السلوك الثرموديناميكي للبوتاسيوم المضاف مع السمادين النتروجيني والعضوي خلال موسم نمو محصول البطاطا

قحطان جمال عبد الرسول كامل سعيد جواد حسن يوسف الدليمي

الملخص

نفذت تجربة مختبرية وفق المعايير الثرموديناميكية على عينات تجربة حقلية في تربة رسوبية **Typic Torrifluvent** مزيجة غرينية **Silt loam** لمعرفة كفاءة المعايير الثرموديناميكية في التنبؤ لاستجابة البطاطا للتسميد البوتاسي. أجريت الدراسة بمعاملة 5غم من عينات التربة مع عدد من محاليل $CaCl_2$,$MgCl_2$ ذي تركيز ***M*** **0.02** والحاوية على تراكيز متزايدة من البوتاسيوم على شكل **KCl** بنسبة **1:10** وبعد الرج والاتزان تم استخلاص العينات وقدّر في المستخلصات تراكيز أيونات **Ca,Mg,K** وقيست الأيصاليتها الكهربائية ثم أجريت الحسابات الآتية: القوة الأيونية، الفعالية ومعامل الفعالية، نسبة نشاط أو فعالية الأيونات، الطاقة الحرة للاستبدال، رسم منحنيات السعة والشدة وحساب السعة التنظيمية للتربة في ثلاث مراحل من نمو النبات. أظهرت النتائج أن **77%** من البوتاسيوم الذائب في محلول التربة كان بصيغة فعالة طوال مدة نمو المحصول. أظهرت قيم الطاقة الحرة للاستبدال عند الاتزان قبل ومن أثناء وبعد الزراعة أن هذه التربة ذات تجهيز عال للبوتاسيوم. كما أظهرت قيم السعة التنظيمية لبوتاسيوم التربة قبل الزراعة وبعدها وارتفاعها في مدة التزهير القابلية الكبيرة للتربة على مواكبة التغيرات التي حدثت للبوتاسيوم فيها. وبينت قيم بوتاسيوم الحيز غير المستقران هذه التربة تمتازبأمكانية كبيرة في تحرر البوتاسيوم.

المقدمة

أن مصطلح جاهزية العنصر هو المصطلح الأكثر استعمالاً في خصوبة التربة وتغذية النبات ويمكن تعريفه بصورة مبسطة، أنه ذلك الجزء من العنصر الموجود في التربة والذي يمكن ان تحصل عليه جذور النبات ويشمل الحالة الكيميائية والفيزيائية للعنصر في التربة وعلاقة ذلك بجذور النبات وفعالياته الحيوية. يجب أن تجهز النباتات بالعناصر الغذائية بصورة مناسبة خلال مدة نموها ولهذا فأن تركيز العناصر الغذائية في محلول التربة يجب أن يبقى بمستوى ملائم لنمو النبات. أن جاهزية العناصر الغذائية في أي مدد زمنية لا تعتمد على تركيزها في محلول التربة فقط بل تعتمد أيضا" على مقدرة التربة في تنظيم هذا التركيز والذي يعد العامل الأكثر أهمية في جاهزية العناصر الغذائية **(17)**. أكد **Dobermann (12)**على ضرورة استعمال طرائق أخرى غير التقليدية لوصف القوة التجهيزية للبوتاسيوم في التربة منها مفهوم السعة والشدة. كما أكد **Bandyopadhyay** و**Goswani** (8) نجاح استعمال المعايير الثرموديناميكية في كشف العلاقة بين كمية الأيون على معقد التبادل وتركيزه في محلول التربة. أوضح الزبيدي والربيعي (3) أن الاعتماد على المعيار التقليدي(البوتاسيوم المتبادل) فقط غير كاف في تقويم حالة وسلوك البوتاسيوم أذ يفقد هذا المعيار حساسيته وكفاءته عند التعامل مع ترب تختلف في خصائصها الكيميائية والفيزيائية والمعدنية أذ يعبر هذا المعيار عن حجم البوتاسيوم بالتربة دون أن يأخذ بنظر الاعتبار التغيرات الديناميكية والسعة التنظيمية للتربة في حين أن المعايير الثرموديناميكية قد عبرّت بشكل جيد عن حالة وسلوك وديناميكية البوتاسيوم في الترب المدروسة.

يوجد البوتاسيوم في محلول التربة بتراكيز واطئة نسبيا" بشكل عام وفي الوقت نفسه فأن حاجة النبات لهذا العنصر كبيرة جدا. وقد وجد بالاعتماد على وحدة المساحة أن محلول التربة يحتوي على **10-30** كغم**K**. هـ$^{-1}$ بينما

جزء من رسالة دكتوراه للباحث الاول.

كلية الزراعة – جامعة بغداد – بغداد، العراق.

الطلب الكلي على هذا العنصر هو أكثر من ذلك، فمثلا" أن حاجة محاصيل الحبوب تصل إلى100 كغمK. هـ$^{-1}$. أن نمو محاصيل الحبوب تحت ظروف التربة أعلاه لا يكون بالضرورة مصحوبا"بنقص في هذا العنصر لأن امتصاص النبات للبوتاسيوم من محلول التربة يجب أن يلازمه سد لهذا النقص عن طريق تجهيز محلول التربة من قبل الطور الصلب للتربة (17).استعملت المعايير الثرموديناميكية في وصف حالة وجاهزية البوتاسيوم في الترب العراقية وأكدت هذه الدراسات أهميتها وكفاءتها في وصف الحالة بشكل دقيق لاسيما في ظروف الزراعة الكثيفة ومنها زراعة محصول الرز (1، 2، 3، 4). لما ورد أعلاه ولأهمية المعايير الثرموديناميكية في تفسير نتائج الدراسات الحقلية كانت هذه الدراسة لمعرفة كفاءة المعايير الثرموديناميكية في التنبؤ لاستجابة البطاطا للتسميد البوتاسي.

المواد وطرائق البحث

أجريت هذه التجربة المختبرية على عينات تجربة حقلية نفذت في تربة رسوبيةTypic Torrifluvent مزيجة غرينيةSilt loam لمعرفة تأثير التسميد العضوي والمعدني(NوK) في حالة وتحرر وامتصاص البوتاسيوم وإنتاج درنات البطاطا والجدول (1) يبين بعض صفات تربة الدراسة.استعملت في التجربة الحقلية ثلاثة مستويات من السماد العضوي الحيواني المتحلل هي M_0:Zero,M_1:1.5%,M_2:3% أضيفت مزجا" مع التربة قبل الزراعة وثلاثة مستويات من السماد النتروجيني(يوريا) هي N_0:Zero، N_1:120كغمN. هـ$^{-1}$، N_2:240 كغم N. هـ$^{-1}$ أضيفت بدفعتين 1/3قبل الزراعة مزجا" مع التربة والسماد العضوي و2/3 بعد 40يوماً على الزراعة وثلاثة مستويات من السماد البوتاسي (كبريتات البوتاسيوم) هي K_0: Zero، K_1: 160 كغمK. هـ$^{-1}$، K_2 : 320كغمK. هـ$^{-1}$ أضيفت بثلاث دفعات 1/3قبل الزراعة مزجا" مع السمادين أعلاه و1/3بعد 40يوماً على الزراعة و1/3الأخير في مرحلة التزهير. ومستوى واحد من السماد الفوسفاتي (سوبر فوسفات ثلاثي) هو 80 كغم Pهـ$^{-1}$.أخذت عينات من تربة الحقل والنباتات في ثلاث مراحل مختلفة من نمو النبات وهي مرحلة النمو الخضري بعد 50يوماً على الزراعة والتزهير والجني لاستكمال فصول الدراسة.ولما كانت استجابة النباتات للتسميد البوتاسي ضعيفة جداً والتفسيرات لنتائج الدراسة وفقاً للمعايير التقليدية (صور البوتاسيوم) غير قاطعة أو جازمة لاسيما وأن المحصول المستعمل في الدراسة هو محصول البطاطا المعروف بشراهته للبوتاسيوم من هنا جاءت الفكرة لإدخال المعايير الثرموديناميكية في تفسير عدم استجابة النباتات للتسميد البوتاسي.لغرض تقدير علاقات السعة والشدة للبوتاسيوم والسعة التنظيمية للتربة. فقد تم استعمال الأسلوب المقترح من قبل Beckett (9)، Beckett (10) والمتضمن معاملة 5غم من عينات التربة وللمراحل الثلاث المذكورة مع عدد من محاليل كلوريد الكالسيوم وكلوريد المغنيسيوم(0.02M) الحاوية على تراكيز متزايدة من البوتاسيوم على شكل KCl بنسبة 1:10. والتراكيز هي: 14,10.6,7.07,4.9,3,2,0.7,0مليمول K .لتر$^{-1}$وقد رج المعلق لمدة ثلاث ساعات وترك ليلة كاملة للاتزان وبعد ذلك تم الاستخلاص ومن ثم تقدير تركيز كل من Ca,Mg,K في المستخلصات وقياس الـ EC أذ تم حساب:

AR^K_e : نسبة فعالية البوتاسيوم المعبرة عن شدة البوتاسيوم (مول.لتر$^{-1}$)$^{1/2}$ ؛ ΔK_{ex}:التغير في كمية البوتاسيوم المتبادل: المعبر عن عامل السعة (سنتيمول.كغم$^{-1}$) ؛ $P.B.C^{.K}$: السعة التنظيمية للتربة، سنتيمول. كغم$^{-1}$.(مول.لتر$^{-1}$)$^{-1/2}$

أذ تم أجراء الحسابات الآتية في مجال المعايير الثرموديناميكية:

القوة الأيونية

تم حسابها في المستخلصات المائية للتربة من قيم الأيصالية الكهربائية وحسبما ذكر Griffin (13).

$$I=0.013\times EC$$

I= القوة الأيونية مول. لتر$^{-1}$ ؛ EC= الأيصالية الكهربائية للمستخلص ديسيسيمنز. م$^{-1}$ ؛ الفعالية ومعامل الفعالية: **Activity & activity coefficient**

تم حساب معامل الفعالية (fi) للأيون المنفرد باستعمال معادلة **Debye & Huckel** الموسعة الواردة في **Lindsay** (**15**).

$$\log fi = -Azi^2 (I)^{0.5}/1+Bdi(I)^{0.5}$$

أذ أن: A, B= ثوابت المعادلة؛ A=0.509 ؛ B=0.328 ؛ di= الحجم المؤثر للأيون ؛ Zi=تكافؤ الأيون.

وتم حساب الفعالية (a) للبوتاسيوم والأيونات الأخرى من التركيز المولاري ومن العلاقة الآتية (7).

$$ai = fi \times ci$$

أذ أن: ai=الفعالية(مول.لتر$^{-1}$) ؛ ci= التركيز المولاري مول . لتر$^{-1}$ ؛ fi= معامل فعالية الايون

نسبة نشاط أو فعالية الأيونات

حسبت نسبة نشاط البوتاسيوم (AR^K_e)وفق الأسلوب المقترح من قبل **Beckett (9)** في المستخلصات من قيم الفعالية الأيونية لكل من البوتاسيوم، الكالسيوم والمغنيسيوم وحسب المعادلة الآتية:

$$AR^K_e = ak/(aCa + aMg)^{1/2}$$

الطاقة الحرة للاستبدال

تم حسابها حسب المعادلة المقترحة من قبل **Woodruff** (**21**)عند درجة حرارة 25م^0 .

$$-\Delta F(Kcal.mol^{-1}) = 1.364 \times \log AR^K_e$$

منحنيات السعة والشدة

لغرض تقديرها أستعمل الأسلوب المقترح من قبل(**10**) أذ تم حساب نسبة الفعالية (AR^K_e) المعبرة عن شدة البوتاسيوم وتم حساب التغير في كمية البوتاسيوم المتبادل(ΔK_{ex}) من فرق تركيز البوتاسيوم في المحاليل المستعملة ومحاليل الاتزان . ثم رسمت العلاقة بين شدة البوتاسيوم وعامل السعة وحسبت السعة التنظيمية ($P.B.C.^K$) من انحدار منحنيات العلاقة.

النتائج والمناقشة

معامل فعالية البوتاسيوم

يلاحظ من جداول (**2**، **3**، **4**) أن معامل فعالية البوتاسيوم في التربة قبل الزراعة هو**0.77** فيما كانت معدلات القيم في مراحل النمو المختلفة كالآتي: **0.769,0.768,0.770** لمراحل النمو الخضري و التزهير والجني على التتابع.

بشكل عام يمكن القول أن معامل فعالية البوتاسيوم في التربة كان **0.77** قبل وفي أثناء وبعد الزراعة ولم يتغير، أن دل هذا على شئ فيدل على أن عامل الزمن لم يؤثر في معامل فعالية البوتاسيوم وبقيت التربة محافظة على معامل فعاليتها وأن هذا الرقم يعني أن **77%** من البوتاسيوم الذائب في محلول التربة يوجد بصيغة فعالة **Active** وتعد هذه القيمة جيدة إذ أن أكثر من ¾ أيونات البوتاسيوم توجد بحالة نشطة وفعالة وهذه القيمة ضمن القيم التي حصل عليها الزبيدي والربيعي (**3**، **4**).

جدول 1: بعض الصفات الكيميائية و الفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

الصفة	القيمة	الوحدة	المصدر
درجة التفاعل (pH_s)	7.76		20
الأيصالية الكهربائية (EC_e)	4.20	دسي سيمنز. م$^{-1}$	20
سعة تبادل الأيونات الموجبة (CEC)	14.0	سنتي مول$_+$.كغم$^{-1}$	18
المادة العضوية (OM)	18.0	غم .كغم$^{-1}$	18
معادن الكاربونات	420.0		
الجبس	0.44		
الأيونات الذائبة (1:1)			
CO_3	0.00	سنتي مول. كغم$^{-1}$	20
HCO_3	1.80		
SO_4	1.00		
Cl	0.40		
Ca	1.42		
Mg	0.33		
Na	0.57		
صور البوتاسيوم:Potassium Forms			
الذائب:Soluble	0.10	سنتي مول. كغم$^{-1}$	20
المتبادل:Exchangeable	0.45	سنتي مول. كغم$^{-1}$	19
غير المتبادل:.Non exch	0.29	سنتي مول. كغم$^{-1}$	18
المعدني:Mineral	103.16	سنتي مول. كغم$^{-1}$	16
الكلي:Total	104.00	سنتي مول. كغم$^{-1}$	18
النتروجين الجاهز (NO_3+NH_4)	45.0	ملغم .كغم$^{-1}$	18
الفسفور الجاهز	6.0		
مفصولات التربة			
الرمل	150	غم. كغم$^{-1}$	11
الغرين	600		
الطين	250		
النسجة	مزيجه غرينية Silty loam		
نسبة الإشباع	% 52		20
الكثافة الظاهرية	1.4	ميكا غرام. م$^{-3}$	11

فعالية البوتاسيوم

من خلال جداول (2، 3، 4) يلاحظ أن فعالية البوتاسيوم في تربة الدراسة قبل الزراعة كانت $3.21*10^{-3}$ مول.لتر$^{-1}$ فيما كانت معدلات قيم الفعالية في مراحل النمو المختلفة كالآتي: $3.47*10^{-3}$, $3.20*10^{-3}$, $3.38*10^{-3}$ لمراحل النمو الخضري و التزهير والجني على التتابع. كانت القيم التي تم الحصول عليها أعلى من القيم التي حصل عليها كل من (4، 5) وأعلى أيضا" من القيم التي حصل عليها الزبيدي والربيعي (3) في دراستهما لـ 28 تربة عراقية مختلفة باستثناء ثلاث ترب كانت ضمن القيم التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة وعدّ الباحثان هذه الترب الثلاث ضمن الترب الجيدة التجهيز للبوتاسيوم ولأن القيم التي تم الحصول عليها ضمن قيم فعالية الترب الثلاث ذات التجهيز الجيد للبوتاسيوم في دراسة كما ذكر الزبيدي والربيعي (3). لذا يمكننا اعتبار هذه التربة من الترب جيدة التجهيز للبوتاسيوم.

نسبة الفعالية الأيونية المتزنة للبوتاسيوم

من خلال جداول (2،3،4)كانت نسبة الفعالية الأيونية المتزنة للبوتاسيوم قبل الزراعة 0.018 (مول.لتر$^{-1}$)$^{0.5}$ فيما كانت معدلات القيم في مراحل النمو المختلفة كالآتي:0.024, 0.017 , 0.021 لمراحل النمو الخضري والتزهير والجني على التتابع.يلاحظ الانخفاض الكبير في قيم نسبة الفعالية الأيونية للبوتاسيوم في مرحلة التزهير نتيجة

للاستنزاف الكبير الحاصل في بوتاسيوم التربة في هذه المرحلة كما ظهر ذلك جلياً عند تقويم التربة وفق المعايير التقليدية من خلال انخفاض قيم صور البوتاسيوم الذائب و المتبادل وغير المتبادل ومن ثم أخذت القيم بالارتفاع في نهاية الموسم نتيجة لانخفاض امتصاص البوتاسيوم من جهة وتصاعد تحرر البوتاسيوم من التربة من جهة أخرى (6). أن اتخاذ قيم نسبة الفعالية الأيونية المتزنة للبوتاسيوم هذا المنحى أي ارتفاع في بداية الزراعة ثم انخفاض في مرحلة التزهير ومن ثم زيادة في مرحلة الجني يتفق مع ما حصل عليه الربيعي (2) عند زراعتهم محصول الرز إذ حصلا على أقل قيمة في مرحلة تكوين السنابل ومن ثم زادت القيمة في مرحلة الحصاد.

جدول2 : قيم المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم في معاملات البحث في مرحلة النمو الخضري

المعاملات			القوة الأيونية mol. L^{-1}	معامل الفعالية	فعالية البوتاسيوم Mol. $L^{-1}*10^{-3}$	ARKعند الاتزان $(mol.L^{-1})^{0.5}$	$-\Delta F$ cal.mol^{-1} عند الاتزان
K_0	M_0	N_0	0.078	0.774	3.57	0.023	2234.6
		N_1	0.081	0.771	3.42	0.022	2260.9
		N_2	0.079	0.774	3.37	0.022	2260.9
		المعدل	0.079	0.773	3.45	0.022	2252.1
	M_1	N_0	0.078	0.774	3.45	0.024	2209.4
		N_1	0.079	0.774	3.43	0.022	2260.9
		N_2	0.077	0.775	3.33	0.022	2260.9
		المعدل	0.078	0.774	3.40	0.023	2243.7
	M_2	N_0	0.077	0.774	3.40	0.022	2260.9
		N_1	0.080	0.771	3.35	0.022	2260.9
		N_2	0.082	0.770	3.29	0.020	2317.4
		المعدل	0.080	0.772	3.35	0.021	2279.7
	معدل القطاع		0.079	0.773	3.40	0.022	2258.5
K_1	M_0	N_0	0.083	0.770	3.46	0.023	2234.6
		N_1	0.083	0.770	3.42	0.023	2234.6
		N_2	0.083	0.770	3.34	0.021	2288.5
		المعدل	0.083	0.770	3.41	0.022	2252.6
	M_1	N_0	0.082	0.770	3.45	0.023	2234.6
		N_1	0.084	0.768	3.37	0.021	2288.5
		N_2	0.082	0.770	3.50	0.024	2209.4
		المعدل	0.083	0.769	3.44	0.023	2244.2
	M_2	N_0	0.086	0.768	3.55	0.026	2162.0
		N_1	0.084	0.768	3.53	0.026	2162.0
		N_2	0.087	0.765	3.52	0.026	2162.0
		المعدل	0.086	0.767	3.53	0.026	2162.0
	معدل القطاع		0.084	0.769	3.46	0.024	2219.6
K_2	M_0	N_0	0.087	0.766	3.64	0.026	2162.0
		N_1	0.086	0.765	3.45	0.023	2234.6
		N_2	0.085	0.766	3.57	0.028	2118.1
		المعدل	0.086	0.766	3.55	0.026	2171.6
	M_1	N_0	0.084	0.769	3.34	0.022	2260.9
		N_1	0.085	0.766	3.31	0.021	2288.5
		N_2	0.084	0.768	3.40	0.022	2260.9
		المعدل	0.084	0.768	3.35	0.022	2270.1
	M_2	N_0	0.087	0.764	3.55	0.026	2162.0
		N_1	0.086	0.766	3.50	0.024	2209.4
		N_2	0.086	0.766	3.46	0.023	2234.6
		المعدل	0.086	0.765	3.50	0.024	2202.0
	معدل القطاع		0.086	0.766	3.47	0.024	2214.6
	قبل الزراعة		0.085	0.766	3.21	0.018	2380.0

الطاقة الحرة للاستبدال عند الاتزان

من خلال جداول (2، 3، 4) يلاحظ أن قيمة الطاقة الحرة المتزنة للتربة قبل الزراعة كانت (2380-) سعرة.مول$^{-1}$ فيما كانت معدلات القيم في مراحل النمو المختلفة بالشكل الآتي:2217.8- , 2499.9- , 2335- لمراحل النمو الخضري والتزهير والجني على التتابع.من خلال قيم الطاقة الحرة التي تم الحصول عليها سواء" قبل الزراعة أم في أثنائها أو بعدها يتبين أن هذه التربة ذات تجهيز عال للبوتاسيوم وفقاً لتصنيف (21) .

جدول3: قيم المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم في معاملات البحث في مرحلة التزهير

المعاملات			القوة الأيونية mol. L^{-1}	معامل الفعالية	فعالية البوتاسيوم Mol. $L^{-1}*10^{-3}$	ARK عند الاتزان $(mol.L^{-1})^{0.5}$	ΔF cal. mol^{-1} – عند الاتزان
N_0	M_0	K_0	0.082	0.771	3.18	0.018	2380.0
N_1			0.084	0.770	3.22	0.018	2380.0
N_2			0.082	0.768	3.11	0.016	2449.6
المعدل			0.083	0.770	3.17	0.017	2403.2
N_0	M_1		0.083	0.770	3.19	0.017	2413.7
N_1			0.083	0.770	3.15	0.016	2449.6
N_2			0.081	0.770	3.12	0.015	2487.8
المعدل			0.082	0.770	3.15	0.016	2450.4
N_0	M_2		0.080	0.771	3.07	0.015	2487.8
N_1			0.082	0.770	3.21	0.018	2380.0
N_2			0.083	0.770	3.15	0.017	2413.7
المعدل			0.082	0.770	3.14	0.017	2427.2
معدل القطاع			0.082	0.770	3.16	0.017	2426.9
N_0	M_0	K_1	0.086	0.766	3.41	0.021	2288.5
N_1			0.085	0.768	3.40	0.021	2288.5
N_2			0.083	0.769	3.31	0.019	2348.8
المعدل			0.085	0.768	3.37	0.020	2308.6
N_0	M_1		0.083	0.770	3.21	0.017	2413.7
N_1			0.084	0.768	3.18	0.015	2487.8
N_2			0.084	0.770	3.29	0.020	2317.4
المعدل			0.084	0.769	3.23	0.017	2406.3
N_0	M_2		0.085	0.768	3.50	0.024	2209.4
N_1			0.085	0.765	3.50	0.024	2209.4
N_2			0.087	0.765	3.44	0.022	2260.9
المعدل			0.086	0.766	3.48	0.023	2226.6
معدل القطاع			0.085	0.768	3.36	0.020	2313.8
N_0	M_0	K_2	0.088	0.764	3.53	0.024	2209.4
N_1			0.086	0.765	2.87	0.012	2620.0
N_2			0.084	0.770	3.14	0.014	2528.7
المعدل			0.086	0.766	3.18	0.017	2452.7
N_0	M_1		0.084	0.768	3.08	0.013	2572.6
N_1			0.085	0.765	2.91	0.009	2790.4
N_2			0.085	0.766	3.14	0.017	2413.7
المعدل			0.085	0.766	3.04	0.013	2592.2
N_0	M_2		0.087	0.765	3.53	0.024	2209.4
N_1			0.085	0.765	3.37	0.022	2260.9
N_2			0.085	0.765	3.38	0.020	2317.4
المعدل			0.086	0.765	3.43	0.022	2262.6
معدل القطاع			0.085	0.766	3.22	0.017	2435.8

جدول 4: قيم المعايير الثرموديناميكية للبوتاسيوم في معاملات البحث في مرحلة الجني

المعاملات			القوة الأيونية mol .L^{-1}	معامل الفعالية	فعالية البوتاسيوم mol. L^{-1}*10^{-3}	ARK عندالاتزان (mol.L^{-1})$^{0.5}$	ΔF cal. mol^{-1} عند الاتزان
K0	M0	N0	0.081	0.771	3.25	0.018	2379.8
		N1	0.084	0.770	3.09	0.015	2487.8
		N2	0.081	0.771	3.10	0.015	2487.8
		المعدل	0.082	0.771	3.15	0.016	2451.8
	M1	N0	0.080	0.771	3.03	0.015	2487.8
		N1	0.081	0.771	3.03	0.014	2528.7
		N2	0.079	0.774	3.02	0.014	2528.7
		المعدل	0.080	0.772	3.03	0.014	2515.1
	M2	N0	0.081	0.771	2.92	0.013	2572.6
		N1	0.080	0.773	3.04	0.014	2528.7
		N2	0.088	0.765	3.04	0.013	2572.6
		المعدل	0.083	0.770	3.00	0.013	2558.0
	معدل القطاع		0.082	0.771	3.06	0.015	2508.3
K1	M0	N0	0.088	0.765	3.46	0.022	2260.9
		N1	0.088	0.764	3.52	0.023	2234.6
		N2	0.086	0.765	3.31	0.018	2379.8
		المعدل	0.087	0.765	3.43	0.021	2291.8
	M1	N0	0.086	0.766	3.39	0.021	2288.5
		N1	0.087	0.765	3.34	0.019	2347.8
		N2	0.087	0.765	3.30	0.019	2347.8
		المعدل	0.087	0.765	3.34	0.020	2328.0
	M2	N0	0.088	0.765	3.42	0.021	2288.5
		N1	0.088	0.765	3.43	0.023	2234.6
		N2	0.089	0.765	3.49	0.024	2209.4
		المعدل	0.088	0.765	3.45	0.023	2244.2
	معدل القطاع		0.087	0.765	3.41	0.021	2288.0
K2	M0	N0	0.089	0.765	3.40	0.020	2317.4
		N1	0.088	0.765	3.46	0.020	2317.4
		N2	0.087	0.765	3.02	0.015	2487.8
		المعدل	0.88	0.765	3.29	0.018	2374.2
	M1	N0	0.086	0.766	3.83	0.029	2097.3
		N1	0.090	0.764	3.20	0.018	2379.8
		N2	0.090	0.764	3.35	0.020	2317.4
		المعدل	0.089	0.765	3.46	0.022	2264.8
	M2	N0	0.091	0.763	3.36	0.021	2288.5
		N1	0.089	0.764	3.27	0.018	2379.8
		N2	0.087	0.765	3.34	0.021	2288.5
		المعدل	0.089	0.764	3.32	0.020	2318.9
	معدل القطاع		0.089	0.765	3.36	0.020	2319.3

العلاقة بين عاملي الشدة والكمية والسعة التنظيمية للبوتاسيوم

تبين الجداول (5، 6، 7) قيم معامل الارتباط بين عاملي الشدة والكمية أذ كانت هذه القيم عالية جدا" وتعكس العلاقة بين كمية البوتاسيوم في الجزء الصلب مع شدته في محلول التربة بشكل جيد. يلاحظ من هذه الجداول أن

جهد السعة التنظيمية للبوتاسيوم **P.B.C.K** قبل الزراعة **94.4**سنتيمول. كغم$^{-1}$(مول. لتر$^{-1}$)$^{-0.5}$ فيما كانت معدلات قيم الجهد في مراحل النمو المختلفة كالآتي:**89.5, 100.8, 95.4** لمراحل النمو الخضري والتزهير والجني على التتابع.

يلاحظ أن قيم السعة التنظيمية أخذت الصورة الآتية. مرحلة التزهير> الجني> النمو الخضري. أن زيادة السعة التنظيمية للبوتاسيوم في مرحلة التزهير تعكس القابلية الكبيرة للتربة على تعويض النقص الحاصل في بوتاسيوم التربة في هذه المرحلة بسبب تزايد امتصاص البوتاسيوم في هذه المدة من عمر النبات والذي تأكد من خلال بلوغ تركيز البوتاسيوم في أوراق النباتات أعلى مستوياته في هذه المرحلة وصاحب ذلك انخفاض في صور البوتاسيوم المختلفة في التربة (**6**)، أن الشيء الآخر الذي يؤكد قابلية التربة في تعويض نقص البوتاسيوم وعلى سعتها التنظيمية العالية للبوتاسيوم هو تساوي السعة التنظيمية للتربة قبل الزراعة وبعدها . كان تأثير مستويات السماد النتروجيني في السعة التنظيمية خلال مراحل النمو المختلفة بالشكل الآتي. **N_1(94.1)>N_2(93.2)>N_0(91.7)** أذ يتبين أن للسماد النتروجيني تأثيراً في زيادة السعة التنظيمية للبوتاسيوم. أما تأثير السماد العضوي في السعة التنظيمية خلال مراحل النمو المختلفة فكان بالشكل الآتي:– **M_1(94.3)>M_2(93.9)>M_0(90.8)** أذ يلاحظ أن السماد العضوي عمل على رفع السعة التنظيمية للبوتاسيوم وهذه النتيجة تتفق مع ما ذكره (**14**) إذ ذكروا أن السعة التنظيمية للتربة تزداد بزيادة محتواها من المادة العضوية. في حين أن تأثير مستويات السماد البوتاسي في السعة التنظيمية خلال مراحل النمو المختلفة أخذ الشكل الآتي:– **K_2(96.4)>K_1(91.9)>K_0(90.7)**.من هذا يمكن القول أن المعاملات غير المسمدة بالبوتاسيوم استطاعت أن تجاري وتنافس المعاملات المسمدة بالبوتاسيوم في سعتها التنظيمية للبوتاسيوم. عند مقارنة السعة التنظيمية للبوتاسيوم في تربة الدراسة في المعاملات المسمدة وغير المسمدة مع ما حصل عليه الربيعي والقيسي (**2**)عند زراعتهما الرز يلاحظ أن هناك فرقا" شاسعا" بين التربتين ولاسيما في المعاملات غير المسمدة إذ يلاحظ تصاعد السعة التنظيمية للبوتاسيوم مع مراحل النمو في حين حصل الباحثان على العكس تماما" أن دل هذا على شئ فيدل على القابلية الكبيرة لهذه التربة على سد النقص الحاصل في بوتاسيوم التربة مع مراحل النمو.

بوتاسيوم الحيز غير المستقر

تعبر هذه القيم عن الكمية الكلية للبوتاسيوم المرتبط بالمواقع غير الخاصة والقابلة للتحرر في أثناء الاستغلال الزراعي ويعدها بعض الباحثين معيارا" جيدا" لقياس جاهزية البوتاسيوم على الأمد البعيد. يتبين من جداول(**5**، **6**، **7**) أن قيمة بوتاسيوم الحيز غير المستقر في التربة قبل الزراعة كانت **1.69**سنتيمول. كغم$^{-1}$ أي **659.1** ملغم. كغم$^{-1}$ وتعادل هذه القيمة **2768.2** كغم. هـ$^{-1}$ وتعد هذه الكمية كبيرة إذا ما قورنت بكميات البوتاسيوم الممتصة من قبل المحاصيل الاعتيادية وحتى المستنزفة منها أما معدلات قيم بوتاسيوم الحيز غير المستقر خلال مراحل النمو المختلفة فكانت بالصورة الآتية:**1.81,1.68,2.17** لمراحل النمو الخضري والتزهير والجني على التتابع.

جدول 5: قيم مفهومي السعة والشدة (Q /I) لمعاملات البحث في مرحلة النمو الخضري

المعاملات			معامل الارتباط (r)	معامل التحديد (r^2)	معادلة الخط المستقيم	السعة التنظيمية للبوتاسيوم $Cmol.kg^{-1}$ ($mol.L^{-1})^{-0.5}$	بوتاسيوم الحيز غير المستقر $Cmol.\ kg^{-1}$
K_0	M_0	N_0	0.940	0.884	Y=-1.72+75.1X	75.1	1.72
		N_1	0.939	0.882	Y=-1.88+86.6 X	84.6	1.88
		N_2	0.951	0.904	Y=-1.87+86.2X	86.2	1.87
		المعدل				82.0	1.82
	M_1	N_0	0.947	0.897	Y=-1.96+82.2X	82.2	1.96
		N_1	0.927	0.859	Y=-1.89+84.4X	84.4	1.89
		N_2	0.952	0.906	Y=-1.90 +86.5X	86.5	1.90
		المعدل				84.4	1.92
	M_2	N_0	0.958	0.918	Y=-1.66+75.5X	75.5	1.66
		N_1	0.952	0.906	Y=-2.02+91.1X	91.1	2.02
		N_2	0.959	0.920	Y=-1.77+88.0X	88.0	1.77
		المعدل				84.9	1.82
	معدل القطاع					83.7	1.85
K_1	M_0	N_0	0.955	0.912	Y=-2.09+90.4X	90.4	2.09
		N_1	0.962	0.925	Y=-2.14+95.1X	95.1	2.14
		N_2	0.965	0.931	Y=-1.91+93.1X	93.1	1.91
		المعدل				92.9	2.05
	M_1	N_0	0.960	0.922	Y=-1.96+85.5X	85.5	1.96
		N_1	0.959	0.920	Y=-1.92+90.4X	90.4	1.92
		N_2	0.968	0.937	Y=-2.16+89.0X	89.0	2.16
		المعدل				88.3	2.01
	M_2	N_0	0.969	0.939	Y=-2.34+90.0X	90.0	2.34
		N_1	0.983	0.966	Y=-2.50+97.1X	97.1	2.50
		N_2	0.973	0.947	Y=-2.60+101.1X	101.1	2.60
		المعدل				96.1	2.48
	معدل القطاع					92.4	2.18
K_2	M_0	N_0	0.971	0.943	Y=-2.33+88.4X	88.4	2.33
		N_1	0.970	0.941	Y=-2.16+92.8X	92.8	2.16
		N_2	0.954	0.910	Y=-2.68+96.0X	96.0	2.68
		المعدل				92.4	2.39
	M_1	N_0	0.966	0.933	Y=-2.22+100.3X	100.3	2.22
		N_1	0.976	0.953	Y=-2.13+103.9X	103.9	2.13
		N_2	0.973	0.947	Y=-2.29+101.9X	101.9	2.29
		المعدل				102.0	2.21
	M_2	N_0	0.966	0.933	Y=-2.57+100.4X	100.4	2.57
		N_1	0.974	0.949	Y=-2.33+96.7X	96.7	2.33
		N_2	0.974	0.948	Y=-2.13+91.0X	91.0	2.13
		المعدل				96.0	2.34
	معدل القطاع					96.8	2.32
	قبل الزراعة		0.972	0.945	Y=-1.69+94.4X	94.4	1.69

جدول 6: قيم مفهومي السعة والشدة (Q / I) لمعاملات البحث في مرحلة التزهير

المعاملات			معامل التحديد (r^2)	معامل الارتباط (r)	معادلة الخط المستقيم	السعة التنظيمية للبوتاسيوم $Cmol.\ kg^{-1}_{0.5}(\ mol.L^{-1})^{-}$	بوتاسيوم الحيز غير المستقر $Cmol.\ kg^{-1}$
K_0	M_0	N_0	0.939	0.969	Y=-1.69+95.7X	95.7	1.69
		N_1	0.908	0.953	Y=-1.58+89.5X	89.5	1.58
		N_2	0.918	0.958	Y=-1.56+95.4X	95.4	1.56
		المعدل	–	–	–	93.5	1.61
	M_1	N_0	0.927	0.963	Y=-1.59+92.8X	92.8	1.59
		N_1	0.880	0.938	Y=-1.47+89.1X	89.1	1.47
		N_2	0.891	0.944	Y=-1.29+84.2X	84.2	1.29
		المعدل	–	–	–	88.7	1.45
	M_2	N_0	0.908	0.953	Y=-1.38+91.5X	91.5	1.38
		N_1	0.925	0.962	Y=-1.69+92.4X	92.4	1.69
		N_2	0.906	0.952	Y=-1.61+95.2X	95.2	1.61
		المعدل	–	–	–	93.0	1.56
	معدل القطاع					91.8	1.54
K_1	M_0	N_0	0.939	0.969	Y=-1.80+85.4X	85.4	1.80
		N_1	0.935	0.967	Y=-1.80+86.7X	86.7	1.80
		N_2	0.929	0.964	Y=-1.52+81.5X	81.5	1.52
		المعدل				84.5	1.71
	M_1	N_0	0.951	0.975	Y=-1.74+100.1X	100.1	1.74
		N_1	0.980	0.961	Y=-1.53+98.3X	98.3	1.53
		N_2	0.951	0.975	Y=-1.93+96.1X	96.1	1.93
		المعدل				98.2	1.73
	M_2	N_0	0.910	0.954	Y=-2.15+88.8X	88.8	2.15
		N_1	0.937	0.968	Y=-2.23+91.9X	91.9	2.23
		N_2	0.939	0.969	Y=-2.06+94.9X	94.9	2.06
		المعدل				91.9	2.15
	معدل القطاع					91.5	1.86
K_2	M_0	N_0	0.966	0.983	Y=-2.52+104.0X	104.0	2.52
		N_1	0.966	0.983	Y=-1.48+120.9X	120.9	1.48
		N_2	0.945	0.972	Y=-1.09+80.6X	80.6	1.09
		المعدل				101.8	1.70
	M_1	N_0	0.996	0.998	Y=-1.24+92.3X	92.3	1.24
		N_1	0.984	0.992	Y=-0.83+90.4X	90.4	0.83
		N_2	0.931	0.965	Y=-1.91+114.0X	114.0	1.91
		المعدل				98.9	1.33
	M_2	N_0	0.941	0.970	Y=-2.42+98.8X	98.8	2.42
		N_1	0.955	0.977	Y=-2.40+108.8X	108.8	2.40
		N_2	0.899	0.948	Y=-1.70+86.6X	86.6	1.70
		المعدل				98.1	2.17
	معدل القطاع					99.6	1.73

إذ يلاحظ أن قيم بوتاسيوم الحيز غير المستقر أخذت الاتجاه الآتي: مرحلة النمو الخضري> مرحلة الجني> مرحلة التزهير. أن قيم بوتاسيوم الحيز غير المستقر التي تم الحصول عليها تعد عالية مقارنة بما حصل عليه الربيعي والقيسي (2)، الزبيدي الربيعي (4). يستنتج مما ورد أنفاً ومن معطيات الحاصل وعدم استجابة النباتات للبوتاسيوم المضاف، أن التربة لا تعاني من أي نقص في البوتاسيوم وحتى في حالة حصول أي طلب متزايد على البوتاسيوم فأن للتربة قابلية كبيرة وسريعة في تنفيذ ذلك كما حدث في مرحلة التزهير.

جدول7: قيم مفهومي السعة والشدة (Q / I) لمعاملات البحث في مرحلة الجني

المعاملات			معامل الارتباط (r)	معامل التحديد (r^2)	معادلة الخط المستقيم	السعة التنظيمية للبوتاسيوم Cmol. $kg^{-1}_{0.5}$($mol.L^{-1}$)-	بوتاسيوم الحيز غير المستقر Cmol. kg^{-1}
K_0	M_0	N_0	0.938	0.880	Y=-1.47 +82.3X	82.3	1.47
		N_1	0.949	0.901	Y=-1.48+97.1X	97.1	1.48
		N_2	0.968	0.937	Y=-1.47+97.7X	97.7	1.47
		المعدل				92.4	1.47
	M_1	N_0	0.979	0.958	Y=-1.52+102.1X	102.1	1.52
		N_1	0.959	0.920	Y=-1.42+99.8X	99.8	1.42
		N_2	0.961	0.924	Y=-1.52+105.7X	105.7	1.52
		المعدل				102.5	1.49
	M_2	N_0	0.966	0.933	Y=-1.40+108.7X	108.7	1.40
		N_1	0.970	0.941	Y=-1.21+87.9X	87.9	1.21
		N_2	0.974	0.949	Y=-1.19+88.8X	88.8	1.19
		المعدل				95.1	1.27
	معدل القطاع					96.7	1.41
K_1	M_0	N_0	0.971	0.943	Y=-2.16+96.8X	96.8	2.16
		N_1	0.971	0.943	Y=-1.98+87.0X	87.0	1.98
		N_2	0.969	0.939	Y=-1.59+88.9X	88.9	1.59
		المعدل				90.9	1.91
	M_1	N_0	0.951	0.904	Y=-1.90+89.8X	89.8	1.90
		N_1	0.967	0.935	Y=-1.73+89.1X	89.1	1.73
		N_2	0.971	0.943	Y=-1.86+96.3X	96.3	1.86
		المعدل				91.7	1.83
	M_2	N_0	0.951	0.904	Y=-1.75+82.6X	82.6	1.75
		N_1	0.965	0.931	Y=-2.37+104.3X	104.3	2.37
		N_2	0.943	0.889	Y=-2.19+90.5X	90.5	2.19
		المعدل				92.5	2.10
	معدل القطاع					91.7	1.95
K_2	M_0	N_0	0.996	0.992	Y=-1.70+84.4X	84.4	1.70
		N_1	0.954	0.910	Y=-1.66+82.0X	82.0	1.66
		N_2	0.970	0.941	Y=-1.42+94.3X	94.3	1.42
		المعدل				86.9	1.59
	M_1	N_0	0.807	0.651	Y=-2.42+83.4X	83.4	2.42
		N_1	0.982	0.964	Y=-1.78+100.1X	100.1	1.78
		N_2	0.981	0.962	Y=-1.97+97.9X	97.9	1.97
		المعدل				93.8	2.06
	M_2	N_0	0.984	0.968	Y=-2.24+108.1X	108.1	2.24
		N_1	0.992	0.984	Y=-1.64+90.5X	90.5	1.64
		N_2	0.980	0.960	Y=-1.98+93.9X	93.9	1.98
		المعدل	–	–	–	97.5	1.95
	معدل القطاع		–	–	–	92.7	1.87

المصادر

1- التميمي، هيفاء جاسم (1988). التقويم الخصوبي لمحتوى ترب جنوبي العراق من البوتاسيوم واستجابة الذرة الصفراء للتسميد العضوي والبوتاسي. رسالة ماجستير– كلية الزراعة – جامعة البصرة.

2- الربيعي، محمد عبد و شفيق جلاب القيسي (2000) .تأثير الزراعة والتسميد البوتاسي على جاهزية البوتاسيوم ونمو وغلة محصول الرز صنف عنبر(33) 1–جاهزية البوتاسيوم في التربة. مجلة العلوم الزراعية العراقية،مجلد(31) ، العدد الثالث،ص:23-31 .

3- الزبيدي، احمد حيدر وشذى ماجد الربيعي (2001) .ثرموديناميكية البوتاسيوم في الترب العراقية. بحث مقدم إلى المؤتمر الزراعي العلمي الرابع– جامعة جرش الأردن.

4- الزبيدي، احمد حيدر و بهاء الدين مكي فيروز الربيعي (2002) .ثرموديناميكية البوتاسيوم في ترب زراعة الرز. مجلة إباء للأبحاث الزراعية، 12 (3):155-177 .

5- السامرائي، عروبة عبدالله أحمد (2005) .حالة وسلوكية البوتاسيوم في ترب الزراعة المحمية. أطروحة دكتوراه– كلية الزراعة – جامعة بغداد.

6- عبد الرسول، قحطان جمال(2007). تقييم تأثير التسميد العضوي والمعدني (NوK) في حالة وتحرر وامتصاص البوتاسيوم وإنتاج درنات البطاطا. رسالة دكتوراه– كلية الزراعة– جامعة بغداد، بغداد.

7- عواد، كاظم مشحوت (1986) .مبادئ كيمياء التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي– جامعة البصرة.

8- Bandyopadhyay,B. K. and N. N. Goswami (1988). Dynamic of potassium in soils as influenced by levels of added K, Ca and Mg .J. Indian Soc. S. Sci., 36:471-476.

9- Beckett,P.H.T.(1964a). Studies on soil potassium ,1.Confirmation of the law: Measurement of potassium potential. J. of Soil Sci., 15(1):1-8.

10- Beckett, P. H. T. (1964b). Studies on soil potassium ,II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil. J.of Soil Sci., 15(1): 9-23. 40:783-797.

11- Black, C. A. (1965). Methods of Soil Analysis, Part1. Physical and Mineralogical properties. Madison, Wisconsin,USA.

12- Dobermann, A. P. ; C. S. Cruz and K. G. Cassman (1995). Potassium balance and soil K supplying power in intensive rice ecosystems K in Asia, Proc. Of the 24th colloquium of IPI held at Chaing Mai, Thailand,:199-234.

13- Griffin, R. A. and J. J. Jurinak (1973). Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. Soil Sci., 116:26-30.

14- Havlin, J. L.;J. D. Beaton; S. L. Tisdale and W. L. Nelson (2005). Soil Fertility and Fertilizers: 7th Ed. An Introduction to Nutrient Management. Upper Saddle River, New Jersey.

15- Lindsay, W. L. (1979). Chemical Equilibrium in Soils. John Willy, New York.

16- Martin, H. W. and D. L Sparks (1983). Kinetics of non-exchangeable potassium release from two coastal plain soils. S.S.S.Am.J. 47: 883-887.

17- Menge l, K. and E.A. Kirkby (1982). Principles of Plant Nutrition. 3rd Ed.IPI, Bern,Swizerland.581p.

18- Page, A. L.; R. H Miller and D. R. Keeney (Eds.) (1982). Methods of Soil Analysis. Part. 2nd edition. Chemical and Microbiologicalproperties. m.Soc.ofAgr.,S.S.S.Am.Inc.,Madison, Wisconsin, USA.

19- Pratt, P. F. (1965). Potassium. In C. A. Black (eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9:1023-1031. Am. Soc. of Agron. Madison,Wis.

20- Richards, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. USDA Hand book60. USDA,Washington DC.

21- Woodruff,C.M.,1955.Ionic equilibrium between clay and dilute salt solution.s.s.s.Am.proc.,19:36-40.

THERMODYNAMIC BEHAVER OF ADDED POTASSIUM WITH NITROGEN AND ORGANIC FERTILIZERS DURING POTATO PLANTS GROWTH SEASON

K. J. Abdulrasol K. S. Jawad H. Y. Aldolayme

ABSTRACT

Laboratory experiment was conducted according to thermodynamic criteria on samples of field experiment on silt loam soil(Alluvium) to investigate the efficiency of thermodynamic criteria in predication of plants response to potash fertilization by utilization potato plants as biological indicator . The study was conducted by treating 5g of soil samples with number of 0.02 *M* $CaCl_2$ &$MgCl_2$ solutions which containing increasing concentrations of potassium ions(KCl). The ratio of mixing was 1:10. After shaking & equilibrium, the soil samples were extracted & ions of Ca, Mg, K were estimated in extracts & electrical conductivity was measured. Then the flowing calculations were carried out, ionic strength, activity and activity coefficient , activity ratio, free energy, intensity & quantity curve were drawing & soil buffering capacity were counted at three stages of plant growth .The results indicated that 77% of soluble potassium was active along plant growth. Free energy values at equilibrium before, during and after planting indicated that the soil had high availability of potassium. Values of buffering capacity of potassium indicated that the soil had high ability to escort the variations occurred in the soil. Values of labile potassium indicated that the soil had good ability to release potassium.

Part of Ph.D. Theses for the first author.
College of Agric. - Baghdad Univ. – Baghdad, Iraq.