث أن Ct : تركيز البوتاسيوم القابل للتحرر عند الزمن t ، $K_r$ : معامل سرعة التحرر ، t : الزمن (دقيقة) .

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

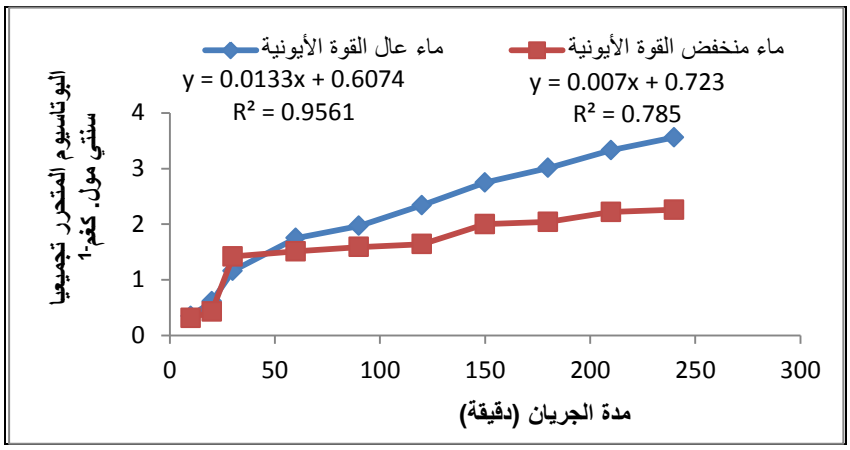
| الصفة | | الموقع | | الوحدة |
|---|---|---|---|---|
| | | الفاضلية | الحمدانية | |
| الطين | | 375 | 373 | غم. كغم$^{-1}$ |
| الغرين | | 387 | 384 | |
| الرمل | | 238 | 243 | |
| معادن الكربونات | | 188 | 210 | |
| المادة العضوية | | 14 | 13.5 | |
| مستخلص 1: 1 | التوصيل الكهربائي | 0.47 | 0. 37 | dS.m$^{-1}$ |
| | الدالة الحامضية | 7.2 | 7.3 | |
| السعة التبادلية الكاتيونية | | 18.9 | 18.7 | سنتي مول شحنة. كغم$^{-1}$ |
| الأيونات الذائبة | الكالسيوم | 2.6 | 2.4 | ملي مول. لتر$^{-1}$ |
| | المغنيسيوم | 1.1 | 0.8 | |
| | الصوديوم | 0.87 | 0.45 | |
| | البوتاسيوم | 0.11 | 0.06 | |
| | البيكاربونات | 2.1 | 1.9 | |
| | الكبريتات | 2.3 | 1.3 | |
| | الكلوريدات | 0.13 | 0.14 | |

الجدول (2) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لمياه الري المستخدمة في الدراسة

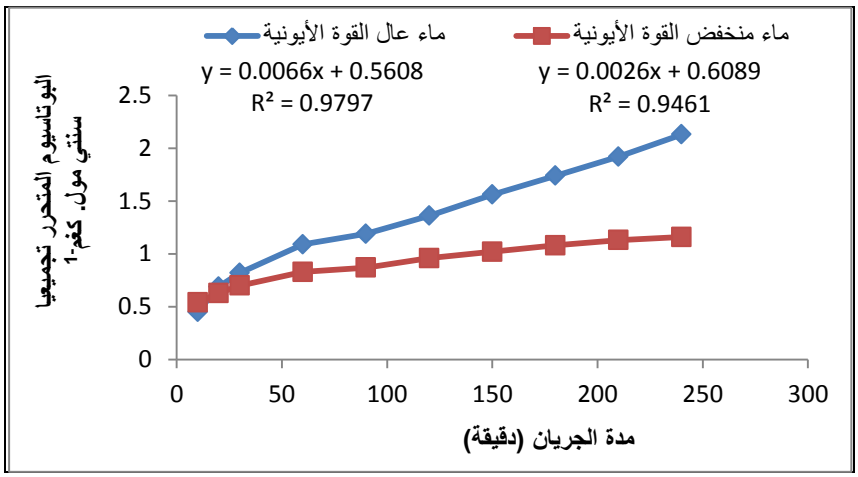
| تصنيف المياه | SAR | $K^+$ | $Na^+$ | $Mg^{+2}$ | $Ca^{+2}$ | EC dS.m$^{-1}$ | pH | القوة الأيونية للمياه مول. لتر$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ملي مول. لتر$^{-1}$ | | | | | | |
| $C_4S_1$ | 7.63 | 1.8 | 37 | 20 | 3.5 | 8.6 | 7.8 | $11.2 \times 10^{-5}$ |
| $C_2S_1$ | 0.28 | 0.05 | 0.56 | 2.0 | 2.0 | 0.86 | 8.0 | $1.12 \times 10^{-5}$ |

**النتائج والمناقشة**

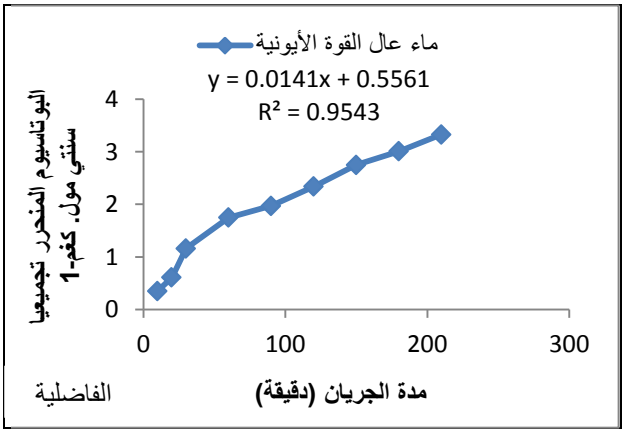
تشير النتائج المبينة في الشكلين (1و 2) إلى وجود ارتباط عالي المعنوية بين البوتاسيوم المتحرر ومدة الجريان . مما يؤكد دور مدة تماس المياه على الكمية المتحررة من البوتاسيوم لموقعي الدراسة. أذ يلاحظ أن ما تحرره المياه من بوتاسيوم التربة أزداد بصورة تراكمية بزيادة مدة مرور المياه. وقد بلغت الكمية المتحررة (2.26 و 3.56) سنتي مول. شحنة. كغم$^{-1}$ من تربة الفاضلية باستخدام مياه ذات قوة أيونية منخفضة ومياه أخرى ذات قوة أيونية عالية على التوالي، في حين بلغت سعة التحرر الكلية خلال مدة الجريان (1.6 و 2.3) سنتي مول.شحنة. كغم$^{-1}$ من تربة الحمدانية باستخدام المياه ذات القوة الأيونية المنخفضة والعالية على التوالي. أن اختلاف كمية البوتاسيوم المتحررة من الترب يعكس دور كل من القوة الأيونية للمياه، فالمياه ذات القوة الأيونية العالية لها دور كبير في الضغط على الطبقة الكهربائية المزدوجة الأمر أكثر من تلك ذات القوة الأيونية المنخفضة الذي تجعل التربة أكثر عرضة للتحرر، كما أن ارتفاع قيم نسب أمتزاز الصوديوم للمياه SAR المرافق للقوة الأيونية أدى الى زيادة تحرر البوتاسيوم عن طريق عمليات التبادل و الإزاحة نحو المحلول الجاري في جسم التربة. ومن خلال متابعة عملية التحرر الشكلين (1 و 2) يتضح بأنها تمر في مرحلتين الأولى مرحلة تحرر الطور المتبادل والتي لا تلبث سوى دقائق معدودة يعقبها تحرر بطئ من الطور الصلب يعبر عن حركة الطور غير المتبادل إلى محلول التربة المتجدد بفعل جريان الماء كونه أقل تركيزا من البوتاسيوم بفعل عملية الانتشار التي تخضع لقانون فكس Ficks law . كما أن استمرار تعاقب المياه وتجددها في عملية الإزاحة الأمتزاجية الهادئة المارة من خلال أعمدة الترب أدى إلى زيادة في الكمية التجميعية للتحرر عن طريق أحداث تغير مستمر في حركة المواد المذابة بسبب عمليات التبادل الأيوني و عمليات الإذابة للمعادن الحاملة للبوتاسيوم (2003, Sparks) . أن ارتفاع قيم البوتاسيوم المتحررة خلال المرحلة الأولى وتفوقها على بقية فترات التفاعل

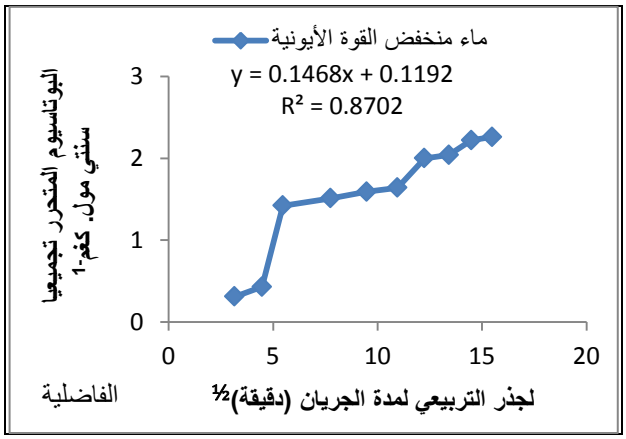


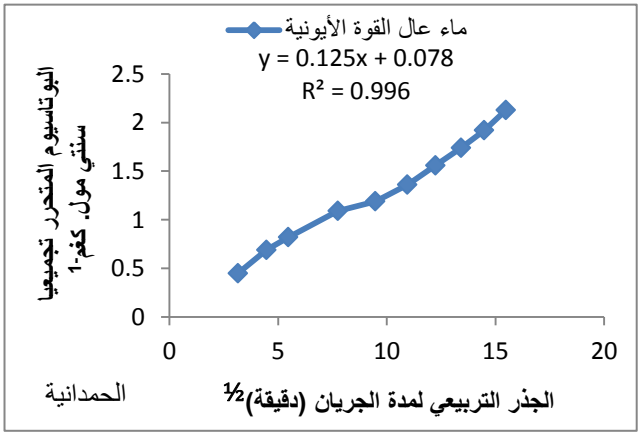

الشكل (1) : تأثير نوعية المياه ومدة جريانها على تحرر البوتاسيوم قي تربة الفاضلية

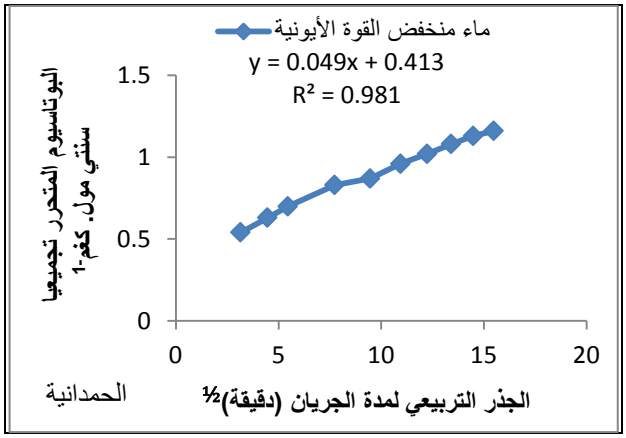



الشكل (2) : تأثير نوعية المياه ومدة جريانها على تجرر البوتاسيوم قي تربة الحمدانية



الشكل (3) : العلاقة بين البوتاسيوم المتحرر تجميعيا (سنتي مول. كغم$^{-1}$) والجذر التربيعي لمدة الجريان (دقيقة) $^{½}$ .

الأخيرة يعود إلى ضعف قوة ارتباط الأيون على سطح الغرويات المسؤولة عن الأمتزاز مما يؤدي إلى سهولة تحرره وأن زيادة مدة التفاعل أسهمت في زيادة كمية الأيون المرتبط المضاف. في حين يوضح الشكل (3 ) مسار عملية التحرر وفق دالة الانتشار والحاصلة نتيجة التبادل الأيوني والذوبان الجزئي للمعادن الحاملة للبوتاسيوم ( البوتاسيوم غير المتبادل) وذلك اعتمادا على نوعية المياه المارة خلال جسم التربة بعد ما وصلت عملية التبادل إلى حد الاستقرار ، فالمياه ذات القوة الأيونية العالية أمتزت الكميات القابلة للتبادل وهذا يعكس تأثير نوعية المياه في أغناء معقد التبادل بأيونات الكالسيوم والمغنيسيوم والصوديوم والمعبر عنه بقيمة SAR وفق قانون النسب Ratio law بينما أدى اختلاف القوة الأيونية للمياه ووجود الأيون المشترك الى تحرر من ذوبان المعادن الحاملة له ( الكيكي ,2013) بين الجدول (3) أن سعة تحرر البوتاسيوم والتي هي مجموع البوتاسيوم المتحرر خلال 240 دقيقة من تربة الفاضلية كان أقل من سعة تحرره في تربة الحمدانية والتي بلغت من 0.117 - 0.412 سنتي مول. كغم$^{-1}$ باستخدام المياه ذات القوة الأيونية المنخفضة ، ومن 0.398 - 0.760 سنتي مول. كغم$^{-1}$ بفعل المياه ذات القوة الأيونية العالية ، وقد يعود سبب تفوق المياه إلى دور القوة الأيونية للمياه والتي تعمل على تحرر أيونات الكالسيوم والمغنيسيوم الى طور التربة السائل وإعادة أتزان محلول التربة الكلسية مما يرفع قيم SAR المياه وبالتالي تزداد قدرة التبادل الأيوني (الكيكي ,2013) ، ومن جهة فأن زيادة الذوبان يؤدي الى رفع القوة الأيونية للمياه خلال مدة التفاعل. ولبيان مدى تأثير نوعية المياه على سرعة تحرر البوتاسيوم وفق معادلة الانتشار ، فقد أظهر الجدول (3) أن معامل سرعة التحرر وبغض النظر عن التربة فأن المياه ذات القوة الأيونية العالية كانت أسرع تحررا من المياه ذات القوة الأيونية المنخفضة وهذا يعود الى دور القوة الأيونية للمياه في زيادة إذابة معادن الكربونات والذي ينتج عنه تحرر الكالسيوم والمغنيسيوم و اللذان يساهمان في زيادة عملية التبادل الأيوني وبالتالي تحرر البوتاسيوم مما ينعكس على معامل التحرر ( العبيدي و آخرون ,2012) . أما التباين في قيم ثابت سرعة التحرر من تربتي الدراسة قد يعود الى التباين في محتواهما من كربونات الكالسيوم الجدول (1) و البوتاسيوم الذائب ، ولأجل التقويم الخصوبي للبوتاسيوم المتحرر فقد أعتمد ما جاء به Goulding و Loveland ,(1986) و طبقه الزبيدي و ألعبيدي ,(2001) و أحمد و ألعبيدي , (2012) في ترب عراقية و في ترب موريتانيا سعد الله و بن بلة,(2005) و في ترب سوريا نعناع وآخرون ,(2007) باعتماد قيم سعة البوتاسيوم المتحرر من التربة للطور المتبادل المتبادل وغير المتبادل والبالغة 46 - 161 ملغم. كغم$^{-1}$ لتربتي الفاضلية والحمدانية على التوالي نتيجة استخدام المياه ذات قوة أيونية عالية حيث تم احتساب الكمية المتبادلة من امتداد الجزء الأول لمسار التحرر $M_1$ بينما تم احتساب الكمية

الجدول (3) : تأثير نوعية المياه على سعة تحرر البوتاسيوم حسب معادلة الانتشار ذات القطع المكافئ.

| الموقع | القوة الأيونية للمياه مول. لتر$^{-1}$ | البوتاسيوم المتحرر | | |
|---|---|---|---|---|
| | | سعة التحرر سنتي مول. كغم$^{-1}$ | سرعة التحرر سنتي مول. كغم$^{-1}$. دقيقة$^{-1}$ | معامل التحديد $R^2$ |
| لفاضلية | $1.12 \times 10^{-5}$ | 0.117 | 0.146 | 0.87 |
| | $11.2 \times 10^{-5}$ | 0.398 | 0.256 | 0.95 |
| الحمدانية | $1.12 \times 10^{-5}$ | 0.412 | 0.048 | 0.98 |
| | $11.2 \times 10^{-5}$ | 0.760 | 0.125 | 0.99 |

غير المتبادلة $M_2$ لامتداد مسار الخط الثاني وأن مجموع ما يتحرر من الطورين يعبر عما يتحرر من مايكا التربة (Goulding, 1987) . أما سرعة التحرر المعبر عنها $R_1$ للطور المتبادل من ميل العلاقة الخطية لمسار تفاعل الجزء الأول $R_2$ يعبر عن سرعة التحرر من الطور غير المتبادل من ميل العلاقة الخطية للجزء الثاني من مسار التحرر وأن قيمة $½ (R_2 + R_1)$ تعبر عن سرعة تحرر البوتاسيوم من مايكا التربة الشكل (3) ووفق الحدود المبينة في الجدول (4) و التي أشار إليها Goulding و(Loveland 1986) فأن سعة و سرعة ما تحرره المياه ذات القوة الأيونية المنخفضة من البوتاسيوم هي أقل بقليل من سعة وسرعة ما تحرره المياه ذات القوة الأيونية العالية والتي هي دون الحد الحرج مما يتطلب أجراء المزيد من الدراسات التي تعمل على رفع سعة وسرعة تحرر البوتاسيوم في الترب

الجدول (4) : تأثير نوعية المياه على تحرر البوتاسيوم من المايكا
حسب معادلة الانتشار ذات القطع المكافئ.

| الموقع | القوة الأيونية للمياه مول. لتر$^{-1}$ | البوتاسيوم المتحرر من المايكا | |
|---|---|---|---|
| | | سعة التحرر سنتي مول. كغم$^{-1}$ | سرعة التحرر سنتي مول. كغم$^{-1}$. دقيقة$^{-1}$ |
| لفاضلية | $1.12 \times 10^{-5}$ | 161 | 9 |
| | $11.2 \times 10^{-5}$ | 297 | 24 |
| الحمدانية | $1.12 \times 10^{-5}$ | 46 | 28.5 |
| | $11.2 \times 10^{-5}$ | 156 | 50 |
| التقويم الخصوبي والحد الحرج للبوتاسيوم المتحرر | | 2000 (سعة تحرر منخفضة) | 500 (سرعة تحرر منخفضة) |

**المصادر**


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

ألعبيدي ، محمد علي جمال ، عامر وديع عبد الكريم وعبد القادر عبش سباك، (2012). حركيات تحرر الكالسيوم و المغنيسيوم في الترب الكلسية المروية بنوعيات مياه مختلفة. مجلة جامعة تكريت للعلوم الزراعية 12 (4) : 145 - 156.

ألعبيدي ، حمدية شهاب أحمد (2006). تأثير نوعية المياه في حركيات و تحرر المغنيسيوم في الترب الكلسية. رسالة ماجستير، كلية الزراعة ، جامعة بغداد

الزبيدي، أحمد حيدر و محمد علي جمال العبيدي (2001). الوصف الرياضي لحركيات البوتاسيوم في بعض الترب العراقية. المجلة العراقية لعلوم التربة المجلد 1 : (2) 282 - 290.

الكيكي، رضوان عبد الله محمد ,(2013). تأثير نوعية المياه على حركيات تحرر البوتاسيوم في بعض ترب محافظة نينوى. رسالة دبلوم ، كلية الزراعة والغابات ، جامعة الموصل.

سعد الله، علي محمد و أحمد ولد محفوظ بن بلة (2005). تحرر البوتاسيوم من بعض ترب موريتانيا. المجلة العراقية لعلوم التربة المجلد 2 (1) : 282 - 290.

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 ، 2 (1) : 123– 144 .

Abdul Hammam, A. M. R., Rahmatullah and M. Wagas (2007). Potassium adsorption characteristics of four different textured alkaline calcareous soils. Pakistan Journal of Agricultural Science. 44 : 242 - 247.

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

Brar, B. S. and M. S. Bagwa (1999). Release of calcium and magnesium in arid zone soil of Punjab and its description using different mathematical methods. Journal of Indian Society Soil Science. 47. 4 : 715 - 720.

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

Dubey, D. D. ; R. K. Gupta ; S. C. Tiwari and O. P. Sharma (2007). Effect of water quality on release precipitation of ions in a Vertic Ustochrept. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 151:375 - 378 .

Essington, M. E. (2005). Soil & Water Chemistry, an Integrative Approach . CRC Press .

Goulding K. W. T. and P.J. Loveland (1986). The classification and mapping of potassium reserve in soils of England and Wales. Journal of Soil Science, 37 : 555 - 565.

Goulding, K.W.T. (1987). Potassium fixation and release in methodology in soil research proceed, 20th Collog. Int. Potash. Inst., pp. 125-142.

Havlin, J. L. ; J. D. Beaton ; S. L. Tisdale and W. L. Nelson (2005). Soil Fertility and Fertilizers. 7th . ED., Upper Saddle River. New Jersey.

Jalali, M. (2007). Spatial variability in potassium release among calcareous soils of Western Iran. Geoderma, 140 : 42 - 51.

Majumbar, K. ; K. S. Sanyal and S. Datta (2002). Potassium release and fixation behavior of mineralogy different soils of

India. 17th World Congress of Soil Science. 28 : 983 - 993.

Martin, H. W. and D. L. Sparks (1983). Kinetics of non-exchangeable potassium release from two coastal plain soils. Soil Science Society of American Journal. 47: 883 - 887.

Mengle, K. and H. D. Rahmatullah (1998). Release of potassium from the silt and sand fraction of loess-derived soils. Journal of Soil Science. 163 : 805 - 813.

Razaie M. and S. A. R. Movahedi (2009). Kinetics of potassium description from loess soil, soil mixed with zeolite and clinoptilolite zeolite as influenced by calcium and ammonium. Journal of Applied Science. 9: 3335 −3342.

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

.

Shen, S. and J. W. Stucki (2004). Effect of iron oxidation state on the behavior of potassium in soils. Illinois Fertilizer Conference proceeding. University of Illnois. 24 - 26.

Sparks, D.L. (2003). Environmental Chemistry of Soils. Academic Press, Inc., England

Sparks, D. L. (2000). Bioavailability of Soil Potassium. Pp 38 - 52. In M.E - (ed) Handbook of Soil Science, CRC Press, Boca Raton, FL.

Sparks, D. L. (1989). Kinetics of Soil Chemical Process. Academic Press San Diego, CA.

Sposito, G. (2008).The Chemistry of Soils. Second Edition. Oxford University , Press. England.

Zarrabi, M. and M. Jalali (2008). Evaluation of extractants and quantity-intensity relationship for estimation of available potassium in some calcareous soils of Western Iran. Journal of Soil Science and Plant Analysis. 39 : 2663 - 2677.