حالة صور البوتاسيوم في بعض الترب الصحراوية الرسوبية الحديثة الجافة وأثر الزراعة فيها

رعد عبد الكريم التميمي
أستاذ مساعد
قسم علوم التربة والموارد المائية – كلية الزراعة – جامعة ديالى
altamimiraad29@gmail.com

المستخلص

أجريت هذه الدراسة لتحديد حالة صور البوتاسيوم في بعض الترب الصحراوية الرسوبية الحديثة جنوبي ليبيا، والعلاقة بينها، وأثر الزراعة فيها. جمعت عينات من الطبقة السطحية (0–30 سم) لبعض الحقول المزروعة في مشروع المكنوسة الزراعي ومن المناطق البكر المجاورة لها، وقُدِّر البوتاسيوم الذائب بالماء، والمستخلص بخلات الأمونيوم، والرصيد، والمستخلص بحامض الكبريتيك، والمستخلص بحامض النتريك المغلي، لتعيين القوة الإمدادية للترب من هذا العنصر، وقُدِّر البوتاسيوم الكلي أيضاً. أظهرت النتائج أن قيم البوتاسيوم الذائب بالماء والمتبادل كانت ضمن مدى محتوى ترب المناطق القاحلة وشبه القاحلة، وبلغت قيم البوتاسيوم الرصيد 0.359–2.827 و1.897–3.422 سنتيمول كغم$^{-1}$ بمتوسط 1.702 و2.637 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب المستغلة والبكر على التوالي، وكانت قيم البوتاسيوم المرحلي الابتدائي بين 0.214–1.294 سنتيمول كغم$^{-1}$، بمتوسط 0.522 و0.926 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب المستغلة والبكر على التوالي، والبوتاسيوم المرحلي الكلي بين 0.982–5.995 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة، بمتوسط 2.480 و 3.765 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب المستغلة والبكر على التوالي، وبلغ تركيز البوتاسيوم الكلي 15.16–36.71 بمتوسط 24.52 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب المستغلة وبين 23.53–30.06 بمتوسط 26.38 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب البكر. أدت الزراعة إلى انخفاض تركيز البوتاسيوم في جميع صوره، وارتبطت صور البوتاسيوم باستثناء بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك والكلي مع بعضها بعلاقة معنوية أو عالية المعنوية.

كلمات مفتاحية: البوتاسيوم الرصيد، البوتاسيوم المستخلص، البوتاسيوم المرحلي الابتدائي والمرحلي الكلي، المعدل الثابت للبوتاسيوم، قوة إمداد البوتاسيوم.

The Iraqi Journal of Agricultural Sciences –598-607: (2) 48/ 2017 Al- Tamimi

POTASSIUM FORMS STATUS IN SOME DESERT TORRIFLUVENTS SOIL AND EFFECT OF CULTIVATION ON IT

R. A. Al-Tamimi
Assist. Prof.
Soil Sci. & Water Resources Dept., College of Agric., Diyala Univ.-IRQ
altamimiraad29@gmail.com

ABSTRACT

This research was conducted to study potassium status and forms in some desert Torrifluvents soil, from south of Libya and to clarify the effect of cultivation on its forms. Composite soil samples were collected from surface soils (0-30 cm) of some cultivated fields and from larva regions besides these fields. Various forms of potassium were determined i.e. soluble-K, NH_4OAC extractable-K, reserve-K, sulphuric acid-K, boiling nitric acid-K to determine primary step-K and total step-K, and total K. Results indicated that all soils have high content of soluble and exchangeable potassium, and within the range of arid and semi–arid soils. Reserve-K was ranged between 0.359– 3.422 cmol kg^{-1} with an average of 1.702 and 2.637 cmol kg^{-1} in cultivated and virgin soils respectively. All soils had low content of primary step which ranged between 0.214-1.294 cmol kg^{-1} with an average of 0.522 and 0.926 cmol kg^{-1} in cultivated and virgin soils respectively. Total step potassium was ranged between 0.982–5.995 cmol kg^{-1} with average of 2.480 and 3.765 cmol kg^{-1} for cultivated and larva soils respectively. Total potassium concentration was between 15.16–36.71 and 23.53-30.06 cmol kg^{-1} with average of 24.52 and 26.38 in cultivated and virgin soils respectively. All forms of potassium were decreased as a result of cultivation. Apart from K-HCl and total K, the rest forms of potassium were significantly correlated with each other's.

Key words: extractable-K, reserve-K, primary step-K, constant rate–k, total step-K, supplying power.

المقدمة

يستخدم بعض العاملين في مجال كيمياء التربة وخصوبتها معايير كيمياء التربة الوصفية ويستخدم بعضهم الآخر معايير الكيمياء الحركية للتعرف على حالة البوتاسيوم فيها، وكشف العلاقة بين صوره المختلفة، وقدرة التربة على تجهيزه للنبات، وقدرتها التنظيمية، من أجل فهم أفضل لسلوك هذا العنصر فيها، والذي يتصف بوجود حالة اتزان بين صوره المختلفة في التربة، ويُقسم على أساس صلاحيته للنبات إلى ثلاث صور: غير المتيسر وبطيء التيسر وسهل التيسر، ويُمثِّل غير المتيسر الجزء الأكبر من البوتاسيوم الكلي في التربة، ويوجد في المعادن الأولية، مثل: الفلدسبار البوتاسي والمايكا (11)، ولا تكون هذه الصورة مصدراً مهماً في تجهيز النباتات النامية بالبوتاسيوم في أثناء موسم النمو، إلا إنها تُسهم على المدى البعيد في زيادة البوتاسيوم المتيسر بالتربة. أما الصورة البطيئة التيسر، وتسمى أيضاً البوتاسيوم غير المتبادل، فتشمل البوتاسيوم المثبت بين طبقات معادن الطين، مثل: الإليت، والفرمكيوليت، والبايدليت، ويمكن أن يتحرر بعضه الممسوك بين طبقات هذه المعادن بسهولة نسبياً لتعويض ما امتصه النبات في أثناء مواسم النمو (12 و18)، وذكرت بعض الدراسات إسهام هذه الصورة في إمداد المحاصيل بالبوتاسيوم (1 و3 و11)، لذا يمكن اعتماده معياراً لتقييم حالة البوتاسيوم في التربة كونه يحدد قدرتها على تجهيز البوتاسيوم في أثناء موسم النمو، وبين Richard وBates (19) أن البوتاسيوم غير المتبادل، والذي يُقدّر بالاستخلاص المتتابع بحامض النتريك المولاري (البوتاسيوم المرحلي)، خير دليلٍ لتقدير قوة إمداد البوتاسيوم في بعض الترب الكندية، وذكر Wang وآخران (20) أن البوتاسيوم غير المتبادل هو الذي يسيطر على السعة التنظيمية لهذا العنصر في الترب ذات المحتوى المنخفض من البوتاسيوم الجاهز المستخلص بخلات الأمونيوم، لذا فمن الأفضل أن يشمل اختبار محتوى التربة من البوتاسيوم قياس الكمية النسبية للبوتاسيوم غير المتبادل، أو كشف العلاقة بين هذه الصورة وبين مستويات البوتاسيوم الجاهز آنياً. أما الصورة الثالثة لبوتاسيوم التربة، فهي سهلة التيسر للنبات، وتشمل الذائب في محلول التربة والمتبادل على أسطح غروياتها والذي يُشكِّل معظم هذه الصورة، ويكونان في حالة إتزان ديناميكي مع بعضهما، ويتم استخلاص هذه الصورة بمحاليل الأملاح المتعادلة، وأكثرها شيوعا محلول خلات الأمونيوم المتعادل، 1 مولاري، وقد كشفت العديد من الدراسات إمكانية استخدام صورة البوتاسيوم هذه لكشف قدرة التربة على تجهيز النبات بحاجته من البوتاسيوم، وذلك لارتباطها معنوياً مع البوتاسيوم الذي امتصه النبات ومع انتاجيته، بينما يعتقد قسم من العاملين في مجال كيمياء التربة وخصوبتها عدم كفاية هذه الطريقة، لكونها لا تستطيع قياس البوتاسيوم غير المتبادل الذي يتحول إلى صيغة جاهزة بسهولة نسبية في أثناء موسم نمو النبات، ولا تستطيع كشف العلاقة بين مختلف الصور الاحتياطية للبوتاسيوم أو قدرة التربة التنظيمية للبوتاسيوم (6 و13)، فقد تتشابه الترب في محتواها من البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم إلا أنها تختلف في قدرتها على تعويض المستنزف منه إلى محلول التربة (20)، ويرتبط ذلك بصفات التربة الفيزيوكيميائية وتكوينها المعدني وصفات النبات، ويذكر بعض الباحثين أن السعة التشبيعية للبوتاسيوم (%من السعة التبادلية للأيونات الموجبة) هي في الغالب أفضل من البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم للتعبير عن قدرة التربة على تجهيز البوتاسيوم، لأنها تأخذ بالحسبان العلاقة بين البوتاسيوم وبقية الأيونات الموجبة المتبادلة (5). نظراً لانعدام الدراسات المتعلقة بكيمياء البوتاسيوم في الترب الرسوبية الحديثة الجافة جنوب ليبيا، والتي بدأ الاستغلال الزراعي الكثيف لقسم منها منذ ما يقرب من ثلاثة عقود أو يزيد، لذا أجريت هذه الدراسة للتعرف على حالة صور البوتاسيوم في بعض هذه الترب في مشروع المكنوسة الزراعي، وكشف قدرتها على إمداده للمحاصيل الزراعية، والعلاقة بين هذه الصور، وأثر الزراعة فيها.

المواد وطرائق العمل

جمعت عينات تربة مركبة من الطبقة السطحية (0–30 سم) لحقول بعض الدوائر الزراعية المستغلة في مشروع المكنوسة الزراعي جنوبي ليبيا، ومن الحدود المجاورة لبعض تلك الدوائر والتي لم يسبق استغلالها زراعياً، وجميع ترب الدراسة مصنفة بأنها رسوبية حديثة جافة (Torrifluvents). جُففت العينات، ومُررت من منخل قطر فتحاته 2 ملم، وحُفظت لإجراء التحاليل المطلوبة، وقُدرت الصفات العامة للترب وفقاً للطرائق الواردة في Page وآخرون (15)، ويوضح الجدول

(1) بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لترب الدراسة. قُدرت صور البوتاسيوم المختلفة كالآتي:

1. البوتاسيوم الذائب في الماء: قُدّر في مستخلص العجينة المشبعة.

2. البوتاسيوم المتبادل: تم حسابه بطرح البوتاسيوم الذائب في الماء من البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم المتعادل، 1 مولاري (9).

3. البوتاسيوم غير المتبادل:

أ–البوتاسيوم الرصيد: قُدّر بغليان 10 غم تربة مع 100 مللتر حامض الهيدروكلوريك المولاري لمدة 5 دقائق وفقاً لطريقة Stahlberg وكما أوردها Wiklander (21).

ب– بوتاسيوم حامض الكبريتيك: قُدّر وفقاً لطريقة Hunter وPratt (8) والتي تتضمن ثلاثة أساليب لاستخلاص البوتاسيوم من التربة: الأول بإضافة 25 مللتراً من الماء المقطر إلى 10 غم تربة ثم إضافة 1 مللتراً من حامض الكبريتيك المركز، أما استخلاص بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثاني فيكون بإضافة 10 مللتراً من حامض الكبريتيك المركز إلى 10 غم تربة المضاف إليها أولاً 25 مللتراً ماء مقطراً، واستخلص بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثالث بإضافة 20 مللتراً من حامض الكبريتيك 3 مولاري إلى 10 غم تربة من دون ترطيب التربة بالماء المقطر، تركت العينات في الأساليب الثلاثة لتستقر نصف ساعة، رشحت التربة، وغسلت باستخدام 15 مللتراً من حامض الكبريتيك 0.1 عياري.

ج– البوتاسيوم المرحلي الابتدائي ومجموع البوتاسيوم المرحلي (Total step-K) والمعدل الثابت للبوتاسيوم (Constant rate K): تم تقدير هذه الصور وفقاً لطريقة Haylock (7) وكالآتي: أُضيف 50 مللتراً من حامض النتريك، 0.1 مولاري، إلى 5 غم تربة، وتُركت لتستقر طوال الليل (Over night)، ثم رشحت للحصول على البوتاسيوم المرحلي الابتدائي. أضيف 50 مللتراً من حامض النتريك، 1 عياري، إلى عينة التربة السابقة ومعها ورقة الترشيح، ووضعت على حمام مائي لمدة 10 دقائق بعد بدء الغليان ثم رشحت، وكُررت العملية خمس مرات متتالية، ويسمى كل مستخلص من المستخلصات الأربعة الأولى بالبوتاسيوم المرحلي (Step-K)، ويسمى المستخلص الخامس المعدل الثابت للبوتاسيوم (CRK)، ومجموع قيم المستخلصات الأربعة بعد طرح قيمة CRK من كل منها يسمى مجموع البوتاسيوم المرحلي الكلي (Total step–K).

4. البوتاسيوم الكلي: قُدِّر بعد صهر عينة التربة باستخدام خليط من حامضي الهيدروفلوريك والبيركلوريك (9). قُدّر البوتاسيوم في جميع المستخلصات باستخدام مطياف اللهب (Flame photometer)، وأستخدم برنامج الحاسوب الإحصائي SAS لحساب علاقة الإرتباط بين صور البوتاسيوم بعضها مع البعض الآخر ومع مفصولات التربة.

جدول 1. بعض صفات ترب الدراسة

رقم الحقل	تاريخ الاستغلال الزراعي	EC_e ** $dS\ m^{-1}$	pH_e §	CEC # $Cmol_+\ kg^{-1}$	غم كغم$^{-1}$					النسجة
					مادة عضوية	مكافئ الكربونات	الطين	الغرين	الرمل	
7 م *	1979	1.2	8.1	7.5	17.0	57.0	81.9	86.0	832.1	L.S.
12 م	1979	2.0	8.0	9.8	11.0	27.0	122.4	162.2	715.4	L.S
36 م	1979	0.7	7.2	3.0	11.2	0.0	21.6	33.4	945.0	S
30 ب*	–	5.2	8.1	7.0	2.9	142.0	85.3	74.2	840.5	L.S
30 م	1979	1.7	8.1	7.0	5.5	137.0	85.3	74.2	841.5	L.S
31 ب	–	1.2	8.0	5.2	2.3	33.0	49.7	48.5	901.8	S
31 م	1979	0.8	8.0	5.4	6.0	17.5	49.7	48.5	901.8	S
60 ب	-	12.6	7.2	5.0	2.1	30.0	40.0	41.8	918.2	S
60 م	1979	0.7	7.2	5.1	4.5	19.0	40.0	41.8	919.2	S
82 ب	–	7.5	8.3	10.4	3.1	142.0	80.2	60.1	859.7	S
82 م	1986	4.5	8.3	10.8	7.0	121.0	80.2	60.1	859.7	S
85 ب	–	3.2	7.5	11.2	3.3	48.0	88.7	122.4	788.9	L.S
85 م	1986	1.6	7.5	11.5	8.4	30.0	88.7	122.4	788.9	L.S

* م، ب= مزروع وبكر على التوالي.، ** EC_e = الإيصالية الكهربائية لمستخلص عجينة التربة المشبعة.، § pH_e = الأس الهيدروجيني لمستخلص عجينة التربة المشبعة.، # CEC = السعة التبادلية للأيونات الموجبة

النتائج والمناقشة

1- البوتاسيوم الذائب بالماء

بلغت قيم البوتاسيوم الذائب في ترب الدراسة المستغلة زراعياً بين 0.001 و0.011 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة، وفي الترب البكر بين 0.003 و0.019 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة (جدول 2)، وبمتوسط قدره 0.005 و0.008 سنتيمول كغم$^{-1}$ للمجموعتين على التوالي، وهذه القيم ضمن المدى الذي ذكرته عدة دراسات لترب المناطق القاحلة وشبه القاحلة (13 و16)، ويُشكل البوتاسيوم الذائب في الترب المزروعة بين 0.26 و1.39%، وفي الترب البكر بين 0.19 و1.28%من البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم، وبمتوسط 0.83 و0.65% للمجموعتين على التوالي، وبلغت نسبته من البوتاسيوم الرصيد بين 0.11 و0.25% في الترب المزروعة وبين 0.10 و0.55 % في الترب البكر، وبمتوسط 0.25 و0.33% للمجموعتين على التوالي، بينما كانت نسبته 0.31–1.28 بمتوسط 0.82 % وبين 0.29–1.45 بمتوسط 0.78 % من البوتاسيوم المرحلي الابتدائي في الترب المزروعة والبكر على التوالي، وبين 0.08–0.29 و0.10–0.32 % وبمتوسط 0.17 و0.19 % من البوتاسيوم المرحلي الكلي في الترب المزروعة والبكر على التوالي، أما نسبته من البوتاسيوم الكلي فكانت بين 0.006–0.042 و0.009–0.067 % وبمتوسط 0.017 و0.029 % في الترب المزروعة والبكر على التوالي. يمكن أن يعود اختلاف قيم البوتاسيوم الذائب في الترب عموماً إلى اختلاف محتواها من البوتاسيوم المتبادل وذلك بسبب العلاقة الديناميكية بينهما، ويؤيد هذا الرأي وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية بينهما (**r=0.791) (جدول 5)، أما الاختلاف بين الترب المستغلة فيمكن أن يعود إضافة إلى ما ذكر في أعلاه إلى تاريخ استغلالها الزراعي وشدته، كما هو الحال في ترب الحقول المرقمة: 7 و12 و30 و31 و36 و60 والتي بدأ استغلالها عام 1979 وترب الحقلين المرقمين 82 و85 واللذان بدأت زراعتهما عام 1986، ويعود انخفاض قيم البوتاسيوم الذائب في الترب المستغلة مقارنة بالترب البكر لاستنزافه نتيجة الزراعة وتعرضه للغسل أثناء الري بسبب سرعة حركة البوتاسيوم في الترب لكونها جميعاً ذات نسجة خشنة، وارتبط البوتاسيوم الذائب بعلاقة معنوية مع المعدل الثابت للبوتاسيوم وبعلاقة عالية المعنوية مع جميع صور البوتاسيوم الأخرى التي شملتها الدراسة باستثناء بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك والبوتاسيوم الكلي (جدول 5). إن وجود علاقة ارتباط عالية المعنوية بين البوتاسيوم الذائب والمتبادل يعود إلى حالة الاتزان المستمر بين هاتين الصورتين.

2- البوتاسيوم المتبادل

اختلفت الترب كثيرا في قيم البوتاسيوم المتبادل، وهي ضمن المدى الذي ذكرته العديد من الدراسات في ترب المناطق القاحلة وشبه القاحلة (13 و16)، وذكر بلبع (2) أن تركيزه في ترب هذه المناطق يكون بين 0.17–3.50 سنتيمول كغم$^{-1}$تربة، وتعد الترب البكر ذات محتوى مرتفع من البوتاسيوم المتبادل، وكانت قيمه بين 0.615–2.181 سنتيمول كغم$^{-1}$ (جدول 2)، بمتوسط 1.237 سنتيمول كغم$^{-1}$، أما الترب المستغلة فقد اختلفت كثيرا في محتواها من هذه الصيغة وكانت بين المرتفع (0.702 و0.598 و0.716 و1.609 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة) في عينات الحقول المرقمة 7 و31 و60 و82 على التوالي، والمتوسط (0.355 و0.300 و 0.396 سنتيمول كغم$^{-1}$) في عينات الحقول 12 و30 و85، والمنخفض كما في عينة الحقل رقم 36 إذ بلغ تركيزه 0.119 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة (جدول 2). أدت الزراعة إلى انخفاض قيم البوتاسيوم المتبادل بنسبة 51.2 و57.8 و 47.0 و26.2 و36.8 % في عينات ترب الحقول المرقمة 30 و31 و60 و82 و85 على التوالي، وذلك نتيجة لامتصاصه من جذور النبات أثناء موسم النمو، ولزيادة غسل البوتاسيوم الذائب مع مياه الري، والذي يوجد في حالة اتزان ديناميكي مع هذه الصورة، وتؤكد هذه النتيجة أهمية هذه الصورة في تجهيز النبات بالبوتاسيوم. يُشكِّل البوتاسيوم المتبادل في عينات الدراسة بين 98.6–99.7 % من البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم، بمتوسط 99.3 % لكلتا المجموعتين من الترب، وبلغت نسبته من البوتاسيوم الرصيد 18.1–64.4 %، بمتوسط 34.1 % في الترب المزروعة و27.1–63.7 %، بمتوسط 44.6 % في الترب البكر، بينما بلغت نسبته من البوتاسيوم المرحلي الكلي 12.1–35.0 % في الترب المزروعة و20.7–60.7 % في الترب البكر، بمتوسط 22.26 و24.4 % للمجموعتين

على التوالي، وكانت نسبته 0.78–6.0 %، بمتوسط 2.4 % و2.1– 7.7 %، بمتوسط 4.7 % من البوتاسيوم الكلي في الترب المزروعة والبكر على التوالي. وأدت الزراعة إلى انخفاض نسبة هذه الصورة إلى كل من البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم والرصيد والمرحلي الكلي والبوتاسيوم الكلي، وذلك نتيجة للأسباب السابق ذكرها آنفاً. وعلى الرغم مما تشكله هذه الصورة من نسبة مرتفعة من البوتاسيوم الجاهز نعتقد أن استخدام هذه الصورة في ترب الدراسة الحالية لن يكون مقياسا حقيقيا لتحديد قدرتها على إمداد البوتاسيوم لا سيما مع المحاصيل السريعة النمو ذات موسم النمو القصير، لكون الترب ذات سعة تبادل للأيونات الموجبة منخفضة ونسجة خشنة (جدول 1)، مما يتسبب في سرعة انخفاض تركيز البوتاسيوم المتبادل لاتزانه مع الذائب ومن ثم سرعة فقدانه بالغسل أثناء الري، هذا فضلاً عن كون القوة الإمدادية للبوتاسيوم تعتمد على مقياس السعة والشدة. وارتبط البوتاسيوم المتبادل بعلاقة عالية المعنوية مع جميع صور البوتاسيوم الأخرى باستثناء بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك والكلي (جدول 5).

3– قدرة الترب التنظيمية لتعويض البوتاسيوم

1.3– البوتاسيوم الرصيد

أظهرت نتائج الدراسة اختلاف قيم البوتاسيوم الرصيد في ترب الحقول المختلفة، (جدول 2)، واستناداً إلى الحدود التي وضعها Laves (10) لتقييم حالة البوتاسيوم الرصيد في التربة إلى منخفض ومعتدل ومرتفع، عندما تحوي أقل من 0.512 و0.512 –1.023 وأعلى من 1.023 سنتيمول بوتاسيوم رصيد كغم$^{-1}$ تربة على التوالي، فإن جميع الترب ذات محتوى مرتفع من البوتاسيوم الرصيد باستثناء عينة التربة للحقل رقم 36 فكانت ذات محتوى منخفض، مما يؤكد حاجتها للتسميد البوتاسي، وقد يعود انخفاض محتوى هذه التربة من البوتاسيوم الرصيد إلى انخفاض محتواها من الطين والغرين، وانخفاض سعتها التبادلية للأيونات الموجبة (جدول 1)، وكذلك إلى تكوينها المعدني. وأكدت النتائج أيضاً انخفاض قيم البوتاسيوم الرصيد في الترب المستغلة زراعيا مقارنة بالترب البكر، فكان بين 0.359 إلى 2.827 بمتوسط 1.702 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المزروعة، وبين 1.897 و3.422 بمتوسط 2.637 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب البكر، وبلغت نسبة انخفاضه بتأثير الزراعة 27.1 و44.3 و45.8 و26.9 و18.3% في عينات الحقول المرقمة 30 و31 و60 و82 و85 على التوالي، وبلغت نسبة هذه الصورة بين 2.37 و12.16 % من البوتاسيوم الكلي، وارتبط البوتاسيوم الرصيد بعلاقة معنوية مع المرحلي الكلي وبعلاقة عالية المعنوية المعنوية مع صور البوتاسيوم الأخرى التي شملتها الدراسة (جدول 5). بطرح قيم البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم المتعادل، 1 مولاري، من قيم البوتاسيوم الرصيد نحصل على قيم البوتاسيوم غير المتبادل المستخلص بحامض الهيدروكلوريك، وكانت قيمه بين 0.239 و2.117 بمتوسط 1.098 وبين 0.576 و1.649 بمتوسط 1.392 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المزروعة والبكر على التوالي (جدول 2)، وتوضح النتائج انخفاض قيم البوتاسيوم المستخلص بحامض الهيدروكلوريك بتأثير الزراعة، وبلغت نسبة انخفاضه 29.8 و28.3 و44.8 و28.0 و5.9% في عينات الحقول 30 و31 و60 و82 و85 على التوالي. تؤكد هذه النتيجة مشاركة هذه الصورة في تعويض البوتاسيوم المتبادل الذي يكون في حالة اتزان معها ومع البوتاسيوم الذائب في محلول التربة، ويمكن أن يعود اختلاف النسبة المئوية لانخفاض بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك إلى وجود اختلاف في التكوين المعدني للترب، ويوضحه اختلاف نسبة الانخفاض في الترب التي بدأ استغلالها في وقت واحد (الحقول 30 و31 و60 في عام 1979 والحقلين 82 و85 في عام 1986) وكذلك اختلاف محتوى الترب البكر لهذه الحقول من هذه الصورة من البوتاسيوم، كما إن تشابه نسبة انخفاض تركيز بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك في تربة الحقل 82 مع نسبة انخفاضها في تربة الحقلين المرقمين 30 و31 يؤيد الرأي السابق الذكر لا سيما أن جميع الحقول تزرع بالحنطة والشعير. لوحظ وجود علاقة ارتباط معنوية بين هذه الصورة وبوتاسيوم حامض الكبريتيك الأول والثاني وعلاقة عالية المعنوية مع البوتاسيوم الكلي (جدول 5). إن عدم وجود علاقة ارتباط بين هذه الصورة والبوتاسيوم الذائب والمتبادل تؤكد أن العلاقة معهما ليست آنية، وذلك لكون هذه الصورة تمثل قسم من البوتاسيوم المحجوز بين طبقات المعادن وعند حافاتها.

جدول 2. تركيز البوتاسيوم الذائب والمتبادل والرصيد وغير المتبادل المستخلص بحامض الهيدروكلوريك مقدراً بالسنتيمول كغم$^{-1}$

رقم الحقل	البوتاسيوم الذائب بالماء	البوتاسيوم المتبادل	البوتاسيوم الرصيد	غير المتبادل المستخلص بـ HCl
7 م*	0.008	0.702	2.827	2.117
12 م	0.005	0.355	1.655	1.295
36 م	0.001	0.119	0.359	0.239
30 ب*	0.008	0.615	2.272	1.649
30 م	0.004	0.300	1.655	1.351
31 ب	0.003	0.417	2.606	1.186
31 م	0.002	0.598	1.450	0.850
60 ب	0.007	1.351	2.988	1.630
60 م	0.004	0.716	1.620	0.900
82 ب	0.019	2.181	3.422	1.222
82 م	0.011	1.609	2.500	0.880
85 ب	0.003	0.621	1.897	1.273
85 م	0.002	0.396	1.550	1.152

*** م، ب= مزروع وبكر على التوالي.**

3. 2- بوتاسيوم حامض الكبريتيك

بينت النتائج الموضحة في الجدول 3 أن تركيز بوتاسيوم حامض الكبريتيك الأول كان بين 0.222 و1.207 وبمتوسط 0.647 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المزروعة، وبين 0.898 و1.606 بمتوسط 1.248 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب البكر، وكانت قيمه في جميع الترب أعلى من قيم البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم المتعادل وأقل من قيم البوتاسيوم الرصيد، مما يدل على أن هذه الطريقة تستخلص البوتاسيوم الذائب بالماء والبوتاسيوم المتبادل وجزء من المرتبط بين طبقات المعادن، ويرتبط ذلك بقدرة الهيدروجين، الناتج من تحلل الحامض في الماء، على إزاحة البوتاسيوم من مواقع التبادل، وجزء من البوتاسيوم المعدني لا سيما الموجود عند الحافات، إلا أن هذه الطريقة أقل كفاية في قدرتها على إزاحة البوتاسيوم المحجوز من بين طبقات معادن الطين مقارنة بطريقة حامض الهيدروكلوريك، وارتبط بوتاسيوم حامض الكبريتيك الأول معنوياً مع بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك والمعدل الثابت للبوتاسيوم والمرحلي الكلي والبوتاسيوم الكلي، وبعلاقة عالية المعنوية مع صور البوتاسيوم الأخرى. أكدت النتائج (جدول 3) أن قيم بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثاني لجميع الترب أعلى من تركيزه في حامض الكبريتيك الأول، وكانت بين 0.358 و1.900 بمتوسط 1.156 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المزروعة وبين 1.527 و2.747 بمتوسط 1.988 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب البكر، مما يشير إلى قدرة هذه الطريقة على تحرير البوتاسيوم من بين طبقات معادن الطين أو حافاتها بدرجة أكبر من قدرة طريقة حامض الكبريتيك الأول، ويعود ذلك إلى ارتفاع تركيز حامض الكبريتيك المستخدم في هذه الطريقة والذي يكون أكثر فعالية في تحرير البوتاسيوم من معادن التربة، لا سيما الموجود عند حافات معادن الطين، مقارنة بطريقة حامض الكبريتيك الأول، وكانت قيم البوتاسيوم في هذه الطريقة أقل من قيم البوتاسيوم الرصيد ولجميع الترب، وارتبطت هذه الصورة معنوياً مع بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك والكلي، وبعلاقة عالية المعنوية مع جميع الصور الأخرى، وبلغ تركيز بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثالث بين 0.330 و 1.665 بمتوسط 0.994 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المزروعة، بينما بلغ تركيزه بين 1.440 و2.835 بمتوسط 1.242 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب البكر. وكانت قيم البوتاسيوم في هذه الصورة أعلى من البوتاسيوم المتبادل وبوتاسيوم حامض الكبريتيك الأول، وأقل من قيم بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثاني (في معظم الترب) والرصيد، ويعود ذلك إلى انخفاض تركيز حامض الكبريتيك الثالث مقارنة بتركيز حامض الكبريتيك الثاني. وكانت أقل القيم لصور بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثلاث في الترب المستغلة زراعياً وأعلاها في الترب البكر، مما يشير إلى مشاركة هذه الصور في إمداد النبات بالبوتاسيوم وتعرض المعادن الحاملة للبوتاسيوم السهل التحرر للتجوية، واستنزافه بسبب الزراعة المستمرة على الرغم من إضافة الأسمدة البوتاسية، وربما يعود ذلك إلى الزراعة الكثيفة المتبعة في أراضي المشروع والى زراعة الحبوب بشكل مستمر والتي تتصف بالاستهلاك الترفي للبوتاسيوم. إن اختلاف الترب في محتواها من صور بوتاسيوم حامض الكبريتيك ربما يعود إلى اختلاف محتواها من المعادن الحاملة للبوتاسيوم (يؤيد ذلك مقارنة قيم بوتاسيوم حامض الكبريتيك الثلاث في الترب البكر للحقول المرقمة 30 و60 و82 و85)، واختلاف تاريخ استغلالها الزراعي وكثافته (مقارنة القيم في تربتي الحقلين 60 و85)، وارتبطت هذه الصورة معنوياً مع البوتاسيوم الكلي، وبعلاقة عالية المعنوية مع جميع صور البوتاسيوم الأخرى عدا بوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك فكانت العلاقة بينهما غير معنوية (جدول 5).

جدول 3. بوتاسيوم حامض الكبريتيك مقدراً بالسنتيمول كغم$^{-1}$ تربة

رقم الحقل	بوتاسيوم حامض الكبريتيك		
	الأول	الثاني	الثالث
7 م*	1.207	1.809	1.954
12 م	0.664	1.421	1.200
36 م	0.222	0.358	0.330
30 ب*	1.212	1.877	1.585
30 م	0.605	0.899	0.623
31 ب	1.345	1.903	1.687
31 م	0.548	0.750	0.917
60 ب	1.177	1.935	1.500
60 م	0.644	0.903	0.583
82 ب	1.606	2.747	2.835
82 م	0.771	1.900	1.665
85 ب	0.898	1.527	1.440
85 م	0.519	1.213	1.040

* م، ب= مزروع وبكر على التوالي

3.3- بوتاسيوم حامض النتريك

1.3.3- البوتاسيوم المرحلي الابتدائي:

تمثل هذه الصورة البوتاسيوم سهل الاستخلاص، ويُقدّر من أجل حساب المعدل الثابت للبوتاسيوم والبوتاسيوم المرحلي الكلي. اختلفت الترب في قيم البوتاسيوم المرحلي الابتدائي وكان تركيزه بين 0.214–0.884 و0.742 –1.294 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المستغلة والبكر على التوالي (جدول 4)، بمتوسط 0.522 و926 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة للمجموعتين على التوالي، وكان تركيز بوتاسيوم هذه الصورة ولجميع الترب أعلى من تركيزه المستخلص بخلات الأمونيوم وأقل من تركيز البوتاسيوم الرصيد المستخلص بحامض الهيدروكلوريك مما يشير إلى أن هذه الطريقة تشمل الذائب والمتبادل وجزء من غير المتبادل سهل الارتباط الموجود بين طبقات معادن الطين أو عند حافاتها والذي يسهل استخلاصه بحامض النتريك، 0.1 مولاري، وربما يُعزى ارتفاع تركيز هذه الصورة من البوتاسيوم في الترب البكر مقارنة بالمستغلة وكذلك اختلاف الترب المستغلة في محتواها من هذه الصورة وكذلك الترب البكر بعضها عن البعض إلى الأسباب التي وردت آنفاً. وارتبطت هذه الصورة بعلاقة معنوية أو عالية المعنوية مع جميع صور البوتاسيوم الأخرى باستثناء البوتاسيوم الكلي وبوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك، جدول 5. إن طرح قيم البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم المولاري من البوتاسيوم المرحلي الابتدائي يظهر أن البوتاسيوم غير المتبادل الذي يشارك في تكوين هذه الصورة يكون منخفضاً، لذا يجب الحذر من اعتماد هذه الصورة لتقييم حالة البوتاسيوم في ترب الدراسة ووصف قدرتها على إمداده لمحلول التربة، لكونها تتصف بنسجة خشنة وتُروى يومياً بشكل متواصل لمدة لا تقل عن خمسة أشهر في السنة لاستغلالها في زراعة الحنطة والشعير مما يتسبب في غسل معظم البوتاسيوم الجاهز القابل للإستخلاص بخلات الأمونيوم.

2.3.3- المعدل الثابت للبوتاسيوم والبوتاسيوم المرحلي الكلي

يبين الجدول 4 قيم تركيز البوتاسيوم المرحلي لكل مستخلص والمرحلي الكلي، وبلغ تركيز البوتاسيوم المرحلي أعلى قيمة له في مستخلص حامض النتريك الأول، ثم انخفض تركيزه في المستخلصات التالية، فكان أقل تركيز له في المستخلص الخامس والذي يمثل المعدل الثابت للبوتاسيوم، فقد كان تركيز البوتاسيوم المرحلي الأول بين 0.418–3.790 بمتوسط 1.885 وبين 2.018 –4.483 بمتوسط 2.781 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المزروعة والبكر على التوالي، وكان تركيز المعدل الثابت للبوتاسيوم بين 0.122–0.421 وبين 0.221–0.421 وبمتوسط 0.260 و0.301 سنتيمول كغم$^{-1}$ في الترب المزروعة والبكر على التوالي، وهذه القيم منخفضة مقارنة بما أشارت إليه بعض الدراسات في ترب المناطق القاحلة وشبه القاحلة (17) وربما يعزى هذا إلى التكوين المعدني للترب المرتبط بمادة الأصل التي تكونت منها، وإلى الاستغلال الكثيف في الترب المزروعة وما تتعرض له من استنزاف مستمر عن طريق امتصاص النبات للبوتاسيوم أو عمليات الغسل. ويُشكّل المعدل الثابت بين 0.64–1.57 % بمتوسط 1.06% وبين 0.80–1.52 % وبمتوسط 1.12% من البوتاسيوم الكلي في الترب المزروعة والبكر على التوالي، وارتبطت هذه الصورة بعلاقة موجبة عالية المعنوية مع البوتاسيوم المتبادل والرصيد وبوتاسيوم حامض الكبريتيك الثاني والثالث والمرحلي الابتدائي والمرحلي الكلي، بينما ارتبطت بعلاقة معنوية مع البوتاسيوم الذائب بالماء وبوتاسيوم حامض الكبريتيك الأول. ويمكن أن يعود اختلاف قيم المعدل الثابت للبوتاسيوم بين الترب إلى الأسباب ذاتها التي ذكرت آنفاً بشأن البوتاسيوم المرحلي الأول. أما البوتاسيوم المرحلي الكلي فقد بلغت قيمه بين 0.982–4.778 بمتوسط 2.480 وبين 2.336–5.995 بمتوسط

3.765 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المستغلة والبكر على التوالي، وبنسبة مئوية من البوتاسيوم الكلي بين 6.48–17.79 و9.87–21.30 % في الترب المستغلة والبكر على التوالي (جدول 3). ويعتقد أن استخدام قيم مستخلص حامض النتريك المولاري المغلي يمكن أن يكون معياراً جيداً لتحديد قدرة التربة على تحرير البوتاسيوم وتحديد قدرتها الامدادية منه (17 و19 و4) وذلك لكون هذه الصورة ترتبط بكل عمليات تثبيت البوتاسيوم وتحرره. قسّم Pagel (16) الترب استناداً إلى قيم البوتاسيوم المرحلي الكلي إلى ثلاث مجاميع؛ ترب تعاني نقص البوتاسيوم إذا كانت تحوي بوتاسيوم مرحلي كلي أقل من 0.307 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة والاستجابة فيها مؤكدة للتسميد البوتاسي، وترب متوسطة في محتواها من البوتاسيوم إذا كان البوتاسيوم المرحي الكلي فيها 0.307–0.486 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة، والاستجابة فيها للتسميد البوتاسي محتملة في الزراعات الكثيفة أو في حالة الترب ذات النسجة الخشنة، وترب غنية في محتواها من البوتاسيوم إذا احتوت على أكثر من 0.486 سنتيمول بوتاسيوم مرحلي كلي كغم$^{-1}$ تربة، والاستجابة فيها للتسميد البوتاسي نادرة إن لم تكن معدومة، واستناداً إلى هذا التقسيم فإن جميع الترب التي شملتها الدراسة هي ذات محتوى مرتفع من البوتاسيوم ولا تستجيب للتسميد البوتاسي، ويتعارض هذا الإستنتاج مع ما أشرنا إليه سابقاً بكون تربة الحقل رقم 36 ذات محتوى منخفض من البوتاسيوم وبحاجة إلى التسميد البوتاسي وذلك استنادا إلى تقسيم Laves (10) المستند إلى قيم البوتاسيوم الرصيد. ارتبط البوتاسيوم المرحلي الكلي بعلاقة معنوية مع بوتاسيوم حامض الكبريتيك وبعلاقة عالية المعنوية مع جميع صور البوتاسيوم الأخرى باستثناء البوتاسيوم الكلي وبوتاسيوم حامض الهيدروكلوريك (جدول 5).

جدول 4. البوتاسيوم الابتدائي والمرحلي والمرحلي الحقيقي والمعدل الثابت للبوتاسيوم والبوتاسيوم الكلي مقدراً بالسنتيمول كغم$^{-1}$

رقم الحقل	المرحلي الابتدائي	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	المعدل الثابت	المرحلي الكلي	الكلي
7 م*	0.800	1.903	1.477	0.376	0.364	0.344	2.744	36.710
12 م	0.460	2.427	0.870	0.210	0.045	0.270	2.472	29.800
36 م	0.214	0.418	0.374	0.348	0.330	0.122	0.982	15.160
30 ب*	0.845	2.248	1.023	0.452	0.134	0.221	2.973	23.340
30 م	0.338	1.835	0.585	0.285	0.090	0.195	2.015	20.800
31 ب	0.929	2.101	0.992	0.455	0.228	0.360	2.336	23.530
31 م	0.511	1.432	0.902	0.305	0.262	0.298	1.709	20.080
60 ب	0.821	3.053	1.421	0.567	0.366	0.214	4.551	26.860
60 م	0.480	1.595	0.917	0.504	0.391	0.153	2.795	24.010
82 ب	1.294	4.483	2.233	0.639	0.352	0.428	5.995	28.140
82 م	0.884	3.790	1.686	0.627	0.355	0.421	4.778	26.860
85 ب	0.742	2.018	1.178	0.530	0.370	0.282	2.968	30.060
85 م	0.487	1.678	0.925	0.480	0.361	0.275	2.344	22.770

*** م ، ب = مزروع وبكر على التوالي**

4 – البوتاسيوم الكلي

اختلفت الترب كثيراً في محتواها من البوتاسيوم الكلي، وقد بلغ مدى تركيزه بين 15.16–36.71 و23.34–30.06 بمتوسط 24.52 و26.38 سنتيمول كغم$^{-1}$ تربة في الترب المستغلة والبكر على التوالي (جدول 3)، وبلغت نسبته 0.591–1.452 و0.910–1.171% وزناً في الترب المستغلة والبكر على التوالي، وتوضح النتائج أن بعض الترب كانت ذات محتوى مرتفع من البوتاسيوم، وبذلك فهي ذات احتياطي مرتفع منه كما هو الحال في عينة الحقلين المرقمين 7 و12 المستغلين منذ عام 1979، بينما كان البعض الآخر من الترب ذات محتوى منخفض من البوتاسيوم كما هو الحال في تربة الحقل رقم 36، مما يتطلب الاهتمام ببرنامج التسميد البوتاسي لا سيما أن زراعة الحبوب هي السائدة في أراضي المشروع. يعود الاختلاف في قيم البوتاسيوم الكلي بين الترب إلى الاختلاف في تكوينها المعدني، ويؤيد ذلك اختلاف تركيزه في الترب البكر واختلاف النسب المئوية لانخفاض تركيزه في الترب التي استغلت في وقت واحد كما هو الحال في ترب الحقول المرقمة 7 و 12

و31 مثلاً، وإلى اختلاف نسجة الترب. أكدت النتائج انخفاض قيم البوتاسيوم الكلي بتأثير الزراعة، فقد بلغت نسبة الانخفاض 10.88 و14.66 و10.61 و4.5 و24.25 % في ترب الحقول 30 و31 و60 و82 و85 على التوالي، ويعود ذلك إلى استنزافه من قبل المحاصيل المزروعة وإلى دور جذور النبات في تعجيل تجوية المعادن الحاملة للبوتاسيوم عن طريق تبادل أيون هيدروجين الجذور مع أيونات الكالسيوم والمغنسيوم والبوتاسيوم وغيرها من الأيونات الموجبة الموجودة في المعادن السليكاتية، لا سيما أن الترب تتصف بنسجة خشنة تسمح بغسل نواتج التجوية بسهولة خارج منطقة جذور النبات. يستنتج من الدراسة عدم إمكانية اعتماد القيم المقترحة لترب أخرى تختلف في ظروف تكوينها وصفاتها عن ترب الدراسة لوصف وتقييم قدرة التربة على إمداد البوتاسيوم، ولا يمكن اعتماد البوتاسيوم المستخلص بخلات الأمونيوم فقط لتقييم قدرة ترب الدراسة على امداد النبات بالبوتاسيوم لا سيما مع المحاصيل سريعة النمو لسرعة انخفاض تركيزه بسبب خشونة نسجة الترب ونظام إدارة الري المستخدم، ونقترح اعتماد صور البوتاسيوم الرصيد وبوتاسيوم حامض الكبريتيك الثاني والثالث والمرحلي الكلي لتوصيف حالة البوتاسيوم في هذه الترب وكشف قدرتها على تجهيز البوتاسيوم بعد إجراء دراسات بيولوجية لتحري علاقة هذه الصور مع البوتاسيوم الممتص من النبات وكشف أفضلها في التعبير عن قدرة الترب على إمداد البوتاسيوم، وذلك لقدرة هذه الطرائق على استخلاص البوتاسيوم الجاهز وبعض البوتاسيوم غير الجاهز المرتبط بمعادن التربة والذي يمكن أن يتحرر في أثناء موسم نمو المحصول، ويؤيد ذلك علاقة الارتباط عالية المعنوية بين هذه الصيغ وكل من البوتاسيوم الذائب بالماء والمتبادل والمعدل الثابت للبوتاسيوم (جدول 5)، ويؤكد أن صور البوتاسيوم ذات درجات مختلفة من الجاهزية.

جدول 5. معامل الارتباط بين صور البوتاسيوم التي شملتها الدراسة

الصفة	المتبادل	الرصيد	حامض الهيدروكلوريك	بوتاسيوم حامض الكبريتيك			المرحلي الابتدائي	المعدل الثابت	المرحلي الكلي	الكلي
				الأول	الثاني	الثالث				
الذائب	0.791 **	0.771 **	0.308	0.698 **	0.822 **	0.841 **	0.805 **	0.626 *	0.892 **	0.456
المتبادل		0.830 **	0.138	0.751 **	0.826 **	0.838 **	0.892 **	0.724**	0.874 **	0.323
الرصيد			0.667 **	0925 **	0.940 **	0.883 **	0.916 **	0.687**	0.824**	0.662 *
حامض الهيدروكلوريك				0.638 *	0.564 *	0.447	0.433	0.253	0.294	0.742 **
الكبريتيك الأول					0.918 **	0.887 **	0.923 **	0.584*	0.681 *	0.563 *
الكبريتيك الثاني						0.966 **	0.955 **	0.731**	0.848**	0.631*
الكبريتيك الثالث							0.966 **	0.809 **	0.820**	0.573 *
المرحلي الابتدائي								0.765 **	0.828 **	0.529
المعدل الثابت									0.599*	0.529
المرحلي الكلي										0.484

*** معنوي على مستوى 0.5**

**** معنوي على مستوى 0.1**

REFRENCES

1. Al-Zubaidi, A. H and K. Al-Semak. 1995. Effect of soil salinity on potassium equilibria as related to cropping. Mesopotamia J. Agric. 27: 99-106/

2. Balba, A. 1979. Soil Fertility and Fertilization. Dar Al-Matboat, Alexanderia, Egypt. 2nd. ed. pp.74.

3. Cox, A. E., B. C. Joern, S. M. Brouder and D. Gao. 1999. Plant available potassium assessment with a modified sodium tetraphenylboron method. Soil Sci. Soc. Am. J. 63:902-911.

4. Dahliwal, A. K., R. K. Gupta, Y. Singh and B. Singh. 2006. Potassium fixation and release characteristics of some benchmark soil series under rice-wheat cropping system in the indo gangetic plains of Northwestern India. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 37:827-845.

5. Dobermann, A. and T. Fairhurst. 2000. Rice-Nutrient Disorders and Nutrient Management. Potash and Phosphate Institute (PPI), Potash Institute of Canada (PPIC), and International Rice Research Institute (IRRI). pp:203.

6. Eckert, D. J and M. E. Watson. 1996. Integrating the Mehlich extractant into existing soil test interpretation schemes. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27:123-1249

7. Haylock, O. F. 1956. A Method for Estimating the Availability of Non-exchangeable Potassium. 5th Int. Cong. Soil Sci.(Paris):403-408.

8. Hunter, A. H. and P. F. Pratt. 1957. Extraction of potassium from soils by sulfuric acid. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21(6): 595-598.

9. Jackson, M. L. 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs , N.J., USA. pp:498.

10. Laves, D. 1974. Kaliumbereitstell ungsvermogen und kaliums.Peicherf ahigkeil der Boden der D.D.R. Berlin Diss.(B). pp.85.

11. Mengel, K. and E. A. Kirkby. 2001. Principles of Plant Nutrition. Kluwer Academic Publishers. 5th ed. pp. 849.

12. Mengel, K. and K. Uhlenbecker.1993. Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:561-566.

13. Nair, K. P. P., A. K. Sadanandan, S. Hamza and J. Abraham. 1997. The importance of potassium buffer power in the growth and yield of cardamom. J. Plant Nutr. 20: 987-997.

14. Al-Rubaai, S. M. 1995. Potassium Availability Evaluation in some Iraqi Soils Using Thermodynamics Approach. M. Sc. Thesis, Soil Sci. Dept., Agric. College, Univ. of Baghdad. pp:125.

15. Page, A. L., R. H. Miller and D. R. Kenny. 1982. Methods of Soil Analysis. Part II. 2nd ed. Chemical and Microbiological Properties. Am. Soc. Agron. Inc., Soil Sci. Soc. Am. Inc., Madison, Wis. USA. PP:1115.

16. Pagel, H. 1968. Beitrage Zurkenntins des Nahrstoff haushaltes.Wichitger Boden der Humiden Tropen.7. Mitt: Zur Bewertung des K-versorgungsgrades der untersuchten Boden-Beitr tropsubtrop. Lanwirtsch ropenveterinarmed. 6: 133-146. (*cited from*: Potash Reviews, 1978, 4/62).

17. Rahi, H. S., A. H. Al-Sheikhly, S. K. Essa and M. A. Jamal. 1987. Potassium status in some soils of Erbil. Iraqi J. Agric. Sci. (ZANCO). 5(2):91-107. (*In Arabic*).

18. Rahmatulla, B. Z. Sheikh, M. A. Gill and M. Salim. 1994. Bioavailable potassium in river bed sediments and release of interlayer potassium in irrigated arid soils. Soil use Manage. 10:43-46.

19. Richards, J. E. and T. E. Bates. 1988. Studies on the potassium supplying capacities of southern Ontario soils. II. Nitric acid extraction of non-exchangeable K and its availability to crops. Can. J. Soil Sci. 68:199-208.

20. Wang, J., D. L. Harrell and P. F. Bell. 2004. Potassium buffering characteristics of three soils low in exchangeable potassium. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:654-661.

21. Wiklander, L. 1961. Potassium in the cultivated soils in the province of Shane. Potash Review 4:18.