جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة كربلاء
كلية الزراعة
قسم المحاصيل الحقلية

دور الكبريت الزراعي وبكتريا Thiobacillus والزنك النانوي في النمو والحاصل والصفات النوعية والكيميائية للذرة الصفراء.

رسالة مقدمة الى مجلس كلية الزراعة / جامعة كربلاء وهي جزء من متطلبات
نيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / المحاصيل الحقلية

من قبل

عماد عادل عبيس الطائي

بإشراف

أ. د. عباس علي حسين العامري

2024 م 1445هـ

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

وَيَسْـَٔلُونَكَ عَنِ ٱلرُّوحِ ۖ قُلِ ٱلرُّوحُ مِنْ أَمْرِ رَبِّى وَمَآ أُوتِيتُم مِّنَ ٱلْعِلْمِ إِلَّا قَلِيلًا ﴿٨٥﴾

صَدَقَ اللهُ العَلِيُّ العَظِيمْ

سُورَةُ الإِسْرَاءِ

إقرار المشرف

اشهد ان إعداد هذه الرسالة جرى تحت اشرافي في جامعة كربلاء - كلية الزراعة / قسم المحاصيل الحقلية وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في الزراعة - المحاصيل الحقلية.

المشرف

أ. د. عباس علي حسين العامري

بناءً على الشروط والتوصيات المتوافرة، نرشح هذه الرسالة للمناقشة

أ. د. عباس علي حسين العامري

رئيس لجنة الدراسات العليا

قسم المحاصيل الحقلية

إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة (دور الكبريت الزراعي وبكتريا **Thiobacillus** والزنك النانوي في النمو والحاصل والصفات النوعية والكيميائية للذرة الصفراء) قد جرت تحت اشرافي في قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة / جامعة كربلاء وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / المحاصيل الحقلية.

المشرف
أ.د. عباس علي حسين العامري
كلية الزراعة / جامعة كربلاء

بناءً على الشروط والتوصيات المتوافرة أرشح هذه الرسالة للمناقشة

أ.د. عباس علي حسين
رئيس قسم المحاصيل الحقلية
ورئيس لجنة الدراسات العليا

إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة المناقشة قد أطلعنا على هذه الرسالة الموسومة (دور الكبريت الزراعي وبكتريا **Thiobacillus** والزنك النانوي في النمو والحاصل والصفات النوعية والكيميائية للذرة الصفراء)، وناقشنا الطالب (عماد عادل عبيس الطائي) في محتواها، ووجدنا أنّها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / المحاصيل الحقلية.

رئيساً
أ.د. رزاق لفته أعطيه
جامعة كربلاء / كلية الزراعة

عضواً
أ.م.د. محمود ناصر حسين
كلية الزراعة / جامعة كربلاء

عضواً
أ.م.د. هدى احمد عتب
كلية الزراعة / جامعة القاسم الخضراء

عضواً ومشرفاً
أ.د. عباس علي حسين
كلية الزراعة / جامعة كربلاء

صدقت الرسالة في مجلس كلية الزراعة / جامعة كربلاء

أ.د. صباح غازي شريف
العميد وكالة
كلية الزراعة / جامعة كربلاء
/ / 2024

الاهداء

إلى المبعوث رحمة للعالمين معلم الإنسانية الأول

رسـولنا الكريم محمد صل الله عليه واله وســـلم

الى من علمني معنى الفداء والتضحية ابي حفظـــه الله..

الى ينبوع الصبر والدتي العزيزة، داعيا العلي القدير

ان يمد في عمرها بالصحة والعافية، والتي التمس دُعاءها دوماً..

إلى من تحمـــلت من أجلي الكثير زوجتي

واولادي (مهيمن ونرجس ومؤمل) حفظهم الله..

إلى من يشتد بهم أزري سندي وعوني... أخوتي وأخواتي...

الى اساتذتي و اهل الفضل علي الذين قدموا لي النصح والتوجيه والارشاد

إلى كل من مد لي يد العون وأحب لي الخير....

أهدي جهدي

عمـاد الطائي

شكر وتقدير

الحمدُ للهِ الذي خلقَ الإنسان وعلمهُ البيانَ وكرمهُ بالعقلِ وفضّلهُ بِأحسنِ تقويم، وأفضل الصلاة وأتم التسليم على محمد الامين المبعوث رحمة للعالمين وعلى آلهِ الطيبينَ الطاهرينَ.

وأتقدم بالشكر الجزيل إلى عمادة كلية الزراعة ورئيس قسم المحاصيل الحقلية لإتاحتهم الفرصة ليَ لإكمال دراستي.

بعد توفيق الله وتيسيره يسرني وأنا انهي كتابة رسالتي ان أتقدم بجزيل شكري وإمتناني الى استاذي الفاضل **الدكتور عباس علي حسين العامري** لاشرافه على هذا الجهد العلمي ولتوجيهاته القيمة طيلة فترة الدراسة فجزاه الله عني خير الجزاء.

كما أتقدم بخالص شكري و تقديري الى رئيس واعضاء لجنة المناقشة كل من **أ.د. رزاق لفتة اعطية** و **أ.م.د. هدى احمد عتب** و **أ.م.د. محمود ناصر حسين** و **أ.د. عباس علي حسين**

لتفضلهم بقبول مناقشة هذه الرسالة المتواضعة وإغنائها بآرائهم القيمة وإخراجها بأجمل وأرق صورة ، وبالتأكيد سيبقى فضل أساتذتي عليّ كبير ولا يمكن أن أنساه ما حييت فمن علمهم نهلت وبتشجيعهم ودعمهم استطعت أن أخطو خطواتي في هذا الطريق، فكل الشكر والتقدير الى رئيس وأساتذة ومنتسبي قسم المحاصيل الحقلية.

ووافر شكري وامتناني الى الأخوة زملائي طلبة الدراسات العليا من الدورة فكل واحد منهم كان اكثر من صديق، أنار الله طريقهم ويسر أمورهم وجزاهم عني خير الجزاء.

كما لا يسعني إلا ان اقدم شكري وامتناني لكل من مد لي يد العون والمساعدة، وأخص بالذكر **عائلتي**، فأرجو ان تتقبل وافر عرفاني وشكري وان يتقبلوا عذري على التقصير نحوهم.

((كن عالما..فإن لم تستطع فكن متعلما، فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع، فلا تبغضهم))

عماد عادل عبيس الطائي

المستخلص

أجريت تجربة حقلية في أحد حقول اعدادية ابن البيطار المهنية في قضاء الحسينية في محافظة كربلاء المقدسة للموسم الربيعي 2023م، وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وفق التجارب العاملية بثلاثة مكررات، وقد تضمنت التجربة ثلاثة عوامل. اذ شمل العامل الأول ثلاثة مستويات من الكبريت الزراعي (0 و1500 و3000 كغم هكتار$^{-1}$) ورمز لها بالرموز (S0 و S1 وS2) على التوالي، أما العامل الثاني فقد شمل على مستويين من بكتريا *Thiobacillus* وهما معاملة (0 و40 ملغم لتر $^{-1}$) ورمز لهما بالرموز (T0 وT1) على التوالي، أما العامل الثالث فتضمن ثلاثة تراكيز من الزنك النانوي (0 و50 و100 ملغم لتر$^{-1}$) وتمت الاشارة لها بالرموز (Zn0 وZn1 وZn2) على التوالي.

اظهرت النتائج تفوق المستوى (3000كغمS هـ$^{-1}$) معنويا في الصفات الاتية ارتفاع النبات والمساحة الورقية وعدد الاوراق ومحتوى الكلوروفيل الكلي وعدد الحبوب في العرنوص والحاصل البايلوجي وحاصل الحبوب بمتوسطات بلغت 159.92سم و6766 سم^2 و15.36ورقة نبات$^{-1}$ و2.572 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري و670.0 حبة عرنوص$^{-1}$ و13.81ميكا غرام$^{-1}$ و8.06ميكا غرام$^{-1}$ على التوالي. كما تفوق المستوى نفسه في بعض الصفات النوعية مثل نسبة النيتروجين في الحبوب ونسبة البروتين والكربوهيدرات والكبريت في الحبوب بمتوسطات بلغت 1.72% و10.79% و76.38% و0.272% على التوالي. كما لوحظ ايضاً تفوق نفس المستوى في تركيز الحديد والزنك في التربة بمتوسطين 4.32 مغلم كغم$^{-1}$ و2.88 مغلم كغم$^{-1}$ على التوالي.

بينت النتائج ان المعاملة بالبكتريا (40 ملغم لتر$^{-1}$) حققت اعلى القيم لصفات ارتفاع النبات والمساحة الورقية ومحتوى الكلوروفيل الكلي وعدد الحبوب في العرنوص ووزن 500 حبة وفي صفة الحاصل البايلوجي وحاصل الحبوب بمتوسطات بلغت 160.48سم و7260سم^2 و2.057ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري و500.8 حبة عرنوص$^{-1}$ و154.64غم و12.69 ميكا غرام$^{-1}$ و 7.52 ميكا غرام$^{-1}$ على التوالي. وقد اظهرت النتائج ايضاً تفوق معاملة بالبكتريا (40 ملغم لتر$^{-1}$) في بعض المؤشرات النوعية مثل نسبة النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحبوب ونسبة البروتين والكبريت في الحبوب بمتوسطات بلغت 1.64% و10.25% و0.239% على التوالي.

اوضحت النتائج ان معاملة الرش بالزنك النانوي (100ملغم لتر$^{-1}$) اعطت اعلى القيم لكل من ارتفاع النبات وعدد الاوراق ومحتوى الكلوروفيل الكلي وعدد الحبوب في العرنوص ووزن 500 حبة وفي حاصل الحبوب والحاصل البايلوجي بمتوسطات بلغت 167.17سم و15.28

ورقة نبات$^{-1}$ و2.236 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري و527.3 حبة عرنوص$^{-1}$ و155.53 غم و8.01ميكا غرام هـ$^{-1}$ 13.66 ميكا غرام هـ$^{-1}$ على التوالي. تفوقت المعاملة ذاتها في نسبة النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والحبوب ونسبة البروتين والكربوهيدرات والكبريت في الحبوب بمتوسطات بلغت 1.62% و10.79% و74.00% و0.239% على التوالي.

اشارت النتائج ان التداخل الثنائي بين مستويات الكبريت والمعاملة بالبكتريا كان معنويا، اذ حقق التداخل (S2T1) اعلى المتوسطات في جميع الصفات ما عدا وزن 500 حبة حقق التداخل (S0T1) اعلى متوسطا وحقق التداخل (S2T0) اعلى متوسط في الحاصل الحيوي بالمقارنة مع معاملة (S0T0) التي سجلت اقل المتوسطات. وحققت معاملة التداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S2Zn2) اعلى المتوسطات ما عدا المساحة الورقية وقطر الساق وقطر العرنوص وطول العرنوص وعدد الصفوف والحبوب بالعرنوص ونسبة الكبريت في الحبوب فقد حقق التداخل (S2Zn1) اعلى المتوسطات وحقق التداخل (S0Zn2) اعلى متوسطا لوزن 500حبة بالمقارنة مع معاملة (S0Zn0) التي سجلت اقل المتوسطات. وحققت معاملة التداخل الثنائي بين البكتريا والزنك النانوي (T1Zn2) اعلى المتوسطات في جميع الصفات بالمقارنة مع معاملة (T0Zn0) التي سجلت اقل المتوسطات.

اشارت النتائج ان التداخل الثلاثي كان معنوياً ايضاً، اذ اعطى التداخل (S2T1Zn2) اعلى المتوسطات لجميع الصفات ما عدا المساحة الورقية وطول العرنوص، لقد حقق التداخل الثلاثي (S2T1Zn1) اعلى متوسط وحقق التداخل (S0T1Zn2) اعلى متوسط لوزن 500 حبة بالمقارنة مع معاملة (S0T0Zn0) التي سجلت اقل المتوسطات.

قائمة المحتويات

تسلسل	المحتويات	الصفحة
1	**المقدمة**	1
2	**مراجعة المصادر**	3
1-2	الكبريت الزراعي	3
1-1-2	اشكال الكبريت ي التربة	3
2-1-2	تأثير الكبريت الزراعي في صفات التربة	5
1-2-1-2	تأثيره على درجة حامضية التربة (pH)	5
2-2-1-2	تأثيره على تواجد الكائنات الحية الدقيقة	5
3-2-1-2	تأثيره على البيئة	6
3-1-2	اهميته للنباتات	6
4-1-2	استجابة الذرة الصفراء للإضافة للكبريت الزراعي	8
1-4-1-2	استجابة بعض صفات النمو	8
2-4-1-2	استجابة بعض صفات الحاصل	8
3-4-1-2	استجابة بعض الصفات النوعية والكيميائية	9
2-2	الاسمدة الحيوية	10
1-2-2	بكتريا جنس *Thiobacillus*	12
2-2-2	استجابة المحاصيل للتلقيح الحيوي ببكتريا.L *thioparus* *Thiobacillus*	14
3-2	تكنولوجي النانو	15
1-3-2	الزنك النانوي	16
2-3-2	استجابة الذرة الصفراء للرش بالزنك النانوي	18
1-2-3-2	استجابة بعض صفات النمو	18
2-2-3-2	استجابة بعض صفات الحاصل	19
3-2-3-2	استجابة بعض الصفات النوعية والكيميائية	20
3	**مواد وطرائق العمل**	22
1-3	موقع التجربة والتنفيذ	22
2-3	تهيئة تربة الحقل	22
3-3	تصميم التجربة	23
4-3	تحضير بكتريا *Thiobacillus thioparus* L.	23
5-3	الزراعة وخدمة المحصول	23
6-3	تحليل النبات	24
7-3	الصفات المدروسة	24
1-7-3	تقدير بعض العناصر الغذائية في التربة	24
2-7-3	صفات النمو الخضري	25
3-7-3	صفات الحاصل	26
4-7-3	الصفات النوعية	27
8-3	التحليل الاحصائي	29
4	**النتائج والمناقشة**	30
1-4	العناصر الجاهزة في التربة	30

1-1-4	كمية الحديد بالتربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة)	30
2-1-4	كمية الزنك بالتربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة)	32
2-4	تأثير اضافة الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا*T.thioparus* والزنك النانوي في بعض صفات النمو الخضري	34
1-2-4	ارتفاع النبات (سم)	34
2-2-4	ارتفاع العرنوص (سم)	37
3-2-4	المساحة الورقية (سم^{2})	39
4-2-4	عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$)	42
5-2-4	قطر الساق (ملم)	44
6-2-4	قطر العرنوص (ملم)	47
7-2-4	طول العرنوص (سم)	49
8-2-4	محتوى الكلوروفيل الكلي (ملغم غرام$^{-1}$)	52
3-4	تأثير اضافة الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي في بعض الصفات النوعية	54
1-3-4	النسبة المئوية للنتروجين في الجزء الخضري الجاف (%)	54
2-3-4	النسبة المئوية للفسفور في الجزء الخضري الجاف (%)	57
3-3-4	النسبة المئوية للبوتاسيوم في الجزء الخضري الجاف (%)	59
4-3-4	نسبة النتروجين في الحبوب (%)	62
5-3-4	نسبة الفسفور في الحبوب (%)	64
6-3-4	نسبة البوتاسيوم في الحبوب (%)	67
7-3-4	نسبة البروتين في الحبوب (%)	69
8-3-4	نسبة الكربوهيدرات في الحبوب (%)	72
9-3-4	نسبة الكبريت في الحبوب (%)	75
4-4	تأثير اضافة الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي في بعض صفات الحاصل	77
1-4-4	عدد الصفوف في العر نوص (صف عرنوص$^{-1}$)	77
2-4-4	عدد الحبوب في العر نوص (حبة عرنوص$^{-1}$)	80
3-4-4	وزن 500 حبة (غم)	83
4-4-4	حاصل الحبوب (ميكا غم هـ$^{-1}$)	86
5-4-4	حاصل البايلوجي (ميكا غم هـ$^{-1}$)	89
5	**الاستنتاجات والتوصيات**	92
1-5	الاستنتاجات	92
2-5	التوصيات	93
6	**المصادر**	94
1-6	المصادر العربية	94
2-6	المصادر الاجنبية	96
7	**الملاحق**	113

قائمة الجداول

رقم الجدول	عنوان الجدول	رقم الصفحة
1	بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية لتربة الحقل وللعمق 0-30 سم	22
2	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في جاهزية الحديد في التربة (ملغم كغم $^{-1}$ تربة)	31
3	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في جاهزية الزنك في التربة (ملغم كغم $^{-1}$ تربة)	33
4	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة ارتفاع النبات (سم)	36
5	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة ارتفاع العرنوص (سم)	38
6	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة المساحة الورقية (سم^2)	41
7	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$)	43
8	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة قطر الساق (ملم)	46
9	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة قطر العرنوص (ملم)	48
10	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة طول العرنوص (سم)	51
11	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة محتوى الكلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$)	53
12	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة نسبة النتروجين في الجزء الخضري الجاف (%)	56
13	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة نسبة الفسفور في الجزء الخضري الجاف (%)	58
14	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة نسبة البوتاسيوم في الجزء الخضري الجاف (%)	61
15	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في نسبة النتروجين في الحبوب (%)	63
16	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في نسبة الفسفور في الحبوب (%)	66
17	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في نسبة البوتاسيوم في الحبوب (%)	68
18	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي	71

	والتداخل بينهما في نسبة البروتين في الحبوب (%)	
19	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في نسبة الكربوهيدرات في الحبوب (%)	74
20	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في نسبة الكبريت في الحبوب (%)	76
21	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في عدد الصفوف (صف عرنوص$^{-1}$)	79
22	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في عدد الحبوب (حبة عرنوص$^{-1}$)	82
23	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في وزن 500 حبة (غم)	85
24	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في حاصل الحبوب الكلي (ميكا غرام هـ$^{-1}$)	88
25	تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في الحاصل البايلوجي (ميكا غرام هـ$^{-1}$)	91

قائمة الاشكال

رقم الشكل	عنوان الشكل	رقم الصفحة
1	دور الكبريت في الطبيعة	4
2	تمثيل تخطيطي لدور عنصر الكبريت في نمو النبات وتطوره	7
3	مسار بكتريا *Thiobacillus* في تدوير الكبريت في التربة	14
4	يوضح المنحنى القياسي لتقدير الكربوهيدرات بإستعمال الكلوكوز	28
5	المنحنى القياسي لتقدير الفسفور بإستعمال KH2PO4	29

قائمة الملاحق

رقم الملحق	عنوان الملحق	رقم الصفحة
1	تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء	113
2	تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء	114
3	تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء	115
4	تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء	116
5	ملحق 5: وسط Postgate is Medium Composition.	117

1- المقدمة

تعد الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) من محاصيل الحبوب الاقتصادية المهمة في دول العالم التي تعود الى العائلة النجيلية ، إذ تحتل المرتبة الثالثة بعد الحنطة والرز والتي يعتمد عليها اكثر من ثلث سكان العالم كغذاء اساسي، يزرع المحصول لقيمته الغذائية العالية للإنسان والحيوان على حد سواء فهي مصدر رئيس للكربوهيدرات اضافة الى احتواءها على نسب معتدلة من الزيت والبروتين والاحماض الامينية الاساسية والدهون الصحية والفيتامينات المختلفة والسليلوز كما تحتوي على بعض العناصر المعدنية مثل الفسفور والمغنيسيوم والبوتاسيوم مما جعلها سلعة لا يمكن الاستغناء عنها (Ryad، 2021)

يعد محصول الذرة الصفراء من اكثر المحاصيل المجهده للتربة فهي تحتاج الى برنامج تسميد متكامل اضافة الى ما تحتاجه من العناصر الاساسية لضمان نموها وانتاجيتها (getinet،2021). فسر العديد من المختصين ان ترب المناطق الجافة وشبة الجافة منها الترب العراقية غالبا ما تحتوي على نسب عالية من كاربونات الكالسيوم قد تؤثر سلبا على جاهزية العناصر المغذية للنباتات (Jabbar وآخرون، 2021). لذا يجب اتباع اساليب علمية دقيقة من شأنها زيادة جاهزية العناصر المغذية في التربة وذات الاهميه في زيادة العمليات الفسلجية للنباتات ومن ثم زيادة تحسين نموها وتطورها ولكون النباتات لا يمكنها ان تكمل دورة حياتها بصورة طبيعية من دونها ومن هذه الوسائل اضافة الكبريت الزراعي الى التربة، اذ يعد احد الوسائل الشائعة لتحسين صفات التربة (Hoshon وYassin، 2023). وهذا يرجع الى تنوع صور الكبريت العضوية واللاعضوية وايضا تعدد انواع الاحياء المجهرية في التربة التي تشجع بالدرجة الاساس على تحول صور الكبريت العضوية الى معدنية جاهزة للامتصاص من قبل النباتات، حيث تعمل الاحياء المجهرية عند تواجد الظروف المناسبة لها من المغذيات وتهوية ودرجة الحرارة المناسبة دورا حاسما في اكسدة الكبريت حيويا في التربة ومنها بكتريا ذاتية التغذية الكيميائية التابعة لجنس Thiobacillus اذ يتحول الكبريت بفعل هذه الاحياء مع توفر الرطوبة والمدة الكافية الى حامض الكبريتيك (H_2SO_4) ويعمل الاخير بدوره على خفض درجة الحموضة pH في التربة القاعدية مما يسهم في تحسين صفات التربة وهذا بدوره يسهم في زيادة جاهزية وكفاءة العناصر المغذية الاساسية ولا سيما الصغرى منها في التربة (Jabbar وAl-Ziyadi ، 2021).

يظهر الاهتمام المتزايد بالتغذية الورقية للنبات في سنوات الاخيرة احد الوسائل التي تزيد من انتاجية وحدة المساحة اذ ان البحث عن مصادر تغذيه جديدة في رش Micronutrients

(المغذيات الصغــرى) تعد من العناصر الضرورية لنمو النبات التي يحتاجها بكميات قليلة مقارنة بما يحتاجه من العناصر الاساسية (Nieder وآخرون، 2018). ومنها الزنك النانوي الذي يؤثر في العمليات الحيوية والفسيولوجية داخل النبات اذ يعد اساس لنموه وتطوره ويدخل في تركيب العديد من الإنزيمات الحيوية التي تؤثر في عمليات الاستقلاب والنمو داخل النبات (Seyed Sharifi وآخرون، 2020).

ولكل مما تقدم نفذت الدراسة الحالية بهدف :-

1- تحديد افضل مستوى اضافة للكبريت الزراعي واثره في جاهزية بعض العناصر الغذائية الصغرى في التربة.

2- معرفة مدى تأثير التلقيح ببكتريا *T.thioparus* في عمليات اكسدة الكبريت واثره في الصفات النمو والحاصل والنوعية لمحصول الذرة الصفراء.

3- تحديد مدى الاستجابة للرش بالزنك النانوي واثره في صفات النمو والحاصل والنوعية لمحصول الذرة الصفراء.

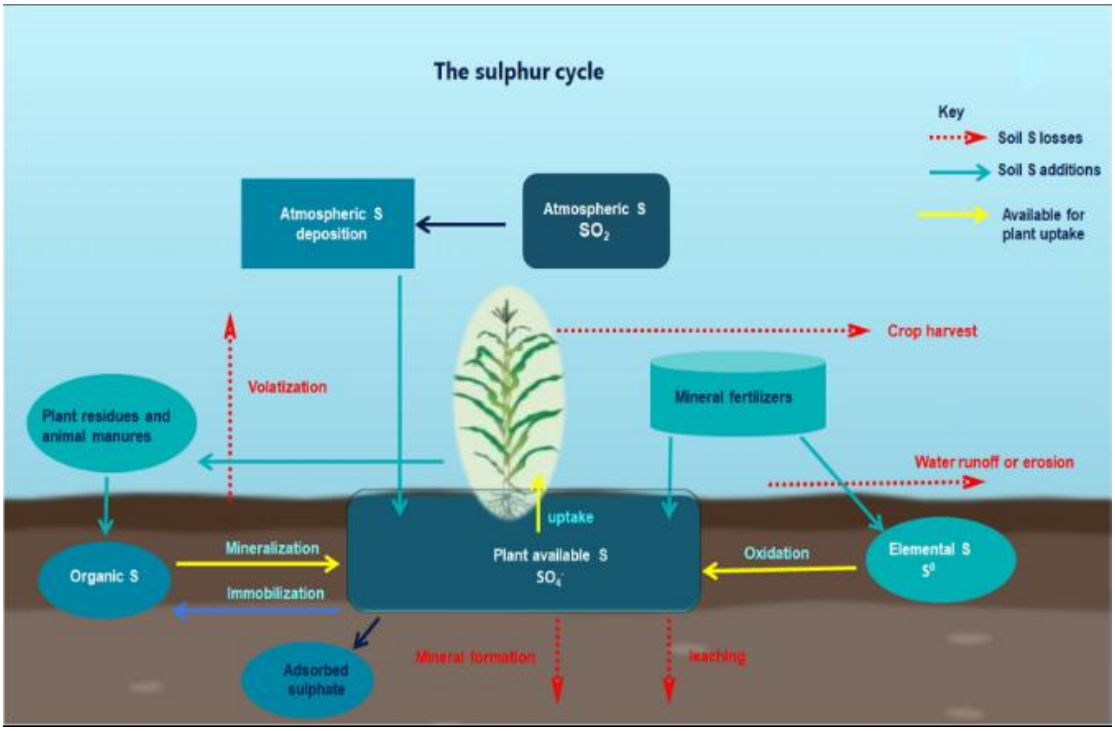
4- دراسة تاثير التداخلات الثنائية والثلاثية في الصفات المدروسة.

2- مراجعة المصادر

2-1- الكبريت (Sulphur)

2-1-1- اشكال الكبريت في التربة

يعد الكبريت من المغذيات الكبرى وتحتاج اليه النباتات بكميات اقل مقارنة بالمغذيات الكبرى الاساسية، لكنه ضروري لنموها وتطورها يمتص الكبريت بواسطة الجذور على شكل ايون الكبريتات (SO_4^{-2}) من التربة (Shah واخرون، 2022). توجد مركبات الكبريت داخل التربة على شكل عضوي وغير عضوي (معدني) والكبريت العنصري، وتعد الصورة العضوية منه اكثر وجوداً في التربة اذ يعتبر المخزن الرئيس للكبريت في التربة خاصة في المناطق الرطبة فكمية الكبريت تتناسب طرديا مع كمية المادة العضوية في التربة على شكل احماض امينية مثل السيستين والسستئين والمثيونين وايضا كبريتات فينولية والدهون الموجودة داخل التربة تتحلل هذه المكونات بفعل كائنات التربة الدقيقة ويتحرر منها الكبريت القابل للامتصاص من قبل النبات في عملية تعرف بعملية Mineralization (المعدنة) للكبريت (Magnucka وآخرون، 2023). بالنسبة للمعدني يوجد في تركيب بعض المعادن الارضية بشكل كبريتيد الحديد (FeS_2) المعروف ايضا بالبيريت خاصةً في الاراضي الغدقة وكبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$) المعروف بالجبس وايضا على شكل كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم والمغنسيوم في ترب المناطق الجافة وشبه الجافة تظهر هذه المركبات عادة على شكل بلورات او حبيبات دقيقة في التربة (Suran واخرون، 2024). اما الكبريت العنصري يوجد في باطن الارض بشكل رواسب كبريتية نتيجة لعمليات كيميائية وفيزيائية معينة وهذه الرواسب يمكن ان تظهر على شكل طبقة رقيقة او تكتلات صلبة في التربة وبنسبة عالية حيث تكثر هذه الصورة من الكبريت في الاراضي القاعدية ذاتpH العالي ويكون عنصرا خاما (Blum واخرون، 2017). يوضح المخطط في شكل (1) مصادر عنصر الكبريت من المحيط بأكمله ويوضح صورها في التربة منها الجاهز وغير الجاهز للامتصاص وكيف وصلت الى النبات أي تم امتصاصها من قبل الجذور او الاوراق.



الشكل 1: يوضح دورة الكبريت في الطبيعة (Zenda واخرون، 2021).

اي يصل الكبريت الى التربة من عدة مصادر منها معادن الصخور المتحجرة في باطن الارض التي تحتوي على الكبريتيد الذي يتأكسد ويتحول الى كبريتات والناتجة من عمليات التجوية للصخور الغنية في الكبريت وذلك عن طريق النشاط البركاني، وايضا احد مصدره الجو نتيجة معامل حرق الكبريت والفحم التي تحتوي على الكبريت يتطاير على شكل غاز ثاني اوكسيد الكبريت ويرجع الى التربة بوساطة الامطار، كذلك الكبريت الموجود في المادة العضوية (بقايا النباتات والمخلفات الحيوانية)، ومن خلال اضافة الاسمدة الكيميائية الحاوية على الكبريت، وبنسبة قليلة من خلال الكبريتات الموجودة في مياه الري (Fuentes-Lara وآخرون ، 2019). اضافة الى العوامل المؤثرة على نسبة تواجد الكبريت في التربة حيث تزداد كمية الكبريت في الترب الحامضية وذات الرطوبة العالية اي المناطق التي تكثر فيها الامطار وذات درجة حرارة منخفضه ومحتوى عالٍ من الكائنات الحية الدقيقة، لذا يكون الكبريت بأكثر من حالة منها الكبريت الممتز على الاسطح الموجبة، والكبريت في الجزء الصلب وهذه الاشكال في حالة توازن، ويوجد بأفضل حالة للنباتات عندما يكون موجودا في محلول التربة ذائب اي يكون حرا وبهذه الحالة النبات يمتص العنصر الغذائي عندما يكون الايون جاهزا للامتصاص أي في حالة ذائبة في محلول التربة (حر) او متبادل على الاسطح وذلك عن طريق الجذور (Oliveira واخرون، 2018). وايضاً تمتص جزءً من الكبريت عن طريق الهواء فان النباتات

لها المقدرة على تحويل وامتصاص غازات الكبريت في الجو SO_2 و H_2S بواسطة فروعها هذه الغازات منبعثة من حرق الفحم والمعامل الصناعية ويتم امتصاصها بشكل مباشر عن طريق الاوراق او بشكل غير مباشر بعد غسلها بماء المطر ويتم امتصاصها عن طريق الجذور بصورة كبريتات (Corpas، 2024).

2-1-2- تأثير الكبريت في صفات التربة

2-1-2-1- تأثيره على درجة حامضية التربة (pH)

تتميز ترب المناطق الجافة وشبه الجافة ومنها الترب العراقية بسقوط كميات قليلة من الامطار ونقص في كمية الماء المتاح للنباتات مما يتسبب هذا في تراكم الاملاح والمعادن بما في ذلك كاربونات الكالسيوم في التربة وتكون هذه التربة مائلة الى القلوية بسبب ارتفاع قيمة درجة التفاعل pH وزيادة كمية هذه الاملاح تأثر سلبا في نمو النباتات عن طريق تراكمها بكميات عالية حول منطقة الجذور، ايضا تعمل على خفض جاهزية العناصر ذات pH المتعادل والمنخفض مما يؤثر سلبا على صحة النباتات (Alemu واخرون، 2022). هناك العديد من الطرائق التي يمكن تطبيقها لتحسين خواص التربة القاعدية وتعزيز توافر العناصر المغذية، تعد اضافة الكبريت الزراعي واحده منها والاكثر كفاءة في استصلاح للترب القاعدية اضافة الى دوره في تغذية النباتات وذلك لما يتميز به من خلال دوره في خفض قيمة درجة التفاعل pH التربة بعدة طرق منها تأثير الكبريت على التفاعلات التربة حيث يسهم في ترسيب الكالسيوم القابل للذوبان الى شكل غير قابل للذوبان مما يقلل من تراكم كاربونات الكالسيوم في محلول التربة ويحدث ذلك نتيجة تفاعل الكبريت في التربة وتكوين H_2SO_4 (حامض الكبريتيك) ومن ثم يزيد هذا من تحرر وزيادة تركيز ايونات الهيدروجين (H) في التربة وهي بدورها تزيد من حموضة التربة (Radwan واخرون، 2024).

2-1-2-2- تاثير الكبريت على تواجد الكائنات الحية الدقيقة

الكبريت له دور مهم عند إضافته الى التربة من خلال التفاعل مع المعادن والمواد العضوية في التربة ويوفر وسطا ملائما لنمو وتكاثر الكائنات الحية المفيدة مثل بعض البكتيريا المفيدة تقوم بتثبيت النيتروجين من الهواء في التربة وتجعله متاحا للنباتات كمصدر غذائي، كما تعمل الفطريات المفيدة على تحلل المواد العضوية المعقدة وتحويلها الى مواد بسيطة يمكن للنباتات امتصاصه وتقوم هذه الاحياء مع الكبريت في تحسين الترب الطينية وزيادة قدرة تصريف الماء الزائد بعدة طرق ويساعد ذلك في تحسين هيكل التربة مما يسهل تسرب الماء

وتجنب تجمعه في المساحات المنخفضة هذا يعزز هيكل التربة وقدرتها على الاحتفاظ بالماء الكافي لري النبات وتوفير الأوكسجين لجذور النبات مما ينعكس ايجابيا على تحسين جودة التربة (Abd El-Mageed واخرون، 2020).

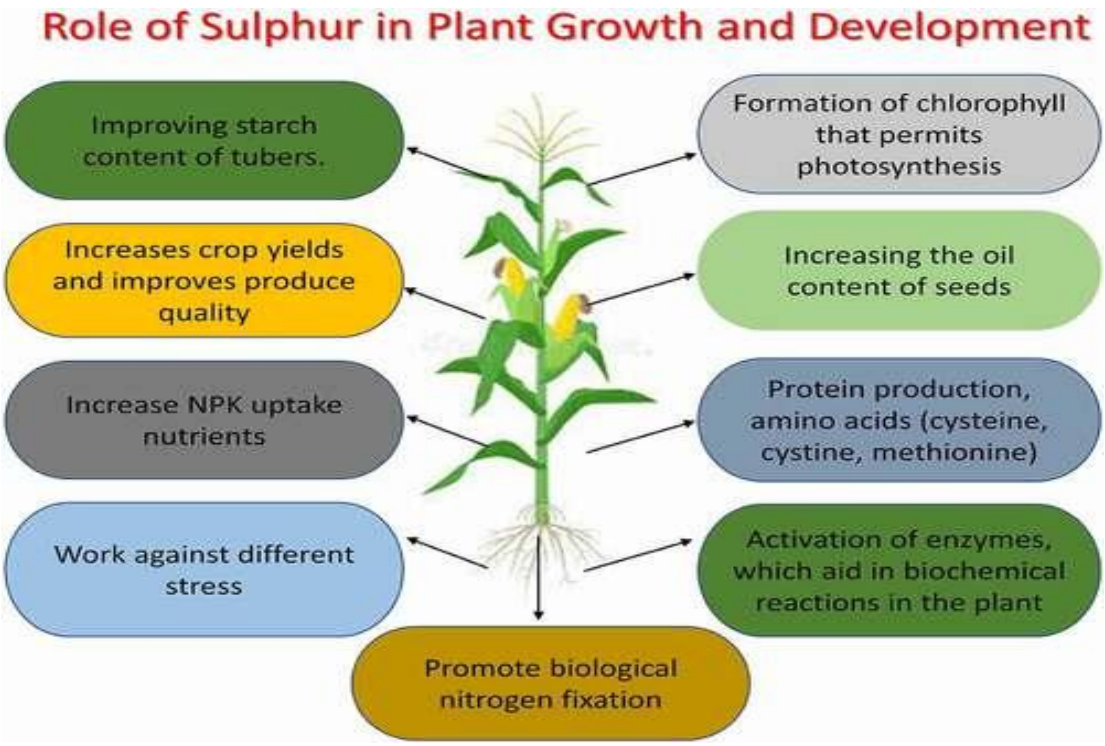
2-1-2-3- تاثير الكبريت على البيئة

تعد اضافة الكبريت جزءً من الممارسات الزراعية المستدامة وذلك من خلال اثره الايجابي على تحسين صفات التربة وسلامة النمو وزيادة انتاجية النباتات بوسائل طبيعية وفعالة وبتحقيق نظام زراعي صحي ومستدام تحافظ على التوازن البيئي وتحقق بذلك الاستدامة الزراعية على المدى الطويل (Sun واخرون، 2024)، وتحسين جودة المحاصيل بسبب ما يعززه الكبريت من زيادة تراكيز المواد العضوية في التربة مما يساعد في تحسين نوعية التربة وبهذا يحسن من مذاق الحاصل نتيجة تقليل تراكم الاملاح غير المرغوب فيها في انسجة النباتات، ايضا يعمل على الحد من الافراط باستعمال الاسمدة الاخرى من خلال تحسين فعالية الاسمدة التي يتم اضافتها والموجودة اصلا في التربة ومن ثم زيادة امتصاصها واستخدامها (Altieri، 2018).

2-1-3- اهمية الكبريت للنبات

يشترك الكبريت بعد امتصاصه في عدة وظائف حيوية مهمة داخل النبات منها تخليق البروتين، اذ يشارك في تكوين الأحماض الأمينية مثل Cysteine هي احد الاحماض الامينية الاساسية وتحتوي على عنصر الكبريت يلعب دورا هاما في تركيب البروتينات وتشكيل الجسور الكبريتية بين السلاسل الببتيدية في البروتينات، وCystine هو شكل مؤكسد للسيستين اذ يتم تكوينه عندما تتفاعل جزيئتان من السيستين ويتكون جسر كبريتي بينهما، ويعد شكلا مستقرا للكبريت في البروتينات، و Methionine هي احد الاحماض الامينية الاساسية التي تحتوي على الكبريت يستعمل في عمليات تخليق البروتين الحيوي، تلعب البروتينات ادوارا حيوية في وظائف النبات المختلفة بما في ذلك نشاط الإنزيم والدعم الهيكلي واليات الدفاع وذلك من خلال انتاج الانزيمات المشاركة في اليات الدفاع عن النبات وتخليق الهرمونات والعمليات الخلوية (Braymer واخرون، 2021)، وانتاج الفيتامينات فهو يسهم في تكوين فيتامين الثيامين (B1) والذي يعد مرافقا انزيميا ضروريا في عملية التنفس الخلوي والضروري لوظيفة الانزيمات المسؤولة في تحويل الكربوهيدرات الى طاقة، اما فيتامين البيوتين (B7) يسهم في عدة عمليات حيوية بما في ذلك تكوين الحمض النووي وتنظيم نشاط الجينات وهما ضروريان لمختلف

التفاعلات الايضية (Hsieh واخرون، 2017). ايضا يساهم في تكوين الهرمونات النباتية مثل Cytokinins (السيتوكينينات) وGibberellins (الجيبريلينات) وEthylene (الإيثيلين) وغيرها، تلعب هذه الهرمونات ادوارا متنوعة في نمو النبات وتطوره، ايضا يدخل الكبريت في تركيب الجزء الحلقي الخاص بالكلوروفيل والذي يحتوي على ذرة الكبريت مما يمكن النباتات من القيام بعملية التمثيل الضوئي بشكل فعال وهي ضرورية لإنتاج الكربوهيدرات والنمو العام وحيوية النباتات (Samanta واخرون، 2020). ويمكن للكبريت ان يعزز مقاومة النباتات لبعض الامراض، اذ يدخل في انتاج الفيتوأليكسينات وهي مركبات طبيعية تنتجها النباتات كأليات دفاع ضد مسببات الامراض تساعد هذه المركبات النباتات على مكافحة العدوى وحمايتها من الكائنات المسببة للأمراض ويقضي ايضاً على الافات التي تعيش في التربة، يلعب الكبريت دورا في حماية النباتات من الفطريات المسببة للأعفان، يمكن استخدام المركبات التي تحتوي على الكبريت مثل الثيوريدوكسين والغلوتاثيون كمواد مضادة للفطريات لمكافحة الإصابات الفطرية في النباتات، والكبريت عنصر اساس في تركيب بعض المواد الطيارة التي تعطى الطعم والنكهة المميزتين لبعض الخضراوات مثل البصل والثوم والصليبيات (Künstlerواخرون، 2020).الشكل الموجود يظهر اهمية عنصر الكبريت في تكوين عمليات النمو والتطور للنباتات.



الشكل 2: تمثيل تخطيطي لدور عنصر الكبريت في نمو النبات وتطوره (Narayan و اخرون، 2023)

2-1-4- استجابة الذرة الصفراء لإضافة الكبريت الزراعي

2-1-4-1- استجابة بعض صفات النمو

تحظى دراسة صفات نمو النبات بأهمية كبيرة كونها تعكس الحالة الفسيولوجية والكيميائية للمحصول والتي بدورها لها انعكاسات ومؤثرات ايجابية على صفات الحاصل. بين Maruf وMam (2019) من خلال دراسة اجريت على محصول الذرة الصفراء بهدف تقييم اربع مستويات من الكبريت الزراعي (0 و500 و1000 و2000 كغم Sهـ$^{-1}$) اذ لوحظ ان المستوى 2000 كغمS هـ$^{-1}$ قد اعطى اعلى متوسطا لكلا الموقعين قلياسان وكانيبانكا لصفة المساحة الورقية بلغ 78.50 و77.50سم^2 على التوالي مقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى مساحة ورقية بلغت 66.75 سم^2 لكل الموقعين

اوضح Sarheed واخرون (2020) في دراسته على محصول الذرة الصفراء لمعرفة تأثير اضافة الكبريت الزراعي (2000كغم Sهـ$^{-1}$) اذا اشارت نتائج التجربة الى ان اضافة الكبريت قد ادت الى زيادة معنوية في ارتفاع الذرة الصفراء اذ بلغ 122.8 سم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة بلغت106.7سم. كما بين El-Fahdawi واخرون (2020) في دراسته تأثير الكبريت الزراعي بثلاثة مستويات (0و 1000و 1500 كغم Sهـ$^{-1}$) على نمو نبات الذرة الصفراء اذ اظهر المستوى (1500 كغم S هـ$^{-1}$) زيادة معنوية في صفتي ارتفاع النبات والمساحة الورقية بنسبة 24.31% و36.07% على التوالي قياسا مع معاملة المقارنة.

لاحظ الدليمي والخزاعي (2024) في دراسة على محصول الذرة الصفراء بهدف معرفة تأثير اربعة مستويات من الكبريت الزراعي هي (500 و1000 و1500 و2000 كغم Sهـ$^{-1}$) اذ اعطى المستوى 2000 كغم Sهـ$^{-1}$ اعلى متوسط لارتفاع النبات والمساحة الورقية وقطر الساق ونسبة الكلوروفيل في الاوراق بلغت 200.17 سم و5513.6 سم^2 و2.27 سم و 38.9 SPAD قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط بلغت 188.27 سم و270.48 سم^2 و 1.78 سم و28.47 SPAD على التوالي.

2-1-4-2- استجابة بعض صفات الحاصل

ترتبط خصائص المحصول ارتباطا وثيقا بعدد من العمليات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية والتي تتأثر بدورها بالظروف البيئية ووسط نمو النبات خلال مراحل تطوره المختلفة، مما يدفع المزارعون والباحثون بتحسين الممارسات الزراعة وتحسين إنتاجية المحاصيل وضمان جودة

افضل للمحاصيل. لاحظ Thirupathi واخرون (2016) خلال دراسة استخدم فيها خمسة مستويات من الكبريت الزراعي (0 و 20 و 40 و 60 و 80 كغم S هـ$^{-1}$) اذ تبين ان المستوى 60 كغم S هـ$^{-1}$ قد اثر معنويا في عدد الحبوب بالعرنوص ووزن500 حبة لمحصول الذرة الصفراء بإعطائه اعلى المتوسطات بلغت 346 حبة و154.3غم على التوالي مقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط 297حبة و130غم على التوالي.

بينت نتائج Jabir S واخرون (2017) ان مستويات الكبريت (0 و 2500 و5000 كغم Sهـ$^{-1}$) قد اثرت معنويا في حاصل الحبوب الكلي لمحصول الذرة الصفراء، اذ تفوق المستوى 5000 كغم S هـ$^{-1}$ بإعطائه اعلى متوسط بلغ 7.122 طن هـ$^{-1}$ بينما اعطت معاملة المقارنة اقل متوسط للصفة بلغ 5.281 طن هـ$^{-1}$. اجرى Maruf و Mam (2019) تجربة حقلية بموقعين لبيان معرفة تأثير اربعة مستويات من الكبريت (0 و 500 و 1000 و 2000 كغم S هـ$^{-1}$) على محصول الذرة الصفراء، اذ وجد ان وزن 1000 حبة تأثر معنويا بالموقعين قلياسان وكانيبانكا بمستوى الكبريت 2000كغم S هـ$^{-1}$ بإعطائه اعلى متوسط للصفة المدروسة بلغ 27.02غم و33.92غم مقارنة مع المستوى المقارنة والذي سجل اقل متوسطا بلغ 22.26غم و 27.33 غم للموقعين على التوالي.

استنتج Kadam واخرون(2022) خلال دراسة استخدام فيها ثلاثة مستويات الكبريت (0 و 20 و 40 كغم S هـ$^{-1}$) اذ تبين ان المستوى 40 كغم S هـ$^{-1}$ قد اثر معنويا في حاصل الذرة الصفراء بإعطائه اعلى متوسطا بلغ 5297 كغم هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة المقارنة التي اعطت اقل متوسطا بلغ 4614 كغم هـ$^{-1}$.

2-1-4-3- استجابة بعض الصفات النوعية والكيميائية

الصفات النوعية هي خصائص موروثة بسيطة حيث يمكن التحكم في هذه الصفات بواسطة عدد قليل من الجينات. لاحظ Sarheed واخرون (2020) في دراسة اجريت على محصول الذرة الصفراء اذ وجد ان اضافة الكبريت بمستويين(0 و2000 كغم S هـ$^{-1}$) قد اثر معنويا في نسبة النيتروجين في الاوراق، اذ سجل المستوى (2000 كغم S هـ$^{-1}$)اعلى متوسطا بلغ 0.566% قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط 0.563%.

بين Alani و Yaquop (2020) في دراستهما لمعرفة تأثير الكبريت الزراعي على محتوى الاوراق من بعض العناصر الغذائية الاساسية النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم وكانت مستويات الكبريت (0 و2 طنS هـ$^{-1}$) اذ سجل المستوى 2 طنS هـ$^{-1}$ اعلى تركيز في الاوراق بلغ

0.566% و0.105% و1.234% قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت 0.563% و0.102 و1.230 % على التوالي. اجرى Jabbar وAl-Ziyadi (2021) دراسة لمعرفة تأثير اربعة مستويات من الكبريت (0 و 750 و 1500 و 2250 كغم S هـ$^{-1}$) على محصول الذرة الصفراء، وجد ان تركيز النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في حبوب تأثر معنويا بمستويات الكبريت، اذ اعطى المستوى 2250 كغم S هـ$^{-1}$ اعلى المتوسطات للصفات المدروسة بلغت 1.213% و0.49% و2.46% مقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى المتوسطات بلغت 0.682% و0.46% و1.75% على التوالي.

كما اشارت نتائج Kadam واخرون (2022) التي استعمل فيها ثلاثة مستويات من الكبريت (0 و 20 و 40 كغم S هـ$^{-1}$) اذ سجل المستوى 40 كغم S هـ$^{-1}$ اعلى تركيز للبروتين في حبوب الذرة الصفراء وذلك بإعطائه اعلى متوسط بلغ 10.97% قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط بلغ 9.46% .بين Mohamed و Mohamed (2023) خلال دراسة اجريت لمعرفة تاثير مستويين من الكبريت الزراعي (0 و 2.5 طن S هـ$^{-1}$) على محصول الذرة الصفراء، اذ اعطى المستوى 2.5 طن S هـ$^{-1}$ اعلى نسبة N وP وK في الاوراق اذ بلغ 3.93 و0.354 و4.44 على التوالي في حين سجلت معاملة المقارنة ادنى المتوسطات بلغت 2.87 و0.305 و3.36 % على التوالي. استنتج الدليمي والخزاعي (2024) في تجربة حقلية على محصول الذرة الصفراء استخدم فيها اربعة مستويات من الكبريت الزراعي هي (500 و1000 و1500 و2000 كغم Sهـ$^{-1}$) اذ اعطى المستوى السمادي 2000 كغم Sهـ$^{-1}$ اعلى تركيز النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في النبات في مرحلة الحصاد بلغ (1.43% و0.27% و1.02%) على التوالي قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط بلغ (0.94 % و0.06% و0.76%) على التوالي.

2-2- الاسمدة الحيوية

الاسمدة الحيوية (Bio fertilizer) تعرف بانها ميكروب او مجموعة من الميكروبات، اذ تعد الاسمدة الحيوية احد الحلول التطبيقية الامنة وهي من المتطلبات الغذائية رخيصة الثمن لتغذية النبات وتنتج بعد اختيار الميكروب المطلوب والمناسب لكل مخصب والغرض الذي ينتج من اجله (Fahad واخرون،2023). يتوجب على المعني معرفة عدة عوامل التي يتوقف عليها حجم الاستفادة من السماد الحيوي ومنها مدى كفاءة الميكروب المستعمل في تحضير اللقاحات اي يجب ان يكون الميكروب ذا جودة عالية وخالي من الملوثات وناتج عن مصادر موثوقة مثل

المخلفات العضوية المعالجة بشكل صحيح، ويتطلب اجراءات تحضير صحيحة من عمليات التخمير والتجفيف والتكوين المناسبة للحفاظ على القيمة الغذائية للمخصب، ومعرفة مدى التوافق بين الكائنات الحية الدقيقة او المخصبات الحيوية المستعملة وبين العائل النباتي وذلك بسبب خاصية المخصبات لكل منها يوفر عنصر غذائي معين ويستعمل بشكل فعال مع عائلة نباتية معينة (Rakshit واخرون، 2021).

تقسم المخصبات الحيوية من حيث طبيعتها وسلوكها على نوعين مخصبات حيوية تكافلية وتسمى هذه العملية Mutualism (تبادل المنفعة) حيث يتكفل كل منهما الاخر وذلك من خلال عمل الميكروب بأمداد النبات بالعناصر الغذائية المطلوبة واخذ بدلا منه مادة غذائية متمثلة خصوصا بمصدر الكربون ومن اشهر هذه انواع ميكروب الريزوبيوم، او مخصبات حيوية لا تكافلية اذ تعيش بشكل حر اي تحصل على غذائها من التربة ولقد وجد ان الافرازات الجذرية لبعض النباتات تشجع من النشاط الحيوي ومن انواعها ميكروب الازوتوباكتر والازوسبيريللم وبكتريا الكبريت المعدنية، ويمكن ان تقسم على حسب نشاطها ونوع العنصر الغذائي التي توفره مثال على ذلك مخصبات حيوية لإمداد النبات بعنصر النيتروجين وإذابة الفوسفات العضوي والمعدني واستخلاص البوتاسيوم والكبريت والعناصر الصغرى ومعدنة المادة العضوية كلا على حده (Alotaibi واخرون، 2021).

توجد المخصبات بعدة حالات (سائلة وصلبة) لذلك يتم استعمالها مره مباشرة على التربة اي حقن او نثر او تغليف البذور (التلقيح البكتيري) او استعمال سائل الرش او السماد المحبب بالقرب من الجذر، عند المعاملة بها مع توفر ظروف النمو المثلى من وقت كافٍ ودرجة حرارة ورطوبة مناسبة تبدأ بالتكاثر وتؤدي العديد من الوظائف المهمة لتعزيز خصوبة التربة ونمو النبات (Alotaibi واخرون، 2019). وذلك لما تحتويه من مميزات منها تحسين خواص التربة وزيادة تهوية الجذور مما يدفع العائل الى تكوين اكبر مسطح من المجموع الجذري الذي يجعله اكثر قدرة على استيعاب الماء والعناصر الغذائية، كذلك تساعد في تحويل العناصر الغذائية الموجودة في التربة الى صور جاهزة يمكن للنباتات استخدامها بسهولة نتيجة افرازها لعدد من الانزيمات وينعكس دورها هذا ايجابيا على العائل من خلال زيادة سرعة انبات البذور وعندما تصبح التربة جاهزة لإنبات البذور وتكوين مجموع جذري جيد يتسبب في تشجيع العائل لتكوين مجموع خضري جيد والذي بدوره يشجع من زيادة عملية التمثيل الضوئي مما ينتج عنه تراكم اكبر مادة غذائية جافة متكاملة غنية بالفيتامينات والكربوهيدرات والبروتين والانزيمات ومن اهدافها الاخرى المحافظة على خصوبة التربة على المدى الطويل من خلال امداد التربة

بمجموعة كبيرة ومتنوعه من الكائنات الدقيقة المفيدة للتربة وللنبات (Mushtaq واخرون، 2021).

تسهم ايضا بالحفاظ على التوازن البيئي، اذ تعد الاسمدة الحيوية بديلا صديقا للبيئة فهي تنتج عن طريق استخدام المواد العضوية الحيوية مثل السماد النباتي والحيواني والمخلفات الزراعية والمخصبات الحيوية، تعمل على تنشيط التربة الزراعية واثراءها بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو النباتات (Kumar واخرون، 2022). وايضا ان استعمال الاسمدة الحيوية يقلل من تلوث الجو نتيجة الاسمدة المتطايرة، وتقليل الضرر بالتربة والمياه الجوفية بالمواد الكيميائية الضارة، ايضا تعتبر الاسمدة الحيوية مصدرا مستداما للتغذية النباتية اذ يمكن تدوير استعمال المواد العضوية وتحويلها الى سماد جديد وهذا بدوره يقلل من الاعتماد على المصادر الاستخراجية غير المتجددة ويحد من التأثيرات السلبية على البيئة، ايضا تعمل على تقليل من الخسائر الاقتصادية وذلك من خلال زيادة خصوبة التربة على المدى الطويل ونتيجة الطلب المتزايد على المنتجات الزراعية العضوية يمكن ان يؤدي الى زيادة القيمة الاقتصادية للمحاصيل التي تم تغذيتها بواسطة الاسمدة الحيوية (Ahamed واخرون، 2021).

2-2-1- بكتريا جنس Thiobacillus

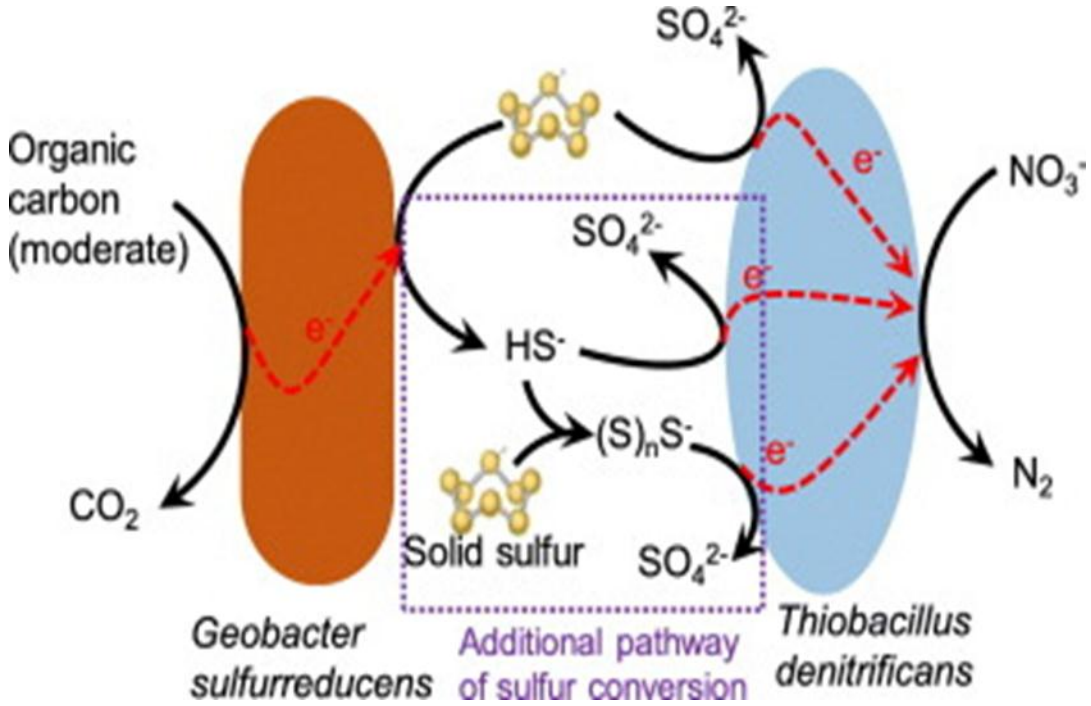
يعد جنس Thiobacillus جزء من فصيلة الثيوباسيليات (Thiobacillaceae) في رتبة الثيوباسيليات (Thiobacillales)، وتحت الفصيلة الرئيسية للفرقة الثيوباسيلية (Thiobacillia) اذ ينتمي هذا الجنس لعائلة Thiobacillaceae، وهي جزء من فئة البكتيريا البروتينية بيتا (Betaproteobacteria) وتكون على عدة انواع منها *Thiobacillus denitrificans* و*Thiobacillus thioparus* و *Thiobacillus Ferroxidans*، شكلها قضيبي أو خيطي كثيرا ما تظهر على شكل خيوط مرنة يمكن ان يصل طولها الى عدة مليمترات وهي مجموعة من البكتيريا الهوائية واللاهوائية، تعيش هذه البكتيريا في بيئات غنية بالكبريت والمركبات الكبريتية الاخرى (Boden واخرون، 2017).

تتميز بقدرتها على استعمال الكبريت او مركبات الكبريت كمصدر للطاقة وذلك خلال ما تقوم به هذه البكتيريا من افراز انزيمات خاصة تسمى *Thiobacillus* لأكسدة الكبريت والمركبات الكبريتية مثل الكبريت العنصري وكبريتيد الهيدروجين والثيوكبريتات ومعادن الكبريتيد الى اشكال قابلة للذوبان وسهلة الامتصاص واكثر استقرارا واقل سمية على صورة كبريتات ايضا (Napieralski واخرون، 2022)، يتم خلال هذه العملية انتاج الالكترونات ويتم

استعمالها في سلسلة التنفس لهذه الاحياء لانتاج الطاقة لتسير العمليات التمثيل الغذائي الخاصة بهم، تعيش بكتيريا *Thiobacillus* في مجموعة متنوعة من البيئات مثل التربة المعدنية والنفايات المعدنية الناتجة عن التعدين والينابيع الحارة والبيئات البحرية اي تعد طبيعتها محبة للحموضة ومن اكثر أنواعها التي تتواجد في الاوساط الحامضية هي *Thiobacillus Ferroxidans* اذ انها تزدهر في البيئات شديدة الحموضة اي لها القدرة ان تتكيف وتتحمل وتنمو عند مستويات pH منخفضة (Hutt، 2017).

تعد اهمية هذه البكتريا في التطبيقات الزراعية مفيدة وضرورية لتحسين جودة التربة ومد النبات بالعناصر الغذائية اللازمة لنمو وتطور النبات، وزيادة إنتاجية المحاصيل، اذ تعمل هذه البكتيريا على تحرير حامض الكبريتيك (H_2SO_4) من المركبات الكبريتية في التربة وبعد ذلك ينطلق منه ايون H ، ويعد هذا الايون مهم في تعديل درجة تفاعل التربة، وهذا بدوره يشجع زيادة جاهزية العناصر الغذائية، وايضا نحصل على عنصر الكبريت على هيأة ايون الكبريتات SO_4^{-2} المهمة في نمو وتطور حياة النبات (Osman وOsman ،2018)، ولها دور مهم في إزالة الشوائب السامة فهي تستطيع تحويل المركبات السامة الموجودة في المياه والتربة الى مركبات غير سامة، اذ يمكن استعمالها في تنقية المياه الملوثة بالمعادن الثقيلة والمركبات السامة الاخرى ومن ثم ينعكس ذلك ايجابيًاً على تقليل التأثير البيئي، وايضا يوجد لها دور مؤثر في التطبيقات البيوتقنية، اذ تعد بكتيريا الثيوباسيلس مهمة في إنتاج المواد الكيميائية القيمة والمركبات العضوية المفيدة بوساطة العمليات الحيوية وبعد ذلك يمكن استخدامها في إنتاج الاحماض العضوية والسكريات والإنزيمات والمركبات الاخرى (Besharati، 2017).

والمسار الموضح في ادناه يفسر كيفية عمل بكتريا Thiobacillus في تدوير عنصر الكبريت وانتاج الكبريتات.



الشـــكل 3: مســـار بكتريـــا *Thiobacillus* فـــي تـــدوير الكبريـــت فـــي التربـــة (Hao واخرون، 2020).

2-2-2- استجابة المحاصيل للتلقيح الحيوي ببكتريا *Thiobacillus thioparus* L.

لاحظ Besharati واخرون (2017) عند دراسة تأثير عدد من مستويات البكتريا المؤكسدة للكبريت على خواص التربة، اذ بينت نتائجهم ان هناك زيادة معنوية في جاهزية الحديد والزنك. وبين Mousavi واخرون (2019) في دراسة اجراها على محصول الحنطة لمعرفة تاثير التلقيح ببكتريا *T. thioparus*. وقد اعطت اعلى متوسطا لارتفاع النبات بلغ 88.6 سم مقارنة مع عدم الاضافة للبكتريا والتي سجلت 82.5سم.اشار Noni واخرون (2019) في دراسة اجريت بهدف تقييم مستويات مختلفة من التسميد الحيوي *Thiobacillus* على محصول الذرة الصفراء اذ لوحظ ان زيادة التسميد الحيوي قد اعطى اعلى متوسط لارتفاع النبات وحاصل الحبوب 207.09 سم و6.963 طن هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع عدم الإضافة التي اعطت ادنى المتوسطات 183.22 سم و6.362 طن هـ$^{-1}$.

اشار Pourbabaee واخرون (2020) خلال تنفيذ تجربة في البيوت المحمية لمعرفة التأثير المحتمل للبكتريا المؤكسدة للكبريت حيث اظهرت التجربة وجود زيادة معنوية في ارتفاع النبات وقطر الساق للذرة الصفراء بنسبة 18% و75% على التوالي.

اكد Sattar واخرون (2021) خلال تجربة حقلية لمعرفة تأثير الداب المغلف بالكبريت والملقح بالبكتريا المؤكسدة له على الصفات الاتية: ارتفاع النبات والكلوروفيل ووزن 1000حبة وعدد الحبوب بالعرنوص وحاصل الحبوب وزيادة جاهزية الحديد والزنك في التربة حيث سجلت اعلى المتوسطات 221سم و52.7سباد و386غم و530حبة و2.170 طن هـ$^{-1}$ 0.15% و0.20% قياسا مع معاملة عدم التلقيح بالبكتريا التي اعطت ادنى متوسطات 158سم و44 سباد و303غم و0.11% و0.12% على التوالي. وجد Mirzaie واخرون (2023) عند دراسة تاثير بكتريا Thiobacillus بثلاثة مستويات (1 و2 و3 غم كغم تربة$^{-1}$) على نمو الذرة الصفراء، اظهرت النتائج زيادة معنوية في الصفات الكلوروفيل a و b والمساحة الورقية، اذ سجل (3غم كغم تربة$^{-1}$) اعلى المتوسطات بلغت 64.8 و25.04 ملغم كغم$^{-1}$ و421.8 سم^{2} بالمقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى المتوسطات.

2-3- الاسمدة النانوية

يعد استعمال الاسمدة النانوية في برامج التسميد بديلا فعالا للأسمدة التقليدية حيث توفر العديد من الاهداف منها تعزيز كفاءة النمو النباتي، اذ تتميز الاسمدة النانوية بثبات بقائها العالي تحت ظروف التربة والبيئة الصعبة والمختلفة، اذ انها تبقى فعالة لفترة اطول في التربة مما يسمح بتوفير تغذية مستدامة ومستمرة للنبات على مدار فترة نموه، كذلك يمكن ان تشارك في تحسين خصائص التربة مثل القدرة على احتجاز اكبر كمية من الماء وتعزيز امتصاص العناصر الغذائية من التربة الى النباتات وتسهيل حركتها عبر الاغشية الخلوية في النباتات، وتعزز الاستخدام الفعال للعناصر الغذائية وتحسين تهوية التربة وتشجيع نشاط الكائنات الحية الدقيقة المفيدة (El-Saadony واخرون، 2021)، ايضا لها دور واضح في تقليل التلوث البيئي بسبب مساهمتها في تحسين الصحة البيئية الزراعية بشكل عام فهي تقلل من الاعتماد على الأسمدة التقليدية مما يقلل من تأثيرها السلبي على التربة والمياه والكائنات الحية الاخرى في البيئة، وبفضل كفاءتها العالية في استهداف اجزاء النباتات المعاملة والفرصة للتحكم الدقيق في اطلاق العناصر الغذائية للنباتات، ويمكن توجيه العناصر الغذائية بشكل اكثر فعالية نحو اجزاء النبات المستهدفة وتساعد المواد النانوية على تقليل الفقد في عملية التسميد وهذا بدوره يعمل على تقليل التلوث البيئي الناجم عن تسرب الاسمدة الى المياه الجوفية والمسطحات المائية، وزيادة قدرة

النبات على مقاومة الضغوطات البيئية مثل تغير المناخ والامراض والآفات حيث تعزز الجهاز المناعي للنباتات وتحسين استجابتها للظروف البيئية الصعبة، كل هذا يؤثر ايجابيا في تحسين إنتاجية المحاصيل وجودة المنتجات الزراعية مما يعزز الاقتصاد الزراعي ويزيد من دخل المزارعين (Babu واخرون، 2022).

2-3-1- الزنك النانوي

الزنك هو احد العناصر الغذائية الضرورية للنباتات ويتواجد في التربة على عدة اشكال منها القابل للامتصاص عندما يكون على شكل ايونات قابلة للذوبان في الماء والموجود في محلول التربة مثل Zn^{+2} وهو الشكل السائد في الاوساط البيولوجية بهذه الصورة يكون متيسرا للنباتات وسهل الامتصاص من قبل جذور النباتات واستعماله في العمليات الحيوية، اما الشكل الثاني للزنك غير القابل للامتصاص المثبت او المرتبط عندما يكون مرتبطا بمادة عضوية او غير قابلة للذوبان هذا النوع من الزنك غير متاح للنباتات اي يؤدي هذا التثبيت الى تقليل تركيز الزنك الجاهز في محلول التربة والحد من امتصاصه بواسطة جذور النباتات (Sun واخرون،2022)، ويحدث ذلك من خلال عدة عوامل تؤثر سلبا على تواجد الزنك في التربة واختفائه ومن اهم هذه العوامل هي درجة الحموضة (pH) للتربة عندما يصبح الرقم الهيدروجيني للتربة اكثر قاعدية (اعلى من 7) هنا تتناقص الجاهزية الحيوية للزنك ويصبح من الصعب على النبات امتصاصه وذلك لان ايونات الزنك تميل الى الارتباط الكيميائي بقوة اكبر بجزيئات التربة في الظروف القاعدية مما يجعلها اقل تيسرا للنباتات، ايضا انخفاض تواجد المادة العضوية يؤثر سلبا على توفر الزنك في التربة وذلك بسبب ما تتمتع به المادة العضوية بالقدرة على الخلب او الارتباط بأيونات الزنك مما يجعلها اكثر قابلية للذوبان ومتاحة للنباتات (Alani واخرون، 2019)، كذلك يمكن ان يؤثر سلبا تركيز العناصر الاخرى في التربة مثل التركيز العالي من الفوسفور على تواجد الزنك وتوافره للنباتات بعض العناصر عندما تضاف بمستويات وكميات عالية قد تنافس الزنك عندما يتعلق الامر بعملية امتصاص النباتات (He واخرون، 2021)، ونسجه التربة ويمكن ان تؤثر على نسبة الاحتفاظ بالزنك وجاهزيته، اذ تميل التربة الرملية ذات المسامات الاكبر الى الاحتفاظ بالزنك بشكل اقل وقد تتعرض للترشيح مما يؤدي الى انخفاض جاهزية الزنك للنباتات، اما التربة الطينية ذات المسامات الاصغر لها قدرة احتفاظ اعلى بالزنك ولكن محتوى الطين الزائد يمكن ان يؤدي ايضا الى انخفاض جاهزية الزنك بسبب الارتباط القوي للزنك بالمعادن الطينية، ايضا تعد الرطوبة والتهوية الكافية للتربة امرا بالغ الاهمية لتيسر الزنك بشكل مثالي، من الممكن ان تؤثر التربة المشبعة بالمياه او سيئة

التهوية الى نقص الاوكسجين وهذا يؤثر سلبا على نشاط وحيوية الجذور ويقلل من امتصاص الزنك والمواد المغذية الاخرى (Vona واخرون، 2021).

ومن اجل سد النقص الحاصل في نسبة الزنك في التربة يجب الالتزام بطرائق توفره في التربة وذلك من خلال عدة ستراتيجيات وتشمل الحفاظ على درجة الحموضة المثلى للتربة واضافة وخلط المواد العضوية في التربة وايضا تواجد الكائنات الحية المفيدة مثل البكتيريا والفطريات الموجودة في التربة قد تسهم في تحسين جاهزية الزنك للنباتات وذلك من خلال تحليل المركبات العضوية وافراز مركبات كيميائية مثل الانزيمات التي تساعد على تحليل المعادن التي تحتوي على عنصر الزنك في التربة وتحويلها الى اشكال اكثر قابلية للامتصاص، ايضا يعد امر استعمال اسمدة الزنك النانوية الاكثر قابلية للذوبان والمتاحة بسهولة للنباتات من اجل تقليل كمية الزنك المحتجز (Gondal واخرون، 2021). وعندما يوجد الزنك في التربة على هيأة ايون Zn^{+2} يحدث له امتصاص بواسطة جذور النباتات من خلال عملية تسمى التبادل الايوني حيث تطلق الشعيرات الجذرية للنباتات ايونات الهيدروجين (H^{+}) في التربة وهذا بدوره يساعد في تيسر ايونات الزنك (Zn^{+2}) من جزيئات التربة يمكن بعد ذلك امتصاص ايونات الزنك المتحررة او المتيسره بواسطة شعيرات الجذر (Gupta واخرون، 2016).

للزنك دور مهم داخل النبات، لأنه يمارس دورا حيويا في عدة عمليات منها تنشيط الإنزيمات المهمة في عمليات النمو والتطور للنباتات، ويؤثر الزنك على استجابة النباتات للهرمونات مثل الاوكسجين والجبرلين والإيثيلين اي يمكنه تعزيز او تثبيط تأثيرات هذه الهرمونات وتنقلاتها داخل النبات، ومن ثم يؤثر على العديد من الانشطة الفسيولوجية في النبات مثل نمو الجذور والازهار والثمار، كذلك مقاومة الإجهاد حيث يعد الزنك جزءً من مجموعة من البروتينات المهمة التي تساعد النباتات في مقاومة الإجهاد البيئي مثل الجفاف والتأثيرات السلبية للحرارة العالية والتلوث (Solanki، 2021). هناك ادوار اضافية للزنك من اهمها دوره في تنظيم نفاذية الغشاء الخلوي وحركة المواد خارج وداخل الخلية ويساعد على تحسين جهاز المناعة ومقاومة النباتات للأمراض (Cabot واخرون، 2019)، كذلك يعزز التلقيح وتطور الأعضاء التناسلية وتكوين البذور والثمار، اي له دور في تكوين الازهار والثمار مما يؤثر ايجابيا في انتاجية النبات وجودة المحصول، ويشارك في تنظيم العمليات الايضية داخل النباتات، اذ يقوم بتنظيم عملية خزن ونقل البروتينات والسكريات والكربوهيدرات في النباتات (Suganya واخرون، 2020).

2-3-2- استجابة الذرة الصفراء للرش بالزنك النانوي

2-3-2-1- استجابة بعض صفات النمو

اشارت نتائج Huthily واخرون (2020) في تجربة لمعرفة تاثير الرش بالزنك على نمو الذرة الصفراء خلال موسمي الربيع والخريف وكانت تراكيز الزنك (0 و50 و100 و150 ملغم لتر $^{-1}$) اذ اثر التركيز 100 ملغم لتر$^{-1}$ في صفة ارتفاع النبات بإعطاء اعلى ارتفاع للنبات بلغ 134.0 سم قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت اقل متوسط بلغ 110.5سم في الموسم الربيعي، اما في الموسم الخريفي فقد سجل التركيز 100 ملغم لتر$^{-1}$ ارتفاعا للنبات بلغ 140.8سم قياسا مع معاملة المقارنة التي اعطت ادنى ارتفاع 107.5سم.

كما بين Tharaka واخرون (2021) عند دراسة اربعة تراكيز من الزنك (0 و10 و 20 و 30 كغم Zn هـ$^{-1}$) على محصول الذرة الصفراء، قد اثرت معنويا في الصفات الاتية ارتفاع النبات وعدد الاوراق والمساحة الورقية وقطر الساق اذ سجل اعلى المتوسطات عند 30 كغم Zn هـ$^{-1}$ بلغت 178.46سم و12 ورقة نبات $^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت 121.32سم و9.13 ورقة نبات$^{-1}$ واعلى نسبة زيادة في المساحة الورقية وقطر الساق 3.07% 3.42% قياسا مع معاملة المقارنة على التوالي. اكدت نتائج Singh واخرون (2021b) في تجربة حقلية على محصول الذرة الصفراء لبيان معرفة تأثير ثلاثة تراكيز من الزنك (0 و 50 و 100 % زنك) ان التركيز الثالث قد اعطى اعلى المتوسطات لصفات ارتفاع النبات وعدد الاوراق وطول العرنوص بمتوسط بلغ 165.33سم و11.43ورقة نبات$^{-1}$ 8.86سم قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت 125.03سم و8 ورقة نبات$^{-1}$ و6.66 سم على التوالي. بين Jassim واخرون (2022) في دراسته على محصول الذرة الصفراء حيث كانت تراكيز الزنك (0 و 25 و 50 و 75 ملغم Zn لتر$^{-1}$) قد اثرت معنويا في الصفات منها ارتفاع النبات وعدد الاوراق والمساحة الورقية اذ سجل اعلى المتوسطات عند التركيز 75 ملغم Zn لتر$^{-1}$ وبلغت نسبة الزيادة 23.3% و26.4% و17.2% قياسا مع المقارنة على التوالي.

لاحظ AL-Abassi واخرون (2022) عند دراسة تراكيز مختلفة من الزنك النانوي (0 و 25 و 50 ملغم Zn لتر$^{-1}$)،ان التركيز 25 ملغم لتر$^{-1}$ اثر معنويا في ارتفاع النبات وعدد الاوراق وقد سجل اعلى المتوسطات 194.5سم و15.68 ورقة نبات$^{-1}$ قياسا مع معاملة المقارنة التي اعطت متوسطات بمقدار 185.9سم و12.90 ورقة نبات$^{-1}$، اما التركيز 50 ملغم لتر$^{-1}$ قد تفوق في صفة قطر الساق والمساحة الورقية اذ سجل 31.46 ملم و5122سم^{2} قياسا مع معاملة

المقارنة التي اعطت متوسطات 25.17ملم و4131سم^2 . اوضحت نتائج Rohini واخرون (2022) في تجربة اجريت لمعرفة تاثير الزنك النانوي على نمو الذرة الصفراء وكانت التراكيز (0 و15و 25 ملغم لتر$^{-1}$) وجد ان اعلى متوسط لارتفاع النبات وعدد الاوراق عند تركيز الزنك 25كغم هـ$^{-1}$ التي سجلت 168.13سم و13.25 ورقة نبات$^{-1}$ قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت اقل متوسط 161.40سم و12.13 ورقة نبات$^{-1}$. بينما اشار Das واخرون (2022) في دراسة اجراها في الموسم الربيعي لمعرفة تأثير الرش بالزنك النانوي على نبات الذرة الصفراء وبثلاثة تراكيز (0 و 25 و 40 ملغم لتر$^{-1}$) وجد ان التركيز 40 ملغم لتر$^{-1}$ قد أثر معنويا في ارتفاع النبات وعدد الاوراق بأعلى المتوسطات 172.68سم و13.53 ورقة نبات$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة المقارنة التي اعطت 164.09 و12.68على التوالي. بين Krishna واخرون (2023) في دراسة اجريت لمعرفة تأثير ثلاثة تراكيز من الزنك (10 و20 و30 ملغم لتر$^{-1}$) اذ تفوق 30ملغم لتر$^{-1}$ معنويا بإعطائه اعلى متوسط لصفة ارتفاع النبات بلغ 181.62سم مقارنة مع التركيز 10 ملغم نبات$^{-1}$ التي سجلت اقل ارتفاعا بلغ 150.36سم.

2-3-2-2- استجابة بعض صفات الحاصل

اجرى Das واخرون (2020) تجربة لبيان معرفة تأثير ثلاثة تراكيز من الزنك (0 و 25 و 40 ملغم لتر$^{-1}$) على محصول الذرة الصفراء وجد ان الحاصل تأثر معنويا بتراكيز الزنك اذ اعطى المستوى 40 ملغم لتر$^{-1}$ اعلى متوسط للصفة المدروسة بلغت2.705 طن هـ$^{-1}$ قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت اقل متوسط بلغ 1.788 طن هـ$^{-1}$.اكد Huthily واخرون (2020) في دراسة اجريت بعروتين (الربيعية والخريفية) ان عدد الحبوب بالعرنوص ووزن500 حبة وحاصل الحبوب قد تأثر معنويا مع تراكيز الزنك (0 و 50 و 100 و 150 ملغم لتر$^{-1}$) اذ بلغ اعلى المتوسطات عند المستوى 100 ملغم لتر$^{-1}$ وسجلت482 حبة عرنوص$^{-1}$ و132.8 غم و7582.4 كغم هـ$^{-1}$ قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت 372 حبة عرنوص$^{-1}$ و 123 غم و5749.5 كغم هـ$^{-1}$ للموسم الخريفي وعلى التوالي، اما الموسم الربيعي لا توجد فروق معنوية واضحة مع اختلاف مستويات التسميد. توصل Singh واخرون (2021) ان تركيز الزنك 30 ملغم لتر$^{-1}$ قد سجل اعلى متوسط في صفة حاصل الحبوب والحاصل البايلوجي بلغ 6.6 طن هـ$^{-1}$ و21.7 طن هـ$^{-1}$ قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط بلغ 3.1 طن هـ$^{-1}$ و10.4 طن هـ$^{-1}$ على التوالي.

اشار Jassim واخرون (2022) في دراستهم على محصول الذرة الصفراء ان تراكيز الزنك (0 و 25 و 50 و 75 ملغم لتر$^{-1}$) قد اثرت معنويا في صفة الحاصل البايلوجي، اذ تفوق

المستوى السمادي 75 ملغم لتر$^{-1}$ بإعطائه نسبة زيادة بلغت 31.5% قياسا مع معاملة المقارنة التي اعطت نسبة زيادة 7.2%. اوضح Rohini واخرون (2022) خلال دراسة اجريت لمعرفة تاثير تراكيز الزنك على محصول الذرة الصفراء حيث كانت التراكيز (0و 15و 25 ملغم لتر$^{-1}$) اذ اعطى تركيز 25 ملغم لتر$^{-1}$ اعلى متوسط لصفة حاصل الحبوب بلغ 14.63 طن هـ$^{-1}$ في حين سجل التركيز 15ملغم لتر$^{-1}$ اقل متوسط بلغ 9.60 طن هـ$^{-1}$. بين Krishna واخرون (2023) في دراسة اجريت بهدف معرفة تأثير الزنك على الصفات الانتاجية لمحصول الذرة الصفراء وكانت التراكيز (0و 15و 30 ملغم لتر$^{-1}$) اذ اوضحت النتائج ان حاصل الحبوب ازداد مع تركيز الزنك 30 ملغم لتر$^{-1}$ التي سجلت متوسطا بإنتاجية 11.03 طن هـ$^{-1}$ قياسا مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسط بلغ 6.17 طن هـ$^{-1}$.

2-3-2-3- استجابة بعض الصفات الكيميائية والنوعية

حصل Arak (2017) في تجربة حقلية في الموسم الخريفي لمعرفة استجابة الرش بالزنك على تركيز العناصر الاساسية في النبات وكانت التراكيز (0 و30 و60 و90 ملغم لتر$^{-1}$) قد اثر التركيز 90 ملغم لتر$^{-1}$ معنويا بإعطاء نسبة زيادة للصفات التالية تركيز الكلوروفيل والنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في النبات 15.21 و45.48 و61.17 و89.52% على التوالي قياسا مع معاملة المقارنة. واجرى Badawi واخرون (2022) دراسة على محصول الذرة الصفراء بهدف تقييم اربعة تراكيز (0و 20و 40و 60 ملغم لتر$^{-1}$) من الزنك النانوي وللعامين 2019 - 2020 اذ اعطى التركيز 60 ملغم لتر$^{-1}$ اعلى تركيز للبروتين بلغ 7.86% قياسا مع معاملة المقارنة التي بلغت 7.18% في عام 2019،اما عام 2020 سجل اعلى تركيز 7.53% بالمقارنة مع عدم الاضافة 6.88% لنفس الصفة.

في دراسة اجراها Stepić واخرون (2022) لبيان تأثير الرش بالزنك النانوي على محصول الذرة الصفراء، وقد وجد ان اعلى تركيز للنيتروجين في الحبوب التي بلغت 1.52% قياسا مع معاملة المقارنة التي بلغت 1.45%. توصل Jassim واخرون (2022) في دراستهم على محصول الذرة الصفراء الى تفوق الرش بالزنك بالتركيز 75 ملغم لتر$^{-1}$ من بين التراكيز المستخدمة في الدراسة (0 و 25 و 50 و 75 ملغم لتر $^{-1}$) في صفة محتوى الكلوروفيل اذ سجل اعلى نسبة زيادة بلغت 14.5% قياسا مع معاملة المقارنة . ولاحظ AL-Apassi واخرون (2022) في تجربة في الموسم الخريفي لمعرفة تاثير الرش الورقي بالزنك على تركيز الكلوروفيل في الاوراق، اذ سجل المستوى 50 ملغم لتر$^{-1}$ اعلى متوسطا 47.38 SPAD بالمقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى متوسطا بلغ 37.67 SPAD .

بين Mahesh واخرون (2022) في دراسة اجريت على محصول الذرة الصفراء لمعرفة تاثير الرش بالزنك النانوي، وقد وجد ان التركيز15ملغم لتر$^{-1}$ قد اثر معنويا في تركيز البروتين والكربوهيدرات في الحبوب اذ سجل اعلى المتوسطين 12.92% و69.36% بالمقارنة مع معاملة المقارنة التي سجلت ادنى المتوسطين 10.81% و63.03%. توصل Saraswat واخرون (2024) ان نسبة الكلوروفيل في الجزء الخضري للذرة الصفراء قد تأثرت معنويا بتراكيز الزنك (0 و 50 و 100 و 150 ملغم لتر$^{-1}$) اذ اعطى التركيز 100 ملغم لتر$^{-1}$ اعلى متوسط بلغ SPAD51.2 بينما سجلت معاملة المقارنة ادنى متوسط بلغ SPAD 45.2.

3- المواد و طرائق العمل

3-1- موقع التجربة والتنفيذ

نفذت التجربة الحقلية في احدى حقول التجارب الزراعية في اعدادية ابن البيطار المهنية الواقعة في قضاء الحسينية في محافظة كربلاء المقدسة، ضمن خط طول 44 شرقا ودائرة عرض 32 شمالا خلال الموسم الزراعي الربيعي للعام 2023 في تربة مزيجيه طينية، وذلك بهدف معرفة تأثير مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والرش بالزنك النانوي في بعض مؤشرات النمو والحاصل الذرة الصفراء.

3-2- تهيئة تربة الحقل

اجريت عمليات خدمة التربة وتهيئة الحقل من حراثة بالمحراث المطرحي القلاب ونعمت بالأمشاط القرصية وبعد ذلك التسوية، تم اخذ عينة من التربة لغرض اجراء التحاليل الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل قبل الزراعة وعلى عمق (0 – 30سم) الجدول (1) يبين ذلك.

الجدول (1) يبين التحاليل الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية للتربة قبل الدراسة

الصفة		القيمة	الوحدة
pH (1:1)		7.2	-
الايصالية الكهربائية EC (1:1)		2.68	ديسي سيمنز م$^{-1}$
المادة العضوية		1.41	غم كغم$^{-1}$
اعداد *T. Thioparus* قبل الزراعة		1×10^2	Cfug^{-1}
الايونات الذائبة	NH_4^+	12.7	ملغم لتر$^{-1}$
	NO_3^-	18.2	
P الجاهز		10.8	ملغم كغم$^{-1}$
Kالجاهز		50.16	
مفصولات التربة	الرمل	300	غم كغم$^{-1}$ تربة
	الغرين	320	
	الطين	380	
النسجة		مزيجيه طينية	

3-3- تصميم التجربة

استخدم تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (R.C.B.D) Randomized Complete Blocks Design وفق التجارب العاملية Factorial Experiment وبثلاثة مكررات يحتوي كل مكرر على 18 معاملة وزعت عشوائيا ليصبح عدد الوحدات التجريبية 54 وحدة تجريبية، تضمنت التجربة ثلاثة عوامل شمل الاول ثلاثة مستويات من سماد الكبريت الزراعي هي 0 و1500 و3000 كغم S هـ$^{-1}$ ورمز له S0 و S1 و S2على التوالي و العامل الثاني فقد تضمن مستويان من البكتريا وهي 0 و40 ملغم لتر$^{-1}$ ورمز لها T0 وT1 على التوالي اما العامل الثالث تضمن ثلاثة تراكيز من الزنك النانوي وهي 0 و 50 و100 ملغم لتر$^{-1}$ وتم رشها عند مرحلة الاستطالة وتم تأكيد الرش بالزنك النانوي مرة ثانية بعد 10 ايام (العابدي، 2011)

3-4- تحضير بكتريا *Thiobacillus Thioparus*

تم عزل بكتريا *T. thioparus* في مركز الامين للأبحاث والتقانات الاحيائية، اذ نميت هذه البكتريا على الوسط الزراعي postgat والموضح مواصفاته في جدول 1 ثم بعد ذلك تم تلقيح البكتريا عند درجة حرارة 25 – 28 درجة مئوية والرج الخفيف 120 دوره دقيقة$^{-1}$ لمدة ساعتين للوصول الى انتشار لا يقل عن 2×10^7 وحدة مستعمرة مل$^{-1}$. ثم تم تلقيحها الى التربة بطريقة الحقن.

3-5- الزراعة وخدمة المحصول

بعد تنفيذ عمليات خدمة التربة من حراثة وتنعيم وتسوية تم تجزئة ارض التجربة الى 54 وحدة تجريبية بلغت مساحة الوحدة التجريبية (2 م × 3 م) وكانت المسافة بين القطاعات وبين الوحدات التجريبية 1م ثم بعد ذلك تم معاملة الوحدات التجريبية بإضافة الكبريت الزراعي النقي 95% قبل موعد الزراعة بثلاثة اسابيع وتم خلطة جيدا بالخرماشة اليدوية من اجل عدم نقلة الى الوحدات التجريبية الاخرى وبعد ذلك تم معاملة الوحدات بإضافة السماد الحيوي (بكتريا *Thiobacillus*) ومن ثم اعطاء رية للوحدات المعاملة من اجل ذوبان الكبريت الزراعي وزيادة تأكسد البكتريا للكبريت، وبتاريخ 14\3\2023 تمت زراعة بذور الذرة الصفراء الهجين صنف الفرات في جور وعلى خطوط والمسافة بين خط واخر 75 سم والمسافة بين جورة واخرى 25 سم وكل معاملة شملت اربعة خطوط وكل خط 8 جورة ، وضعت 3 بذور في كل جورة وعلى عمق 3 سم وبعد 20 يوما من البزوغ خفت النباتات الى نبات واحد

في كل جورة لتصبح الكثافة النباتية 53333.33 نبات هـ$^{-1}$ الساهوكي (1990). تم التخلص من الادغال النامية مع المحصول عن طريق العزق اليدوي كلما دعت الحاجة الى ذلك ، تمت اضافة السماد النتروجيني بمقدار320 كغمN هـ$^{-1}$ بهيأة سماد اليوريا (N%46) حسب المعاملات وعلى دفعتين الاولى عند ارتفاع 30 سم للنبات (مرحلة الاستطالة) والثانية عند مرحلة التزهير وتم اضافة السماد الفوسفاتي (P_2O_5%20) بهيأة سوبر فوسفات الاحادي وبكمية 87.2 كغمP هـ$^{-1}$ اما السماد البوتاسي فقد اضيف بهيأة عالي البوتاس (K%52) بمقدار 66.4 كغم Kهـ$^{-1}$ بدفعة واحدة قبل الزراعة (وزارة الزراعة 2006) ، وتمت مكافحة حشرة حفار ساق الذرة *Sesamia gilica* بإضافة مبيد الديازينون 10% المحبب وبمعدل 6 كغم هـ$^{-1}$ وعلى دفعتين تلقيما في القمم النامية الاولى بعد 4-5 اوراق والثانية بعد 15 من المكافحة الاولى (وزارة الزراعة، 2006). واستمرت عمليات الخدمة حتى نهاية الموسم من الري وكان سيحا والتعشيب كلما دعت الحاجة الى ذلك، اجريت عملية الحصاد عند وصول النباتات الى مرحلة النضج التام .

3-6- تحليل النبات

تم اخذ عينات نباتية من المادة الجافة والبذور مجففة ومطحونة بحيث تكون عينات ممثلة للمجتمع وذلك لكي يتم اجراء عملية الهضم و حسب طريقة الصحاف (1989) اذ تؤخذ العينة بوزن 0.2 غرام ، يتم اضافة حامض الكبريتيك المركز الى العينة وبمقدار 3.5 سم^3 وتترك بعد ذلك لمدة 24 ساعة بعدها يتم اضافة 1 سم^3 من حامض البيروكلوريك ثم يسخن الخليط على نار خفيفة حتى يصبح المحلول صافيا و شفافا وبعدها تترك العينة لفترة من الوقت حتى تبرد ويتم نقلها كميا الى دورق زجاجي ويكمل الحجم الى 50 سم^3.

3-7- الصفات المدروسة

3-7-1- تقدير بعض العناصر الغذائية في التربة

3-7-1-1- تركيز الحديد والزنك الجاهز في التربة

تم اخذ عينات من تربة الوحدات التجريبية وبعمق (0-30سم) وجففت التربة هوائيا ونعمت ومررت من منخل قطر فتحاته 2ملم وحفظت بعلب لأجراء التحاليل الازمة ومن ثم قدرت ايونات هذه العناصر في التربة بالطريقة الموصوفة من قبلLindsay وNovell (1978) بإضافة 20 مل من محلول الاستخلاص DTPA (0.005 عياري) ذي درجة تفاعل (PH=7.3) الى 10غم تربة ورج لمدة ساعتين ورشح ثم قدرت العناصر باستعمال جهاز

التحليل الطيفي بالامتصاص الذري Atomic absorption Spectrophotometer نوع (PG 990).

3-7-2- صفات النمو الخضري

اختيرت خمسة نباتات لكل وحدة تجريبية وبشكل عشوائي من الخطوط الوسطى عند مرحلة النضج الفسيولوجي التام وتم قياس صفات النمو الاتية ومن ثم استخراج متوسط كل منها .

3-7-2-1- ارتفاع النبات (سم)

تم قياس ارتفاع النبات بواسطة شريط قياس ابتداء من سطح التربة الى العقدة السفلى للنورة الذكرية.

3-7-2-2- ارتفاع العرنوص (سم)

تم قياس ارتفاع العرنوص باستعمال شريط القياس من سطح التربة الى العرنوص الرئيسي.

3-7-2-3- عدد الأوراق (ورقة نبات$^{-1}$)

تم حساب عدد الأوراق من سطح التربة ولغاية اخر ورقة للنبات وتم استخراج متوسطاتها.

3-7-2-4- المساحة الورقية (سم^2)

حسبت المساحة الورقية للنبات عند اكتمال التزهير واستخرج متوسطها من خلال حساب طول ورقة تحت ورقة العرنوص (الساهوكي وجياد,2014) .

3-7-2-5- طول العرنوص (سم)

قيس طول العرنوص من القاعدة وحتى الوصول الى قمته باستعمال المسطرة.

3-7-2-6- قطر العرنوص (ملم)

تم حساب قطر العرنوص من خلال استعمال الة القدمة Vernier micrometer من منتصف العرنوص (الساهوكي,1990) .

3-7-2- 7- قطر الساق (ملم)

تم حساب قطر الساق باستخدام الة القدمة Vernier micrometer من منتصف النبات بعد مليمتر واحد من بعد العقدة الثانية على الساق مع مراعاة إزالة غمد الساق (الساهوكي,1990) .

3-7-2-8- محتوى الكلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري)

تم تقدير محتوى الكلوروفيل الكلي في الاوراق الخضراء من نبات الذرة الصفراء وفق طريقة (mckinney، 1941) حيث تم استخدام 200 ملغم من الاوراق الخضراء وقطعت بواسطة مقص معقم ثم طحنت في هاون خزفي بوجود 6 مل من الاسيتون وبتركيز 80 % حيث اصبح لون الراسب خاليا من الصبغة الخضراء وبعد ذلك تم فصل الراشح عن الراسب بواسطة جهاز الطرد المركزي(centrifuge) لمدة 10 دقائق وبسرعة 1600 ، ووضع المستخلص في انابيب معتمه لكي لا تتأكسد الصبغة في الضوء وتم اكمال الحجم بإضافة الأسيتون وتم تحضير عينه (Blank) حيث تحتوي هذه العينة على جميع المواد المستعملة في التجربة ما عدا العينة النباتية وبعد ذلك تم قياس الكثافة الضوئية للراشح من خلال مقياس الطيف الضوئي (Spectrophotometer) عند الطوليين الموجيين 645 و 663 نانو ميتر حيث تم تقدير الكلوروفيل في اوراق النباتات المحسوبة على اساس ملغم غم $^{-1}$ نسيج نبات طري عن طريق الاستعانة بالمعادلة الاتية :

$$\text{Chlorophyll Total} = \{22.2(D645) + 8.02(D663)\} \times V/1000xW$$

حيث ان:

V = الحجم النهائي للراشح بعد اتمام عملية الفصل بواسطة جهاز الطرد المركزي.

D = قراءة الكثافة الضوئية للكلوروفيل المستخلص.

W = الوزن الطري (غم). ان وحدة قياس الكلوروفيل هي ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري .

3-7-3- صفات الحاصل

بعد وصول النباتات الى مرحلة النضج التام تم اخذ النباتات الخمسة من كل وحدة تجريبية نفسها التي استخدمت في قياس صفات النمو وقطعها بالقرب من سطح التربة ومن ثم جففت هوائيا وذلك لإجراء دراسة صفات الحاصل.

3-7-3-1- عدد الصفوف في العرنوص (صف عرنوص$^{-1}$)

حسبت عدد الصفوف في العرنوص .

3-7-3-2- عدد الحبوب في العرنوص (حبة عرنوص$^{-1}$)

تم حساب عدد بالحبوب في العرنوص من كل عرنوص.

3-7-3-3- وزن 500 حبة (غم)

بعد اجراء التفريط يدويا للحبوب تم حساب 500 حبة يدويا وبصورة عشوائية من الحبوب، ووزنت بميزان الكتروني حساس.

3-7-3-4- الحاصل البيولوجي (ميكاغرام هـ$^{-1}$)

تم حسابه من خلال المعادلة BY = V+G ومن ثم تم تحويله الى ميكاغرام هـ$^{-1}$ (محمد وابو ضاحي ،2013).

BY= الحاصل البيولوجي (ميكاغرام هـ$^{-1}$)

V= الجزء الخضري (ميكاغرام هـ$^{-1}$)

G= وزن العرنوص (ميكاغرام هـ$^{-1}$)

3-7-3-5- حاصل الحبوب الكلي (ميكا غرام هـ$^{-1}$)

حسب من خلال ضرب متوسط حاصل خمس نباتات × الكثافة النباتية ثم تم بعد ذلك تحويله الى ميكا غرام هـ$^{-1}$(الساهوكي،2007).

3-7-4- بعض الصفات النوعية

اخذت نماذج مجففة ومطحونة لخمس نباتات من كل وحدة تجريبية نفسها التي استعملت لقياس صفات النمو والحاصل.

3-7-4-1- تركيز الكربوهيدرات (%)

تم تقدير تركيز الكربوهيدرات حسب طريقة Herbert (1971) وذلك بإخذ 1غم من الحبوب الجافة المطحونة واضيف له 50 مل من الماء المقطر المغلي ومن ثم يوضع في حمام مائي لمدة نصف ساعة وبدرجة حرارة 80% ثم ترشح العينة ويكمل الراشح الى 50 مل من الماء المقطر، ومن ثم يؤخذ 1 مل من كاشف الفينول 5% و1مل من راشح العينة ويمزج جيدا ثم يضاف اليه 5 مل من حامض الكبريتيك المركز و من ثم اضافة 10 مل من الماء المقطر لغرض التخفيف وبعدها يتم قياس شدة اللون بجهاز Spectrophotometer عند طول موجي 488 نانوميتر.

شكل 4 يوضح المنحنى القياسي لتقدير الكربوهيدرات باستعمال الكلوكوز (ملغم لتر$^{-1}$)

3-7-4-2- تركيز الكبريت (%)

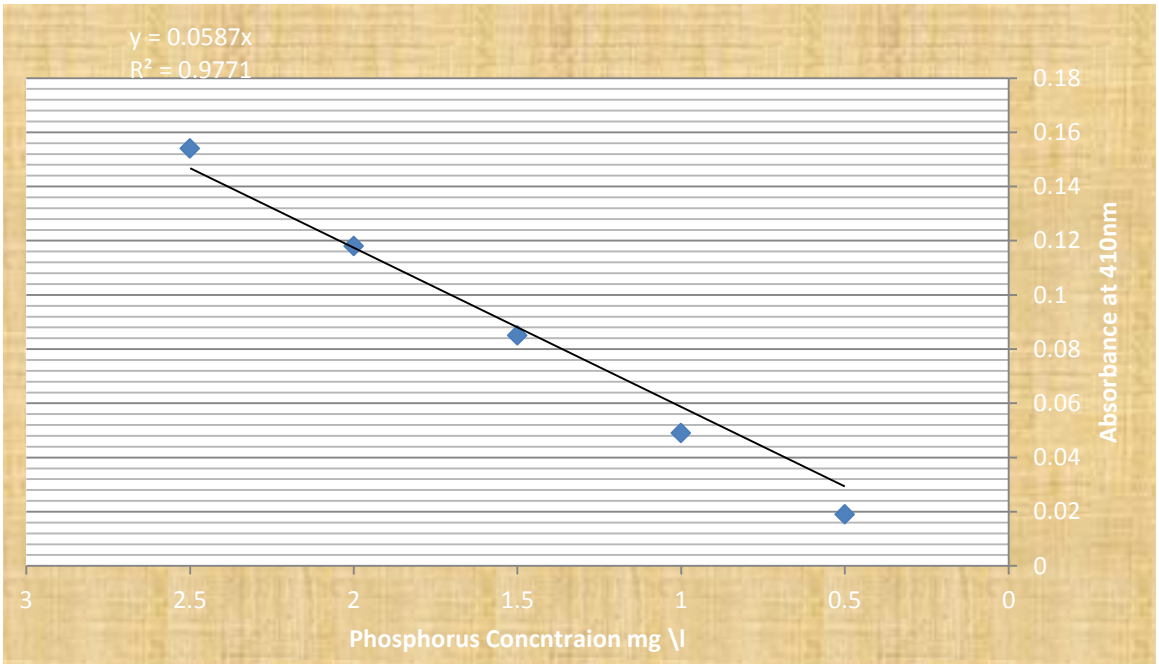
قدر الكبريت في الحبوب من إضافة Gumacacia (0.5 %) وحامض الخليك الثلجي مع الماء المقطر بنسبة (1:1) وإضافة كلوريد الباريوم ($BaCl_2.2H_2O$) ثم التقدير باستعمال جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer على طول موجي 420 نانوميتر بحسب الطريقة الواردة في Williams و Steinbergs (1959).

3-7-4-3- تركيز النتروجين في الجزء الخضري والحبوب (%)

قدرت تركيز النتروجين بواسطة جهاز Micro Kjeldahl في مختبرات كلية الزراعة-جامعة كربلاء وحسب طريقة (George واخرون ،2013).

3-7-4-4- تركيز الفسفور في الجزء الخضري والحبوب (%)

تم تقدير تركيز الفسفور في مختبرات كلية الزراعة – جامعة كربلاء بواسطة جهاز Spectrophotometer وذلك من خلال استخدام مولبيدات الامونيوم وفندات الامونيوم وبطول موجي 410 نانو ميتر حسب طريقة (الصحاف ،1989).



شكل 5 يوضح المنحنى القياسي لتقدير الفسفور باستعمال KH_2PO_4 (ملغم لتر$^{-1}$)

3-7-4-5- تركيز البوتاسيوم في الجزء الخضري والحبوب (%)

تم تقدير تركيز البوتاسيوم حسب الطريقة التي اقترحها Page واخرون (1982) وذلك من خلال استخدام جهاز اللهب Flame photometer .

3-7-4-6- تركيز البروتين (%)

تم حساب تركيز البروتين من خلال المعادلة الاتية :-

نسبة البروتين % = النسبة المئوية للنتروجين × 6.25 (A.O.A.C، 1975).

3-8- التحليل الاحصائي

تم تحليل البيانات احصائيا باستعمال تحليل التباين بترتيب التجارب العاملية ضمن تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (RCBD) وقورنت المتوسطات الحسابية للمعاملات باستعمال اقل فرق معنوي عند مستوى احتمال (0.05) وباستعمال البرنامج الاحصائي Genstate لمعرفة طبيعة الاختلافات بين المعاملات (الراوي وخلف الله، 2000).

4- النتائج والمناقشة

4-1- العناصر الجاهزة في التربة

4-1-1- تركيز الحديد الجاهز في التربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة)

يتضح من الملحق 1 لتحليل التباين ان مستويات الكبريت الزراعي والتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي كان معنويا، اما التلقيح ببكتريا *T. thioparus* والرش بالزنك النانوي والتداخل الثنائي بين الكبريت والبكتريا والزنك والبكتريا والتداخل الثلاثي كان غير معنويا.

يتبين من نتائج الجدول 2 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في كمية الحديد الجاهز في التربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة)، حيث اعطت المعاملة S2 اعلى قيمة بلغت 4.32 ملغم كغم$^{-1}$ تربة بينما اعطت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل قيمة بلغت 2.85 ملغم كغم$^{-1}$تربة. يعزى سبب زيادة جاهزية عنصر الحديد في التربة الى وجود وسط حامضي نتيجة اضافة الكبريت الزراعي وتكوين حامض الكبريتيك وتحرير ايونات الهيدروجين (Almotory واخرون، 2020)

كما يلحظ من الجدول ذاته عدم وجود فروق معنوية عند التلقيح ببكتريا *T. thioparus* وعند الرش بالزنك النانوي. كما يظهر الجدول ذاته عدم وجود فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T). كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى قيمة والتي بلغت 4.78 ملغم كغم$^{-1}$ تربة بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل قيمة التي بلغت 2.76 ملغم كغم$^{-1}$ تربة و لم تختلف معنويا عن المعاملات S0Zn1 وS1Zn1 وS0Zn2. ايضا هناك تداخل ثنائي غير معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول نفسه عدم وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn).

الجدول 2: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في جاهزية الحديد في التربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة)

الكبريت (S)	الزنك النانوي (Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	2.64	2.84	2.76
	Zn 1	2.93	2.89	2.84
	Zn 2	2.84	2.95	2.94
S 1	Zn 0	3.88	2.97	3.89
	Zn 1	2.84	3.91	2.89
	Zn 2	2.80	3.58	3.21
S 2	Zn 0	3.92	3.94	3.92
	Zn 1	4.95	3.92	4.28
	Zn 2	4.62	4.62	4.78
				متوسط S
التداخل S * T	S0	2.80	2.89	2.85
	S1	3.23	3.43	3.33
	S2	4.27	4.38	4.32
				متوسط Zn
التداخل Zn * T	Zn0	3.48	3.57	3.52
	Zn1	3.25	3.42	3.33
	Zn2	3.57	3.71	3.64
متوسط (T)		3.43	3.57	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.19	N.S	N.S	0.48	N.S	N.S	N.S

4-1-2- كمية الزنك الجاهز في التربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة)

يشير ملحق 1 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *thioparus* والتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي كان معنويا، في حين ان الرش بالزنك النانوي والتداخل الثنائي بين الكبريت والبكتريا والزنك والبكتريا والتداخل الثلاثي كان غير معنويا.

اشارت نتائج الجدول 3 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) حيث اعطت المعاملة S2 اعلى قيمة والتي بلغت 2.88 ملغم كغم$^{-1}$ تربة والتي لم تختلف معنويا عن المعاملةS1 بينما اعطت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل قيمة والتي بلغت 1.54 ملغم كغم$^{-1}$ تربة. يعزى ذلك الى ان زيادة مستويات الكبريت قد خفضت درجة تفاعل التربة وزيادة الحامضة فيها وهذا بدوره عمل على زيادة جاهزية العناصر الصغرى ومنها الزنك (احمد، 2016)،

كما يلحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح ببكتريا *T. thioparus* اعطت اعلى تركيزا للزنك في التربة والتي بلغت 2.55 ملغم كغم$^{-1}$ تربة بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح T0 التي اعطت اقل تركيز للزنك والتي بلغت 2.27 ملغم كغم$^{-1}$ تربة. قد يعزى هذا الى النشاط الميكروبي من خلال استعمال *T. thioparus* في التربة مما يعمل على زيادة تفاعل الكبريت واكسدته في التربة مما يؤدي الى انخفاض في قيمة pH التربة وانعكاس ذلك على زيادة جاهزية العناصر الصغرى منها الزنك وزيادة امتصاصه من قبل النبات (Almotory واخرون، 2020).

يلاحظ من الجدول نفسه عدم وجود تأثير معنوي عند مستويات الرش بالزنك النانوي (Zn) في تركيز الزنك الجاهز في التربة ملغم كغم$^{-1}$ تربة. كما يظهر الجدول ذاته عدم وجود فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T). كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى قيمة للزنك الجاهز والتي بلغت 2.97 ملغم كغم$^{-1}$ تربة التي لم تختلف معنويا عن المعاملات S1Zn1 وS1Zn0 وS2Zn0 وS2Zn1 وS1Zn2 بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل قيمة للزنك الجاهز والتي بلغت 1.14 ملغم كغم$^{-1}$ تربة والتي لم تختلف معنويا عن S0Zn1. وهناك تداخل ثنائي غير معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول نفسه عدم وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn).

الجدول 3: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في جاهزية الزنك في التربة (ملغم كغم$^{-1}$ تربة).

الكبريت (S)	الزنك النانوي (Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	0.84	1.20	1.14
	Zn 1	2.03	1.44	1.41
	Zn 2	1.62	2.09	2.06
S 1	Zn 0	2.91	2.83	2.89
	Zn 1	2.37	2.87	2.96
	Zn 2	3.10	2.84	2.60
S 2	Zn 0	2.31	2.72	2.87
	Zn 1	3.25	3.43	2.80
	Zn 2	2.88	2.69	2.97
متوسط S				
التداخل S * T	S0	1.36	1.72	1.54
	S1	1.70	2.93	2.82
	S2	2.76	3.00	2.88
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	2.02	2.58	2.30
	Zn1	2.25	2.53	2.39
	Zn2	2.55	2.54	2.54
متوسط (T)		2.27	2.55	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.32	N.S	0.26	0.56	N.S	N.S	N.S

4-2- تأثير اضافة الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي في بعض صفات النمو الخضري

4-2-1- ارتفاع النبات (سم)

يبين ملحق 1 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

اظهرت نتائج الجدول 4 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة ارتفاع النبات (سم)، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى متوسط لارتفاع النبات اذ بلغ 159.92سم بينما سجلت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل متوسط لارتفاع النبات بلغ 146.76 سم وبنسبة زيادة بلغت 8.96%. ربما يعود هذا التفاوت في ارتفاع النبات الى دور الكبريت في تحسين النمو الخضري للنباتات وذلك من خلال تحسين خصوبة التربة نتيجة تكوين وسط حامضي للتربة اي خفض قيمة الاس الهيدروجيني للتربة (pH) مما زاد من جاهزية وامتصاص العناصر الغذائية الصغرى منها الحديد والزنك كما في الجدول 2 و3 حيث يعد الزنك المكون الاساس لمركب التربتوفان والذي يتركب من الاوكسين المسؤول عن ارتفاع النبات، كما ان للحديد دور مهم في زيادة نسبة الكلوروفيل في الاوراق وبالتالي زيادة عملية التركيب الضوئي، او قد يعود الى زيادة جاهزية العناصر الكبرى منها النتروجين واهميته في تكوين القواعد النيتروجينية والبروتين التي تعمل على زيادة حجم الخلايا وسرعة انقسامها (الفرج، 2021) مما يؤدي الى زيادة في المجموع الخضري وبالتالي تلاحظ هذه الزيادة في ارتفاع النبات.

كما يبين الجدول ذاته ان معاملة التلقيح ببكتريا *T. thioparus* (T1) اعطت اعلى متوسط لارتفاع النبات والذي بلغ 160.48سم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 147.20سم وبنسبة زيادة بلغت9.02%. ربما يعود ذلك الى احد ادوار البكتريا المضافة في تسريع اكسدة الكبريت وتكوين حامض الكبريتيك المهم في خفض قيمة pH التربة وبالتالي يعمل على زيادة جاهزية وامتصاص العناصر الغذائية وايضا تكوين الكبريتات ($SO4^{-2}$) التي تعد افضل صورة للامتصاص الكبريت مما تساهم هذه المواد في زيادة نشاط العمليات الحيوية داخل النبات وبالتالي زيادة كفاءة عملية البناء الضوئي ثم زيادة تراكم المادة الجافة مما ينعكس ايجابا في زيادة ارتفاع النبات (Almosuly وSaid 2018).

بينت النتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في ارتفاع النبات، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط اذ بلغ 167.17سم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 والتي اعطت اقل متوسط 137.52 سم وبنسبة زيادة بلغت 21.56%. ربما يعزى ذلك لدور الرش بالزنك النانوي في تخليق الحامض الأميني Tryptophan (تربتوفان) الذي يعتبر المادة الاساس لصنع الهرمون النباتي Auxin (الاوكسين) الموجود في القمة النامية للنباتات المسؤول عن ارتفاع النبات وذلك من خلال دوره الضروري في زيادة انقسام الخلايا واستطالتها وتكوين اكبر عدد من الخلايا وهذا بدوره يودي الى زيادة نمو النبات وبالتالي ينعكس ايجابيا على ارتفاع النبات (Al-Mehemdi واخرون، 2015).

يظهر من الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث انخفض ارتفاع النبات في معاملة S0T0 والذي بلغ 132.09سم بالمقارنة مع معاملةS2T1 التي اعطت اعلى متوسط لارتفاع النبات بلغ 169.24سم. كما بينت النتائج هناك فروقا معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى متوسط لارتفاع النبات والذي بلغ 166.04سم بالمقارنة مع معاملة S1Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 133.23سم. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي(T*Zn) اذ تفوقت المعاملة T1Zn2 معنويا بإعطائها اعلى متوسط بلغ 173.86سم بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط لارتفاع النبات والذي بلغ 130.96سم. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط لارتفاع النبات بلغ 171.00سم بالمقارنة مع المعاملة S1T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 126.29سم.

الجدول 4: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة ارتفاع النبات (سم) .

الكبريت (S)	الزنك النانوي (Zn)	بكتريا *T. thioparus* (T)		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	127.90	148.19	138.04
	Zn 1	140.05	157.86	148.96
	Zn 2	152.58	168.66	160.62
S 1	Zn 0	126.29	140.17	133.23
	Zn 1	162.54	156.32	159.43
	Zn 2	160.99	169.76	165.37
S 2	Zn 0	143.96	152.92	148.44
	Zn 1	152.80	168.19	160.49
	Zn 2	161.09	171.00	166.04
متوسط S				
التداخل S * T	S0	132.09	161.43	146.76
	S1	151.22	147.45	149.33
	S2	150.60	169.24	159.92
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	130.96	144.09	137.52
	Zn1	154.48	160.16	157.32
	Zn2	160.47	173.86	167.17
متوسط (T)		147.20	160.48	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
3.54	3.54	2.89	6.13	5.00	5.00	8.67

4-2-2- ارتفاع العرنوص (سم)

يتضح من الملحق 1 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك والثلاثي بين الكبريت والبكتريا والزنك كان معنويا، اما التداخل الثنائي بين الكبريت والبكتريا والزنك والبكتريا كان غير معنويا.

اوضحت نتائج الجدول 5 وجود فروق معنوية عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة ارتفاع العرنوص (سم)، حيث اعطت المعاملة S2 اعلى متوسط بلغ 106.17سم بينما اعطت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل متوسط بلغ 83.25 سم وبنسبة زيادة بلغت 27.53%. قد يعزى ذلك الى دور الكبريت الزراعي في توفر العناصر الغذائية اللازمة لنمو وتطور النبات هذا يجبر النبات على النمو بأقصى ارتفاع وبفترة اطول (الجدول4) ثم بعد مرحلة النمو يتوجه النبات الى مرحلة حفظ النوع اي ظهور اعضاء التكاثر (العرنوص) بالتالي هذا يوثر في زيادة ارتفاع العرنوص عن سطح التربة.

كما لوحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط لارتفاع العرنوص اذ بلغ 96.24 سم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 89.24 سم وبنسبة زيادة بلغت7.84%. ربما يرجع الى التأثير الناتج عن زيادة اعداد الأحياء الدقيقة من نوع *T. thioparus* والتي تقوم بزيادة عمليه الاكسدة للكبريت وتحرير ايونات الهيدروجين مما ادى الى خفض درجة تفاعل التربة ادت الى زيادة جاهزية امتصاص العناصر الغذائية للنبات (Kumar،2020) وبالتالي شجعت هذه المواد الغذائية من عمليات النمو اي اعطاء اطول السلاميات للمحصول وهذا اصبح واضح في اعطاء ارتفاع عالي للعرنوص عن سطح التربة.

بينت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في ارتفاع العرنوص، اذ اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط لارتفاع العرنوص اذ بلغ 97.54سم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 التي اعطت اقل متوسط لارتفاع العرنوص 87.51 سم وبنسبة زيادة بلغت 11.46%. قد يعود الى دور الزنك الضرورية لنمو وتطور النبات الذي يحفز الانقسام والاستطالة للخلايا وبالتالي يؤدي الى طول السلامية الواحدة وايضا زيادة عدد السلاميات في النبات مما ينعكس ايجابيا على ارتفاع النبات (جدول 3) والذي يفسر سبب ارتفاع العرنوص عن سطح التربة.

الجدول 5: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة ارتفاع العرنوص (سم).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	79.20	84.67	81.93
	Zn 1	75.00	89.00	82.00
	Zn 2	82.00	89.63	85.82
S 1	Zn 0	80.33	90.50	85.42
	Zn 1	87.33	93.00	90.17
	Zn 2	89.60	92.00	90.80
S 2	Zn 0	93.33	97.00	95.17
	Zn 1	104.67	110.00	107.33
	Zn 2	111.67	120.33	116.00
				متوسط S
التداخل S * T	S0	78.73	87.77	83.25
	S1	85.76	91.83	88.79
	S2	103.22	109.11	106.17
				متوسط Zn
التداخل Zn * T	Zn0	84.29	90.72	87.51
	Zn1	89.00	97.33	93.17
	Zn2	94.42	100.66	97.54
متوسط (T)		89.24	96.24	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
2.05	2.05	1.68	3.56	N.S	N.S	5.04

يظهر الجدول ذاته عدم وجود فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا thioparus (S*T). اما التداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) فقد كان معنويا حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى متوسط لارتفاع العرنوص والذي بلغ 116.00سم بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل متوسط لارتفاع العرنوص والذي بلغ 81.93سم. كما بينت النتائج عدم وجود فروق معنويه للتداخل الثنائي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي(T*Zn). كما يبين الجدول ذاته وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط لارتفاع العرنوص والذي بلغ 120.33سم بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn1 التي اعطت اقل متوسط لارتفاع العرنوص والذي بلغ 75.00سم.

4-2-3- المساحة الورقية (سم^2)

اوضح ملحق 1 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ما عدا التداخل الثنائي بين الزنك والبكتريا كان غير معنويا.

بينت نتائج الجدول 6 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة المساحة الورقية، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى متوسط اذ بلغ 6766 سم^2 بينما اعطت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل متوسط بلغ 5864 سم^2 وبنسبة زيادة بلغت 15.38%. ربما تعزى الزيادة الحاصلة في وحدة المساحة الورقية نتيجة تكوين الكبريتات الناتجة من اكسدة الكبريت الزراعي بعد تحلله وامتصاصه من قبل الجذر فهو يشترك في كثير من العمليات التغذويه الضرورية في زيادة المجموع الخضري (جبر وحبيب،2017) وهذا يعود لتكوين الاحماض الامينية منها السيستيين والميثيونين والسيستاين والفيتامينات والهرمونات المهمة وبالتالي تدخل هذه المواد في تركيب البروتين، ايضا تساهم الكبريتات في تحفيز نمو الاوراق وتطورها (Ariraman واخرون، 2020) مما يزيد من عدد الاوراق وحجمها وتحسين نمو وتطور الاوراق لذا يزيد سطح الورقة المتاح للقيام بعملية التمثيل الضوئي وامتصاص المواد الغذائية من البيئة.

كما اوضح الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط اذ بلغ 7260سم^2 بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 5314سم^2 وبنسبة زيادة بلغت36.62%. قد يرجع سبب ذلك الى دور بكتيريا *T. thioparus* في تسريع اكسدة

الكبريت في التربة وهو امر بالغ الاهمية لنمو وتطور الذرة الصفراء، ايضا تساهم في تحويل مركبات الكبريت الى اشكال معدنية اسهل امتصاصا للنبات وبالتالي تحسن امتصاص العناصر الغذائية وتعزيز حيوية النبات (Gomah واخرون،2014).

اظهرت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في المساحة الورقية، فقد اعطت المعاملة Zn1 اعلى متوسط بلغ 6413سم^2 ولم تختلف معنوياً عن معاملة Zn2 التي أعطت متوسط بلغ 6334سم^2 بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 والتي اعطت متوسط 6114 سم^2 وبنسبة زيادة بلغت 4.89% و3.59% على التتابع. قد يرجع سبب هذه الزيادة نتيجة زيادة تراكيز الزنك النانوي ودوره المهم في زيادة عمليات البناء الضوئي من خلال تنشيط عدد من الانزيمات ودخوله في تكوين الحامض الاميني التربتوفان المهم في استطالة الخلايا وتكوين مركبات الطاقة وتكوين RNA وDNA الضروري لانقسام الخلايا وهذا بدوره يزيد من نشاط امتصاص الماء والمغذيات مما ينعكس ايجابيا في زيادة المساحة الورقية للنبات (Huthily واخرون، 2020). اضافة الى تميز تقنية النانو بحجم جسيماتها الصغيرة وتوزعها المتساوي في النانوميتر هذا يؤثر بشكل فعال وسريع على النمو وتطور المراحل النباتية وايضا يسمح للزنك بالانتقال خلال الأغشية الخلوية (Al-Mehemdi واخرون 2015).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S0T0 اقل متوسط والذي بلغ 5092سم^2 بالمقارنة مع معاملةS2T1 التي اعطت اعلى متوسط بلغ 7930سم^2. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2Zn2 وS1Zn2 وS0Zn1 والذي بلغ 6949سم^2 و6876سم^2 و6730سم^2 و6660سم^2 على التتابع، بالمقارنة مع معاملة S0Zn2 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 5395سم^2. ويتضح من الجدول عدم وجود فروق معنويه بين التلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي(T*Zn). كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2T1Zn2وS1T1Zn2 وS0T1Zn1 وS2T1Zn0 والذي بلغ 8180سم^2 و7982سم^2 و7730سم^2 و7677سم^2 و7630سم^2 على التتابع بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 4695 سم^2.

الجدول 6: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة المساحة الورقية (سم^2).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	4695	6378	5536
	Zn 1	5643	7677	6660
	Zn 2	4938	5852	5395
S 1	Zn 0	5125	7540	6332
	Zn 1	4889	6371	5630
	Zn 2	5730	7730	6730
S 2	Zn 0	5317	7630	6473
	Zn 1	5718	8180	6949
	Zn 2	5769	7982	6876
				متوسط S
التداخل S * T	S0	5092	6636	5864
	S1	5248	7214	6231
	S2	5601	7930	6766
				متوسط Zn
التداخل Zn * T	Zn0	5046	7182	6114
	Zn1	5416	7409	6413
	Zn2	5479	7188	6334
متوسط (T)		5314	7260	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Z*T
230.0	230.0	187.8	398.4	325.3	N.S	563.4

4-2-4- عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$)

يشير ملحق 1 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، اما بالنسبة الى معاملة التلقيح ببكتريا *T.thioparus* كانت غير معنوية.

من الجدول 7 يتضح وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$) حيث اعطت المعاملة S2 اعلى متوسط لعدد الاوراق والذي بلغ 15.36 ورقة نبات$^{-1}$ بينما اعطت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل متوسط والذي بلغ 12.54 ورقة نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 22.48%. ربما يعود ذلك الى دور الكبريت في تنظيم العمليات الحيوية المهمة في نمو النباتات اذ يساهم في تحفيز نمو الأوراق والبراعم الجديدة ويمكن ان يكون للكبريت ايضا تأثير على طول الساق وتفرع النباتات ذلك من خلال دخوله في تكوين البروتين وهذا ينعكس ايجابيا على تكوين اكبر عدد من الاوراق (Tiwari واخرون،2022).

نلاحظ من الجدول ذاته عدم وجود فروق معنويه بين متوسطين بكتريا *T. thioparus* في صفة عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$). اما تأثير الرش بالزنك النانوي فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط لعدد الاوراق اذ بلغ 15.28 ورقة نبات$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 والتي اعطت اقل متوسط 12.69 ورقة نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 20.40%. ربما تعود هذه الزيادة في عدد الاوراق الى دور الزنك في معدل الانقسام الخلوي في النباتات كأحد العمليات الحيوية الأساسية التي تساهم في زيادة حجم وعدد الخلايا في النبات فعندما يكون عنصر الزنك متوفرا بشكل كافي يتم تعزيز عملية الانقسام الخلوي بانتظام مما يؤدي في النهاية الى زيادة عدد الاوراق وزيادة النمو الخضري للنبات (Rajesh واخرون ،2021).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط لم تختلف معنويا عن S2T0 والتي سجلت 15.90 ورقة نبات$^{-1}$ و15.64 ورقة نبات$^{-1}$على التتابع، بالمقارنة مع المعاملةS0T1 التي اعطت اقل متوسط بلغ 11.59 ورقة نبات$^{-1}$. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى متوسط لم تختلف معنويا عن معاملةS2Zn1 وسجلت 15.93 و14.78 ورقة نبات$^{-1}$ على التتابع، بالمقارنة مع معاملة S1Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 11.91 ورقة نبات$^{-1}$. ايضا هناك تداخل ثنائي

الجدول 7: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	10.73	13.20	11.96
	Zn 1	12.97	13.03	13.00
	Zn 2	12.59	15.23	13.91
S 1	Zn 0	11.50	12.33	11.91
	Zn 1	12.87	11.90	12.38
	Zn 2	12.90	13.13	13.01
S 2	Zn 0	13.70	12.89	13.29
	Zn 1	14.33	15.23	14.78
	Zn 2	14.91	15.96	15.93
متوسط S				
التداخل S * T	S0	11.59	13.49	12.54
	S1	14.58	12.46	13.52
	S2	15.64	15.90	15.36
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	12.23	13.16	12.69
	Zn1	15.07	13.27	14.17
	Zn2	14.95	15.61	15.28
متوسط (T)		13.37	13.78	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn*T	S*Zn*T
0.74	0.74	N.S	1.29	1.05	1.05	1.82

معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) اذ تفوقت المعاملة T1Zn2 ولم تختلف معنويا عن المعاملات T0Zn1 وT0Zn2 بإعطائها اعلى متوسط والذي بلغ 15.61 و15.07 و14.95 ورقة نبات$^{-1}$ على التتابع، بينما اعطت المعاملة T0Zn0 اقل متوسط والذي بلغ 12.23 ورقة نبات$^{-1}$. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من مستويات الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط لم تختلف معنويا عن المعاملات S2T1Zn1 وS0T1Zn2 وS2T0Zn2 وS2T0Zn1 والتي سجلت 15.96 و15.23 و 15.23 و14.91 و14.33 ورقة نبات$^{-1}$ على التتابع، بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 10.73 ورقة نبات$^{-1}$.

4-2-5- قطر الساق (ملم)

يبين ملحق 2 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، اما بالنسبة الى معاملة التلقيح ببكتريا*thioparus* كانت غير معنوية.

بينت نتائج الجدول 8 وجود فروق معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة قطر الساق (ملم)، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى متوسط والذي بلغ 26.15ملم بينما سجلت معاملة المقارنة S0(بدون تسميد) اقل متوسط والذي بلغ21.47ملم وبنسبة زيادة بلغت 21.79%. يعتقد ان الكبريت يعمل على تحسين تكوين الانسجة بوصف الكبريت جزءا اساسيا في العديد من المركبات العضوية في النباتات مثل الاحماض الامينية فعندما يتم توفير الكبريت بكمية كافية وصحيحة الذي يشجع النبات على استعماله في تكوين البروتينات وتطوير الانسجة النباتية بما في ذلك تكوين السويق والساق في اوسع صورة (Pourbabaee واخرون، 2020).

كما يلحظ من الجدول ذاته عدم وجود فروق معنويه بين متوسطي بكتريا *T. thioparus* في صفة قطر الساق (ملم). اما تأثير الرش بالزنك النانوي فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن معاملة Zn1 والتي سجلت 24.30ملم و24.12ملم بالتتابع، بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 التي سجلت اقل متوسط 22.34ملم وبنسبة زيادة بلغت 17.72%. قد يعزى ذلك الى تأثير الزنك في تنظيم عملية الانقسام الخلوي في النباتات وهو احد العمليات الاساسية التي تحدث في النباتات لزيادة حجمها ونموها مما يؤدي في النهاية الى زيادة قطر الساق للنبات (Tharaka واخرون،2021).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن S2T0 والذي بلغ 26.59ملم و25.71ملم على التتابع، بالمقارنة مع معاملةS0T0 التي سجلت اقل متوسط والذي بلغ 20.18 ملم. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن S2Zn2 والتي سجلت 27.70ملم و26.43ملم على التتابع، بالمقارنة مع معاملة S0Zn1 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 20.57ملم. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي(T*Zn) اذ تفوقت المعاملةT1Zn2معنويا بإعطائها اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن T0Zn1 والذي بلغ 25.37ملم و24.85ملم على التتابع، بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط وسجلت 21.96ملم. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملاتS2T1Zn1 وS2T0Zn1 والتي سجلت 29.15ملم و28.32ملم و27.09ملم على التتابع، بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 19.75ملم.

الجدول 8: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة قطر الساق (ملم).

الكبريت(S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	19.75	23.99	21.87
	Zn 1	20.62	20.53	20.57
	Zn 2	20.19	23.76	21.97
S 1	Zn 0	19.78	21.87	20.83
	Zn 1	26.85	21.33	24.09
	Zn 2	25.82	23.20	24.51
S 2	Zn 0	26.34	22.30	24.32
	Zn 1	27.09	28.32	27.70
	Zn 2	23.71	29.15	26.43
متوسط S				
التداخل S * T	S0	20.18	22.76	21.47
	S1	24.15	22.13	23.14
	S2	25.71	26.59	26.15
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	21.96	22.72	22.34
	Zn1	24.85	23.39	24.12
	Zn2	23.24	25.37	24.30
متوسط (T)		23.35	23.83	

L.S.D. 0.05

S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.80	0.80	N.S	1.39	1.14	1.14	1.97

4-2-6- قطر العرنوص (ملم)

يتضح من الملحق2 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا*T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

يتبين من الجدول 9 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة قطر العرنوص (ملم)، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى متوسط والذي بلغ 47.19 ملم بينما سجلت معاملة المقارنة S0(بدون تسميد) اقل متوسط والذي بلغ 40.53 ملم وبنسبة زيادة بلغت 16.43%. قد يعزى ذلك الى دور الكبريت الزراعي في تعديل حامضية التربة وزيادة جاهزية العناصر الغذائية وزيادة امتصاص الماء وتراكم اكبر كمية من المواد الغذائية اللازمة لنمو النبات وهذا ينعكس ايجابيا على توسيع الانسجة النباتية وزيادة الاستطالة والانقسام الخلوي في جميع مكونات النبات منها تكوين اكبر قطر للعرنوص (Maruf وMam-Rasul ،2019).

كما يتضح من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط والذي بلغ 43.79 ملم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 43.04 وبنسبة زيادة بلغت1.74%. ربما يعود هذا الاثر الايجابي الى دور المخصبات الحيوية من ضمنها بكتريا *T. thioparus* في زيادة اكسدة الكبريت الزراعي في التربة وتحويلها الى صور اكثر جاهزية للامتصاص (Singh واخرون، 2021) وتساهم هذه المواد في زيادة المجموع الخضري وتراكم المادة الجافة في النبات وانتقالها الى مكونات الحاصل وتكوين اكبر عدد من الحبوب والصفوف في العرنوص وهذا بدوره يدفع النبات لإنتاج عرنوص ذو قطر وطول كبير.

وبحسب نتائج الجدول ذاته فقد حقق الرش بالزنك النانوي عند المعاملة Zn2 اعلى متوسط بلغ 44.76 ملم بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 التي اعطت اقل متوسط 42.02 ملم وبنسبة زيادة بلغت 6.52%. قد يعزى الى دور الزنك في زيادة توسع الكالح وذلك من خلال تأثيره على الهورمونات النباتية مثل الأوكسينات (Al-Tameemi واخرون،2019) التي تلعب دورا حاسما في تحفيز نمو جميع اجزاء النبات وتوسعه منها قطر العرنوص.

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت الزراعي وبكتريا *T .thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملة S2T0 التي سجلت 47.74 و46.63 ملم على التتابع بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 39.03 ملم. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى متوسط ولم تختلف

الجدول 9: تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة قطر العرنوص (ملم).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	38.41	43.12	40.76
	Zn 1	38.90	38.74	38.82
	Zn 2	39.79	44.22	42.01
S 1	Zn 0	39.25	41.19	40.22
	Zn 1	45.60	40.48	43.04
	Zn 2	45.55	43.13	44.34
S 2	Zn 0	47.07	43.05	45.06
	Zn 1	47.94	49.22	48.58
	Zn 2	44.89	50.96	47.93
متوسط S				
التداخل S * T	S0	39.03	42.03	40.53
	S1	43.46	41.60	42.53
	S2	46.63	47.74	47.19
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	41.58	42.45	42.02
	Zn1	44.15	42.81	43.48
	Zn2	43.41	46.11	44.76
متوسط (T)		43.04	43.79	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.92	0.92	0.75	1.60	1.30	1.30	2.26

معنويا عن المعاملة S2Zn2 التي سجلت 48.58 و47.93 ملم على التتابع بالمقارنة مع المعاملة S0Zn1 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 38.82 ملم. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) اذ تفوقت المعاملة T1Zn2معنويا بإعطائها اعلى متوسط والذي بلغ 46.11 ملم بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط والذي بلغ 41.58 ملم. كما يبين الجدول وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملة S2T1Zn1 التي سجلت 50.96 ملم و49.22 ملم على التتابع بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 38.41 ملم.

4-2-7- طول العرنوص (سم)

يوضح ملحق 2 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

اظهرت نتائج الجدول 10 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة طول العرنوص (سم)، حيث اعطت المعاملة S2 اعلى متوسط والذي بلغ 26.86 سم بينما اعطت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل متوسط والذي بلغ 20.59 سم وبنسبة زيادة بلغت 30.45%. قد يعزى سبب ذلك الى ان تجهيز المحصول بالكميات الكافية من العناصر الغذائية في مراحل نمو النبات المختلفة نتيجة اضافة الكبريت الزراعي انعكس ايجابيا على نمو النبات مما اثر ايجابيا في زيادة طول العرنوص (Tiwari واخرون، 2022).

كما يتضح من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح ببكتريا T1 اعطت اعلى متوسط والذي بلغ 23.98 سم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 22.67 سم وبنسبة زيادة بلغت5.77%. ربما يعزى ذلك الى تأثير المخصبات الحيوية منها *T. thioparus* وبصورة غير مباشرة وذلك من خلال عملها في زيادة جاهزية العناصر الاساسية التي ادت الى زيادة وتوسع في جميع اجزاء النبات منها زيادة نمو طول العرنوص (Ganzour واخرون،2020).

اما تأثير الرش بالزنك النانوي فقد اثر معنويا على صفة طول العرنوص (سم) اذ اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن Zn1 التي سجلت 24.56 و24.11 سم على التتابع، بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 22.04 سم وبنسبة زيادة بلغت 11.43%. ربما يعود السبب الحاصل في طول العرنوص الى زيادة تركيز

الزنك النانوي داخل النبات وهذا من خلال دور عنصر الزنك في تكوين التربتوفان والكلوروفيل والبروتين وتنشيط عدد من الانزيمات وتكوين مركبات الطاقة وال (RNA) مما يزيد من تشجيع النبات في زيادة امتصاص المغذيات اللازمة للنمو وبالتالي تنعكس ايجابيا في مؤشرات نمو النبات واخيرا تنتقل هذه المواد الى المصبات ومن ضمنها الكالح (Rohini واخرون، 2022).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملة S2T0 التي سجلت 27.70 و26.02 سم على التتابع، بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي سجلت اقل متوسط بلغ 17.59 سم. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2Zn2 وS1Zn2 والذي بلغ 27.55 و25.67 25.42 سم على التتابع، بالمقارنة مع معاملة S0Zn1 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 18.58 سم. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) اذ تفوقت المعاملةT1Zn2معنويا بإعطائها اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن T0Zn1 التي سجلت26.14 و24.69 سم على التتابع، بينما اعطت معاملةT0Zn0 اقل متوسط والذي بلغ 21.00 سم. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2T1Zn1 وS1T0S2 وS2T0Zn1 وS1T0Zn1 وS2T0Zn0 وS0T1Zn2 وS0T1Zn0 والتي سجلت 28.08 و27.76 و27.43 و27.34 و26.30 و 26.27 و25.73 و25.10 سم على التتابع، بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn1 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 17.23 سم.

الجدول 10: تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة طول العرنوص (سم).

الكبريت (T)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	17.30	25.10	21.20
	Zn 1	17.23	19.93	18.58
	Zn 2	18.23	25.73	21.98
S 1	Zn 0	19.43	20.83	20.13
	Zn 1	26.30	20.17	23.23
	Zn 2	27.43	23.40	25.42
S 2	Zn 0	26.27	23.33	24.80
	Zn 1	27.34	27.76	27.55
	Zn 2	23.27	28.08	25.67
متوسط S				
التداخل S * T	S0	17.59	23.59	20.59
	S1	25.06	21.47	23.26
	S2	26.02	27.70	26.86
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	21.00	23.09	22.04
	Zn1	24.69	23.52	24.11
	Zn2	22.98	26.14	24.56
متوسط (T)		22.67	23.98	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
1.37	1.37	1.12	2.38	1.94	1.94	3.37

4-2-8- محتوى الكلوروفيل الكلي في النبات (ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري)

يتضح من ملحق 2 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ما عدا التداخل الثنائي بين الكبريت والبكتريا كان غير معنوي.

اظهرت نتائج الجدول11 وجود فروقاً معنوية عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في معدل الكلوروفيل الكلي، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى متوسطا بلغ 2.572 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري بينما سجلت معاملة المقارنة S0 (بدون تسميد) اقل متوسطا بلغ 1.446 ملغم غم $^{-1}$ نسيج نبات طري وبنسبة زيادة بلغت 77.86%. ربما تعزى الزيادة في محتوى الكلوروفيل الى زيادة توافر المغذيات الصغرى في التربة نتيجة اضافة الكبريت الزراعي كما موضح في (الجدول 2) اذ يعمل الحديد الجاهز في زيادة انتاج الكلوروفيل (الصبغة الخضراء) المسؤولة عن عملية التمثيل الضوئي في النباتات وبالتالي زيادة انتاج الكلوروفيل في النباتات.

كما يوضح الجدول ذاته ان معاملة التلقيح ببكتريا *T.thioparus* (T1) اعطت اعلى متوسط 2.0 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط 1.879ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري وبنسبة زيادة بلغت9.47 %. ربما يعزى ذلك الى قدرة هذه الاحياء على انتاج الهرمونات النباتية مثل الاوكسين والجبرلينات والسايتوكاينينات وحمض الأبسيسك تلعب ادوارا مهمة في تنظيم النمو والتمثيل الضوئي وتنشيط العمليات الحيوية في النباتات وتحفز انتاج الكلوروفيل (Ganzour واخرون،2020).

اظهرت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في محتوى النبات من الكلوروفيل، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط 2.236 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري بالمقارنة مع معاملة Zn0 والتي اعطت اقل متوسط 1.830ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري وبنسبة زيادة بلغت 22.18%. ربما يعود ذلك الى دور الزنك في تنشيط الانزيم المرتبط في زيادة معدل الكلوروفيل في النبات Kelataz (كيلاتاز) وهذا بدوره يساعد في تحويل المغنيسيوم الى حالته الفعالة في جزيء الكلوروفيل (Asadpour واخرون، 2022) اي بدون الزنك قد يتعذر تنشيط هذا الإنزيم وتشكيل الكلوروفيل بشكل صحيح في النباتات.

يظهر الجدول ذاته عدم وجود فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T.thioparus* (S*T). كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى متوسطا بلغ 2.806ملغم غم$^{-1}$

الجدول 11: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في محتوى الكلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري).

الكبريت(S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	1.160	1.669	1.414
	Zn 1	1.252	1.434	1.343
	Zn 2	1.483	1.678	1.580
S 1	Zn 0	1.778	1.440	1.609
	Zn 1	1.466	1.985	1.726
	Zn 2	2.039	2.601	2.320
S 2	Zn 0	2.676	2.255	2.465
	Zn 1	2.369	2.521	2.445
	Zn 2	2.685	2.927	2.806
متوسط S				
التداخل S * T	S0	1.299	1.594	1.446
	S1	1.761	2.009	1.885
	S2	2.577	2.568	2.572
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	1.871	1.788	1.830
	Zn1	1.696	1.980	1.838
	Zn2	2.069	2.402	2.236
متوسط (T)		1.879	2.057	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.139	0.139	0.113	0.240	N.S	0.196	0.340

نسيج نبات طري بينما سجلت المعاملة S0Zn1 اقل متوسط 1.343 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري. كما وجد تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي(T*Zn) اذ تفوقت المعاملة T1Zn2 معنويا بإعطائها اعلى متوسطا 2.402 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري بينما اعطت معاملة T0Zn1 اقل متوسطا 1.696ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسطا 2.927 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2T0Zn2 وS2t0Zn0 وS1T1Zn2 بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط 1.160 ملغم غم$^{-1}$ نسيج نبات طري.

4-3- تأثير اضافة الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والرش بالزنك النانوي على الصفات النوعية والكيميائية للذرة الصفراء

4-3-1- تركيز النيتروجين في الجزء الخضري الجاف (%)

يتضح من الملحق 2 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ماعدا التداخل الثنائي T.Zn كان غير معنويا.

اظهرت نتائج الجدول 12 وجود فروق معنوية في نسبة النتروجين في الجزء الخضري (%)، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة للنتروجين والتي بلغت 1.38% بينما اعطت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.20% وبنسبة زيادة بلغت 15%. ربما يعود لدور الكبريت الزراعي المضاف للتربة بالكمية المناسبة اذ ادى ذلك الى زيادة جاهزية العناصر في التربة ومن ضمنها النيتروجين وبالتالي زاد من عملية امتصاص العنصر في النبات وبشكل عالي في الاجزاء الخضرية (الدليمي والخزعلي، 2024).

بينت نتائج الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.34% بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.25% وبنسبة زيادة بلغت 7.2%. ربما تعود هذه الزيادة الى تميز بكتيريا *T.thioparus* بقدرتها على توفر العناصر الغذائية ومنها المركبات نيتروجينية وذلك من خلال زيادة تأكسد الكبريت عن طريق انزيمات خاصة تحول الكبريت الى حامض الكبريتيك (H_2SO_4) هذا المركب يعمل على تخفيض درجة الحموضة في المنطقة المحيط بالجذور

(Pourbabaee واخرون، 2020) مما يساعد على افراز ايونات الهيدروجين (H) وزيادة توفر العناصر منها النيتروجين في التربة ومنه الى الانسجة الخضراء في النبات.

اوضحت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في تركيز النيتروجين في الجزء الخضري، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 1.34% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية 1.26% وبنسبة زيادة بلغت 6.3%. يمكن اعتبار الرش بعنصر الزنك النانوي بمثابة عنصر غذائي ضروري لتحفيز نشاط الإنزيمات المشاركة في امتصاص النيتروجين وتحويله في النباتات (Jalal واخرون، 2023) وهذا يحدث بصورة غير مباشرة لان الانزيمات المشاركة في امتصاص النيتروجين في النباتات تعمل بشكل اساسي في عمليات التحويل الايضية للنيتروجين تحول النيترات الى احماض امينية من الإنزيمات التي تشارك في هذه العملية Nitrate Reductase.

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى نسبة مئوية التي بلغت 1.45% بالمقارنة مع معاملة S0T0 و S0Zn1 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.17% 1.19% على التوالي. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.48% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.19%. ايضا هناك تداخل ثنائي غير معنوي بين بكتريا *T.thioparus*والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 ولم تختلف عن المعاملة S0T0Zn1 التي اعطت اقل متوسط بنفس القيمة والذي بلغ 1.16 %.

الجدول 12: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز النتروجين في الجزء الخضري الجاف (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	1.16	1.22	1.19
	Zn 1	1.16	1.23	1.19
	Zn 2	1.19	1.26	1.22
S 1	Zn 0	1.26	1.33	1.30
	Zn 1	1.23	1.32	1.27
	Zn 2	1.28	1.36	1.32
S 2	Zn 0	1.26	1.36	1.31
	Zn 1	1.29	1.44	1.36
	Zn 2	1.41	1.56	1.48
				متوسط S
التداخل S * T	S0	1.17	1.23	1.20
	S1	1.26	1.34	1.30
	S2	1.32	1.45	1.38
				متوسط Zn
التداخل Zn * T	Zn0	1.23	1.30	1.26
	Zn1	1.22	1.33	1.28
	Zn2	1.29	1.39	1.34
متوسط (T)		1.25	1.34	

L.S.D. 0.05

S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.009	0.009	0.007	0.016	0.022	N.S	0.037

4-3-2- تركيز الفسفور في الجزء الخضري الجاف (%)

يوضح ملحق 2 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي الثلاثي كان معنويا.

بينت نتائج الجدول 13 وجود فروق معنوية في نسبة الفسفور في الجزء الخضري الجاف(%)، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.39% بينما اعطت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.21% وبنسبة زيادة بلغت 85.71%. يعتقد أن الكبريت يمكن ان يعمل على اذابة وتحرير الفوسفات الموجودة في التربة (Ghaderi واخرون، 2019) مما يزيد من جاهزيتها للنباتات ويحسن امتصاص النباتات للفسفور من التربة مما ينعكس اثر ذلك بتراكمه في انسجة النبات بشكل عام.

كما يلاحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.34% بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.27% وبنسبة زيادة بلغت 25.92%. ربما يعزى سبب ذلك الى عمل المخصبات الحيوية في اكسدة وتفكيك المركبات المعقدة في التربة وتكوين مغذيات سهلة الامتصاص مثل الفسفور، وبوجود مثل هكذا بكتريا تعمل على زيادة اكسدة الكبريت مما يعمل على خفض pH التربة وهذا بدوره يعمل على تحسين توزيع الفسفور في التربة من خلال مساهمته في تنظيم استعمال الفسفور في الاعضاء المختلفة للنبات ويكون هذا واضح في المجموع الخضري (Besharati واخرون (2017).

اكدت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في نسبة الفسفور في الجزء الخضري، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 0.32% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية 0.28% وبنسبة زيادة بلغت 14.28%.عنصر الزنك يعتقد انه يساعد في تحفيز نشاط الانزيمات داخل النبات مما يعمل على اعطاء نمو جذري كثيف ساعد ذلك في امتصاص اكثر كمية من ايون الفسفور (Yassin واخرون،2023).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.44% بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.19%. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2

الجدول 13: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النـانوي والتداخل بينهما في تركيز الفسفور في الجزء الخضري الجاف (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	0.18	0.22	0.20
	Zn 1	0.20	0.26	0.23
	Zn 2	0.20	0.23	0.21
S 1	Zn 0	0.28	0.37	0.33
	Zn 1	0.30	0.36	0.33
	Zn 2	0.27	0.36	0.32
S 2	Zn 0	0.28	0.39	0.33
	Zn 1	0.35	0.44	0.40
	Zn 2	0.40	0.49	0.44
متوسط S				
التداخل S * T	S0	0.19	0.23	0.21
	S1	0.28	0.36	0.32
	S2	0.34	0.44	0.39
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	0.24	0.33	0.28
	Zn1	0.28	0.35	0.32
	Zn2	0.29	0.36	0.32
متوسط (T)		0.27	0.34	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.009	0.009	0.007	0.016	0.013	0.013	0.024

اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.44% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.20%. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) حيث سجلت المعاملة T1Zn2 اعلى معدل 0.36% بالمقارنة مع معاملة T0Zn0 التي اعطت اقل معدل 0.24%. كما يبين الجدول وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث سجلت المعاملة S2T1Zn2 اعلى معدل 0.49% بالمقارنة مع معاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل معدل 0.18%.

4-3-3- تركيز البوتاسيوم في الجزء الخضري الجاف(%)

يتضح من الملحق 3 لتحليل التباين ان لكل من مستويا والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ما عدا التداخل الثنائي بين البكتريا والزنك كان غير معنويا.

تشير نتائج الجدول 14 وجود تأثير معنوي في نسبة البوتاسيوم في الجزء الخضري الجاف%، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.67% بينما سجلت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.26% وبنسبة زيادة بلغت 32.53%.اضافة عنصر الكبريت الزراعي الى التربة قد تؤدي الى زيادة توفر عنصر البوتاسيوم للنباتات وذلك من خلال دور عنصر الكبريت المساهم في تحسين تبادل الايونات في التربة اذ يعمل على اذابة المركبات الحاوية على البوتاسيوم ومن ثم زيادة جاهزية وامتصاص من قبل النبات الدليمي والخزعلي (2024).

كما اظهر الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.53% بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.36% وبنسبة زيادة بلغت 12.5%. الامر الذي اظهر وجود زيادة في نسبة البوتاسيوم عند التلقيح بالبكتريا ربما يعود الى عمل هذه البكتريا في تسريع اكسدة عنصر الكبريت وعندما يصبح هذا العنصر جاهز يعمل على تحرير البوتاسيوم المحتجز في التربة (Gomah واخرون، 2014) وجعله اكثر جاهزية للامتصاص من قبل النبات.

بينت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في نسبة البوتاسيوم في الجزء الخضري، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 1.49% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش (Zn0) التي اعطت اقل نسبة مئوية 1.40% وبنسبة زيادة بلغت 6.42%.

يعزى ذلك الى دور الزنك في تعزيز نقل البوتاسيوم داخل النبات اذ يعتقد ان الزنك النانوي يؤثر بشكل فعال على نشاط القنوات الايونية والمحفزات البيولوجية في النباتات (Tondey واخرون، 2021) مما يعزز تدفق ونقل البوتاسيوم من الجذور الى الاجزاء العلوية للنباتات.

يظهر الجدول ذاته وجود فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا*T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S1T1 اعلى متوسط 1.77% بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي سجلت اقل متوسط 1.19% . كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.75% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.26%. يظهر الجدول ذاته عدم وجود فروق معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.88% بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.17%.

الجدول 14: تأثير الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز البوتاسيوم في الجزء الخضري الجاف (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	1.17	1.36	1.26
	Zn 1	1.22	1.30	1.26
	Zn 2	1.19	1.35	1.27
S 1	Zn 0	1.28	1.43	1.36
	Zn 1	1.32	1.52	1.42
	Zn 2	1.37	1.53	1.45
S 2	Zn 0	1.54	1.65	1.59
	Zn 1	1.56	1.79	1.68
	Zn 2	1.63	1.88	1.75
				متوسط S
التداخل S * T	S0	1.19	1.34	1.26
	S1	1.32	1.49	1.41
	S2	1.58	1.77	1.67
				متوسط Zn
التداخل Zn * T	Zn0	1.33	1.48	1.40
	Zn1	1.36	1.54	1.45
	Zn2	1.39	1.59	1.49
متوسط (T)		1.36	1.53	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.028	0.028	0.023	0.049	N.S	N.S	0.070

4-3-4- تركيز النيتروجين في الحبوب(%)

من ملحق 3 لتحليل التباين يتضح ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي كان معنويا، اما التداخل الثلاثي كان غير معنويا.

اظهرت نتائج الجدول 15 وجود فروق معنوية في نسبة النتروجين في الحبوب(%)، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة للنتروجين والتي بلغت 1.72% بينما اعطت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.48% وبنسبة زيادة بلغت 16.21%. ربما تعزى زيادة نسبة النتروجين في الحبوب الى زيادة جاهزيته في الجزء الخضري في النبات نتيجة اضافة الكبريت الزراعي الذي يعمل على خفض قيمة pH التربة عند اكسدة الكبريت بيولوجيا وتكوين حامض الكبريتيك (EI-fahdawi واخرون، 2020) الذي يساهم في اذابة بعض المركبات المعقدة والاملاح الحاملة للعناصر الغذائية ومن ثم تحويلها الى اشكال جاهزة للامتصاص في محلول التربة ومنها عنصر النتروجين.

كما يتضح من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح ببكتريا T1 اعطت اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.64% بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.55% وبنسبة زيادة بلغت 5.80%. ربما يعزى ذلك الى دور بكتريا *T.thioparus* في زيادة اكسدة الكبريت اذ تعمل على تحويله الى معدني جاهز على هيأة SO_4^{-2} والتي تلعب دورا مهما في خفض قلوية التربة عن طريق اطلاق ايون الهيدروجين الناتج من حامض الكبريتيك (Gomah واخرون، 2014) وهذا بدوره يزيد من جاهزية العناصر الغذائية بكل صورها داخل التربة ومنها العناصر الصغرى والكبرى ومن اهمها النيتروجين وزيادة امتصاصه وتركيزه داخل انسجة النبات وانتقاله اخيرا الى المصب اي الحبوب.

بينت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في زيادة نسبة النتروجين في الحبوب، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 1.62% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 والتي اعطت اقل نسبة مئوية 1.57% وبنسبة زيادة بلغت 3.18%. قد يعزى ذلك الى دخول الزنك كجزء من مجموعة الإنزيمات المساهمة في تنظيم وتفعيل عملية امتصاص العناصر الغذائية منها النيتروجين المتاح في الترب واستعماله في النبات هذا يمكن أن يؤدي في نهاية المطاف الى زيادة نمو وتطور اجزاء النباتات (المجموع الخضري والجذري) وبالتالي زيادة استقطاب العناصر الغذائية ومنها النتروجين (Yassin واخرون، 2023).

الجدول 15: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز النيتروجين في الحبوب (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	1.42	1.52	1.47
	Zn 1	1.43	1.54	1.48
	Zn 2	1.46	1.53	1.50
S 1	Zn 0	1.55	1.58	1.56
	Zn 1	1.54	1.60	1.57
	Zn 2	1.54	1.64	1.59
S 2	Zn 0	1.63	1.72	1.67
	Zn 1	1.68	1.76	1.72
	Zn 2	1.70	1.85	1.78
متوسط S				
التداخل S * T	S0	1.44	1.53	1.48
	S1	1.54	1.61	1.57
	S2	1.67	1.78	1.72
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	1.53	1.60	1.57
	Zn1	1.55	1.63	1.59
	Zn2	1.57	1.67	1.62
متوسط (T)		1.55	1.64	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.015	0.015	0.012	0.026	0.021	0.013	N.S

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى نسبة مئوية التي بلغت 1.78% بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.44%. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 1.78% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.47%. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) حيث سجلت المعاملةT1Zn2 اعلى متوسط 1.67% بالمقارنة مع معاملة T0Zn0 اقل متوسط 1.53%. كما يبين الجدول عدم وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn).

4-3-5- تركيز الفسفور في الحبوب (%)

من ملحق 3 لتحليل التباين يتبين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي كان معنوي. ماعدا التداخل الثنائي T.Zn والثلاثي كان غير معنوي.

بينت نتائج الجدول 16 وجود فروق معنوية في نسبة الفسفور في الحبوب(%)، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.53% بينما اعطت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.26% وبنسبة زيادة بلغت 103.84%. ان زيادة نسبة الفسفور في الحبوب يمكن ان تعزى الى دور الكبريت الزراعي في تكوين حامض الكبريتيك (H_2SO_4) بعملية الاكسدة البيوكيميائية الذي يعمل على زيادة تركيز ايونات (H) في التربة وبالتالي اذابة بعض المركبات الفوسفاتية وتحرير عنصر الفسفور منها مما يؤدي الى زيادة جاهزيته وسهولة امتصاصه من قبل النبات (الكبيسي، 2015) ومن ثم زيادة تركيزه في انسجة النبات المختلفة ومدى انعكاس ذلك في الحبوب اذ ان معظم الفسفور عند مرحلة النضج ينتقل الى الحبوب ويخزن فيها على هيأة Phytin (فايتين).

وبحسب نتائج الجدول ذاته فان معاملة التلقيح ببكتريا *T.thioparus* (T1) اعطت اعلى نسبة مئوية للفسفور والتي بلغت 0.43% بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.35% وبنسبة زيادة بلغت 22.85%. ربما يعود ذلك الى دور الاسمدة الحيوية مثل بكتريا *T.thioparus* المؤكسدة للكبريت في زيادة جاهزية العناصر الغذائية من خلال افراز انزيمات خاصة تزيد من تحرير العناصر المترسبة وبوجود الاوكسجين في التربة

مع نسبة بسيطة من الرطوبة وذلك من خلال تعديل درجة تفاعل التربة لكي يسمح للنبات امتصاص العناصر الاساسية من ضمنها الفسفور وسهولة تيسره وامتصاصه (البياتي واخرون، 2016).

اشارت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في نسبة الفسفور في الحبوب، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 0.41% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 والتي اعطت اقل نسبة مئوية 0.37% وبنسبة زيادة بلغت 10.81%. ربما تعود زيادة نسبة الفسفور في الحبوب الى التأثير الايجابي لعنصر الزنك في زيادة نمو المجموع الجذري وبالتالي ادى هذا الى زياده امتصاص العناصر منها الفسفور وبعد ذلك زيادة تركيزه في الحبوب (علي واخرون،2014).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.60% بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.25%. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 0.56% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.24%. ايضا هناك تداخل ثنائي غير معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول عدم وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn).

الجدول 16: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز الفسفور في الحبوب (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	0.22	0.27	0.24
	Zn 1	0.27	0.28	0.27
	Zn 2	0.26	0.30	0.28
S 1	Zn 0	0.33	0.40	0.36
	Zn 1	0.40	0.43	0.41
	Zn 2	0.35	0.44	0.39
S 2	Zn 0	0.46	0.53	0.49
	Zn 1	0.45	0.61	0.53
	Zn 2	0.47	0.66	0.56
متوسط S				
التداخل S * T	S0	0.25	0.28	0.26
	S1	0.36	0.42	0.39
	S2	0.46	0.60	0.53
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	0.33	0.40	0.37
	Zn1	0.37	0.44	0.40
	Zn2	0.36	0.46	0.41
متوسط (T)		0.35	0.43	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.009	0.009	0.008	0.016	0.013	N.S	N.S

4-3-6- تركيز البوتاسيوم في الحبوب (%)

يتبين من ملحق 3 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي و التلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ما عدا التداخل الثنائي بين الكبريت والبكتريا والزنك كان غير معنويا.

اوضحت نتائج الجدول 17 وجود تأثير معنوي في نسبة البوتاسيوم في الحبوب%، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 3.59% بينما سجلت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل نسبة مئوية والتي بلغت 2.06% وبنسبة زيادة بلغت 75%. وهذا يعزى الى دور الكبريت الزراعي في تحسين خواص التربة الفيزيائية والكيميائية منها تنشيط جاهزية العناصر الصغرى والكبرى مثل البوتاسيوم بكل صوره (EI-fahdawi واخرون، 2020) وربما يحفز الكبريت النشاط الميكروبي في التربة مما يساعد في تحليل المواد العضوية وتحرير العناصر الغذائية بما في ذلك البوتاسيوم وبعد ذلك يتم امتصاص البوتاسيوم الجاهز في محلول التربة من قبل الجذور ونقلة خلال اجزاء النبات وصولا الى المصب (Jabbar وAL-Ziyadi، 2021).

يلحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بكتريا *T.thioparus* (T1) اعطت اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 3.09% بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 2.63% وبنسبة زيادة بلغت 15.38%. عنصر البوتاسيوم متوفر وبكثرة في الترب العراقية لكن بحالة غير جاهزة (اي غير ذائب في محلول التربة و غير متبادل على اسطح المواد المعدنية والعضوية) الا بنسب بسيطة وربما اثر تلقيح التربة ببكتريا*T.thioparus* التي اسهمت وبشكل فعال في خفض الاس الهيدروجيني للتربة وعندما ينخفض يعمل على زيادة جاهزية العناصر الغذائية ومنها البوتاسيوم (Gomah واخرون، 2014).

بينت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في زيادة نسبة البوتاسيوم في الحبوب، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 3.00% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش (Zn0) التي اعطت اقل نسبة مئوية 2.75% وبنسبة زيادة بلغت 11.11%. ربما ترجع زيادة نسبة البوتاسيوم في مختلف اجزاء النبات الى دور الزنك النانوي في زيادة جاهزية المغذيات ومنها البوتاسيوم من خلال اعطاء نمو جيد للجذور مما حسن من بيئة الجذر ومنطقة الرايزوسفير (النمراوي،2020) وبالتالي ادى الى زيادة توافره في النبات وهذا ما يفسر زيادة محتوى الحبوب من البوتاسيوم.

الجدول 17: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النـانوي والتداخل بينهما في تركيز البوتاسيوم في الحبوب(%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	1.83	2.26	2.05
	Zn 1	2.00	2.16	2.08
	Zn 2	1.93	2.20	2.06
S 1	Zn 0	2.56	2.96	2.76
	Zn 1	2.56	3.33	2.95
	Zn 2	2.66	3.43	3.05
S 2	Zn 0	3.16	3.73	3.45
	Zn 1	3.19	3.79	3.45
	Zn 2	3.76	4.02	3.88
متوسط S				
التداخل S * T	S0	1.92	2.21	2.06
	S1	2.60	3.24	2.92
	S2	3.36	3.82	3.59
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	2.52	2.98	2.75
	Zn1	2.57	3.07	2.82
	Zn2	2.78	3.21	3.00
متوسط (T)		2.63	3.09	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.052	0.052	0.043	0.091	N.S	N.S	0.129

يظهر الجدول ذاته هناك عدم وجود فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* (S*T). كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 3.88% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 2.05% والتي لم تختلف معنويا عن المعاملات S0Zn1 وS0Zn2. يظهر الجدول ذاته عدم وجود فرق معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 4.02% بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 1.83%.

4-3-7- تركيز البروتين في الحبوب (%)

يتضح من ملحق 3 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ما عدا التداخل الثنائي بين الزنك والبكتريا كان غير معنوي.

اظهرت نتائج الجدول 18 وجود اختلافات معنوية في نسبة البروتين في الحبوب، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة بلغت 10.79% بينما اعطت معاملة S0 (بدون تسميد) اقل نسبة بلغت 9.29% وبنسبة زيادة بلغت 16.14%. ان زيادة نسبة البروتين في الحبوب عند المعاملة بالكبريت (S2) ربما يرجع الى دوره في موازنة درجة تفاعل التربة (pH) وهذا بدوره يزيد من جاهزية العناصر التي تتيسر جاهزيتها عند pH المتعادل ومنها النيتروجين في التربة وزيادة امتصاصه من قبل النبات وخزنه في الحبوب (الجدول 15)، او ربما يعود لتأثير الكبريت الايجابي في تكوين الاحماض الامينية الاساسية (السيستين والسستئين والميثايونين) المهمة في تخليق البروتين ومن ثم زيادة محتواه في الحبوب (Thirupathi واخرون، 2016).

كما يتضح من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 10.25% بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 9.71% وبنسبة زيادة بلغت 5.56%. ربما يعزى ذلك الى دور بكتريا *T. thioparus* المؤكسدة للكبريت اذ تعمل على تحويله الى صوره جاهزة على هيأة كبريتات المهمة في تخليق قواعد البروتين وايضا من خلال دورها في تحرر ايون الهيدروجين المهمة في زيادة جاهزية

العناصر من ضمنها النيتروجين وزيادة انتقاله الى الحبوب اي يعد المكون الرئيس للبروتين كما في (الجدول15).

بينت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في نسبة البروتين، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 10.15% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية 9.82% وبنسبة زيادة بلغت 3.36%. ربما يعود لعمل الزنك في زيادة وفرة النتروجين وهذا مؤشرا على زيادة فعالية الانزيمات المصنعة للبروتين في الاجزاء الخضرية وانتقال هذه المواد والمركبات الى مواقع خزنها في الحبوب (EI-Ghareib، 2014). بالاضافة الى ان الزنك يدخل في تشكيل البروتينات داخل النبات مما يسهم في تشكيل الانسجة والخلايا الجديدة (Kadam واخرون،2022).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا(S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 11.12% بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 9.00%. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 11.12% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 9.19%. ايضا هناك تداخل ثنائي غير معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول ذاته وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 11.60% بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 8.87%.

الجدول 18: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز البروتين في الحبوب (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي (Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	8.87	9.52	9.19
	Zn 1	8.97	9.62	9.30
	Zn 2	9.16	9.60	9.38
S 1	Zn 0	9.70	9.89	9.80
	Zn 1	9.66	10.02	9.84
	Zn 2	9.62	10.27	9.94
S 2	Zn 0	10.18	10.75	10.46
	Zn 1	10.54	11.02	10.78
	Zn 2	10.64	11.60	11.12
متوسط S				
التداخل S * T	S0	9.00	9.58	9.29
	S1	9.66	10.06	9.86
	S2	10.45	11.12	10.79
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	9.59	10.05	9.82
	Zn1	9.72	10.22	9.97
	Zn2	9.81	10.49	10.15
متوسط (T)		9.71	10.25	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.096	0.096	0.078	0.166	0.136	N.S	0.236

4-3-8- تركيز الكربوهيدرات في الحبوب (%)

يشير ملحق 3 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا، ما عدا معاملة التلقيح بالبكتريا كانت غير معنوية.

اظهرت نتائج الجدول 19 وجود تأثير معنوي في نسبة الكربوهيدرات في الحبوب، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 76.38% بينما اعطت معاملة S0 (بدون تسميد) اقل نسبة مئوية التي بلغت 70.23% وبنسبة زيادة بلغت 8.75%. ربما يعود ذلك الى دور الكبريت في زيادة جاهزية العناصر الغذائية في محلول التربة وتنشيط امتصاصها اذ يعمل الكبريت وبشكل غير مباشرة على زيادة الكربوهيدرات في الحبوب وذلك من خلال زيادة امتصاص وانتقال العناصر الغذائية الى المجموع الخضري وتجميعها في الحبوب عند مراحل تكونها (الجداول 15 و16 و17) كما ان للكبريت دور اخر في تحسين حيوية النباتات ونموها وتطورها وزيادة قدرتها على اجراء عملية التمثيل الضوئي بشكل فعال وبالتالي زيادة انتاج المركبات المعقدة ومنها الكلوكوز والسكروز(Zenda واخرون، 2021) وهما من اهم المكونات للكربوهيدرات.

كما يلحظ من الجدول ذاته عدم وجود فروق معنويه بين متوسطي بكتريا *T. thioparus* في نسبة الكربوهيدرات في الحبوب (%). بينت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في نسبة الكربوهيدرات، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة اذ بلغت 74.00% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش (Zn0) التي اعطت اقل نسبة مئوية 72.24% وبنسبة زيادة بلغت 2.43%. يعد الزنك من العناصر المهمة التي تدخل كمكون تنظيمي او هيكلي لمجموعة واسعة من الانزيمات والبروتينات المختلفة في الكثير من المسارات البيولوجية والكيميائية المسؤولة عن التمثيل الغذائي للكربوهيدرات في كل من عملية البناء الضوئي وتحويل السكريات المعقدة الى نشأ واستقلاب البروتين وتنظيم الاوكسين او عامل مشترك في الإنزيمات المسؤولة عن تنظيم عملية البناء الضوئي في النباتات وذلك من خلال تفعيل الإنزيمات ذات العلاقة بتحويل ثاني أوكسيد الكربون CO_2 والماء (H_2O) إلى كربوهيدرات والاخيرة بدورها تنتقل عند مراحل تكوين الحبوب وتخزن فيها وتشغل اكبر نسبة منها (EI-Ghareib 2014).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا*T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى نسبة مئوية اذ بلغت 76.90% بالمقارنة مع معاملة S0T1 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 70.12% التي لم تختلف معنويا عن

معاملة S0T0. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى نسبة بلغت 78.14% بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية حيث بلغت 70.03% والتي لم تختلف معنويا عن المعاملتين S0Zn1 وS0Zn2. كذلك لوحظ ايضا وجود تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) حيث سجلت معاملة T1Zn2 اعلى نسبة اذ بلغت 74.38% بالمقارنة مع معاملة T1Zn0 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 72.00% والتي لم تختلف معنويا عن المعاملة T0Zn0. كما يبين الجدول ذاته وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى نسبة مئوية والتي بلغت 79.62% بالمقارنة مع المعاملة S0T1Zn1 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 69.84% والتي لم تختلف معنويا عن المعاملات S0T0Zn2 وS0T0Zn0 وS0T1Zn0 وS0T0Zn1 وS0T1Zn2.

الجدول 19: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز الكربوهيدرات في الحبوب (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي (Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	70.21	70.28	70.03
	Zn 1	70.55	69.84	70.08
	Zn 2	69.88	70.66	70.60
S 1	Zn 0	72.31	72.95	72.15
	Zn 1	73.66	72.00	73.19
	Zn 2	73.44	72.88	73.27
S 2	Zn 0	74.93	76.00	74.54
	Zn 1	76.66	74.16	76.46
	Zn 2	76.92	79.62	78.14
متوسط S				
التداخل S * T	S0	70.35	70.12	70.23
	S1	72.97	72.77	72.87
	S2	75.86	76.90	76.38
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	72.48	72.00	72.24
	Zn1	73.08	73.41	73.24
	Zn2	73.62	74.38	74.00
متوسط (T)		73.06	73.26	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.40	0.40	N.S	0.70	0.57	0.57	0.99

4-3-9- تركيز الكبريت في الحبوب (%)

يتضح من ملحق 4 لتحليل التباين ان لكل من مستويا والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك والثلاثي كان معنويا، اما التداخل الثنائي بين الكبريت والبكتريا والزنك والبكتريا كان غير معنويا.

اظهرت نتائج الجدول 20 وجود فروق معنوي في نسبة الكبريت في الحبوب، اذ اعطت المعاملة S2 اعلى نسبة بلغت 0.272% بينما اعطت المعاملة S0 (بدون تسميد) اقل نسبة حيث بلغت 0.194% وبنسبة زيادة مقدارها 40.2%. ان سبب الزيادة في نسبة الكبريت في الحبوب يرجع الى زيادة اختزال الكبريت الجاهز نتيجة اضافة الكبريت الزراعي وتحويله بعد فترة من الاضافة الى صوره ذائبة وجاهزة للامتصاص على شكل كبريتات في التربة وبعد امتصاصها من خلال الجذور وانتقالها الى انسجة النبات وبالتالي زيادة نسبة هذا العنصر في الحبوب (جبر وحبيب ، 2017).

اكدت نتائج الجدول نفسه ان معاملة اضافة البكتريا T1 اعطت اعلى نسبة بلغت 0.248% بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة (T0) التي اعطت اقل نسبة بلغت 0.207.% وبنسبة زيادة قدرها 19.8%. ربما يعزى ذلك الى دور البكتريا *T. thioparus* المشترك مع انزيمات خاصة تساعد في تسريع عملية تحلل المركبات الكبريتية وتحفز تفاعلات التأكسد وتساهم في تحويل الكبريت المختزل الى كبريتات جاهزة للامتصاص من خلال الجذور (Gomah واخرون، 2014) وتشارك في مراحل نمو وتطور النبات ويتم بعد ذلك انتقالها الى الحبوب.

اشارت نتائج الجدول ذاته ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في نسبة الكبريت في الحبوب، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى نسبة اذ بلغت 0.239% ولم تختلف معنويا عن معاملة Zn1 التي بلغت 0.227% بالمقارنة مع معاملة عدم الرش Zn0 والتي اعطت اقل نسبة حيث بلغت 0.217% وبنسبة زيادة بلغت 10.13%. ربما يرجع سبب زيادة تركيز الكبريت في الحبوب الى زيادة تراكيز الزنك النانوي الذي يساهم في زيادة امتصاص العناصر الغذائية من التربة بما في ذلك الكبريت عن طريق تنشيط العديد من الانزيمات لاسيما انزيم Carbonic anliyarase (Aref،2011) مما عمل على تكوين مجموع جذري قوي قادر على امتصاص العناصر الغذائية.

الجدول 20: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في تركيز الكبريت في الحبوب (%).

الكبريت (S)	الزنك النانوي (Zn)	(T) *T.thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	0.171	0.223	0.197
	Zn 1	0.165	0.171	0.168
	Zn 2	0.182	0.255	0.219
S 1	Zn 0	0.189	0.212	0.200
	Zn 1	0.191	0.251	0.221
	Zn 2	0.218	0.239	0.228
S 2	Zn 0	0.238	0.271	0.254
	Zn 1	0.283	0.301	0.292
	Zn 2	0.231	0.308	0.270
				متوسط S
التداخل S * T	S0	0.172	0.216	0.194
	S1	0.199	0.234	0.217
	S2	0.250	0.293	0.272
				متوسط Zn
التداخل Zn * T	Zn0	0.199	0.235	0.217
	Zn1	0.213	0.241	0.227
	Zn2	0.210	0.267	0.239
	متوسط (T)	0.207	0.248	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.013	0.013	0.010	0.022	N.S	N.S	0.032

يظهر الجدول عدم وجود فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا*T.thioparus* (S*T). كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى نسبة بلغت 0.292% لعنصر الكبريت في الحبوب، والتي لم تختلف معنويا عن المعاملة S2Zn2 بالمقارنة مع معاملة S0Zn1 التي اعطت اقل نسبة بلغت 0.168%. ايضا هناك تداخل ثنائي غير معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn). كما يبين الجدول وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى نسبة بلغت 0.308% والتي لم تختلف معنويا عن المعاملة S2T1Zn1 بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn1 التي اعطت اقل نسبة مئوية والتي بلغت 0.165% والتي لم تختلف معنويا عن المعاملات S0T1Zn1 وS0T0Zn2 وS1T0Zn0 وS0T0Zn0.

4-4- تأثير اضافة الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي في بعض صفات الحاصل

4-4-1- عدد الصفوف في العرنوص (صف عرنوص$^{-1}$)

يتضح من ملحق 4 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

اوضحت نتائج الجدول 21 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة عدد الصفوف، حيث اعطت المعاملة S2 اعلى متوسط اذ بلغ 16.14 صف عرنوص$^{-1}$ بينما اعطت معاملة S1 اقل متوسط بلغ 13.26 صف عرنوص$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 21.71%. يرجع السبب لدور الكبريت في زيادة جاهزية العناصر الغذائية الدقيقة (الجدول 3) وذلك من خلال زيادة حامضية التربة اذ يعتبر الزنك مساهم في زيادة ونجاح عقد الازهار وتقليل من نسبة العقم للأزهار وبالتالي هذا يصب في مراحل تكاثر النباتات (التزهير والتلقيح والاخصاب) وهذا يؤثر ايجابيا على مكونات الحاصل من ضمنها عدد الصفوف (Abd وHuwaidi ، 2023). ايضا للكبريت دور في زيادة جاهزية العناصر الاساسية المهمة في نمو وتطور النبات (Jabbar وAl-Ziyadi, 2021) وبالتالي زيادة تراكم المادة الجافة مما ينعكس ذلك بشكل ايجابي على زيادة هذه الصفة.

كما يلاحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط بلغ 14.37 صف عرنوص$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 13.54 صف عرنوص$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 6.12%. ربما يعزى سبب ذلك لدور *T.thioparus* في افراز انزيمات وبمساعدة جذور النباتات مع توفر ظروف النمو واكسدة الكبريت ازدادت كفاءة امتصاص المغذيات من قبل الجذور وبالتالي زيادة كفاءة المجموع الخضري في تراكم المادة الجافة (Pourbabaee واخرون، 2020) مما انعكس بشكل ايجابي في تمثيل وتراكم المادة الجافة وهذا ما يفسر زيادة عدد الصفوف في العرنوص.

اظهرت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في عدد الصفوف بالعرنوص، اذ اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط اذ بلغ 15.11 صف عرنوص$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن Zn1 بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 التي اعطت اقل متوسط 12.44 صف عرنوص$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 21.46%. ربما يعود تفوق هذا المستوى الى دور الزنك الحيوي المؤثر في تنشيط الانزيمات كعامل مساعد للعديد من الانزيمات في النباتات هذه الانزيمات تلعب ادوارا مهمة في العمليات الاستقلابية مثل التنفس والتحلل السكري وتصنيع البروتين والاحماض الامينية وتنظيم التركيب الخلوي اي يساهم بشكل غير مباشر على عملية تمثيل المادة الجافة وبالتالي انعكاس ذلك ايجابا على هذه الصفة (Choudhary واخرون، 2019) فضلا عن تنمية الجذور حيث يساهم في نمو الجذور وتكوين الشعيرات الجذرية مما يعزز امتصاص الماء والعناصر الغذائية من التربة بشكل اوسع وهذا ينعكس ايجابيا في تنمية الاوراق وزيادة مساحة الاستيعاب للضوء وعملية التمثيل الضوئي وبالتالي ينتج مركبات مهمه يحتاجها النبات بكافة بمراحل النمو والتطور كافة من ضمنها مرحلة نشوء الاعضاء التناسلية بصورة طبيعية سليمة ينتج عنها تزهير وتلقيح واخصاب عالي بدون تشوه و يصب ذلك ايجابيا في عدد الصفوف العرنوص (كاظم وجبار،2014).

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط بلغ 16.51 صف عرنوص$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن معاملة S2T0 بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي سجلت اقل متوسط بلغ 11.59 صف عرنوص$^{-1}$. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى متوسط بلغ 15.85 صف عرنوص$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن معاملة S1Zn2 بالمقارنة مع معاملة S1Zn0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 11.46 صف عرنوص$^{-1}$. بينت النتائج ايضا وجود تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك

الجدول 21: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة عدد الصفوف (صف عرنوص $^{-1}$).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	10.27	15.83	13.05
	Zn 1	11.60	12.33	11.97
	Zn 2	12.90	15.65	14.27
S 1	Zn 0	11.22	11.70	11.46
	Zn 1	14.93	12.50	13.72
	Zn 2	15.43	14.55	14.99
S 2	Zn 0	15.87	12.47	14.17
	Zn 1	15.62	16.09	15.85
	Zn 2	13.27	16.23	14.75
متوسط S				
التداخل S * T	S0	11.59	15.49	13.54
	S1	13.63	12.88	13.26
	S2	15.78	16.51	16.14
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	11.56	13.33	12.44
	Zn1	14.91	14.42	14.67
	Zn2	14.53	15.69	15.11
متوسط (T)		13.54	14.37	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.63	0.63	0.51	1.09	0.89	0.89	1.54

النـانوي (T*Zn) اذ تفوقـت المعاملـة T1Zn2 بإعطائهـا اعلـى متوسـط بلـغ 15.69 صـف عرنوص$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن المعاملة T0Zn1 بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط بلغ 11.56 صف عرنوص$^{-1}$. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط لارتفاع النبات والتي سجلت 16.23 صف عرنوص$^{-1}$ ولم تختلـف معنويـا عـن المعـاملات S2T1Zn1 وS2T0Zn0 وS0T1Zn0 وS0T1Zn2 وS2T0Zn1 وS1T0Zn2 وS1T0Zn1 بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 10.27 صف عرنوص$^{-1}$.

4-4-2- عدد الحبوب في العرنوص (حبة عرنوص$^{-1}$)

يشير ملحق 4 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

اشارت نتائج الجدول 22 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي في صفة عدد الحبوب في العرنوص، حيث اعطت المعاملة S2 اعلى متوسط بلغ 670.0 حبة عرنوص$^{-1}$ بينما اعطت المعاملة S0 (بدون تسميد) اقل متوسط بلغ 430.6 وبنسبة زيادة بلغت 55.59% حبة عرنوص$^{-1}$. ربما يعزى ذلك الى دور عنصر الكبريت في زيادة جاهزية العناصر الصغرى منها الحديد والزنك (الجدولان 2 و3) ودورهما المهم في النمو والحاصل الذي رفع من زيادة تكوين الحبوب، او ربما يعود الى دور الكبريت في تكوين الكبريتات المهمة في عملية التمثيل الضوئي وتكوين افضل كتله حيوية من معدل الكلوروفيل كما بين في (جدول11) وهذا بدوره يزيد من التفاعلات الحيوية وتكوين اكبر مادة جافة وتخزن بعد ذلك في المصبات (العرانيص) اي زيادة عدد الحبوب في العرنوص.

كما يبين الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط بلغ 500.8 حبة عرنوص$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح (T0) التي اعطت اقل متوسط بلغ 482.0 حبة عرنوص$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت3.90%. ربما يرجع السبب لدور الاسمدة الحيوية من ضمنها بكتريا *T. thioparus* في توفر مجموعة متنوعة من العناصر الغذائية المهمة في زيادة عدد الحبوب (جدول 2 و3) وكذلك دورها في تحسين خواص التربة من خلال خفض pH التربة وزيادة محتوى المادة العضوية فيها وزيادة قدرتها على احتفاظ الماء والمغذيات وهذا يؤدي الى ظروف نمو مثلى اي تصبح لدى النبات قاعدة انتاج عالية (المجموع الجذري والخضري) ينتج

عنـــه زيـــادة واضـــحة فـــي مكونـــات الحاصـــل منهـــا عـــدد الحبـــوب فـــي العرنـــوص (Ranadev واخرون ، 2023)

اظهرت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في عدد الحبوب في العرنوص، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط اذ بلغ 527.3 حبة عرنوص$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة (Zn0) التي اعطت اقل متوسط بلغ 417.1 حبة عرنوص$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 26.42%. ربما يعود سبب الزيادة في معدل عدد الحبوب بالعرنوص الى تأثير التغذية الورقية بزيادة تراكيز الزنك حيث يلعب دورا في تكوين حبوب اللقاح وتطور المتك وبالتالي زيادة عدد الازهار الملقحة مما يزيد من احتمالية حدوث الاخصاب للزهيرات ومن ثم تكوينها حبوبا (Huthily واخرون، 2020).

يظهر الجدول ذاته وجود فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T.thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط بلغ 690.8 حبة عرنوص$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي سجلت اقل متوسط بلغ 387.8 حبة عرنوص$^{-1}$. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn1 اعلى متوسط والذي بلغ 589.1 حبة عرنوص$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2Zn2 وS2ZN0 بالمقارنة مع معاملة S0Zn1 التي اعطت اقل متوسط بلغ 369.4 حبة عرنوص$^{-1}$. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي(T*Zn) اذ تفوقت المعاملةT1Zn2 معنويا بإعطائها اعلى متوسط بلغ 550.8 حبة عرنوص$^{-1}$ بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط بلغ 387.8 حبة عرنوص$^{-1}$. كما يبين الجدول وجود فروق معنوية ايضاً لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط بلغ 650.5 حبة عرنوص$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن S2T0Zn0 بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 287.9 حبة عرنوص$^{-1}$.

الجدول 22: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة عدد الحبوب بالعرنوص (حبة عرنوص$^{-1}$).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	287.9	460.4	374.1
	Zn 1	389.5	349.3	369.4
	Zn 2	389.8	435.2	412.5
S 1	Zn 0	348.0	468.4	408.2
	Zn 1	554.7	438.8	496.4
	Zn 2	539.8	483.1	511.5
S 2	Zn 0	639.9	499.9	569.9
	Zn 1	576.9	601.4	589.1
	Zn 2	491.7	650.5	571.1
متوسط S				
التداخل S * T	S0	387.8	473.5	430.6
	S1	596.5	477.5	537.0
	S2	649.3	690.8	670.0
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	387.9	446.4	417.1
	Zn1	487.3	487.1	487.2
	Zn2	503.8	550.8	527.3
متوسط (T)		482.0	500.8	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
19.69	19.69	16.07	34.10	27.84	27.84	48.22

4-4-3- وزن 500 حبة (غم)

يعد الوزن احد مكونات الحاصل الحبوب المهمة في الذرة الصفراء اذ يدل على تراكم المادة الجافة في الحبة اي يعكس كفاءة المصدر من جانب وكفاءة المصب من جانب اخر وهو يتأثر بعوامل النمو.

يتضح من ملحق 4 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* ومستويات الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

اكدت نتائج الجدول 23 وجود اختلافات معنوي في صفة وزن 500 حبة، حيث اعطت المعاملة S1 اعلى متوسط بلغ 154.26غم و لم تختلف معنويا عن S0 بينما اعطت المعاملة S2 اقل متوسط بلغ 149.92غم وبنسبة زيادة بلغت 2.89%. قد يعود سبب تفوق المعاملتين S1 و S0 على S2 في زيادة وزن الحبة الى مبدا التعويض حيث انخفض عدد الصفوف والحبوب في العرنوص في المعاملتين S1 و S0 في (الجدولين 21 و22) مما ادى الى قلة عدد الحبوب الامر الذي ادى الى استغلال المساحة الفارغة في العرنوص الحلفي والتميمي (2017).

كما يوضح الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط بلغ 154.64غم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 149.70غم وبنسبة زيادة بلغت 3.29%. ربما يعزى ذلك الى مساهمة الاسمدة الحيوية ومن ضمنها *T. thioparus* في تحسين خواص التربة وتوفير المغذيات الاساسية (Ganzour واخرون، 2020) والمغذيات الصغرى للنباتات كما في (الجدولين 2 و3) وعندما يتم استعمالها بطريقة صحيحة يمكن ان تؤدي الى تحسين كفاءة امتصاص النباتات للعناصر الغذائية وبهذا تم تعزيز نموها وتطورها بشكل عام وبالتالي يمكن ان ينعكس ايجابيا على مكونات الحاصل.

اظهرت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في وزن الحبوب، فقد اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط اذ بلغ 155.53غم بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 والتي اعطت اقل متوسط 149.42غم وبنسبة زيادة بلغت 4.08%. تعد الذرة الصفراء من المحاصيل المتأثرة بنقص عنصر الزنك وبنفس الوقت ذات استجابة عالية عند التسميد به، بما ان للزنك دور رئيسي في زيادة تكوين المساحة الورقية والكلوروفيل (جدول 6 و11) ومن ثم زيادة عملية البناء الضوئي والتنفس وزيادة نشاط النبات في امتصاص الماء والمغذيات وتحويلها الى مواد جافة داخل النبات مما يزيد من امتلاء الحبوب وزيادة وزنها فضلا عن دوره في ايض البروتينات مما يساهم في تمثيل كمية اكبر من البروتين ومن ثم انتقاله الى الحبوب

Asadpour واخرون (2022) وهذا يتلائم مع كثير من المحاصيل ذات المجموع الخضري الكبير منها الذرة الصفراء لأنها من المحاصيل ذات كفاءة عالية في استجابة التسميد وتحويلها الى مواد جافة داخل النبات مما يزيد من امتلاء الحبوب وزيادة وزنها.

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S0T1 اعلى متوسط بلغ 167.46غم ولم تختلف معنويا عن S1T0 بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل متوسط بلغ 141.07غم. كما بينت النتائج هناك فروق معنويه للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S0Zn2 اعلى متوسط بلغ 165.88غم بالمقارنة مع معاملة S2Zn2 التي اعطت اقل متوسط بلغ 144.33غم. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) اذ تفوقت المعاملةT1Zn2معنويا بإعطائها اعلى متوسط بلغ 160.22غم بينما اعطت معاملةT0Zn1 اقل متوسط بلغ 148.79غم. كما يبين الجدول وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S0T1Zn2 اعلى متوسط بلغ 181.36غم بالمقارنة مع المعاملة S2T0Zn2 التي اعطت اقل متوسط بلغ 131.58غم.

الجدول 23: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة وزن 500 حبة (غم).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	136.24	158.53	147.38
	Zn 1	136.57	162.48	149.53
	Zn 2	150.40	181.36	165.88
S 1	Zn 0	148.53	142.31	145.42
	Zn 1	170.39	139.99	155.19
	Zn 2	170.53	142.20	156.37
S 2	Zn 0	163.67	147.23	155.45
	Zn 1	139.41	160.54	149.98
	Zn 2	131.58	157.08	144.33
متوسط S				
التداخل S * T	S0	163.15	141.50	152.32
	S1	141.07	167.46	154.26
	S2	144.89	154.95	149.92
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	149.48	149.36	149.42
	Zn1	148.79	154.34	151.56
	Zn2	150.84	160.22	155.53
متوسط (T)		149.70	154.64	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
3.35	3.35	2.73	5.80	4.74	4.74	8.21

4-4-4- حاصل الحبوب الكلي (ميكا غرام هـ$^{-1}$)

يتضح من ملحق 4 لتحليل التباين ان لكل من مستويات الكبريت الزراعي والتلقيح بكتريا *T. thioparus* وتراكيز الرش بالزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

بينت نتائج الجدول 24 وجود اختلافات معنوي في صفة حاصل الحبوب، اذ سجلت المعاملة S2 اعلى متوسط والذي بلغ 8.06 ميكا غرام هـ$^{-1}$ بينما سجلت معاملة المقارنة (بدون تسميد) S0 اقل متوسط والذي بلغ 5.95 ميكا غرام هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 41.51%. ان سبب زيادة متوسط الحاصل الكلي للحبوب في معاملة S2 ربما يرجع ذلك الى اهمية الكبريت الزراعي في تحسين جودة التربة وتركيبتها الكيميائية لذا يزيد من جاهزية العناصر الغذائية الكبرى والصغرى (الجدولان 2 و3) في محلول التربة وزيادة امتصاصها من قبل النبات وذلك من خلال تعديل الأس الهيدروجيني للتربة (pH) ويؤثر ذلك ايجابيا في زيادة المؤشر الاولي للحاصل المجموع الخضري وبالتالي ينعكس هذا ايجابيا في ارتفاع النبات (الجدول 4) اضافة الى دوره كعنصر غذائي يحتاجه النبات اثناء مراحل النمو والتطور اذ يدخل في تكوين الكلوروفيل وزيادة الغطاء الاخضر المعرض لأشعة الشمس كما في (الجدول 11) وتحويل التفاعلات التي تحصل الى مواد غذائية جافة وبعد ذلك تنقل نواتج عملية التمثيل الضوئي من مصادر تخليقها الى مكونات الحاصل وبالتالي زيادة حاصل الحبوب (Dong واخرون،2024). او ربما يعود سبب تفوق هذه المعاملة في زيادة حاصل الحبوب نتيجة تفوقها في عدد الصفوف وعدد الحبوب بالعرنوص كما في (الجدول 21 و22).

كما لوحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط 7.52 ميكا غرام هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم التلقيح (T0) التي اعطت اقل متوسط 6.61 ميكا غرام هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 13.76%. ربما يعزى ذلك الى دورها الفعال في زيادة مكونات الحاصل من عدد الصفوف وعدد الحبوب ووزن 500 حبة كما في (الجداول 21 و22 و23) الامر الذي رفع من زيادة كمية حاصل الحبوب.

اظهرت نتائج الجدول نفسه ان للرش بالزنك النانوي تأثير معنوي في حاصل الحبوب، اذ اعطت المعاملة Zn2 اعلى متوسط 8.01 ميكا غرام هـ$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن Zn1 بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة (Zn0) والتي اعطت اقل متوسط 7.12 ميكا غرام هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 12.50%. ربما يعزى ذلك الى دور الزنك في عمليات التكاثر (التزهير والتلقيح والاخصاب) من خلال تنشيط حبوب اللقاح وتقليل من عدد الازهار العقيمة

وبالتـــالي تكـــوين افضـــل عـــدد صـــفوف وعـــدد حبـــوب بـــالعرنوص ووزن 500 حبـــة (الجداول 21 و22 و23) وهذا بدوره يزيد من الحاصل الكلي للنبات.

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T1 اعلى متوسط بلغ 8.59 ميكا غرام هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل متوسط 5.18ميكا غرام هـ$^{-1}$ كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى متوسط والذي بلغ 8.02 ميكا غرام هـ$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2Zn1 وS1Zn2 وS2Zn0 وS2Zn1 بالمقارنة مع معاملة S0Zn2 التي اعطت اقل متوسط 5.60 ميكا غرام هـ$^{-1}$. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T. thioparus* والزنك النانوي(T*Zn) اذ تفوقت المعاملةT1Zn2معنويا بإعطائها اعلى متوسط 8.12 ميكا غرام هـ$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن T1Zn1 بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط 6.69 ميكا غرام هـ$^{-1}$. كما يبين الجدول وجود فروق معنويه لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T. thioparus* والرش بالزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط 8.63 ميكا غرام هـ$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن المعاملات S2T1Zn1 وS1T1Zn2 وS1T1Zn1 وS2T1Zn0 وS2T0Zn2 بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط 5.25 ميكا غرام هـ$^{-1}$.

الجدول 24: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة حاصل الحبوب الكلي (ميكا غرام هـ$^{-1}$).

الكبريت(S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	5.25	6.13	5.69
	Zn 1	5.64	6.89	6.26
	Zn 2	5.32	5.89	5.60
S 1	Zn 0	5.85	6.94	6.26
	Zn 1	6.77	7.87	7.32
	Zn 2	6.90	7.94	7.42
S 2	Zn 0	6.97	7.81	7.39
	Zn 1	7.04	8.50	7.77
	Zn 2	7.41	8.63	8.02
				متوسط S
التداخل S * T	S0	5.18	6.72	5.95
	S1	7.00	7.20	7.10
	S2	7.53	8.59	8.06
				متوسط Zn
التداخل ZN * T	Zn0	6.69	7.55	7.12
	Zn1	7.76	8.11	7.93
	Zn2	7.91	8.12	8.01
	متوسط (T)	6.61	7.52	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.640	0.640	0.523	1.109	0.906	0.906	1.569

4-4-5- الحاصل البايلوجي (ميكا غرام هـ$^{-1}$)

يشير ملحق 4 لتحليل التباين ان لكل من مستويات والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* وتراكيز الزنك النانوي والتداخل الثنائي والثلاثي كان معنويا.

اظهرت نتائج الجدول 25 وجود تأثير معنوي عند اضافة مستويات من الكبريت الزراعي (S) في صفة الحاصل البايلوجي اذ سجلت المعاملة S2 اعلى متوسط والذي بلغ 13.81 ميكا غرام هـ$^{-1}$. بينما اعطت معاملة المقارنة S0(بدون تسميد) اقل متوسط والذي بلغ 10.96 ميكا غرام هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 2.60%. ان سبب ذلك يعود الى ان اضافة الكبريت الزراعي قد خفض درجة تفاعل التربة وزيادة جاهزية العناصر ذات الpH المتعادل مثل N,P,K في التربة الامر الذي شجع النبات على زيادة امتصاص هذه العناصر وزيادة تركيزها في المجموع الخضري (الجداول 12 و13 و14) ايضا شجع من جاهزية العناصر ذات الpH المنخفض (العناصر الصغرى) منها الحديد والزنك (الجدولان 2 و3) الامر الذي شجع النبات الى زيادة العمليات الحيوية وتكوين اكبر مادة جافة كذلك يرجع سبب الزيادة الى تفوق هذه المعاملة في (الجداول 21 و22 و24).

كما يلحظ من الجدول ذاته ان معاملة التلقيح بالبكتريا T1 اعطت اعلى متوسط والتي سجلت 12.69 ميكا غرام هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة T0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 11.40 ميكا غرام هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت11.31%. ربما تعود هذه الزيادة الملحوظة الى دور البكتريا *T. thioparus* والمخصبات الحيوية في زيادة العمليات الحيوية واثرها الايجابي في رفع كفاءة عملية التمثيل الضوئي وبالتالي زيادة نسبة الكلوروفيل والبروتين والكربوهيدرات كما في (الجداول11 و18 و19) على التتابع ويظهر هذا واضحا على زيادة ارتفاع النبات والمساحة الورقية وعدد الاوراق وقطر الساق كما في (جدول4 و6 و7 و8) على التتابع وبعد تكوينها في المصادر تنتقل الى المصبات (العرانيص) وبالتالي زيادة مكونات الحاصل (الجدول 21 و22 و24) وكل هذا يؤثر على زيادة الحاصل البايلوجي للنبات.

اما تأثير الرش بالزنك النانوي فقد اعطت المعاملة Zn1 اعلى متوسط اذ بلغ 13.72 ميكا غرام هـ$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن المعاملة Zn2 التي اعطت متوسط 13.66 ميكا غرام هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة عدم الاضافة Zn0 والتي اعطت اقل متوسط 11.98ميكا غرام هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 14.52%. ربما يعزى ذلك الى دور الزنك اذ يعتبر جزءا اساسيا من الانزيمات المهمة في عملية التنمية النباتية اي من خلال تشجيع نمو الجذور والاوراق والسيقان

(الجدولان 7 و8) مما يؤدي في النهاية الى زيادة الحجم البايلوجي للمحصول وتحسين جودة المحصول ايضا يلعب الزنك دورا هاما في تكوين البروتينات والكربوهيدرات والدهون في النباتات وبالتالي تنتقل الى مكونات الحاصل كما في (الجدول21 و 22 و23 و 24) وهذا يزيد من حجم الحاصل البايلوجي.

يظهر الجدول ذاته هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت وبكتريا *T. thioparus* (S*T) حيث سجلت المعاملة S2T0 اعلى متوسط والذي بلغ 13.85 ميكا غرام هـ$^{-1}$ والتي لم تختلف معنويا عن معاملة S2T1 بالمقارنة مع معاملة S0T0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 10.84 ميكا غرام هـ$^{-1}$. كما بينت النتائج هناك فروق معنوية للتداخل الثنائي بين الكبريت والزنك النانوي (S*Zn) حيث سجلت معاملة S2Zn2 اعلى متوسط والذي بلغ 14.89ميكا غرام هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع معاملة S0Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 10.37ميكا غرام هـ$^{-1}$. ايضا هناك تداخل ثنائي معنوي بين بكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (T*Zn) اذ تفوقت المعاملة T1Zn1 معنويا بإعطائها اعلى متوسط والذي بلغ 14.07 ميكا غرام هـ$^{-1}$ ولم تختلف معنويا عن معاملة S2T1 بينما اعطت معاملة T0Zn0 اقل متوسط والذي بلغ 11.90 ميكا غرام هـ$^{-1}$. كما يبين الجدول وجود فروق معنوية لمعاملات التداخل الثلاثي لكل من الكبريت الزراعي وبكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي (S*T*Zn) حيث اعطت المعاملة S2T1Zn2 اعلى متوسط والذي بلغ 15.73 ميكا غرام هـ$^{-1}$ بالمقارنة مع المعاملة S0T0Zn0 التي اعطت اقل متوسط والذي بلغ 10.08 ميكا غرام هـ$^{-1}$.

الجدول 25: تأثير الكبريت الزراعي والتلقيح ببكتريا *T.thioparus* والزنك النانوي والتداخل بينهما في صفة الحاصل البايلوجي (ميكا غرام هـ$^{-1}$).

الكبريت (S)	الزنك النانوي(Zn)	(T) *T. thioparus*		التداخل S*Zn
		T0	T1	
S 0	Zn 0	10.08	10.66	10.37
	Zn 1	10.13	10.91	10.52
	Zn 2	10.56	11.03	10.79
S 1	Zn 0	10.70	11.88	11.29
	Zn 1	11.41	12.00	11.70
	Zn 2	12.09	11.97	12.03
S 2	Zn 0	12.48	13.05	12.76
	Zn 1	13.80	15.02	14.41
	Zn 2	14.06	15.73	14.89
متوسط S				
التداخل S * T	S0	10.84	11.08	10.96
	S1	12.11	13.13	12.62
	S2	13.85	13.77	13.81
متوسط Zn				
التداخل Zn * T	Zn0	11.90	12.06	11.98
	Zn1	13.38	14.07	13.72
	Zn2	13.33	14.00	13.66
متوسط (T)		11.40	12.69	

L.S.D. 0.05						
S	Zn	T	S*Zn	S*T	Zn* T	S*Zn* T
0.850	0.850	0.694	1.473	1.203	1.203	2.083

5- الاستنتاجات والتوصيات

5-1- الاستنتاجات

في ضوء النتائج المستحصل عليها من الدراسة فقد استجابت نباتات الذرة الصفراء لإضافة الكبريت الزراعي والتلقيح الحيوي والرش بالزنك النانوي في معظم الصفات المدروسة وانعكس ذلك ايجابيا على النمو والحاصل والصفات النوعية والكيميائية.

1- اثرت اضافة الكبريت الزراعي للتربة عند مستوى 3000 كغم هـ$^{-1}$ اثر معنويا في النمو والحاصل والصفات النوعية والكيميائية للذرة الصفراء.

2- اثر الكبريت الزراعي في زيادة جاهزية العناصر الغذائية الحديد والزنك في التربة.

3- اظهرت الدراسة ان معاملة تلقيح التربة بالبكتريا T. thioparus ادى الى زيادة تسريع عملية اكسدة الكبريت الزراعي المضاف ومن ثم حققت زيادة معنوية في اغلب الصفات المدروسة.

4- لوحظ ان الرش بالزنك النانوي بتركيز 100 ملغم لتر$^{-1}$ تفوق معنويا في كثير من الصفات المدروسة.

5- اظهرت النتائج ان التوليفة السمادية S2T1Zn2 قد اثرت معنويا في كثير من الصفات المدروسة.

2-5- التوصيات

على الرغم من ان التوصية السمادية تختلف بحسب نوع التربة ومدى احتوائها على العناصر المغذية وخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية ونوع المحصول والسماد المضاف وطريقة أضافته الا ان اهم التوصيات التي يمكن اعتمادها وفق نتائج الدراسة هي :

1- اضافة الكبريت الزراعي بوصفه محسنا للترب ذات pH القاعدي لغرض خفض تفاعل التربة وبمقدار 3000 كغم هـ$^{-1}$ والتي ادت الى زيادة جاهزية الحديد والزنك في التربة عن طريق ذلك نلحظ هناك دورا اقتصاديا مهما للكبريت الزراعي عن طريق خفض استعمال الاسمدة الكيميائية، فضلا عن زيادة صفات النمو والنوعية والحاصل ومكوناته.

2- التوجه نحو استعمال التسميد الحيوي للتقليل من الاثار الجانبية للأسمدة الكيميائية اذ لها جانب اقتصادي وبيئي مهم فضلا عن دورها في زيادة كفاءة استعمال الاسمدة الكيميائية في تجهيز النبات بالعناصر الغذائية وتقليل مخاطرها.

3- اجراء دراسات اخرى على البكتريا المستعملة للدراسة *Thiobacillus thioparus* مع المحاصيل الاخرى لمعرفة اثارها في تحسين صفات التربة والحاصل.

4- يفضل إضافة الزنك النانوي بالتغذية الورقية على النباتات لتجنب نقصه.

6- المصادر

6-1- المصادر العربية

احمد، فراس وعدالله .(2016). تأثير موعد ومستوى اضافة الكبريت الزراعي في امتصاص الفسفور والحديد والزنك ونمو وحاصل صنفين من الذرة الصفراء. *Zea mays* L. مجلة القادسية للعلوم الزراعية، 2(6): 136- 150.

البياتي، علي حسين ابراهيم وابتسام مجيد رشيد الربيعي وعلي عباس كاظم المعاميري .(2016). تأثير مدة الحضن في الاكسدة الحيوية للكبريت الزراعي في بعض الخصائص الكيميائية لتربة طينية مزيجية. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 8 (2):117 – 124.

الحلفي، انتصار هادي حميدي واثير هشام مهدي التميمي.(2017). استجابة بعض الأصناف التركيبية من الذرة الصفراء للأسمدة المعدنية والعضوية والحيوية. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 48 (6):1652 – 1660.

الدليمي، اسماء حسين علاوي وكهرمان حسين الخزاعي.(2024). تأثير مستويات الكبريت الزراعي ومواعيد الاضافة في معدل ال NPK وبعض صفات النمو خلال مراحل نمو نبات الذرة الصفراء.*Zea mays* L. مجلة دجلة للعلوم الزراعية،2 (1):8-29.

الراوي، خاشع محمود وعبد العزيز محمد خلف الله .(2000). تصميم وتحليل التجارب الزراعية، كلية الزراعة والغابات. جامعة الموصل. العراق.1-11.

الساهوكي، مدحت مجيد .(2007). علاقات نمو البذرة. جامعة بغداد .كلية الزراعة.1 -140.

الساهوكي، مدحت وصدام حكيم جياد.(2014). تقدير المساحة الورقية للذرة. مجلة العلوم الزراعية العراقية، 45 (1):1-5.

الساهوكي، مدحت مجيد .(1990). الذرة الصفراء انتاجها وتحسينها. مطابع التعليم العالي. وزارة التعليم العلي والبحث العلمي، جامعة بغداد.

الصحاف، فاضل حسين.(1989). تغذية نبات التطبيقي. جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. 259.

العابدي، جليل اسباهي .(2011). دليل استخدامات الاسمدة الكيميائية والعضوية في العراق. المكتبة الزراعية الشاملة. وزارة الزراعة الهيأة العامة للإرشاد والتعاون الزراعي. العراق 93 صفحة.

الفرج، قاسم.(2021).تأثير الكبريت مع المادة العضوية في تحسين بعض خصائص التربة. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 8(6):252-261.

الكبيسي، خضير ياس خضير.(2015). تقييم فعالية الصخر الفوسفاتي المحمض جزئيا في تسميد الذرة الصفراء في تربه كلسية. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة الانبار.

النمراوي، أحمد معجل عواد.(2020). تأثير محتوى التربة من الجبس والتسميد البوتاسي والتغذية الورقية بالزنك في نمو وحاصل الذرة الصفراء. رسالة ماجستير. كلية الزراعة. جامعة تكريت.

جبر، عبد سلمان وكهرمان حسين حبيب.(2017). تأثير مصادر ومستويات وموعد اضافة الكبريت في نمو وحاصل نبات الذرة الصفراء (*Zea mays* L.). مجلة القادسية للعلوم الزراعية، 7(1): 1-12.

علي، نور الدين شوقي وحمد الله سليمان راهي وعبد الوهاب عبد الرزاق شاكر.(2014). خصوبة التربة. دار الكتب العلمية للطباعة والنشر والتوزيع. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. الطبعة العربية الاولى. جامعة بغداد . ع ص 307.

كاظم، صبيحة حسون وزينب حسن جبار.(2014). تأثير البنزل ادنين والزنك في حاصل ونوعية الذرة الصفراء(*Zea mays* L.). مجلة الفرات للعلوم الزراعية، 6 (1): 144-153.

محمد، حسين عزيز ويوسف محمد أبو ضاحي. (2013). مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 5 (2): 465-479.

وزارة الزراعة .(2006). ارشادات في زراعة وانتاج الذرة الصفراء. الهيئة العامة للإرشاد والتعاون الزراعي. مشروع تطوير بحوث الذرة الصفراء . نشرة ارشادية رقم 19.

2-6- المصادر الاجنبية

A.O.A.C .(1975). Method of analysis. Association of Agriculture Chemist Washington .D.C. Bahadori, A., H.R. Mobasser and H.R.Ganjali.2015. Influence of water stress and Plant density on some characteristics in corn. Bio. foru. Int. J7(1): 673-678.

Abd El-Mageed, T.A., M.M. Rady, R.S. Taha, S. Abd El Azeam, C.R. Simpson, and W.M. Semida .(2020). Effects of integrated use of residual sulfur-enhanced biochar with effective microorganisms on soil properties, plant growth and short-term productivity of Capsicum annuum under salt stress. *Scientia Horticulturae*. 261: 2-13.

Abd, A.M., and M.I. Huwaidi .(2023). The Effect of Planting Dates and Spraying with Boron and Sulfur on Raising the Yield Efficiency of Maize (*Zea mays* L.). In IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*.1259(1): 1-9.

Abdelgalil, A., A. Mustafa, S. Ali, and O. Yassin .(2022a). Effect of irrigation intervals and foliar spray of zinc and silicon treatments on maize growth and yield components of maize. *Current Chemistry Letters*. 11(2): 219-226.

Abdelgalil, A., A. Mustafa, S. Ali, and O. Yassin .(2022b). Effect of different water deficit and foliar spray of zinc and silicon treatments of chemical composition of maize. *Current Chemistry Letters*. 11(2): 191-198.

Ahamed, M.I., R. Boddula, and M. Rezakazemi .(2021). Biofertilizers: Study and Impact. *Journal Wiley and Sons*.7(1): 4-17.

Ahmed, I.M., O.M., Ahmed, and M.A. Ozories .(2019). Effect of Sulphur application and water salinity on soil and plant properties. *Journal of Soil Science and Environmental Management*. 10(2): 29-38.

Al-Abassi, A.A.A., W.F. Al-Shamary, K.A. Kareem, and A.M.S. Kahlei .(2022). Effect of plant density and foliar spray of zinc on vegetative growth of corn (*Zea mays* L.). *Research on Crops*. 23(4): 4-11.

Alani, A.R., and M. T. Yaquop .(2020). Influence of agricultural sulphur and organic matter on the growth of corn (*Zea mays* L.) and leaves content of some nutritious elements. *Int. J. Agric. Stat. Sci*. 16(1): 1451-1456.

Alani, A.R., H.J.Mohammed, and M.R. Al-Shaheen .(2019). Effect of organic residues of cows and organic acids on the readiness of some micronutrients in the soil. *Biochemical and Cellular Archives*. 19(1): 2747-2750.

Alemu, E., Y.G. Selassie, and B. Yitaferu .(2022). Effect of lime on selected soil chemical properties, maize (*Zea mays* L.) yield and determination of rate and method of its application in Northwestern Ethiopia. *Heliyon*. 8(1): 188-197.

Al-Mehemdi, S.A., R.M. Al-Dolaymi, and T. M. Al-Dolaymi .(2015). Effect of zinc foliar nutrition and irrigation periods on some growth parameters and productivity of corn (*Zea mays* L.). *Anbar Journal of Agricultural Sciences*. 13(1): 257-271.

Almosuly, M., and F.M. Said .(2018). Effect of bio fertilization to increase efficiency of using chemical fertilizer to Corn crop (*Zea mays* L.) grown in gypsiferous soil. *Journal of Kerbala for Agricultural Sciences*. 5(5): 509-525.

Almotory, D. M., A. A. Z. T. Thaher, and M.M. Al-Jaberi .(2020). Effect of agricultural sulphur and thiobacillus bacteria on micronutrients availability in saline soil. *Plant Archives*. 20(2): 8846-8850.

Alotaibi, B.A., E. Yoder, M.A. Brennan, and H.S. Kassem .(2019). Training needs of extension agents' regarding organic agriculture in Saudi Arabia. *Evaluation and program planning*. 77: 3-15.

Alotaibi, B.A., E. Yoder, M.A. Brennan, and H.S. Kassem .(2021). Perception of organic farmers towards organic agriculture and role of extension. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 28(5): 2980-2986.

Al-Tameemi, A.J.H., Y.A.M. Al-Aloosy, and N.J. Al-Saedi .(2019). Effect of spraying chelated and nano of both iron and zinc on the growth and yield of broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Plant Archives*. 19(1): 1783-1790.

Altieri, M.A .(2018). Agroecology: the science of sustainable agriculture. CrC press. pp. 60.

Arak, R .(2017). Response of some vegetative growth ponitars maize *Zea mays* L. To spray potasium and zinc. *Journal Kerbala of Agricultural Sciences*. 4(8): 74-87.

Aref, F .(2011). Zinc and boron content by maize leaves from soil and foliar application of zinc sulfate and boric acid in zinc and boron deficient soils. *Middle East J. Sci. Res*. 7(4): 610-618.

Ariraman, R., A.P. Kumar, S. Selvakumar, S. Sowmya, and M.D.I. Mansingh .(2020). Effect of sulphur nutrition on growth parameters, yield parameters, yield, nutrient uptake, quality and economics of maize: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(6): 1632-1636.

Asadpour, S., H. Madani, G.N. Mohammadi, I.M. Heravan, and H.H.S. Abad .(2022). Improving maize yield with advancing planting time and nano-silicon foliar spray alone or combined with zinc. *Silicon. Aust. J. Agric. Res*. 10: 340-352.

Babu, S., R. Singh, D. Yadav, S.S. Rathore, R. Raj, R. Avasthe, and V.K. Singh .(2022). Nanofertilizers for agricultural and environmental sustainability. Chemosphere. 292(3):1-16.

Badawi, M., S.E. Seadh, W.A.E. Abido, and I.S. El-Sadik .(2022). Effect of Spraying with Nano-Zinc and Mineral Npk Levels on Productivity and Grains Quality of Maize. *Journal of Plant Production*. 13(12): 869-874.

Besharati, H .(2017). Effects of sulfur application and Thiobacillus inoculation on soil nutrient availability, wheat yield and plant nutrient concentration in calcareous soils with different calcium carbonate content. *Journal of Plant Nutrition*. 40(3): 447-456.

Besharati, H., H. Khosravi, K. Khavazi, A. Ziaeian, K. Mirzashahi, J. Ghaderi, and N. Rashidi .(2017). Effects of biological oxidation of sulfur on soil properties and nutrient availability in some soils of Iran. *Iranian Journal of Soil Research*. 31(3): 393-403.

Blum, W.E., P. Schad, and S. Nortcliff .(2017). Essentials of Soil Science: soil formation, functions, use and classification (World Reference Base, WRB). Gebr. *Borntraeger Science Publishers. pp*. 55.

Boden, R., L.P. Hutt and A.W. Rae .(2017). Reclassification of Thiobacillus aquaesulis (Wood and Kelly, 1995) as Annwoodia aquaesulis gen. nov., comb. nov., transfer of Thiobacillus (Beijerinck, 1904) from the Hydrogenophilales to the Nitrosomonadales, proposal of

Hydrogenophilalia class. nov. within the 'Proteobacteria', and four new families within the orders Nitrosomonadales and Rhodocyclales. *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 67(5): 1191-1205.

Braymer, J.J., S.A. Freibert, M. Rakwalska-Bange, and R. Lill .(2021). Mechanistic concepts of iron-sulfur protein biogenesis in Biology. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*. 1868(1): 118-128.

Cabot, C., S. Martos, M. Llugany, B. Gallego, R. Tolrà, and C. Poschenrieder .(2019). A role for zinc in plant defense against pathogens and herbivores. *Frontiers in plant science*. 10(3): 448-459.

Choudhary, R.C., R.V. Kumaraswamy, S. Kumari, S.S. Sharma, A. Pal, R. Raliya, V. Saharan .(2019). Zinc encapsulated chitosan nanoparticle to promote maize crop yield. *International journal of biological macromolecules*. 127(9): 126-135.

Corpas, F.J .(2024). NO and H2S Contribute to Crop Resilience against Atmospheric Stressors. *Int. J. Molecular Sci*. 25(6): 3-9.

Das, C., A.K. Barik, and K. Mondal .(2020). Effect of zinc application on growth and yield of baby corn (*Zea mays* L.) in lateritic soil of West Bengal. *International Journal of Chemical Studies*. 8(2): 887-890.

Dong, S., B. Zhang, Z. Wang, X. Zhou, and Q. Gao .(2024). Responses of soil bacterial communities and maize yields to sulfur application across four soil types. *Frontiers in Microbiology*. 15: 13-29.

El-Fahdawi, W.A., F.W. Ahmed, and S.H. Cheyed .(2020). Effect of Agricultural sulfur on Availability of NPK in the soil growth and

yield of corn (*Zea mays* L.). *Indian journal of ecology*. 47(12): 275-280.

El-Ghareib, E.A., M.A. El-Sayed, E.E. Mesbah, and K.A. Azzam .(2014). Effect of foliar spraying with dolfan and zinc on yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) under different nitrogen fertilizer rates. *The Middle East Journal*. 3(1): 465-471.

El-Saadony, M.T., A.S. ALmoshadak, M.E. Shafi, N.M. Albaqami, A.M. Saad, A.M. El-Tahan, and A.M. Helmy .(2021). Vital roles of sustainable nano-fertilizers in improving plant quality and quantity-an updated review. *Saudi journal of biological sciences*. 28(12): 7349-7359.

Esmaeil, M.A., S.H. Abd Elghany, A.A. Fattah, and A.A. Arafat .(2020). Assessment of the effect of nano sulfur on some soil properties and maize productivity in saline soil. *Curr. Sci. Int.* 19: 656-665.

Fahad, S., S. Saud, F. Wahid and M. Adnan .(2023). Biofertilizers for Sustainable Soil Management. CRC Press,1-278.

Fuentes-Lara, L.O., J. Medrano-Macías, F. Pérez-Labrada, E.N. Rivas-Martínez, E.L. García-Enciso, S. González-Morales, A. Benavides-Mendoza .(2019). From elemental sulfur to hydrogen sulfide in agricultural soils and plants. *Molecules*. 24(12): 22-37.

Ganzour, S., T. Ghabour, N.M. Hemeid, and K.A. Khatab .(2020). Impact of Biofertilizers on Maize (*Zea mays* L.) Growth and Yield under Calcareous Soil Conditions. *Egyptian J. Soil Sci*. 60(4): 469-483.

George, E., S. Rolf, and R. John .(2013). Methods of soil, plant, and water analysis: A manual for the West Asia and North Africa region.

International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). pp. 244.

GETINET, H. (2021). IDENTIFICATION OF LIMITING NUTRIENTS FOR MAIZE (Zea mays L.) PRODUCTION IN NITISOLS OF OMO NADA AREA SOUTHWESTERN ETHIOPIA Doctoral dissertation.3(5):1010-1101.

Ghaderi, J., M.J. Malakouti, K. Khavazi, and M.H. Davoodi .(2019). Sulfur oxidation under different moisture conditions and its effect on some chemical soil characteristics. *Journal of Sol Biology*. 6(2): 125-136.

Gomah, H.H., S.M. Mahmoud, H.M. El-Rewainy, and M.R. Abdrabou .(2014). Soil solarization and inoculation with Sulphur oxidizing bacteria and their effects on some soil properties. J. *Microbial Biochem Technol*. 3: 2-8

Gondal, A.H., I. Hussain, A.B. Ijaz, A. Zafar, B.I. Ch, H. Zafar, and M. Usama .(2021). Influence of soil pH and microbes on mineral solubility and plant nutrition: A review. *International Journal of Agriculture and Biological Sciences*. 5(1): 71-81.

Gupta, N., H. Ram, and B. Kumar .(2016). Mechanism of Zinc absorption in plants: uptake, transport, translocation and accumulation. *Reviews in Environmental Science and Bio.Technology*. 15: 89-109.

Hao, W., J. Zhang, R. Duan, P. Liang, M. Li, X. Qi, X. Huang .(2020). Organic carbon coupling with sulfur reducer boosts sulfur based denitrification by Thiobacillus denitrificans. *Science of The Total Environment*. 748: 142-145.

He, H., M. Wu, R. Su, Z. Zhang, C. Chang, Q. Peng, H. Lambers .(2021). Strong phosphorus (P)-zinc (Zn) interactions in a calcareous soil-

alfalfa system suggest that rational P fertilization should be considered for Zn biofortification on Zn-deficient soils and phytoremediation of Zn-contaminated soils. *Plant and Soil*. 461: 119-134.

Hekmat, A.W., N.K. Mohammadi, G. Ghosh .(2019). Effect of NPK, biofertilizer and zinc foliar nutrition on growth and growth attributes of baby corn (*Zea mays* L.). IJCS. 7(4): 2432-2436.

Herbert, D., P.J. Philips, R.E. Strange .(1971). In Methods in Microbiology. Norries, J.R. and Robbins, D.W. (eds.) Acada, Paris, London and New York. *Methods in Microbiology*,22 (5) 209-344.

Hoshan, M.N., and M.M. Yassin .(2023). The interaction effect of leaching requirements, salinity of irrigation water, levels of added sulfur and type of organic matter on soil salinity cultivated with maize plants (*Zea mays* L.). *University of Thi-Qar Journal of agricultural research.* 12(1): 1-21.

Hsieh, W.Y., J.C. Liao, H.T. Wang, T.H. Hung, C.C. Tseng, T.Y. Chung, and M.H. Hsieh .(2017). The Arabidopsis thiamin-deficient mutant pale green1 lacks thiamin monophosphate phosphatase of the vitamin B1 biosynthesis pathway. *The Plant Journal*. 91(1): 145-157.

Huthily, K.H., K.A. Al-Dogagy, M.A. Kalaf .(2020). Effect of Nitrogen Fertilization and Foliar Application of Zinc in Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.). *Int. J. Agric. Stat. Sci.* 16: 1375-1380.

Hutt, L. P. (2017). Taxonomy, physiology and biochemistry of the sulfur Bacteria (Doctoral dissertation, University of Plymouth).

Jabbar, A.K., and D.Q. Al-Ziyadi .(2021). Effect of sulfur-oxidizing bacteria thiobacillus thioparus and different levels of agricultural sulfur on

wheat yield (*Triticum aestivium* L.). *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 923(1): 3-12.

Jalal, A., C.E.D.S. Oliveira, G.C. Fernandes, E.C. da Silva, K.N. da Costa, J.S. de Souza and M.C.M. Teixeira Filho .(2023). Integrated use of plant growth-promoting bacteria and nano-zinc foliar spray is a sustainable approach for wheat biofortification, yield, and zinc use efficiency. *Frontiers in Plant Science*. 3 (14): 1-14.

Jassim, S.M., I.A. Toman, and H.A. Attia .(2022). Effect of zinc spraying and the addition of organic matter on some physical soil traits and growth of yellow corn (Glory) cultivar. *International Journal of Agricultural and Statistical Sciences*. 1 (18): 3-17.

Jinnur, S., P. Satish, S.A. Hussain, and P.C. Reddy .(2023). Influence of Nano Zinc Foliar Application on Yield and Economics of Sweet Corn (*Zea mays* L. *saccharata*) in Telangana, India. *International Journal of Environment and Climate Change*. 13(9): 3503-3510.

Kadam, S.R., N.J. Jadav, and I.R. Bagwan .(2022). Effect of farm yard manure, sulphur and zinc on growth, yield and quality of maize. *The Pharma Innovation Journal*. 12: 2602-2607.

Krishna, A.V., B. Mehera, and P. Kumar .(2023). Effect of Plant Growth Regulators and Zinc on Growth and Yield of Baby Corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*. 35(7): 78-83.

Kumar, K.H., S. Adithya, and V.P. Savalgi .(2021). Evaluation of foliar application of zinc nanoparticles on growth and yield parameters of maize (*Zea mays* L.) grown under greenhouse conditions. *International Journal of Chemical Studies*. 9(1): 1464-1467.

Kumar, M., M.T. Zeyad, P. Choudhary, S. Paul, H. Chakdar, and M.V.S Rajawat .(2020). Thiobacillus. In Beneficial Microbes in Agro. *Ecology*. 17: 545-557.

Kumar, M., S. Singh, V. Singh, K. Singh, and R. Khanna .(2019). Effect of zinc and boron on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Progressive Research-An International Journal*. 14(3): 215-221.

Kumar, S., S.S. Sindhu, and R. Kumar .(2022). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*. 6 (3): 1-10.

Künstler, A., G. Gullner, A.L. Ádám, J. Kolozsváriné Nagy, and L. Király .(2020). The versatile roles of sulfur-containing biomolecules in plant defense-A road to disease resistance. *Plants*. 9(12): 1705-1718.

Kutney, G . (2023). Sulfur: history, technology, applications and industry. *Elsevier*,978-77467.

Lindsay, WL., WA. Norvel .(1978). Development of DTPA soil test for zinc, copper, iron and manganese, Soil Science Society of America Journal 42(10):421-428.

Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solutions. *Journal of biological chemistry*, 140(2): 315-322.

Magnucka, E. G., G. Kulczycki, M. P.O ksińska, J. Kucińska, K. Pawęska, Ł. Milo, and S. J. Pietr.(2023). The Effect of Various Forms of Sulfur on Soil Organic Matter Fractions and Microorganisms in a Pot Experiment with Perennial Ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Plants*, 12(14): 26-49.

Mahesh, R. H., A. Dayal, J.Nasakar and E. A. Sharan .(2022). Effect of particle size and concentration of zinc oxide nanoparticles on growth, yield and yield attributing traits of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Noval Research and Development*. 7(13):3-12.

Maruf, M. T., and G. A. Mam-Rasul .(2019). Effect of humic acid and sulfur fertilizer levels on some physiological traits of maize (Zea mays L.) on calcareous soil. *Applied Ecology and Environmental Research*. 17(6):5-18.

Mirzaie, H., F. Shekari, R. Fotovat and, M. Amir Delavar .(2023). Evaluation of growth of corn in the vegetative stage under Contaminanted soil conditions by applaying sulfur-containing compounds and thiobacillus bacteria. *Journal of Crops Improvement*, 25(4):1045-1061.

Mohamed, S. E. D and H. A. Mohamed .(2023). November Treatment of the Harmful Effect of Hydrogen Peroxide using the Amino Acid Selenocysteine and Sulfur Element on the Concentration of Nutrients in Yellow Corn Plant (*Zea mays* L.). *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1(1259):12-22.

Mousavi, F., S. K. Marashi and T. Babaei Nejad .(2019). Effect of application of sulfur and thiobacillus on improvement of morpho-physiological characteristics of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Khuzestan lands. *Journal of Plant production Sciences*. 9(2): 97-106.

Mushtaq, Z., S., Faizan and A. Hussain .(2021). Role of microorganisms as biofertilizers. Microbiota and Biofertilizers: A Sustainable Continuum for Plant and Soil Health,22(3) 83-98.

Napieralski, S. A., Y. Fang, V. Marcon, B. Forsythe, S. L.Brantley, H. Xu and E. E. Roden .(2022). Microbial chemolithotrophic oxidation of pyrite in a subsurface shale weathering environment: Geologic considerations and potential mechanisms. *Geobiology*. 20(2): 271-291.

Narayan, O. P., P. Kumar, B. Yadav, M. Dua and A. K. Johri .(2023). Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling and Behavior*. 18(1): 20-31.

Nieder, R., D. K. Benbi, F. X. Reichl, R.Nieder, D. K. Benbi and F. X. Reichl .(2018). Microelements and their role in human health. *Soil components and human health*. 1(2):317-374 .

Noni, G. B., A. K. Jabbar and S. M. J. Almaliki .(2019). The Effect of The Type of Bacterial Inoculant and the Method of Carrying it on the Growth and Yield of Corn (*Zea Mays* L.). *Revis Bionatura*. 8 (1): 77-86.

Oliveira, M. L., G. C. Brandaode J. B. Andrade and S. L. Ferreira .(2018). Determination of free and total sulfur (IV) compounds in coconut water using high-resolution continuum source molecular absorption spectrometry in gas phase. *Talanta*. 7(3): 810-815.

Osman, K. T and K. T. Osman .(2018). Acid soils and acid sulfate soils. *Management of Soil Problems*.5(4): 299-332.

Page AL, RH. Miller, DR. Keeney .(1982). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. *In: Soil Science Society of America*.6(3):2-9.

Pourbabaee, A. A., S. Koohbori Dinekaboodi, H. M. Seyed Hosseini, H. A. Alikhani and S. Emami .(2020). Potential application of selected

sulfur-oxidizing bacteria and different sources of sulfur in plant growth promotion under different moisture conditions. *Communications in soil science and plant analysis*. 51(6):735-745.

Radwan, S., E. H. Abouhussien, M. Tantawy and S. Hassan .(2024). Effect of elemental sulfur and gypsum on growth and the content of n, p, k and s of barley plants grown in salt affected soils. *Menoufia Journal of Soil Science*. 9(2): 17-29.

Rajesh, H., G. S. Yadahalli, B. M. Chittapur, A. S. Halepyati and S.Hiregoudar .(2021). Growth, yield and economics of sweet corn (*Zea mays* L. *Saccarata*) as influenced by foliar sprays of nano fertilisers. *Journal of Farm Sciences*. 34(4): 381-385.

Rakshit, A., V. S. Meena, M. Parihar, H. B. Singh and A. K. Singh .(2021). Biofertilizers: Volume 1: Advances in Bio-inoculants. *Wood head Publishing*. 40(7):4-12.

Ranadev, P., A. Revanna, D. J. Bagyaraj and , A. H. Shinde .(2023). Sulfur Oxidizing Bacteria in Agro ecosystem and Its Role in Plant Productivity-A Review. *Journal of Applied Microbiology*. 9(161):2-15.

Rohini, G., V. Singh, S. G. George and S. K.Singh .(2022). Influence of Spacing and Zinc Application on Growth and Productivity of Baby Corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Pl ant and Soil Science*. 34(17): 124-129.

Ryad, M. K. (2021). An economic study of the world yellow corn market with reference to the Egyptian yellow corn market. *Alexandria Science Exchange Journal*. 42(4): 1999-2012.

S Jabir, A and K. H Habeeb .(2017). The Effect of Sulfur Sources, Levels and Time of Addition on the Growth and Yield of Corn (*Zea mays* L.). *Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences*. 7(1): 1-12.

Samanta, S., A. Singh and A. Roychoudhury .(2020). Involvement of sulfur in the regulation of abiotic stress tolerance in plants. Protective chemical agents in the amelioration of plant abiotic stress: Biochemical and Molecular Perspectives.8(15): 437-466.

Saraswat, A., S. Ram, R. Kumar, V. Singh, V. Singh, A. Salar and S. A. Durgude.(2024). Synthesis and Characterization of Chitosan Encapsulated Zinc Oxide Nanoparticles and its Application in Maize under Zinc Deficit Soil. *International Journal of Plant and Soil Science*. 36(60): 393-401.

Sarheed, B. R., M. A.Rasheed, A. R. Alani and M. T.Yaquop .(2020). Influence of agricultural sulphur and organic matter on the growth of corn (*Zea mays* L.) and leaves content of some nutritious elements. *Int. J. Agricult. Stat. Sci*. 16(1): 1451-1456.

Sattar, B., S. Ahmad, I. Daur, M. B. Hussain, M. Ali, T. ul Haq and M. Bakhtawer .(2021). Bioactive-sulfur coated diammonium phosphate improves nitrogen and phosphorus use efficiency and maize (*Zea mays* L.) yield. *Journal of Environmental and Agricultural Science*. 23 (34): 23-29.

Sengupta, R., G. Sahu, P. P. Pradhan and A. K. Pal .(2023). Effect of Nano Nitrogen and Nano Zinc on the Growth and Yield of Sweetcorn. *International Journal of Environment and Climate Change*. 13(11): 3426-3435.

Seyed Sharifi, R., R. Khalilzadeh, A. Pirzad and S. Anwar .(2020). Effects of biofertilizers and nano zinc-iron oxide on yield and physicochemical properties of wheat under water deficit conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 51(19): 2511-2524.

Shah, S. H., S. Islam and F. Mohammad .(2022). Sulphur as a dynamic mineral element for plants: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*. 22(2): 2118-2143.

Singh, A., T. Thomas and T. Kumar .(2021b). Effect of different levels of NPK and zinc on soil health, growth and Yield of baby corn (*Zea mays* L.). *The Pharma Innovation Journal*. 10(12): 339-342.

Singh, J., R. Partap and A. Singh .(2021a). Effect of nitrogen and zinc on growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *International Journal of Bio-resource and Stress Management*. 12(3):179-185.

Singh, J., T. Thomas and T. Kumar .(2021). Effect of NPK and biofertilizer on soil health, growth and yield attributes of baby corn (*Zea mays* L.). *The Pharma Innovation Journal*. 10(12): 1134-1137.

Solanki, M.(2021). The Zn as a vital micronutrient in plants. Journal of microbiology, *biotechnology and food sciences*. 11(3): 4026-4026.

Stepić, V., G. Cvijanović, N. Đurić, M. Bajagić, J. Marinković and V. Cvijanović .(2022). Influence of zinc treatments on grain yield and grain quality of different maize genotypes. *Plant Soil and Environment*. 68(5):223-230.

Suganya, A., A. Saravanan and N. Manivannan .(2020). Role of zinc nutrition for increasing zinc availability, uptake, yield, and quality of maize (*Zea mays* L.) grains: An overview. *Commun. Soil Sci. Plant Anal*. 51(15): 2001-2021.

Sun, W., S. Liu, X. Zhang and H. Zhu .(2022). Performance of hyperspectral data in predicting and mapping zinc concentration in soil. *Science of the Total Environment*. 16 (824): 153766-153779.

Sun, Y., Jiang, Y., Li, Y., Wang, Q., Zhu, G., Yi, T., ... & Zhang, P. (2024). Unlocking the Potential of Nanoscale Sulfur in Sustainable Agriculture. *Chemical Science*. 9 **(15**): 4709-4722

Suran, P., J. Balík, M. Kulhánek, O. Sedlář and J. Černý .(2024). The relationship of soil sulfur with glomalin-related soil protein and humic substances under different mineral and organic fertilisation. *Plant, Soil and Environment*. 70(2): 93-100.

Tharaka, M., K. Ravi Chandra and V. Singh .(2021). Influence of nitrogen and zinc on growth and yield of baby corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*. 33(23): 64-70.

Thirupathi, I., G. E. Vidya Sagar, C. P. K. Suneetha Devi and S. H. K. Sharma .(2016). Effect of nitrogen and sulphur levels on growth, yield, quality and economics of single cross hybrid maize (*Zea mays* L.*). International Journal of Science, Environment and Technology*. 5(5): 2989-2998.

Tiwari, D. K., D. P. Chaturvedi, T. Singh, T. Kumar and A. Y. Prachi .(2022). Effect of nitrogen and sulphur levels on growth, yield and quality of maize (*Zea mays* L.). *The Pharma Innovation Journal*. 11(1): 418-422.

Tondey, M., A. Kalia, A. Singh, G. S. Dheri, M. S. Taggar, E. Nepovimova and K. Kuca .(2021). Seed priming and coating by nano-scale zinc oxide particles improved vegetative growth, yield and quality of fodder maize (Zea mays). *Agronomy*. 11(4): 729-734.

Vona, V., E. A. Toth, C. Centeri, Z. Giczi, Z. Biro, G. Jakab and A. J. Kovacs .(2021). The effect of soil physicochemical characteristics on zinc analysis methods. *Soil and Water Research*. 16(3):3-18.

W Ahmed, F. (2016). Effect of Time and the Level of Agricultural Sulfur Application on the Uptake of (P, Fe, Zn) in Plant on Growth and Yield of Two Genotypes of Maize (*Zea mays* L.*). Al-Qadisiyah Journal For Agriculture Sciences*. 6(2):136-150.

Williams, C. H and A. Steinbergs .(1959). Soil sulphur fractions as chemical indices of available sulphur in some Australian soils. *Australian Journal of Agricultural Research*. 10(3): 340-352.

Yassin, B. Y. M., A. S. Aliwi and Mahmood .(2023). The effect of adding chelated zinc and vermicompost on the readiness of some nutrients. *Euphrates Journal of Agricultural Science*.15 (2): 399-407

Zenda, T., S. Liu, A. Dong and H. Duan .(2021). Revisiting sulphur The once neglected nutrient: It's roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. *Agriculture*. 11(7): 626-640.

7- الملاحق

ملحق 1: تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء.

مصادر التباين	درجات الحرية	تركيز الحديد (كغم ملغم$^{-1}$)	تركيز الزنك (كغم ملغم$^{-1}$)	ارتفاع النبات (سم)	ارتفاع العرنوص (سم)	المساحة الورقية (سم^{2})	عدد الاوراق (ورقة نبات$^{-1}$)
المكررات	2	14.8455	11.0350	3637.22	108.536	28565825	0.092
الكبريت الزراعي	2	*10.2142	*10.3384	*875.76	*2573.126	*3704428	*67.075
بكتريا Thioparus	1	0.2481	*1.0334	*2931.64	*661.500	*51130547	2.241
الزنك النانوي	2	0.4341	0.2758	*6097.74	*455.497	*431672	*17.422
تداخل S.T	2	0.0152	0.0229	*1285.03	13.994	*694842	*28.380
تداخل S.Zn	4	*1.1670	*0.6649	*399.30	*141.633	*2352917	*15.653
تداخل T.Zn	2	0.0067	0.3656	*432.13	6.045	212832	*18.006
تداخل S.T.Zn	4	0.3791	0.3656	*370.40	*28.000	*314813	*27.246
الخطأ التجريبي	34	0.1702	0.2351	27.32	9.226	115280	1.212

ملحق 2: تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء.

مصادر التباين	درجات الحرية	قطر الساق (ملم)	قطر العرنوص (ملم)	طول العرنوص (سم)	الكلوروفيل الكلي (ملغم غم$^{-1}$)	نسبة N في الجزء الخضري %	نسبة P في الجزء الخضري%
المكررات	2	0.164	0.335	7.329	2.22710	0.0288296	0.0133389
الكبريت الزراعي	2	*101.238	*210.103	*178.325	*5.79907	*0.2629130	*0.3135722
بكتريا Thioparus	1	3.110	*7.511	*25.079	*0.42756	*0.1031407	*0.0832296
الزنك النانوي	2	*21.184	*33.889	*32.368	*0.96913	*0.0125574	*0.0102389
تداخل S.T	2	*24.293	*26.992	*103.775	0.12047	*0.0021907	*0.0130352
تداخل S.Zn	4	*12.156	*14.607	*103.775	*0.12002	*0.0031074	*0.0130352
تداخل T.Zn	2	*14.756	*18.340	*22.904	*0.23334	0.0015796	*0.0017352
تداخل S.T.Zn	4	*24.677	*25.117	*26.955	*0.19922	*0.0017796	*0.0028074
الخطأ التجريبي	34	1.416	1.860	4.130	0.04214	0.0005179	0.0002095

ملحق 3: تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء.

مصادر التباين	درجات الحرية	نسبة K في الجزء الخضري%	نسبة N في الحبوب%	نسبة P في الحبوب%	نسبة K في الحبوب%	البروتين في الحبوب%	الكربوهيدرات في الحبوب%
المكررات	2	0.517222	0.0105241	0.0066241	0.050691	1.12616	6.6038
الكبريت الزراعي	2	*10.553889	*0.1531796	*0.1469685	*0.782963	*10.27004	*171.0000
بكتريا Thioparus	1	*2.893519	*0.1213630	*0.0726000	*0.393557	*4.02894	0.5602
الزنك النانوي	2	*0.283889	*0.0306685	*0.0076352	*0.033030	*0.49052	*14.0464
تداخل S.T	2	*0.142407	*0.0060796	*0.0039056	0.002452	*0.08558	*2.3482
تداخل S.Zn	4	*0.108611	*0.0108296	*0.0056463	*0.009105	*0.12138	*4.1497
تداخل T.Zn	2	0.006852	*0.0011796	0.0003500	0.002230	0.06170	*1.8196
تداخل S.T.Zn	4	*0.071574	0.0003630	0.0004889	*0.006616	*0.06952	*2.0851
الخطأ التجريبي	34	0.006046	0.0001907	0.0002005	0.001783	0.02023	0.3564

ملحق 4: تحليل التباين وفق متوسطات المربعات (MS) لبعض صفات الذرة الصفراء.

مصادر التباين	درجات الحرية	نسبة الكبريت في الحبوب%	عدد الصفوف (صف عرنوص$^{-1}$)	عدد الحبوب (حبة عرنوص$^{-1}$)	وزن 500 (غم)	حاصل الحبوب (ميكا غرام هـ$^{-1}$)	الحاصل البايلوجي (ميكا غرام هـ$^{-1}$)
المكررات	2	0.0079325	12.7757	1984.0	80.71	0.1803	0.596
الكبريت الزراعي	2	*0.0285787	*45.6446	*149238.0	*85.22	*59.5992	*245.691
بكتريا Thioparus	1	*0.0220019	*22.5557	*122075.1	*328.66	*15.4562	*11.316
الزنك النانوي	2	*0.0021409	*53.2002	*48392.9	*172.97	*10.4803	*32.174
تداخل S.T	2	0.0001158	*25.4391	*9582.5	*2685.32	*16.4374	*26.178
تداخل S.Zn	4	*0.0025997	*22.6941	*7685.5	*421.69	*12.9219	*15.935
تداخل T.Zn	2	0.0010074	*11.4513	*13461.3	*102.82	*14.3424	*21.354
تداخل S.T.Zn	4	*0.0014610	*23.1846	*44848.7	*496.24	*18.0461	*26.627
الخطأ التجريبي	34	0.0003776	0.8703	44848.7	24.51	0.8935	1.576

ملحق 5: وسط Postgate is Medium Composition.

المادة	التركيز (غم لتر$^{-1}$)	المادة	التركيز (غم لتر$^{-1}$)
$FeSO_4.7H_2O$	0.01g	$Na_2S_2O_3.5H_2O$	7g
$CaCl_2.2H_2O$	0.4g	$(NH_4)_2SO_4$	3.5g
Micronutrients	15g	$MgSO_4$	0.7g

ـ يعدل الرقم الهيدروجيني (pH) للوسط الى (7.2-7.3).

Abstract

A field experiment was conducted in one of the fields of Ibn Al-Bitar vocational Preparatory school in Al-Husseiniyah district in the Holy governorate of Kerbala for the spring season of 2023 according to a randomized complete block design (RCBD). In the order of factorial experiments with three replications. The experiment included three factors. The first factor included three levels of agricultural sulfur (0, 1500, and 3000 kg ha^{-1}) and were symbolized by (S0, S1, and S2), respectively. As for the second factor, it included two levels of Thiobacillus bacteria, namely treatment (0 and 40 mg L^{-1}) and symbol They are denoted by the symbols (T0 and T1), respectively. The third factor included three concentrations of nano-zinc (0, 50, and 100 mg L^{-1}) and were denoted by the symbols (0Zn, Zn1, and Zn2), respectively.

The results showed that the level (3000 kg S ha^{-1}) was significantly superior in the following characteristics: plant height, leaf area, number of leaves, total chlorophyll content, number of grains per cob, biological yield, and grain yield, with averages reaching 159.92 cm, 6766 cm^2 $plant^{-1}$, 15.36 leaf $plant^{-1}$, 2.572 mg g^{-1} soft plant tissue, 670.0 grains cob^{-1}, 13.81 Mg ha^{-1} and 8.06 Mg ha^{-1}, respectively. The same level also exceeded some qualitative characteristics, such as the percentage of nitrogen in grains and the percentage of protein, carbohydrates, and sulfur in grains, with averages reaching 1.72%, 10.79%, 76.38%, and 0.272%, respectively. It was also observed that the same level was higher in the concentration of iron and zinc in the soil, with averages of 4.32 mg kg^{-1} and 2.88 mg kg^{-1}, respectively.

The results showed that treatment with bacteria (40 mg L^{-1}) achieved the highest values for the characteristics of plant height, leaf area, total chlorophyll content, number of grains per cob, weight of 500 grains, biological yield and grain yield, with averages reaching 160.48 cm, 7260 cm^2 $plant^{-1}$, 2.057 mg g^{-1} soft plant tissue, 500.8 grains cob^{-1}, 154.64 g, 12.69 Mg ha^{-1}, and 7.52 Mg ha^{-1},

respectively. The results also showed the superiority of treatment with bacteria (40 mg L^{-1}) in some qualitative indicators such as the percentage of nitrogen, phosphorus, potassium, grains, and the percentage of protein and sulfur in grains, with averages reaching 1.64%, 10.25%, and 0.239%, respectively.

The results showed that the spraying treatment with nano-zinc (100 mg L^{-1}) gave the highest values for plant height, number of leaves, total chlorophyll content, number of grains per cob, weight of 500 grains, grain yield, and biological yield, with averages reaching 167.17 cm, 15.28 leaves $plant^{-1}$, 2. 236 mg g^{-1} soft plant tissue, 527.3 grains cob^{-1}, 155.53 g, 8.01 Mg ha^{-1}, and 13.66 Mg ha^{-1}, respectively. The same treatment was superior in the percentage of nitrogen, phosphorus, potassium, grains, and the percentage of protein, carbohydrates, and sulfur in the grains, with averages of 1.62%, 10.79%, 74.00%, and 0.239%, respectively.

The results indicated that the bilateral interaction between sulfur levels and treatment with bacteria was significant, as the interaction (S2T1) achieved the highest averages in all traits except for the weight of 500 grains. The interaction (S0T1) achieved the highest average, and the interaction (S2T0) achieved the highest average in biological yield compared to the treatment (S0T0) which recorded the lowest averages. The binary interaction treatment between sulfur and nano-zinc (S2Zn2) achieved the highest averages, except for leaf area, stem diameter, cob diameter, cob length, number of rows and grains per cob, and the percentage of sulfur in the grains. The interaction (S2Zn1) achieved the highest averages, and the interaction (S0Zn2) achieved the highest average for the weight of 500 grains compared to Treatment (S0Zn0) recorded the lowest averages. The treatment of binary interaction between bacteria and nano-zinc (T1Zn2) achieved the highest averages in all traits compared to the treatment (T0Zn0), which recorded the lowest averages.

The results indicated that the triple intervention was also significant, as the intervention (S2T1Zn2) gave the highest averages for all traits except leaf area and stalk length. The triple intervention (S2T1Zn1) achieved the highest average, and the intervention (S0T1Zn2) achieved the highest average for the weight of 500 grains, compared to the (S0T0Zn0) treatment which recorded the lowest averages.

Republic of Iraq

Ministry of Higher Education and Scientific Research

Kerbala University

College of Agriculture

Field Crops Department

Role of agricultural sulfur, Thiobacillus bacteria and nano-zinc in growth, yield and qualitative and chemical traits of maize

A thesis submitted to the Council of the Faculty of Agriculture / University of Kerbala, which is part of the requirements for obtaining a master's degree Science in Agriculture / Field Crops

By

Emad Adil Obayes Al-Taee

Supervised By

Pro. Dr. Abbas Ali Hussein Alamery

2024 AD **1445 AH**