مجلة الزراعة العراقية (البحثية) مجلد17 عدد1 ص 14-23 كانون الاول/2012

تأثير التلقيح بالمايكورايزا واضافة البوتاسيوم في تحرر البوتاسيوم أثناء مراحل نمو الذرة الصفراء (Zea *mays* L.)

نريمان داود سلمان

الملخص

نفذت تجربة حقلية في كلية الزراعة – جامعة بغداد اثناء الموسم الصيفي لعام 2005 في تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية لدراسة تأثير التلقيح بالمايكورايزا في تحرر البوتاسيوم المثبت وجاهزيته لنبات الذرة الصفراء، وتم تنفيذ تجربة عاملية شملت مستويين من البوتاسيوم المضاف وبثلاث مراحل من مراحل الذرة الصفراء وهي الخضري والازهار والحصاد (35، 60 و120 يوماً) باربعة مكررات رتبت وفق نظام القطاعات الكاملة المعشاة. اظهرت النتائج ان اضافة السماد الحيوي الفطري ادى الى زيادة البوتاسيوم في صوره المختلفة الذائب والمتبادل وغير المتبادل وانعكست هذه الزيادة في كمية البوتاسيوم الممتص من قبل النباتات وفي انتاج المادة الجافة للذرة الصفراء. اذ كانت الزيادة في البوتاسيوم الذائب في المعاملة الملقحة بالمايكورايزا عن المعاملة غير الملقحة هي 56.14% والزيادة في البوتاسيوم المتبادل هي 55.94% عن معاملة المقارنة للمعاملتين الملقحة بالمايكورايزا وغير الملقحة على التوالي . اي ان الزيادة في البوتاسيوم الجاهز (الذائب + المتبادل) بحدود 55.5% عند التلقيح بالمايكورايزا. ا دت زيادة المدة الزمنية الى انخفاض البوتاسيوم الذائب والمتبادل (البوتاسيوم الجاهز) بنسبة 117.3% بين المدة الاولى والمدة الاخيرة. اظهرت النتائج ان معادلة الانتشار كانت افضل المعادلات الحركية في وصف تحرر البوتاسيوم بحامض الستريك في التربة لمراحل النمو المختلفة وتميزت بسرعة تحرر واطئة نسبياً للبوتاسيوم. اذ ازدادت سرعة تحرر البوتاسيوم بتقدم مراحل النمو فقد كانت قيم معامل سرعة تحرر البوتاسيوم من معادلة الانتشار بين 30.75 –40.01 (ملغم.كغم$^{-1}$.ساعة$^{-1/2}$) . واظهرت نتائج المعايير الحركية ان المعادلات جميعاً بينت ان التربة ذات قابلية تجهيز متوسطة الى عالية للبوتاسيوم، فقد كانت كمية البوتاسيوم المتحرر التجميعية المستخلص بحامض الستريك (x5 10^{-4}) عالية وتراوحت بين 646.07–930..67 (ملغمK.كغم$^{-1}$) وتعادل 1.65– 2.38 (سنتي مولK.كغم$^{-1}$). يستنتج من هذه الدراسة اهمية التلقيح بالمايكورايزا او السماد الفطري الحيوي في زيادة البوتاسيوم المتحرر في ظروف التجربة الحالية

المقدمة

يعد استعمال الاسمدة الحيوية الفطرية واحداً من التقانات المهمة في زيادة الانتاج لعدد من محاصيل الحبوب والمحاصيل البستنية وان نجاح التسميد الحيوي الفطري يعتمد على عوامل عدة منها حيوية اللقاح المستخدم ومقاومة اللقاح الفطري للاحياء المجهرية المستوطنة في منطقة الرايزوسفير ونوع وكمية مصدر الطاقة وطريقة اضافة اللقاح وتحمل اللقاحات المدخلة الى وسط نمو النبات (23). التجوية البايولوجية للمعادن الحاملة للبوتاسيوم تؤدي الى تحرر البوتاسيوم غير الجاهز (غير المتبادل) من المعادن نتيجة لافراز ايونات الاوكزالات والبروتونات التي تسببها الهايفا واحلال البوتاسيوم بين طبقات المعدن. اذ بينوا Lapeyrie وجماعته (13) ان المعادن تزداد حيويتها بواسطة الاوكزالات المفرزة من قبل الفطر وان البوتاسيوم في الطبقات الداخلية لمعادن الطين 2: 1 يمكن ان يحل محله ايون موجب اخر (البروتون). وذكر Blum وجماعته (8) ان فطر المايكورايزا يستخلص المغذيات المعدنية مثل الفسفور

كلية الزراعة– جامعة بغداد– بغداد، العراق.
تاريخ تسلم البحث: تموز/ 2010
تاريخ قبول البحث: آب/2011

والكالسيوم والبوتاسيوم من معادن الطين. لقد اهتم الباحثون في ايجاد وسائل لزيادة جاهزية البوتاسيوم للنبات ومن هذه الوسائل هي الاستفادة من عمل الاحياء المجهرية كفطر المايكورايزا (25)، واكدوا اهمية المايكورايزا في تحرر البوتاسيوم من المعادن الحاملة له، اذ لاحظوا ان وجود هذا النوع من الاحياء المجهرية اسهم في تحرر البوتاسيوم ضعف او ثلاثة اضعاف التي لم تلقح بهذا النوع من الفطر من خلال افراز الاوكزالات والبروتونات من سطوح الجذور الملقحة بالمايكورايزا ولأن ان الاوكزالات يمكنها ان تخلب الحديد والالمنيوم الثلاثية الشحنة في الشبكة البلورية للمعادن الحاوية على البوتاسيوم مسببة تجوية هذه المعادن وتحرر البوتاسيوم هذا من جهة ومن جهة اخرى فأن ايون H_3O^+ و K^+ كلاهما احادي الشحنة وقطر ايون H_3O^+ اصغر بكثير من ايون البوتاسيوم كذلك ايون H_3O^+ له المقدرة العالية للدخول الى الطبقات الداخلية للمعادن الطينية واحلاله محل K^+. توصل **Hoffland** وجماعته (10) الى ان احدى وظائف فطر المايكورايزا هو مشاركته في تجوية الصخور الطبيعية وتحللها الى عناصرها الاولية ، ظهر ذلك في دراسته التي استندت الى القاعدة التي تقول ان صخور سطح الارض كلها معرضة للتجوية والى عمل الاحياء المجهرية في تجوية صخور الارض وتحرر المعادن الداخلة في تركيبها بما يسمى بالتجوية الحيوية. ان سرعة تحرر البوتاسيوم واطئة نسبيا" لا تكفي لتلبية حاجة العديد من المحاصيل ذات المتطلبات العالية لهذا الايون، وبالرغم من وجود خزين من البوتاسيوم في التربة لأنه توجد استجابة للاسمدة البوتاسية (3، 7، 22، 24) واكدته دراسات الحركيات (1، 2، 3). كما بين عدد من الباحثين ان نشاط الاحياء المجهرية تسهم في تحرر البوتاسيوم غير الجاهز من المعادن نتيجة لتدفق ايونات الاوكزالات من سطوح الجذور الملقحة بالمايكورايزا وكونها تخلب الحديد والالمنيوم الثلاثية الشحنة في الشبكة البلورية للمعادن الحاوية على البوتاسيوم مسببة تحرر البوتاسيوم من جهة واحلال البروتونات محل البوتاسيوم في الطبقات الداخلية لمعادن 1:2 من جهة اخرى (8، 9، 25). لذا فالهدف من هذه الدراسة بيان عمل احياء التربة ومنها فطر المايكورايزا في تحرر وحركة البوتاسيوم غير المتبادل في التربة وزيادة جاهزيته من قبل النبات.

المواد وطرائق البحث

نفذت تجربة حقلية في احدى حقول قسم المحاصيل– كلية الزراعة – جامعة بغداد في تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية ، قدرت بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لها قبل الزراعة وفقا" للطرائق المذكورة في **Page** وجماعته (17) وعرضت نتائج التحاليل في جدول (1) استخدمت بذور الذرة الصفراء صنف بحوث 106 التي تم الحصول عليها من الهيأة العامة للبحوث الزراعية – وزارة الزراعة. اجريت عمليات الحراثة والتسوية المعمول بها لاعداد الارض، قطعت المساحة المحددة لزراعة التجربة الى الواح بمساحة (6x4 م^2) مع عمل اكتاف يفصل عن بعضها البعض. تمت زراعة بذور الذرة الصفراء المعفرة في خطوط في 15/7/2005 في جور وبمعدل (3) بذور للجورة الواحدة وخفت الى نبات واحد المسافة بين جورة واخرى 25 سم وبين خط واخر 75 سم وبكثافة نباتية مقدارها 53000 نبات. هـ$^{-1}$ وبذلك تكون 4 خطوط في كل وحدة تجريبية. تم السقي طيلة مدة بقاء المحصول في الارض عند استنفاذ 50% من الماء الجاهز باستعمال الطريقة الوزنية. تم التعشيب يدوياً واضيف الديازينون المحبب 10% بمقدار 6 كغم.هـ$^{-1}$ لمكافحة حشرة حفار ساق الذرة الصفراء ***Sesamia criteca*** بعد اسبوعين من الانبات.

استعمل تصميم القطاعات الكاملة المعشاة وكررت 4 مرات فبلغ عدد الوحدات التجريبية 48 وحدة تجريبية وكانت المعاملات:

1– معاملات السماد الحيوي الفطري وعدم اضافته اذ اضيف خليط من لقاح المايكورايزا (***Glomus mosseae*** + ***Giga spora spp***) في خطوط زراعة البذور بمعدل 100 غم لكل خط (بمعدل 10 غم في كل جورة على بعد 5 سم من البذرة) الذي يمثل (تربة + جذور مصابة + ابواغ الفطر).

2– اضيف مستويين من البوتاسيوم (0 و100 كغم K. هـ$^{-1}$) من سماد كبريتات البوتاسيوم (K% 41.5).

3– عامل الزمن بثلاث مراحل نمو (الخضري و الازهار والحصاد).

جدول 1: بعض الصفات الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

الطين	الغرين	الرمل	النسجة	معادن الكاربونات	المادة العضوية	CEC	pH*	ECe *
gm.kg^{-1}soil			–	gm.kg^{-1}soil		Cmol$_c$.kg^{-1}soil	–	dS.m^{-1}
339	512	149	SiCL	243	14	27.5	7.9	3.71

*قدرت في مستخلص العجينة المشبعة

K الكلي	K المعدني	K غير المتبادل	K المتبادل	K الذائب	Fe	Zn	P	N
mg.kg^{-1}soil					mg.kg^{-1}soil			
14368.9	13115.2	983.18	233.81	36.72				
Cmol.Kg^{-1}soil					3.4	0.88	6.72	40.6
36.749	33.543	2.5515	0.5980	0.094				

391 / mgK.kg^{-1}soil = CmolK.Kg^{-1}soil

اضيف سمادي اليوريا (N%46) بواقع 200 كغم N .هـ$^{-1}$ وفوسفات الكالسيوم الثلاثي (P%20) بواقع 60 كغم P. هـ$^{-1}$. تم تقدير الصور المختلفة للبوتاسيوم (الذائب والمتبادل وغير المتبادل والكلي) للمراحل الثلاث حسب الطرائق المذكورة في Page وجماعته (17). وتم القياس باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer). وتم حساب البوتاسيوم المعدني حسب الصيغة الرياضية المقترحة من قبل Martin وSparks (15).

تم حساب تحرر البوتاسيوم مختبريا باستعمال الاستخلاص المتعاقب Citric acid 5x10^{-4} *M* وحسب الاسلوب المتبع من قبل Simard وجماعته (19) وذلك بأستخلاص التربة استخلاصاً متعاقباً و10 مدد استخلاصية مدة الواحدة منها 12 ساعة وبنسبة استخلاص 10:1 (تربة:حامض) ومن ثم تم الرج لمدة 12 ساعة ثم الفصل بجهاز الطرد المركزي وبسرعة 2000 دورة.دقيقة$^{-1}$.

تم اختبار المعادلات الحركية لوصف تحرر البوتاسيوم وحساب معامل سرعة التحرر للبوتاسيوم:

1 - معادلة الرتبة صفر $C_t = C_0 - Kt$ ---------- 1–

2 - معادلة الرتبة الاولى $\ln (C_0 - C_t) = \ln C_0 - Kt$ ---------- 2-

3 معادلة الانتشار $C_t = C_0 - K t^{1/2}$ ---------- 3–

4- معادلة ايلوفج $C_t = C_0 + K \ln t$ ---------- 4

5 - المعادلة الاسية $\ln C_t = \ln C_0 + K \ln t$ ---------- 5–

اذ ان :

C_t : كمية البوتاسيوم المتحرر عند الزمن t (ملغم.كغم$^{-1}$ تربة).

C_0 : كمية البوتاسيوم الذي يمكن ان يتحرر عند الزمن صفر ، قاطع الخط المستقيم (ملغم.كغم$^{-1}$).

K : معامل سرعة تحرر البوتاسيوم (ميل الخط المستقيم).

t : الزمن (ساعة).

ولتحديد افضل معادلة رياضية في وصف عملية التحرر تم حساب معامل الارتباط (r) وقيمة الخطأ القياسي (ES) حسب المعادلة الاتية:

$$SE = [\sum(C_t^* - C_t)^2 / n-2]^{1/2} \quad \text{----------} \quad 6$$

اذ ان:

C_t = التركيز الفعلي المقاس للبوتاسيوم في المحلول عند الزمن t

C_t^* = التركيز المحسوب للبوتاسيوم من كل معادلة عند الزمن t

n = عدد مرات القياس (عدد العينات)

وتم تحديد افضل معادلة رياضية على اساس اعلى قيمة ارتباط واوطأ قيمة الخطأ القياسي (SE) حسب Spark و Jardine (20). تم احتساب معامل سرعة تحرر البوتاسيوم استناداً الى معادلة الانتشار التي اعطت اعلى قيمة لمعامل الارتباط (r) واقل قيمة للخطأ القياسي (SE). واستعمل نظام SAS (21) في تحليل البيانات.

النتائج والمناقشة

يوضح جدول (2) ان قيم البوتاسيوم الذائب بشكل عام تراوحت بين 4.32 – 35.88 ملغم K كغم$^{-1}$ التي تعادل (0.01 –0.09 سنتي مول.كغم$^{-1}$) وهي ضمن قيم البوتاسيوم الذائب لعدد من الترب العراقية (3، 4). اثر التلقيح بالمايكورايزا معنويا في زيادة البوتاسيوم الذائب اذ ازدادت القيم من 17.03 الى 25.09 ملغمK.كغم$^{-1}$ للمعاملات غير الملقحة والملقحة بالتتابع وبنسبة زيادة مقدارها 44.3%. ان هذه الزيادة هي لتأثير التلقيح بشكل رئيس وكمعدل عام لكافة مراحل اخذ العينات، وهذه الزيادة مهمة جدا لا سيما ان البوتاسيوم الذائب هو البوتاسيوم الاكثر جاهزية للنبات (9). اما تأثير عامل الزمن فيلاحظ ان البوتاسيوم الذائب انخفض من 30.63 ملغمK.كغم$^{-1}$ الى 20.86 ملغم K. كغم$^{-1}$ في نهاية الموسم.

جدول 2: تأثير التلقيح بالمايكورايزا AM ومستويات البوتاسيوم K والزمن T في البوتاسيوم الذائب (ملغمK.كغم$^{-1}$ تربة)

معدل K	معدل AM x K	الزمن T (يوم بعد الزراعة)			التلقيح AM	مستويات K
		(T_3)120	(T_2) 60	(T_1) 35		
17.24	10.63	4.32	8.10	19.48	- AM	K_0
	23.85	24.63	11.73	35.19	+ AM	
–	17.25	14.48	9.92	27.34	معدل TxK_0	
24.87	23.42	25.81	12.51	31.95	- AM	K_1
	26.32	28.67	14.42	35.88	+ AM	
–	24.86	27.24	13.42	33.92	معدل TxK_1	
–	21.06	20.86	11.67	30.63	معدل TxK	
+ AM	- AM	K_1	K_0	T_3	T_2	T_1
25.09	17.03	24.87	17.24	20.86	11.67	30.63
قيم اقل فرق معنوي $LSD_{0.05}$						
AM		K		T		
2.67		2.67		2.74		
AM x Kx T		Tx K		AM x T	AM x K	
3.01		2.80		2.76	2.89	

ان هذا الانخفاض في البوتاسيوم الذائب مع الزمن متوقع نتيجة للامتصاص من قبل النبات وتحوله الى الصور الاخرى. تشير العديد من الدراسات الى امكان تحول البوتاسيوم من الشكل الذائب الى الاشكال الاخرى لا سيما المتبادل المثبت (4، 9). ان قيمة البوتاسيوم الذائب في التربة قبل الزراعة كانت بمقدار 36.72 ملغم K كغم$^{-1}$ التي تعادل 0.094 سنتي مولK كغم$^{-1}$ (جدول 1) وهي ضمن القيم للبوتاسيوم الذائب التي ذكرت في العديد من المراجع (3، 4).

تأثير معاملات التجربة في البوتاسيوم المتبادل مبينة في جدول (3) اذ يلاحظ ان التلقيح بالمايكورايزا زاد معنويا من كمية البوتاسيوم المتبادل بحدود 37.9% وان تاثير الزمن في البوتاسيوم المتبادل اخذ الاتجاه نفسه للبوتاسيوم الذائب. وانخفضت القيمة للبوتاسيوم المتبادل من 270.64 – 187.31 ملغم K كغم$^{-1}$ والذي تعادل 0.692 – 0.479 سنتي مول K كغم$^{-1}$ وتراوحت كمية البوتاسيوم المتبادل 84.07 – 320.09 ملغم K كغم$^{-1}$ التي تعادل 0.22 – 0.82 سنتي مول K كغم$^{-1}$. ان تأثير التلقيح بالمايكورايزا في زيادة البوتاسيوم المتبادل بنسبة 9.37% مهم جدا لا سيما ان النبات يمتص البوتاسيوم المتبادل اضافة الى البوتاسيوم الذائب. ويطلق على البوتاسيوم الذائب + البوتاسيوم المتبادل بالتعبير البوتاسيوم الجاهز من الناحية الخصوبية وهذا تأكيد على عمل الاسمدة الحيوية الفطرية في زيادة الكمية الجاهزة من البوتاسيوم والقابلة للامتصاص من قبل النبات. ان قيمة البوتاسيوم المتبادل في التربة قبل الزراعة كانت بمقدار 233.81 ملغمK.كغم$^{-1}$ تربة التي تعادل 0.598 سنتي مولK.كغم$^{-1}$ (جدول 1) وهذه القيمة تقع ضمن الحدود المقبولة للحصول على انتاج جيد كما جاء في Al-Zubaid و Pagel (5) الا انها اقل بكثير من الحد المذكور في IPI (12)، اي بحدود 450 ملغم.كغم$^{-1}$ ولذلك فأن كمية البوتاسيوم الجاهز حسب المعايير تكون ضمن القيم الجيدة ويمكن الحصول على انتاج جيد الا انه اقل بكثير من الحدود العالمية. وهنا لابد من القول ان هناك دراسات عدة نفذت في القطر وكانت هناك استجابة لاضافة الاسمدة الحاوية على البوتاسيوم على الرغم من ان قيم البوتاسيوم الجاهز تجاوزت 300 ملغم K.كغم$^{-1}$ (6، 18) لمحاصيل الطماطة وتبغ السيكار.

جدول 3: تأثير التلقيح بالمايكورايزا AM ومستويات البوتاسيوم K والزمن T في البوتاسيوم المتبادل (ملغمK.كغم$^{-1}$ تربة)

مستويات K	التلقيح AM	الزمن T (يوم بعد الزراعة)			معدل AM x K	معدلK
		(T_1) 35	(T_2) 60	(T_3)120		
K_0	- AM	168.13	89.93	84.07	114.04	167.94
	+ AM	316.71	133.72	215.05	221.83	
معدل K_0xT		242.42	111.83	149.56	167.94	–
K_1	- AM	277.61	138.81	222.84	213.09	221.20
	+ AM	320.09	149.55	227.25	229.30	
معدل K_1xT		298.85	144.18	225.05	222.69	–
معدل TxK		270.64	128.01	187.31	195.32	–
T_1	T_2	T_3	K_0	K_1	- AM	+ AM
270.64	128.01	187.31	167.94	221.20	163.57	255.57
قيم اقل فرق معنوي LSD 0.05						
T		K		AM		
12 96		11.66		11.66		
AM x K		AM x T		Tx K	AM x Kx T	
14.78		14.59		14.71	25.56	

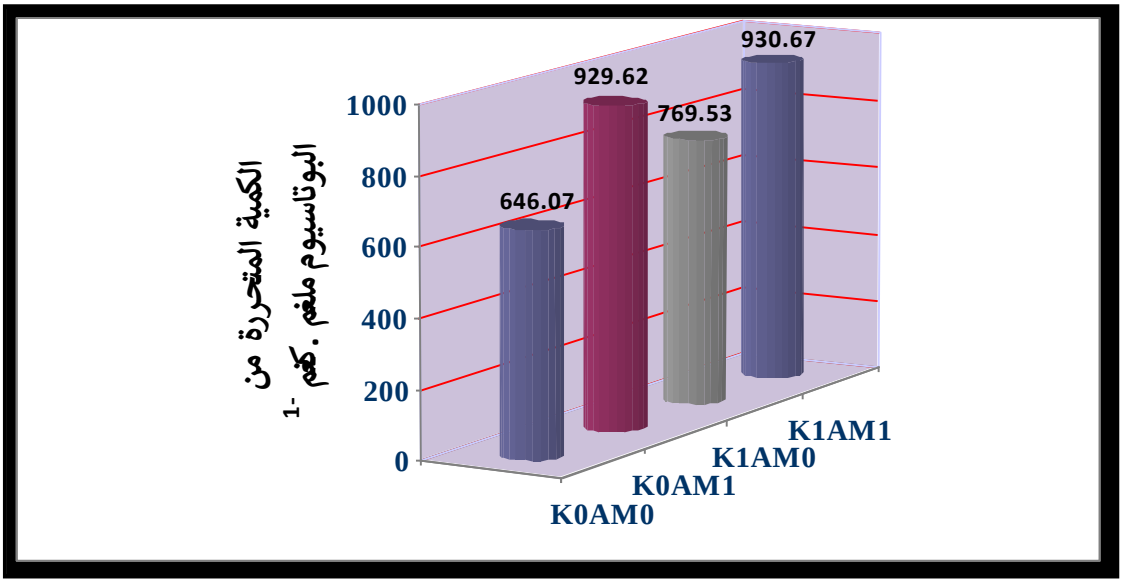
يبين جدول (4) ان تأثير التلقيح الحيوي الفطري ادى الى زيادة معنوية في كمية البوتاسيوم غير المتبادل وبلغت نسبة الزيادة بمقدار 19.1% قياساً الى المعاملة غير الملقحة. كما ان الانخفاض مع الزمن ممكن ان يكون نتيجة لتحول جزء من البوتاسيوم غير المتبادل الى الاشكال الاخرى. وكان مقدار الانخفاض من 918.17 – 843.83 ملغم K.كغم$^{-1}$ التي تعادل (2.35– 2.16 سنتي مول . كغم$^{-1}$) في نهاية الموسم. وتراوحت قيمة البوتاسيوم غير المتبادل من 551.31 – 977.87 ملغم K.كغم$^{-1}$ التي تعادل (1.41 -2.51 سنتي مول. كغم$^{-1}$).

يبين الشكل (1) كمية البوتاسيوم المستخلص بحامض الستريك ($5x10^{-4}$ *M*) التجميعي (ملغم K كغم$^{-1}$ تربة) في التربة عند عشرة استخلاصات متتالية بالحامض (12– 120 ساعة) في المعاملات، ويعتقد ان هذا الاستخلاص لحامض الستريك اقرب الى الواقع في الحقل لوجود الاحماض العضوية نتيجة فعالية الاحياء المجهرية والنبات في محلول تربة

المجموعة الجذرية فضلاً عن تكونها ضمن عمليات تجوية المعادن (11). ولكن تعد هذه الالية التي تحرر لها البوتاسيوم تحاكي عملية تحرر البوتاسيوم من الطور الصلب للتربة وانتقاله الى المحلول ثم الى جذور النباتات لا سيما ان جذور نبات الذرة الصفراء تنتج حامض الستريك نتاجاً للفعاليات الايضية للجذر وهذا يتفق مع ما توصل اليه كل من **Hosseinpour** و **Kalbas** (11)، **Laura** وجماعته (14). ويعزى ذلك الى حامض الستريك اذ انه حامض عضوي ضعيف وكذلك افراز الاحماض العضوية والاوكزالات وزيادة تركيز ايون الهيدروجين من قبل فطر المايكورايزا (25). وان الكمية التجميعية بعد **10** استخلاصات متتالية بحامض الستريك ($5x10^{-4}M$) للبوتاسيوم المتحررة التجميعية اختلفت باختلاف المعاملات بمحتواها من صيغ البوتاسيوم (جدول صيغ البوتاسيوم **2** ، **3** ، **4**) وازدادت بزيادة زمن الاستخلاص في المعاملات جميعها ولكن هذه الزيادة كانت بصورة تناقصية مع الزمن.

جدول **4**: تأثير التلقيح بالمايكورايزا **AM** ومستويات البوتاسيوم **K** والزمن **T** في البوتاسيوم غير المتبادل ملغم **K**.كغم$^{-1}$ تربة)

معدل K	معدل AM x K	الزمن T (يوم بعد الزراعة)			التلقيح AM	مستويات K
		(T_3)120	(T_2) 60	(T_1) 35		
776.56	643.85	551.31	613.87	766.36	- AM	K_0
	933.39	936.15	891.97	873.69	+ AM	
-	776.56	743.73	715.92	870.03	معدل TxK_0	
925.17	770.71	739.88	719.54	852.72	- AM	K_1
	937.29	941.98	892.03	977.87	+ AM	
-	925.17	943.93	865.29	966.30	معدل TxK_1	
-	850.87	843.83	790.61	918.17	معدل TxK	
+ AM	- AM	K_1	K_0	T_3	T_2	T_1
927.78	773.95	925.17	776.56	843.83	790.61	918.17
قيم اقل فرقا معنويا $LSD_{0.05}$						
AM		K		T		
79.6		79.6		87.3		
AM x Kx T		Tx K	AM x T		AM x K	
122.79		93.4	91.2		98.7	



شكل **1**: الكمية المتحررة التجميعية للبوتاسيوم في معاملات قيد الدراسة

واظهرت النتائج ان الكمية للبوتاسيوم التجميعية المتحرر كانت اعلى في المعاملة (K_1AM_1) في حين كانت اوطأ كمية متحررة تجميعياً من K هي في المعاملة (K_0AM_0) فقد كانت القيم (**646.07** و**769.53** و **929.62** و **930.67**) على التوالي.

وتبين النتائج في الشكل (**1**) ان كمية البوتاسيوم المتحررة التجميعي في المعاملة (K_0AM_1) اعتمدت على وجود المايكورايزا ويعزى الاختلاف في القيم الى وجود المايكورايزا وافراز الحوامض لتحرر K من التربة ومن ثم تحرر البوتاسيوم من الصيغ بطيئة التحرر (غير المتبادل) أو انعكس ذلك على الكمية المتحررة من البوتاسيوم في المعاملات الملقحة بالمايكورايزا أو هذا يتفق مع **Whiting** وجماعته (**24**). ان اضافة المستوى الثاني من البوتاسيوم بوجود المايكورايزا لم يؤثر كثيرا في كمية البوتاسيوم المتحررة اثناء المدة التجميعية قياساً الى بمعاملة عدم الاضافة.

ويتضح من جدول (**5**) ان معادلة الانتشار هي افضل في وصف تحرر البوتاسيوم واحتساب معامل سرعة التحرر بالاعتماد على تحليل **Least square analysis** بأخذ اعلى معاملاً ارتباطاً (**r**) واقل خطأ قياساً (**SE**). وكان ترتيب المعادلات من ناحية افضليتها في وصف حركيات تحرر البوتاسيوم **Parabolic > Power > order Zero > Elovich > First** . يتوافق هذا الاستنتاج مع **Simard** وجماعته **(19)** الذين وجدواان معادلة دالة القوة ومعادلة الانتشار كانت الافضل عند استعمال حامض الستريك ($5x10^{-4}M$) كمحلول استخلاص.

جدول **5**: معدل قيم معامل الارتباط البسيط (**r**) والخطأ القياسي (**SE**) للمعادلات الرياضية المستعمل في وصف تحرر البوتاسيوم في معاملات التجربة قيد الدراسة

المعدل	المعاملات				المعادلة	
	K1AM1	K1AM0	K0AM1	K0AM0		
0.9337	0.9482	0.9276	0.9365	0.9223	r	Zero
87.5845	97.5037	106.1029	40.0942	106.6373	SE	
0.9667	0.9643	0.9590	0.9849	0.9586	r	First
5.1095	3.1298	6.6579	4.3956	6.2547	SE	
0.9763	0.9777	0.9754	0.9820	0.9701	r	Power
0.09458	0.0730	0.0995	0.0976	0.1082	SE	
0.9950	0.9956	0.9953	0.9971	0.9918	r	Parabolic
0.0806	0.0730	0.0859	0.0661	0.0975	SE	
0.9749	0.9776	0.9721	0.9811	0.9689	r	Elovich
44.4005	21.1918	63.7414	24.3972	68.2714	SE	

ان عملية الانتشار هي المسؤولة عن انتشار ايونات البوتاسيوم من الاسطح الخارجية والداخلية للمعادن الى المحلول وهي التي تصف تفاعل البوتاسيوم غير المتبادل البطيئ المتحرر .

يبين جدول (**6**) ان قيم معامل سرعة تحرر البوتاسيوم عند المعاملة K_1AM_1 (**40.10** ملغم. كغم$^{-1}$.ساعة$^{-1/2}$) في حين انخفضت القيم عند المعاملات الاخرى اذ كانت القيم **30.755** و **38.85** و**40.01** ملغم.كغم$^{-1}$.ساعة$^{-1/2}$ (K_0AM_0، K_1AM_0، K_0AM_1) على التوالي. وهذا يشير الى ان معامل سرعة تحرر البوتاسيوم اعطى زيادة في المعاملات الملقحة بالسماد الحيوي الفطري وهذا يعني ارتباط البوتاسيوم مع اسطح التبادل للطور الصلب مما سهل التحرر لضعف قوة الارتباط مع بقية المواقع المسؤلة عن الامتزاز والتثبيت هذا يتفق مع ما توصل اليه **Mengel** و **Uhlenbecker** (**16**).

جدول **6**: معامل سرعة تحرر البوتاسيوم حسب معادلة الانتشار في معاملات التجربة

المعاملة	معامل سرعة تحرر البوتاسيوم (ملغم.كغم$^{-1}$.ساعة$^{-1/2}$)
K0AM0	30.75
K0AM1	40.01
K1AM0	38.85
K1AM1	40.10

ان للسماد الحيوي عملاً فعالاً في زيادة معامل سرعة تحرر البوتاسيوم من خلال عمله في زيادة امتصاص النبات للبوتاسيوم. ويبين الجدول ان اضافة السماد الحيوي الفطري (المايكورايزا) ادى الى زيادة في معامل سرعة تحرر البوتاسيوم اذ بلغت نسبة الزيادة بمقدار **30.1 %**.

مما تقدم من خلال النتائج التي حصل عليها المتضمنة زيادة قيم معايير الكيمياء الحركية التي درست في معاملات التجربة تأثير في فعالية ونشاط الاحياء (فطر المايكورايزا) ومن ثم زيادة معامل سرعة تحرر البوتاسيوم. ان نشاط الاحياء ومنها المايكورايزا قد اسهمت في تحرر البوتاسيوم من المعادن نتيجة افرازاتها الحامضية وزيادة ثناني اوكسيد الكربون التي تساعد بدورها على تحفيز عملية تحرر البوتاسيوم من المواقع صعبة التبادل (**25**).

نستنتج بان معادلة الانتشار وصفت عملية تحرر البوتاسيوم رياضيا بنجاح قياساً الى المعادلات الاخرى ، وللسماد الحيوي (المايكورايزا) مل في زيادة قيم البوتاسيوم الجاهز وغير المتبادل.

المصادر

1- الربيعي، محمد عبد شحتول وشفيق جلاب القيسي (**2000**). تقييم سعة تثبيت البوتاسيوم وحركيات تحرره في بعض ترب زراعة الرز في العراق. مجلة العلوم الزراعية العراقية. **31** (**3**): **11–19**.

2- الزبيدي، احمد حيدر ومحمد علي جمال العبيدي (**2003**). حركيات تحرر البوتاسيوم واستجابة النبات للبوتاسيوم في بعض الترب الكلسية. المجلة العراقية للعلوم الزراعية. **4** (**1**):**56– 59**.

3- السعدي، ايمان صاحب (**2007**). تقييم حالة وسلوكية البوتاسيوم المضاف من مصدرين سماديين تحت انظمة ري مختلفة في نمو وحاصل الطماطة والذرة الصفراء. اطروحة دكتوراه كلية الزراعة– جامعة بغداد. ع. ص:**273**.

4- **Al-Zubuidi, A.H. (2003). Potassium status in Iraq . Potassium and Water Management in West Asia and North Africa (WANA) The National Center for Agricultural research and Technology Transfer Amman Jordon, 129-142.**

5- **Al-Zubuidi, A.H. and H. Pagel (1979). Content of different potassium forms in some Iraqi soils 2ed Science Conference. Scientific Research foundation, Baghdad, Iraq. J. Agric, Sci., 14: 214-220.**

6- **Ali, N.S. (2004). Effect of potassium application and two methods of irrigation on yield (Quantity and Quality) of tomato crop (Lycopersicon esculentum Mill L-American carmelo) grown under plastic house. The Iraqi, J. of Agric. Sci., 35(3): 23-32.**

7- **Ali, N.S. (2005). The role of Potassium Fertilizers In Iraqi Agriculure. Scientific Forum "The best use of water and fertilizers under rain fed lands. University of Halaboo, Halaboo, Syria 2005.**

8- **Blum, J.D.; A. Klane; C.A. NeZat; C.T. Tohnson; T.G. Siccama; C. Eagar; T.J. Fahey and G.E. Likens (2002). Mycorrhizal weathering of apatite or an important calcium source in base-poor forest ecosystems. Nature, 417: 729-731.**

9- **Havlin, J.L.; J.D. Beaton; S.L. Tisdale and W.L. Nelson (2005). Soil Fertility and Fertilizers,7th Edition An introduction to nutrient management. Upper saddle River New Jersey.**

10- **Hoffland, E.; T.W. Kuyper; H. Wallander; C. Plassard; A.A. Gorbushina; K. Haselwandter; S. Holmstrom; R. Landeweert; U. Lundstrom; A. Rosling; R. Sen; M.M. Smits; P.A. V. Hees and N.V. Breemen (2004). The role of fungi in weathering. The Ecological Soc. Am., 2(5): 258-264.**

11- **Hosseinpour, A. And M. Kalbasi (2002). Kinetics of non exchangeable potassium release from soils and soil separates in some central region soils of Iran.7th WCSS, 14-21 August, Thailand Symposium, 54, 231.**

12- International Potash Institute (IPI) (2001). Global and regional Potash consumption and driving K balance in Agriculture. Work shop for balanced fertilization for crop yield and quality. 17-19 September, Praque, Czech Republic.
13- Lapeyrie, F.; G.A. Chilvers and C.A. Bhem (1987). Oxalic acid synthesis by mycorrhizal fungus *paxillus involutns* (Batch. Ex. Fr.). Fr, Newphytol, 106: 139-145.
14- Laura, P.; N. Classen and L.D. Jones (2005). Differential mobilization of P in the maize rhizosphere by citric acid and potassium citrate. Soil Biology and Biochemistry, 15:1-10.
15- Martin, H.W. and D.L. Sparks (1983). Kinetics of none changeable potassium release from two coastal plain soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 47:883-87.
16- Mengel, K. and K. Uhlenbecker (1993). Determination of available interlayer potassium and its uptake by ryegrass. Soil Sci. Soc. Am. J., 57:761-766.
17- Page, A.L.; R.H. Miller and D.R. Kenney (1982). Methods of soil analysis part 2 Chemical and Microbiology properties. Agronomy 9 ASA, Madison, Wisconsin.
18- Salman, N.D. (2006). Interaction effect between phosphorus and potassium on some chemical properties of cigar tobacco inoculated with mixture mycorrhizal fungus. Iraq J. of Soil Sci., 6(2): 16-25.
19- Simard, R.R.; C.R. Dekimpe and J. Zizka (1992). Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 1421-1428.
20- Spark, D.L. and P.M. Jarding (1984). Comparision of kinetic equations to describe K-Ca exchange in pure and mixed systems. Soil Sci., 138: 115-122.
21- SAS. (2001). SAS/ STAT Users Guide: SAS Personal of computers. Release.6012. SAS Inst. Inc. Cary, N.C., USA.
22- Tony, J.V. (2005). Potassium research and education at Purdue University. Potassium fertility research, Purdue Agronomy.
23- Usha, K.; A. Saxena and B. Singh (2004). Rhizosphere dynamics influenced by arbuscular mycorrhizal fungus Glomuns deserticola and related changes in leaf nutrient status and yield of kinnow mandanin. Australian J. Agric. Res., 55: 571-576
24- Whiting, D.; C. Wilson and A. Cord (2005). Plant Nutrition Colorado State University Cooperative extension. Horticulture.
25- Yuan, L.; J. Huang; X. Li and P. Christie (2004). Biological mobilization of potassium from clay minerals by ectomycorrhizal fungi and eucalypt seeding roots. Plant and Soil., 262-351.

Iraqi J. Agric. Res. Vol.17 No.1 pp.14–23 Dec./2012

EFFECT OF MYCORRHIZAL INOCULATION AND POTASSIUM APPLICATION ON POTASSIUM RELEASE DURING GROWTH STAGES OF CORN (*Zea mays* L.)

N. D. Salman

ABSTRACT

A field experiment was conducted at the College of Agriculture, University of Baghdad in summer season of 2005 using silty clay loam soil, to study the effect of mycorrhizal inoculation on the release of fixed potassium and its availability to corn (*Zea mays* L.) plants using two levels of K and sampling at three growth stages (shooting, flowering and harvesting) (35,60,120 days after sawing) in a factorial experiment arranged according to RCBD with four replicates. Samples from soil and plants were collected at 35, 60 and 120 days after sawing for K determination. Results showed that the application of fungal Bio fertilizer led to increase of soluble and exchangeable potassium, these increases were reflected in K taken up by plants and on the dry matter production. Mycorrhiza inoculated treatment increased soluble-K in soil compared to non- inoculated ones with as increase of 56.14% and exchangeable K to increase was 55.94% too. The increase of available K (Soluble+ exchangeable) was 55.5% after inoculation. Increasing with time there was a decrease in soluble and exchangeable K, (available K) in a rate of 117.3% between the first and the last period. Results showed that diffusion equation the best of the used kinetic equations in describing the release of K in soil during growth stages of corn. The soil had a low release rate of K. The rate of potassium release increased with corn growth stages progress and the rate coefficient of K release values between 30.75 – 40.01 mg.Kg^{-1}.hr $^{-1/2}$. Kinetic parameters results showed that all equations have moderate to high providing ability. Cumulative released K that extracted by citric acid (5 x 10^{-4} M) was high and ranged 646.07-930.67 (mg.Kg^{-1}) that equivalent to 1.65-2.38 Cmol K.Kg^{-1}. Results showed high significant correlation between available K in soil and cumulative released K that extracted by citric acid (5 x 10^{-4} M) with the uptake of K by plant and yield throughout growth and production stages. It may be concluded that there are great importance of mycorrhizal inoculation or fungal biofertilizer in the release K under the conditions of this experiment.

Agric. College- Baghdad Univ.- Baghdad- Iraq.