

تأثير مصادر ومستويات الكبريت وموعد الإضافة في الصفات الحركية للكبريت

كهرمان حسين حبيب *
كلية الزراعة / جامعة واسط

عبد سلمان جبر
كلية الزراعة / جامعة بغداد

E.mail : Sama20sa06@gmail.com

تاريخ قبول النشر : 2016/7/24

تاريخ استلام البحث : 2016/7/3

الخلاصة

أجريت تجربة في احد حقول محطة أبحاث الصويرة – محافظة واسط للموسم الربيعي 2015 م في تربة مزيجية طينية لدراسة تأثير مصادر الكبريت (الكبريت الزراعي 90% S R1 والكبريت الرغوي 75% S R2 ومستوياته 0 و 2500 و 5000 كغم S⁻¹ . هـ⁻¹ تمثل المستويات S0 ، S1 ، S2 ، ومواعيد الإضافة (قبل 30 يوماً من الزراعة T0) قبل 15 يوماً من الزراعة T1 وعند الزراعة T2) في الكبريت الجاهز والمتحرر في التربة المستخلص بحامض الستريك (5×10^{-4} M) خلال مدد نمو النبات 30 ، 60 ، 90 ، 120 يوماً من الزراعة بأعتماد المفاهيم الحركية لتحديد افضل المعادلات الحركية لوصف ميكانيكية تحرر الكبريت في التربة والكمية المتحررة للتعبير عن جاهزية الكبريت للنبات .

أظهرت النتائج تأثيراً معنوياً لمصادر ومستويات الكبريت وموعد الإضافة في الكبريت الجاهز المتحرر المستخلص بحامض الستريك (5×10^{-4} M) خلال مدد نمو النبات وقد تفوق مصدر الكبريت الزراعي R1 عند مستوى الإضافة S2 (5000 كغم S⁻¹ . هـ⁻¹) عند موعد الإضافة عند الزراعة T2 وتحققت أعلى القيم عند الزمن 30 يوماً من الزراعة وبلغ 376 و 382 و 375 ملغم S₀ . كغم⁻¹ تربة على التوالي ، كما حققت معاملة التداخل الثلاثي R1S2T3 أعلى قيم للكبريت المتحرر المستخلص بحامض الستريك عند الزمن ذاته بلغت 520 ملغم S₀ . كغم⁻¹ . تربة وظهرت النتائج الحركية للكبريت المستخلص بحامض الستريك (5×10^{-4} M) في التربة عند مدد نمو النبات ان جميع المعادلات الحركية المستخدمة وضحت بشكل جيد ميكانيكية تحرر الكبريت من السماد والتربة وقد تفوقت معادلة الرتبة الأولى على جميع المعادلات وكانت قيم معامل سرعة تحرر الكبريت من هذه المعادلة (Ks) بين $0.004-0.001 \text{ Cmolc.kg}^{-1}.\text{day}^{-1}$.

الكلمات المفتاحية : كبريت ، الصفات الحركية .

المقدمة

بمصادر المغذيات اللازمة للنمو والإنتاجية ومنها عنق الكبريت من مصادره المقدره. يوجد الكبريت في التربة على شكلين عضوي وغير عضوي ويكون الشكل العضوي بصورة احماض امينية مثل Cystien و Cystine و Methionin او كبريتات فينولية ودهون اما الشكل الغير عضوي (المعدني) يكون على شكل كبريتات ذائبة في المحلول وكبريتات الايونات القاعدية (K , Na , C , Mg) في التربة والكبريت S الذي يوجد بشكل ترسبات في باطن الأرض ، ويعد من العناصر المهمة في تغذية النبات وان نقصه لا يقلل الإنتاجية للمحاصيل الزراعية بل فحسب يؤثر سلباً في نوعية المحصول وصحته النبات ونوعية البيئة

تعد الذرة الصفراء من المحاصيل الرئيسية في العالم وذلك للقيمة الغذائية الكبيرة الى جانب استخداماتها في العديد من الأغراض المهمة في غذاء الانسان وفي صناعة والوقود الحيوي واستخراج الزيوت النباتية ، كما وان بذورها تحتوي على الكروبوهدرات بنسبة عالية والدهون والبروتينات فقد وجد ان 1 كغم من البذور يحترق حوالي 93 كغم من البروتينات و 3460 سعرة حرارية (FAO ,2013) . ولهذه الأهمية للنبات يتطلب الامر زيادة المساحة المزروعة في العراق او لا تزال زراعتها متدنية ولا تتجاوز 130 الف هكتار في عموم العراق (المنطقة العربية للتنمية الزراعية ، 2011) ، كما وان زيادة الانتاجية يتطلب تجهيز النبات

والتحرر الأفضل المعادلات الحركية (العبيدي واخرون ، 2007) . ولذلك يهدف البحث الى دراسة تأثير مصادر الكبريت (الزراعي والرغوي) ومستويات الإضافة وموعد الإضافة في تحرر وجاهزية الكبريت خلال مدد نمو الذرة الصفراء بأعتماد المفاهيم الحركية لوصف ميكانيكة التحرر وتحديد افضل المعادلات الحركية لوصف تحرر الكبريت المستخلص بحامض الستريك المخفف ($10^{-4}M$) ($5 \times$).

المواد وطرائق العمل

أجريت التجربة الحقلية في محطة أبحاث الصويرة في تربة مزيجية طينية (CL) مصنفة ضمن مجاميع الترب العظمى حسب التصنيف الأمريكي بعد تحضير الأرض قسمت الى الواح بمساحة 3×2 م² باستخدام تصميم القطاعات تامة التعشبية (RCBD) وزرع الالواح ببذور الذرة الصفراء (*Zae mays L.*) صنف 5018 عروة ربيعية 2015 . اضيف الكبريت من مصدرين (R) الكبريت الزراعي R1 (90% S) والرغوي R2 (75% S) بمسافة 10 سم عن خط الزراعة وبثلاثة مستويات (S) هي 0 ، 2500 كغم S . هـ¹ و 5000 كغم S . هـ¹ تمثل المستويات S_0 ، S_1 ، S_3 على التوالي ، وبثلاثة مواعيد من الزراعة (T) قبل 30 يوماً من الزراعة (T_0) وقبل 15 يوماً من الزراعة (T_1) وعند الزراعة (T_2) . اخذت نماذج الترب خلال مدد نمو النبات 30 ، 60 ، 90 ، 120 يوماً من الزراعة لدراسة تحرر الكبريت في التربة خلال مدد نمو النبات كالاستخلاص بحامض الستريك المخفف وحساب كمية المتحرر ومعامل سرعة تحرر الكبريت (Ks) من افضل معادلة حركية تصف تحرر الكبريت ذات القيمة الأعلى لمعامل الارتباط (r) بين الزمن والكمية المتحررة واقل خطأ قياسي (SE) الذي يبين الفرق في القيم التجريبية والقيم المحسوبة من المعادلة الحركية من المعادلة الآتية (Simard) واخرون ، (1992) .

$$SE = \frac{(ct-ct^*)^2}{n-2} \dots \dots \dots (1)$$

اذ ان :

اذا يزيد حجم المجموعة الجذرية ومقاومتها للأمراض الفطرية عن طرائق تحفيز النبات بأفراز H_2S السام للفطريات كما وانه يزيد كفاءة تمثيل النتروجين في النبات والانتاج الجدي يفضل ان تكون نسبة N:S هي (20:1) في النبات (Havlin) ، 2005 ، علي واخرون ، 2014 ، Kirkby و Mengel ، 1982 ، وأبوضاحي والبوس ، 1988) .

استخدم سمد الكبريت من مصادره المقدره الكبريت النقي (100% S) والكبريت الزراعي (90% S) والكبريت الرغوي (75-80% S) مصدراً للكبريت في تغذية النبات الى جانب خفض درجة تفاعل التربة عن طريق اكسدته بيولوجياً بواسطة بكتريا جنس Bacillo نوع *Thiobacillus thiooxidance* عند توفر الظروف المناسبة للحياة من تهوية وحرارة ودرجة تفاعل ورطوبة وبالتالي سوف يزيد من ذوبانه حركيات العناصر الغذائية وجاهزيتها للنبات مما يعكس مع صفات نمو وحاصل النبات (تاج الدين ، 1979 ، النعيمي ، 1999 ، Havlin ، واخرون ، 2005 ، علي واخرون ، 2014 ، هلال والبديري ، 1978 ، الاعظمي ، 1990 ، الراوي واخرون ، 2001) .

استخدم مفهوم الحركيات Kinetils لوصف تحرر واتزان ايونات العناصر الغذائية وتحديد افضل المعادلات الحركية لوصف ميكانيكية تحرر المغذيات من الطور الصلب للتربة الى محلول التربة وتحديد خصائص التربة المؤثرة على تحرر المغذيات (sbarks ، 1985 و 1992 و 1998) وذلك من اجل تقييم خصوبة التربة وقدرتها التجهيزية للعناصر (سرعة التحرر) خلال مرحلة نمو كاملة للنبات بهدف تحديد كمية وموعد إضافة الأسمدة المعدنية وذلك لإدارة الأسمدة ضمن خطط وبرامج التسميد .

ان الدراسات في حركيات تحرر الكبريت في التربة العراقية محدودة جداً وقد توجد دراسات في وصف عملية اكسدة الكبريت بيولوجياً بواسطة الاحياء مثل بكتريا *Baillus* ، لكن هذه الدراسات لم تسلط الضوء على ادخال الزمن كعامل فيزيائي في تحولات واكسدة الكبريت بيولوجياً في التربة وخلال مدد نمو النبات لغرض فهم معدل سرعة الاكسدة البيولوجية في الترب العراقية وميكانيكية سرعة الاكسدة

كما تم تقدير بعض الصفات التربة الكيميائية والفيزيائية والخصوبة (جدول 1) بالطرق الآتية :

قدرت درجة تفاعل التربة والتوصيل الكهربائي في مستخلص 1:1 والايونات الذائبة والجبس حسب الطرق الواردة في (page واخرون ، 1982) . وقدر الكبريت الجاهز في التربة بطريقة التعكير حسب طريقة (بشور والصايغ ، 2007) .

وقدرت المادة العضوية في التربة حسب الطرق الواردة في (Black ، 1965) .

وقدرت السعة التبادلية (CEC) حسب الطريقة الواردة في (page واخرون ، 1982) .

وقدر النتروجين الجاهز حسب الطريقة الواردة في (page واخرون ، 1982) .

وقدر الفسفور الجاهز حسب طريقة oslen الواردة في (page واخرون ، 1982) .

وقدر البوتاسيوم بأستخدام جهاز اللهب حسب الطريقة الواردة في (Jackson ، 1958) .

وقدرت الكربونات والبيكاربونات بالطريقة الواردة في (Jackson ، 1958) .

وقدرت نسجة التربة بطريقة الماصة والكثافة الظاهرية بطريقة Coresample والسعة الحقلية عند شد 1/3 بار ونقطة الذبول الدائم عند شد 5 بار وحسب الطرق في (Black ، 1965) وتم حساب الماء الجاهز من هذه القيم.

Ct : تركيز العنصر المقاس في المحلول عند الزمن (t)

Ct* : تركيز العنصر المحسوب من المعادلة الخطية عند الزمن (t)

n : عدد القياسات في التجربة
استخدم عدد من المعادلات الحركية لهذا الغرض (sparks ، 1985) :

1- First orden : $Ln (Co-ct) = n co-kt$ (2)

2- Parabolic Diffusion = $ct/Co=co+kt 1/2$ (3)

3- Power Function = $Ln (Co-Ct) = ln co-k lnt$ (4)

4- Elovich Equation = $Ct=Co- k lnt$ (5)

حيث ان :

Co* : كمية العنصر التي ممكن ان تتحرر عند الاتزان (زمن صفر) .

Ct : تركيز العنصر المقاس عند الزمن (t) .

(Ct/Co) : كمية العنصر المتحررة والمنتشرة عند الزمن (t) .

K : ميل الخط المستقيم للمعادلة الحركية ويساوي معامل سرعة تحرر العنصر (الكبريت

(Ks) بوحدة $cmol.kg^{-1}.hr^{-1}$ او $mg.kg^{-1}.min^{-1}$ او $mg.kg^{-1}.day^{-1}$.

جدول (1): يبين بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة قبل الزراعة

الوحدة	القيمة	الصفة	pH
	7.12	درجة تفاعل التربة (pH)	1:1
$ds.m^{-1}$	3.50	درجة الايصالية الكهربائية (EC)	1:1
$Cmol.c.kg^{-1}$ Soil	22.36	السعة التبادلية الكاتيونية للايونات الموجبة (CEC)	
$gm.kg^{-1}$ Soil	8.6	المادة العضوية	
$gm.kg^{-1}$ Soil	217	معادن الكاربونات	
$gm.kg^{-1}$ Soil	2.13	الجبس $CaSO_4.2H_2O$	
$Cmol.c.kg^{-1}$.	1.82	الكالسيوم	الايونات الموجبة الذائبة
	1.42	المغنيسيوم	
	3.18	الصوديوم	
	0.41	البوتاسيوم	
$Cmol.c.kg^{-1}$.	Nil	الكاربونات	الايونات السالبة الذائبة
	2.00	بيكاربونات	
	0.33	كبريتات	
	3.25	كلوريد	
$Mg.kg^{-1}$.soil	40.14	نتروجين	العناصر الجاهزة في التربة

		(NH ₄ ⁺ + NO ₃ ⁻)	
	15.25	فسفور	
	261.09	البوتاسيوم	
	416.00	الكبريتات SO ₄ ⁼	
gm.kg ⁻¹ .soil	347.6	رمل	مفصولات التربة
	440.0	غرين	
	212.4	طين	
	clay Loam		النسجة
Mg.m ⁻³	1.44		الكثافة الظاهرية
gm.kg ⁻¹ .soil	214		السعة الحقلية (F.C.)
gm.kg ⁻¹ .soil	148		نقطة الذبول الدائم (P.W.P.)
CFU*	2.12x10 ⁶		اعداد البكتريا الكلية في التربة

النتائج والمناقشة

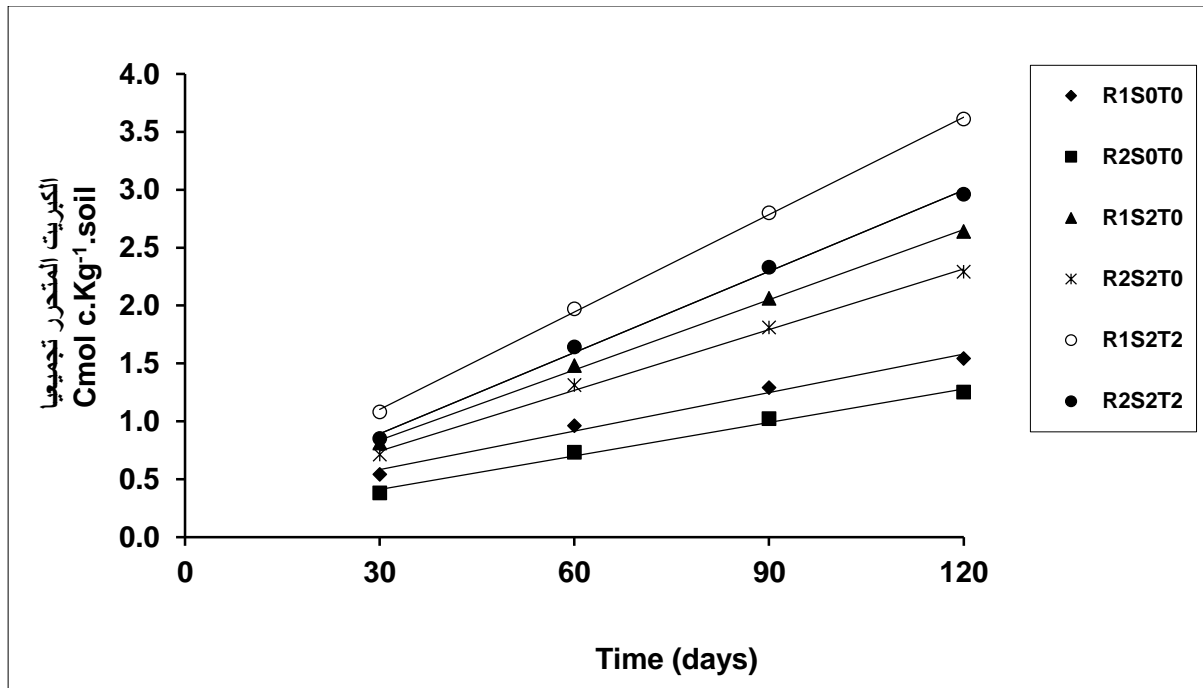
ويلاحظ في النتائج في الجدول (2) تباين المعاملات التجريبية في كمية الكبريت المستخلص بحامض الستريك المخفف (5x10⁻⁴ M) خلال مدد نمو النبات والذي يحاكي فعالية جذور النبات في خفض pH التربة وزيادة جاهزية المغذيات للنبات في منطقة الرايزوسفير لنبات الذرة الصفراء، وقد حقق مصدر الكبريت الزراعي R₁ أعلى كمية متحرره بالحامض بلغت خلال مدد نمو النبات (30-120 يوماً) عند المعاملة R₁S₀T₀ (1.54 Cmol.c.kg⁻¹) مقارنة بمصدر الكبريت الرغوي الذي حقق أقل قيمة للكبريت المستخلص بحامض الستريك بلغت عند المعاملة R₂S₀T₀ (1.25 Cmol.c.kg⁻¹) والذي يعزى الى سرعة اكسدة الكبريت والكمية المؤكسدة العالية من الكبريت الزراعي بواسطة الاحياء المجهرية مقارنة بالكمية المؤكسدة من مصدر الكبريت الرغوي وبنسبة زيادة مقدارها 23.2% (الاعظمي، 1990 وشاكر، 1996 والعبيدي وآخرون، 2007) كما بينا سابقاً في الفقرة (2-4).

الكبريت المستخلص بحامض الستريك (5x10⁻⁴ M) في التربة: تبين النتائج في الجدول (2) والشكل (1) تأثير اضافة الكبريت من مصادره المختلفة (الكبريت الزراعي R₁ والكبريت الرغوي R₂) ومستويات الاضافة (S₀ و S₁ و S₂) وموعد الاضافة (T) في الكبريت المستخلص بحامض الستريك المخفف (5x10⁻⁴ M) والتجميعي في التربة خلال مدد نمو النبات (30، 60، 90، 120 يوماً) لجميع المعاملات قيد الدراسة. وظهرت النتائج زيادة الكبريت المستخلص بحامض الستريك تجميعياً (accumulation) مع زيادة مدد نمو النبات الا ان الزيادة في الكبريت المستخلص تجميعياً كانت متناقصة كما مبين في الجدول (2) نتيجة لاستهلاك الكبريت من قبل النبات وتعرضه في الوقت ذاته الى عملية الامتزاز والترسب في التربة وخاصة تفاعله مع ايونات Ca⁺⁺ و Mg⁺⁺ السائد في محلول التربة مما قلل الكمية المستخلصة بالحامض تجميعياً خلال مدد نمو النبات (العبيدي وآخرون، 2007 وعلي وآخرون، 2014).

جدول (2) الكبريت المتحرر والمستخلص بحامض الستريك ($5 \times 10^{-4} M$) $Cmol.c.kg^{-1}$ خلال مدد نمو النبات (30-120 يوماً)

الكبريت المتحرر التجميعي $Cmol.c.kg^{-1}$ الكبريت المتحرر $Cmol.c.kg^{-1}$

المعاملة	الزمن (يوم)				الزمن (يوم)			
	30	60	90	120	30	60	90	120
R ₁ S ₀ T ₀	0.54	0.42	0.33	0.25	0.54	0.96	1.29	1.54
R ₁ S ₀ T ₁	0.60	0.42	0.38	0.27	0.60	1.02	1.40	1.71
R ₁ S ₀ T ₂	0.63	0.58	0.42	0.31	0.63	1.21	1.63	1.94
R ₁ S ₁ T ₀	0.67	0.56	0.52	0.46	0.67	1.23	1.75	2.21
R ₁ S ₁ T ₁	0.80	0.71	0.63	0.56	0.80	1.51	2.14	2.70
R ₁ S ₁ T ₂	0.89	0.81	0.77	0.73	0.89	1.70	2.47	3.20
R ₁ S ₂ T ₀	0.81	0.67	0.58	0.58	0.81	1.48	2.06	2.64
R ₁ S ₂ T ₁	0.98	0.83	0.71	0.63	0.98	1.81	2.52	3.15
R ₁ S ₂ T ₂	1.08	0.89	0.83	0.81	1.08	1.97	2.80	3.61
R ₂ S ₀ T ₀	0.38	0.35	0.29	0.23	0.38	0.73	1.02	1.25
R ₂ S ₀ T ₁	0.42	0.40	0.31	0.24	0.42	0.82	1.13	1.37
R ₂ S ₀ T ₂	0.50	0.44	0.33	0.27	0.50	0.94	1.27	1.54
R ₂ S ₁ T ₀	0.56	0.50	0.44	0.41	0.56	1.06	1.50	1.91
R ₂ S ₁ T ₁	0.65	0.63	0.60	0.50	0.65	1.28	1.88	2.38
R ₂ S ₁ T ₂	0.73	0.69	0.65	0.54	0.73	1.42	2.07	2.61
R ₂ S ₂ T ₀	0.71	0.60	0.50	0.48	0.71	1.31	1.81	2.29
R ₁ S ₂ T ₁	0.75	0.77	0.65	0.58	0.75	1.52	2.17	2.75
R ₁ S ₂ T ₂	0.85	0.79	0.69	0.63	0.85	1.64	2.33	2.96



شكل (1) الكبريت المستخلص بحامض الستريك ($5 \times 10^{-4} M$) خلال مدد نمو النبات (30-120 يوماً) لافضل المعاملات

المعادلات الحركية لوصف ميكانيكية تحرر الكبريت في التربة:
تشير النتائج في الجدول (27، 28، 29، 30) الى قيم مؤشرات المعادلات الحركية الخطية في وصف ميكانيكية تحرر الكبريت في التربة المستخلص بحامض الستريك، وتبين النتائج قيم القطع المكافئ (a) ومعامل سرعة تحرر الكبريت (Ks) المستخلص بحامض الستريك المخفف ($\text{Cmol.c.kg}^{-1}.\text{day}^{-1}$) والخطأ القياسي (SE) ومعامل الارتباط (r) بين الزمن والكمية المتحررة من الكبريت لجميع لمعادلات الحركية: معادلة الرتبة الاولى ومعادلة دالة القوة ومعادلة الانتشار ومعادلة ايلوفج. واعتماداً على قيم كل من الخطأ القياسي (SE) ومعامل الارتباط (r) (Sparks، 1989 و1992) كمعيار لافضلية المعادلات الحركية في وصف تحرر الكبريت المستخلص بحامض الستريك في التربة وعليه فان افضل المعادلات في وصف ميكانيكية تحرر الكبريت المستخلص بحامض الستريك ($5 \times 10^{-4} \text{M}$) هي معادلة الرتبة الاولى First order ثم تليها معادلة الانتشار Parabolic Diffusion ثم معادلة دالة القوة Power Function ثم معادلة ايلوفج Elovich ويمكن ترتيب المعادلات الحركية حسب الافضلية في وصف النتائج كما يلي:

First order > parabolic Diffusion >
power Function > Elovich

ان افضلية معادلة الرتبة الاولى First order في وصف النتائج في جميع معاملات التجربة قيد الدراسة تفسر لنا هذه المعادلة ان ميكانيكية تحرر الكبريت في التربة المستخلص بحامض الستريك المخفف الذي يحاكي فعل جذور النبات بان تحرر الكبريت يتأثر بتركيز احد عوامل التجربة او بتفاعل احد عوامل التجربة في التربة والذي يتحكم بدوره في تحرر الكبريت وفي هذه التجربة فان تركيز الكبريت هو الذي يتحكم بامتزاز وتحرر الكبريت في التربة والمضاف من مصادره المختلفة اذ اعتمد تحرر الكبريت على كمية الكبريت المضافة مستويات الكبريت (0 و2500 و5000 كغم.هـ⁻¹) وقد اعتمدت الكمية المتحررة للكبريت على كمية الكبريت المضاف والذي أثر بدوره على سرعة وكمية

كما حققت معاملة التداخل الثنائي R_1S_2 اعلى كمية متحررة من الكبريت المستخلص بحامض الستريك تجميعياً خلال مدد نمو النبات (30-120 يوماً) بلغت عند المعاملة $R_1S_2T_0$ (2.64 Coml.c.kg^{-1}) وتفوقت على معاملة التداخل الثنائي R_2S_2 وبنسبة زيادة مقدارها 15.28% التي حققت كمية الكبريت المستخلص تجميعياً عند مدد نمو النبات ذاتها بلغت (2.29 Coml.c.kg^{-1}).

تظهر النتائج في الجدول (26) والشكل (6) تفوق لمعاملة التداخل الثلاثي $R_2S_2T_2$ في تحقيق اعلى كمية متحرره مستخلصه بحامض الستريك تجميعياً خلال مدد نمو النبات وتفوقت على جميع المعاملات التجريبية وبلغت الكمية المستخلصة تجميعياً بالحامض (3.61 Coml.c.kg^{-1}) وقد تفوقت على معاملة التداخل الثلاثي $R_2S_2T_2$ التي حققت كمية متحرره مستخلصه بالحامض مقدارها (2.96 Coml.c.kg^{-1}) وكانت نسبة الزيادة 21.96%، مما يؤكد اهمية كل من مصدر الكبريت ومستوى الكبريت وموعد الاضافة في زيادة جاهزية الكبريت في التربة لتلبية احتياج النبات من الكبريت خلال مرحلة النمو الكاملة.

وعليه يمكن ترتيب افضلية المعاملات التجريبية في زيادة الكبريت المستخلص بحامض الستريك تجميعياً خلال مدد نمو النبات (30-120 يوماً) بالترتيب الآتي:

$R_1S_2T_2 > R_2S_2T_2 > R_1S_2 > R_2S_2 > R_1 > R_2$
ويلاحظ من الشكل (1) وجود مرحلة تحرر واحدة للكبريت المتحرر المستخلص بحامض الستريك المخفف وتمثل تحرر الكبريت المتمز والمتبادل على سطوح غرويات التربة والمعادن والمادة العضوية وسطوح كربونات الكالسيوم وجزء من المترسب مع الكالسيوم على سطوح الغرويات والذي يكون ممسوك بطاقة ربط واطئة الى سطوح الطور الصلب وقد ازدادت الكمية المتحررة المستخلصة بحامض الستريك مع زيادة مستويات الاضافة من الكبريت والذي انعكس على كمية الكبريت المتمزة على سطوح الغرويات. وتتفق النتائج مع ما وجدته (العبيدي وآخرون، 2007 والحسون، 2010).

الأكسدة للكبريت بيولوجياً والتي نتج عنها زيادة في تحرر الكبريت عند المستويات الإضافية العالية (التراكيز العالية للكبريت في التربة).

جدول (3) يبين قيم معامل الارتباط (r) والخطأ القياسي (SE) ومعامل سرعة تحرر الكبريت $(K_s)(\text{Cmol.c.kg}^{-1}.\text{days}^{-1})$ المستخلص بحامض الستريك ($5 \times 10^{-4} \text{M}$) والقطع المكافئ (a) لمعاملات التجربة من معادلة الرتبة الأولى (First order)

المعاملات Treatments	القطع المكافئ (a)	معامل سرعة تحرر الكبريت (Ks)(Cmol.c.kg ⁻¹ .days ⁻¹)	الخطأ القياسي (SE)	معامل الارتباط (r)
R ₁ S ₀ T ₀	1.383	0.0030	0.07045	0.9974
R ₁ S ₀ T ₁	1.399	0.0040	0.0116	0.9995
R ₁ S ₀ T ₂	1.991	0.0020	0.8246	0.9939
R ₁ S ₁ T ₀	2.188	0.002	1.1100	0.9995
R ₁ S ₁ T ₁	2.568	0.001	1.5859	0.9995
R ₁ S ₁ T ₂	3.120	0.001	2.4316	0.9999
R ₁ S ₂ T ₀	2.261	0.002	1.1853	0.9995
R ₁ S ₂ T ₁	2.462	0.002	1.4779	0.9995
R ₁ S ₂ T ₂	2.666	0.002	1.7812	0.9995
R ₂ S ₀ T ₀	1.788	0.001	0.4849	0.9974
R ₂ S ₀ T ₁	1.901	0.001	0.6511	0.9959
R ₂ S ₀ T ₂	1.679	0.002	0.3976	0.9969
R ₂ S ₁ T ₀	2.255	0.001	1.1509	0.9995
R ₂ S ₁ T ₁	3.294	0.001	2.6229	0.9989
R ₂ S ₁ T ₂	3.075	0.001	2.3881	0.9990
R ₂ S ₂ T ₀	2.131	0.002	1.0069	0.9995
R ₂ S ₂ T ₁	3.646	0.001	3.1376	0.9979
R ₂ S ₂ T ₂	2.894	0.001	2.0904	0.9995

جدول (4) يبين قيم معامل الارتباط (r) والخطأ القياسي (SE) ومعامل سرعة تحرر الكبريت $(K_s)(\text{Cmol.c.kg}^{-1}.\text{days}^{-1/2})$ المستخلص بحامض الستريك ($5 \times 10^{-4} \text{M}$) والقطع المكافئ (a) لمعاملات التجربة من معادلة الانتشار (Parabolic Diffusion)

المعاملات Treatments	القطع المكافئ (a)	معامل سرعة تحرر الكبريت (Ks)(Cmol.c.kg ⁻¹ .days ^{-1/2})	الخطأ القياسي (SE)	معامل الارتباط (r)
R ₁ S ₀ T ₀	0.461	0.183	0.8592	0.9995
R ₁ S ₀ T ₁	0.529	0.203	0.9821	0.9989
R ₁ S ₀ T ₂	0.669	0.204	1.2542	0.9989
R ₁ S ₁ T ₀	0.902	0.281	1.6771	0.9979
R ₁ S ₁ T ₁	1.130	0.346	2.0992	0.9984
R ₁ S ₁ T ₂	1.474	0.420	2.7375	0.9969
R ₁ S ₂ T ₀	1.045	0.331	1.9374	0.9974
R ₁ S ₂ T ₁	1.216	0.395	2.2595	0.9989
R ₁ S ₂ T ₂	1.504	0.459	2.7904	0.9969
R ₂ S ₀ T ₀	0.497	0.159	0.9240	0.9995
R ₂ S ₀ T ₁	0.530	0.174	0.9917	0.9995

R ₂ S ₀ T ₂	0.537	0.190	1.0051	0.9995
R ₂ S ₁ T ₀	0.810	0.254	1.5023	0.9984
R ₂ S ₁ T ₁	1.120	0.317	2.0873	0.9984
R ₂ S ₁ T ₂	1.191	0.344	2.2152	0.9984
R ₂ S ₂ T ₀	0.885	0.287	1.6504	0.9984
R ₂ S ₂ T ₁	1.217	0.364	2.3368	0.9989
R ₂ S ₂ T ₂	1.290	0.384	2.4006	0.9984

جدول (5) يبين قيم معامل الارتباط (r) والخطأ القياسي (SE) ومعامل سرعة تحرر الكبريت (Ks)(Cmol.c.kg⁻¹.days⁻¹) المستخلص بحامض الستريك (5x10⁻⁴M) والقطع المكافئ (a) لمعاملات التجربة من معادلة دالة القوة (Power Function)

المعاملات Treatments	القطع المكافئ (a)	معامل سرعة تحرر الكبريت (Ks)(Cmol.c.kg ⁻¹ .days ⁻¹)	الخطأ القياسي (SE)	معامل الارتباط (r)
R ₁ S ₀ T ₀	3.191	0.0762	5.9731	0.9979
R ₁ S ₀ T ₁	3.091	0.759	5.7810	0.9995
R ₁ S ₀ T ₂	3.218	0.819	6.0266	0.9954
R ₁ S ₁ T ₀	3.334	0.863	6.2347	0.9995
R ₁ S ₁ T ₁	3.208	0.880	6.0021	0.9950
R ₁ S ₁ T ₂	3.257	0.924	6.0933	0.9950
R ₁ S ₂ T ₀	3.099	0.850	5.7964	0.9995
R ₁ S ₂ T ₁	2.883	0.844	5.3924	0.9995
R ₁ S ₂ T ₂	2.881	0.869	5.3870	0.9999
R ₂ S ₀ T ₀	3.892	0.865	7.2829	0.9979
R ₂ S ₀ T ₁	3.767	0.860	7.0528	0.9969
R ₂ S ₀ T ₂	3.446	0.816	6.4516	0.9974
R ₂ S ₁ T ₀	3.586	0.886	6.7093	0.9995
R ₂ S ₁ T ₁	3.627	0.942	6.7841	0.9995
R ₂ S ₁ T ₂	3.452	0.925	6.4586	0.9995
R ₂ S ₂ T ₀	3.205	0.844	5.9969	0.9995
R ₂ S ₂ T ₁	3.460	0.941	6.4949	0.9984
R ₂ S ₂ T ₂	3.220	0.902	6.0255	0.9995

جدول (6) يبين قيم معامل الارتباط (r) والخطأ القياسي (SE) ومعامل سرعة تحرر الكبريت (Ks)(Cmol.c.kg⁻¹.days⁻¹) المستخلص بحامض الستريك (5x10⁻⁴M) والقطع المكافئ (a) لمعاملات التجربة من معادلة أيلوفج (Elovich)

المعاملات Treatments	القطع المكافئ (a)	معامل سرعة تحرر الكبريت (Ks)(Cmol.c.kg ⁻¹ .days ⁻¹)	الخطأ القياسي (SE)	معامل الارتباط (r)
R ₁ S ₀ T ₀	1.925	0.716	3.5900	0.9959
R ₁ S ₀ T ₁	2.136	0.791	3.9850	0.9904
R ₁ S ₀ T ₂	2.596	0.941	4.8496	0.9979
R ₁ S ₁ T ₀	3.113	1.091	5.8054	0.9874
R ₁ S ₁ T ₁	3.862	1.346	7.2019	0.9889
R ₁ S ₁ T ₂	4.766	1.628	8.8867	0.9843

$R_1S_2T_0$	3.651	1.286	6.8058	0.9804
$R_1S_2T_1$	4.341	1.538	8.0954	0.9904
$R_1S_2T_2$	5.103	1.780	9.5156	0.9838
$R_2S_0T_0$	1.7963	0.621	3.3055	0.9934
$R_2S_0T_1$	1.0919	0.680	3.5824	0.9959
$R_2S_0T_2$	2.052	0.742	3.8303	0.9959
$R_2S_1T_0$	2.744	0.953	5.1147	0.9879
$R_2S_1T_1$	3.614	1.230	6.7402	0.9879
$R_2S_1T_2$	3.904	1.337	7.2800	0.9889
$R_2S_2T_0$	3.147	1.1140	5.8673	0.9889
$R_2S_2T_1$	4.151	1.417	7.7418	0.9904
$R_2S_2T_2$	4.318	1.492	8.0516	0.9889

ان كمية الكبريت المتحررة تجميعياً مع الزمن تعتمد على طاقة الربط للكبريت بالطور الصلب اي تبادل وامتزاز الكبريت على سطوح دقائق التربة ومعادن الطين والمادة العضوية والممتزة على سطوح كربونات الكالسيوم، وهذه الصور ترتبط بطاقة ربط واطئة اذ كلما تقل طاقة الربط تزداد كمية الكبريت المتحررة كما مبين في الشكل (1) وكلما تزداد طاقة الربط فإنها تشير الى ارتباط الكبريت بقوة الى السطوح الداخلية للتربة وبالتالي تقل الكمية المتحررة للكبريت.

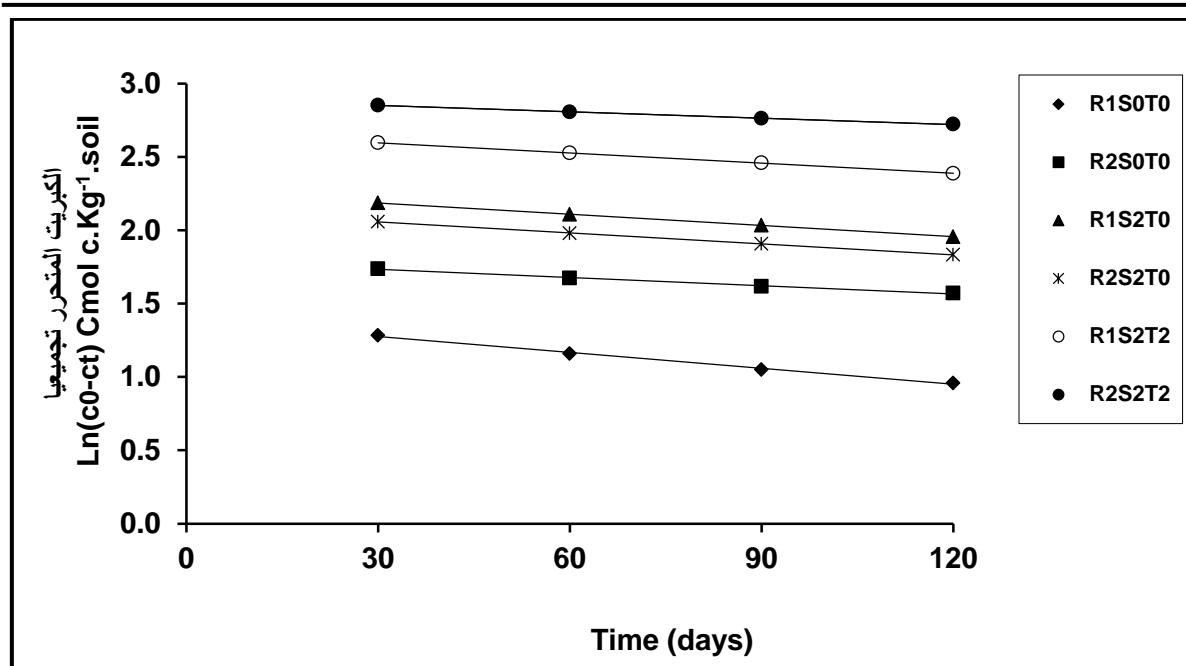
ان المعادلات اعلاه وصفت بشكل جيد ميكانيكية تحرر الكبريت في التربة المستخلص بحامض الستريك وخلال مدد نمو النبات (30، 60، 90، 120 يوماً) فإنها تشير بوضوح الى كل من تركيز الكبريت وسرعة انتشاره من الطور الصلب الى محلول التربة وعامل الزمن وطاقة الربط هم الذين يتحكمون بسرعة تحرر الكبريت في التربة خلال مراحل نمو النبات رغم اولية هذه المعادلات، وهذا يقودنا الى الاهتمام بكل من التركيز المضاف للكبريت (مستوى الاضافة) وانتشار الكبريت Diffusion في التربة وعامل الزمن وطاقة الربط هي التي تتحكم بتحرر الكبريت وجاهزيته في التربة لتلبية احتياجات النبات من الكبريت خلال مرحلة النمو الكاملة.

وتتفق هذه النتائج مع ما وجدته الباحثون (Sing، 1984 و Blair، 1987 و Ellert و Bettany، 1992) بأن معادلة الرتبة الاولى كانت الافضل في وصف اكسدة وتحرر الكبريت في التربة.

كما ان تفوق معادلة الانتشار Parabolic Diffusion بعد معادلة الرتبة الاولى فإنها تشير الى ان تحرر الكبريت يعتمد على حركة وانتشار تركيز الكبريت من الطور الصلب الى محلول التربة اي ان عامل الانتشار هو الذي يتحكم بعد التركيز في تحرر الكبريت من الطور الصلب الى محلول التربة، ويرتبط ذلك بخصائص التربة كالتركيب والمسامية واستمراريتها في التربة Torticity.

كما ان معادلة دالة القوة Power Function هي الاخرى جاءت بعد معادلة الرتبة الاولى ومعادلة الانتشار والتي تصف لنا بان تحرر الكبريت في التربة يعتمد على تركيز وانتشار الكبريت للذات يتحكم بهما عامل الزمن (t) اذ ان هذه المعادلة هي اسية اي ان الزمن هو العامل الثالث الذي يتحكم بالكمية الكلية المتحررة من الكبريت في التربة وهذا يبدوا واضحا من منحنيات تحرر الكبريت في التربة مع الزمن في شكل (1).

كما ان معادلة ايلوفج Elovich وصفت بشكل جيد تحرر الكبريت في التربة رغم انها جاءت بالمرتبة الرابعة وتشير هذه المعادلة بوضوح الى



شكل (2) العلاقة الخطية بين الكبريت المتحرر تجميعيا المستخلص بحامض الستريك $(5 \times 10^{-4} M)$ والزمن لمعادلة الرتبة الاولى First Order

المصادر

أراوي ، عبد الهادي وتركلي مقنن سعد ورجيم هادي عبدالله. 2001 . تأثير مستوى وموعد إضافة السماد الفوسفاتي في حاصل وبعض مكونات الحاصل للذرة الصفراء. مجلة اباء للابحاث الزراعية . 11(1): 150-158.

ألساهوكي ، مدحت مجيد. 1990 . الذرة الصفراء انتاجها وتحسينها . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد . مطبع التعليم العالي.

ألعبيدي ، محمد علي جمال، مازن فيصل سعيد، لزكين احمد ميروين ماهداني. 2007 . حركيات اكسدة الكبريت الزراعي في تربة كلسية من شمال العراق. مجلد 35. عدد 1 . مجلة زراعة الرافيين.

ألعزاوي ، سنان سمير جمعة. 2006 . كفاءة تأثير الكبريت الزراعي وكبريتات الامونيوم في جاهزية وسلوكية الفسفور من الصخر الفوسفاتي وفي امتصاص بعض العناصر ونمو الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. قسم التربة. كلية الزراعة. جامعة بغداد.

أبو ضاحي ، يوسف محمد ومؤيد احمد اليونس . 1988 . دليل تغذية النبات . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة بغداد.

ألعظمي ، زيدون احمد عبد الكريم . 1990 . تأثير اضافة الكبريت الرغوي و الصخر الفوسفاتي على جاهزية بعض العناصر الغذائية وحاصل الذرة الصفراء . اطروحة دكتوراه . علوم التربة - كلية الزراعة - جامعة بغداد .

ألعجوري ، احمد عبد الجبار جاسم. 2011 . تأثير مصادر ومستويات المغنيسيوم وكبريتات البوتاسيوم في نمو وحاصل الذرة الصفراء (*Zea mays L.*). رسالة ماجستير. كلية الزراعة- جامعة بغداد.

ألعسون ، سميرة ناصر حسون . 2010 . تأثير مستويات الكبريت والمغنيسيوم وصخر الفوسفات في تحرر الفسفور ونمو محصول الحنطة (*Triticumaestivum. L.*)

- Research Bull . 214 . NAES . USA.
- Havlin , J.L. , D.Beaton , S.L.Tisdale . W.L.Nelson . 2005 . Soil fertility and fertilizer , 7th edition . An introduction to nutrient managment .
- Hilal , M. H. AlBadrawy., R. and Abdel Ghani . F. 1980 . II . Oxidation of S and its effect on soil pH and available P . Agr. Res. Cent . Tech Bull . No. 36
- Jackson , M.L.1958 . Chemical analysis . prentice Hall Inc . Englewood Clips .N.J.
- Mengel , K. , E.A . Kirkby . 1982 . Principles of plant nutrition . Potash Institue . Bernez . Switzerland .
- Page , A. L., R. H. Miller and D. R. Kenney . 1982 . Methods of soil analysis . part 2 . 2nd . edition . Agro . 9 . Amr.Agron.
- Schaffelen, A.C.A. and J.C.H. Vanshauwenbury. 1960. Quick test for soil and plant analysis used by small laborafories. Neth. J. Agric. Sci.9:2-16.
- Simard, R.R.;C.R. Dekimp and J. Zizka. 1992. Release of potassium and magnesium from soil fractions and its kinetics. Soil Sci. Soc. Am.J. 56:1421-1428.
- Sparks , D. L. 1985b. Kinetics of ionic reaction in clay minerals and soils. Adv. Agron. 38:231-266.
- ألفريني ، حيدر محمد علي.1994 . تأثير مستويات الاضافة للكبريت الرغوي ودرجة نعومته في جاهزية بعض العناصر الغذائية ونمو النبات. رسالة ماجستير. قسم التربة. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- المنظمة العربية للتنمية الزراعية . 2011 . الكتاب السنوي للإحصائيات الزراعية العربية . المجلد (32) . الخرطوم . جمهورية السودان .
- ألنعيمي ، سعدالله نجم عيدالله . 1999 . الاسبدة وخصوبة التربة . جامعة الموصل . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . دار الكتب للطباعة والنشر .
- ألويسبي ، طارق سالم سليم. 2001 . تأثير الكبريت الرغوي والزنك في سلوك الزنك في نمو حاصل الذرة الصفراء. اطروحة دكتوراه. قسم التربة. كلية الزراعة. جامعة بغداد.
- بشور ، عصام ، انطوان الصايغ . 2007 . طرق تحليل ترب المناطق الجافة وشبه الجافة .الجامعة الامريكية في بيروت – بيروت – لبنان .
- تاج الدين ، منذر ماجد . 1979 . تأثير الكبريت على جاهزية العناصر الغذائية لبعض الترب العراقية . رسالة ماجستير . قسم التربة – جامعة بغداد .
- علي ، نور الدين شوقي ، حمد الله سليمان راهي ، عبد الوهاب عبد الرزاق . 2014 . خصوبة التربة . دار الكتب العلمية .
- هلال ، مصطفى حسن وراجح عبد الصاحب البدرابي. 1978 . دور الكبريت في خصوبة التربة وامكانية استخدامه في التنمية الزراعية بالعراق. مؤسسة البحث العلمي. مركز البحوث الزراعية. قسم تغذية النبات وخصوبة التربة.
- Black , C.A. 1965 . Methods of soil analysis . Part (2) . Chemical properties . Am.Soc.Age. Inc .
- FAO 2013 , R.L. 1964 . Sulfer fertilizers for alfalfa production in Nebraska .

direction. Future prospects for soil chemistry. SSSAJ. Special publication No 55:81-101.

Sparks , D. L. 1992 . Kinetics of soil chemical processes. Academic press, Inc. (England) .

Sparks , D. L. 1998. Kinetics of soil chemical phenomena: future

The Effect of Sulfur Sources, Levels and Time of Addition on Kinetics of Sulfur.

A. S. Jabir
College of Agriculture
University of Baghdad.

* K. H. Habeeb
College of Agriculture
University of Wasit.

Abstract

A field experiment has been conducted at Suwera Researches Station in Wasit Governorate in spring season 2015 in clay loam in order to study the effect of sulfur sources R₁ agriculture sulfur (90% sulfur) R₂-foam sulfur (75% sulfur) at the levels of 0, 2500, 5000 kg,s,ha⁻¹. represented the levels of S₀, S₁, S₂ and time of addition T (30 days before sowing T₀), 15 days before sowing (T₁) and during sawing (T₂) on the availability and release of sulfur in soil extracted by (5*10⁻⁴ M) citric acid during the period of plant growth (30, 60, 90, 120 days after sowing) by using kinetics concepts to determine the best kinetics equation that describes well the mechanic of sulfur release in soil which represents the amounts of sulfur availability for the plant.

Results show significant effect on sources, levels and addition time of sulfur availability and release abstracted by citric acid (5*10⁻⁴ M) during plant growth periods. Agriculture sulfur source is the highest level at the addition level S₂ (5000 kg S. H⁻¹) at addition time T₂. The highest values are achieved at 30 days after sawing, at 376, 382 and 375 mg So⁻⁴.kg⁻¹ soil respectively. Also, the triple interaction treatment R₁S₂T₂ has achieves the highest values of released sulfur abstracted by citric acid at the same time, at 520 mg So⁻⁴.kg⁻¹.soil.

Results show that all kinetics equations of sulfur which is abstracted by citric acids (5*10⁻⁴ M) in soil growth plant periods. Also, all the kinetic are equations clarifying well the mechanism of releasing sulfur from soil and fertilizers and the first order equation is the highest amongst all equations. The values of coefficient of sulfur release speed (ks) between 0.001 – 0.004 Cmolc. Kg⁻¹ day⁻¹.

Keywords: Sulfur, Characters of Kinetics.

The research is part of ph.D for the 2nd author.