سدة الاحيائيـــة للكبريت الزراعي المضـــــاف للتربـــــــة عند مستويـــات رص مختلفة

رسالة مقدمة الى

مجلس كلية الزراعة – جامعة الانبار

وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير

في العلوم الزراعية – التربة والمياه

من قبل

علي عباس كاظم المعاميري

ذي القعدة ، 1423 هـ كانون الثاني 2003 م

بسم الله الرحمن الرحيم

((وقل ربّ زدني علما))

((صدق الله العظيم))
(سورة يس)

بسم الله الرحمن الرحيم

اقرار

نشهد ان اعداد هذه الرسالة جرى تحت اشرافنا في جامعة الانبار / كلية الزراعة
كجزء من متطلبات درجة الماجستير في العلوم الزراعية (التربة والمياه) .

المشرف
الدكتور علي حسين ابراهيم البياتي
استاذ مساعد
كلية الزراعة – جامعة الانبار

المشرف
الدكتور امل نعوم يوسف
رئيس باحثين
مركز اباء للابحاث الزراعية

بناءً على التوصيات ارشح هذه الرسالة للمناقشة .

الدكتور موسى فتيخان ياسين العلواني
استاذ مساعد
رئيس لجنة الدراسات العليا
(قسم التربة والمياه)

بسم الله الرحمن الرحيم

اقرار اللجنة

نشهد اننا أعضاء لجنة المناقشة اطلعنا على محتويات الرسالة وقد ناقشنا الطالب في محتوياتها وفيما له علاقة بها ووجدنا انها جديرة بالقبول لنيل درجة ماجستير في العلوم الزراعية – التربة والمياه ، لذا نوصي بقبول الرسالة .

الدكتور

عصام خضير حمزة الحديثي
استاذ مساعد
كلية الزراعة – جامعة الانبار
رئيساً

الدكتور
عبد الكريم عريبي سبع الكرطاني
استاذ مساعد
كلية العلوم – جامعة ديالى
عضواً

الدكتور
فوزي محسن علي الغريري
مدرس
كلية الزراعة – جامعة الانبار
عضواً

المشرف
الدكتور علي حسين ابراهيم البياتي
استاذ مساعد
كلية الزراعة – جامعة الانبار

المشرف
الدكتور امل نعوم يوسف
رئيس باحثين
مركز اباء للابحاث الزراعية

صدقت الرسالة من قبل مجلس كلية الزراعة .

الاستاذ الدكتور
سعد الله نجم عبد الله
عميد كلية الزراعة – جامعة الانبار

الاهداء

الى رسول الانسانية ..... سيدنا محمد (صلى الله عليه وسلم).

الى من رام لي وصل العلا ..... قدوتي في الحياة – والدي رحمه الله – عهداً بان اواصل الطريق ان اشاء الله .

الى من روى بدمه ارض الوطن ..... أخي خليل رحمه الله .

الى جبل الحنان وريح الجنان ..... والدتي .

الى سندي وملجأي في شدتي ..... اخوتي واخواتي .

الى شموع المستقبل ..... ابناء اخي – زيد ومهند وحارث وآيه وزينه .

الى كل من احبني وتمنى لي الخير .

الى وطنـــــي .

اهدي هذا الجهد المتواضع .

علي

2003

بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

الحمد لله الذي وفقني لانجاز هذا الجهد المتواضع والصلاة والسلام على اشرف خلقه سيدنا محمد وعلى اله وصحبه . يسرني ان اتقدم بقائق شكري وتقديري الى استاذي الفاضلين الدكتور علي حسين ابراهيم والدكتور امل نعوم يوسف لاقتراحهما موضوع الرسالة ومتابعتهما المستمرة لانجازها فكانوا نعم المعلم فلهم مني وافر الاحترام والتقدير .

كما اتقدم بوافر الشكر والتقدير الى رئيس واعضاء لجنة المناقشة الدكتور عصام خضير حمزة والدكتور عبد الكريم عريبي سبع والدكتور فوزي محسن علي لما ابدوه من اراء سديدة ومشاركتهم في مناقشة الرسالة .

عظيم شكري وتقديري الى رئاسة جامعة الانبار وعمادة كلية الزراعة لاتاحتها فرصة اكمال دراستي .

ولا يفوتني ان اشكر رئيس قسم التربة الدكتور موسى فتيخان لدعمه المتواصل لطلبة الدراسات العليا في القسم . والدكتور بشير حمد الصولاغ رئيس قسم المحاصيل الحقلية لابداءه المساعدة في انجاز البحث .

واشكر اساتذتي في قسم التربة لمدهم يد العون طيلة مدة الدراسة . كما اشكر زملائي طلبة الدراسات العليا وفاءاً لهم واخص منهم الاخ يعرب الحياني وصلاح الدليمي وعماد العاني ووقاص الجبوري وعادل الراوي وعبد الستار الحديثي فكانوا نعم الاخوة .

وفاءأ وعرفاناً اشكر استاذتي في كلية الزراعة – جامعة بغداد الدكتور عبد الوهاب عبد الرزاق والدكتور حسن الدليمي والسيد صالح البكري لملاحظاتهم القيمة ، وكذلك زملائي معدين وطلبة دراسات عليا في القسم الانسة حليمة المشهداني وعواطف الشمري وبشرى البطاوي وبثينة السعدون وابتسام الربيعي والاخوات اسراء كاظم ولينا حازم .

ولا يفوتني ان اشكر زملائي منتسبي شعبة الاحياء المجهرية – وحدة اللقاح البكتيري – في مركز اباء للابحاث الزراعية لمدهم يد العون طيلة مدة البحث السيد عبد الحميد الزوبعي ورعد حبيب ورفل الشمري ومها التكريتي وسعاد الاوسي وعطور الموصلي وحليمة الشمري (ام احمد) .

شكرا لكل من مد يد العون والمساعدة وعذراً لمن فاتني ذكر اسمائهم .

وفقني الله لرد الجميل ..... ووفق الله الجميع لما فيه خير الوطن والامة .

علي المعاميري

2003

المستخلص

اجريت هذه الدراسة للتعرف على تأثير مستويات مختلفة من الكبريت الزراعي ومصدر المادة العضوية عند مستويات رص مختلفة في عملية الاكسدة الاحيائية للكبريت وذلك من خلال اجراء تجربتين مختبريتين باستخدام تربة مزيجة رملية مصنفة Typic Torrifluvent اخذت من منطقة المعامير شرق مدينة الفلوجة في محافظة الانبار .

التجربة الاولى

نفذت تجربة عاملية وفق التصميم العشوائي الكامل بـ 27 معاملة وبثلاث مكررات لدراسة تاثير ثلاث مستويات من الكبريت الزراعي هي 0 و 1 و 2 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة (S1 وS2 و S3) على التوالي وثلاثة مستويات من الرص هي 1.25 و 1.35 و 1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$ (M1 وM2 وM3) على التوالي مع ثلاث معاملات للمادة العضوية هي بدون اضافة مادة عضوية (C1) وجت مجفف (C2) ومخلفات الابقار (C3) . اضيف كل من C2 و C3 بمستوى واحد هو 6 غم C . كغم$^{-1}$ تربة . ورصت التربة للوصول للمستويات اعلاه باستعمال جهاز تم تصنيعه محلياً على غرار جهاز بروكتر الموضح من قبل Lambe (1951) ، حضنت جميع المعاملات (246 وحدة تجريبية) في درجة حرارة 28 مْ لمدة 15 ، 30 و 45 يوماً (T1 وT2 و T3) على التوالي . خلال مرحلة التجربة تم المحافظة على المحتوى الرطوبي لجميع المعاملات عند حوالي 50 % من الماء الجاهز بالطريقة الوزنية . خلال كل مرحلة حضن قدرت الكثافة العددية لكل من الاحياء المجهرية الذاتية والمختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت باستعمال تقنية العدد الاكثر احتمالاً (M.P.N) وبعض التحاليل الكيميائية التي تضمنت قياس التوصيل الكهربائي وتفاعل التربة وكمية الكبريتات والفسفور الجاهز .

التجربة الثانية :

استهدفت هذه التجربة التعرف على تواجد احد انواع البكتريا ونشاطها التابعة للجنس *Thiobacillus* وهي *Thiobacillus thioparus* التي لها القابلية على النمو في التربة ذات التفاعل المائل للقلوية وباستعمال المعاملات المبينة في التجربة الاولى نفسها وذلك من خلال قياس كمية الثايوكبريتات المؤكسدة والتغير في تفاعل (pH) الوسط الزرعي الخاص بهذه البكتريا .

يمكن تلخيص نتائج هذه الدراسة بما يأتي :-

1 – كان لاضافة الكبريت الزراعي تأثير معنوي في زيادة كل من التوصيل الكهربائي وتركيز الكبريتات والفسفور الجاهز في التربة ، اذ بلغت معدلات هذه القياسات 3.65 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ و 1262 ملغم $SO_4^{=}$.كغم$^{-1}$ تر بة و 8.52 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة على التوالي عند مستوى 2 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة . وقد تفوق المستوى ذاته في خفض تفاعل التربة ، اذ بلغ معدله عند هذه المعاملة 7.12 ، بينما كان في معاملة المقارنة 7.68 .

2 – سبب اضافة المادة العضوية (الجت المجفف او مخلفات الابقار) زيادة في معدلات جميع الصفات المدروسة فضلاً عن خفض pH التربة ، الا ان تأثير الجت المجفف كان هو الاعلى ، اذ بلغ حد المعنوية في العديد من الصفات المدروسة مقارنة بمخلفات الابقار .

3 – كان لمستويات الرص تأثير معنوي في جميع الصفات المدروسة خاصة عند المستوى M2 مقارنة بالمستويين M1 و M3 .

4 – تأثرت الكثافة العددية للاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت بنوعيها الذاتية والمختلفة التغذية بمستويات كل من المتغيرات الثلاثة المدروسة (الكبريت الزراعي ونوع المادة العضوية ورص التربة) ، فقد بلغت معدلات اعلى كثافة عددية للاحياء ذاتية التغذية 16.58 و 30.33 و 11.11 x 10^2 خلية .غرام$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملات (S2) و (C1) و (M2) على التوالي ، في حين بلغت هذه المعدلات للاحياء المختلفة التغذية 6.29 و 7.62 و 5.55 x 10^7 خلية .غرام$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملات (S1) و (C2) و (M2) على التوالي .

5 – اشارت نتائج تداخل المعاملات (الكبريت والمادة العضوية والرص) ان اعلى المعدلات للصفات المدروسة بصورة عامة كانت عند المعاملة (S2C2M2) خلال مرحلة القياس الثانية (T2) بلغت كل من EC و pH و $SO_4^=$ و P الجاهز واعداد البكتريا الذاتية والمختلفة التغذية 4.65 ديسي سيمنز.م$^{-1}$ و 6.4 و 1575 ملغم.كغم$^{-1}$ تربة و9.34 ملغم.كغم$^{-1}$ تربة و 7.98 x 10^2 و 7.98 x 10^7 خلية .غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي .

6 – اظهرت الدراسة احتواء التربة المدروسة على الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات ، وخلوها من نظيرتها المؤكسدة للكبريت ، بينما تواجدت الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت المنتجة للثايوكبريتات وكان لاضافة المادة العضوية تأثيراً معنوياً في زيادة كثافتها العددية ونشاطها .

7 – احتوت التربة المستعملة على بكتريا *Thiobacillus thioparus* وقد ازداد نشاطها مع زيادة مستوى الكبريت المضاف وتحسن ظروف التهوية للتربة بانخفاض مستوى الرص ، في حين كان لاضافة الجت المجفف او مخلفات الابقار تأثير سلبي في نشاطها . وكان لمرحلة التحضين تأثير معنوي في نشاطها فقد لوحظ اعلى نشاط لها بعد 15 يوماً من التحضين عند المعاملات (S3M1C1) و (S3M2C1) اذ بلغ معدل الثايوكبريتات المؤكسدة ودرجة التفاعل (pH) عند هاتين المعاملتين (550 ملغم. 100 $^{-1}$ مل مزرعة سائلة) و (6.00) على التوالي .

المحتويات

الموضـــوع	الصفحة
1 – المقدمة	**1**
2 – مراجعة المصادر	**3**
2 – 1 الكبريت في التربة	3
2 – 2 اهمية الكبريت للنبات	3
2 – 3 التحولات الحيوية للكبريت	4
2 – 4 الاكسدة الحيوية للكبريت	5
2 – 5 العوامل المؤثرة في اكسدة الكبريت	9
2 – 5 – 1 رص التربة ومحتواها من الرطوبة والهواء	9
2 – 5 – 2 المادة العضوية	10
2 – 5 – 3 مصدر الكبريت المضاف	10
2 – 5 – 4 حجم دقائق الكبريت المضاف	11
2 – 5 – 5 معدل اضافة الكبريت	12
2 – 5 – 6 نسجة التربة	12
2 – 5 – 7 درجة تفاعل التربة (pH)	13
2 – 5 – 8 درجة الحرارة	13
2 – 6 تأثير اضافة الكبريت في بعض صفات التربة	13
2 – 6 – 1 درجة تفاعل التربة	13
2 – 6 – 2 معادن الكاربونات	14
2 – 6 – 3 التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة	14
2 – 6 – 4 جاهزية الفسفور في التربة	15
3 – المواد وطرائق العمل	**17**
3 – 1 التجربة الاولى	17
3 – 1 – 1 تحضير التربة	17
3 – 1 – 2 اضافة الكبريت الزراعي	17
3 – 1 – 3 المصادر العضوية	17
3 – 1 – 4 تحضير المعاملات	19
3 – 1 – 5 القياسات	22

3 – 1 – 5 – 1 التقديرات المايكروبايولوجية 23

3 – 1 – 5 – 1 – 1 الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت ذاتية التغذية 23

3 – 1 – 5 – 1 – 2 الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات 23

3– 1 – 5 – 2 التحاليل الكيميائية للتربة 23

3 – 1 – 5 – 2 – 1 درجة تفاعل التربة والتوصيل الكهربائي لمستخلص التربة 24

3 – 1 – 5 – 2 – 2 الكبريتات الجاهزة 24

3 – 1 – 5 – 2 – 3 الفسفور الجاهز 24

3 – 2 التجربة الثانية 24

3 – 2 – 1 درجة تفاعل المزرعة البكتيرية 24

3 – 2 – 2 كمية الثايوكبريتات المتأكسدة 24

4 – النتائج والمناقشة 25

4 – 1 التجربة الاولى 25

4 – 1 – 1 الكثافة العددية للاحياء ذاتية التغذية 25

4 – 1 – 2 الكثافة العددية للاحياء مختلفة التغذية 32

4 – 1 – 3 التغيرات في بعض الصفات الكيميائية للتربة 40

4 – 1 – 3 – 1 درجة تفاعل التربة (pH) 40

4 – 1 – 3 – 2 التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة 46

4 – 1 – 3 – 3 الكبريتات الجاهزة 53

4 – 1 – 3 – 4 الفسفور الجاهز 60

4 – 2 التجربة الثانية 67

4 – 2 – 1 كمية الثايوكبريتات المتأكسدة 67

4 – 2 – 2 درجة تفاعل المزرعة البكتيرية 74

5 – الاستنتاجات والتوصيات 81

6 – المصادر 83

6 – 1 المصادر العربية 83

6 – 2 المصادر الاجنبية 85

قائمة الجداول

ت	الموضـــــــــوع	الصفحة
1	الانواع التابعة للجنس *Thiobacillus* ذاتية التغذية الكيميائية وبعض صفاتها .	6
2	امثلة للاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت	7
3	بعض الخواص العامة لتربة الدراسة	18
4	المواصفات القياسية للكبريت الزراعي المستخدم في الدراسة	18
5	بعض الخواص الكيميائية لكل من مصدري المادة العضوية المستخدمان في الدراسة	19
6	نسب الرطوبة لمعاملات تربة الدراسة عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم	22
7	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات بعد 15 يوماً من التحضين	26
8	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات بعد 30 يوماً من التحضين	27
9	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات بعد 45 يوماً من التحضين	29
10	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات لمعدل مراحل التحضين المدروسة	31
11	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات بعد 15 يوماً من التحضين	33
12	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات بعد 30 يوماً من التحضين	36
13	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات بعد 45 يوماً من التحضين	37
14	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات لمعدل مراحل التحضين المدروسة	39
15	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل التربة بعد 15 يوماً من التحضين	41
ت	**الموضـــــــــوع**	**الصفحة**
16	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل التربة بعد 30	42

	يوماً من التحضين	
17	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل التربة بعد 45 يوماً من التحضين	43
18	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل التربة لمعدل مراحل التحضين المدروسة	45
19	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة بعد 15 يوماً من التحضين	47
20	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة بعد 30 يوماً من التحضين	49
21	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة بعد 45 يوماً من التحضين	50
22	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة لمعدل مراحل التحضين المدروسة	52
23	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة بعد 15 يوماً من التحضين	54
24	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة بعد 30 يوماً من التحضين	55
25	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة بعد 45 يوماً من التحضين	57
26	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة لمعدل مراحل التحضين المدروسة	59
27	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في قيم الفسفور الجاهز في التربة بعد 15 يوماً من التحضين	61
28	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في قيم الفسفور الجاهز في التربة بعد 30 يوماً من التحضين	62
29	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في قيم الفسفور الجاهز في التربة بعد 45 يوماً من التحضين	63
ت	**الموضـــــــــوع**	**الصفحة**
30	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في قيم الفسفور الجاهز	65

	في التربة لمعدل مراحل التحضين المدروسة	
31	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية بعد 15 يوماً من التحضين	68
32	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية بعد 30 يوماً من التحضين	70
33	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية بعد 45 يوماً من التحضين	71
34	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية لمعدل مراحل التحضين المدروسة	73
35	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل الوسط الزرعي السائل بعد 15 يوماً من التحضين	75
36	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل الوسط الزرعي السائل بعد 30 يوماً من التحضين	77
37	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل الوسط الزرعي السائل بعد 45 يوماً من التحضين	78
38	التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل الوسط الزرعي السائل لمعدل مراحل التحضين المدروسة	80

قائمة الاشكال

ت	الموضـــــــــوع	الصفحة

1	مخطط توضيحي للجهاز المستخدم في رص تربة الدراسة	20
2	تحديد المستوى الرطوبي الامثل لرص تربة الدراسة	21
3	تحديد عدد الضربات اللازمة للوصول للكثافات الظاهرية المطلوبة للتربة	21
4	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في في كثافة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات خلال مراحل التحضين المدروسة .	29
5	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات خلال مراحل التحضين المدروسة .	34
6	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية خلال مراحل التحضين المدروسة	69
7	تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل الوسط الزرعي لبكتريا *Thioparus* خلال مراحل التحضين المدروسة	76

قائمة الملاحق

ت	الموضـــــــــوع	الصفحة
1	الوصف المورفولوجي لتربة الدراسة	90
2	الوسط الخاص بالاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة للكبريت	91
3	مكونات تربتيكيز الصويا	91
4	الوسط الخاص بالـ *T. thioparus*	91

1 – المقدمة

يعد الكبريت احد العناصر الاساسية الضرورية في تغذية النبات فهو يدخل في تركيب بعض الفيتامينات والاحماض الامينية ويؤثر في اختزال النترات الى امونيا وبالتالي تكوين البروتين في انسجة النباتات (Tisdale و Nelson ، 1985) . ان النباتات لا يمكنها استخدام الكبريت كعنصر (S°) ما لم يتم اكسدته وتحويله الى كبريتات ($SO_4^=$) . ويمكن ان تحصل عملية الاكسدة هذه في التربة كيميائياً ولكن بمعدلات قليلة الا ان الجزء الاكبر من الاكسدة يتم بوساطة نشاط بعض الاحياء المجهرية وفعاليتها ، بعضها ذاتية التغذية (Autotrophes) خاصة التابعة للجنس *Thiobacillus* والتي غالبيتها هوائية

اجباراً وبعضها الاخر متبايتة التغذية (Hetrotrophes) والتي تضم بعض انواع البكتريا والفطريات والاكتينومايسينات (Wen واخرون 2001) .

اشار Aleem (1975) الى ان عملية الاكسدة الحيوية للكبريت تؤدي الى تحرر الطاقة التي تستفيد منها الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت في نشاطها الاحيائي وحسب المعادلة الاتية :

$$S^{\circ} + 1.5\ O_2 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + \Delta G = -118\ Kcal.\ mol^{-1}$$

من المعروف ان معظم ترب المناطق الجافة وشبه الجافة في العالم ومنها الترب العراقية تتصف بصورة عامة بقلة محتواها من المادة العضوية (اقل من 2 %) وارتفاع محتواها من معادن الكاربونات وخاصة كاربونات الكالسيوم التي قد تصل الى اكثر من (400 غم .كغم$^{-1}$) مما يؤثر في بعض خصائص التربة ومنها جعل درجة تفاعل هذه الترب يميل الى القاعدية (pH > 7.0) ويترتب على ذلك تثبيت الفسفور المضاف كأسمدة وقلة جاهزية بعض العناصر الغذائية الصغرى للنبات كالحديد والزنك والمنغنيز والنحاس مما يؤثر سلباً في خصوبة وانتاجية التربة (الاعظمي ، 1990) . ان الاسلوب المتبع لتلافي هذه المشكلة هو اضافة اسمدة تحتوي على العناصر المذكورة في اعلاه الى التربة او العمل على خفض درجة تفاعل التربة في منطقة الجذور للاستفادة من هذه المغذيات عن طريق اضافة بعض المحسنات ومنها الكبريت الذي يتواجد في العراق بكميات كبيرة حيث يبلغ معدل انتاجه السنوي 700000 طن وقد يرتفع الى المليون طن والذي يستخرج مباشرة من الارض او يتكون على شكل نواتج عرضية من الصناعات النفطية (ضمد وعبدالله ، 2001) . ونتيجة لأكسدة الكبريت في التربة يتكون حامض الكبريتيك (Li و Caldwell ، 1966) الذي يعمل على خفض تفاعل التربة مما يساعد على اذابة بعض المركبات وزيادة جاهزية بعض العناصر الغذائية الموجودة اصلاً في التربة مثل الفسفور والحديد والمنغنيز والزنك والنحاس والبورون (Hassan و Olsen ، 1966) . من جانب اخر فان التقدم التقني والعلمي الذي حصل في العالم رافقه استخدام العديد من الاساليب الحديثة في الزراعة مما تطلب استخدام المكائن الثقيلة خلال العمليات الزراعية مما قد يؤدي الى حصول تغيرات في صفات التربة . فقد اوضح Lucic واخرون (2001) ان الضغوط التي تسلط على التربة تتراوح ما بين 200 – 500 كيلو باسكال وان استمرار مثل هذه الضغوط يؤدي الى تعرض التربة الزراعية الى الرص المستمر الذي يؤثر سلباً على صفاتها المختلفة وخصوصاً الفيزيائية كمحتوى وسرعة انتقال كل من الماء والغازات ودرجة الحرارة نتيجة لتغير حجوم المسامات وزيادة نسبة الصغيرة منها على حساب الكبيرة ومن المؤكد فأن مثل هذه التغيرات ستنعكس بشكل او بأخر على الصفات البايولوجية والكيميائية للتربة . وبالنظر لعدم توفر المعلومات الكافية حول تأثير رص التربة (Soil compaction) في نمو الاحياء المجهرية ونشاطها المؤكسدة للكبريت في الترب العراقية لذا اجريت هذه الدراسة التي تهدف : _

1 – تقييم كفاءة عملية الاكسدة الاحيائية للكبريت الزراعي المضاف للتربة والتعرف على كثافة اعداد الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت بنوعيها الذاتية والمختلفة التغذية في تربة رسوبية في محافظة الانبار .

2 – دراسة التأثيرات المتداخلة لأضافة الكبريت والمادة العضوية عند مستويات رص مختلفة في نمو الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت وبعض صفات التربة الكيميائية خلال ثلاث مراحل تحضين .

3 – التعرف على وجود ونشاط البكتريا *Thiobacillus thioparus* المؤكسدة للكبريت في التربة.

2 – مراجعة المصادر

2 – 1 – الكبريت في التربة

يوجد الكبريت في التربة باشكال مختلفة منها العضوي الذي مصدره المخلفات النباتية والحيوانية والميكروبية ويعد المصدر الرئيس للعنصر في التربة (Scott و Anderson ، 1976) ومنها اللاعضوي الذي مصدره الصخور والمعادن . واهم الصور المعدنية للكبريت هي الكبريتات (Sulfate) والكبريتدات (Sulfide) والثايوكبريتات (Thiosulfate) والكبريتات الثنائية (Disulfate) والكبريت كعنصر (Elemental sulfate) الذي يكون حوالي 0.06 % من القشرة الارضية . ومن

اهم المعادن التي تحتوي على الكبريت هي الجبسوم ($CaSO_4.2H_2O$ (gypsum والبايريت (Pyrite) FeS_2 وكبريتات الكالسيوم غير المائية (Anahydrite) $CaSO_4$. ويعتقد ان اصل الكبريت في التربة هو تفكك صخور البلوتانك (Plutance) بفعل الظروف الجوية (Tisdale و Nelson ، 1975) . والكبريت مثل عناصر اخرى كالنتروجين والكاربون والفسفور يمر خلال دورته في الطبيعة بعدد من التحولات التي تقوم بها الاحياء المجهرية والتي من خلالها تتكون مركبات مختزلة واخرى مؤكسدة (قاسم وعلي ، 1989) .

2 – 2 – اهمية الكبريت للنبات

يعد الكبريت من العناصر الضرورية لنمو النبات . يوجد الكبريت في الخلايا النباتية الحية على شكل احماض امينية ، اذ يشكل حوالي 21 و 2.7 % من الحامضين الامينين المثيونين (Mithionine) والسستين (Cyctine) على التوالي كما يدخل في تكوين مجموعة فيتامين B مثل البيوتين والثايمين ، وكذلك يدخل في تركيب الكلوتاثانين (Glutathione) الذي يلعب دوراً مهماً في تفاعلات الاكسدة والاختزال ويساعد في بناء وتجديد بروتوبلازم الخلايا النباتية وله اهمية في اختزال النترات (Megenal و Kerkby ، 1982) كما يلعب دوراً مهماً في تكوين الكلوروفيل على الرغم من انه لا يدخل في تركيبه (محمد ، 1977) . بين Tisdale و Nelson (1975) ان الكبريت يدخل في تركيب انزيم النتروجينيز المسؤول عن عملية تثبيت النتروجين حيوياً في النباتات البقولية . وقد لاحظ البياتي (1993) بان لاضافة 2 ميكاغرام S . هـ$^{-1}$ تحت ظروف الترب الكلسية دور مهم في زيادة مؤشرات تحسن نمو محصول الذرة الصفراء الذي انعكس ايجابياً على كمية ونوعية حاصله . ولاحظ راهي (1995) ايضاً تأثيراً ايجابياً لأضافة الكبريت بمستوى 1 ميكاغرام S . هـ$^{-1}$ على محصول الحنطة . بينما لاحظ المنصوري (2000) بان للمستوى 2.5 غم Sْ . كغم$^{-1}$ تربة تأثيراً افضل على مؤشرات نمو الحنطة . هذه النتائج جاءت متوافقة مع ما توصل اليه باحثين اخرين باستخدام مصادر كبريت اخرى ومنهم Hilal واخرون (1981) على الشعير ، والخفاجي واخرون (2000) على الذرة الصفراء ، و Center واخرون (1984) و Rehm (1987) على الشوفان والجت ، والقريني (1994) على زهرة الشمس . واشار شاكر (1996) الى زيادة امتصاص الكبريت من قبل نباتات الخيار حيث ازداد تركيز الكبريت في اوراق النبات بزيادة مستوى الكبريت المضاف (0 و 0.25 و 0.5 غم S .كغم$^{-1}$ تربة) نتيجة لزيادة كمية الكبريتات الجاهزة في منطقة الجذور ومن ثم ازدياد الامتصاص للكبريتات والذي يعتمد على تركيزه في الوسط .

2 – 3 – التحولات الحيوية للكبريت

يدخل الكبريت في العديد من التفاعلات التي تحصل في التربة ويرجع ذلك الى تعدد صيغه الكيميائية العضوية منها والمعدنية وتعدد انواع الاحياء المجهرية الموجودة في التربة والتي تسهم في تحولاته (Wainwright ، 1984) . يوجد الكبريت العضوي في التربة على هيئتين هما الكبريت المرتبط بالكاربون ويشمل الكبريت المرتبط بالاحماض الامينية والكبريت غير المرتبط بالكاربون ويشمل الكبريتات الفينولية والدهون ، وتعد الاحياء المجهرية هي المسؤولة عن تحويل الصور العضوية للكبريت الى صور غير عضوية (معدنية) جاهزة . يحتوي الهواء الجوي على كميات كبيرة من الكبريت تنتج عن عملية الاحتراق في المصانع او نتيجة لنشاط الاحياء المجهرية (Freney و Stevenson ، 1964 و Whitehead ، 1964) . يوجد الكبريت في الترب المعدنية بشكل كبريتات ($SO_4^{=}$) وفي المناطق الجافة وشبه الجافة تتراكم كميات كبيرة من املاح الكبريتات مثل $MgSO_4$ و Na_2SO_4 و $CaSO_4$ في التربة ، بينما في ترب المناطق الرطبة تكون الكبريتات ($SO_4^{=}$) موجودة اما في محلول التربة او مدمصة على اسطح الغرويات ، وتعد كلتا صورتي الكبريت ملائمة لعمليات التمثيل الغذائي للنبات . وتؤثر الظروف البيئية بدرجة كبيرة على نشاط الاحياء المجهرية الموجودة في التربة وفعاليتها (Mengel و Kirkey ، 1982) . وقد اشار Alexander (1977) الى امكانية تحديد اربعة عمليات حيوية مميزة لتحولات الكبريت في التربة وهي :

1 – معدنة الكبريت

ويتم خلال هذه العملية تحويل الكبريت من صورة عضوية الى معدنية ($SO_4^{=}$) .

2 – تمثيل الكبريت

ويتم خلالها تمثيل الكبريت من قبل الاحياء المجهرية والنباتات والحيوانات وهذا يحدث بوساطة النشاط الانزيمي للعديد من البكتريا مختلفة التغذية (Hetrotrophic bacteria) .

3 – اختزال مركبات الكبريت المعدنية

وتحدث هذه العملية تحت الظروف اللاهوائية ويقوم بها العديد من الاحياء من اهمها البكتريا التابعة لجنس *Desulfuvibrio* .

4 – عملية اكسدة الكبريت المعدني

وتقوم بهذه العملية مجموعتان من الاحياء المجهرية لها القدرة على اكسدة الصيغ المختزلة من الكبريت وهما :

أ – البكتريا ذاتية التغذية (Autotrophic bacteria) واهمها الجنس *Thiobacillus* .

ب – الاحياء مختلفة التغذية Hetrotrophic Microorganisms وتتضمن انواعاً معينة من البكتريا والبكتريا الشعاعية (الاكتينومايسينات) والفطريات .

2 – 4 – الاكسدة الحيوية للكبريت

ان حصول اكسدة كيميائية لعنصر الكبريت في التربة قليلة مقارنة بالاكسدة الحيوية خاصة عند توفر الظروف الملائمة لها (Tabatabai ، 1994) . فقد لاحظ Vishinia و Santer (1957) نكون الثابوكبريتات ($S_2O_3^=$) والثايوكبريتات الرباعية ($S_4O_6^=$) والكبريتات($SO_4^=$) بوصفها نواتج وسطية خلال اكسدة الكبريت المعدني . واشار Nor و Tabatabai (1977) الى ان الاكسدة الحيوية لعنصر الكبريت تحصل وفق المسار التالي :

$$S^\circ \longrightarrow S_2O_3^= \longrightarrow S_4O_6^= \longrightarrow SO_4^=$$

لقد اوضح الباحثان (Starkey ، 1950 و Whitnead ، 1964) بان الاحياء الدقيقة يمكن وتحت الظروف الملائمة ان تؤدي دوراً مهماً في اكسدة الكبريت ومركباته كما ان جميع العوامل التي تؤثر في نشاط الاحياء المجهرية يمكن ان تؤثر في اكسدة الكبريت حيوياً في التربة . وهناك عدد كبير من الاحياء المجهرية لها القدرة على اكسدة الكبريت منها الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت ذاتية التغذية الكيميائية التابعة للجنس *Thiobacillus* وبعض الاحياء المجهرية مختلفة التغذية وبكتريا الكبريت الخيطية عديمة الصبغات . وعموماً فانه في معظم الترب الزراعية تكون بكتريا الكبريت العصوية *Thiobacillus* ، والاحياء المجهرية مختلفة التغذية من بكتريا ، وفطريات وبكتريا شعاعية هي المسؤولة عن اكسدة الكبريت (Wainwright ، 1984 و Devai واخرون ، 2000) . وقد اشار Germida و Janzen (1993) بان هذه الاحياء تستخدم الطاقة المتحررة من اكسدة الكبريت لتثبيت ثاني اوكسيد الكاربون وكما في المعادلة التالية :

$$CO_2 + S + 1/2O_2 + 2\ H_2O + Energy \longrightarrow CH_2O + SO_4^= + 2\ H^+$$

والجدولان 1 و 2 يبينان انواع الاحياء المجهرية التي لها القابلية على اكسدة الكبريت . ويتضح من الجدول (1) ان اغلب انواع البكتريا المؤكسدة للكبريت تتبع الجنس *Thiobacillus* وهي

جدول (1) الانواع التابعة للجنس *Thiobacillus* ذاتية التغذية الكيميائية (Chemo autotrophic) وبعض صفاتها

المصدر	درجة الحرارة المثالية (م)	الـ PH المثالي	القدرة على العيش		مستقبل الالكترون	المادة الخاضعة	النوع
			لاهوائية	مختلفة التغذية			
Chaeng *et al*. (1999)	10 – 37	0.5 – 0.6	-	-	O_2	H_2S, S	*T. thiooxidans*
Maini *et al.* (2000)	15 – 20	1.4 – 6.0	-	-	O_2	Fe^{2+} , S	*T.ferrooxidans*
Kelly (1985)	Unknown	6.6	-	-	O_2	$S_2O_3^{=}$, S	*T. neapolitannus*
Kelly (1985)	Unknown	Unknown	-	-	O_2	S	*T. kababis*
Chaeng *et al.* (1999)	Unknown	7.0	-	-	O_2	$S_2O_3^{=}$	*T. kepidanus*
Gambill and Burke (1998)	28	4.5 – 7.8	+	-	NO_2^-	$S_2O_3^{=}$, H_2S	*T. thiooparus*
Gambill and Burke (1998)	Unknown	7.0	+	-	NO_3^- , O_2	$S_2O_3^{=}$, S	*T. dinitrificans*
Gambill and Burke (1998)	30	1.9 – 9.2	-	+	O_2	$S_2O_3^{=}$	*T. intermedins*
Gambill and Burke (1998)	30	5. – 9.2	-	+	O_2	$S_2O_3^{=}$	*T. novellus*
Wood and Kelly (1985)	Unknown	3.0	-	+	O_2	Unknown	*T. acidophilus*
Wood and Kelly (1985)	Unknown	Unknown	-	+	O_2	Unknown	*T. organoparus*
Maini *et al.* (2000)	Unknown	8.0	+	+	O,C , O_2	$S_2O_3^{=}$	*T. versutus*
Gambill and Burke (1998)	30	2.8 – 6.2	-	+	O_2	$S_2O_3^{=}$, S	*T. perometabils*

جدول 2 : امثلة للاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت

المصدر	النواتج	المادة الخاضعة	الاحياء المجهرية	نوع الاحياء
Starkey (1966)	$SO_4^=$	S	*Flavobacterium sp.*	البكتريا Bacteria
Vitolins and Swaby (1969)	$SO_4^=$	S	*Achromobacter sp.*	
=	$SO_4^=$	S	*Bacillus brevis*	
=	$SO_4^=$	S	*Bacillus coagolans*	
=	$SO_4^=$	S	*Micrococcus sp.*	
Pupper and Miller (1978)	$SO_4^=$ + $S_2O_3^=$	S	*Micrococcus sp.*	
Germida (1985)	$SO_4^=$	S	*Arthobacter globiformis*	
Deval *et al.* (2000)	$SO_4^=$	S	*Arthobacter oxydans*	
Yagi *et al*. (1971)	$SO_4^=$	S	*Streptomyces sp.*	الاكتينوماسينات Actenomycetes
Germida (1985)	$SO_4^=$ + $S_2O_3^=$	S	*Streptomyces sp.*	
Vitolins and Swaby (1969)	$SO_4^=$	S	*Sachromyces sp.*	الفطريات Fungi
Wuinwright and Killham(1980)	$SO_4^=$ + $S_2O_3^=$	S	*Fusarium solani*	
Germida (1985)	$SO_4^=$	S	*Absidia glauca*	
Germida (1985)	$SO_4^=$	S	*Trichoderma viride*	
Germida (1985)	$SO_4^=$	S	*Zygorhynchus moelleri*	
Wainwright(1988)	$SO_4^=$	S	*Pentcillum decumbens*	
Devai and Delaune (2000)	$SO_4^=$	S	*Fusarium tricinctum*	

هوائية اجباراً (Obligat aerobic) مع ان بعضاً منها يستطيع العيش لاهوائياً مثل *T. dinitrificans* حيث يمكنها استخدام النترات كمستقبل للالكترونات و *T. ferrooxidans* التي تتميز باستطاعتها استخدام الحديدوز كواهب للالكترونات فضلاً عن الكبريت . وتعد معظم انواع الجنس *Thiobacillus* ذاتية التغذية كيميائياً حتماً ولا يمكنها استخدام الطاقة المتحررة من اكسدة الكاربون العضوي الا ان بعضها مثل *T. novellus* تتميز بكونها ذاتية التغذية اجباراً (Alexander ، 1977) . لقد كان الاعتقاد سائداً بان البكتريا التابعة للجنس *Thiobacillus* هي البكتريا الاكثر اهمية في اكسدة الكبريت في التربة على الرغم من ان الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت قد خضعت لبعض الدراسات المختبرية (Starkey ، 1950 و Vitolins و Swaby ، 1969) الا ان دور الاحياء المجهرية مختلفة التغذية لم يؤكد الا في اواخر العقد الاخير من القرن الماضي عندما قدمت الدلائل المباشرة لأهميتها في التربة (Lawrance و Germida a,b 1988 و Grayston و Germida ، 1990 و Lawrance و Germida ، a , b 1991 و المنصوري ، 2000) . ويوضح جدول (2) اهم انواع الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت . واعتماداً على عزلات المزارع النقية لنماذج التربة التي اجراها كل من (Germida واخرون ، 1984 و Germida ، 1985 وlawrance و Germida ، 1988 a و lawrance و Germida ، 1991a) امكن تقسيم الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت الى ثلاثة مجاميع وكما يأتي :

1 – المؤكسدة لعنصر الكبريت S الى ثايوكبريتات $S_2O_3^=$ كناتج نهائي .

2 – المؤكسدة للكبريت الى كبريتات ($SO_4^=$) ناتجاً نهائياً .

3 – المؤكسدة للثايوكبريتات ($S_2O_3^=$) الى كبريتات ($SO_4^=$) .

واوضحت الدراسات التي قام بها Lawrance واخرون (1988) و Lawrance و Germida (a,b 1991) تواجد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية وذاتية التغذية المؤكسدة للكبريت في اكثر من 35 نموذج تربة جمعت من الترب الزراعية في كندا وتضمنت مجاميع الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات و / او الكبريتات المؤكسدة للكبريت (S) ومختلفة التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات وذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات والتي وجدت بكثرة في نماذج الترب المدروسة . واتضح من الدراسة ايضاً وجود الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المنتجة للثايوكبريتات بالاضافة الى المجاميع المختلفة التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات .

اما بالنسبة للترب العراقية فقد اشار المنصوري (2000) في دراسته لنموذجي تربة مختلفتين في النسجة الى غياب دور الاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة لعنصر الكبريت ووجود الاحياء ذاتية التغذية

المؤكسدة للثايوكبريتات . في حين كانت السيادة لمجاميع الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت والمنتجة للثايوكبريتات . ومن المعروف ان الاحياء المجهرية مختلفة التغذية يمكنها الحصول على الطاقة من مصادر عضوية تحتوي على الكبريت . فقد اشار Alexander (1977) الى ان هذه التحولات تحدث بصورة عرضية في المسارات الرئيسة لعمليات التمثيل الغذائي . وان كيفية قيام الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت بانتاج هذه الايونات ($S_2O_3^=$) لم تثبت بعد (Germida و Janzen ، 1993) . مع ان بعض الدراسات اوضحت ان ذلك يتم انزيمياً مع الفطريات (Kellham واخرون ، 1981 و Kurck ، 1983) ولا يعرف المسلك الانزيمي لاكسدة الاحياء مختلفة التغذية لمركبات الكبريت المختزلة (Pepper و Meller ، 1978) . في حين اشار Aleem (1975) الى آلية التفاعلات الكيموحيوية والانزيمات المسؤولة عن اكسدة الكبريت بوساطة الانواع التابعة للجنس *Thiobacillus* *وفيما يخص* انزيم الرادونيز (Rhadonenase) الذي يلعب دوراً مهماً في تحويل الثايوكبريتات ($S_2O_3^=$) الى كبريتيد ($SO_3^=$) وكلاهما من المركبات الوسطية خلال عملية اكسدة عنصر الكبريت ، فقد اكد Lawrance واخرون (1988) ان هذا الانزيم الذي يحفز اكسدة الثايوكبرتات الى كبريت هو انزيم الاكسدة الوحيد الذي تم تقديره في التربة .

2 – 5 –العوامل المؤثرة في اكسدة الكبريت :

2 – 5 – 1 – رص التربة ومحتواها من الرطوبة والهواء

ان التطور الحاصل باستخدام الاساليب الحديثة في الزراعة ادى الى استخدام العديد من الالات والمكائن الزراعية والتي ادت الى زيادة المشاكل الناتجة عن رص التربة وما قد يسببه ذلك من تأثيرات في الكثافة الظاهرية وبالتالي على محتوى التربة من الماء والهواء . فعندما تكون رطوبة التربة قريبة من السعة الحقلية فأن التماسك بين تجمعات التربة (Soil aggregates) تكون في حدها الادنى ، بينما تكون قوة الروابط بين التجمعات عالية وعليه تحدث التشوهات في بناء التربة بالاضافة الى الاحتكاك الداخلي بين اسطح الالة المستخدمة ودقائق التربة الامر الذي يؤدي الى زيادة التلامس بينهما (Al-Daghistani ، 1983) . وهناك العديد من الدراسات حول تأثير الرص الذي تسببه المكائن الزراعية للتربة (Soan واخرون ، 1982 و Davias واخرون ، 1973 و دوغرامجي واخرون ، 1996 و Milosev واخرون ، 2001) حيث اشارت هذه الدراسات الى ان الرص الذي تتعرض له الاراضي الزراعية نتيجة مرور هذه الالات والمعدات يؤدي الى زيادة في الكثافة الظاهرية للتربة ومقاومتها للاختراق ونقص في معدل الغيض وانخفاض في المسامية وزيادة نسبة المسامات الصغيرة على حساب المسامات الكبيرة مما يؤدي الى نقص

في هواء التربة والذي يؤثر في نمو الاحياء المؤكسدة للكبريت وفعاليتها في التربة خاصة وان غالبيتها هوائية بطبيعتها وان معظم البكتريا التابعة للجنس *Thiobacillus* والمؤكسدة للكبريت هوائية اجباراً (Obligat aerobic) (Alexander ، 1977) ، لذلك فأن أي تغير في كمية الاوكسجين في التربة سيؤثر حتماً في فعالية هذه الاحياء . وفي هذا المجال لاحظ البياتي والخفاجي (2001) ان افضل كثافة ظاهرية لعملية اكسدة الكبريت الزراعي هي 1.25 ميكاغرام.م$^{-3}$ لتربة مزيجة طينية وانخفضت هذه العملية عند الكثافة الظاهرية 1.5 ميكاغرام.م$^{-3}$. وبسبب العلاقة العكسية بين تهوية التربة ومحتواها الرطوبي فأن الاوكسجين يكون عاملاً محدداً لأكسدة الكبريت تحت ظروف التربة الرطبة جداً وان زيادة المحتوى الرطوبي للتربة سوف يحد من تجهيز الاوكسجين وبالتالي حصول انخفاض في سرعة الاكسدة . وعند انخفاض رطوبة التربة فان الاكسدة تكون محددة بالماء غير الكافي لفعالية الاحياء المجهرية (الراشدي ، 1987) . حيث يختلف المحتوى الرطوبي المثالي لأكسدة الكبريت باختلاف نسجة التربة .

فقد لاحظ Kick و Deng (1990) اختلافات متشابهة في الشد الرطوبي المثالي تعكس الاختلافات في درجة التهوية التي ترتبط ايجابياً بالمسامية الهوائية وسلباً بالمحتوى الرطوبي الحجمي للتربة . واشار راهي (1995) و Wen (2001) و Gagge واخرون (1999) ان افضل محتوى رطوبي لاكسدة الكبريت حيوياً 60 % من السعة الحقلية وهذا هو المحتوى الرطوبي الملائم لنمو ونشاط الاحياء المجهرية الهوائية في التربة بشكل عام (Alexander ، 1977) .

2 – 5 – 2 : المادة العضوية

ان اكسدة الكبريت بواسطة الاحياء المجهرية مختلفة التغذية محددة بتوفر الكاربون العضوي لدعم نموها وفعاليتها . وقد اوضح Wainwright واخرون (1986) وJanzen و Bettany (1987 a) و Lawrance و Germida (1988 b) ان معدل اكسدة الكبريت مرتبط بالكتلة الحيوية والاضافات العضوية ومحتوى التربة من الكاربون العضوي ، ولاحظوا حصول زيادة معنوية في معدلات اكسدة الكبريت عند اضافة مواد عضوية الى التربة . فقد وجد البياتي (1993) حصول زيادة في حاصل الذرة الصفراء وتحسين صفات التربة الكيموفيزيائية عند تزامن قلب الجت مع اضافة الكبريت الزراعي في تربة كلسية . وكذلك وجد راهي واخرون (1995) حصول زيادة معنوية في حاصل الحنطة وجاهزية بعض العناصر الغذائية عند اضافة مادة عضوية مع الكبريت الزراعي مقارنة باضافة الكبريت لوحدة في التربة .

2 – 5 – 3 : مصدر الكبريت المضاف

يتواجد الكبريت باشكال مختلفة منها النقي (Pure S) والزراعي (Agricultural S) والرغوي (Foam S) والخام (Row S) والكبريت المتحجر (Lake S) اضافة الى الاشكال التجارية كالكبريت القابل للبل (Wettable S) والكبريت القابل للانتشار (Dispersed S) والكبريت المعلق (Flowable S) وتختلف هذه الاشكال في نسبة محتواها من عنصر الكبريت (Starkes واخرون ، 1956) . وقد درس Lindeman واخرون (1991) تأثير مصادر مختلفة من الكبريت على اكسدته في اوساط زراعية سائلة لانواع من البكتريا *Thiobacillus* وكذلك تأثير هذه المصادر في صفات التربة تحت ظروف المختبر والحقل . حيث تتضمن اشكال الكبريت المدروسة كلاً من الكبريت النقي (P. S.) والكبريت القابل للبل (W.S.) والكبريت القابل للانتشار (D. S.) والكبريت المعلق (F. S.) ولاحظوا ان المصادر التجارية للكبريت (W.S. و D. S. و F. S.) قللت من نشاط الاحياء في اكسدتها للكبريت مقارنة بالكبريت النقي(P.S.) في تجربة الوسط الزرعي السائل الملقح بالـ *T. thiooxidan* والـ *T. thioparus* اما في تجربة الحضن المختبري وفي التجربة الحقلية فان اكسدة الـ (W.S. و D.S. و F.S.) كانت متشابهة مع (P.S.) واعزوا سبب هذا الاختلاف الى اختلاف محتوى المصادر التجارية من المواد الداخلة في تركيبها من غير الكبريت وعدم معرفة الكثير عن ماهية هذه المواد لكونها من اسرار التصنيع فبعض المواد التي تجعل الكبريت قابل للبل تعرف بانها مواد سامة للـ *Thiobacillus spp* وبعضها الاخر ليس له تأثير او انها تزيد من معدل اكسدة الكبريت اعتماداً على التركيب الكيميائي والتركيز (Starkes واخرون ، 1956) . اما المنصوري (2000) فقد وجد عند دراسته لتأثير مصادر مختلفة من الكبريت وهي الكبريت الزراعي والكبريت الرغوي والكبريت القابل للبل في تجربة مختبرية واخرى حقلية تفوق الكبريت الزراعي على المصادر الاخرى من الكبريت المدروسة في زيادة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات .

2 – 5 – 4 : حجم دقائق الكبريت

يؤثر حجم دقائق الكبريت تأثيراً كبيراً في معدلات اكسدته فكلما صغر حجم دقائق الكبريت ازدادت المساحة السطحية المعرضة لنشاط الاحياء المجهرية وبذلك يزداد معدل اكسدته . فقد وجد عدد من الباحثين (Fox واخرون ، 1964 و Janzen واخرون ، 1982) علاقة خطية بين كمية الكبريتات الناتجة والمساحة الكلية للكبريت . ولاحظ Li and caldwell (1966) ان معظم الاكسدة حصلت مع الحبيبات ذات الحجم الاقل من Mesh 100 وان معدل الاكسدة ازداد بصغر احجام الدقائق وان العلاقة الخطية بين المساحة السطحية الكلية ومعدل الاكسدة تبقى ثابتة فقط في مدى معين من مستويات الاضافة وبعدها يتناقص معدل الاكسدة بسبب التأثير التثبيطي لنواتج الاكسدة (Champan ، 1989) . وان هذا المدى من مستويات

الاضافة يكون اقل كثيراً في حالة الحبيبات الناعمة مقارنة بالحبيبات الخشنة . فعلى سبيل المثال لاحظ Janzen و Bettany (1987 a) ان العلاقة الخطية بقيت في المدى من 0 الى 400 ملغم.كغم$^{-1}$ باستخدام حبيبات خشنة نسبياً معدل اقطارها 0.106 – 0.150 ملم ، في حين لم تبق العلاقة خطية واضحة في التراكيز التي تجاوزت 400 ملغم .كغم$^{-1}$ في حالة الحبيبات الناعمة ذات القطر الاقل من 0.053 ملم . وبتقدم عملية الاكسدة مع الزمن فان المساحة السطحية النوعية لحبيبات الكبريت الناعمة تتناقص بسرعة اكبر مقارنة بالحبيبات الخشنة . وقد اشار الراوي والقريني (1998) عند اضافة الكبريت بمعدل 2 ميكاغرام . هكتار $^{-1}$ وباربع درجات نعومة وهي خشنة جداً (اكبر من 1 ملم) وخشنة (0.5 – 1 ملم) ومتوسطة الخشونة (0.25 – 0.5 ملم) وناعمة (0.1 – 0.25 ملم) وناعمة جداً (اقل من 0.1 ملم) ولمراحل حضن (2 و 4 و 8 و 12 اسبوع) ، الى ان اعلى قيم من التوصيل الكهربائي واقل قيم للـ pH كانت عند استخدام الكبريت المتوسط النعومة (0.25 – 0.5 ملم) وبعد اسبوعين من الحضن .

2 – 5 – 5 : معدل اضافة الكبريت

اشار Hilal و Al-Badrawy (1980 a) الى حدوث اكسدة سريعة للكبريت عند اضافته الى التربة بمعدل 1 غم S . كغم$^{-1}$ تربة وظهور تأثيره في صفات التربة بعد اسبوعين فقط من الاضافة ، في حين تأخر ظهور هذه التأثيرات بزيادة معدل الاضافة الى 2 و 3 غم S . كغم$^{-1}$ تربة واستمر تأثيره حتى ثمانية اشهر تقريباً من الاضافة . ولاحظ البياتي والخفاجي (2002) عند استخدامه لثلاثة مستويات من الكبريت الزراعي هي 0 و 1 و 2 غم S . كغم$^{-1}$ تربة ، ان افضل مستوى للاكسدة كان عند 1 و 2 غم S . كغم$^{-1}$ تربة وانهما لم يختلفا معنوياً . وفي دراسة اجراها Owen واخرون (1999) استخدموا فيها الكبريت الخام بالمستويات 0 ، 0.25 ، 0.5 و 2 غم S . كغم$^{-1}$ تربة حيث لاحظوا زيادة في جاهزية كل من العناصر الغذائية (Ca و Mg و K و P) للمعاملات المسمدة بالكبريت مقارنة بمعاملة المقارنة وان المستوى 2 غم S . كغم$^{-1}$ تربة قد اعطى اعلى زيادة وبفروق غير معنوية عن المستويين 0.25 و 0.5 غم S . كغم$^{-1}$ تربة ، وعزوا ذلك الى ان المستويات العالية من الكبريت تؤدي الى تثبيط عمل نشاط الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت .

2 – 5 – 6 : نسجة التربة

وجد بعض الباحثين ان هنالك علاقة عكسية بين معدل الاكسدة الاحيائية للكبريت ومحتوى التربة من الطين ، بينما كانت العلاقة طردية مع محتوى التربة من مفصولات الرمل (Janzen و Bettany ، a

1987 و Lawrance و Germida ، 1988 b) . في حين لم يلاحظ اخرون وجود علاقة معنوية بين مفصولات التربة ومعدل اكسدة الكبريت (Rehm و Caldwell ، 1969 و McCaskill و Blair ، 1987 و Waitkinson، 1989) . في حين وجد المنصوري (2000) تأثير معنوي للنسجة في اكسدة الكبريت وان معدل الاكسدة كان اعلى في التربة الطينية الغرينية مقارنة بالتربة الرملية المزيجة ، وان التأثيرات المتفاوتة لنسجة التربة في معدل اكسدة الكبريت يمكن ان يرجع الى الاختلافات في ظروف اجراء تلك التجارب .

2 – 5 – 7 : درجة تفاعل التربة

ان معدل اكسدة الكبريت في الترب الحامضية يكون عادة اقل مما عليه في الترب القاعدية وقد لوحظ ان اضافة كاربونات الكالسيوم الى الترب ذات pH الاقل من 7 كانت محفزة لعملية الاكسدة (Fox واخرون ، 1964 و Lettle واخرون ، 1981 a). واشار Nor و Tabatabai (1977) و (Janzen و Bettany (1987 a) الى ان pH التربة يرتبط ارتباطاً ايجابياً مع معدل اكسدة الكبريت . لقد وجد Adamczyk-Winiarska واخرون (1975) ان عدد الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت كان 3 x 10 لكل غرام من التربة البنية (Brown soil) ذات النسجة المزيجة الطينية التي اضيف لها 0.5 – 1 % S . في حين ارتفع عدد هذه الاحياء المجهرية الى 4 x 10^9 في التربة المذكورة المضاف اليها كمية الكبريت نفسها مع كاربونات الكالسيوم . ان التأثير الايجابي لـ pH المرتفع في معدل اكسدة الكبريت ربما يرتبط مع السعة التنظيمية للتربة ضد التركيزات المثبطة من حامض الكبريتيك المرافق لعملية الاكسدة (Barrow ، 1971) . وان اضافة كاربونات الكالسيوم حسنت من الظروف البيئية للاحياء المجهرية وساعدتها في تطوير مجاميع مختلفة من الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت .

2 – 5 – 8 : درجة الحرارة

اشار Atto و Olsen (1965) الى ان لدرجة الحرارة تأثيراً معنوياً في معدل اكسدة الكبريت وان سرعة اكسدته كانت اعلى عند درجة حرارة 25 مْ مقارنة مع درجة حرارة 5 مْ وهذا ما اكده Maini واخرون (2000) . اما Gaggi واخرون (1999) و Li و Caldwell (1966) فقد وجدوا ان معدل اكسدة الكبريت كانت عالية عند درجة 30 و 40 مْ مقارنة بدرجة 5 و 10 مْ وهذا يعود الى ان معظم الاحياء

الدقيقة المؤكسدة للكبريت هي من نوع المحبة لدرجة الحرارة المعتدلة (Mesophilles) لذلك فان درجة الحرارة المثلى لعملية الاكسدة تتراوح بين 23 – 35 مْ . وقد وجد Nor و Tabatabai (1977) و Wainwright (1984) ان عملية الاكسدة قد تتباطئ او حتى تتوقف عند درجات الحرارة الاقل من 5 مْ . من الناحية الاخرى اشار Janzen و Bettany (1987 b) ان العلاقة بين اكسدة الكبريت ودرجة الحرارة هي علاقة اسية .

2 – 6 : تأثير اضافة الكبريت في بعض صفات التربة

2 – 6 – 1 : درجة تفاعل التربة (pH)

تؤدي اكسدة الكبريت على نحو عام الى خفض درجة تفاعل التربة (Stakey ، 1966 و Adamczyk-Winikiska واخرون ، 1975 وCifuentes و Lindeman ، 1993) . ففي عدد من الدراسات التي اجريت في العراق حول استخدام الكبريت مصلحاً للتربة (Al-Jubury واخرون ، 1976 و Al-Ani واخرون ، 1977 والبياتي ، 1993 وراهي واخرون ، 1995 وشاكر ، 1996 والمنصوري ، 2000) وجدوا ان تأثير اضافات الكبريت في خفض درجة تفاعل التربة كان متفاوتاً . من جانب اخر لم يجد Kittano و Atto (1965) و Dawood واخرون (1985) انخفاضاً واضحاً في درجة تفاعل التربة عند اضافة الكبريت وان سبب ذلك ربما يعود الى السعة التنظيمية العالية (Buffering capacity) للتربة التي تحافظ على pH من التغير. كما وقد يعود السبب الى ارتفاع معدل الكبريت المضاف الذي ادى الى تثبيط نشاط الاحياء المجهرية المؤكسدة بسبب التركيز العالي لنواتج الاكسدة ، ويبدو ان الانخفاض في درجة تفاعل التربة نتيجة لاضافة الكبريت يعتمد على نسبة الكاربونات في التربة . فقد اشار Nelson واخرون (1993) الى ان انخفاض الـ pH يرتبط عكسياً مع محتوى تلك الترب من الكاربونات وان مقدار الانخفاض في الـ pH كان 0.5 و 0.6 للترب التي احتوت على 18 و10 % من كاربونات الكالسيوم على التوالي . واشار Salton واخرون (2001) ان اضافة 4 ميكاغرام S . هـ$^{-1}$ من الكبريت لتربة مزيجة غرينية ادى الى خفض pH التربة من 8.1 مع معاملة المقارنة الى 6.8 في التربة المعاملة بالكبريت .

2 – 6 – 2 : معادن الكاربونات

تؤثر زيادة معادن الكاربونات في التربة سلباً في جاهزية العناصر الغذائية وذلك لما تسببه من رفع في درجة تفاعل التربة وان اضافة الكبريت الى الترب الكلسية تؤدي الى زيادة كبيرة في ايونات الكالسيوم

والمغنيسيوم الذائبة بسبب ذوبان معادن الكاربونات بواسطة حامض الكبريتيك الناتج من اكسدة الكبريت (Al-Jubury واخرون ، 1976 و Dawood 1980 والبياتي والخفاجي ، 2002).

لقد اوضحت العديد من الدراسات بان استخدام مستويات متفاوتة من الكبريت او حامض الكبريتيك لغرض تقليل التأثير السلبي للكاربونات تسبب في خفض محتوى الترب من كاربونات الكالسيوم بنسب متفاوتة تراوحت بين 1% الى 13 % (Christensen و Lyerly ، 1954 و Bansal و Singh ، 5197 والاعظمي ، 1990 والسلماني ، 1996) ومشيرة الى تحسين جاهزية العناصر الغذائية في هذه الترب المدروسة .

2 – 6 – 3 : التوصيل الكهربائي

تؤدي اضافة الكبريت الى التربة الى حصول زيادة في قيمة التوصيل الكهربائي للتربة (العكيلي ، 1991 والبياتي ، 1993 والراوي والقريني ، 1998 والمنصوري ، 2000) . كما وجد Cifuentes و Lindeman (1993) ان معاملة ترب نيومكسيكو بالكبريت والمادة العضوية معاً قد سبب في ارتفاع قيم التوصيل الكهربائي مقارنة باضافة أي منها منفرداً ، وذكرا بان التغيرات في EC والـ $SO_4^=$ كانت ذات ارتباط معنوي عالي واكدا انه من الممكن استخدام التوصيل الكهربائي (EC) كمؤشر لاكسدة الكبريت تحت ظروف الترب الكلسية . في حين لاحظ Dawood واخرون (1985) ان استخدام الكبريت بالمستويات 2 و 6 و 10 غم S . كغم$^{-1}$ تربة في تربتين كلسيتين من وسط العراق وجنوبه ادى الى انخفاض في ملوحة التربة في كلا التربتين وقد يعود السبب الى ترسيب بعض الايونات الموجبة مثل Ca^{2+} في محلول التربة بواسطة الكبريتات الناتجة عن الاكسدة وان المستويات العالية من الكبريت المضاف قد لا يؤثر في زيادة التوصيل الكهربائي بسبب قلة معدلات الاكسدة (Mecready و Krouse ، 1982 و Owen واخرون ، 1999) . اما المنصوري (2000) فقد لاحظ زيادة في قيم EC التربة من 1.28 و 1.72 الى 2.52 و 2.48 ديسي سيمنز . م$^{-1}$ باضافة الكبريت الزراعي بمعدل (2.5 غم S .كغم$^{-1}$ تربة) للترب الرملية المزيجة والطينية الغرينية على التوالي . اما التأثير المتداخل لاضافة الكبريت والرص على ملوحة التربة فقد اشار البياتي والخفاجي (2002) عند استخدامهما لثلاثة مستويات من الكبريت الزراعي (0 ، 1 و 2 غم S .كغم$^{-1}$ تربة) واربعة مستويات من الكثافة الظاهرية (1.25 ، 1.35 ، 1.45 و 1.55 ميكاغرام.م$^{-3}$) الى حصول تأثير معنوي في زيادة قيم التوصيل الكهربائي للتربة .

وان اعلى قيمة سجلت عند مستويات الرص (1.25 و 1.35 ميكاغرام .م$^{-3}$) واضافة 2 غم S .كغم$^{-1}$ تربة .

2 – 6 – 4 : تأثير اضافة الكبريت في جاهزية الفسفور في التربة

ان الكميات الكلية للفسفور في الترب الكلسية هي اكبر بكثير من كميات الفسفور الجاهز ذي الاهمية الاكبر لنمو النبات . فالنباتات تمتص الفسفور على هيئة ايونات الفوسفات المعدنية الاحادية ($H_2PO_4^-$) او الثنائية ($HPO_4^=$) وان تركيز الايونات المختلفة من الفوسفات في المحلول مرتبط ارتباطاً كبيراً بدرجة تفاعل الوسط ، فايون الفوسفات الاحادي ($H_2PO_4^-$) يسود في الوسط الحامضي بينما يسود ايون الفوسفات الثنائي في التربة ذات pH اكثر من 7.2 (Tisdale و Nelson ، 1975) . وتعد صور الارثوفوسفيت (PO_3^{3-}) التي تدخل في تركيب العديد من المعادن من اكثر صور الفسفور ثباتاً في التربة ، وان اضافة اي مصدر سمادي فوسفاتي ذائب الى التربة يتعرض الى مسارات متعددة مكوناً صوراً قليلة الذوبان . ففي الترب الكلسية يتفاعل الفسفور مع عنصر الكالسيوم والمغنيسوم ويعتمد ناتج التفاعل على تركيز الكاتيون في الوسط (عواد ، 1986) . ان الفسفور الموجود اصلاً في التربة الكلسية او المضاف اليها في سنوات سابقة يكون بأحد الاشكال المهمة الاتية والمرتبة حسب ذوبانها (Lindsay ، 1979) .

$$FA < HA < B.TCP < OCP < DCP < DCPD < MPC$$

يحدث تحرر للفسفورالمثبت بالترب الكلسية من خلال الاكسدة الاحيائية للكبريت التي ينتج عنها حامض الكبريتيك الذي يؤدي الى تحويل الفوسفات الثلاثية $Ca_3(PO_4)_2$ الى فوسفات ثنائية ثم الى احادية ويتفاعل الحامض الناتج مع المركبات الفوسفاتية قليلة الذوبان الاخرى مما يزيد في جاهزية الفسفور في التربة (Alexander ، 1977) . لقد ذكر Aldrich وTuren (1950) انه عند اضافة المصلحات الحامضية – حامض الكبريتيك قد يزداد ذوبان الفسفور او يقل في التربة اعتماداً على كمية الكالسيوم المنطلقة . ان كثيراً من الدراسات وجدت ان اضافة الكبريت الى الترب الكلسية ادت الى زيادة معنوية في جاهزية الفسفور في التربة وفي مقدار الفسفور الممتص من قبل النباتات المختلفة (Sencupa و Corhfield , 1964 والراوي والقريني ، 1998 وشاكر وراهي ، 2002) .

3 – المواد وطرائق العمل

تضمنت هذه الدراسة اجراء تجربتان عامليتان وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD) وقورنت باقل فرق معنوي LSD عند مستوى 0.05 و 0.01 حيث تضمنت :

3 –1 التجربة الاولى

اجريت هذه التجربة لغرض التعرف على تأثير مستوى الكبريت المضاف ونوع المادة العضوية ومستوى الرص (الكثافة الظاهرية) في كثافة اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية ومختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت وبعض صفات التربة (درجة تفاعل التربة pH والتوصيل الكهربائي لمحلول التربة وجاهزية الكبريتات والفسفور الموجود اصلاً في التربة) .

3 – 1 – 1 تحضير التربة

استخدم نموذج تربة اخذ من الافق السطحي (0 – 30سم) لتربة رسوبية Typic Torriflovent من منطقة المعامير 20 كم شرق مدينة الفلوجة في محافظة الانبار . وصفت التربة وفق نظام التصنيف الامريكي Soil Taxonomy (1994) الملحق (1) . بعد تجفيف التربة هوائياً طحنت ثم نخلت عبر منخل قطر فتحاته 2 ملم وقدرت بعض خصائصها الكيميائية والفيزيائية (جدول 3) .

3 – 1 – 2 اضافة الكبريت

استخدم الكبريت الزراعي (95 % S) المبين مواصفاته القياسية في الجدول (4) حيث تم اضافة للتربة بثلاثة مستويات هي 0 ، 1 و 2 غم S .كغم$^{-1}$ تربة (S1 ، S2 و S3) على التوالي .

3 – 1 – 2 اضافة الكبريت

استخدم الكبريت الزراعي (95 % S) المبين مواصفاته القياسية في الجدول (4) حيث تم اضافة للتربة بثلاثة مستويات هي 0 ، 1 و 2 غم S .كغم$^{-1}$ تربة (S1 ، S2 و S3) على التوالي .

3 – 1 – 3 المصادر العضوية

استخدم في التجربة نوعين من المصادر العضوية وهما الجت (C2) ومخلفات الابقار (C3) والمختلفان في صفاتهما الكيميائية وخاصة نسبة الكاربون الى النتروجين (C / N ratio) وكما مبين في الجدول (5) . جفف كل منهما هوائياً وطحنا ونخلا بمنخل قطر فتحاته 2 ملم واضيفا الى التربة بحيث

يكون مستوى الكربون المضاف في كل منها 6 غم C .كغم$^{-1}$ تربة وحسب Cifuentes و Lindeman (1993) .

جدول (3) : بعض الخصائص العامة لتربة الدراسة .

الصفـــة		القيمة
التوزيع الحجمي لدقائق التربة		
الرمل (غم . كغم$^{-1}$)		700
الغرين (غم . كغم$^{-1}$)		120
الطين (غم . كغم$^{-1}$)		180
النسجة		مزيجية رملية
pH (1:1)		8.2
EC (ديسي سيمنز.م$^{-1}$) (1 : 1)		2.00
الكلس (غم . كغم$^{-1}$)		201
المادة العضوية (غم . كغم$^{-1}$)		9.5
النتروجين الكلي (غم . كغم$^{-1}$)		0.53
الكبريت الجاهز (ملغم. كغم$^{-1}$)		185.3
المغنيسيوم الذائب	سنتي مول.كغم$^{-1}$ تربة	70
الصوديوم الذائب		50
الكالسيوم الذائب		35
الكلور الذائب		70
محتوى التربة من الماء عند شد 33 كيلوباسكال		% 27
محتوى التربة من الماء عند شد 1500 كيلوباسكال		% 10.25

جدول (4) المواصفات القياسية للكبريت الزراعي المستخدم في الدراسة *

Mesh	الهيدروكاربون	الطين%	الكـــاربون الكلي %	الجبس %	الكلس %	Ca^{2+} Ppm	Ec 1:1 dSm^{-1}	PH 1:1	الكبريـــت %
325	0.06	1.5	0.12	0.0036	–	64	0.44	3.7	95

* : تم الحصول على هذه القياسات من الشركة العامة لكبريت المشراق .

جدول (5) بعض الخصائص الكيميائية لمصدري المادة العضوية المستخدمان في الدراسة* .

الصفـــة	الجت المجفف (C2)	مخلفات الابقار (C3)
pH (مستخلص 1 : 5)	6.5	6.7
EC ديسي سيمنز .$م^{-1}$ (مستخلص1 :5)	1.0	11
الكاربون العضوي (غم.$كغم^{-1}$)	418	454
النتروجين (غم.$كغم^{-1}$)	35.0	17.9
C/N ratio	12.0	25.4
الفسفور (غم.$كغم^{-1}$)	4.2	6.2
البوتاسيوم (غم.$كغم^{-1}$)	20	23
الكبريت (غم.$كغم^{-1}$)	13.2	1.78

* : قدرت في مختبرات الشركة العامة للتربة والموارد المائية .

3 – 1 – 4 تحضير المعاملات

تم اولاً تحديد نسبة الرطوبة المثلى لرص التربة بلا اضافة وباضافة كل من مصدري المادة العضوية وعدد الضربات اللازمة للوصول الى مستوى الرص المطلوب وحسب طريقة Medrth و Pattrick (1961) الموصوفة في Page واخرين (1982) وذلك باستخدام جهاز خاص تم تصنيعه على غرار جهاز Procter الموصوف من قبل Lambe (1951) شكل (1) . حدد المحتوى الرطوبي الامثل للرص بدك التربة بعدد ثابت من الضربات (15 ضربة) وعند مستويات رطوبية مختلفة والذي يمثل اعلى كثافة ظاهرية وكما مبين في الشكل (2) . بعدها اضيف الكبريت والمصادر العضوية حسب المستويات المشار اليها سابقاً ، ثم رطبت التربة الى المحتوى الرطوبي الامثل للرص وذلك باضافة الماء بشكل رذاذ باستخدام مرشة يدوية مع استمرار مزج التربة باليد ، بعدها وضعت التربة في اكياس نايلون (بولي اثيلين) واحكم اغلاقها وتركت لمدة 24 ساعة في الثلاجة لغرض تجانس محتواها الرطوبي . بعدها تم تحديد عدد الضربات

اللازمة للوصول الى الكثافات الظاهرية المطلوبة لكل معاملة وذلك بتعريض كل معاملة لاعداد مختلفة من الضربات وكما موضح في الشكل (3) للوصول لمستويات الكثافة الظاهرية 1.25 ، 1.35 و 1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$ (M1 ، M2 و M3) على التوالي ولكل معاملة من المعاملات ، بعدها فصلت الحلقة الوسطى بسلك رفيع ووضعت في حاوية بلاستيكية سعة 200 مل . تم تحديد المحتوى الرطوبي لترب المعاملات عند نقطتي السعة الحقلية والذبول الدائم لتحديد نسبة الماء الجاهز جدول (6) . حضنت الوحدات التجريبية عند درجة حرارة (28 ± 2 مْ) (Janzen و Bettany، 1987 b) .

شكل (1) مخطط لجهاز رص التربة المستعمل في الدراسة

جدول (6) نسب الرطوبة لمعاملات تربة الدراسة
عند السعة الحقلية ونقطة الذبول الدائم * .

المعاملة	نسبة الرطوبة عند السعة الحقلية (شد 33 (Kpa)	نسبة الرطوبة عند نقطة الذبول الدائم (شد 1500 Kpa)	نسبة الماء الجاهز
C1	27.0	10.25	16.75
C2	27.30	10.29	16.71
C3	27.7	10.50	17.20

* : اجريت التقديرات في مختبرات الشركة العامة للتربة والموارد المائية .

ثبت المحتوى الرطوبي للتربة عند مستوى 50 % من الماء الجاهز (Alexander ، 1977) وذلك بوزن الوحدات التجريبية يومياً وتعويض الماء المفقود لايصالها الى المحتوى الرطوبي المطلوب لجميع المعاملات . وادناه المتغيرات التي تضمنتها الدراسة :

1 – اضافة الكبريت الزراعي بثلاث مستويات (0 ، 1 و 2 غم S .كغم$^{-1}$ تربة وتمثل المعاملات S1 ، S2 و S3) على التوالي .

2 – اضافة نوعين من المادة العضوية الجت المجفف (C2) ومخلفات الابقار (C3) وبمحتوى 6 غم C . كغم$^{-1}$ تربة ومعاملة المقارنة (C1) بدون اضافة مادة عضوية .

3 – ثلاثة مستويات من الرص (1.25 ، 1.35 و 1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$ وتمثل المعاملات (M1 ، M2 و M3) على التوالي .

4 – ثلاثة مراحل تحضين (15 ، 30 و 45 يوماً وتمثل T1 ، T2 و T3) على التوالي .

3 – 1 – 5 القياسات

اخذت التربة في كل وحدة تجريبية بعد كل مرحلة حضن من مرحلة الحضن الثلاث ومزجت بصورة جيدة واجريت عليها التقديرات المايكروبايولوجية والتحليلات الكيميائية الاتية :

3 – 1 – 5 – 1 التقديرات المايكروبايولوجية

تم تقدير كثافة اعداد الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت ، حيث استخدمت طريقة العد الاكثر احتمالاً (MPN) وذلك بتحضير سلسلة من التخفيفات (10 $^{-1}$ – 10 $^{-7}$) باستخدام الماء المقطر والمعقم .

3 – 1 – 5 – 1 – 1 الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت ذاتية التغذية المحبة للوسط المتعادل

Autotrophic sulfur oxidizing microorganism

وقدرت كثافتها العددية وفق طريقة Lindeman واخرون (1991) وذلك باضافة 15 غم.لتر$^{-1}$ من ثايوكبريتات الصوديوم ($Na_2S_2O_3$) الى الوسط الغذائي (ملحق 2) وضبط pH الوسط على 7.1 ، واضافة دليل Bromothymol blue (20 ملغم.لتر$^{-1}$) ودليل انتاج الحامض هو تغير اللون من الازرق الى الاصفر .

3 – 1 – 5 – 1 – 2 الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت المنتجة للثايوكبريتات

Hetrotrophic sulfur oxidizing microorganisms (S_2O_3)

وقدرت حسب طريقة Lawrance و Germida (1988 a) باستخدام الوسط الغذائي المتكون من 10/1 تركيز من مرق التربتيكز والصويا (ملحق 3) المضاف اليه مصدر الكبريت . ثم جرى الفحص بطريقة ثايوسينات الحديديك اللونية (Nor و Tabatabia ، 1976) باضافة قطرتين من KCN

(0.1 مولاري) وبعد مرور 15 دقيقة اضيفت اربعة قطرات من $CaCl_2.2H_2O$ (0.33 مولاري) وقطرتان من HNO_3 (3.1 مولاري) و $Fe(NO_3)_3$ (0.25 مولاري) . ليتكون اللون البني المميز بالعين وذلك بعد الحضن لمدة 8 اسابيع على درجة حرارة 28 مْ .

تم حساب الاعداد الاكثر احتمالاً باستخدام الجداول المبينة من قبل Megenell و Megenell (1965) وذلك باخذ التخفيفات الثلاثة قبل التخفيف الذي اعطى فحصاً سالباً في الخمسة مكررات ولكل من مجموعتي الاحياء المجهرية .

3 – 1 – 5 – 2 التحاليل الكيميائية للتربة .

خلال كل مرحلة من مراحل التحضين اخذت التربة في كل وحدة تجريبية وبعد تجفيفها هوائياً وطحنها اجريت عليها التحاليل المبينة في ادناه وحسب الطرائق الواردة في Page واخرين (1982) .

3 – 1 – 5 – 2 – 1 درجة تفاعل التربة pH والتوصيل الكهربائي EC

تم تقديرها في مستخلص 1:1 باستخدام جهاز pH meter و EC meter على التوالي .

3 – 1 – 5 – 2 – 2 الكبريتات الجاهزة

تم استخلاص الكبريتات الجاهزة بخلات الامونيوم وقدرت بطريقة العكارة وذلك بترسيب الكبريتات بواسطة كلوريد الباريوم وتقديره بجهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer على طول موجي 420 nm وفق الطريقة الموصوفة في Page واخرين ، 1982 .

3 – 1 – 5 – 2 – 3 الفسفور الجاهز :

استخلص الفسفور الجاهز بواسطة بيكاربونات الصوديوم ($NaHCO_3$) وطور اللون لمولبيدات الامونيوم وحامض الاسكوربيك وتم تقديرة بجهاز Spectrophotometer حسب طريقة Olsen و Summer كما ورد في Page واخرون ، 1982.

3 –2 التجربة الثانية

استهدفت هذه التجربة التعرف على تواجد البكتريا *Thiobacilusu thioparus* المؤكسدة للكبريت والتي تمتاز بقابليتها على النمو في الترب ذات التفاعل المتعادل او المائل للقلوية كما هو الحال بالنسبة

للتربة المدروسة هنا من خلال قياس بعض التغيرات التي تحدثها في الوسط الزرعي . اذ تم اخذ 3 غرام من التربة من كل وحدة تجريبية لمعاملات التجربة الاولى ووضعت في مخروط زجاجي (Conical flask) حجم 250 مل يحتوي على وسط خاص لنمو البكتريا *T. thioparus* (ملحق 4) وكما مبين من قبل Allen (1959) . وبعد 10 ايام من الحضن على درجة 28 مْ ، تم اجراء القياسات الاتية :

1 – درجة تفاعل الوسط الزرعي السائل باستخدام pH meter .

2 – قياس كمية الثايوكبريتات المؤكسدة وذلك باخذ 3 مل من المزرعة البكتيرية وتسحيحه مع اليود (I_2) تركيزه 0.01 عياري باستخدام محلول النشا دليلاً وعند تغير اللون الى الازرق تم حساب حجم اليود المستهلك ومنه حسبت كمية الثايوكبريتات المؤكسدة حسب المعادلة الاتية :

$$A = \frac{\text{الوزن المكافيء للـ } T \times N \times S_2O_3}{V} \times 100$$

حيث ان :

A : كمية الثايوكبريتات المؤكسدة ملغم لكل 100 مل وسط زرعي .

T : حجم اليود المستخدم في معاملة المقارنة – حجم اليود المستخدم في المعاملة .

N : عيارية اليود (0.01)

V : حجم المحلول الماخوذ من الوسط الزرعي .

4 – النتائج والمناقشة

4 – 1 – التجربة الاولى

تأثير مستوى الكبريت ومصدر المادة العضوية ومستوى الرص للتربة في كثافة اعداد وفعالية الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت .

4 – 1 – 1 – الكثافة العددية للاحياء ذاتية التغذية

اظهرت هذه الدراسة عدم وجود الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة لعنصر الكبريت في تربة الدراسة التي عوملت بمستويات الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة ومستوى الرص . ان غياب هذا النوع من الاحياء المجهرية تحت ظروف هذه الدراسة يشير الى احتمال افتقار الترب العراقية ذات الـ pH المائل للقاعدية – الى وجود هذه الاحياء . ولقد اشار Lawernce و Germida (1991 a) الى توافق غياب

الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للـ S^{0} مع الـ pH المرتفع . كما اشار المنصوري (2000) الى عدم وجود هذه النوع من الاحياء في الترب العراقية عند دراسة لتربتين رسوبية (مزيجة غرينية ورملية مزيجة) . في حين اظهرت هذه الدراسة عن وجود الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات .

يتضح من النتائج المبينة في الجداول (7 ، 8 و 9) حصول زيادة معنوية في اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات بزيادة مستوى الكبريت المضاف . حيث اوضحت نتائج المرحلة الاولى بعد 15 يوماً من التحضين (جدول 7) بان اضافة 1 غم S^{0} . كغم$^{-1}$ تربة (S2) قد سبب زيادة معنوية احصائياً في اعداد هذه المجموعة من الاحياء المجهرية اذ بلغ معدل اعدادها 15.67 x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة . في حين كان المعدل في معاملة التربة التي لم يضف اليها الكبريت (S1) اقل من 100 خلية . غم $^{-1}$ تربة جافة (0.11 x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة) . اما معدل اعدادها عند مستوى اضافة 2 غم S^{0} . كغم$^{-1}$ تربة جافة (S3) فقد بلغ 14.98 x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة . وخلال المرحلة الثانية والثالثة أي بعد 30 و 45 يوماً من التحضين حصلت زيادة في اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية في المعاملتين S2 و S3 مقارنة بالمعاملة S1 ، فقد انخفضت اعداد الاحياء ذاتية التغذية بزيادة مرحلة الحضن وقد تفوقت المعاملة S3 خلال المرحلة الثالثة من الحضن وبلغت معدلات اعداد هذه الاحياء (0.10 ، 17.04 و 16.65 x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة) بعد 30 يوماً من التحضين و (0.09 ، 17.04 و 18.09 x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة) بعد 45 يوماً من التحضين للمعاملات S1 ، S2 و S3 على التوالي (جدول 8 و 9) . اما تأثير المادة لعضوية فقد اثر سلباً على هذه الصفة فبعد 15 يوماً من التحضين بلغ معدل اعداد هذه الاحياء عند المعاملات C1 ، C2 و C3 (المقارنة واضافة جت مجفف واضافة مخلفات ابقار) (28.011 ، 1.57 و 1.17 x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة) على التوالي وبفروق معنوية احصائياً من هذه المعاملات . ارتفعت اعداد الاحياء المدروسة عند مرحلتي الحضن الثانية والثالثة لتبلغ (30.83 و 32.14) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملة C1 . اظهرت معاملات الرص فروقاً احصائية فيما بينها من حيث التأثير في اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية فقد بلغت اعدادها (10.28 ، 10.30 و 10.17) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة لمعاملات الرص M1 ، M2 و M3 على التوالي (جدول 7) . وبزيادة مرحلة التحضين ازدادت الكثافة العددية للاحياء لتبلغ (11.29 و 11.24) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة بعد 30 يوماً من التحضين و (11.75 و 11.73) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة بعد 45 يوماً من التحضين وللمعاملتين M2 و M3 على التوالي . لقد انعكس تأثير كل من العوامل المدروسة (مستوى الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة ومستوى الرص) في اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للكبريت على معاملات التداخل . فقد بلغ

جدول (7) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات (x 10^2 غم$^{-1}$ تربة جافة) بعد 15 يوماً من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
0.32	0.32	0.32	0.32	C1	S1
0.00	0.00	0.00	0.00	C2	
0.00	0.00	0.00	0.00	C3	
0.11	**0.11**	**0.11**	**0.11**	**المعدل**	
43.00	43.00	43.01	43.00	C1	S2
2.40	2.39	2.41	2.40	C2	
1.61	1.60	1.62	1.60	C3	
15.67	**15.66**	**15.68**	**15.67**	**المعدل**	
40.71	40.00	41.12	41.01	C1	S3
2.31	2.30	2.33	2.31	C2	
1.91	1.90	1.92	1.92	C3	
14.98	**14.73**	**15.12**	**15.08**	**المعدل**	
28.01	**27.77**	**28.15**	**28.11**	C1	
1.57	**1.56**	**1.58**	**1.57**	C2	
1.17	**1.17**	**1.18**	**1.17**	C3	
10.25	**10.17**	**10.30**	**10.28**	**المعدل**	

رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D
0.0013	0.0040	0.0081	0.0363	0.05
0.0018	0.0053	0.0106	0.0477	0.01

ادنى قيمة لمعدلات معاملات التداخل S*Cو S*M و C*M خلال مرحلة الحضن الاولى (0 ، 0.11 و 1.17) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة للمعاملات S1C3 ، S1M3 و C3M3 على التوالي ، في حين بلغت اعلى قيم للكثافات العددية (43.0 ، 15.68 و 28.15) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملات S2C1 ، S2M2 و C1M2 على التوالي (جدول 7) . اما اعلى واقل معدل اعداد لهذه المجموعة لهذه الاحياء المجهرية والتي سجلت لمعاملات التداخل S*C*M فكانت عند المعاملتين S2C1M2 و S1C3M3 بلغت (43.01 و 0) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي عند المرحلة (T1). اما عند مرحلتي التحضين الثانية والثالثة (T2 و T3) فبصورة عامة اتخذت جميع معاملات

التداخل اتجاهاً مشابهة لتلك المسجلة في المرحلة الاولى وبزيادة بسيطة مع تفوق معاملة التداخل للمستوى الثالث من الكبريت (S3) بعد 45 يوماً من التحضين (جدول 8 و 9 وشكل 4) .

جدول (8) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات (x 10^2 غم$^{-1}$ تربة جافة) بعد 30 يوماً من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
0.30	0.28	0.31	0.30	C1	S1
0.00	0.00	0.00	0.00	C2	
0.00	0.00	0.00	0.00	C3	
0.10	**0.09**	**0.10**	**0.10**	**المعدل**	
47.02	47.00	47.04	47.03	C1	S2
2.51	2.50	2.51	2.51	C2	
1.60	1.60	1.61	1.60	C3	
17.04	**17.03**	**17.05**	**17.05**	**المعدل**	
45.16	45.00	45.33	45.16	C1	S3
2.60	2.60	2.60	2.61	C2	
2.19	2.19	2.17	2.21	C3	
16.65	**16.60**	**16.70**	**16.66**	**المعدل**	
30.83	**30.76**	**30.89**	**30.83**	C1	
1.70	**1.70**	**1.70**	**1.71**	C2	
1.26	**1.26**	**1.26**	**1.27**	C3	
11.27	**11.24**	**11.29**	**11.27**	المعدل	

رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D
0.0013	0.0040	0.0081	0.0363	0.05
0.0018	0.0053	0.0106	0.0477	0.01

جدول (9) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات (x 10^2 غم$^{-1}$ تربة جافة) بعد 45 يوماً من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
0.27	0.26	0.27	0.27	C1	S1

0.00	0.00	0.00	0.00	C2	
0.00	0.00	0.00	0.00	C3	
0.09	**0.09**	**0.09**	**0.09**	**المعدل**	
47.00	47.00	47.00	47.00	C1	S2
2.51	2.50	2.51	2.51	C2	
1.60	1.60	1.61	1.60	C3	
17.04	**17.03**	**17.04**	**17.04**	**المعدل**	
49.17	49.10	49.22	49.18	C1	S3
2.79	2.78	2.80	2.80	C2	
2.31	2.30	2.31	2.31	C3	
18.09	**18.06**	**18.11**	**18.10**	**المعدل**	
32.14	**32.12**	**32.16**	**32.15**	C1	
1.77	**1.76**	**1.77**	**1.77**	C2	
1.30	**1.30**	**1.31**	**1.30**	C3	
11.74	**11.73**	**11.75**	**11.74**	**المعدل**	

رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D
0.0013	0.0040	0.0081	0.0363	0.05
0.0018	0.0053	0.0106	0.0477	0.01

اما بالنسبة للتداخل بين مراحل التحضين المدروسة (جدول 10) فقد اظهرت النتائج اقل واعلى كثافة عددية للاحياء المجهرية ذاتية التغذية عند معاملات الكبريت S1 و S2 بلغت (0.10 و 16.58) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي وبفرق غير معنوي بين المعاملتين S2 و S3 . لما المادة العضوية فقد تراوحت بين (1.25 و 30.33) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملتين C3 و C1 على التوالي ولمستوى الرص (11.11 و 11.05) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة للمعاملتين C3 و C1 على التوالي ، ولمعاملات التداخل بين العوامل الثلاثة S.C.M فقد تراوحت بين (0 و 45.22) x 10^2 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملتين S1C3M3 و S3C1M2 على التوالي . وان اعلى معدل للكثافة العددية لهذه الاحياء كانت عند مرحلة التحضين الثالثة (بعد 45 يوماً من التحضين) .

ان قلة الكثافة العددية للاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للكبريت والذي لوحظ خلال مرحلة التجربة الحالية (جدول 7 و 8 و 9) قد يكون مؤشراً واضحاً لقلة اهمية الاحياء المجهرية ذاتية التغذية ودورها في عملية الاكسدة الاحيائية للكبريت مقارنة بالاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت محدودة بانواع قليلة من البكتريا غالبيتها تتبع الجنس *Thiobacillus* والذي من المعروف ان معظم انواعه تتواجد في الترب ذات التفاعل (pH) الحامضي (جدول 10) لذلك فمن المتوقع ان تكون اعداد هذه المجموعة من الاحياء المجهرية وبالتالي نشاطها في الترب العراقية عامة قليلاً مقارنة بالاحياء مختلفة التغذية والتي تضم انواعاً مختلفة من البكتريا والفطريات والاكتينومايسينات وربما بعض انواع البروتوزوا الرمية المعيشة في التربة . ومن جانب اخر فان نتائج الدراسة تشير الى ان اضافة الكبريت بمستوية 1 و 2 غم S^{o} . كغم$^{-1}$ تربة قد زاد بشكل واضح من اعداد الاحياء المجهرية ذاتية التغذية وقد يكون ذلك مرتبط بتكوين الثايوكبريتات ($S_2O_3^{=}$) الناتج من العديد من الاحياء المجهرية مختلفة التغذية وبالتالي استعماله من قبل الاحياء المجهرية ذاتية التغذية (Yugi واخرون 1971 و Germida ، 1985 و Wainwright ، 1988) . ولكون غالبية انواع البكتريا ذاتية التغذية هي هوائية اجباراً لذا فان مستوى الرص (الكثافة الظاهرية المستعملة) M1 و M2 (1.25 و 1.35 ميكاغرام .م$^{-3}$) قد سبب زيادة في اعداد هذه الاحياء المجهرية مقارنة بالمستوى M3 (1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$) (جدول 10) . ومن جانب اخر فان التأثير السلبي لاضافة الجت المجفف ومخلفات الابقار على الكثافة العددية للاحياء المجهرية ذاتية التغذية قد يكون مرتبطاً بعمليات التحلل البايلوجي للمادة العضوية قد يكون لها تأثير مثبط وسمي عليها (Borichewski ، 1967 و Cifuentes و Lindeman ، 1993) .

جدول (10) تداخل معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات (x 10^2 غم$^{-1}$ تربة جافة) لمعدل مراحل التحضين المدروسة .

المعدل	M3	M2	M1		
0.29	0.29	0.30	0.30	C1	S1
0.00	0.00	0.00	0.00	C2	
0.00	0.00	0.00	0.00	C3	
0.10	**0.10**	**0.10**	**0.10**	**المعدل**	
45.68	45.67	45.68	45.68	C1	S2
2.47	2.46	2.48	2.47	C2	
1.60	1.60	1.61	1.60	C3	
16.58	**16.58**	**16.59**	**16.58**	**المعدل**	
45.01	44.70	45.22	45.12	C1	S3
2.57	2.56	2.58	2.57	C2	
2.14	2.13	2.13	2.15	C3	
16.57	**16.46**	**16.64**	**16.61**	**المعدل**	
30.33	**30.22**	**30.40**	**30.36**	C1	
1.68	**1.68**	**1.68**	**1.68**	C2	
1.25	**1.24**	**1.25**	**1.25**	C3	
	11.05	**11.11**	**11.10**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0013	0.0040	0.0081	0.0363	0.05	
0.0018	0.0053	0.0106	0.0477	0.01	

4 – 1 – 2 – الكثافة العددية للاحياء مختلفة التغذية

تظهر نتائج الجدول (11 ، 12 ، 13 و 14) تأثير كل من اضافة الكبريت ونوع المادة العضوية والرص وتداخلاتها في كثافة اعداد الاحياء المجهرية المختلفة التغذية خلال مرحلة التجربة . فاعلى كثافة عددية (6.33×10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة) سجلت عند المعاملة S1 والتي لم يضاف لها الكبريت . بينما كان لاضافة المادة العضوية ونوعيتها (الجت المجفف C2 ومخلفات الابقار C3) تأثير معنوي واضح في زيادة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية في التربة حيث بلغت اعدادها نتيجة اضافة 6 غم كربون . كغم$^{-1}$ تربة على هيئة جت مجفف (C2) او مخلفات ابقار (C3) الى (7.66 و 7.01) $\times 10^7$ خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي . في حين بلغت الاعداد 1.95×10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة في معاملة التربة التي لم يضاف لها مادة عضوية (جدول 11) . اما بالنسبة لتأثير رص التربة في كثافة هذه المجموعة من الاحياء المجهرية بعد 15 يوماً من التحضين (T1) فان الجدول (11) يبين بصورة عامة حصول انخفاض في الاعداد بزيادة مستوى الرص ، فقد بلغ معدل الاعداد عند المستويين M1 و M2 5.6×10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة انخفضت الى 5.43×10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند مستوى الرص M3 (1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$) . وخلال مرحلة القياس نفسها T1 (بعد 15 يوماً من التحضين) اظهرت معاملات التداخل بين كل من الكبريت والمادة العضوية او الكبريت ومستوى الرص تأثيراً معنوياً في الكثافة العددية للاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت . ففي مجموعتي معاملات التداخل هذه كان لعدم اضافة الكبريت مع الجت المجفف (S1C2) وعدم اضافة الكبريت مع مستوى الرص M1 و M2 (1.25 و 1.35 ميكاغرام.م$^{-3}$) (M2S1) التأثير الاكبر في نمو هذه الاحياء فقد بلغت كثافتها عند هاتين المعاملتين 8.44×10^7 و 6.36×10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي . بينما سجلت اوطأ الاعداد (0.93 و 4.47) $\times 10^7$ خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند معاملتي التداخل S3C1 و S3M3 على التوالي (جدول 11) . اما تأثير التداخل بين معاملات الرص ونوع المادة العضوية (C *M) فيتضح من نتائج الجدول (11) وجود فروق معنوية احصائياً فقد اظهرت المعاملة C2M2 و C2M1) اعلى قيم في اعداد الاحياء مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت بلغت 7.73×10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة بعد 15 يوماً من التحضين (T1) . بينما اظهرت المعاملة C1M3 ادنى قيمة لاعداد هذه الاحياء المدروسة عند مرحلة التحضين نفسها اعلاه . اما من ناحية تداخل العوامل المدروسة جميعها فقد اظهرت المعاملة (S1C2M2)

تفوقاً معنوياً في نمو الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت مختلفة التغذية ، اذ وصلت كثافتها العددية الى اعلى معدلاتها (8.44 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة) ، في حين انخفض معدل هذه الاعداد الى اقل من 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند معاملة التداخل S3M3C1 خلال مرحلة التحضين 15 يوماً (T1) (جدول 11 والشكل 5a) .

جدول (11) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة

اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت (x 10^7 غم$^{-1}$ تربة جافة)

بعد 15 يوماً من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
3.96	3.92	3.98	3.98	C1	S1
8.40	8.33	8.44	8.44	C2	
6.63	6.57	6.66	6.66	C3	
6.33	**6.27**	**6.36**	**6.36**	**المعدل**	
0.97	0.90	1.01	1.01	C1	S2
7.90	7.89	7.91	7.91	C2	
7.82	7.80	7.84	7.82	C3	
5.57	**5.53**	**5.59**	**5.58**	**المعدل**	
0.93	0.88	0.95	0.95	C1	S3
6.67	6.31	6.85	6.85	C2	
6.59	6.23	6.78	6.77	C3	
4.73	**4.47**	**4.86**	**4.86**	**المعدل**	
1.95	**1.90**	**1.98**	**1.98**	C1	
7.66	**7.51**	**7.73**	**7.73**	C2	
7.01	**6.87**	**7.09**	**7.08**	C3	
5.54	**5.43**	**5.60**	**5.60**	**المعدل**	

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.05	0.0262	0.0058	0.0029	0.0010
0.01	0.0345	0.0077	0.0038	0.0013

ويتضح من نتائج الجدول (12) بانه بعد 30 يوماً من التحضين T2 حصلت زيادة معنوية في كثافة اعداد الاحياء المجهرية المختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت عند معاملات كل من الكبريت والمادة العضوية ومستويات الرص المدروسة . فالنسبة لمعاملات مستويات الكبريت المستخدمة (S1 ، S2 و S3) بلغت المعدلات (6.34 ، 5.60 و 4.82) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة ولمعاملات نوع المادة العضوية (C1 ، C2 و C3) بلغت (1.96 ، 7.72 و 7.08) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي ولمعاملات الرص (M1 ، M2 و M3) بلغت (5.60 ، 5.61 و 5.54) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي . اما بالنسبة لتأثير التداخل الثنائي لكل من هذه العوامل الثلاثة (الكبريت والمادة العضوية والرص) خلال مرحلة القياس نفسها (T2) فيشير الجدول (12) الى ان اعلى معدل للكثافة العددية بلغت 8.4 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملة S1C2 و 6.37 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملة S1M2 و 7.75 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملة C2M2 . في حين بلغت اوطىء المعدلات 0.93 ، 4.47 و 1.91 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند

المعـاملات S3C1 ، S3M3 و C1M3 علـى التـوالي وكانـت الفروقـات بـين العديـد مـن هـذه التـداخلات معنويـة (جـدول 12) . ان مثـل هـذه الفروقـات المعنويـة قـد وجـدت ايضـاً بـين معـاملات التـداخل للعوامـل الثلاثـة المدروسـة فـي تأثيرهـا فـي نمـو الاحيـاء خـلال 30 يومـاً بعـد التحضـين (T2) حيـث اظهـرت معاملـة التـداخل (S1C2M2) اعلـى قـيم للكثافـة العدديـة لهـذه الاحيـاء بلغـت 8.46 x 10^7 خليـة . غـم$^{-1}$ تربـة جافـة ، بينمـا اظهـرت المعاملـة S3C1M3 اقـل القـيم بلغـت 8.90 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة (جدول 12 والشكل 5b) .

جدول (12) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة
اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت (x 10^7 غم$^{-1}$ تربة جافة)
بعد 30 يوماً من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
3.94	3.90	3.97	3.95	C1	S1
8.40	8.30	8.46	8.45	C2	
6.68	6.66	6.69	6.68	C3	
6.34	**6.29**	**6.37**	**6.36**	**المعدل**	
1.04	0.93	1.09	1.09	C1	S2
7.95	7.92	7.99	7.94	C2	
7.81	7.80	7.82	7.80	C3	
5.60	**5.55**	**5.63**	**5.61**	**المعدل**	
0.91	0.89	0.93	0.92	C1	S3
6.80	6.78	6.80	6.81	C2	
6.75	6.72	6.78	6.76	C3	
4.82	**4.80**	**4.84**	**4.83**	**المعدل**	
1.96	**1.91**	**2.00**	**1.99**	C1	

7.72	**7.67**	**7.75**	**7.73**	C2	
7.08	**7.06**	**7.10**	**7.08**	C3	
5.59	**5.54**	**5.61**	**5.60**	**المعدل**	

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.05	0.0262	0.0058	0.0038	0.0010
0.01	0.0345	0.0077	0.0038	0.0013

تشير النتائج الموضحة في الجدول (13) حصول انخفاض في معدلات اعداد الاحياء المجهرية المختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت بعد 45 يوماً من التحضين عند جميع المعاملات مقارنة بما سجل خلال مرحلتي القياس الاولى (T1) والثانية (T2) (بعد 15 و 30 يوماً من التحضين) ففي معاملات الكبريت S1 ، S2 و S3 بلغت المعدلات (6.19 ، 5.60 و 4.45) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي ، وفي معاملات المادة العضوية (C1 ، C2 و C3) بلغت (1.86 ، 7.48 و 6.90) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي . وفي معاملات الرص M1 ، M2 و M3 بلغت (5.43 ، 5.43 و 5.38) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي وتراوحت معدلات الكثافة العددية لهذه الاحياء عند معاملات التداخل (C* S) و (M* S) و (C * M) و (S* C* M) بين (0.78 الى 8.19) و (4.43 الى 6.21) و (1.79 الى 7.49) و (0.71 الى 8.20) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة للمعاملات (S3C1 و S1C2) و (S3M3 و S1M2) و (C1M3 و C2M2) و (S3C1M3 و S1C2M3) على التوالي وبفروق معنوية احصائياً (جدول 13 وشكل c 5) .

جدول (13) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة
اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت (x 10^7 غم$^{-1}$ تربة جافة)
بعد 45 يوماً من التحضين .

3.79	3.71	3.83	3.82	C1	S1
8.19	8.16	8.20	8.20	C2	
6.59	6.57	6.60	6.60	C3	
6.19	**6.15**	**6.21**	**6.21**	**المعدل**	

المعدل	M3	M2	M1		

S2	C1	1.05	1.06	0.95	**1.02**
	C2	8.00	8.00	7.98	**7.99**
	C3	7.80	7.80	7.79	**7.80**
	المعدل	**5.62**	**5.62**	**5.57**	**5.60**
S3	C1	0.81	0.82	0.71	**0.78**
	C2	6.26	6.26	6.28	**6.27**
	C3	6.30	6.29	6.31	**6.30**
	المعدل	**4.46**	**4.46**	**4.43**	**4.45**
	C1	**1.89**	**1.90**	**1.79**	**1.86**
	C2	**7.49**	**7.49**	**7.47**	**7.48**
	C3	**6.90**	**6.90**	**6.89**	**6.90**
	المعدل	**5.43**	**5.43**	**5.38**	**5.41**
L.S.D		أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.05		0.0262	0.0058	0.0029	0.0010
0.01		0.0345	0.0077	0.0038	0.0013

ويتضح من نتائج الجدول (14) وجود فروقات معنوية بين المعاملات للتداخل بين مراحل التحضين فقد كانت لمعاملات الكبريت S1 ، S2 و S3 (6.29 ، 5.59 و 4.67) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي ولمعاملات المادة العضوية C1 ، C2 و C3 بلغت (1.93 ، 7.62 و 7.00) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي ولمعاملات الرص M1 ، M2 و M3 بلغت (5.54 ، 5.55 و 5.45) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة على التوالي . وكذلك بالنسبة لقيم التداخل بين العوامل الثلاثة المدروسة (S* C* M) فقد تراوحت بين (0.83 الى 8.37) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة عند المعاملتين (S3C1M3 و S1C2M2) على التوالي . لقد اوضحت النتائج انه هناك تأثيراً معنوياً سجل بين مراحل القياس الثلاثة وبشكل عام تفوقت مرحلة القياس الثانية T 2 (30 يوماً بعد التحضين) معنوياً على مرحلتي القياس الاخريين T1 و T3 وبفروق معنوية حيث بلغ معدل كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت خلال تلك المرحلة 5.59 x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة . في حين بلغت (5.54 و 5.41) x 10^7 خلية . غم$^{-1}$ تربة جافة للمرحلتين T1 و T2 على التوالي (جدول 11 ، 12 و 13) . ان انخفاض الكثافة العددية للاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت والتي رافقت الزيادة في مستوى

الكبريت المضاف في التجربة قد يكون مرتبطاً بتواجد الاحياء المجهرية المنتجة للثايوكبريتات اصلاً في التربة .

ان التأثير السلبي لعنصر الكبريت في الكتلة الحيوية لهذه المجموعة من الاحياء المجهرية قد اشار اليها Gupta واخرون (1988) ، في حين كان التأثير الايجابي لاضافة المادة العضوية سواء كان الجت المجفف او مخلفات الابقار والذي لوحظ من خلال الزيادة في معدلات الكثافة العددية لهذه المجموعة من الاحياء المجهرية قد يكون مرتبطاً بشكل مباشر بما توفره هذه المواد من مصادر الكاربون والطاقة التي تحتاجها الاحياء المختلفة التغذية في نمو (زيادة في اعدادها) وفي فعاليتها (اكسدتها للصيغ المختزلة في الكبريت الموجود سواء في المادة العضوية او في التربة) .

ومثل هذه العلاقة بين اعداد ونشاط الاحياء المجهرية مختلفة التغذية والمادة العضوية قد لوحظ من قبل الباحثين Wainwright واخرون (1986) و Papper و Miller (1978) و Lawrance و Germida (1988) . اما ما يتعلق بتفوق الجت المجفف على مخلفات الابقار في تأثيره في الكثافة العددية وخلال مراحل القياس الثلاثة فقد يكون بسبب انخفاض نسبة الكاربون الى النتروجين في الجت مما سهل تحلله مايكروبياً اضافة الى احتواء مخلفات الابقار على بعض المركبات التي يكون لها تأثير سلبي في نمو بعض احياء التربة ومنها الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت وهذا يتفق مع ما وجده المنصوري (2000) . ولكون معظم الاحياء المؤكسدة للكبريت مختلفة التغذية هي هوائية وخاصة الفطريات والاكتينوماسينات لذا فان تحسن ظروف تهوية التربة بانخفاض مستوى

الرص قد انعكس ايجابياً على نمو ونشاط هذه المجموعة من الاحياء المجهرية ، وهذا يفسر ما وجدناه في زيادة في الكثافة العددية للاحياء مختلفة التغذية عند المستويين M1 و M2 (1.25 و 1.35 ميكاغرام .م$^{-3}$) على التوالي مقارنة بالمستوى M3 (1.45 ميكاغرام .م$^{-3}$) .

جدول (14) تداخل معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كثافة اعداد الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت (x 10^7 غم$^{-1}$ تربة جافة) لمعدل مراحل التحضين المدروسة .

المعدل	M3	M2	M1		
3.90	3.84	3.93	3.92	C1	S1
8.33	8.26	8.37	8.36	C2	
6.63	6.60	6.65	6.65	C3	

6.29	**6.23**	**6.31**	**6.31**	**المعدل**	
1.01	0.93	1.05	1.05	C1	S2
7.95	7.93	7.97	7.95	C2	
7.81	7.80	7.82	7.81	C3	
5.59	**5.55**	**5.61**	**5.60**	**المعدل**	
0.87	0.83	0.90	0.89	C1	S3
6.58	6.46	6.64	6.64	C2	
6.55	6.42	6.62	6.61	C3	
4.67	**4.57**	**4.72**	**4.71**	**المعدل**	
1.93	**1.87**	**1.96**	**1.95**	C1	
7.62	**7.55**	**7.66**	**7.65**	C2	
7.00	**6.94**	**7.03**	**7.02**	C3	
	5.45	**5.55**	**5.54**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0010	0.0029	0.0058	0.0262	0.05	
0.0013	0.0038	0.0077	0.0345	0.01	

4 – 1 – 3 التغيرات في بعض الصفات الكيميائية للتربة .

4 – 1 – 3 – 1 درجة تفاعل التربة (pH)

تبين الجداول (15 و 16 و 17) تأثير كل من مستوى الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة ومستوى الرص ومراحل التحضين في درجة تفاعل التربة (pH) . فبعد 15 يوماً من الحضن T1 جدول (15) كان لمستوى الكبريت المضاف تأثير معنوي على درجة تفاعل التربة اذ أعطى اوطأ معدل له 7.28 عند المعاملة S3 (2 غم S . كغم$^{-1}$ تربة) في حين سجل اعلى معدل له 7.44 عند المستوى S1 (بدون اضافة الكبريت) وكان لاضافة المادة العضوية بنوعيها تأثيراً معنوياً ايضاً في خفض قيمة pH التربة فقد بلغ المعدل عند كل من معاملتي الجت المجفف ومخلفات الابقار (C2 و C3) 7.24 و 7.27 على التوالي . بينما بلغ معدله عند معاملة المقارنة (بدون اضافة مصدر عضوي) C1 7.59 (الجدول 15) .

وقد أظهرت معاملات الرص ايضاً تأثيراً معنوياً في قيمة درجة تفاعل التربة فقد ادت زيادة الكثافة الظاهرية الى 1.35 ميكاغرام .م$^{-3}$ (M2) الى خفض معدل pH معنوياً مقارنة بالمستويين (M1) و (M3) حيث بلغت معدلات هذه الصفة عند معاملات الرص (M1 ، M2 و M3) 7.30 ، 7.23 و 7.61 على التوالي . اما بالنسبة لمعاملات التداخل بين معدلات الكبريت المضاف ونوع المادة العضوية ومستويات الرص فأن نتائج الجدول (15) تبين تأثيرات معنوية احصائياً بين معاملات التداخل بين مستويات الكبريت المضاف ونوع المادة العضوية (S *C) فقد كان لمعاملة التداخل (S3C2) الاثر الاكبر في خفض قيمة الـ pH حيث بلغ معدله عند هذه المعاملة 7.13 بينما سجل اعلى معدل (7.77) عند المعاملة C1S1 . كما سجلت فروقات معنوية للتداخل بين الكبريت والكثافة الظاهرية (S.*M) حيث وصل اوطأ معدل للـ pH عند المعاملة S2M2 واعلى معدل عند المعاملة S1M3 بلغت (7.10 و 7.81) على التوالي (جدول 15) . اوضحت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات احصائية بين معاملتي التداخل بين المادة العضوية والرص حيث تفوقت معاملة الجت المجفف (C2) والكثافة الظاهرية 1.35 ميكاغرام .م$^{-3}$ (M2) في تأثيرها على خفض درجة تفاعل التربة والذي وصل الى 7.06 في حين بلغ هذا المعدل 7.68 عند معاملات الرص وبدون اضافة المادة العضوية (جدول 15) . من ناحية اخرى تفاوت تأثير تداخل العوامل الثلاثة المدروسة (الكبريت والمادة العضوية والرص) في تفاعل التربة بعد 15 يوماً من التحضين حين يظهر من النتائج في الجدول (15) ان اوطأ معدل (7.00) قد سجل عند المعاملة S3C2M3 واعلى معدل (7.81) لوحظ عند المعاملة (S1C1M3) .

جدول (15) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في درجة تفاعل التربة (pH) بعد 15 يوماً من التحضين .

S1	C1	7.78	7.71	7.81	**7.77**
	C2	7.30	7.30	7.81	**7.47**
	C3	7.30	7.20	7.81	**7.44**
	المعدل	**7.46**	**7.40**	**7.81**	**7.56**
S2	C1	7.50	7.40	7.72	**7.54**

7.20	7.50	7.00	7.10	C2	
7.14	7.50	6.90	7.00	C3	
7.29	**7.58**	**7.10**	**7.20**	**المعدل**	
7.47	7.50	7.40	7.50	C1	S3
7.13	7.40	7.00	7.00	C2	
7.24	7.40	7.10	7.20	C3	
7.28	**7.43**	**7.17**	**7.24**	**المعدل**	
7.59	**7.68**	**7.51**	**7.59**	C1	
7.24	**7.57**	**7.06**	**7.10**	C2	
7.27	**7.57**	**7.07**	**7.17**	C3	
7.37	**7.61**	**7.21**	**7.29**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0004	0.0011	0.0022	0.0099	0.05	
0.0005	0.0014	0.0029	0.0130	0.01	

بصورة عامة تشير نتائج (الجدول 16) الى حصول انخفاض في قيم pH عند المعاملات المختلفة فبالنسبة لمعاملات الكبريت (S) تراوح المعدل بين 6.96 عند اضافة 1 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة (S2) و 7.64 عند المعاملة التي لم يضاف لها كبريت (S1) بينما كان المعدل عند المستوى 2 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة 7.09 (S3) . اما تأثير معاملات المادة العضوية (C) والرص (M) في تفاعل التربة بعد 30 يوماً من التحضين فأنها أظهرت وبشكل عام اتجاهات متماثلة لما سجل خلال المرحلة الاولى أي بعد 15 يوماً من التحضين رغم حصول بعض الانخفاض في قيم pH فبالنسبة لمعاملات لمادة العضوية فقد بلغ معدلات الـ pH عند المعاملات C1 ، C2 و C3 (7.39 ، 7.07 و 7.23) على التوالي . في حين كانت هذه المعدلات 7.16 ، 7.14 و 7.40 عند معاملات الرص M1 ، M2 و M3 على التوالي (جدول 16) وبفروق معنوية احصائياً لكلا المعاملتين اعلاه ، اما فيما يتعلق بالتداخلات الثنائية المختلفة بين هذه العوامل الثلاثة الكبريت (S) والمادة العضوية (C) والرص (M) . فقد أظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروقات معنوية بين معاملات التداخل (C * S) حيث سجل أوطأ معدل بدرجة تفاعل التربة (6.77) عند المعاملة S2C2 واعلى معدل 7.84 عند المعاملة S1C1 . كما سجلت فروقات احصائية ايضاً بين معاملات (M * S) اذ تراوح معدل الـ pH بين 6.87 في للمعاملة 2S2 و 7.86 عند المعاملة S1M3 . من جانب اخر اظهرت معاملة التداخل عدم اضافة مادة عضوية (C1) مع مستوى

الرص (M3) اقل تأثيراً في خفض معدل قيمة درجة التفاعل للتربة مقارنة بباقي معاملات التداخل الثنائي (C * M) فقد بلغ معدل الـ pH عند هذه المعاملة 7.49 بينما انخفض هذا المعدل الى 6.99 عند المعاملة M2C2

(جدول 16) . اضافة الى التاثيرات المعنوية التي سجلت بين معاملات التداخل الثنائي ، فان مثل جدول (16) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل التربة (pH) بعد 30 يوم من التحضين .

		M1	M2	M3	المعدل
S1	C1	7.84	7.80	7.88	**7.84**
	C2	7.30	7.30	7.80	**7.47**
	C3	7.48	7.50	7.89	**7.62**
	المعدل	**7.54**	**7.54**	**7.86**	**7.64**
S2	C1	7.00	7.00	7.20	**7.07**
	C2	6.70	6.60	7.00	**6.77**
	C3	7.00	7.00	7.10	**7.03**
	المعدل	**6.90**	**6.87**	**7.10**	**6.96**
S3	C1	7.20	7.20	7.40	**7.27**
	C2	6.91	6.90	7.11	**6.98**
	C3	7.01	6.91	7.20	**7.04**
	المعدل	**7.04**	**7.00**	**7.24**	**7.09**
	C1	**7.35**	**7.34**	**7.49**	**7.39**
	C2	**6.97**	**6.94**	**7.31**	**7.07**
	C3	**7.16**	**7.14**	**7.40**	**7.23**
	المعدل	**7.16**	**7.14**	**7.40**	**7.23**

	L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
	0.05	0.0099	0.0022	0.0011	0.0004
	0.01	0.0130	0.0029	0.0014	0.0005

هذه التاثيرات انعكست ايضا على معاملات التداخل للعوامل الثلاثة (S CM) وذلك خلال مرحلة القياس الثانية (بعد 30 يوماً من التحضين) فقد وصل معدل تفاعل التربة الى اقل مستوى له (6.60) عند المعاملة S2C2M2 مقارنة بالمعاملة S1C1M3 التي أعطت قيمة لـ pH بلغ 7.88 (جدول 16)

يتضح من النتائج في الجدول (17) وبصورة عامة زيادات في قيم درجة تفاعل التربة عند المعاملات المختلفة وصلت حدود المعنوية في حالات عدة وذلك بعد 45 يوماً من التحضين . فبالنسبة لمعاملات كل من S (الكبريت) و C (المادة العضوية) و M (الرص) فأن معدل pH عند هذه المعاملات تراوح بين 6.99 الى 7.84 للمعاملتين S3 و S1 على التوالي وبين 7.14 الى 7.49 عند المعاملتين C2 و C1 على التوالي وبين 7.24 و 7.60 للمعاملتين M2 و M3 على التوالي . اما تأثير التداخل بين العوامل الثلاثة (S* **C** *M) فقد تراوح بين (8.0 الى 6.40 للمعاملتين S1C1M3 و S3C2M2 على التوالي وبفروق معنوية احصائياً .

جدول (17) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في درجة تفاعل التربة (pH) بعد 45 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
7.94	8.00	7.91	7.90	C1	S1
7.75	7.94	7.60	7.70	C2	
7.84	7.91	7.80	7.80	C3	
7.84	**7.95**	**7.77**	**7.80**	**المعدل**	
7.40	7.51	7.40	7.30	C1	S2
7.04	7.40	6.80	6.91	C2	
7.30	7.50	7.21	7.20	C3	
7.25	**7.47**	**7.14**	**7.14**	**المعدل**	
7.14	7.31	7.10	7.00	C1	S3
6.64	6.90	6.40	6.60	C2	
7.20	7.90	6.90	6.80	C3	
6.99	**7.37**	**6.80**	**6.80**	**المعدل**	
7.49	**7.60**	**7.47**	**7.40**	C1	
7.14	**7.42**	**6.94**	**7.07**	C2	
7.45	**7.77**	**7.30**	**7.27**	C3	
7.36	**7.60**	**7.24**	**7.25**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0004	0.0011	0.0022	0.0099	0.05	
0.0005	0.0014	0.0029	0.0130	0.01	

هذا وقد أظهرت نتائج التحليل الاحصائي للتداخل بين مراحل القياس الثلاثة وجود فروقات معنوية احصائياً في معدلات قيم الـ pH (جدول 18) وبصورة عامة انخفض pH التربة بزيادة مستوى الكبريت المضاف حيث بلغت قيم الـ pH (7.34 و 7.17 و 7.12) كمعدل للمعاملات S1 و S2 و S3 على التوالي وتفوقت معاملة الجت المجفف (C2) على مخلفات الابقار (C3) فى خفض pH التربة حيث بلغ قيم الـ pH 7.49 و 7.15 و 7.32 لمعاملات C1 و C2 و C3 على التوالي . واتضح تفوق معاملة الرص M2 (1.35 ميكاغرام .م$^{-3}$) على باقي المستويات الاخرى حيث اعطت قيمة لـ pH بلغت (7.20) . في حين كانت 7.24 و 7.53 لمعاملات M1 و M3 (1.25 و 1.45 ميكاغرام .م$^{-3}$) على التوالي . اما بالنسبة للتداخل بين العوامل الثلاثة فقد سجلت فروقات معنوية احصائياً فقد تراوحت قيم الـ pH بين 7.89 و 6.77 للمعاملتين S1C1M3 و S3C2M2 على التوالي (جدول 18) . وبصورة عامة فقد حصل اعلى انخفاض في درجة تفاعل التربة بعد 30 يوماً من التحضين (T2) مقارنة بالمرحلتين الاولى والثالثة . ان تأثير اضافة الكبريت في خفض قيم درجة تفاعل التربة كان واضحاً خاصة عند المستوى الاعلى (2 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة) . اذ لوحظ هذا التأثير بعد 15 يوماً من التحضين اصبح اكثر وضوحاً بعد 30 يوماً من التحضين وهذا ما يؤكد احتواء التربة المدروسة على احياء التربة المجهرية المؤكسدة للكبريت والتي من المعروف ان نشاطها يرتبط بعوامل عدة من اهمها المادة الخاضعة (الكبريت) . وكما يشير Li و Caldwell (1966) فانه نتيجة لاكسدة الكبريت يتكون حامض الكبريتيك وبذلك يزداد محتوى محلول التربة من ايونات الهيدروجين مما يؤدي الى خفض درجة تفاعل التربة وقد توصل كل من تاج الدين (1979) وعلاوي (1980) وDawood و Kadban (1986) والاعظمي (1990) والبياتي والخفاجي (2002) الى مثل هذه التأثيرات نتيجة لاضافة الكبريت للتربة . اما سبب الانخفاض الحاصل في pH نتيجة لاضافة المادة العضوية (الجت المجفف ومخلفات الابقار) فانه قد يعود الى تأثير المادة العضوية في زيادة نمو وفعالية الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت مختلفة التغذية (Hetrotrophic) والتي تعتمد على المادة العضوية في حصولها على الكاربون والطاقة اللذان تحتاجهما سواء في نموها (زيادة كثافتها العددية) او نشاطها (اكسدة الكبريت) لذلك نجد ان نشاطها (خفض الـ pH) ازداد عند اضافة الكبريت مع المادة العضوية ، فضلاً عن ان تحلل المادة العضوية هذا من خلال عملية المعدنة يؤدي الى تكون ايونات الامونيوم (NH_4^+) التي بدورها تتعرض الى عملية اكسدة احيائية هي النترجة (Nitrification) والتي تؤدي الى اكسدة الامونيوم الى نترات ومن ثم امكانية خفض قيمة الـ pH (Tisdale و Nelson ، 1975) ولان هاتين العمليتين (اكسدة الكبريت واكسدة الامونيوم) تتم بشكل اساسي بواسطة احياء مجهرية معظمها

جدول (18) التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في درجة تفاعل التربة (pH) خلال مراحل التحضين المدروسة .

المعدل	M3	M2	M1		
7.85	7.90	7.81	7.84	C1	S1
7.56	7.85	7.40	7.44	C2	
7.63	7.87	7.50	7.53	C3	
7.68	**7.87**	**7.57**	**7.60**	**المعدل**	
7.34	7.48	7.27	7.27	C1	S2
7.00	7.30	6.80	6.90	C2	
7.16	7.37	7.04	7.07	C3	
7.17	**7.38**	**7.04**	**7.08**	**المعدل**	
7.29	7.40	7.24	7.23	C1	S3
6.92	7.14	6.77	6.84	C2	
7.16	7.50	6.97	7.01	C3	
7.12	**7.35**	**6.99**	**7.03**	**المعدل**	
7.49	**7.59**	**7.44**	**7.45**	C1	
7.15	**7.43**	**6.98**	**7.05**	C2	
7.32	**7.58**	**7.17**	**7.20**	C3	
	7.53	**7.20**	**7.23**	**المعدل**	

رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0004	0.0011	0.0022	0.0099	0.05	
0.0005	0.0014	0.0029	0.0130	0.01	

هوائية لذلك كان لمستوى رص التربة المستخدمة في هذه الدراسة تأثيراً هو الاخر من خلال تغير ظروف التهوية في التربة حيث اظهر الستوى M2 الاثر الاكبر في خفض درجة تفاعل التربة مقارنة بالمستويين M1 و M3 . وقد تجلى هذا التأثير مع اضافة كل من الكبريت والمادة العضوية خاصة عند المستوى S3 (

2 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة) و (6 غم C جت مجفف ومخلفات ابقار.كغم$^{-1}$ تربة) . وعلى ضوء تأثير المعاملات المختلفة في تفاعل التربة يبدو وبصورة عامة ان هذا التأثير قد ظهر بعد 15 يوماً من التحضين حيث حصل انخفاض للـ pH عند بعض المعاملات وازداد هذا التأثير وضوحاً ليصل اقصاه بعد 30 يوماً من التحضين . ان سبب بدء ظهور تأثير المعاملات المختلفة بعد 15 يوماً من التحضين ربما كان مرتبطاً بتوفر الظروف البيئية الملائمة وتوفر كميات مناسبة من مصادر الكاربون والطاقة بصيغ سهلة الاستخدام من قبل الاحياء المجهرية . اما الزيادة الحاصلة في تأثير المعاملات بعد مرور 30 يوماً من التحضين فربما يكون مرتبطاً بتحلل الجزيئات العضوية الاكثر تقيداً سواء الموجودة اصلاً في التربة او التي تحتويها المادة العضوية المستخدمة في التجربة بنوعيها الجت المجفف او مخلفات الابقار مما زاد من نمو الاحياء المجهرية ونشاطها ومنها المؤكسدة للكبريت خاصة في المعاملات التي اضيف فيها الكبريت بمعدل 2 غمْ S . كغم$^{-1}$ تربة . ومن جانب اخر فان ما سجل من انخفاض عام في تأثير المعاملات المختلفة على درجة تفاعل التربة (ارتفاع قيمة pH) بعد 45 يوماً من التحضين فقد يعود ذلك لكون معظم ما اضيف من الكبريت قد تأكسد فضلاً الى حصول تغيرات غير ملائمة لنمو الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت وفعاليتها . وعلى العموم فان ما تم ملاحظته من حصول اقصى انخفاض وبشكل عام بعد 30 يوماً من التحضين في قيم تفاعل التربة سبق وقد لاحظه كل من Dawood و Kadban (1986) من ان افضل مرحلة اكسدة للكبريت المضاف للتربة بعد 4 اسابيع من الاضافة .

4 -1- 3 - 2 - التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة (EC)

لقد تفاوتت تأثيرات كل من مستويات الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة ومستوى الرص في قيم التوصيل الكهربائي بشكل واضح خلال مراحل التحضين الثلاثة المدروسة (جدول 19 و 20 و21 و22) فبعد 15 يوماً من التحضين (جدول 19) ازداد معدل التوصيل الكهربائي لمعاملات الكبريت من 2.46 الى 3.13 دسي سيمنز .م$^{-1}$ للمعاملتين S1 و S2 على التوالي وبفروق معنوية عن معاملة المقارنة . أظهرت النتائج ان لاضافة المادة العضوية تأثير معنوي في زيادة معدل EC فقد سجل اعلى معدل (3.11 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند معاملة الجت المجفف C2 وبفروق غير معنوية عن معاملة مخلفات الابقار C3 اذ بلغت (3.10 دسي سيمنز .م$^{-1}$) ، في حين كان المعدل عند معاملة المقارنة C1 (2.42 دسي سيمنز .م$^{-1}$) . من ناحية اخرى لم تسجل فروق معنوية احصائياً بين معاملتي الرص M1 و M2 التي تفوقت معنوياً على المعاملة M3 حيث بلغت معدلات قيم هذه الصفة في المعاملات الثلاث (2.99 ، 2.99 و 2.65 دسي سيمنز .م$^{-1}$) على التوالي . اما بالنسبة لتأثير التداخل بين الكبريت والمادة العضوية فقد كان معنوياً في هذه

الصفة فقد تراوحت معدلاتها بين 2.03 دسي سيمنز .م$^{-1}$ عند معاملة S1C1 و 3.45 دسي سيمنز .م$^{-1}$ عند المعاملة S2C2 .

اما معدل هذه الصفة عند معاملات التداخل بين الكبريت ومستوى الرص فقد تراوحت بين 2.19 الى 3.38 دسي سيمنز .م$^{-1}$ عند المعاملتين S1M3 و S1M1 على التوالي . وكان للتداخل بين نوع المادة العضوية C ومستوى الرص M تأثير معنوي ايضاً فقد بلغ اعلى معدل للـ EC

(3.31 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند معاملة C2M2 واقل معدل (2.34 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند معاملة C1M3 . اما بالنسبة للتداخل بين العوامل الثلاثة S*C*M فقد تراوحت بين (2.00 الى 3.72 دسي سيمنز .م$^{-1}$) للمعاملتين S1C1M3 و S2C3M2على التوالي والفروقات معنوية احصائياً بين هذه المعاملات (جدول 19) .

جدول (19) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة (ديسي سيمنز . م$^{-1}$)
بعد 15 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
2.03	2.00	2.00	2.08	C1	S1
2.72	2.31	2.95	2.90	C2	
2.64	2.25	2.85	2.81	C3	
2.46	**2.19**	**2.60**	**2.60**	**المعدل**	
2.50	2.50	2.18	2.80	C1	S2
3.45	3.10	3.63	3.62	C2	
3.44	2.90	3.72	3.70	C3	
3.13	**2.84**	**3.18**	**3.38**	**المعدل**	
2.73	2.50	2.90	2.80	C1	S3
3.17	2.81	3.35	3.34	C2	
3.22	3.47	3.31	2.89	C3	
3.04	**2.93**	**3.19**	**3.01**	**المعدل**	
2.42	**2.34**	**2.36**	**2.56**	C1	

C2	**3.29**	**3.31**	**2.74**	**3.11**
C3	**3.13**	**3.29**	**2.87**	**3.10**
المعدل	**2.99**	**2.99**	**2.65**	**2.88**

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.0500	0.1137	0.0253	0.0126	0.0042
0.0100	0.1495	0.0332	0.0166	0.0055

وخلال مرحلة الحضن الثانية والثالثة (بعد 30 و 45 يوماً) وكما يظهر من النتائج في الجدولين 20 و 21 فقد سجلت بصورة عامة ازدياد في قيم التوصيل الكهربائي ، ففي معاملات الكبريت وكان اعلى معدل له خلال كل من مرحلتي القياس عند المعاملة S3 بلغت (3.78 و 4.13 دسي سيمنز .م$^{-1}$) على التوالي ، بينما سجل اقل معدل (2.58 و 2.61 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند المعاملة S1 خلال مرحلتي الحضن اعلاه على التوالي .

كما كان لاضافة الجت المجفف ومخلفات الابقار تأثيراً واضحاً في زيادة معدلات التوصيل الكهربائي للتربة بعد 30 و 45 يوماً من التحضين فعند معاملة الجت المجفف C2 بلغ المعدل 3.50 و 3.81 دسي سيمنز .م$^{-1}$ خلال مراحل الحضن اعلاه على التوالي . بينما بلغت عند معاملة مخلفات الابقار (C3) 3.54 و 3.66 دسي سيمنز .م$^{-1}$ على التوالي (الجدولين 20 و 21) . وظهر من النتائج تفوق الجت المجفف في تأثيره وبفروق معنوية على مخلفات الابقار بعد 45 يوماً من التحضين وان تفوق اضافة مخلفات الابقار خلال مرحلتي التحضين الاولى والثانية ربما يعود الى احتواء هذه المخلفات على مركبات سهلة الذوبان والتحلل الكيميائي والحيوي مما اسهم في رفع قيمة التوصيل الكهربائي للتربة . في حين بقيت المركبات الاخرى وذات قيم الـ C / N العالية والتي تحتاج الى مرحلة اطول لتحليلها مايكروبياً ، من الجانب الاخر فأن الجت المجفف يحتوي على نسبة عالية من النتروجين انعكس على نسبة C / N المنخفض مقارنة بمخلفات الابقار (جدول 5) لذلك فأن تأثيره في رفع معدلات قيم التوصيل الكهربائي كان اعلى بعد 45 يوماً مما عليه في مخلفات الابقار . ويبدو من النتائج بان لمستوى الرص للتربة تأثيراً في معدلات التوصيل الكهربائي فقد تفوق كل من المستويين M1 و M2 على المستوى

M3 وخـــلال مراحـــل القيـــاس الثلاثـــة المدروســـة (الجـــدول 19 و 20 و 21) وصـــلت عنـــدها الفروقـات حـدود المعنويـة . فعنـد المـرحلتين الثانيـة والثالثـة مـن التحضـين بلـغ اقـل معـدل للتوصـيل الكهربـائي (3.09 دسـي سـيمنز .م$^{-1}$) عنـد المعاملـة M3 ، بينمـا اظهـر المسـتوى M2 التـاثير الاعلـى فقـد بلـغ معـدل هـذه الصـفة (3.42 و 3.64 دســي ســيمنز .م$^{-1}$ خــلال مرحلتــي التحضين هذه على التوالي جدول (20 و 21) .

جدول (20) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة (ديسي سيمنز . م$^{-1}$)
بعد 30 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
2.07	2.00	2.11	2.08	C1	S1
2.86	2.68	2.97	2.95	C2	
2.80	2.71	2.85	2.83	C3	
2.58	**2.46**	**2.64**	**2.62**	**المعدل**	
3.07	2.92	3.15	3.15	C1	S2
3.64	3.19	3.88	3.87	C2	
3.72	3.67	3.76	3.75	C3	
3.48	**3.26**	**3.60**	**3.59**	**المعدل**	
3.25	3.11	3.33	3.31	C1	S3
3.99	3.82	4.10	4.05	C2	
4.11	3.71	4.66	3.95	C3	
3.78	**3.55**	**4.03**	**3.77**	**المعدل**	

2.80	**2.67**	**2.87**	**2.85**	C1	
3.50	**3.23**	**3.65**	**3.62**	C2	
3.54	**3.36**	**3.75**	**3.51**	C3	
3.28	**3.09**	**3.42**	**3.33**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0042	0.0126	0.0253	0.1137	0.0500	
0.0055	0.0166	0.0332	0.1495	0.0100	

جدول (21) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في التوصيل الكهربائي لمستخلص التربة (ديسي سيمنز . م$^{-1}$)
بعد 45 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
2.07	2.01	2.11	2.10	C1	S1
2.99	2.68	3.32	2.98	C2	
2.77	2.64	2.84	2.84	C3	
2.61	**2.44**	**2.76**	**2.64**	**المعدل**	
3.12	2.98	3.19	3.18	C1	S2
3.80	3.56	3.93	3.91	C2	
3.74	3.67	3.78	3.76	C3	
3.55	**3.40**	**3.64**	**3.62**	**المعدل**	
3.27	2.56	3.64	3.61	C1	S3
4.64	3.91	5.10	4.90	C2	
4.48	3.82	4.84	4.77	C3	
4.13	**3.43**	**4.53**	**4.43**	**المعدل**	

	C1	**2.96**	**2.98**	**2.51**	**2.82**
	C2	**3.93**	**4.12**	**3.38**	**3.81**
	C3	**3.79**	**3.82**	**3.38**	**3.66**
	المعدل	**3.56**	**3.64**	**3.09**	**3.43**

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.0500	0.1137	0.0253	0.0126	0.0042
0.0100	0.1495	0.0332	0.0166	0.0055

وخلال مرحلتي القياس الثانية والثالثة اي (بعد 30 و 45 يوماً من التحضين) أظهرت التداخلات بين العوامل المدروسة تأثيرات واضحة على معدلات قيم التوصيل الكهربائي فبالنسبة للتداخل بين مستوى الكبريت المضاف ونوع المادة العضوية فأن المعدل تراوح بين 2.07 الى 3.99 دسي سيمنز .م$^{-1}$) و 2.07 الى 4.64 دسي سيمنز .م$^{-1}$ عند المعاملتين S1C1 و S3C2 بعد 30 و 45 يوماً من التحضين على التوالي . اما في معدلات التداخل بين الكبريت ومستوى الرص فأن هذا المعدل تراوح بين 2.46 الى 4.05 و 2.44 الى 4.53 دسي سيمنز .م$^{-1}$ عند المعاملتين S1M3 و S3M2 وخلال مرحلتي التحضين الثانية والثالثة على التوالي . واظهرت معاملات التداخل بين المادة العضوية والرص فروقات معنوية بين بعض المعاملات حيث تراوحت قيم EC بين (2.67 و 3.75) و (2.51 الى 3.82) دسي سيمنز .م$^{-1}$ للمعاملات C1M3 و C3M2 بعد 30 يوماً من التحضين على التوالي (جدول 20 و 21) .

كل هذا انعكس على التداخل بين العوامل الثلاثة S*C*M فقد أعطت اعلى قيم لهذه الصفة (4.10 و 5.10 دسي سيمنز .م$^{-1}$) واوطأ قيمة (2.00 و 2.01 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند المعاملتين S3C2M2 و S1C1M3 خلال مرحلة القياس الثانية والثالثة (T2 و T3) على لتوالي .

من جانب اخر وبصورة عامة كان للتداخل بين المراحل الزمنية الثلاث للتحضين تأثير معنوي ايضاً على قيم معاملات EC (جدول 22) فقد ازداد معدل التوصيل بزيادة مستوى الكبريت المضاف وأن اعلى معدل (3.65 دسي سيمنز .م$^{-1}$) سجل عند المعاملة S3 واوطأ معدل عند المعاملة S1. وسبب اضافة المادة العضوية زيادة في معدلات هذه الصفة فقد سجلت اعلى قيمة 3.74 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند أضافة الجت المجفف (C2) وبفرق معنوي عن معاملة المقارنة (C1) . كذلك سجلت مستويات الرص فروقات معنوية احصائياً عند مستويات الرص الثلاثة M1 و M2 و M3 وكان اعلى معدل للتوصيل الكهربائي عند المستوى M2 (1.35 ميكاغرام$^{-3}$) بلغ (3.35 دسي سيمنز .م$^{-1}$) ، وبالنسبة للتداخل بين العوامل الثلاثة (S*C*M) فقد تراوحت بين (2.00 و 4.27 دسي سيمنز .م$^{-1}$) عند معاملتين S1C1M3

وS3C3M2 وبفروق معنوية احصائياً . وكما تشير نتائج الجدول (19 و 20 و 21) فأن اعلى معدل للتوصيل الكهربائي (3.43 دسي سيمنز .م$^{-1}$) قد سجل عند مرحلة التحضين الثالثة T3 (بعد 45 يوماً) من التحضين والتي تفوقت معنوياً عن قيمتة عند مرحلتي القياس الاولى T1 والثانية T2 (2.88 و 3.28 دسي سيمنز .م$^{-1}$) على التوالي . وهذا يتفق مع ما اشار اليه الراوي والقريني (1998) والبياتي والخفاجي (2002) . ان سبب ارتفاع قيم EC بزيادة مستوى الكبريت المضاف قد يعود الى ما وضحه Aldrich و Turren (1950) بان اضافة المصلحات الحامضية (ومنها الكبريت) الى التربة يؤدي الى زيادة الايونات الموجبة في محلول التربة اضافة الى تأثير حامض الكبريتيك الناتج من اكسدة الكبريت في ذوبان الكلس سيؤدي الى زيادة الايونات الموجبة كالكالسيوم والمغنيسيوم وقد أشار الى هذا التأثير كل من البياتي والخفاجي (2002) و Al-Jubury واخرون (1976) ان زيادة التوصيل الكهربائي بأضافة المادة العضوية يمكن ان يعزى الى تحفيز تلك المواد على أكسدة الكبريت بواسطة الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت ومن ثم زيادة الناتج النهائي لاكسدة الكبريت (جدول 22) .

جدول (22) التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في التوصيل الكهربائي لمحلول التربة (ديسي سيمنز . م$^{-1}$)
لمعدل مراحل التحضين المدروسة .

المعدل	M3	M2	M1		
2.05	2.00	2.07	2.09	C1	S1
2.86	2.55	3.08	2.94	C2	
2.74	2.53	2.85	2.83	C3	
2.55	**2.36**	**2.67**	**2.62**	**المعدل**	
2.90	2.80	2.84	3.04	C1	S2
3.63	3.28	3.82	3.80	C2	
3.63	3.41	3.75	3.74	C3	
3.39	**3.16**	**3.47**	**3.53**	**المعدل**	

S3	C1	3.24	3.29	2.72	**3.08**
	C2	4.10	4.19	3.51	**3.93**
	C3	3.87	4.27	3.67	**3.93**
	المعدل	**3.74**	**3.91**	**3.30**	**3.65**
	C1	**2.79**	**2.74**	**2.51**	**2.68**
	C2	**3.61**	**3.69**	**3.12**	**3.47**
	C3	**3.48**	**3.62**	**3.20**	**3.43**
	المعدل	**3.29**	**3.35**	**2.94**	
L.S.D		أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.0500		0.1137	0.0253	0.0126	0.0042
0.0100		0.1495	0.0332	0.0166	0.0055

4 – 1 – 3 – 3 – الكبريتات الجاهزة .

تبين الجداول (23 ، 24 ، 25 و 26) تاثير مستوى الكبريت والمادة العضوية ومستوى الرص بعد 15 يوماً من التحضين على محتوى التربة من الكبريتات الجاهزة . فبعد 15 يوماً من التحضين (جدول 23) اشارت النتائج الى ان هناك تاثير معنوي لاضافة الكبريت على تركيز الكبريتات ($SO_4^{=}$) في التربة حيث اعطى المستوى الثاني من الكبريت S2 المضاف (1 غم S. كغم$^{-1}$ تربة) اعلى تركيز بلغ معدله (1179.44 ملغم. كغم$^{-1}$ تربة) في حين اعطى المستوى الاول S1 (المقارنة) اوطأ معدل بلغ (284.26 ملغم.كغم$^{-1}$ تربة) ، كما اشارت النتائج الى التاثير المعنوي لاضافة المادة العضوية في زيادة مستوى التربة من الكبريتات حيث اظهرت مخلفات الابقار (C3) التاثير الاكبر مقارنة بمخلفات الجت المجفف (C2) ومعاملة المقارنة (C1) حيث بلغ تركيز الكبريتات عند معاملات المادة العضوية هذه (943.89 ، 854.41 و 683.74 ملغم $SO_4^{=}$. كغم$^{-1}$ تربة) على التوالي . كذلك كان لمستوى الرص تاثير معنوي في محتوى الكبريتات حيث اعطت المعاملة M2 (1.35 ميكاغرام . م$^{-3}$) اعلى تركيز للكبريتات في

حين سجل اوطأ تركيز عند المستوى M3 (1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$) بلغا (901.7 و 707.33 ملغم $SO_4^{=}$. كغم$^{-1}$ تربة) على التوالي . وكانت الفروقات بين المعاملتين M1 و M2 غير معنوية (الجدول 23) . واوضحت النتائج وجود فروقات احصائية بين معاملات التداخل بين الكبريت والمادة العضوية اذ لوحظ اعلى معدل لتركيز الكبريتات عند المستوى الثاني من الكبريت (1 غم S° . كغم$^{-1}$ تربة) مع مخلفات الابقار (S2C3) بلغ 1346.33 ملغم $SO_4^{=}$. كغم$^{-1}$ تربة ، في حين سجل اوطأ معدل في المعاملة التي لم يضف اليها الكبريت او أي مصدر عضوي S1C1 بلغ 214.11 ملغم $SO_4^{=}$. كغم$^{-1}$ تربة . واشارت النتائج ايضاً الى معنوية التداخل بين مستوى الكبريت والرص الظاهرية حيث لوحظت اعلى قيم لتركيز الكبريتات عند المعاملة S2M2 اذ بلغ المعدل 1318.33 ملغم $SO_4^{=}$.كغم$^{-1}$ تربة واقل تركيز 245.00 ملغم $SO_4^{=}$. كغم$^{-1}$ تربة عند المعاملة S1M3 ، وكان التداخل بين المادة العضوية والرص معنوياً ايضاً وكانت اعلى قيمة عند المعاملة C3M3 بلغت 1056.57 ملغم $SO_4^{=}$.كغم$^{-1}$ تربة واقل قيمة 642.00 ملغم $SO_4^{=}$.كغم$^{-1}$ تربة عند المعاملة C1M3 . اما بالنسبة لمعاملات التداخل S*M*C فقد سجلت فروقات معنوية في تاثيرها على محتوى التربة من الكبريتات فالمعاملة S2C3M2 اظهرت اعلى تركيز من الكبريتات الجاهزة بلغ معدلة 1569.0 ملغم $SO_4^{=}$.كغم$^{-1}$ تربة . بينما اظهرت المعاملة S1C1M3 اقل تركيز بلغ 210 ملغم $SO_4^{=}$.كغم$^{-1}$ تربة .

جدول (23) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة (ملغم $SO_4^{=}$. كغم$^{-1}$ تربة) بعد 15 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
214.11	210.00	221.00	211.33	C1	S1
288.33	242.00	321.00	302.00	C2	
350.33	283.00	391.00	377.00	C3	
284.26	**245.00**	**311.00**	**296.78**	**المعدل**	
997.00	911.00	1069.00	1011.00	C1	S2
1195.00	980.00	1317.00	1288.00	C2	
1346.33	998.00	1569.00	1472.00	C3	
1179.44	**963.00**	**1318.33**	**1257.00**	**المعدل**	

S3	C1	857.00	858.33	805.00	**840.11**
	C2	1140.67	1159.00	940.00	**1079.89**
	C3	1198.00	1210.00	997.00	**1135.00**
	المعدل	**1065.22**	**1075.78**	**914.00**	**1018.33**
	C1	**693.11**	**716.11**	**642.00**	**683.74**
	C2	**910.22**	**932.33**	**720.67**	**854.41**
	C3	**1015.67**	**1056.67**	**759.33**	**943.89**
	المعدل	**873.00**	**901.70**	**707.33**	**827.35**
L.S.D		أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.05		29.69	6.60	3.30	1.10
0.01		39.02	8.67	4.34	1.45

لقد ازداد تركيز الكبريتات بعد 30 يوماً من الحضن كما مبين في الجدول (24) فبالنسبة لمستويات الكبريت المضاف فقد زاد تركيز الكبريتات في التربة معنوياً وبلغ اعلى معدل له عند المستوى (S2) 1272.44 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة ، واقل تركيز كان عند المستوى (S1) 301.96 ملغم$^=SO_4$. كغم$^{-1}$ تربة . كما اظهرت معاملات المادة العضوية تاثيراً معنوياً ايضاً خلال هذه المرحلة فقد سجل اعلى معدل عند معاملة مخلفات الابقار C3 بلغ مقداره 975.74 ملغم$^=SO_4$. كغم$^{-1}$ تربة ، واقل تركيز عند المعاملة C1 بلغت 622.33 ملغم$^=SO_4$. كغم$^{-1}$ تربة . اما بالنسبة لمستويات الرص فكانت اعلى قيم تركيز للكبريتات عند المستوى M2 بلغت 1002.11 ملغم$^=SO_4$. كغم$^{-1}$ تربة وبفروق غير معنوية عن المستوى الاول M1 . في حين ان اقل تركيز ظهر عند المستوى M3 . اما بالنسبة لمعاملات التداخل بين مستوى الكبريت وكل من المادة العضوية والرص وبين المادة العضوية والرص اذ بلغت اعلى معدلات لتركيز الكبريتات الجاهزة عند المعاملة S2C3 ، S2M2 و C3M2 (1369.33 ، 1411.78 و 1075.78 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) على التوالي . واظهرت نتائج تداخل المعاملات الثلاثة فروقاً معنوية حيث اعطت المعاملة S2C3M2 اعلى تركيز للكبريتات الجاهزة بلغت 1576.33 ملغم$^=SO_4$. كغم$^{-1}$ تربة .

جدول (24) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة (ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) بعد 30 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
220.33	210.00	231.00	220.00	C1	S1
331.78	262.00	393.00	340.33	C2	
353.78	285.00	393.00	383.33	C3	
301.96	**252.33**	**339.00**	**314.56**	**المعدل**	
1101.67	997.00	1173.00	1135.00	C1	S2
1346.33	1080.00	1486.00	1473.00	C2	
1369.33	1021.67	1576.33	1510.00	C3	
1272.44	**1032.89**	**1411.78**	**1372.67**	**المعدل**	
1145.00	1040.00	1210.00	1185.00	C1	S3
1223.33	1082.00	1298.67	1289.33	C2	
1204.11	1114.33	1258.00	1240.00	C3	
1190.81	**1078.78**	**1255.56**	**1238.11**	**المعدل**	
822.33	**749.00**	**871.33**	**846.67**	C1	
967.15	**808.00**	**1059.22**	**1034.22**	C2	
975.74	**807.00**	**1075.78**	**1044.44**	C3	
921.74	**788.00**	**1002.11**	**975.11**	المعدل	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
1.10	3.30	6.60	29.69	0.05	
1.45	4.34	8.67	39.02	0.01	

لقد رافقت زيادة مرحلة التحضين زيادة في تركيز الكبريتات كما مبين في جدول (25) فبعد 45 يوماً من التحضين (T3) تفوق مستوى الكبريت (S3) على كل من المستوى (S2) ومعاملة المقارنة (S1) وبفروق معنوية اذ بلغ تركيز الكبريتات في هذه المعاملة 1543.63 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة مقارنة بالمعاملتين S2 و S1 اللتان اعطتا قيماً بلغت 1336.69 و 313.07 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة على التوالي . اما معاملات المادة العضوية فان اعلى معدل لتركيز الكبريتات خلال مرحلة التحضين الثالثة سجلت عند

المعاملة C3 بلغت 1161.0 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة . في حين اظهرت معاملات الرص اعلى تركيز للكبريتات (1152.19 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) عند مستوى الرص M2 (1.35 ميكاغرام . م$^{-3}$) وبفروق غير معنوية عن المستوى M1 (1.25 ميكاغرام . م$^{-3}$) . بينما اعطت المعاملة M3 (1.45 ميكاغرام . م$^{-3}$) اقل قيمة تركيز للكبريتات بلغت 916.93 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة . اما تأثير معاملات التداخل بين مستويات الكبريت والمادة العضوية المضافة للتربة فكانت معنوية ايضاً وسجلت زيادة ملحوظة ايضاً مقارنة بمراحل التحضين T1 و T2 حيث لوحظ اعلى تركيز (1717.3 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) عند المعاملة (S3C2) وسجلت اعلى قيم للتداخل بين مستوى الكبريت المضاف ومستوى الرص بلغت (1664.33 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) في المعاملة (S3M2) وبفروق معنوية عن المعاملات الاخرى . وظهرت اعلى قيمة للتداخل بين المادة العضوية المضافة ومستوى الرص بلغت (1290.0 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) عند المعاملة (C2M2) . اما اعلى قيم للتداخل بين العوامل الثلاث فكانت عند المعاملة S3C2M2 بلغ تركيز الكبريتات فيها (1882.0 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) (جدول 25) .

جدول (25) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة (ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة)
بعد 45 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
241.11	227.00	233.00	263.33	C1	S1
338.67	272.00	398.00	346.00	C2	

359.44	285.33	398.00	395.00	C3	
313.07	**261.44**	**343.00**	**334.78**	**المعدل**	
1147.67	1113.00	1177.00	1153.00	C1	S2
1372.67	1030.00	1590.00	1498.00	C2	
1489.67	1368.33	1580.67	1520.00	C3	
1336.67	**1170.44**	**1449.22**	**1390.33**	**المعدل**	
1279.67	1120.00	1361.00	1358.00	C1	S3
1717.33	1410.00	1882.00	1860.00	C2	
1633.89	1426.67	1750.00	1725.00	C3	
1543.63	**1318.89**	**1664.33**	**1647.67**	**المعدل**	
889.48	**820.00**	**923.67**	**924.78**	C1	
1142.89	**904.00**	**1290.00**	**1234.67**	C2	
1161.00	**1026.78**	**1242.89**	**1213.33**	C3	
1064.46	**916.93**	**1152.19**	**1124.26**	المعدل	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
1.10	3.30	6.60	29.69	0.05	
1.45	4.34	8.67	39.02	0.01	

ويوضح الجدول (26) تأثير التداخل بين المراحل الزمنية الثلاث في تركيز الكبريتات حيث اظهر المستوى S2 اعلى قيم للتداخل وبفروق غير معنوية عن المستوي S3 بلغت مقداره (1262.85 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) . واظهرت معاملة المادة العضوية C3 اعلى قيم لتركيز الكبريتات في التربة بلغت (1026.88 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) . اظهر مستوى الرص M2 اعلى تركيز بلغ (1018.67 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة) . كما سجلت فروقات معنوية احصائياً بين مراحل التحضين لثلاثة في

تأثيرها على تركيز الكبريتات في التربة حيث تفوقت المرحلة الثالثة T 3 (45 يوماً من الحضن) بلغ معدل تركيز الكبريتات خلالها 1064.46 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة . فيما سجل اقل معدل 827.35 ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة خلال المرحلة الاولى .

ويتضح من الجدول (26) تفوق معاملة المستوى الثاني من الكبريت S2 على المستوى الثالث S3 بعد 15 و 30 يوماً من التحضين ، الا انه بعد 45 يوماً من التحضين فان المستوى الثالث S3 تفوق على المستوى الثاني S2 ويعود السبب الى كون المستويات العالية من الكبريت تثبط نشاط الاحياء المؤكسدة للكبريت بسبب التراكيز العالية لنواتج الاكسدة وبدأ زوال هذا التأثير بعد 45 يوماً من التحضين وهذا يتفق مع ما اشار اليه Hilal و Al-Badrawy (1988 a) و Owen واخرون (1999) . اما سبب تفوق مخلفات الابقار على الجت المجفف في تأثيره على زيادة محتوى التربة من الكبريتات هو احتواء هذه المخلفات على كمية اعلى من الكبريت الكلي مقارنة بالجت المجفف (جدول 5) وتحول الكبريت العضوي الى معدني بعملية التمعدن Mineralization تقوم بها الاحياء المجهرية الموجودة في التربة (Tabutabai و Al-Kafajy (1980)) . ويرجع سبب زيادة تركز الكبريتات بأضافة المواد العضوية في وجود الكبريت الى استجابة الاحياء المؤكسدة للكبريت مختلفة التغذية لتوفر المادة اللازمة لدعم نموها وفعاليتها (Wainwright واخرون 1986 و Lawrance و Germida 1988b) . وان تفوق مستويي الرص M1 و M2 على M3 يرجع الى قلة نسبة المسامات والظروف غير الهوائية عند المستوى M3 (1.45 ميكاغرام . م$^{-3}$) مما ينعكس سلبياً على نشاط الاحياء المؤكسدة للكبريت (Alexander ، 1977) وهذا يتفق مع ما توصل اليه البياتي والخفاجي (2002) .

جدول (26) تداخل معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في كمية الكبريتات الجاهزة في التربة (ملغم $SO_4^=$. كغم$^{-1}$ تربة)
لمعدل مراحل التحضين المدروسة .

المعدل	M3	M2	M1		
225.19	215.67	228.33	231.56	C1	S1
319.59	258.67	370.67	329.44	C2	
354.52	284.44	394.00	385.11	C3	
299.77	**252.93**	**331.00**	**315.37**	**المعدل**	
1082.11	1007.00	1139.67	1099.67	C1	S2
1304.67	1030.00	1464.33	1419.67	C2	
1401.78	1129.33	1575.33	1500.67	C3	
1262.85	**1055.44**	**1393.11**	**1340.00**	**المعدل**	
1088.26	988.33	1143.11	1133.33	C1	S3
1340.19	1144.00	1446.56	1430.00	C2	
1324.33	1179.33	1406.00	1387.67	C3	
1250.93	**1103.89**	**1331.89**	**1317.00**	**المعدل**	
798.52	**737.00**	**837.04**	**821.52**	C1	
988.15	**810.89**	**1093.85**	**1059.70**	C2	
1026.88	**864.37**	**1125.11**	**1091.15**	C3	
	804.09	**1018.67**	**990.79**	**المعدل**	

رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D
1.10	3.30	6.60	29.69	0.05
1.45	4.34	8.67	39.02	0.01

4 – 1 – 3 – 4 – الفسفور الجاهز .

تبين الجداول (27 و 28 و29 و 30) تأثير مستوى الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة للتربة ومستوى الرص خلال مراحل التحضين المدروسة في جاهزية الفسفور في التربة . فقد اظهرت النتائج ان لمستوى

اضافة الكبريت تأثيراً معنوياً في جاهزية الفسفور خلال مرحلة التحضين الاولى T1 (بعد 15 يوماً من التحضين) حيث اظهرت المعاملة S2 (اضافة 1 غم S . كغم$^{-1}$ تربة) اعلى قيم للفسفور الجاهز في التربة بلغ (8.48 ملغم P. كغم$^{-1}$ تربة) . في حين سجل اوطأ قيمة عند المعاملة S1 بدون اضافة لكبريت (7.58 ملغم P. كغم$^{-1}$ تربة) (جدول 27) . وخلال المرحلة الثانية للتحضين T2 (بعد 30 يوماً) اتضح حصول زيادة في معدل جاهزية والفسفور عند المعاملتين S2 و S3 ليصل الى 8.71 و 8.48 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة على التوالي مقارنة بالمعاملة S1 التي اعطت قيمة (7.54 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) (جدول 28) . اما في المرحلة الثالثة من التحضين فقد تفوقت المعاملة S3 (8.65 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) على المعاملتين S1 و S2 (7.51 و 8.37 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) على التوالي واللذان اظهرا قيماً اقل مما في المرحلتين الاولى والثانية (جدول 29) .

ويظهر من النتائج الموضحة في الجدول (27) تأثير معنوي للمادة العضوية في معدل جاهزية الفسفور في التربة فبعد 15 يوماً من التحضين سجل اعلى معدل للفسفور (8.52 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) نتيجة لاضافة الجت المجفف (C2) ، بينما ظهر اوطأ معدل عند المعاملة C1 التي لم يضف اليها أي مادة عضوية بلغت 6.88 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة . خلال مرحلة القياس الثانية (T2) زادت هذه المعدلات وبالاتجاه نفسه ، حيث بلغ المعدل عند المعاملات (C1 ، C2 و C3) 7.35 ، 8.75 و 8.63 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة على التوالي (جدول 28) . اما بعد 45 يوماً من التحضين فقد انخفضت هذه المعدلات وبفروق معنوية حيث كانت 7.33 ، 8.68 و 8.53 عند معاملات المادة العضوية (C1 ، C2 و C3) على التوالي (جدول 29) .

اظهرت النتائج ان لمعاملات الرص تأثيراً معنوياً ايضاً في جاهزية الفسفور فخلال المرحلة الاولى T1 سجل اعلى معدل للفسفور الجاهز عند مستويات الرص M1 و M2 بلغ 8.01 ملغمP.كغم$^{-1}$ تربة ، في حين اعطت المعاملة M3 (1.45 ميكاغرام.م$^{-3}$ اقل قيمة بلغت (7.75 ملغمP.كغم$^{-1}$ تربة) . اما خلال مرحلة القياس الثانية فقد ارتفعت معدلات الفسفور الجاهز ليصل الى 8.27 ، 8.35 و 8.11 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة عند المعاملات M1 ، M2 و M3 على التوالي ثم عادت لتنخفض بعد 45 يوماً من التحضين لتصل 8.25 ، 8.26 و 8.03 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة عند المستويات اعلاه ذاتها على التوالي وبفروق معنوية احصائياً (جدول 29) . واشارت النتائج الى وجود فروق معنوية لتأثير التداخل بين مستوى الكبريت والمادة العضوية حيث اعطت ،

جدول (27) : تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في كمية الفسفور الجاهز في التربة (ملغم P . كغم $^{-1}$ تربة)
بعد 15 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
6.45	6.11	6.64	6.61	C1	S1
8.20	8.13	8.25	8.22	C2	
8.08	8.01	8.11	8.11	C3	
7.58	**7.42**	**7.67**	**7.65**	المعدل	
7.17	7.04	7.26	7.21	C1	S2
9.25	9.15	9.32	9.28	C2	
9.02	8.61	9.13	9.31	C3	
8.48	**8.27**	**8.57**	**8.60**	المعدل	
7.02	6.83	7.11	7.11	C1	S3
8.11	7.99	8.18	8.15	C2	
8.02	7.91	8.07	8.09	C3	
7.72	**7.58**	**7.79**	**7.78**	المعدل	
6.88	**6.66**	**7.00**	**6.98**	C1	
8.52	**8.42**	**8.58**	**8.55**	C2	
8.37	**8.18**	**8.44**	**8.50**	C3	
7.92	**7.75**	**8.01**	**8.01**	المعدل	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.001	0.004	0.008	0.036	0.050	
0.002	0.005	0.011	0.048	0.010	

جدول (82) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في كمية الفسفور الجاهز في التربة (ملغم P . كغم $^{-1}$ تربة)
بعد 30 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
6.40	6.11	6.58	6.51	C1	S1
8.20	8.13	8.25	8.22	C2	
8.03	7.88	8.11	8.10	C3	
7.54	**7.37**	**7.65**	**7.61**	**المعدل**	
7.84	7.76	7.91	7.85	C1	S2
9.18	8.91	9.34	9.30	C2	
9.11	9.11	9.24	8.99	C3	
8.71	**8.59**	**8.83**	**8.71**	**المعدل**	
7.81	7.66	7.88	7.89	C1	S3
8.88	8.81	8.93	8.89	C2	
8.75	8.62	8.89	8.73	C3	
8.48	**8.36**	**8.57**	**8.50**	**المعدل**	
7.35	**7.18**	**7.46**	**7.42**	C1	
8.75	**8.62**	**8.84**	**8.80**	C2	
8.63	**8.54**	**8.75**	**8.61**	C3	
8.28	**8.11**	**8.35**	**8.27**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.001	0.004	0.008	0.036	0.050	
0.002	0.005	0.011	0.048	0.010	

جدول (29) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في كمية الفسفور الجاهز في التربة (ملغم P . كغم $^{-1}$ تربة) بعد 45 يوماً من التحضين .

		M1	M2	M3	المعدل
S1	C1	6.59	6.53	6.41	**6.51**
	C2	8.12	8.19	7.94	**8.08**
	C3	7.94	7.96	7.91	**7.94**
	المعدل	**7.55**	**7.56**	**7.42**	**7.51**
S2	C1	7.68	7.69	7.61	**7.66**
	C2	8.84	8.85	8.61	**8.77**
	C3	8.71	8.73	8.65	**8.70**
	المعدل	**8.41**	**8.42**	**8.29**	**8.37**
S3	C1	7.93	7.93	7.55	**7.80**
	C2	9.32	9.37	8.86	**9.18**
	C3	9.12	9.10	8.69	**8.97**
	المعدل	**8.79**	**8.80**	**8.37**	**8.65**
	C1	**7.40**	**7.38**	**7.19**	**7.32**
	C2	**8.76**	**8.80**	**8.47**	**8.68**
	C3	**8.59**	**8.60**	**8.42**	**8.53**
	المعدل	**8.25**	**8.26**	**8.03**	

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.050	0.036	0.008	0.004	0.001
0.010	0.048	0.011	0.005	0.002

المعاملة S1C1 اوطأ معدل بلغ (6.45 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) . في حين اعطت المعاملة S2C2 اعلى معدل للفسفور الجاهز بلغ 9.25 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة وذلك بعد 15 يوماً من الحضن (جدول 27) . اما بعد 30 يوماً من التحضين فقد تراوح المعدل بين 6.40 و 9.18 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة واللذان سجلا عند

معاملتي التداخل (S1C1 و S2C2) على التوالي . بينما بلغ اقل واعلى معدل للفسفور الجاهز 6.51 و 8.97 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة للمعاملتين S1C1 و S3C3 على التوالي وذلك بعد 45 يوماً من التحضين (جدول 28 و 29) . اما بالنسبة لتأثير التداخل بين مستوى الكبريت المضاف والكثافة الظاهرية فقد ظهرت ايضاً فروق معنوية بين معاملات هذا التداخل (جدول 27) . اذ لوحظ اعلى معدل للفسفور الجاهز (8.57 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) عند المعاملة S2M2 واقل معدل (7.42 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) عند المعاملة S1M3 بعد 15 يوماً من التحضين . وفي مرحلتي القياس اللاحقتين بلغ اقل معدل له (7.37 و 7.42 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) عند المعاملة S1M3 واعلى معدل له 8.83 و 8.80 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة عند المعاملة S2M2 و S3M3 على التوالي (جدول 28 و 29) .

اوضحت النتائج بان للتداخل بين العوامل الثلاثة S * C* M تأثيراً معنوياً ايضاً في جاهزية الفسفور . فقد سجل اعلى معدل للفسفور الجاهز بلغ مقداره (9.32 ، 9.34 و 9.37 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) عند معاملة التداخل S2C2M2 و S2C2M2 و S3C2M2 ولمراحل التحضين الثلاثة T1 و T2 و T3 على التوالي . في حين لوحظت اقل المعدلات 6.11 ، 6.11 و 6.41 عند المعاملة S1C1M3 على التوالي (جدول 27 و 28 و 29) . ومن نتائج الجدول (30) نلاحظ ان هناك فروقاً معنوية لمعاملات التداخل وبين المراحل الثلاث للتحضين . فبالنسبة لمعاملات اضافة الكبريت اعطت اضافة المستوى 1 غمْ S . كغم−1 تربة اعلى معدل للفسفور الجاهز (8.7 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) . في حين اعطت معاملة المقارنة بدون اضافة الكبريت اوطأ معدل (7.71 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) وللمادة العضوية اعطت معاملة الجت المجفف (C2) اعلى معدل للفسفور الجاهز (8.65 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) واقل معدل عند عدم اضافة الكبريت 6.88 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة . وتراوحت معدلات الفسفور الجاهز بالنسبة لمستوى الرص بين (7.75 الى 8.35 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) للمعاملات (M3 و M2) على التوالي . وبالنسبة لقيم التداخل بين العوامل الثلاثة فقد تراوحت بين (6.11 الى 9.10 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة) عند المعاملتين (S1C1M3) و (S2C2M2) وبفروق معنوية احصائياً .

لقد اظهرت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية في تأثير مراحل الحضن في مستوى الفسفور الجاهز . فقد سجل اعلى معدل له عند المرحلة الثانية من الحضن T2 (بعد 30 يوماً) بلغ 8.24 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة واقل معدل له عند المرحلة الاولى من الحضن T1 (بعد 15 يوماً) بلغ 7.92 ملغم P . كغم$^{-1}$ تربة . ان زيادة جاهزية الفسفور في التربة نتيجة لاضافة الكبريت يمكن ان تعزى الى نشاط الاحياء المجهرية المؤكسدة له وتكون حامض الكبريتيك الناتج من الاكسدة الاحيائية للكبريت مما يساعد على زيادة ذوبانية الفوسفات غير الذائبة الموجودة في التربة (Alexander ، 1977) . ووفق ما اشار Lindsay (

1979) فان جزء من المركبات الفوسفاتية قليلة الذوبان الموجودة في التربة مثل الهيدروكسي ابتايت وفوسفات الاوكتاكالسيوم وغيرها يتم ذوبانها وفقاً للمعادلات الاتية :-

$$Ca_5(PO_4)_3OH + 7H^+ \longrightarrow 5Ca^{=} + 3H_2PO_4^- + H_2O$$

$$Ca_4H(PO_4)_3 . 2.5H_2O + 5H^+ \rightleftharpoons 4Ca^{=} + 3H_2PO_4^- + 2.5H_2O$$

ان جاهزية هذا العنصر عند ظروف التجربة الحالية وصلت اقصاها بعد 30 يوماً من التحضين الا انها عادت لتنخفض بعد 45 يوماً لتصل الى مستويات مقاربة لما كانت عليه اصلاً في التربة جدول (30) .

جدول (30) التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في كمية الفسفور الجاهز في التربة (ملغم P . كغم $^{-1}$ تربة)
لمعدل مراحل التحضين المدروسة .

المعدل	M3	M2	M1		
6.45	6.21	6.58	6.57	C1	S1
8.16	8.07	8.23	8.19	C2	
8.01	7.93	8.06	8.05	C3	
7.54	**7.40**	**7.62**	**7.60**	**المعدل**	
7.56	7.47	7.62	7.58	C1	S2
9.07	8.89	9.17	9.14	C2	
8.94	8.79	9.03	9.00	C3	
8.52	**8.38**	**8.61**	**8.57**	**المعدل**	
7.54	7.35	7.64	7.64	C1	S3
8.72	8.55	8.83	8.79	C2	
8.58	8.41	8.69	8.65	C3	
8.28	**8.10**	**8.38**	**8.36**	**المعدل**	
7.18	**7.01**	**7.28**	**7.26**	C1	
8.65	**8.50**	**8.74**	**8.70**	C2	
8.51	**8.38**	**8.64**	**8.57**	C3	
	7.96	**8.21**	**8.18**	**المعدل**	

	L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
	0.050	0.036	0.008	0.004	0.001
	0.010	0.048	0.011	0.005	0.002

ويبدو ان احتواء التربة المدروسة على مستويات مرتفعة من كاربونات لكالسيوم (20 %) كان لها التأثير الاكبر في معادلة تأثير حامض الكبريتيك المتكون نتيجة لعملية الاكسدة الاحيائية للكبريت المضاف او المركبات التي تحتوي على هذا العنصر المحتمل وجودها في التربة . وهذا يتفق مع ما توصل اليه المنصوري (2000) وشاكر وراهي (2002) .

ان التأثير الايجابي للمواد العضوية المستخدمة في التجربة (الجت المجفف او مخلفات الابقار) في كمية الفسفور الجاهز في التربة المعاملة بالكبريت قد يعزى الى تحفيز تلك المواد للاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت علماً ان المواد العضوية تعد مصدراً اساسياً للكربون والطاقة المهمان لنمو الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت وفعاليتها وبشكل خاص المختلفة التغذية ، فضلاً عن ان تحلل المواد العضوية يحسن حالة الفسفور بعملية التمعدن ولو بصورة غير مباشرة من خلال انتاج ثاني اؤكسيد الكاربون الذي بذوبانه في الماء ينتج حامض الكاربونيك الذي يمكن ان يساهم في زيادة ذوبانية المركبات الفوسفاتية في التربة (Mengel و Kirkby ، 1982) . ان زيادة محتوى التربة من الفسفور الجاهز والذي اتخذ دليلاً يستدل به على كفاءة الاكسدة تحت ظروف التجربة الحالية يمكن عده مؤشراً على فعالية الاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت خاصة المتباينة التغذية المتواجدة اصلاً في التربة ، حيث ادى توفر الظروف الملائمة لها من المادة الخاضعة (Substrate) (الكبريت) وكذلك تأمين مصدر عضوي لتزويدها بالكاربون ومصدر الطاقة فضلاً عن التهوية المناسبة لها من خلال المستوى الملائم من الكثافة الظاهرية الى زيادة فعاليتها ونشاطها . ان الزيادة في محتوى الفسفور الجاهز قد وصلت حدود المعنوية في بعض المعاملات مما يدل على كفاءة عملية الاكسدة الاحيائية وانعكاس ذلك في بعض صفات التربة كخفض درجة تفاعلها ولو لمرحلة محددة بسبب احتواء التربة على محتوى عالي من كاربونات الكالسيوم والتي يمكنها ان تعيد تفاعل التربة الى مستواه الاصلي بسرعة .

4 – 2 – التجربة الثانية :

4 – 2 – 1 – كمية الثايوكبريتات ($S_2O_3^=$) المتأكسدة :

بين الجدول (31 و 32 و 33) ومن الشكل (6) تأثير مستوى الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة ومستوى الرص على كمية الثايوكبريتات المتأكسدة بواسطة البكتريا *T. thioparus* حيث أظهرت النتائج بأن لاضافة الكبريت الزراعي تأثيراً معنوياً في زيادة كمية الثايوكبريتات المتأكسدة في الوسط الزرعي وقد ترافق مقدار الزيادة مع مستوى الكبريت المضاف . فبعد 15 يوماً من التحضين وصل معدل كمية الثايوكبريتات ($S_2O_3^=$) المتأكسدة عند المستويات S1 ، S2 و S3 (45.81 ، 223.37 و 227.33 ملغم. 100^{-1} مل مزرعة) على التوالي (جدول 31) . وكان لاضافة المادة العضوية (الجت المجفف ومخلفات الابقار) تأثير سلبي على نشاط البكتريا *T. thioparus* في اكسدتها للثايوكبريتات في المزرعة السائلة فأعلى معدل لكمية الثايوكبريتات المتأكسدة بلغت 56.59 و 49.56 ملغم . 100^{-1} مل مزرعة عند معاملتي (C2 و C3) على التوالي في حين كان المعدل عند معاملة المقارنة (C1) 390.37 ملغم $S_2O_3^=$ مؤكسدة سائلة متفوقة معنوياً على المعاملتين السابقتين (جدول 31) .

ويلاحظ بعد 30 و 45 يوماً من التحضين أن المعاملة C1 استمرت في تفوقها معنوياً على المعاملتين C2 و C3 في تأثيرها على معدل كمية الثايوكبريتات المؤكسدة (الجداول 32 و 33) حيث بلغ ما تأكسد من الثايوكببريتات عند المعاملات C1، C2 وC3 بعد 30 يوماً من التحضين (T2) 350.52 ، 37..56 و 36.54 ملغم . 100^{-1} مل مزرعة على التوالي وبعد 45 يوماً من التحضين (T3) 111.41 و 36.56 و 34.00 ملغم . 100^{-1} مل مزرعة على التوالي .

اما بالنسبة لتأثير مستويات الرص المدروسة فقد اشارت النتائج الى عدم وجود فروق معنوية بين المستويات M1 ، M2 و M3 في تأثيرها على كمية الثايوكبريتات المتأكسدة وخلال

اي مرحلة من مراحل التحضين المدروسة . تراوح معدل ما تأكسد من الثايوكبريتات عند معاملات الرص الثلاثة (M1 ، M2 وM3 بعد 15 يوماً من التحضين (167.63 ، 168.78 و 160.11 ملغم . 100^{-1} مل مزرعة) على التوالي وبعد 30 يوماً من التحضين (142.89 و 143.94 و 137.78 ملغم . 100^{-1} مل مزرعة) على التوالي وبعد 45 يوماً من التحضين (63.44 و 633.67 و 57.78 ملغم . 100^{-1} مل مزرعة) على التوالي (الجدول 31 و 32 و 33) .

جدول (31) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية (ملغم. 100^{-1} مل مزرعة سائلة) بعد 15 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
101.44	97.00	107.00	100.33	C1	S1
21.33	18.00	26.00	20.00	C2	
14.67	12.00	16.00	16.00	C3	
45.81	**42.33**	**49.67**	**45.44**	**المعدل**	
529.33	524.00	532.67	531.33	C1	S2
73.11	69.00	75.33	75.00	C2	
67.67	66.00	68.00	69.00	C3	
223.37	**219.67**	**225.33**	**225.11**	**المعدل**	
540.33	525.00	546.00	550.00	C1	S3
75.33	67.00	80.00	79.00	C2	
66.33	63.00	68.00	68.00	C3	
227.33	**218.33**	**231.33**	**232.33**	**المعدل**	
390.37	**382.00**	**395.22**	**393.89**	C1	
56.59	**51.33**	**60.44**	**58.00**	C2	
49.56	**47.00**	**50.67**	**51.00**	C3	

165.51	**160.11**	**168.78**	**167.63**	**المعدل**
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D
0.5232	1.5697	3.1395	14.1275	0.0500
0.6877	2.0631	4.1261	18.5676	0.0100

جدول (32) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية (ملغم. 100 $^{-1}$ مل مزرعة سائلة) بعد 30 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
75.44	72.33	77.00	77.00	C1	S1
19.33	18.00	20.00	20.00	C2	
17.67	16.00	19.00	18.00	C3	
37.48	**35.44**	**38.67**	**38.33**	**المعدل**	
443.44	439.67	445.67	445.00	C1	S2
43.33	39.00	45.00	46.00	C2	
43.28	38.00	45.83	46.00	C3	
176.69	**172.22**	**178.83**	**179.00**	**المعدل**	
532.67	526.00	540.00	532.00	C1	S3
50.00	45.00	53.00	52.00	C2	
48.67	46.00	50.00	50.00	C3	
210.44	**205.67**	**214.33**	**211.33**	**المعدل**	
350.52	**346.00**	**354.22**	**351.33**	C1	
37.56	**34.00**	**39.33**	**39.33**	C2	

C3	**38.00**	**38.28**	**33.33**	**36.54**
المعدل	**142.89**	**143.94**	**137.78**	**141.54**

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.0500	14.1275	3.1395	1.5697	0.5232
0.0100	18.5676	4.1261	2.0631	0.6877

اوضحت النتائج ايضاً بأن لتداخل المادة العضوية ومستوى الكبريت المضاف تأثيراً معنوياً في أكسدة الثايوكبريتات فعند المرحلة الاولى من التحضين (بعد 15 يوماً من التحضين) سجل اعلى نشاط للاكسدة (540.3 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة) عند المعاملة S3C1 في حين أظهرت المعاملة S1C3 اقل نشاط بلغ 14.7 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة (جدول 31) . من جانب اخر لم يكن لمعاملات التداخل بين اي من مستويات الكبريت ومستويات الرص (M1 و M2) تأثير معنوي في حين كان للتداخل بين مستوى الرص M3 مع اي من مستويات الكبريت تأثيراً معنوياً حيث تراوحت بين (142.33 الى 232.3 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة) عند المعاملتين S1M3 و S3M1 على التوالي . اما بالنسبة للتداخل بين العوامل الثلاثة المدروسة (S*C*M) فقد سجلت بينهما فروق معنوية احصائياً فبعد 15 يوماً من التحضين سجل اقل نشاط للاكسدة

الثايوكبريتات بلغت (12.00 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة (الجدول 31) والشكل (a 6) عند المعاملة S1C3M3 بينما اعلى معدل (550 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة) عند المعاملة S3C1M1 وعند المرحلة نفسها . ومع زيادة مرحلة التحضين لوحظ انخفاض في نشاط بكتريا *T. thioparus* في اكسدتها للثايوكبريتات عند جميع المعاملات على الرغم من تسجيل فروقات معنوية بين بعض المعاملات فقد بلغ اوطأ معدل للثايوكبريتات المتأكسدة بعد 45 يوماً من التحضين (16.67 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة) عند المعاملة S1C3M3 و 19.89 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة عند معاملة التداخل الثنائي S1M3 و 30.89 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة عند المعاملة S3M3 و 18.67 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة عند المعاملة S1C3 . في حين وصل اعلى معدل خلال المرحلة نفسها 159.56 ، 191.33 ، 115.33 و 160.00 ملغم . 100^{-1} مزرعة سائلة لمعاملات التداخل S3C1 ، S3M1 ، C1M1 و S3C1M1 على التوالي (جدول 33 و الشكل c 6) .

جدول (33) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية (ملغم. 100^{-1} مل مزرعة سائلة) بعد 45 يوماً من التحضين .

المعدل	M3	M2	M1		
29.56	25.00	33.67	30.00	C1	S1
20.00	18.00	21.00	21.00	C2	
18.67	16.67	19.33	20.00	C3	
22.74	**19.89**	**24.67**	**23.67**	**المعدل**	
154.11	151.33	155.00	156.00	C1	S2
33.33	26.00	37.00	37.00	C2	
30.00	25.00	32.00	33.00	C3	
72.48	**67.44**	**74.67**	**75.33**	**المعدل**	
159.33	158.00	160.00	160.00	C1	S3
56.33	49.00	60.00	60.00	C2	
53.33	51.00	55.00	54.00	C3	
89.67	**86.00**	**91.67**	**91.33**	**المعدل**	
114.33	**111.44**	**116.22**	**115.33**	C1	
36.56	**31.00**	**39.33**	**39.33**	C2	
34.00	**30.89**	**35.44**	**35.67**	C3	
61.63	**57.78**	**63.67**	**63.44**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.5232	1.5697	3.1395	14.1275	0.0500	
0.6877	2.0631	4.1261	18.5676	0.0100	

اما بالنسبة للتداخل بين مراحل التحضين الثلاثة فقد اظهرت النتائج جدول (34) بان المستوى (S3) قد سجل اعلى كمية من ثايوكبريتات متأكسدة (175.81 ملغم . 100 $^{-1}$ مزرعة سائلة) وبالنسبة لمعاملات المادة العضوية فقد سجلت المعاملة C1 اعلى نشاط للـ *T. thioparus* بلغ 285.07 ملغم . 100 $^{-1}$ مل مزرعة سائلة واعطى مستوى الرص M2 اعلى كمية للثايوكبريتات المتأكسدة ، بلغت 125.46 ملغم . 100 $^{-1}$ مل مزرعة سائلة وبفروق غير معنوية عن باقي معاملات مستويات الرص . واعطت معاملة التداخل بين العوامل الثلاثة S.* C* M اعلى نشاط للبكتريا بلغت 415.33 ملغم . 100 $^{-1}$ مزرعة سائلة عند المعاملة S3C1M2 . وبصورة عامة فان اعلى كمية للثايوكبريتات المتأكسدة كانت عند المرحلة الزمنية الاولى من التحضين (بعد 15 يوماً) بلغت 165.51 ملغم . 100 $^{-1}$ مزرعة سائلة مقارنة بمراحل التحضين الاخرى (

بعد 30 و 45 يوماً) والتي بلغت 141.54 و 61.63 ملغم . 100 $^{-1}$ مزرعة سائلة على التوالي (الجدول 31 و 32 و 33) .

لقد اظهرت النتائج تواجد البكتريا *T. thioparus* في التربة المستعملة في الدراسة وهذا قد يعود الى قابلية هذه البكتريا على التواجد والنمو في بيئة ذات درجة تفاعل متعادل او مائلة للقلوية (Lawrance و Germida ، 1991 a) والمقاربة لدرجة تفاعل التربة المدروسة (جدول 5) . وان كفاءة اكسدتها للثايوكبريتات كان مرتبطاً بتوفر احد صور الكبريت المختزلة وهو الكبريت (S^{0}) هنا لذلك ازداد معدل اكسدة هذه البكتريا من الثايوكبريتات الى الوسط الزرعي السائل مع الزيادة في مستوى الكبريت المضاف للتربة (0 و 1 و 2 غم S^{0} .كغم$^{-1}$ تربة) ، فضلاً عن ذلك فان تأثير اضافة الكبريت وخاصة في مستواه الاعلى (2 غم S^{0} . كغم $^{-1}$ تربة) كان له تأثير واضح في جميع معاملات التداخل التي تضمنتها التجربة وبشكل خاص عندما تكون الكثافة الظاهرية المقدمة للتربة في مستواها الادنى M1 (1.25 ميكاغرام . م$^{-3}$) . ان مثل هذا التأثير للرص قد يعزى الى الاحتياجات الهوائية لهذه البكتريا والتي هي هوائية حتماً (Alexander ، 1977) . من الجانب الاخر فان اضافة المادة العضوية بنوعيها (مخلفات الابقار او الجت المجفف) كان له تأثير سلبي مما ادى الى قلة نشاطها بشكل كبير مقارنة بعدم اضافة أي منهما ، وهذا قد يكون مرتبط بطبيعة التغذية للبكتريا والتي تعتبر ذاتية التغذية أي انها تعتمد على المركبات المعدنية في حصولها على الطاقة ومصدر الكاربون اضافة الى ذلك قد يكون للمركبات الايضية الناتجة من تحلل المادة العضوية تاثيراً مثبطاً على البكتريا المؤكسدة للكبريت ذاتية لتغذية (Dugan و Tuttle ، 1976 و Lindiman و Cifuant ، 1993) لقد ظهر واضحاً ان اقصى نشاط للبكتريا *T. thioparus* ظهر بعد 15 يوماً من التحضين وبغض النظر عن طبيعة المعاملات وهذا يتفق مع ما وجده كل من البياتي والخفاجي (2002) والراوي والقريبي (1998) و Lindeman واخرون (1991) .

جدول (34) التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في كمية الثايوكبريتات المؤكسدة في المزرعة البكتيرية (ملغم. 100 $^{-1}$ مل مزرعة سائلة)
لمعدل مراحل التحضين المدروسة

المعدل	M3	M2	M1		
68.81	64.78	72.56	69.11	C1	S1
20.22	18.00	22.33	20.33	C2	

17.00	14.89	18.11	18.00	C3	
35.35	**32.56**	**37.67**	**35.81**	**المعدل**	
375.63	371.67	377.78	377.44	C1	S2
49.93	44.67	52.44	52.67	C2	
46.98	43.00	48.61	49.33	C3	
157.51	**153.11**	**159.61**	**159.81**	**المعدل**	
410.78	403.00	415.33	414.00	C1	S3
60.56	53.67	64.33	63.67	C2	
56.11	53.33	57.67	57.33	C3	
175.81	**170.00**	**179.11**	**178.33**	**المعدل**	
285.07	**279.81**	**288.56**	**286.85**	C1	
43.57	**38.78**	**46.37**	**45.56**	C2	
40.03	**37.07**	**41.46**	**41.56**	C3	
	118.56	**125.46**	**124.65**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.5232	1.5697	3.1395	14.1275	0.0500	
0.6877	2.0631	4.1261	18.5676	0.0100	

4 – 2 – 2 – درجة تفاعل (pH) المزرعة البكتيرية .

تبين الجدول (35 و 36 و 37 و 38) والشكل (7) تأثير مستويات الكبريت ونوع المادة العضوية المضافة ومستوى الرص في درجة تفاعل الوسط الزرعي للبكتريا *T. thioparus* بعد 15 و 30 و 45 يوماً من التحضين . توضح النتائج في الجدول (35) ان لاضافة 2 غم S° . كغم $^{-1}$ تربة (S3) تأثيراً معنوياً في خفض درجة تفاعل الوسط بعد 15 يوماً من التحضين حيث

بلـغ 6.5 وهـو الاقـل مقارنــة بالمسـتويين الاخـريين مـن الكبريـت المضـاف فـي حـين ان اعلـى معـدل للتفاعـل (7.38) سـجل عنـد معاملـة المقارنـة (S1) التـي لـم يضـف اليهـا الكبريـت . امـا بالنسـبة لتـأثير معـاملات المـادة العضـوية فكمـا يتضـح مـن نتـائج التحليـل الاحصـائي (جـدول 35) بـان اقـل معـدل لدرجـة التفاعـل (6.5) قـد سـجل عنـد معاملـة المقارنـة (C1) والـذي كـان الاقـل معنويـاً مقارنـة باضـافة الجـت المجفـف (C2) او مخلفـات الابقـار (C3) اذ بلـغ المعـدل عنـد هـاتين المعـاملتين 7.03 و 6.94 علـى التـوالي . ولقـد بينـت النتـائج ايضـاً التـأثير المعنـوي للـرص حيـث سـجل اقـل قيمـة للـ pH (6.80) عنـد مسـتوى الـرص M2 (1.35 ميكـاغرام. م$^{-3}$) واعلـى قيمـة 6.86 عنـد المسـتوى M3 (1.45 ميكـاغرام . م$^{-3}$) . كمـا وكـان لمعـاملات التـداخل بـين مسـتوى الكبريـت وكـل مـن المـادة العضـوية (C * S) والـرص (M * S) وكمـا يظهـر مـن نتـائج الجـدول (35) تـأثيرات معنويـة هـي الاخـرى ، فأوطـأ معـدل للـ pH قـد سـجل عنـد المعاملـة (S3C1) واعلـى معـدل عنـد المعاملـة S1C3 بلغـت 6.02 و 7.46 علـى التـوالي . امـا بالنسـبة لتـأثير التـداخل بـين المـادة العضـوية ومسـتوى الـرص (C * M) فـان اوطـأ قيمـة للـ pH (6.48 قـد لـوحظ عنـد مسـتوى الـرص M2 (1.35 ميكـاغرام .م$^{-3}$) والتـي لـم يضـف اليهـا أي مصـدر عضـوي (C1M2) وقـد اختلفـت هـذه المعاملـة معنويـاً عـن معـاملات التـداخل الاخـرى . مـن ناحيـة اخـرى فـان اعلـى معـدل للـ pH (7.06) ظهـر عنـد المعاملـة (C2M3) . ان الفروقـات المعنويـة التـي سـجلت بـين معـاملات التـداخل الثنائيـة المختلفـة اعـلاه انعكـس علـى التـأثير لمتـداخل للعوامـل الثلاثـة المدروسـة وهـي مسـتويات الكبريـت ونـوع المـادة العضـوية ومسـتوى الـرص (M * C* S) ، فكمـا يتضـح مـن الشـكل 7a فـان معاملـة التـداخل (S3C1M2) قـد تفوقـت معنويـاً بعـد 15 يومـاً مـن تحضـين المـزارع البكتيريـة علـى بـاقي معـاملات التـداخل فـي خفضـها لتفـاعل المزرعـة البكتيريـة حيـث بلـغ معدلـه 6.00 ، فـي حـين سـجلت اعلـى قيمـة للتفاعـل (7.51) عنـد المعاملـة S1C2M3 (جدول35) .

جدول (35) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في تفاعل الوسط الزرعي السائل بعد 15 يوماً من التحضين

S1	C1	M1	M2	M3	**المعدل**
		7.23	7.23	7.31	**7.26**

7.42	7.42	7.42	7.41	C2	
7.46	7.51	7.42	7.44	C3	
7.38	**7.41**	**7.36**	**7.36**	**المعدل**	
6.22	6.24	6.20	6.21	C1	S2
6.83	6.86	6.81	6.83	C2	
6.75	6.81	6.72	6.71	C3	
6.60	**6.64**	**6.57**	**6.59**	**المعدل**	
6.02	6.05	6.00	6.01	C1	S3
6.84	6.90	6.80	6.81	C2	
6.62	6.65	6.61	6.61	C3	
6.50	**6.54**	**6.47**	**6.48**	**المعدل**	
6.50	**6.54**	**6.48**	**6.49**	C1	
7.03	**7.06**	**7.01**	**7.02**	C2	
6.94	**6.99**	**6.92**	**6.92**	C3	
6.82	**6.86**	**6.80**	**6.81**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0002	0.0006	0.0013	0.0058	0.05	
0.0003	0.0009	0.0017	0.0077	0.01	

بصورة عامة سجل ارتفاع في معدلات قيم التفاعل (pH) عند المعاملات المختلفة وذلك بعد 30 يوماً من التحضين (جدول 36) على الرغم من ان تأثير المعاملات اتخذ اتجاهات مماثلة لما سجل خلال مرحلة التحضين الاولى . عند مستويات الكبريت (S1 ، S2 و S3) والمادة العضوية (C1 ، C2 و C3) ومستوى الرص (M1 ، M2 و M3) بلغ (7.59 ، 7.28 و 7.15) و (6.96 ، 7.51 و 7.55) و (7.32 ، 7.32 و 7.38) على التوالي . وكانت للمعاملات S3 ،و C1 ، M1 و M2 تاثير معنوي في خفض درجة تفاعل الوسط مقارنة بالمعاملات الاخرى لكل

من هذه العوامل الثلاثة المدروسة . اما قيم معدلات الـ pH عند معاملات التداخل (S * C) و (S * M) فقد تراوحت بين 6.51 الى 7.65 عند المعاملتين (S3C1) و (S1C2) وبين 4.4 الى 7.65 عند المعاملتين (S3M2) و (S1M3) . وان فروقات معنوية احصائياً قد سجلت بين معاملات كل من المجموعتين . كذلك سجلت فروقات معنوية بين معاملات التداخل بين المادة العضوية ومستوى الرص (C * M) حيث سجل اقل معدل للـ pH (6.48) عند المعاملة (C1M2) واعلى معدل (7.5) عند المعاملة (C3M3) . من جانب اخر اختلفت معاملات التداخل للعوامل الثلاثة (S * C* M) فيما بينها في تأثيرها على pH الوسط الزرعي معنوياً حيث ادى اضافة 2 غم S . كغم$^{-1}$ تربة (S3) مع عدم اضافة مادة عضوية مع مستوى الرص M2 الى خفض درجة التفاعل الى 6.50 بينما اعلى معدل لهذه الصفة 7.5 سجل عند المعاملة (S1C2M3) وبفروق معنوية احصائياً (شكل 7b وجدول 36) .

جدول (36) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص في تفاعل الوسط الزرعي السائل بعد 30 يوماً من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
7.51	7.52	7.51	7.51	C1	S1
7.65	7.71	7.62	7.62	C2	
7.62	7.69	7.54	7.61	C3	
7.59	**7.64**	**7.56**	**7.58**	**المعدل**	
6.86	6.91	6.83	6.83	C1	S2
7.46	7.52	7.43	7.43	C2	
7.51	7.53	7.50	7.50	C3	
7.28	**7.32**	**7.26**	**7.25**	**المعدل**	
6.51	6.53	6.50	6.51	C1	S3
7.42	7.45	7.41	7.41	C2	
7.51	7.53	7.50	7.51	C3	
7.15	**7.17**	**7.14**	**7.14**	**المعدل**	
6.96	**6.99**	**6.95**	**6.95**	C1	
7.51	**7.56**	**7.49**	**7.48**	C2	
7.55	**7.59**	**7.52**	**7.54**	C3	
7.34	**7.38**	**7.32**	**7.32**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	

0.0002	0.0006	0.0013	0.0058	0.05
0.0003	0.0009	0.0017	0.0077	0.01

ويبين الجدول (37) والشكل (7c) ان قيم تفاعل الوسط pH للمزرعة البكتيرية السائلة للـ *T. thioparus* قد ارتفعت مقارنة بمرحلة القياس الاولى والثانية . فعند معاملات الكبريت (S) كان اقل معدل الـ pH (7.66) واعلى معدل 7.72 قد سجل عند المعاملتين S3 و S1 على التوالي وبفروق معنوية احصائياً بين مستويات الكبريت الثلاثة المدروسة . ولوحظ ان اقل معدلات للزيادة في هذه الصفة خلال المرحلة (بعد 45 يوماً) قد سجلت عند معاملتي التداخل (S2C1) و (S3C1) عند أي من مستويات الرص المدروسة (جدول 37 والشكل 7c) وان معدل درجة تفاعل الوسط بعد 45 يوماً من التحضين عند أي من المعاملات لم يقل عن 7.6 حيث تراوح بين 7.62 و 7.82 مما قد

جدول (37) تأثير معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في تفاعل الوسط الزرعي السائل بعد 54 يوم من التحضين

المعدل	M3	M2	M1		
7.73	7.78	7.71	7.71	C1	S1
7.72	7.73	7.71	7.72	C2	
7.72	7.74	7.71	7.71	C3	
7.72	**7.75**	**7.71**	**7.71**	**المعدل**	
7.63	7.64	7.63	7.62	C1	S2
7.74	7.76	7.72	7.73	C2	
7.82	7.84	7.81	7.81	C3	
7.73	**7.74**	**7.72**	**7.72**	**المعدل**	
7.62	7.63	7.62	7.62	C1	S3
7.65	7.73	7.62	7.62	C2	
7.71	7.73	7.70	7.70	C3	
7.66	**7.70**	**7.65**	**7.65**	**المعدل**	
7.66	**7.68**	**7.65**	**7.65**	C1	
7.70	**7.74**	**7.68**	**7.69**	C2	
7.75	**7.77**	**7.74**	**7.74**	C3	
7.70	**7.73**	**7.69**	**7.69**	**المعدل**	

L.S.D	أحادي	ثنائي	ثلاثي	رباعي
0.05	0.0058	0.0013	0.0006	0.0002
0.01	0.0077	0.0017	0.0009	0.0003

يكون مؤشراً على تأثير مرحلة الحضن هذه في خفض نشاط وفعالية البكتريا الذي قد يعود بشكل رئيس الى استهلاك البكتريا للمادة الخاضعة (Substructe) وهي الثايوكبريتات وكذلك فان معدلات قيم الـ pH عند جميع المعاملات كانت وبصورة عامة متقاربة خلال مرحلة التحضين الثالثة . اما تأثير المادة العضوية (C) خلال مرحلة القياس الثانية فان اعلى قيمة لـ pH حدثت عند اضافة مخلفات الابقار (C3) حيث بلغ المعدل (7.75) ليتفوق معنوياً على المعاملة (C1) الذي سجل اوطأ معدل بلغ (7.66) . من جانب اخر كان لمستوى الرص تأثير متفاوت في معدل درجة تفاعل الوسط خلال مرحلة القياس الثالثة حيث ادى استعمال M1 و M2 الى وصول معدل pH الى اوطأ قيمة 7.69 ، في حين بلغ هذا المعدل عند المعاملة M3 (7.73) والذي تفوق احصائياً على كل من مستويي الرص M1 و M2 . واظهرت نتائج الجدول (37) بأن تأثير معاملات التداخل (M* C* S) في pH المزرعة البكتيرية السائلة بعد 45 يوماً من الحضن كان وبصورة عامة متقارباً وتراوح معدله بين 7.78 عند المعاملة S1C1M3 وبين 7.62 عند المعاملة S3C1M2 وبفروق معنوية احصائياً .

ويظهر من نتائج التحليل الاحصائي أن للتداخل بين مراحل التحضين تأثيراً معنوياً في معدل قيم الـ pH حيث تفوقت مرحلة القياس الاولى احصائياً في خفض درجة تفاعل الوسط مقارنة بالمرحلتين الثانية والثالثة مما يدل على ان اعلى نشاط بكتيري قد سجل بعد 15 يوماً من التحضين . ان مثل هذا الاتجاه قد لوحظ من قبل كل من Lindeman واخرون (1991) . ولكون بكتريا *T. thioparus* كما في الانواع الاخرى التابعة للجنس *Thiobacillus* ذاتية التغذية لذلك فان اضافة المادة العضوية (الجت المجفف ومخلفات الابقار) لم يكن له تأثير واضح على نشاط هذه البكتريا في حين كان لاضافة الكبريت (S°) تاثير معنوي في زيادة نشاطها مما انعكس على خفض تفاعل الوسط وبصورة عامة كان معدل الانخفاض في قيمة pH متزامناً مع الزيادة في مستوى الكبريت المضاف ، من ناحية اخرى قد يكون للمركبات الناتجة عن تحلل المادة العضوية تأثير مثبط على نمو ونشاط البكتريا المدروسة . في هذا المجال يشير Tuttle و Dugan (1976) و Cifuentes و Lindeman (1993) الى ان لبعض هذه لمركبات تأثيراً سمياً في البكتريا ذاتية التغذية المؤكسدة للكبريت . اما تحسن نمو وفعالية البكتريا *T. thioparus* بالاعتماد على الانخفاض المسجل في pH معاملتي مستوى الرص M1 و M2 (1.25 و 1.35 ميكاغرام.م$^{-3}$) مقارنة بالمستوى M3 (1.45 ميكاغرام . م$^{-3}$) فقد يكون بسبب تحسن

ظروف التهوية في التربة عند هذين المستويين من الكثافة الظاهرية خاصة وان هذه البكتريا هي هوائية (Gambill و Burke ، 1998) .

جدول (38) التداخل بين معاملات الكبريت والمادة العضوية والرص
في تفاعل الوسط الزرعي السائل لمعدل مراحل التحضين المدروسة

المعدل	M3	M2	M1		
7.50	7.54	7.48	7.48	C1	S1
7.60	7.62	7.58	7.58	C2	
7.60	7.65	7.56	7.59	C3	
7.56	**7.60**	**7.54**	**7.55**	**المعدل**	
6.90	6.93	6.88	6.89	C1	S2
7.34	7.38	7.32	7.33	C2	
7.36	7.39	7.34	7.34	C3	
7.20	**7.23**	**7.18**	**7.19**	**المعدل**	
6.72	6.74	6.71	6.71	C1	S3
7.31	7.36	7.28	7.28	C2	
7.28	7.30	7.27	7.27	C3	
7.10	**7.13**	**7.09**	**7.09**	**المعدل**	
7.04	**7.07**	**7.03**	**7.03**	C1	
7.41	**7.45**	**7.39**	**7.40**	C2	
7.41	**7.45**	**7.39**	**7.40**	C3	
	7.32	**7.27**	**7.28**	**المعدل**	
رباعي	ثلاثي	ثنائي	أحادي	L.S.D	
0.0002	0.0006	0.0013	0.0058	0.05	

0.0003	0.0009	0.0017	0.0077	0.01

5 – الاستنتاجات والتوصيات

على ضوء نتائج هذه الدراسة يمكن استنتاج ما يأتي :-

1 – كان لاضافة الكبريت الزراعي تأثير معنوي في زيادة قيم كل من التوصيل الكهربائي وتركيز الكبريتات والفسفور الجاهز في التربة . وخفض درجة تفاعلها (pH) وقد كان للمستوى 2 غم S° . كغم$^{-1}$ تربة التأثير الاكبر في هذه الصفات مقارنة بالمستويين 0 و 1 غم S° . كغم$^{-1}$ تربة . وقد استمر تأثير المستوى 2 غم S° . كغم$^{-1}$ تربة لمرحلة زمنية اطول مقارنة بالمستوى 1 غم S° . كغم$^{-1}$ تربة .

2 – كان لاضافة المادة العضوية (الجت المجفف او مخلفات الابقار) تأثيراً في زيادة معدلات جميع الصفات المدروسة باستثناء تفاعل التربة pH الذي انخفض مع هذه الاضافة وكان تأثير الجت المجفف هو الاعلى ، اذ بلغ حد المعنوية في العديد من الصفات المدروسة مقارنة بمخلفات الابقار .

3 – كان لمستويات الرص المدروسة تأثيراً معنوياً في الصفات المدروسة للتربة حيث اظهر المستوى M2 افضل النتائج مقارنة بالمستويين M1 و M3 .

4 – تأثرت الكثافة العددية للاحياء المجهرية المؤكسدة للكبريت بنوعيها الذاتية والمختلفة التغذية بمستويات المتغيرات الثلاثة المدروسة (الكبريت الزراعي ونوع المادة العضوية ورص التربة) .

5 – اشارت نتائج تداخل المعاملات (الكبريت والمادة العضوية والرص) ان اعلى المعدلات للصفات المدروسة بصورة عامة كانت عند معاملة التداخل (S2C2M2) خصوصاً خلال مرحلة القياس الثانية (T2) .

6 – اظهرت النتائج احتواء تربة الدراسة على الاحياء المجهرية ذاتية التغذية المؤكسدة للثايوكبريتات ، وخلوها من نظيرتها المؤكسدة للكبريت ، وتواجدت الاحياء المجهرية مختلفة التغذية المؤكسدة للكبريت المنتجة للثايوكبريتات .

7 – احتوت تربة الدراسة على بكتريا *Thiobacillus thioparus* وقد ازداد نشاطها بزيادة مستوى الكبريت المضاف وتحسن ظروف التهوية للتربة ، في حين كان لاضافة الجت المجفف او مخلفات الابقار تأثير سلبي في نشاطها . كما لوحظ اعلى نشاط لها بعد 15 يوماً من التحضين عند المعاملات (S3*M1*C1) و (S3*M2*C1) .

8 – اجريت هذه الدراسية تحت ظروف المختبر لذلك نعتقد باهمية اجراءها تحت ظروف البيت الزجاجي ومن ثم في ظروف الحقل وباستعمال احد المحاصيل الزراعية .

– المصادر

6 – 1 – المصادر العربية

الاعظمي ، زيدون احمد عبد الكريم (1990) . تأثير إضافة الكبريت الرغوي والصخر الفوسفاتي في جاهزية بعض العناصر الغذائية وحاصل الذرة الصفراء . أطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

البياتي ، علي حسين ابراهيم (1993) . تأثير بعض أساليب إدارة التربة في نمو وحاصل الذرة الصفراء . أطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

البياتي ، علي حسين ابراهيم وسعادة كاظم الخفاجي (2002) . الفترة الزمنية اللازمة لأكسدة الكبريت الزراعي عند مستويات رص مختلفة . مجلة العلوم الزراعية العراقية . المجلد 33 العدد (2) : 19 – 26 .

الخفاجي ، عادل عبد الله ؛ خالد بدر حمادي ونايف محمود فياض (2000) . تأثير إضافة الكبريت الرغوي على نمو وحاصل الذرة الصفراء *Zea mays L.* في تربة رسوبية . مجلة العلوم الزراعية العراقية . المجلد 31 العدد (1) : 17 – 27 .

الراشدي ، راضي كاظم (1987) . أحياء التربة المجهرية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة البصرة . الفصل السادس : 319 – 336 .

الراوي ، احمد عبد الهادي وحيدر محمد علي القريني (1998) . تأثير درجة نعومة الكبريت وفترة الحضن في جاهزية بعض العناصر الغذائية في تربة كلسية . مجلة العلوم الزراعية العراقية . المجلد 29 ، العدد (1) : 159 – 166 .

السلماني ، حميد خلف (1996) . تأثير إضافة حامض الكبريتيك على جاهزية بعض العناصر الغائية في التربة . أطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

العكيلي ، جواد كاظم (1991) . تأثير إضافة الكبريت المعدني في جاهزية فسفور السماد الفوسفاتي في درجة تفاعل التربة وامتصاص العناصر الغذائية. المؤتمر العلمي الثالث ، المجلس الاعلى للجمعيات العلمية ، جامعة تكريت .

القريني ، حيدر محمد علي (1994) . تأثير مستويات الإضافة للكبريت الرغوي ودرجة نعومته في جاهزية بعض العناصر الغذائية ونمو النبات . رسالة ماجستير . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

المنصوري ، جمال علي قاسم سيف (2000) . الأكسدة الإحيائية للكبريت في التربة الكلسية . اطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

تاج الدين ، منذر ماجد (1979) . تأثير الكبريت على جاهزية العناصر الغذائية في بعض الترب العراقية . رسالة ماجستير . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

دوغرامجي ، جمال شريف ؛ سامي رجب الداغستاني ؛ عبدالله نجم العاني ومحمد صالح الزوبعي (1996) . تأثير رص التربة بفعل حركة الساحبات الزراعية تحت مستويات رطوبية مختلفة على بعض الصفات الفيزيائية لتربة طينية . مجلة العلوم الزراعية العراقية . مجلد 27 العدد (1) :17 – 26 .

راهي ، حمد الله سليمان (1995) . تأثير مستويات مختلفة من الكبريت الزراعي وموعد إضافة السماد الفوسفاتي على تحولات الفسفور وحاصل الحنطة في تربة كلسية . مجلة العلوم الزراعية العراقية ، المجلد 26 العدد (2) : 31– 40 .

راهي ، حمد الله سليمان ؛ خالد بدر حمادي ومحمد علي جمال (1995) . تأثير التداخل بين الكبريت والمادة العضوية في جاهزية بعض العناصر الغذائية الصغرى وحاصل الحنطة في الترب الكلسية . مجلة العلوم الزراعية العراقية . المجلد 26 العدد (2) : 16 –23 .

شاكر ، عبد الوهاب عبد الرزاق (1996) . تأثير رغوة الكبريت في جاهزية بعض العناصر الغذائية في التربة وانتاج الخيار في البيوت البلاستيكية . أطروحة دكتوراه . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

شاكر ، عبد الوهاب عبد الرزاق وحمد الله سليمان راهي (2002) . تأثير استخدام الكبريت الرغوي في جاهزية الفسفور ونمو حاصل الخيار *Cucumis sativus L.* في البيوت البلاستيكية . مجلة العلوم الزراعية العراقية . المجلد 33 العدد (3) : 49 –56 .

ضمد ، نوري حطاب ومطيع عبيد عبد الله (2001) . الكبريت وأنواعه العرضية ، حلقة نقاشية عن دور الكبريت في تحسين التربة وزيادة الحاصل . وزارة الصناعة والمعادن .

علاوي ، عباس عبد (1980) . تأثير الكبريت على جاهزية الفسفور من الصخر الفوسفاتي لبعض الترب العراقية . رسالة ماجستير . كلية الزراعة – جامعة بغداد .

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

قاسم ، غياث محمد ومضر عبد الستار علي (1989) . علم أحياء التربة المجهرية . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي . جامعة الموصل . الفصل التاسع : 213 – 228 .

محمد ، عبد العظيم كاظم (1977) . مبادئ تغذية النبات . وزارة التعليم العالي والبحث العلمي ، جامعة الموصل .

6 – 2 – المصادر الاجنبية

Adamczyk-Winiarska, Z. ; M. Krol and J. Kobus (1975). Microbial oxidation of elemental sulfur in brown soil. Plant soil. 43:95 – 100.

Al-Ani, F.; M. Abd-Elgawad and T. Naji (1977). Iron and phosphorus availability in soil and barley yield as in influenced by sulfur application. Iraqi J. Agric. Sci. 12:124-136.

Al- Juburi, K.D.; E.M. Kalifa, and I.M. Haghim (1976). Application of sulfur by products and their effect on characteristics of calcareous soils. Mesopotamia J. Agric. 11:87-95.

Al-Daghistani, S.R. (1983). Soil regimes and characteristics associated with workability. pH. D. Thesis. University Nottingham, England.

Aldrich, D.G., and F.M. Turren (1950). Effect of the soil and the plants grown there on. Soil Sci. 70:83-90.

Aleem, M.I.H. (1975). Biochemical reaction mechanisms in sulfur oxidation by synthetic bacteria. Plant Soil 43:578-607.

Alexander, M. (1977). Introduction to Soil Microbiology. 2nd ed. John Wiley and Sons, New York.

Allen, O.N. (1959). Experiments in Soil Bacteriology. Burgess Publishing Co. Minnesota, U.S.A.

Attoe, O.J, and R.A. Olsen (1966). Factors affecting rate of oxidation in soils of elemental sulfur and rock that added in rock phosphate sulfur fusion. Soil Sci. 101 (4).

Bansal, K.W., and H.G. Singh (1975). Interrelationship between sulfur and iron in the preventation of iron chlorosis in compoa. Soil Sci. 120:20-24.

Barrow, N.J. (1971). Slowly available sulfur fertilizers in south western Australia. I - Elemental sulfur . Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 11:211 – 216.

Borichewski, R.M. (1967). Keto acids as growth – limiting factors in autotrophic growth of *thiobacillus thiooxidanus*. J. Bacteriol. 93:597 – 599.

Champan, S.J. (1989). Oxidation of microzed elemental sulfur in soil. Plant Soil 116:69-76.

Center, D.M; M.B. Jones, and C.E. Vanghn (1984). Effect of sulfur and nitrogen levels and clipping on competitive interference between two annual grass species. Agron. J. 76:65-71.

Chenge, Y.C.; R.Y. Peny; Jcc. Su and Dy. Lo (1999). Mechanism and kinetics of elemental sulfur oxidation by *thiobacillus thiooxidanus* in bath for menter . Environ. Technol. 20(9): 933 – 942.

Christensen, P.D., and P.J. Lyerly (1954). Fields of cotton and other crops as affected by sulfuric acid in irrigation water. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 18:433-436.

Cifuentes, F.R., and W.C. Lindeman (1993). Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in a calcareous soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:727-731.

Davies, D.B. ; J.B. Finney and S.J. Richardson (1973). Relative effect of tractor weight and wheel ship in causing soil compaction. J. Soil Sci. 24: 399 – 409 .

Dawood, F.A. (1980). Sulfur waste material for calcareous soils acidulation. PH. D. Dissertation, Univer. Of Arizona, Tucson, Az. U.S.A.

Dawood, F.A.; S.M. Al-Omari, and N.S. Murtatha (1985). High levels of sulfur affecting availability of some micronutrients in calcareous Soil . J. Agric. Water Res. 4(2):149-160.

Dawood, F.A, and M.M. Kadban (1986). Effect of sulfur on calcium carbonate, gypsum and some common ions in calcareous soil. Gj. Agric. Water Reso. Res. 5(1): 111 – 126.

Devai, I., and R.D. Delaune (2000). Emissions of reduced gaseous sulfur compound from west water sludge. Eviron. Eng. Sci. 17(1):1-8.

Fox, R.L; H.M. Atesalp; D.H. Kam Pbell, and H.F. Rhoades (1964). Factors influencing the availability of sulfur fertilizers to alfalfa and corn. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 28:406 – 408.

Freney, J.R., and F.J. Steveson (1966). Organic sulfur transformation in Soil. Soil Sci. 101:307-316.

Gaggi, A.; M. Aulakh, and R. Sharma (1999). Temperature effects on soil organic sulfur minerlization and elemental sulfur oxidation in subtropical soils of varying pH. Nutrient cycling in Agroecosystems. 54(2):175-182.

Gambill, B.D., and D. Burke (1998). Microbial enrichment as a plate form for modified individual projects in the microbiology lab. American society for Microbiology.

Germida, J.J., and H.H. Janzen (1993). Factors affecting the oxidation of elemental sulfur in soil. Fert. Res. 35:101-114.

Germida, J.J.; J.R. Lawerence, and V.V. Gupta (1984). Microbial oxidation of sulfur in Saskatchewan soils. In: Terry, J.W. (ed.). Proceedings of the sulfur conference, p.703-710. Sulfur Development Institute of Canada, Calgary.

Germida, J.J., (1985). Modified sulfur containing media for studying sulfur-oxidizing microorganisms. In: Caldweel, J.A, and C.L. Brierley (eds.). Planetary Ecology. pp.333-344. Van Nostrand Reinhold, New York.

Grayston, S.J., and Germida, J.J (1990). Influence of crop rhizospheres on population and activity of hetrotrophic sulfur-oxidizing microorganisms. Soil Biol. Biochem. 22:457-463.

Hassan, V.A., and R.A. Olson (1966). Influence of applied sulfur on availability of soil nutrients for corn (*Zea mays L.*) nutrition. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30:284-286.

Hilal, M.A.; R. Al-Badrawy; Al-Khafajy, and A. Abood (1981). Effect of sulfur application on barley and clover yield as related to phosphate fertilization and green manuring of a calcareous soil. Res. Cent. Of Agric. And Water resource's. Symposium of different use of sulfur in Iraq. Baghdad.

Hilal, M., and R. Al-Badrawy (1980). Use of elemental sulfur in Iraqi agriculture. I – sulfur oxidation to sulfate in relation to green manure and phosphate fertilization. Agr. Res. Cent. Tech. Bull. No. 35.

Janzen, H.H., and J.R. Bettany (1987 a). Measurement of sulfur oxidation in soil. Soil Sci. 143: 444 – 452.

Janzen, H.H., and J.R. Bettany (1987 b). The effect of temperature and water potentail on sulfur oxidation in soil . Soil Sci. 144 : 81 – 89 .

Janzen, H.H.; J.R. Bettany, and J.W. Stewart (1982). Sulfur oxidation and fertilizer sources. In: Proceedings of the Alberta Soil Sci. workshop. Page 229 – 240. Edmouton , Alberta.

Kellham, K.; N.D. Lindely, and M. WainWright (1981). Inorganic sulfur oxidation by *Aureobasidum pullutans*. Appl. Environ. Microbial. 42:629-631.

Kelly, D.P. (1985). Physiology of the *thiobacilli* : elucidating the sulfur oxidation pathway. Microbiol. Sci. 2:105 – 109.

Kittans, H.A., and O.J. Attoe (1965). Availability of phosphorus in rock phosphate sulfur fusion. Agron. J. 57: 331 – 334.

Kurck, E. (1983). An enzymatic complex active in sulfite and thiosulfate producing hetrotrophs in soil by Rhodotroula sp. Arch. Microbial. 134:143-147.

Lambe, T.W. (1951). Soil Test for Engineers. John Wiley and Sons., Inc. New York.

Lawrance, J.R., and J.J. Germida (1988 a). Most probable number procedure to enumerate S° oxidizing thiosulfut producing hetrotrophs in soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 20:577-578.

Lawrance, J.R., and J.J. Germida (1988 b). Relationship between microbial biomass and elemental sulfur oxidation in agricultural soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52:672-677.

Lawrance, J.R., and J.J. Germida (1991 a). Enumeration of sulfur oxidizing populations in saskatchewan agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 71:127-136.

Lawrance, J.R., and J.J. Germida (1991b). Microbial and chemical characteristics of elemental sulfur beads in agricultural soil. Soil Biol. Biochem. 23:617-622.

Lawrence, J.R; V.V. Gupta, and J.J. Germida (1988). Impact of element sulfur fertilization on agricultural Soils. II: Effects on sulfur – oxidizing populations and oxidation rates. Can. J. Soil Sci. 68:475-483.

Lettl, A.; O. Langkramer and V. Lochman (1981). Dynamics of oxidation of inorganic sulfur compounds in upper soil horizons of spruce forest soils. Folia Microbiol. 26: 24 – 28.

Li, S. P., and A.C. CallWell (1966). The oxidation of element sulfur in soil. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30:370-372.

Lindeman, W.C; J.J. Aburto; W.M. Haffner, and A.A. Bono (1991). Effect of sulfur source on sulfur oxidation. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 85 – 90.

Lindsay, W.L. (1979). Chemical Equilibria in Soil. John Wiley and Sons, New York.

Luaie, D.; B. Danica, and M. Katarina (2001). Right utilization of tractors at different of tillage . Trakt-ipog Mas. Trac.and pow. Mach., Vol.6, No.3 :7-12. Novisad.

MaCaskill, M.R. and G.J. Blair (1987). Particle size and soil texture effects in elemental sulfur oxidation. Agron. J. 79 : 1079 – 1083.

Maini, G. ; A.K. sharman; G. sunderland; C.J. Knowles, and s.A. Jackman (2000). An integrated method in corporting sulfur oxidizing bacteria and electrokinetics to enhance removal of copper from contaminated soil. Environmental Sci. & Technology. 34(6): 1081 – 1087.

McCready, R.G. and H.R. Krouse (1982). Sulfur isotope fractionation during the oxidation of elemental sulfur by *thiobacillus* in Solonetz soil . Can. J. Soil Sci. 62:105 –110.

Megnell, G.C, and E.W. Megnell (1965). Theory and Practic in experimental bacteriology. Cambridge Univ. Press, Cambridge.

Mengel, K., and E.A. Kirkby (1982). Principles of plant nutrition. 3rd ed. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Meredith, H.L, and Jr. Patrick (1961). Effects of soil compaction on subsoil root penetration and physical properties of three soils in Louisiana. Agron. J. 53:163-167.

Milosev, D.; I. Molnar, and M. Govedarica (2001). Some cultural practices for reducing soil compaction and degradation of soil structure. Trakt-ipog Mas., Trac. and pow. Mach., Vol.6, No.2 :64-69. Novisad.

Neilsen, D.; E.J. Hogue; P.B. Hoyt, and B.G. Drought (1993). Oxidation of elemental sulfur and acidulation of calcareous or orchard soils in Southern British, Columbia, Can. J. Soil Sci. 73:103-114.

Nor, Y.M., and M. A. Tabatabai (1976). Extraction and colorimination determination of thio sulfate and tetrathionate in soil . Soil Sci. 122:171-178.

Nor, Y.M., and M. A. Tabatabai (1977). Oxidation of elemental sulfur in soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 41:736-741.

Owen, K.M. ; R.H. Marrs; C.S.R. Snow, and C.E. Evans (1999). Soil acidification - Thense of sulfur and acidic plant material to acidify arable soil for the recreation to heathland and acidic gassland at minsere, UK. Biol. Conserv. 87(1):105-121.

Page, A.L.; R.H. Miller, and D.R. Keeny (1982). Methods of Soil Analysis. 2nd ed., Amer. Soc. Agron. Inc. Soil Sci. Soc. Am. Medison, Wisconson, U.S.A.

Papper, I.L., and R.H. Miller (1978). Comparison of the oxidation of thiosulfate and element sulfur by to hetrotrophic bacteria and *Thiobacillus thiooxidanus* . Soil Sci. 126:9-14.

Rehm, G.W. (1987). Application of phosphorus and sulfur on irrigated alfalfa. Agron. J. 79:973-979.

Rehm, G.W. and A.C. Caldwell (1969). Relationship of soil texture to sulfur oxidation. Agron. J. 61: 333 – 334.

Salton, N.A; R.J. Norman, and J.T. Gilmour (2001). Oxidation rates of commercial elemental sulfur products applied to an alkaline silt loam from Arkansas. Soil Sci. Soc. Am. J. 65(1):239-243.

Scott, N.M., and G. Aderson (1976). Organic sulfur fraction in Scottish soils. J. Sci. Fd. Agric. 27:358-366.

Sencupta, M.B., and A.H. Corn field (1964). Effect of four acidifying materials added to a calcareous soil on the availability of phosphorus to rye grass. Plant & Soil. 77:87-95.

Soan, B.D.; J.W. Dichson, and J.W. Compbell (1982). Compaction by agricultural vehicles. A review, Soil Tillage. Res. 2:3 – 36.

Starkey, R.L. (1950). Relation of microorganisms to transformation of sulfur in soils. Soil Sci. 101:297-306.

Starkey, R.l (1966). Oxidation and reduction of sulfur of compound in soil. Soil Sci. 101:297 – 306.

Starkey, R.L; G.E. Jones, and L.D. Frederick (1956). Effect of medium agitation and wetting agents on oxidation of sulfur by *Thiobacillus thiooxidanus*. J. Gen. Microbiol. 15:329 – 334.

Tabatabai, M.A. (1994). Sulfur oxidation and reduction in soil. Method of Soil Analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties. Book series No.5 SSSA, Madison, WI. USA.

Tisdale, S.L., and W.L. Nelson (1975). Soil Fertility and Fertilizers. 3rd ed. MacMillan Publishing Co., Inc., New York.

Tuttle, J.H. and P.R. Dugan (1976). Inhabitation of growth, iron and sulfur oxidation . Soil Sci.

Vishinia, W., and M. Santer (1957). The Thiobacillus. Bacteriol. Rev. 21:195-213.

Vitolins, M.I., and R.J. Swaby (1969). Activity of sulfur – oxidizing microorganisms in some Australian soils. Aus. J. Soil Res. 7:171-183.

Wainwright, M. (1984). Sulfur oxidation in soil. Adv. Agron. 37:349-396.

Wainwright, M.; w. Nevell, and S.J. Grayston (1986). Effect of organic matter on sulfur oxidation in soil and influence of sulfur oxidation on soil nitrification. Plant Soil. 96: 369 – 376.

Wainwright, M. (1988). Inorganic sulfur oxidation by fungi. In: Body L.; R. Marchant and D.J. Read (eds) Nitrogen, phosphorus and sulfur utilization by fungi, Pages 71 – 89. Cambridge University Press, Cambridge.

Wainwright, M. and K. Killham (1980). Sulfur oxidation by *Fusarium solani.* Soil Biol. Biochem. 12: 555 – 558.

Watkinson, J.H. (1989). Measurement of the oxidation rate of elemental sulfur in soil. Austr. J. Soil Res. 27:365 – 375.

Wen, G.; J. Schonauj; T. Yamamoto, and M. Inooue (2001). A model of oxidation of an elemental sulfur fertilizer in soil. Soil Sci. 166:607-613.

Whitehead, D.C. (1964). Soil and Plant nutrition aspect of the sulfur cycle. Soil Fert, 24:1 – 9.

Wood, A.P. and D.P. Kelly (1985). Physiological characteristics of of a new thermophilic , obligately chemolithotrophic thiobacillus species, *thiobacillus tepidarius sp*., Nov. Int. J. Syst. Bacteriol. 35:91 – 94.

Yagi, S.; S. Kitai and T. Kimura (1971). Oxidation of elemental sulfur to thiosulfate by Streptomyces. Appl. Microbiol. 22:157-159.

ملحق (1) الوصف المورفولوجي لتربة الدراسة

Profile No. : 1
Location : Falwoja – Maamer
Date : Sept., 3, 2002.
Parent material : Alluvial
Classification : Typic Torrifluvent
Land use : Potato
Natural vegetation : *Gynodon dactylen*
Drainage : Well drainage
Salinity : Non saline
Climate : Arid.
Relief : level.

Horizon	Depth (cm)	Description
Ap	0 – 30	Pale brown 10 YR 6/3 (dry), brown 10 YR 4/3 moist; sandy loam; weak medium subangular blocky; slightly hard (d), friable (m) , slightly plastic and slightly sticky (w) ; few Fine roots; few fine pores; clear smooth boundary.
C1	30 – 55	Light yellowish brown 10 YR 6/4 (dry), dark yellowish brown 10 YR 4/4 (moist); Silty loam; moderate medium subangular blocky; slightly hard (d), very friable (m) , sticky and plastic (w) ; Few Fine roots; Few fine pores; gradual smooth boundary.
C2	55 – 80	Light yellowish brown 10 YR 6/4 (dry), brown 10 YR 4/3 (moist); Silty loam; weak fine subangular blocky; few fine pores; clear smooth boundary.
C3	80 – 110	Pale brown 10 YR 6/3 (dry), dark yellowish brown 10 YR 4/4 (moist); Silty loam; weak fine subangular blocky; few fine pores.

ملحق (2) الوسط الخاص بالاحياء ذاتية التغذية المؤكسدة للكبريت .

Formula	Gram per liter
$NaNO_3$	1.62
KH_2PO_4	0.25
$MgSO_4.7H_2O$	0.04
$CaCl_2.2H_2O$	0.04
$FeCl_3.6H_2O$	0.036
$H3BO_3$	0.0057
$ZnSO_4.7H_2O$	0.0044
$CaSO_4.5H_2O$	0.0002
$MnCl_2.4H_2O$	0.0002
$NaMoO_4.2H_2O$	0.0005

ملحق (3) مكونات تربتيكز الصويا

Formula	Gram per liter
Casein hydrolysate enzymic	15.0
Soy pepton	5.0
Sodium chloride	5.0
pH approxe	7.3

ملحق (4) الوسط الخاص بالـ *T. thioparus*

Formula	Gram per liter
Sodium thiosulphate ($Na_2S_2O_3$)	5.0
Dipotasium thiosulphate (K_2HPO_4)	0.1
Sodium bicarbonate ($NaCO_3$)	0.2
Ammonium chloride (NH_3Cl_2)	0.1
Magnesium chloride	0.1

$(MgCl_2).6H_2O$	
Water	1 liter

Abstract

The present study was conducted to evaluate the interactive effect of agricultural sulfur, organic source and compaction on the biological oxidation of sulfur in a loamy sand soil using a complete randomization design with three replications. The study comprised of two experiments carried out under laboratory conditions using plastic cups of about 300 ml capacity.

Experiment I

The experiment contained 27 treatments prepared from the interactions of three levels of each of agricultural sulfur : 0 , 1 and 2 g S°.kg^{-1} soil ((S1, S2 and S3) , organic source : 0 , dried alfalfa, and farm yard manure (C1, C2 and C3) and soil compaction : 1.25, 1.35 and 1.45 $Mg.m^{-3}$ (M1, M2 and M3), respectively. The two organic sources were applied at a similar rate equal to 6 g carbon . kg^{-1} soil of each. During the experiment at period (45 days) of incubation at 28 C° , soil moisture content of all treatments maintained at about 50 % of the available water . After 15, 30 and 45 days of incubation, soil samples were taken and used for counting the population densities of autotrophic and heterotrophic sulfur oxidizing microorganisms as well as measuring EC, pH, $SO_4^=$ and available P.

Experiment II

The objective of this experiment was to investigate the presence and activity of the aerobic – autotrophic S – oxidizing *Thiobacillus thioparus* under the same treatments of the previous experiment.

The results obtained from the study could be summarized as follows:

1 – Application of sulfur significantly increased EC, $SO_4^=$ and available P and decreased pH values of the soil .

2 – Addition of 6 g carbon . kg^{-1} soil as dried alfalfa or farm yard manure caused in an increments in all examined parameters, except the pH which decreased significantly . Alfalfa had more effects than the manure.

3 – The soil with compaction level of 1.35 $Mg.m^{-3}$ showed significantly higher effects compared with 1.25 and 1.45 $Mg.m^{-3}$ soil ones.

4 – Population density of both autotrophic and hetrotrophic sulfur oxidizers differently affected by sulfur, organic source and compaction treatments. The highest average counts of the autotrophes were 16.6, 30.3 and 11.1 x 10^2 cells . g^{-1} dry soil were recorded under treatments S2, C2 and M2, respectively, while those of the heterotrophes (6.3, 7.6 and 5.6) x 10^7 cells . g^{-1} soil were found in S0, C3 and M2 treatments, respectively.

5 – Generally, the S*M interaction treatment showed the highest effects on the tested parameters after 30 days of incubation. The values of EC, pH, $SO_4^=$ and available P and population densities of the autotrophic and heterotrophic S – oxidizers recorded under this treatment were 4.7 $dS.m^{-1}$, 6.4 , 1575 $mg.kg^{-1}$, 9.3 $mg.kg^{-1}$, 7.98 x 10^2 and 7.98 x 10^7 cells . g^{-1} dry soil, respectively.

6 – The present study proved that the soil used contained the thiosulfate oxidizing autotrophes, while sulfur oxidizers were not detected. On the other hand, the heterotrophic microorganisms which are able to oxidize sulfur to thiosulfate were found and application of organic source significantly increased their population.

7 – The soil used harbored *Thiobacellus thioparus* species and its activity enhanced with the increase in the level of S applied and decrease in soil compaction level used. Addition of dried alfalfa plants or farm yard manure depressed the activity. The highest activity was noticed during the first interval (after 15 days of incubation) under S3*M1*C1 and S3*M2*C1 interaction treatments. The average amount of thiosulfate oxidized and pH value in the liquid culture of these two treatments, were 550 mg. 100^{-1} ml and 6, respectively.

Biological Oxidation of Applied Agricultural Sulfur to Soil at Different levels of Compaction

A Thesis Submitted to

The Council of the College of

Agriculture at the University of Al-Anbar

In Partial Fulfillment of Requirements

For the Degree of Master

In Agricultural Sciences

(Soil and Water)

By

Ali A. Kadhum Al-Ma'amery

Jan, 2003 **Dhu'l-qa'da, 1423**