جـامعـة كربــلاء
كليـة الزراعــة
قسم المحاصيل الحقلية

تأثير السماد العضوي السائل (Humizone) والرش بالنحاس النانوي في نمو وحاصل الماش

رسالة مقدمة إلى مجلس كلية الزراعة / جامعة كربلاء، وهيّ جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير
علوم في الزراعة / المحاصيل الحقلية

من قبل
حسام كاظم عباس مصطاف

بإشراف

أ.م.د. محمود ناصر حسين اليساري

2024 م 1446 هـ

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

أَفَرَءَيْتُم مَّا تَحْرُثُونَ ﴿٦٣﴾ ءَأَنتُمْ تَزْرَعُونَهُۥٓ أَمْ نَحْنُ ٱلزَّٰرِعُونَ ﴿٦٤﴾

لَوْ نَشَآءُ لَجَعَلْنَٰهُ حُطَٰمًا فَظَلْتُمْ تَفَكَّهُونَ ﴿٦٥﴾

صَدَقَ اللهُ العَلِيُّ العَظِيمْ

سُورَةُ الوَاقِعَةِ

إقرار المشرف

أشهد أن إعداد هذه الرسالة الموسومة (تأثير السماد العضوي السائل (Humizone) والرش بالنحاس النانوي في نمو وحاصل الماش) قد جرت تحت إشرافي في قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة / جامعة كربلاء، وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / المحاصيل الحقلية.

المشرف

أ.م.د. محمود ناصر حسين اليساري

كلية الزراعة / جامعة كربلاء

بناءً على الشروط والتوصيات المتوافرة نرشح 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 (تأثير السماد العضوي السائل (Humizone) والرش بالنحاس النانوي في نمو وحاصل الماش)، وناقشنا الطالب (حسام كاظم عباس مصطاف) في محتواها، ووجدنا أنّها جديرة بالقبول لنيل درجة الماجستير علوم في الزراعة / المحاصيل الحقلية.

رئيساً
أ.د. احمد نجم عبد الله
جامعة كربلاء / كلية الزراعة

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

عضواً
أ.م.د. وفاء محمد لفته
كلية الزراعة / جامعة القاسم الخضراء

عضواً ومشرفاً
أ.م.د. محمود ناصر 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 / 9 / 23

الإهداء

إلى.. من خلقني فهو يهديني والذي يطعمني ويسقيني وإذا مرضت فهو يشفيني ... الله جل جلاله.

إلى.. من أخرج البشرية من النور إلى الظلمات خاتم الانبياء والمرسلين... محمد صل الله عليه وأله وسلم.

إلى.. اهل بيت محمد الطيبين الطاهرين الغر الميامين عليهم أفضل الصلاة وأتم السلام.

إلى.. من ربياني صغيراً وتعجز كلمات الحب والحنان بحقهم ...والدي ووالدتي اطال الله في اعمارهم وحفظهم من كل سوء.

إلـــى.. مـن تهنأ نفسـي وتقـر عينـي برؤيتـهم ...إلى سنـدي فـي هـذه الدنيـا ومن أشد بهم أزري ... أخي واخواتي العزيزات حفظهم الله من كل سوء.

إلـى.. من تقاسمني حياتـي وتملؤها بهجة وسرور...إلـى التي أكملت معـي مشوار الصبر والأمل والنجاح ...إلـى الريحانـة التـي تعبـق نـفسـي بـأريجها... حبيبـتي الغـاليـة زوجتي المخلصة.

إلى.. من تهدأ نفسي بلقياهم... إلى ازهار حياتي ورود الدار وفلـذات كبـدي وأملـي في هذه الدنيا...حسين، طيبة، علي... أطفالي أحبائي ربي ينور طريقهم.

إلى.. كل من مد يد العون والمساعدة لي ويسعده نجاحي...أصدقائي وأقربائي متمنيا لهم دوام الصحة والعافية.

أهدي ثمرة جهدي المتواضع فخرا وأعتزازا

حسام

شكر وتقدير

بسم الله الرحمن الرحيم وبه نستعين أبداً وأشكره وأحمده كثيراً فمن تمسك به جعل النور في بصره والبصيرة في دينه واليقين في قلبه والاخلاص في عمله.

يطيب لي ويشرفني أن أتقدم بخالص الشكر وعظيم الأمتنان وكل الحب والعرفان إلى حبيبي الغالي أستاذي الفاضل المشرف الانسان الخلوق الدكتورمحمود ناصر حسين اليساري لإشرافه على رسالتي ولما بذله من جهود قيمة وتوجيهات علمية طوال مدة البحث والإعداد وكان لخبرته الواسعة الأثر الكبير في اتضاح المضامين العلمية وإنجاز هذه الرسالة بالشكل اللائق داعياً الله عزوجل أن يحفظه ويمده بوافرالصحة والتوفيق ويمكنني من رد جميله وسخائه الذي يعجز اللسان عن وصفه فجزاه الله خير الجزاء.

أتقدم بالشكر الجزيل والثناء الجميل الى السادة رئيس وأعضاء لجنة المناقشة كل من الدكتورأحمد نجم عبد الله الموسوي والدكتور رزاق لفته اعطيه السيلاوي والدكتورة وفاء محمد لفته التميمي لأغنائهم الرسالة بما هو قيم ومفيد، وأتقدم بالشكر الى عمادة كلية الزراعة في جامعة كربلاء ومن واجب الأعتراف بالجميل أن أتوجه بالشكر والعرفان الى رئيس وأساتذة قسم المحاصيل الحقلية الذين لم يبخلوا في تقديم المشورة والعون واتاحة الفرصة لأكمال دراستي وكذلك الشكر لكل الاصدقاء والزملاء عرفاناً بالجميل على وجه الخصوص زملائي طلبة الدراسات العليا وزملائي في مرحلة البكالوريوس على وجه الخصوص الدكتورمحمد يوسف الشريفي والدكتورعمار الواسطي وأستاذ خضير الطائي والشكر موصول إلى زملائي في شعبة المتابعة على وجه الخصوص كل من الاستاذ علي الجيلاوي والاستاذ زاهد الغرابي والدكتورمرتضى جليل الخفاجي والاستاذ عباس فاضل وفي مسك الختام أتقدم بأسمى وأرقى معاني الشكر و العرفان إلى والدي رفيق دربي وست الحبايب والدتي وعائلتي وزوجتي لدورهم الكبير في تهيئة الأجواء الدراسية لإنجاز هذه المهمة الصعبة، والى كل من ساعد وأسهم في إنجازهذه الرسالة أدعوا من الله أن يوفقهم جميعاً لما فيه الخير.

والله ولي التوفيق

الباحث

حسام كاظم عباس الجواري

الخلاصة:

نفذت تجربة حقلية في تربة ذات نسجة مزيجية طينية في أحد الحقول الزراعية التابعة إلى إعدادية ابن البيطار المهنية/ قضاء الحسينية في كربلاء المقدسة للموسم الربيعي (2023 م)، والواقعة على خطوط الطول (44.16) ودائرة العرض (32.67)، لدراسة تأثيرإضافة السماد العضوي السائل (Humizone) والرش بالنحاس النانوي في نمو وحاصل ونوعية الماش، استعمل تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (RCBD)، وزعت المعاملات على وفق ترتيب الألواح المنشقة وبثلاثة مكررات، تضمنت التجربة عاملين هما: مستويات السماد العضوي السائل (0 و 10 و 20 لتر هـ$^{-1}$)، وقد شغل الالواح الرئيسة، والعامل الثاني: تراكيز النحاس النانوي (0 و 15 و30 و 45 ملغم لتر$^{-1}$)، وقد شغل الألواح الثانوية، وقد أظهرت نتائج الدراسة ما يلي :

- إنّ الإضافة الأرضية للسماد العضوي أدت إلى زيادة معنوية في صفات النمو والحاصل والصفات الكيميائية والنوعية للماش، وقد تفوق المستوى (20 لتر هـ$^{-1}$) معنويا في صفة طول النبات، وعدد أفرع النبات، وعدد الأوراق في النبات، والمساحة الورقية، ودليل الكلوروفيل في الأوراق، وطول القرنة، والوزن الجاف الخضري، وعدد القرنات في النبات، وعدد البذور في القرنة، وحاصل البذور الكلي، والحاصل البيولوجي، ودليل الحصاد، وتراكيز النيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم، والنحاس، والبروتين في البذور، وحاصل البروتين، وبنسبة زيادة بلغت (52.29% و46.51% و32.75% و137.61% و21.20% و 75.86% و 39.16% و32.69% و 55.38% و90.19% و 67.32% و 18.78% و63.75% و 96.70% و62.77% و 61.47% 63.90% و223.43%) بالتتابع قياسا إلى معاملة المقارنة بدون إضافة.
- إنّ التغذية الورقية بالنحاس النانوي، أدت إلى زيادة معنوية في صفات النمو والحاصل والصفات الكيميائية والنوعية للماش، وقد تفوق التركيز (45 ملغم لتر$^{-1}$) معنويا في صفة طول النبات، وعدد أفرع النبات، وعدد الأوراق في النبات، والمساحة الورقية، ودليل الكلوروفيل في الأوراق، وطول القرنة، والوزن الجاف الخضري، وعدد القرنات في النبات، وعدد البذور في القرنة، وحاصل البذور الكلي، والحاصل البيولوجي، ودليل الحصاد، وتراكيز النيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم، والنحاس، والبروتين في البذور، وحاصل البروتين، وبنسبة زيادة بلغت (8.30% و16.00% و15.11% و37.01% و12.66% و24.60% و15.97% و12.83% و21.00% و33.86% و21.41% و9.38% و19.13% و37.61% و18.43% و20.26% و19.14% و56.03%) بالتتابع قياسا إلى معاملة المقارنة بدون إضافة.

- أدى التداخل بين إضافة السماد العضوي السائل، والرش بالنحاس النانوي إلى زيادة معنوية في صفات النمو والحاصل والصفات الكيميائية والنوعية للماش، وقد تفوقت المعاملة التي تمثل إضافة السماد العضوي السائل بمستوى (20 لتر هـ$^{-1}$) والتغذية الورقية بالنحاس النانوي بتركيز(45 ملغم لتر$^{-1}$) معنويا في صفة طول النبات، وعدد أفرع النبات، وعدد الأوراق في النبات، والمساحة الورقية، ودليل الكلوروفيل في الأوراق، وطول القرنة، والوزن الجاف الخضري، وعدد القرنات في النبات، وعدد البذور في القرنة، وحاصل البذور الكلي، والحاصل البيولوجي، ودليل الحصاد، وتراكيز النيتروجين، والفسفور، والبوتاسيوم، والنحاس، والبروتين في البذور، وحاصل البروتين، وبنسبة زيادة بلغت (66.02% و68.70% و62.85% و 253.78% و 39.44% و 121.30% و 65.65% و53.64% و103.90% و168.02% و93.28% و38.51% و107.22% و 217.18% و93.71% و100.00% و107.42% و454.78%) بالتتابع قياسا إلى معاملة المقارنة بدون إضافة.

قائمة المحتويات:

التسلسل	العنوان	رقم الصفحة
1	**المقدمة**	1
2	**مراجعة المصادر**	3
1-2	الأسمدة العضوية	3
1-1-2	أهمية الأسمدة العضوية للتربة والنبات	4
2-1-2	تأثير الأسمدة العضوية في بعض صفات النمو الخضري	5
3-1-2	تأثير الأسمدة العضوية في بعض صفات الحاصل والنوعية	7
2-2	التغذية الورقية بالأسمدة النانوية	10
1-2-2	النحاس	11
1-1-2-2	النحاس في التربة	11
2-1-2-2	أهمية النحاس للنبات	12
2-2-2	تأثير النحاس في بعض صفات النمو والحاصل والنوعية	14
3	**المواد وطرق العمل**	16
1-3	موقع التجربة الحقلية	16
2-3	تحضير تربة الحقل	16
3-3	التصميم التجريبي	17
4-3	تحاليل التربة قبل الزراعة	17
1-4-3	تحليل حجوم دقائق التربة	17
2-4-3	درجة تفاعل التربة	17
3-4-3	الايصالية الكهربائية	17
4-4-3	معادن الكاربونات	17
5-4-3	المادة العضوية	17
6-4-3	النيتروجين الجاهز	17
7-4-3	الفسفور الجاهز	18
8-4-3	البوتاسيوم الجاهز	18

9-4-3	النحاس الجاهز	18
5-3	الزراعة وخدمة المحصول	18
6-3	عوامل الدراسة	19
1-6-3	السماد العضوي السائل	19
2-6-3	التغذية الورقية بالنحاس النانوي	19
7-3	الصفات النباتية المدروسة	19
1-7-3	صفات النمو الخضري	19
1-1-7-3	طول النبات (سم)	19
2-1-7-3	عدد الأفرع في النبات (فرع نبات$^{-1}$)	19
3-1-7-3	عدد الأوراق بالنبات (ورقة نبات$^{-1}$)	19
4-1-7-3	المساحة الورقية (سم^{2} نبات $^{-1}$)	20
5-1-7-3	تقدير دليل الكلوروفيل في الأوراق (وحدة SPAD)	20
6-1-7-3	طول القرنة (سم)	20
7-1-7-3	الوزن الجاف الخضري (غم نبات$^{-1}$)	20
2-7-3	صفات الحاصل ومكوناته	20
1-2-7-3	عدد القرنات في النبات (قرنة نبات$^{-1}$)	20
2-2-7-3	عدد البذور في القرنة (بذرة قرنة$^{-1}$)	20
3-2-7-3	وزن 100 بذرة (غم)	20
4-2-7-3	حاصل البذور الكلي(طن هـ$^{-1}$)	20
5-2-7-3	الحاصل البيولوجي (طن هـ$^{-1}$)	21
6-2-7-3	دليل الحصاد (%)	21
3-7-3	تحليل العينات النباتية	21
1-3-7-3	تركيز النيتروجين في البذور(%)	21
2-3-7-3	تركيز الفسفور في البذور(%)	22
3-3-7-3	تركيز البوتاسيوم في البذور(%)	22
4-3-7-3	تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام، والبذور (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)	22

4-7-3	الصفات النوعية للماش	22
1-4-7-3	تركيز البروتين في البذور (%)	22
2-4-7-3	حاصل البروتين (كغم هـ$^{-1}$)	22
8-3	التحليل الاحصائي	22
4	**النتائج والمناقشة**	23
1-4	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في بعض صفات النمو الخضري	23
1-1-4	طول النبات (سم)	23
2-1-4	عدد الأفرع (فرع نبات$^{-1}$)	24
3-1-4	عدد الأوراق (ورقة نبات$^{-1}$)	26
4-1-4	المساحة الورقية (سم^2 نبات $^{-1}$)	27
5-1-4	دليل الكلوروفيل في الأوراق (وحدة SPAD)	29
6-1-4	طول القرنة (سم)	31
7-1-4	الوزن الجاف الخضري (غم نبات$^{-1}$)	32
2-4	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في بعض صفات الحاصل ومكوناته	34
1-2-4	عدد القرنات في النبات (قرنة نبات$^{-1}$)	34
2-2-4	عدد البذور في القرنة (بذرة قرنة$^{-1}$)	36
3-2-4	وزن (100) بذرة (غم)	37
4-2-4	حاصل البذور الكلي(طن هـ$^{-1}$)	38
5-2-4	الحاصل البيولوجي (طن هـ$^{-1}$)	39
6-2-4	دليل الحصاد (%)	41
3-4	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز بعض العناصر الغذائية (%)	42
1-3-4	تركيز النيتروجين في البذور (%)	42
2-3-4	تركيز الفسفور في البذور (%)	44
3-3-4	تركيز البوتاسيوم في البذور (%)	45

4-3-4	تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام (ملغم كغم$^{-1}$)	47
5-3-4	تركيز النحاس في البذور (ملغم كغم$^{-1}$)	49
4-4	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في بعض الصفات النوعية	50
1-4-4	تركيز البروتين في البذور(%)	50
2-4-4	حاصل البروتين في البذور (كغم هـ$^{-1}$)	51
5	**الاستنتاجات والتوصيات**	53
1-5	الاستنتاجات	53
2-5	التوصيات	53
6	**المصادر**	54
1-6	المصادر العربية	54
2-6	المصادر الاجنبية	57
7	**الملاحق**	68
1-7	تحليل التباين لصفات النمو الخضري ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)	68
2-7	تحليل التباين لصفات الحاصل ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)	69
3-7	تحليل التباين لتركيز بعض العناصر الغذائية في البذور والمجموع الخضري (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة) ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)	70
4-7	تحليل التباين لبعض الصفات النوعية ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)	71

قائمة الجداول:

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة

1	بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل قبل موعد الزراعة	16
2	تأثير إضافة السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في طول النبات	24
3	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد الأفرع	25
4	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد الأوراق	27
5	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في المساحة الورقية	28
6	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في دليل الكلوروفيل بالأوراق (SPAD)	30
7	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في طول القرنة	31
8	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في الوزن الجاف الخضري	33
9	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد القرنات	35
10	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد البذور بالقرنة	36
11	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في وزن 100 بذرة (غم)	37
12	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في حاصل البذور	39
13	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في الحاصل البيولوجي	40
14	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في دليل الحصاد(%)	42
15	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النيتروجين في البذور (%)	43
16	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز الفسفور في البذور (%)	44
17	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز البوتاسيوم في البذور (%)	46
18	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)	48
19	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النحاس في البذور (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)	49
20	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز البروتين في البذور (%)	51
21	تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في حاصل البروتين (كغم هـ$^{-1}$)	52

1- المقدمة:

يعد الماش *Vigna radita* L. من محاصيل الحبوب البقولية الصيفية المهمة في العراق، وهو من النباتات العشبية القائمة أو شبه القائمة. يزرع الماش لغرض الحصول على بذوره ذات القيمة الغذائية العالية للإنسان، وتعد مصدررخيص للبروتين، إذ تحتوي على (19-29%) بروتين الغني بالحامض الأميني اللايسين (Lysine)، بالإضافة إلى الكربوهيدرات والفيتامينات والكالسيوم والزنك والحديد، ويستعمل ايضاً علفا اخضر في تغذية الحيوانات، فضلا عن ذلك يستعمل كسماد اخضر للتربة وهو مهم في الدورات الزراعية للحفاظ على خصوبة التربة، اذ يمكن لجذوره تكوين العقد البكتيرية بوجود اللقاح البكتيري، ومن ثم تثبيت النيتروجين في التربة ويمتاز بقلة الاحتياج المائي ومردود اقتصادي جيد (Mohan وآخرون، 2020).

إن إنتاجية المحصول لازالت منخفضة في العراق قياسا بالإنتاج العالمي، وبالرغم من أهمية المحصول إلا أنه لم يعطِ الاهتمام الملائم، لذلك لابد من زيادة الإنتاج باستخدام تقنيات الزراعة الحديثة في التسميد، ومن ثم الوصول إلى أفضل نمو خضري وأعلى حاصل حبوب وبنوعية جيدة، وأن ذلك يتطلب توفرتربة ذات خصوبة جيدة، تزيد من إنتاجية المحصول.

إن سماد (Humizone) من الاسمدة العضوية السائلة الغنية بمركبات الأحماض الدبالية (الهيوميك والفولفيك) وهي من أفضل أنواع أحماض الهيوميك، لكونها مستخلصة من مصادر الليوناريديت التي تتميز بجودتها العالية وتشبعها بالاوكسجين، اذ تعد من الاسمدة الفعالة في الزراعة وهي من المفاتيح والحلول المهمة في تحسين بيئة الوسط الزراعي وتحسين قدرات المحاصيل المختلفة، كما أن إضافة حامض الهيوميك إلى التربة يمكن أن يخفض من كميات الاسمدة المعدنية المضافة إلى التربة، وايضا له تأثير كبيرعلى العديد من العمليات الحيوية المهمة في النبات كالتنفس، وبناء البروتينات، وامتصاص الماء، وزيادة تجهيز النبات بالعناصر الغذائية الكبرى والصغرى اللازمة لنمو النبات عن طريق خفض درجة تفاعل التربة وزيادة نشاط الأنزيمات، ومساهمته في تحسين الصفات الفيزيائية والكيميائية والحيوية للتربة الذي ينعكس بصورة إيجابية على نمو وإنتاج المحاصيل المختلفة (Ding وآخرون ، 2021).

تؤدي المغذيات الصغرى دورًا حيويًا في نمو وتطورالنبات، فهي تعزز صحة النباتات وتزيد إنتاجيتها عن طريق تحقيق التوازن الغذائي اللازم للنبات واسهامها في تنشيط العمليات الحيوية والإنزيمات النباتية وتلعب دورًا كبيرًا في تفاعلات التأكسد والاختزال، والتفاعلات الخاصة بعملية التمثيل الكاربوني، اذ تُعد العامل المساعد الأكبر في عمليتي تخليق البروتين وتثبيت النيتروجين المهمين في النبات، ويُعد النحاس أحد هذه المغذيات الهامة في زيادة نمو النباتات وتحسين جودتها وتقليل الإصابة بالأمراض الزراعية، وله دور حيوي في عمليتي التمثيل الكاربوني والتنفس ويشمل ذلك نقل الإلكترونات إلى الأوكسجين في المراحل

الأخيرة، والمساعدة على تكوين اللكنين في جدار الخلية والذي يوفر الدعامة لحمل النبات والاستقامة عاليا، إضافة إلى أهميته على وجه الخصوص في تكوين حبوب اللقاح الحيوية وإنتاج البذور ومقاومة الإجهاد (Kumar و Mohapatra ، 2021).

إن نقص المغذيات الصغرى في الترب العراقية ظاهرة واسعة الانتشار بسبب طبيعة الترب الكلسية، وقلة محتواها من المادة العضوية، لذا يفضل رشها على المجموع الخضري للنبات، وأن البحث عن مصادر حديثة في اضافتها للنبات من الامور المهمة، وأشار العديد من الباحثين إلى أهمية التغذية الورقية للمحاصيل بالأسمدة النانوية فهي تتميز بمساحة سطحية نوعية كبيرة تزيد من كفاءتها ومن ثم تعمل على زيادة نشاط عمليات التمثيل الكاربوني عن طريق زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل وزيادة قدرة المحاصيل على تحمل ظروف الاجهاد المختلفة ومقاومة الأمراض ومن ثم تحسن من نمو النبات وزيادة إنتاجه (Mawale وآخرون،2024) ونظراً لأهمية محصول الماش والطلب المتزايد على غذاء ذي جودة عالية، فإن هذه الدراسة هدفت إلى ما يلي:

1- تحديد أفضل مستوى من السماد العضوي السائل (Humizone)، خلال تأثيره في نمو وحاصل ونوعية الماش.
2- تحديد أفضل تركيز من النحاس النانوي المضاف رشاً على النبات خلال تأثيره في نمو وحاصل ونوعية الماش.
3- تحديد أفضل توليفة سمادية بين السماد العضوي السائل (Humizone)، والرش بالنحاس النانوي، وتأثيرهما في نمو وحاصل ونوعية الماش.

2- مراجعة المصادر:

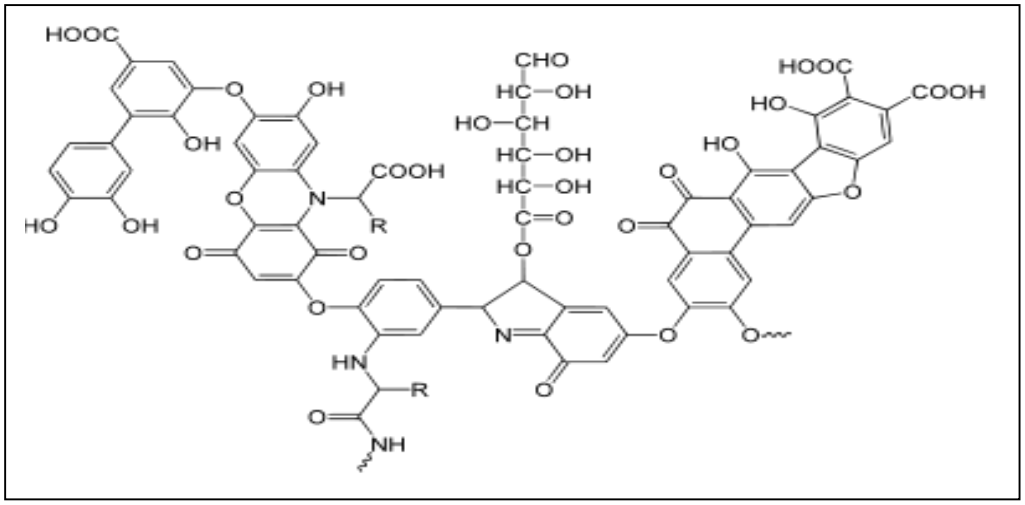
2-1- الأسمدة العضوية:

تشكل المواد الدبالية أكثر من 60% من المادة العضوية الموجودة في التربة، اذ تعد المكون الرئيس للأسمدة العضوية وهي معقدة التركيب وذات اوزان جزيئية عالية ناتجة عن عمليات التخليق الثانوي لتكوين سلسلة من المعقدات البوليمرية، وتتكون بالأساس من الكاربون والهيدروجين والنيتروجين والاوكسجين والكبريت في سلاسل كربونية معقدة، إضافة إلى احتوائها على كميات كبيرة من العناصر الغذائية والهرمونات النباتية والأحماض الأمينية (Canellas وآخرون، 2015). تؤدي إضافة الأحماض العضوية إلى تحسين بناء التربة، وزيادة قابلية ذوبان المغذيات فيها، فضلا عن التأثير المباشر في وظائف النبات، إذ تعمل كوسط لنقل المغذيات من التربة إلى النبات خاصة عند تعرضها للجفاف، وتزيد محتوى النبات من البروتينات والتربة من الاحياء المجهرية (Halpern وآخرون،2015 و Ding وآخرون، 2021). تقدر نسبة الكربون إلى النيتروجين في المواد الدبالية بحدود (1:10) وأن نسبة النيتروجين بحدود (17%)، ويتم تصنيفها على وفق وزنها الجزيئي وخصائصها إلى:

1- حامض الهيوميك (Humic asid)
2- حامض الفولفيك (Fulvic asid)
3- حامض الهيومين (Humin)

يمثل حامض الهيوميك مجموعة من المواد الدبالية التي تستخلص من التربة بوساطة المحاليل القلوية وبعض المذيبات الأخرى ورمزها الكيميائي هو $C_75H_{12}(COOH)_2(OH)6(C0)_2$ لونها بني داكن، وذات اوزان جزيئية كبيرة، وهذه صفة مهمة تجعلها أكثر استقرارا وتبقى في التربة مدة اطول (مسلط ومصلح، 2015).

إن الهيوميك يذوب في الوسط القاعدي فقط على هيأة هيومات الصوديوم، والامونيوم والبوتاسيوم، وتترسب بوساطة المحاليل الحامضية على شكل راسب هلامي غير متبلور عند درجة تفاعل بحدود (2) (Nebbioso وآخرون، 2015)، وتمتاز المواد الدبالية بتركيبها العنصري الآتي: الكربون 50-62% والاوكسجين 31-40% والهيدروجين 2.8-6% والنيتروجين 2-6% وتعد الاكثر وفرة من بين الأحماض العضوية الأخرى الموجودة بصورة طبيعية في التربة، وتتصف في أكثر الاحيان بأنها المكون الاكثر أهمية للتربة الخصبة (Tan،2014).



شكل رقم (1) يبين الصيغة البنائية لحامض الهيوميك (Rahman وآخرون، 2010)

إن حامض الهيوميك المضاف للتربة له تأثير مباشر او غير مباشرفي نمو النبات، إذ تؤدي إضافته للتربة إلى تحسين نظامها الغذائي، ومن ثم يؤدي إلى زيادة الإنتاج والحاصل وله أهمية كبيرة في التفاعلات الكيميائية المعقدة التي تحدث في التربة (Garcia،2016).

2-1-1- أهمية الأسمدة العضوية للتربة والنبات:

تم التوجه في السنوات الاخيرة إلى استخدام المغذيات العضوية التي تكون غيرضارة للكائنات الحية في التربة، وتعمل على تحسين الخصائص الكيميائية للتربة، وزيادة خصوبتها، مما ينعكس بشكل ايجابي على صفات النمو والحاصل في النبات (Nagi، 2018).

تعمل الأحماض العضوية على تحسين الخصائص الكيميائية للتربة، ومن ثم تؤثر ايجابيا في جاهزية العناصر اذ تخلب الأيونات، مما يجعلها جاهزة للإمتصاص من قبل النبات (Zhang وآخرون ،2017) كما أنها تزيد من مقاومة النبات للظروف البيئية مثل ارتفاع درجة الحرارة، لاسيما عند تعرضه للجفاف، وأيضا تزيد من محتوى التربة من الاحياء المجهرية والنبات من البروتينات (Shah وآخرون، 2018). تمتلك الأحماض العضوية قدرة كبيرة على التبادل الأيوني وتنظيم درجة تفاعل التربة والاحتفاظ بالماء، ومن ثم زيادة كفاءة امتصاص الماء والمغذيات من قبل النبات، فهي تعمل على زيادة إنتاج المحصول عن طريق تحسين التغذية المعدنية بالتربة التي بدورها تحسن من نمو الجذور والأوراق والعمليات الفسيولوجية والكيموحيوية بالنبات (Khan وآخرون، 2018). للاحماض العضوية، لاسيما حامض الهيوميك دور مهم في تحفيز نشاط الهرمونات مثل هرمون الأوكسين، إذ يؤثر في تحفيز انبات البذور والنمو الخضري، والتفرع ونمو الباذرات واستطالة الجذورفي النبات، ومن ثم زيادة الكمية الممتصة من المغذيات (Olaetxea وآخرون، 2016 و Chen وآخرون، 2022) كما أنها تقلل من تأثير الأجهاد

الملحي والجفاف وارتفاع درجات الحرارة على النبات، وتدخل بصورة مباشرة في نفاذية الاغشية الخلوية للجذور والأوراق، مما يسهل عملية الأمتصاص للمغذيات (Van Oosten وآخرون، 2017).

بين El-Galad وآخرون (2013): إن الأحماض العضوية تؤثر في ذوبان الكثير من المغذيات عن طريق بناء وتكوين مركبات معقدة أو خلب المواد الدبالية للكاتيونات، وأن إضافتها تؤدي إلى زيادة جاهزية المغذيات في التربة لاسيما النيتروجين، وبينت دراسة تاج الدين والبركات (2016) أن هنالك زيادة معنوية في جاهزية النيتروجين في التربة بزيادة مستوى إضافة حامض الهيوميك والفولفيك (0 و 10 و 20 لتر هـ$^{-1}$) وقد تفوق المستويين (10 و20 لتر هـ$^{-1}$) معنويا في تركيز النيتروجين الجاهز في التربة على مستوى المقارنة وبزيادة بلغت (16.75 و 24.48) % بالتتابع.

2-1-2- تأثير الأسمدة العضوية في بعض صفات النمو الخضري:

يعد حامض الهيوميك من أهم الأحماض العضوية التي تنتج بشكل طبيعي من المادة الدبالية، ويتكون من مزيج من الهيومات والفولفيك إذ يحتوي نسب مختلفة من الاوكسجين والهيدروجين والنيتروجين التي ينتج عنها مركبات ذات اوزان جزيئية متفاوتة، ويعد الهيوميك أحد المنتجات الاقتصادية سريع الفعالية وغير ضار للإنسان والنبات والحيوان (جاسم وهادي، 2017).

بين Akhtar وآخرون (2017) عند إضافة أربعة مستويات من حامض الهيوميك (0 و20 و40 و60 كغم هـ$^{-1}$) إلى التربة وجود تأثير معنوي، اذ أعطى المستوى (40 كغم هـ$^{-1}$) اعلى متوسطا لصفة طول النبات وطول القرنة في محصول الماش بلغ (51.85 سم) و(10.00 سم) للصفتين على التتابع في حين اعطت معاملة المقارنة (بدون إضافة) أقل متوسطا بلغ (41.50 سم) و(7.50 سم) للصفتين بلتتابع.

لاحظ Noori Meerza وآخرون (2018) عند إضافة أربعة تراكيز من حامض الهيوميك (0 و 1.5 و3 و4.5 مل لتر$^{-1}$) وجود فروق معنوية في متوسط ارتفاع نبات الباقلاء، إذ تفوق التركيز (3 مل لتر$^{-1}$) واعطى اعلى متوسطاً بلغ (82.07 سم) فيما اعطى التركيز (0 مل لتر$^{-1}$) اقل متوسطا بلغ (71.60سم).

وجد Ali وآخرون (2019) عند دراستهم تأثير إضافة أربعة مستويات من حامض الهيوميك (3 و 6 و9 و12 كغم هـ$^{-1}$) إلى التربة تفوق المستوى (12 كغم هـ$^{-1}$) في صفة طول النبات، وطول القرنة في محصول الماش التي بلغت (52.2 سم) و(9.2 سم) بالتتابع، في حين اعطى المستوى (3 كغم هـ$^{-1}$) اقل متوسط بلغ (42.1 كغم هـ$^{-1}$) و(7.0سم) للصفتين بالتتابع.

بين علوان وآخرون (2019) إن إضافة (100 كغم هـ$^{-1}$) من حامض الهيوميك للتربة، أعطت اعلى متوسطاً في صفة طول النبات وعدد الأفرع للباقلاء الذي بلغ (84.89 سم و9.03 فرع نبات$^{-1}$) بالتتابع، قياسا بمعاملة المقارنة التي اعطت اقل متوسطاً بلغ (71.89سم و7.21 فرع نبات$^{-1}$) بالتتابع.

أكد العزي والعبيدي (2019) في دراستهما إضافة ثلاثة مستويات من حامض الهيوميك (0 و 20 و40 كغم هـ$^{-1}$) للتربة، وجود فروق معنوية إذ حقق المستويين (20 و40 كغم هـ$^{-1}$) اعلى متوسطاً في صفة ارتفاع النبات للباقلاء بلغ (115.03 سم و 115.68سم) بالتتابع، فيما اعطت معاملة المقارنة اقل متوسط بلغ (103.90 سم)، وقد بلغ اعلى متوسطاً لعدد الأفرع في النبات (8.40 فرع نبات$^{-1}$) عند مستوى الإضاف (40 كغم هـ$^{-1}$)، وبنسبة زيادة بلغت (42.61%) قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت (5.89 فرع نبات$^{-1}$).

أوضح الكرطاني وآخرون (2019) إن إضافة حامض الهيوميك بعدة مستويات (0 و 4 و 8 و 12 كغم هـ$^{-1}$)، أدى إلى زيادة معنوية في صفة الوزن الجاف لنبات البزاليا الذي بلغ (24.07 و 28.58 و30.15 و 31.07 غم نبات$^{-1}$) بالتتابع.

بين Nabi وObaid (2019) عند دراستهما تأثير إضافة ثلاثة مستويات (0 و2 و4 غم لتر$^{-1}$) من حامض الهيوميك لنبات الباقلاء،اذ حقق المستوى (2 غم لتر$^{-1}$) اعلى متوسطا لارتفاع النبات بلغ (70.7سم)، وللمساحة الورقية (5817 سم^2 نبات$^{-1}$) في المقابل اعطت معاملة المقارنة اقل متوسطا لارتفاع النبات بلغ (63.9 سم)، وللمساحة الورقية بلغ (4705 سم^2 نبات$^{-1}$)، اما المستوى (4 غم لتر$^{-1}$) فقد تفوقا معنويا في صفة عدد الأوراق وعدد الأفرع ووزن النبات الجاف بمتوسط بلغ (212.7) و(9.67 فرع نبات$^{-1}$) و (464.6 غم)، في حين أعطت معاملة المقارنة بدون إضافة اقل قيمة لنفس الصفات بمتوسط بلغ (172.1) و(9.43 فرع نبات$^{-1}$) و(377.6 غم) بالتتابع.

أشار الجميلي (2020) خلال دراسته تأثير ثلاثة مستويات من حامض الهيوميك (0 و25 35 لتر هـ$^{-1}$) مضافة إلى التربة لنبات الماش قد تفوق المستوى (35 لتر هـ$^{-1}$) باعطائه اعلى متوسطاً لصفتي طول النبات والمساحة الورقية بلغ (52.95 سم) و(1254.79سم^2 نبات$^{-1}$) على التتابع قياسا بمعاملة المقارنة التي سجلت اقل متوسطا للصفتين (45.80 سم و618.14 سم^2 نبات$^{-1}$) بالتتابع.

بين Alghabrai (2020) في دراسة أجراها على محصول الماش أضاف فيها اربعة مستويات من حامض الهيوميك (0 و20 و40 و60 كغم هـ$^{-1}$) إلى التربة وللموسمين (2017 و2018) لوحظ أن هناك تفوقا معنويا للمستوى (60 كغم هـ$^{-1}$) على بقية المستويات، إذ اعطى اعلى متوسطا لطول النبات (34.28 و 42.9 سم) وطول القرنة (17.89 و19.18 سم) للموسمين بالتتابع، في حين سجلت معاملة المقارنة اقل متوسطا لطول النبات (30.78 سم و39.5 سم) وطول القرنة (10.10 و9.75سم) للموسمين بالتتابع.

أشار العزي ورمضان (2022) ان إضافة حامض الهيوميك بتركيز (10كغم هـ$^{-1}$) قد حقق زيادة معنوية في صفة طول النبات والمساحة الورقية وطول القرنة في محصول الماش، وبلغ اعلى متوسطاً

(127.48سم و8291 سم^2 نبات$^{-1}$ و7.52سم) بالتتابع، فيما اعطت معاملة المقارنة (0 كغم هـ$^{-1}$) اقل متوسطا للصفات بلغت (112.81سم و 6207.4 سم^2 نبات$^{-1}$ و6.60 سم) بالتتابع.

وقد أشار Alsawaf و Ibraheem (2023) في دراسة تم إجرائها في العراق عن التسميد بالنحاس النانوي بثلاثة تراكيز هي (0 و 1 و 1.5 ملغم لتر$^{-1}$) بطريقة التغذية الورقية على محصول الباقلاء، تفوق التركيز (1.5 ملغم لتر$^{-1}$) في صفة طول القرنة التي بلغت (22.59سم) بالتتابع قياسا مع معاملة المقارنة بدون رش نحاس نانوي التي بلغت (19.68سم).

2-1-3- تأثير الأسمدة العضوية في بعض صفات الحاصل والنوعية:

بين الكثير من الباحثين إلى أن إضافة الأحماض العضوية للمحاصيل الحقلية قد أثرت معنويا في صفات الحاصل ومكوناته، إذ لاحظ Bandain وآخرون (2014) خلال دراستهم تأثير حامض الهيوميك على محصول الماش إن إضافة الحامض قد أثر معنويا في صفة عدد القرنات في النبات إذ اعطت أعلى متوسطاً بلغ (17.92 قرنة نبات$^{-1}$)، فيما اعطت معاملة المقارنة أقل متوسطاً بلغ (14.65 قرنة نبات$^{-1}$). وجد Kahraman (2017) عند دراسة تأثير أربعة مستويات من حامض الهيوميك (0 و70 و110 و150 كغم هـ$^{-1}$) على محصول اللوبيا تفوق المستوى (70 كغم هـ$^{-1}$) في صفة حاصل البروتين باعطائه (458.69 كغم هـ$^{-1}$) قياسا بمعاملة المقارنة التي أعطت اقل متوسطا لهذه الصفة بلغ (421.99 كغم هـ$^{-1}$).

بين Akhtar وآخرون (2017) خلال دراستهم تأثير مستويات مختلفة من حامض الهيوميك (0 و20 و40 و 60 كغم هـ$^{-1}$) على محصول الماش، إن المستوى (60 كغم هـ$^{-1}$) تفوق معنويا في صفة عدد القرنات والحاصل الكلي بمتوسط بلغ (20 قرنة نبات$^{-1}$ و1.69 طن هـ$^{-1}$) للصفتين بالتتابع ، وقد سجلت معاملة المقارنة اقل متوسطا بلغ (16 قرنة نبات$^{-1}$ و 0.96 طن هـ$^{-1}$) للصفتين بالتتابع.

أجرى Al-shareef وآخرون (2018) دراسة خلال الموسمين (2016 و2017) بهدف معرفة تأثير إضافة ثلاثة مستويات من حامض الهيوميك (15 و30 و45 كغم هـ$^{-1}$) على محصول الماش، إذ وجد تفوق معنوي للمستوى (45 كغم هـ$^{-1}$) على باقي المستويات في صفة وزن (100) بذرة وبمتوسط بلغ (8.01 غم)، وعدد القرنات بمتوسط بلغ (28.80 قرنة نبات$^{-1}$)، وحاصل البذور (و1324 كغم هـ$^{-1}$)، ونسبة البروتين في البذور (27.32%) للصفات على التتابع.

وجد Ali وآخرون (2019) من خلال اجرائهم تجربة حقلية على محصول الماش بإضافة أربعة مستويات من حامض الهيوميك (3 و6 و9 و12 كغم هـ$^{-1}$) وجود فروق معنوية بين مستويات الإضافة، إذ حقق المستوى (12كغم هـ$^{-1}$) اعلى متوسطا لصفة عدد البذور بالقرنة، ووزن (100) بذرة، وحاصل البذورالكلي، إذ بلغت (10 بذرة قرنة$^{-1}$، و 44.4غم، و 1312.7كغم هـ$^{-1}$) للصفات المذكورة تتابعا قياسا بمعاملة المستوى (3كغم هـ$^{-1}$) التي سجلت اقل متوسطا بلغ (5 بذرة قرنة$^{-1}$ و38غم و1112.0 كغم هـ$^{-1}$)

للصفات المذكورة تتابعا, اما بالنسبة لصفة دليل الحصاد اذ اعطى اعلى متوسط بلغ (21.8%)، في حين سجل المستوى (3 كغم هـ$^{-1}$) اقل متوسطا بلغ (15.8%).

بين علوان وآخرون (2019) خلال دراستهم تأثير إضافة مستويات حامض الهيوميك في حاصل صنفين من الباقلاء، أذ لاحظوا وجود فروق معنوية عند الإضافة بالمستوى(25 كغم هـ$^{-1}$) في صفة عدد القرنات بالنبات الواحد بمتوسط بلغ (14.26 قرنة نبات$^{-1}$) قياسا بعدم الإضافة (0 كغم هـ$^{-1}$) للنبات إذ سجلت اقل متوسطا بلغ (9.505 قرنة نبات$^{-1}$)، كما تفوقت معاملة الإضافة بحامض الهيوميك بالمستوى (25 كغم هـ$^{-1}$)، ولوحظ وجود تأثيرا معنوي في صفة عدد البذور في القرنة التي بلغت (65.00 بذرة قرنة$^{-1}$) ، قياسا بمعاملة المقارنة (0 كغم هـ$^{-1}$) التي اعطت اقل متوسطا بلغ (43.11 بذرة قرنة$^{-1}$)، لاحظوا ايضاً وجود فروق معنوية في صفة وزن (100) بذرة (غم) وحاصل النبات الواحد ، إذ اعطى المستوى (25 كغم هـ$^{-1}$) اعلى متوسطا بلغ (74.33غم و 48.56غم) بالتتابع قياسا بمعاملة المقارنة (0 كغم هـ$^{-1}$) التي اعطت اقل متوسطا بلغ (64.00غم و 27.82غم) بالتتابع.

ذكرNabi وObaid (2019) خلال دراستهما تأثير إضافة ثلاثة مستويات (0 و2 و4 غم لتر$^{-1}$) من حامض الهيوميك على نبات الباقلاء، إن المستوى (4 غم لتر$^{-1}$) حقق اعلى قيمة لصفة عدد القرنات بمتوسط بلغ (10.89 قرنة نبات$^{-1}$) فيما اعطت معاملة المقارنة (0 غم لتر$^{-1}$) اقل متوسطا بلغ (10.08 قرنة نبات$^{-1}$).

لاحظ سليمان والحبيطي (2019) عند دراستهم إضافة حامض الهيوميك إلى محصول البزاليا بتركيز (2غم لتر$^{-1}$) وجود فروق معنوية في صفة عدد القرنات وعدد البذور بالقرنة، ووزن (100) بذرة، وحاصل البذورالكلي، إذ أعطت اعلى متوسطا بلغ (69.76 قرنة نبات$^{-1}$، و7.084 بذرة قرنة$^{-1}$، و19.698غم، و3.876 طن هـ$^{-1}$)، بالتتابع قياسا بمعاملة المقارنة (0 غم لتر$^{-1}$) التي أعطت اقل متوسطا بلغ (50.52 قرنة نبات$^{-1}$، و 5.290 بذرة قرنة$^{-1}$ ، و 17.057 غم، و2.525 طن هـ$^{-1}$) للصفات المذكورة بالتتابع.

اشارالعزي والعبيدي (2019) خلال درستهم تأثير إضافة مستويات مختلفة من حامض الهيوميك (0 و20 و40 كغم هـ$^{-1}$) على محصول الباقلاء، إن المستوى (40 كغم هـ$^{-1}$) اعطى اعلى قيمة لصفة عدد القرنات وبمتوسط بلغ (9.81 قرنة نبات$^{-1}$)، وعدد البذور بالقرنة (7.08 بذره قرنة$^{-1}$ ، ووزن (100) بذرة 152.17غم، وحاصل البذور الكلي 3.24 طن هـ$^{-1}$، ونسبة البروتين 27.40%) قياسا بمستوى المقارنة التي أعطت اقل المتوسطات (6.91 قرنة نبات $^{-1}$، و5.48 بذرة قرنة$^{-1}$، و132.22غم، و2.23 طن هـ$^{-1}$ ، و18.23%) للصفات المذكورة على التتابع.

بين Alghabari (2020) خلال دراسته إضافة أربعة مستويات من حامض الهيوميك للتربة (0 و20 و40 و60 كغم هـ$^{-1}$) لمحصول الماش، وجود فروق معنوية بين المستويات، وقد تفوق المستوى (60 كغم هـ$^{-1}$) معنويا بإعطائه اعلى متوسطاً لعدد القرنات بلغ (30.49 قرنة نبات$^{-1}$)، ووزن (100) بذرة بلغ (1.73غم)، ونسبة البروتين في البذور بلغت (34.65%)، في حين بلغت اقل هذه القيم للصفات المذكوره عند معاملة المقارنة وبمتوسط بلغ (19.48قرنة نبات$^{-1}$)، و (1.55 غم) و (22.23%) بالتتابع.

بين الجميلي (2020) وجود فروق معنوية بين مستويات حامض الهيوميك (0 و25 و35 لتر هـ$^{-1}$)، المضاف للتربة لنبات الماش، فقد تفوق المستوى (35 لتر هـ$^{-1}$) معنويا في صفة عدد القرنات، وعدد البذور بالقرنة، وحاصل البذور الكلي، ووزن (300) بذرة، والنسبة المئوية للبروتين في البذور التي بلغت (21.63 قرنة نبات$^{-1}$ ، و12.67 بذرة قرنة$^{-1}$ ، و3.07 طن هـ$^{-1}$ ، و31.48غم ، و26.07%) للصفات تتابعا قياسا بمعاملة المقارنة التي اعطت اقل المتوسطات (8.92 قرنة نبات$^{-1}$ ، و10.08 بذرة قرنة$^{-1}$ ، و1.83 طن هـ$^{-1}$ ، و28.53غم ، و19.92%) للصفات المذكورة تتابعا.

لاحظ العبيدي وآخرون (2021) عند إضافة حامض الهيوميك بثلاثة مستويات إلى التربة (0 و2 و4 كغم هـ$^{-1}$) تفوق المستوى (2 كغم هـ$^{-1}$) معنويا في صفة عدد القرنات، وعدد البذور بالقرنة، وحاصل البذور الكلي، ونسبة البروتين في البذور لنبات الباقلاء، إذ أعطت اعلى متوسطاً للصفات بلغ (24.46 قرنة نبات $^{-1}$، و5.010 بذرة قرنة $^{-1}$، و16402.6 كغم هـ $^{-1}$ ، و26.943%) بالتتابع قياسا بمستوى المقارنة الذي أعطى اقل متوسطاً بلغ (19.07 قرنة نبات$^{-1}$، و4.64 بذرة قرنة$^{-1}$، و11333.7كغم هـ$^{-1}$، و24.514%) بالتتابع.

بين العزي ورمضان (2022) خلال دراستهما إضافة مستويات مختلفة من حامض الهيوميك على محصول الماش. إن المستوى (10 كغم هـ$^{-1}$) أعطى اعلى متوسطا لصفة عدد القرنات في النبات بلغ (111.33 قرنة نبات$^{-1}$) قياسا بمعاملة المقارنة بدون إضافة التي سجلت اقل متوسطا للصفة بلغ (100.33 قرنة نبات$^{-1}$).

أشار alzubaidi وآخرون (2023) خلال دراستهم تأثيرالتسميد العضوي بحامض الهيوميك على صفات الإنتاج ومكونات الماش إلى تفوق التركيز (9 غم لتر$^{-1}$) في صفة وزن (100) بذرة، وحاصل النبات الكلي باعطائهما اعلى متوسطا بلغ (36.20غم و2221.20 كغم هـ$^{-1}$) بالتتابع قياسا بمستوى المقارنة بدون تسميد الذي اعطى اقل متوسطا بلغ (31.74غم و1600 كغم هـ$^{-1}$) بالتتابع.

2-2- التغذية الورقية بالأسمدة النانوية (Foliar nutrition with nanofertilizers):

تعد التغذية الورقية من العلامات المهمة على تطور الزراعة الحديثة، اذ أثبتت الأبحاث والتجارب أنه يمكن إمداد النباتات بالمغذيات المختلفة عن طريق رشها بمحلول هذه المغذيات بشكل فعال، فجميع المغذيات التي تمتص بوساطة الجذور، يمكن ايضا أن تمتص بوساطة أوراق النبات، بالإضافة إلى الأجزاء النباتية الأخرى التي تظهر فوق سطح التربة مثل السيقان والثمار (Fageria وآخرون، 2009).

أظهرت الأبحاث أن امتصاص هذه المغذيات عن طريق الأوراق كثيراً ما يكون أسرع وأكثر كفاءة منه عن طريق الجذور، خاصة عندما لا تكون ظروف التربة مناسبة لامتصاص المغذيات، كارتفاع درجة تفاعل التربة او كنتيجة للتضاد ما بين العناصر الغذائية أو وجود كربونات الكالسيوم والفقدان بالغسل (Will، 2011)، لذا تعد التغذية الورقية للمحاصيل المزروعة الطريقة الأكثر كفاءة والأسرع علاجاً لنقص هذه المغذيات مقارنة مع الإضافة الأرضية التي تتعرض فيها المركبات المعدنية الذائبة لهذه المغذيات إلى التثبيت في التربة (Fernandez وآخرون، 2013). وقد ذكر Haytova (2013) إنَ التغذية الورقية أكثر كفاءة اقتصاديا من التسميد الارضي في استعمال كميات قليلة من المغذيات الورقية التي ترش في مراحل النمو المختلفة للنبات وبالتراكيز المناسبة وبشكل يعمل على توفير متطلبات النبات قياساَ بالكميات الكبيرة التي تضاف بالتسميد الأرضي.

إن استخدام كمية كبيرة من الأسمدة قد تساعد على الإنتاج، لكن هذه الممارسة الشائعة تزيد من تكلفة الإنتاج، وأن الحد الأقصى منها لا يتم استخدامه بشكل صحيح، مما يؤدي إلى تدهور جودة التربة وتقليل إنتاجية المحاصيل، لذا يعد إضافة المغذيات عن طريق التغذية الورقية تقنية فعالة لتحسين نمو النبات وفي الوقت نفسه، تعد التغذية الورقية أسلوبًا فعالاً من حيث التكلفة وفعالاً بسبب إضافة المغذيات بشكل اقل مقارنة بتسميد التربة (Zhao وآخرون ، 2019) لايمكن الاستعاضة عن التسميد الأرضي بالتغذية الورقية كليا، إذ إن غذاء النبات يؤخذ عادة عن طريق الجذور الا إن التغذية الورقية تكون مفيدة مع التسميد الأرضي كإضافة تكميلية في اثناء مراحل نمو النبات المختلفة في الأراضي التي يميل تفاعلها إلى القاعدية، وهذا يقلل من قابلية الكثير من المغذيات المضافة للتربة من الامتصاص عن طريق الجذور لاسيما معظم العناصر الصغرى التي تلعب دورًا حيويًا في نمو وتطور النباتات، وتحقيق توازنها الغذائي، وأداء وظائفها الحيوية المختلفة ، وكذلك دورها في تحسين جودة المحاصيل عن طريق تأثيرها على عمليات الإنتاج والتكاثر النباتي فعلى سبيل المثال، يعد النحاس مهمًا في عملية إنتاج حبوب اللقاح وتكوين البذور، ونقصه يؤدي إلى انخفاض إنتاج الحبوب والبذور، كما أنه يسهم ويعمل على تحسين وتطوير إنتاج المحاصيل الزراعية (Pramanik وآخرون، 2020).

إن استخدام الاسمدة النانوية في برامج التسميد تعد بديلاً فعالاً للأسمدة التقليدية إذ تحقق الكثير من المزايا لاستعمالها بكميات أقل وثباتها العالي تحت الظروف المختلفة، كما تتميز بحجمها الصغير جداً فلا تحتاج مساحات كبيرة، وسرعة امتصاصها من النبات مما يتيح استعمالها في الأوقات المطلوبة تبعاً لاحتياجات النبات الفعلية، ويمكن استخدامها رشاً على المجموع الخضري فيستفيد منها النبات بصورة أسرع فهي توفر مساحة أكبر للتفاعلات الأيضية المختلفة في النبات ومن ثم تعزز من نشاط التمثيل الكاربوني في النباتات وتنتج المزيد من المادة الجافة وإنتاجية المحصول (singh وآخرون، 2017 و Thakurوآخرون،2018).

إن كفاءة استخدام المغذيات للأسمدة التقليدية تكون منخفضة وللتغلب على ذلك يمكن للأسمدة النانوية أن تكون بديلا ناجحا، فهي تحسين نمو المحاصيل وتزيد إنتاجيتها وجودتها وكفاءة استخدام المغذيات وتقليل من هدر الأسمدة وتكلفة الزراعة، فتتم اضافتها إما للتربة او رشاً على الأوراق لاسيما عندما تكون ظروف التربة والمناخ غير مناسبة، فالتغذية الورقية بالأسمدة النانوية تعزز الدخول المباشر للعناصر الغذائية إلى نظام النبات، ومن ثم تقلل من هدر الأسمدة وتزيد كفاءة استخدام المغذيات وتعطي استجابة سريعة لنمو النبات، فالأسمدة النانوية تمتاز بكونها أكثر نشاطا ويمكن أن تخترق البشرة، مما يضمن إطلاقها بشكل متحكم فيه والتوصيل المستهدف (Kumar وآخرون، 2021).

2-2-1- النحاس (Copper):

2-2-1-1- النحاس في التربة (Copper in Soil):

تختلف الترب في محتواها من النحاس تبعاً لمادة الأصل الناشئة منها هذه التربة نظراً لدخول هذا العنصر في التركيب الكيميائي لبعض الصخور، ويوجد النحاس في التربة على عدة صور منها معادن كبريتيدية (Sulphides) وأهم هذه المعادن هو Chalcopyrite ($CuFeS_2$) إذ يعد المصدر الاساس للنحاس، ويوجد ايضاً بصورة معادن الأكاسيد النحاسية Cuprite (Cu_2O) ومعادن الكربونات النحاسية Malchite $Cu_2CO_3(OH)_2$ وهذه الصور يطلق عليها بالنحاس غير المتحرك في التربة، ويصنف بالنحاس في المستودع المستقر (Cu- forms in the Lable pool)، ويوجد النحاس أيضاً متبادل على أسطح الغرويات المعدنية، والصورة الأيونية المتبادلة هي Cu^{++} أو $Cu(OH)^{+}$ ويعد هذا الجزء ميسر للنبات نسبياً (النعيمي، 1999). كما يوجد النحاس في التربة مرتبط مع المادة العضوية عن طريق مجموعة الكاربوكسيل او الفينول ومجموعة الهايدروكسيل مكوناً معقدات ثابتة Copper- organic matter complexe وأشارت بعض الدراسات بأن ارتباط النحاس مع حامض الهيومك والفولفيك يكون مركبات معقدة مع النحاس في التربة ومركبات الفولفيك النحاسية تكون مصدرا مهما لايونات النحاس في التربة، اما حامض الهيومك فيكون مركبات نحاسية مترسبة في التربة ، وعلى ذلك فمن المتوقع بأن

النباتات النامية في الترب العضوية سوف تعاني من نقص النحاس ، اذ ان كمية قليلة جداً من النحاس الكلي الموجود في التربة توجد في الصورة الذائبة في محلول التربة التي لا يتعدى تركيزها في محلول التربة غالباً عن (0.001) ملغم لتر$^{-1}$، ويرجع ذلك لأن معظم النحاس الذائب في محلول التربة يرتبط مع المادة العضوية ويكون مركبات ثابتة وتعد الصورة الأيونية (Cu^{++}) هي الأكثر سيادة عند pH الأقل من 7، بينما تكون السيادة للصورة $Cu(OH)^{+}$ في محلول التربة القاعدية (Johnston وTombacz, 2002).

تتوقف جاهزية النحاس بالتربة على وجود كربونات الكالسيوم إذ إن زيادتها في التربة ترفع من قيمة pH ومن ثم يكون لها تأثير غير مباشر على نقص الكمية الجاهزة من النحاس في التربة، إذ إن ارتفاع درجة التفاعل pH بحدود 8 ينتج عنه تفاعل كيميائي بين النحاس وكربونات الكالسيوم وتتكون كربونات النحاس القاعدية غير الذائبة ومن ثم تقلل من جاهزية النحاس للنبات إذ يلاحظ ان الايونات من نوع $Cu(OH)^{2+}$ و $Cu(OH)^{+}$ هي التي تسود في محلول التربة، وهذا قلما يستفيد منه النبات لان الايونات الفعالة التي يمتصها النبات هي من نوع (Cu^{++}) إذ يزداد تركيزها مائة مرة كلما قل درجة تفاعل التربة pH وحدة واحدة (Abat ، 2011). وتتوقف ايضاً جاهزية النحاس في التربة على ظاهرة التضاد الأيوني Antagonistic ions إذ وجد أن المستويات المرتفعة من النيتروجين أو الفسفور اوالزنك في التربة تؤثر عكسياً على تيسر عنصر النحاس، إذ تظهر أعراض نقصه على النباتات النامية تحت هذه الظروف، وترتبط الكمية الذائبة من هذا العنصر ايضاً بنسجة التربة فالنباتات النامية في الترب الرملية تعاني من نقص النحاس، وذلك لقلة الكمية الجاهزة منه في حين تزداد الكمية الجاهزة من النحاس في النسجة الناعمة مقارنة مع الخشنة، لاحتوائها على كمية أكبر من النحاس الكلي (Ponizovsky وآخرون، 2007).

2-2-1-2- أهمية النحاس للنبات (The Importance of Copper for Plants):

يعد النحاس أحد العناصر الغذائية الصغرى التي تؤدي دورا مهما في تغذية النبات، فهي ضرورية للعديد من العمليات الفسيولوجية، مثل تنظيم الهرمونات، والتمثيل الكاربوني، وتنشيط الإنزيمات، وقد يتأثر نمو النباتات سلبًا بنقصها أو زيادتها، مما قد يؤدي إلى انخفاض الجودة والكمية والإزهار. وأن حوالي 70% من النحاس الكلي في الأوراق يوجد في البلاستيدات الخضراء وتخليق الكلوروفيل وتكوين فيتامين A في النبات ويتراوح تركيز النحاس في النباتات المختلفة من (5- 20 ملغم لتر$^{-1}$)، وهذا يوضح دوره في عملية التمثيل الكاربوني فضلا عن الدور الذي يؤديه في عدد من عمليات نقل الالكترونات من الماء إلى ($NADP^{+}$) فيما سمي بتفاعل (Hill-reaction) وهو تحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية (Jayakumar وآخرون، 2024 وMawale، 2024).

يشترك النحاس في عمليات الاكسدة والاختزال في سلسلة النقل الالكتروني في التنفس الهوائي وفي عملية التمثيل الكاربوني كونه يدخل في تكوين الكلوروبلاست للبروتين (Plastocyanin) (Boardman، 1975) ودوره اساس في عمل إنزيم السيتوكروم أوكسيديز (Cytochrome oxidase) إذ يعد مكملاً لهذا الإنزيم، والإنزيم المؤكسد لحمض الإسكوربيك (Ascorbic acid- oxidase) وبعض الإنزيمات الأخرى مثل الفينوليز (Phenolase) وإنزيم اللاكتيز (Lactase).

للنحاس أهمية في تكوين البروتين عن طريق دوره في زيادة تثبيت النيتروجين الجوي وفي مساهمته في تكوين الأحماض النووية (RNA وDNA) المهمة في تكوين البروتين كما أن النحاس ضروري في عملية اختزال النترات (Kumar وآخرون، 2021). وله دور كبيرا في اكتساب النباتات صفة التحمل (Tolerance) لمقاومة خطر الانجماد والصقيع وأيضا يزيد من مقاومة النبات ضد الأمراض الفطرية وتأخير الشيخوخة ومن ثم رفع كفاءة عملية التمثيل الكاربوني عن طريق التأثير الايجابي للنحاس في منظم النمو السايتوكاينين المسؤول عن تأخير الشيخوخة للنبات (Wang وآخرون ،2023).

يسهم النحاس في تكوين البذورويساعد الجذور على القيام بوظيفتها إضافة إلى دخوله في بناء البروتين وهو ضروري لنمو الاعضاء التكاثرية ومساهمته في عمل الكثير من الانزيمات والتي تصل حوالي 30 انزيم، ونقص النحاس لمدة طويلة يؤدي إلى إجهاض حبوب اللقاح وعقم الذكور او انخفاض محتوى النحاس والبروتين في الحبوب، مما يقلل من قيمتها الغذائية (Stehouwer وRoth، 2004 وXu وآخرون، 2024).

تظهر أعراض نقص النحاس على النباتات النامية في تربة تعاني من نقص النحاس الجاهز، ومن خصائص هذه التربة أنها ذات محتوى كلي منخفض من النحاس ويكون الحد الحرج من النحاس الكلي في الترب المعدنية هو أقل من (6 ملغم كغم$^{-1}$)، بينما ترتفع هذه القيمة كثيرا بالنسبة للترب العضوية حيث تصل إلى (30 ملغم كغم$^{-1}$)، وعلى هذا يزداد ظهور أعراض النقص في الترب المعدنية عنها في الترب العضوية، كما تعاني الترب القاعدية وخاصة الجيرية منها والترب الرملية الحامضية من نقص النحاس، وتؤدي الإضافة الزائدة لكل من النيتروجين، الفسفور والزنك إلى ظهور أعراض نقص النحاس على النبات (Mengel وآخرون ، 2001).

بشكل عام أن أعراض نقص النحاس عبارة عن تحول لون قمة الورقة إلى اللون الأبيض مع صغر حجم الورقة وقصر المسافات بين العقد ومن ثم تقزم والتفاف النبات وتساقط الأزهار، وفي محاصيل الحبوب مثل الحنطة والشعير والأرز، تظهر الأعراض على شكل جفاف وموت قمة الأوراق أو أجزاء من الورقة، وتلتف الأجزاء الجافة على شكل لولب، وقد تجف الأوراق دون تغير في لونها وتظهر الأعراض على السنابل حيث يكون السفا غير قائم والسنابل غير ممتلئة ومشوهة، وتظهر هذه الأعراض

أكثر ما يكون على النباتات النامية في الترب الرملية حديثة الاستصلاح أما بالنسبة للموالح فيحدث تأخر وموت للنموات الحديثة وتظهر بثرات صمغية بين اللحاء والخشب، وإفرازات بنية اللون مائلة للاحمرار وموزعة بدون انتظام على الثمار ويتحول لونها إلى البني القاتم عند نضج الثمار، وقد توجد جيوب صمغية في القشرة، وفى وسط الثمار عند زوايا الفصوص كما تكون الثمار معرضة للتشقق، وعموماً فإن أعراض نقص النحاس على النبات أقل انتشاراً من بعض العناصر الصغرى الأخرى مثل الزنك، ويرجع ذلك إلى أن النحاس يدخل في تركيب كثير من المبيدات الحشرية والفطرية التي تستخدم بكثرة حالياً في الزراعة (Sheng وآخرون، 2019 و Rahmati و Vatamaniuk، 2020).

2-2-2- تأثيرالنحاس في بعض صفات النمو والحاصل والنوعية:

لاحظ الدليمي والفهداوي (2015) عند دراستهما تأثيرالرش بأربعة تراكيز من النحاس بتركيز (0 و10 و20 و30 ملغم لتر$^{-1}$) على محصول الباقلاء، حصول زيادة معنوية في ارتفاع النبات، وعدد القرنات، ووزن 100 بذرة، وحاصل البذور، ونسبة البروتين في البذورعند الرش بالتركيز (30 ملغم لتر$^{-1}$) والذي بلغ (81.01 سم، و 14.95 قرنة نبات$^{-1}$ ، و 140.75غم ، و68.09 غم نبات$^{-1}$، و28.97%) بالتتابع قياسا بمعاملة المقارنة بدون رش النحاس التي بلغت (70.36سم ، و 10.36 قرنة نبات$^{-1}$ ، و128.58غم ، و 55.99غم نبات$^{-1}$ ، و 25.22%) بالتتابع، كما تفوق التركيز (20 ملغم لتر$^{-1}$) في صفة المساحة الورقية والذي بلغ (337.6 دسم^{2} نبات$^{-1}$) قياسا بمعاملة المقارنة التي بلغت (308.3 دسم^{2} نبات$^{-1}$). لاحظ Rahman وآخرون (2017) إن رش نبات الحمص بالنحاس بتركيز (10 ملغم لتر$^{-1}$) أثر معنويا في صفة عدد القرنات ووزن 100 بذرة وحاصل البذور والحاصل الحيوي ودليل الحصاد وبمتوسط بلغ (22 قرنة نبات$^{-1}$، و10.16غم، و2213.30 كغم هـ$^{-1}$، و4619.70 كغم هـ$^{-1}$، و47.40%) بالتتابع قياسا بمعاملة المقارنة التي سجلت اقل متوسطا بلغ (10.66 قرنة نبات$^{-1}$، و3.76غم، و1024 كغم هـ$^{-1}$ 2469.70 كغم هـ$^{-1}$، و41.40%) بالتتابع. وجد Alhasany وآخرون (2019) في دراسة لهما لمعرفة تأثير الرش بالنحاس على نبات الباقلاء التي تم فيها أستخدام ثلاثة تراكيز من عنصر النحاس (0 و10 و20 ملغم لتر$^{-1}$) إذ أعطى التركيز (20ملغم لتر$^{-1}$) أعلى قيمة في ارتفاع النبات، وعدد الافراع، ونسبة الكلوروفيل التي بلغت (81.01 سم، و6.78 فرع نبات$^{-1}$، و35.22 SPAD) بالتتابع، بينما أعطيت معاملة المقارنة بدون رش التحاس أقل قيمة في الصفات المذكورة بلغت (72.72سم، و5.46 فرع نبات$^{-1}$، و29.74 SPAD) بالتتابع ، أشار Al-Fahdawi و Al-Dulaimi (2020) عند دراستهما تأثير الرش بالنحاس بثلاثة تراكيز (0 و 8 و16 ملغم لتر$^{-1}$) على محصول الماش، ان التركيز (8 ملغم لتر$^{-1}$) أثر معنويا باعطائه اعلى متوسطا لوزن النبات الجاف بلغ (54.12 ، و 55.10 غم نبات$^{-1}$) للموسمين (2019-2020) بالتتابع قياسا بمعاملة المقارنة التي اعطت اقل متوسطا بلغ

(50.46 ، و51.69 غم نبات$^{-1}$) للموسمين بالتتابع، ولاحظ Ibraheem (2023) في دراسته عن التسميد بالنحاس النانوي بثلاثة تراكيز هي (0 و1 و 1.5غم لتر$^{-1}$) بطريقة التغذية الورقية على محصول الباقلاء، تفوق التركيز (1.5غم لتر$^{-1}$) في صفة ارتفاع النبات، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، وعدد الأفرع بالنبات، والمساحة الورقية التي بلغت (99.47 سم، و 24.13 ملغم مل$^{-1}$ ، معلق مادة خضراء، و 10.05 فرع نبات$^{-1}$، و 11715.2 سم^{2} نبات$^{-1}$) بالتتابع قياسا مع معاملة المقارنة بدون رش نحاس نانوي التي بلغت (96.59

سم، و22.13 ملغم مل$^{-1}$ معلق مادة خضراء، و6.99 فرع نبات$^{-1}$، و8026.5 سم^{2} نبات$^{-1}$) باللتابع لنفس الصفات المدروسة.

3- المواد وطرق العمل:

3-1- موقع التجربة الحقلية:

نفذت تجربة حقلية في أحد الحقول الزراعية التابعة إلى إعدادية ابن البيطار المهنية/ قضاء الحسينية في كربلاء المقدسة للموسم الربيعي (2023 م)، والواقعة على خطوط الطول (44.16) ودائرة العرض (32.67)، بزراعة محصول الماش صنف محلي(خضراوي) في تربة ذات نسجة مزيجة طينية.

3-2- تحضير تربة الحقل:

حددت المساحة المطلوبة للتجربة وأخذت منها عينات تربة على عمق (0-30 سم)، من مواقع مختلفة قبل الزراعة مزجت جيداً لمجانستها، وجففت هوائياً، ونعمت، ومررت من منخل قطر فتحاته (2 ملم)، وأُخذت منها عينة مركبة، لغرض إجراء التحاليل الكيميائية والفيزيائية للتربة قبل الزراعة، المبين في الجدول في أدناه.

الجدول (1) بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الحقل قبل موعد الزراعة

الصفة		القيمة	الوحدة
درجة تفاعل التربة pH (1:1)		7.16	-
الايصالية الكهربائية EC (1:1)		2.83	ديسي سيمنز م$^{-1}$
المادة العضوية		1.18	غم كغم$^{-1}$ تربة
معادن الكاربونات		170.26	غم كغم$^{-1}$ تربة
النيتروجين الجاهز		30.54	ملغم كغم$^{-1}$ تربة
الفسفور الجاهز		12.34	ملغم كغم$^{-1}$ تربة
البوتاسيوم الجاهز		68.13	
النحاس الجاهز		1.15	ملغم كغم$^{-1}$ تربة
مفصولات التربة	الرمل	265	غم كغم$^{-1}$ تربة
	الغرين	355	
	الطين	380	
نسجة التربة		مزيجة طينية	

تم تهيئة تربة الحقل للزراعة عن طريق إجراء عمليات الحراثة والتنعيم والتسوية، ثم قسمت إلى ثلاثة مكررات، يحتوي كل مكرر على (12) وحدة تجريبية ، وبذلك يكون عدد الوحدات التجريبية الكلية (36) وحدة تجريبية بأبعاد(3م × 3م)، للوحدة التجريبية الواحدة تمثل مساحة (9 م ^{2})، تركت مسافة (1م) بين الوحدات التجريبية ضمن المكرر الواحد، تضم الوحدة التجريبية أربعة مروز،المسافة بين مرز وآخر (75سم) وبين جورة وأخرى (25 سم) ، بكثافة نباتية (53333.33 نبات هـ$^{-1}$)، وقد وضع ثلاثة إلى خمسة

بذور في الجورة الواحدة على عمق (3-5 سم) في خط الزراعة، تم خف النباتات إلى نبات واحد في الجورة الواحدة.

3-3- التصميم التجريبي:

نفُذت الدراسة على وفق تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (RCBD) بنظام الألواح المنشقة (Split Plot)، وبثلاثة مكررات، إذ يحتوي كل مكرر على (12) معاملة، تضمنت التجربة عاملين هما: مستويات السماد العضوي السائل (Humizone) أحتل الألواح الرئيسية (Main Plots)، بينما شغلت تراكيز الرش بالنحاس النانوي الألواح الثانوية (Sub Plots).

3-4- تحاليل التربة قبل الزراعة:

3-4-1- تحليل حجوم دقائق التربة:

قدر التوزيع الحجمي لدقائق التربة بطريقة (Pipette Method) الموضحة في Black وآخرون (1965).

3-4-2- درجة تفاعل التربة pH:

تم القياس في راشح معلق التربة (تربة: ماء) 1:1 باستعمال جهاز (pH-meter) وحسب الطريقة الواردة في Page وآخرين (1982).

3-4-3- الايصالية الكهربائية EC:

تم القياس في راشح معلق التربة 1:1 باستعمال جهاز (Conductivity Bridge) وحسب الطريقة الواردة في Page وآخرين (1982).

3-4-4- معادن الكاربونات:

قدرت بالطريقة الوزنية باستعمال حامض (3*N* HCl) كما ورد في Richards (1954).

3-4-5- المادة العضوية:

قدرت بطريقة الهضم الرطب حسب طريقة (Walkly وBlack) المذكورة فيPage وآخرون (1982).

3-4-6- النيتروجين الجاهز:

أُستخلص النيتروجين الجاهز بمحلول (2*N* KCl)، وُقدر أيون الامونيوم باستعمال اوكسيد المغنسيوم (MgO) بالتقطير باستعمال جهاز المايكروكلدال، وتم اختزال أيون النترات باستعمال سبيكة (Devarda) كما جاء في Page وآخرون (1982).

3-4-7- الفسفور الجاهز:

أُستخلص فسفور التربة الجاهز باستعمال بيكاربونات الصوديوم ($0.5N\ NaHCO_3$)، وعند pH (8.5) وطور لون المستخلص باستعمال محلول مولبيدات الامونيوم وحامض الاسكوربيك، قدر الفسفور بجهاز المطياف الضوئي عند طول موجي (882) نانوميتر حسب طريقة Olsen وآخرون (1954) الواردة في Page وآخرون (1982).

3-4-8- البوتاسيوم الجاهز:

أُستخلص بوتاسيوم التربة الجاهز باستعمال خلات الامونيوم ($1N\ NH_4OAC$) بعد تعديل pH المحلول إلى (7.0) باستخدام جهاز اللهب الضوئي (Flame photometer)، الذي ورد في Page وآخرون(1982) .

3-4-9- النحاس الجاهز:

أستخلص نحاس التربة بطريقة DTPA (Lindsay و Norvell،1978) وتم تقدير المستخلص بأستعمال جهاز الامتصاص الذري.

3- 5- الزراعة وخدمة المحصول:

زرعت بذورمحصول الماش صنف محلي (خضراوي) في الموسم الربيعي بتاريخ (2023/3/15)، أجريت العمليات الزراعية كافة من خف النباتات المزروعة، والعزق، والتعشيب، ومكافحة الأدغال النامية في الحقل يدويا، وأجريت عملية الري كلما تطلبت الحاجة اليها، وأضيفت الأسمدة المعدنية حسب التوصية السمادية ولجميع الوحدات التجريبية، اضيف سماد اليوريا 46% N بمقدار(60 كغم N هـ$^{-1}$) على دفعتين الاولى بعد اكتمال البزوغ الحقلي والثانية بعد 30 يوما من الدفعة الاولى، واضيف سماد السوبر فوسفات الاحادي 20% P_2O_5 بمقدار (80 كغم P_2O_5 هـ$^{-1}$) دفعة واحدة خلطاً مع التربة قبل الزراعة، كما تمت إضافة سماد كبريتات البوتاسيوم 50% K_2O بمقدار (80 كغم K_2O هـ$^{-1}$) على دفعتين الاولى بعد 30 يوماً من الزراعة والثانية قبل بداية مرحلة التزهير (العابدي، 2011)، حصدت النباتات عند مرحلة النضج التام بتاريخ 2023/7/5.

3-6- عوامل الدراسة:

3-6-1- السماد العضوي السائل (Humizone):

شملت الألواح الرئيسية إضافة السماد العضوي السائل بثلاثة مستويات هي (0 و 10 و 20 لتر هـ$^{-1}$)، رمز لها (O_0 و O_1 و O_2) بالتتابع، اضيف السماد بدفعتين: الأولى مع الرية الأولى بعد الزراعة والثانية قبل بداية مرحلة تزهير النبات، علما ان السماد العضوي السائل (Humizone) يحتوي على 14 ٪ حامض الهيوميك + 3٪ حامض الفولفيك بالإضافة إلى مجموعة كبيرة من العناصر الغذائية الكبرى والصغرى والمنشطات التي تعد مهمة للغاية في مختلف مراحل عمر النبات وخاصة في بداية النمو.

3-6-2- التغذية الورقية بالنحاس النانوي:

شملت الألواح الثانوية الرش بالنحاس النانوي على المجموع الخضري للنبات وبأربعة تراكيز هي (0 و 15 و 30 و 45) ملغم لتر$^{-1}$ وقد رمز لها (F_0 ، F_1 و F_2 و F_3) بالتتابع، وتم الرش على مرحلتين: الأولى بعد (30 – 35) يوم من الزراعة، ، والثانية عند بداية تكوين القرنات (العابدي ، 2011)، واستعملت المرشة اليدوية الظهرية بسعة (16لتر) لإجراء عملية الرش عند الصباح الباكر (لتلافي ارتفاع درجات الحرارة) حتى حصول البلل التام للنباتات، في حين رشت معاملة المقارنة بالماء فقط ، استخدمت مادة ناشرة (محلول الزاهي) لتقليل الشد السطحي للماء لضمان البلل التام للأوراق بهدف زيادة كفاءة محلول الرش، جهزت الأسمدة النانوية من شركة Sepehr Parmis الإيرانية وهو سماد النحاس المخلبي النانوي (Cu %15).

3-7- الصفات النباتية المدروسة:

اختيرت عشرة نباتات بشكل عشوائي من الخطوط الوسطية المحروسة ولكل وحدة تجريبية وقيست صفات النمو والحاصل الآتية:

3-7-1- صفات النمو الخضري:

3-7-1-1- طول النبات (سم):

قيس طول النبات بوساطة المقياس الشريطي من منطقة اتصاله بالتربة وحتى القمة النامية للنبات من كل وحدة تجريبية.

3-7-1-2- عدد الأفرع في النبات (فرع نبات$^{-1}$):

تم احتسابها على اساس متوسط عدد الأفرع على الساق الرئيسة للنباتات العشرة عند بداية تكوين القرنات لكل معاملة.

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

تم احتسابها على اساس متوسط عدد الأوراق للنباتات العشرة عند بداية تكوين القرنات لكل معاملة.

3-7-1-4- المساحة الورقية (سم^2 نبات $^{-1}$):

قيست المساحة الورقية باستعمال جهاز planometer لعشر نباتات ثم استخرج متوسط المساحة الورقية للنبات الواحد عند بداية تكوين القرنات لكل معاملة.

3-7-1-5- دليل الكلوروفيل في الأوراق (وحدة SPAD):

تم قياس الكلوروفيل في الأوراق في مرحلة التزهير بوساطة جهاز chlorophyll meter نوع spad-502 في الحقل مباشرة ولمتوسط عشرة نباتات اخذت عشوائيا من الخطين الوسطين لكل وحدة تجريبية (Loh وآخرون، 2000).

3-7-1-6- طول القرنة (سم):

حسبت من متوسط اطوال (10) قرنات من النباتات المحصودة وبصورة عشوائية.

3-7-1-7- الوزن الجاف الخضري (غم نبات$^{-1}$):

تم قطع الجزء الخضري للنبات وتنظيفه واخذ الوزن له مباشرةً ثم اخذت العينة لحساب نسبة الرطوبة وصحح الوزن على أساس 8% بعد أن جففت العينة في فرن كهربائي بدرجة حرارة 70C^o لمدة 48 ساعة (AOAC، 1980).

3-7-2- صفات الحاصل ومكوناته:

3-7-2-1- عدد القرنات في النبات (قرنة نبات$^{-1}$):

تم حسابها على أساس متوسط عدد القرنات للنباتات العشرة المحصودة من الخطين الوسطين لكل وحدة تجريبية.

3-7-2-2- عدد البذور في القرنة (بذرة قرنة$^{-1}$):

حسبت باخذ (10) قرنات من كل وحده تجريبية وحساب عدد البذور الكلي لها واستخرج متوسطها.

3-7-2-3- وزن 100 بذرة (غم):

حسبت (100) بذرة يدويًا من بذور كل معاملة بصورة عشوائية، ووزنت بميزان الكتروني حساس، وأخذ متوسطها.

3-7-2-4- حاصل البذور الكلي (طن هـ$^{-1}$):

حسب حاصل البذور للنبات الواحد (غم نبات$^{-1}$) من عشرة نباتات من الخطوط الوسطية من كل وحدة تجريبية ثم استخراج متوسطها ليمثل حاصل النبات الواحد، ثم حسب حاصل البذور (طن هـ$^{-1}$) عن طريق ضرب حاصل البذور للنبات الواحد × الكثافة النباتية ثم تحويله إلى طن هـ$^{-1}$.

3-7-2-5- الحاصل البيولوجي (طن هـ$^{-1}$):

تم حسابه من وزن عشرة نباتات لكل وحدة تجريبية بعد تجفيفها وثبات الوزن، إذ وزنت الاجزاء الهوائية والبذورواخذ متوسطها ثم ضربت بالكثافة النباتية لتحويلها إلى طن هـ$^{-1}$ (Donald وHamblin، 1976).

3-7-2-6- دليل الحصاد (%):

قدر حسب المعادلة: دليل الحصاد = (حاصل البذور الكلي \ الحاصل البيولوجي) ×100 (Donald، 1962).

3-7-3- تحليل العينات النباتية:

أخذت عينات نباتية في نهاية التجربة بصورة عشوائية لكل وحدة تجريبية من الوزن الجاف للنبات لتقدير تركيز النحاس، والبذور لتقدير تراكيز النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والنحاس، جففت العينات هوائياً، ثم جففت في فرن عند درجة حرارة (65 م°) لحين ثبات الوزن، وطحنت، وخلطت بصورة متجانسة، ووضعت في أكياس ورقية معلمة بأرقام المعاملات، ثم غلفت الأكياس الورقية بأكياس من النايلون لمنع اكتساب العينات النباتية المجففة الرطوبة من الجو لحين إجراء التحليل (أبوضاحي، 1989)، أُخذ (0.2 غم) من كل عينة نباتية وأُضيف لها (4 مل) حامض الكبريتيك المركز، وتركت لمدة (24) ساعة حتى أصبح اللون اسود، وأضيف لها (1 مل) حامض البيروكلوريك المركز وضعت على صفيحة حرارية (Hot plate) ، لغرض التسخين لمدة نصف ساعة لإكمال عملية الهضم إلى أن اصبح لون المحلول رائقا (عديم اللون) كدليل على اكتمال الهضم حسب الطريقة المقترحة (الصحاف ،1989)، ومن ثم قدر تركيز المذكوره في أعلاه.

3-7-3-1- تركيز النيتروجين في البذور (%):

قدرتركيز النيتروجين في البذور بوساطة جهاز كلدال (kjeldahl Apparatus)، إذ تم أخذ (10 مل) من العينة المهضومة وأضيف (10مل) من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) تركيز40%، ثم أجريت عملية التقطير، وبعدها تم جمع الامونيا المتحررة بدورق زجاجي يحتوي على (20 مل) من حامض البوريك تركيز2% وخليط من دليلي (Bromocresol Green Methyl Red)، ثم سححت الأمونيا التي جمعت مع حامض الهيدروكلوريك (HCl) ومن معرفة كمية الحامض المسحح تم حساب النيتروجين الكلي الذي وضح في المعادلة الآتية (الصحاف،1989).

$$\%N = \frac{\text{حجم الحامض المستهلك بالتسحيح} \times \text{عياريه الحامض} \times 14 \times \text{حجم التخفيف}}{\text{حجم العينة المأخوذة عند تقطير} \times \text{وزن العينة المهضومة} \times 1000} \times 100$$

3-7-3-2- تركيز الفسفور في البذور (%):

تم تقديره بطريقة مولبيدات الامونيوم المحورة بعد تعديل درجة التفاعل للمحاليل المستعملة، والقياس بجهاز المطياف الضوئي (Spectro photometer) كما ورد في Haynes (1980).

3-7-3-3- تركيز البوتاسيوم في البذور (%):

قدر البوتاسيوم في بذور نبات الماش بوساطة جهاز اللهب الضوئي Flame photometer (Haynes،1980).

3-7-3-4- تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام، والبذور (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة):

تم تقدير النحاس باستعمال جهاز الامتصاص الذري Atomic Absorption، كما ورد في Haynes (1980). وتم التقديرفي المختبر المركزي لتحليل التربة والماء والنبات في جامعة بغداد / كلية علوم الهندسة الزراعية.

3-7-4- الصفات النوعية للماش:

3-7-4-1- تركيز البروتين في البذور (%):

قدر تركيزالبروتين في البذور بجهاز المايكروكلدال وحسب طريقة Cresser و Parsons (1979)، تركيز البروتين في البذور % = تركيزالنيتروجين في البذور % × 6.25

3-7-4-2- حاصل البروتين (كغم هـ$^{-1}$):

تم حسابه وفق المعادلة الأتية:

$$\text{حاصل البروتين (كغم هـ}^{-1}\text{)} = \frac{\text{تركيز البروتين في البذور (\%)} \times \text{حاصل البذور الكلي (كغم هـ}^{-1}\text{)}}{100}$$

3-8- التحليل الإحصائي:

تم تحليل البيانات إحصائيا بطريقة تحليل التباين (ANOVA)، باستعمال تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (RCBD) بترتيب الألواح المنشقة ومقارنة المتوسطات باستعمال أقل فرقاً معنوياً (LSD) عند مستوى احتمال (0.05) بين المعاملات (الراوي وخلف الله، 2000) باستعمال البرنامج الإحصائي Genstat.

4-النتائج والمناقشة:

4-1- تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في بعض صفات النمو الخضري:

4-1-1- طول النبات (سم):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (1) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي والتداخل بينهما في طول النبات.

اشارت نتائج الجدول (2) وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي السائل في طول النبات، إذ تفوق مستوى الإضافة (O_2) معنويا باعطائه اعلى متوسطاً لهذه الصفة بلغ 54.52سم، بينما سجل مستوى المقارنة (O_0) أقل متوسطاً بلغ 35.80سم، وبنسبة زيادة بلغت 52.29%.

يلحظ من نتائج الجدول ذاته وجود تأثير معنوي للرش بالنحاس النانوي في هذه الصفة، إذ أعطى التركيز (F_3) اعلى متوسطا للصفة بلغ 48.77 سم في حين اعطى التركيز (F_0) اقل متوسطا بلغ 45.03 سم، وبنسبة زيادة بلغت 8.30 %.

واشارت النتائج ايضاً إلى التأثير المعنوي للتداخل بين السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي في طول النبات، إذ سجلت المعاملة ($O_2 F_3$) اعلى متوسطا بلغ 57.23سم في حين اعطت معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) اقل متوسطا بلغ 34.47سم وبنسبة زيادة بلغت 66.02%.

تبين النتائج أهمية إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في زيادة النمو الخضري، وقد يعزى السبب إلى تأثير السماد العضوي السائل الذي يمكن أن يعمل على تحسين بناء التربة وزيادة مساميتها وهذا يمكن أن يؤدي إلى تحسين امتصاص الماء والهواء ومن ثم يزيد من فعالية امتصاص النبات للمغذيات الأساسية مثل النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم مما يؤدي ذلك إلى زيادة في عدد وحجم الخلايا النباتية وسرعة انقسامها ونموها ، كما أنه يمكن أن يعمل كمحفز للإنتاج الهرموني في النبات مثل الأوكسين، مما يؤدي إلى زيادة في طول النبات (Ding وآخرون ، 2021)، وهذا يضمن إمدادات غذائية متوازنة، ومن ثم يعمل على تنشيط أنزيمات تصنيع الأحماض الأمينية والبروتين وكذلك يساعد على تصنيع الكلوروفيل الضروري في عملية التمثيل الكاربوني وتكوين السكريات والبروتينات ومركبات الطاقة التي تحفز نمو النبات وتطوره، وقد تسهم في زيادة نشاط الخلايا المرستيمية التي تسهم في الانقسام الخلوي وتكوين الحامض الأميني (التربتوفان) الذي يعد المادة الاساسية لبناء الاوكسينات التي تؤثر في زيادة حجم الخلايا وسرعة انقسامها، واستطالتها فيزداد طول النبات ، إذ إن زيادة المجموع الخضري للنبات يؤدي إلى زيادة نشاط عمل الاوكسينات والجبرلينات والسايتوكينينات التي تؤدي

إلى زيادة نمو الســـاق في الطول، وزيادة لدونة ومرونة خلايا النبات، مما يؤدي إلى اســـتطالتها ومن ثم زيادة طول النبات (Akhtar وآخرون،2017 وAli وآخرون ،2019 و Alghabari ،2020).

اما اســـتجابة النبات للرش بالنحاس النانوي وزيادة التركيز قد تعزى إلى دور النحاس المهم، كونه من العناصر الضرورية للنبات ولنـــمو الأعضاء التكاثرية إضافة إلى مساعدة الجذور على القـــيام بوظائفها الحـيوية، كونه يـدخل في بناء البروتين ويسـاعد في عمـل اكثر من 30 انزيم في حالتـها الطبيعية ومعظم تفاعلات الأكسدة والاختزال (علي وآخرون ، 2014) ومن ثم ان الرش بالنحاس النانوي كمـصدر للنحاس اسهم في تعزيز نمو النـــبات كونه أكثر نشاطا ويمكن أن يخترق بشرة الورقة، مما يضمن إطلاقها بشكل متحكم فيه والتوصيل المستهدف (Kumar وآخرون، 2021).

الجدول (2) تأثيرإضافة السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في طول النبات (سم)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	34.47	48.50	52.13	45.03
F_1	35.63	50.27	53.47	46.46
F_2	35.10	51.43	55.23	47.26
F_3	38.00	51.07	57.23	48.77
المتوسطات	35.80	50.23	54.52	
$LSD_{0.05}$ (O) = 1.13 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.81 $LSD_{0.05}$ (OF) = 1.48				

4-1-2- عدد الأفرع (فرع نبات$^{-1}$)

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (1) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في عدد أفرع النبات.

أظهرت نتائج الجدول (3) التأثير المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في عدد أفرع النبات، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى عدداً للأفرع بلغ 8.19 فرع نبات$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل متوسطاً بلغ 5.59 فرع نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 46.51%.

يلحظ من نتائج الجدول ايضاً وجود فرق معنوي في عدد أفرع النبات عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 7.32 فرع نبات$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 6.31 فرع نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 16.00%.

أشارت نتائج التداخل وجود تأثير معنوي بين المعاملات، فقد حققت المعاملة (O_2 F_3) أعلى عدداً للأفرع بلغ 8.72 فرع نبات$^{-1}$ قياساً إلى معاملة المقارنة (O_0 F_0) التي سجلت اقل عدداً للأفرع بلغ 5.16 فرع نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 68.70%.

الجدول (3) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد الأفرع (فرع نبات$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	5.16	6.12	7.66	6.31
F_1	5.56	6.40	8.03	6.66
F_2	5.75	6.83	8.38	6.98
F_3	5.91	7.32	8.72	7.32
المتوسطات	5.59	6.67	8.19	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.02 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.04 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.07				

بينت النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما خلال الزيادة المتحققة في عدد أفرع النبات، وقد تعزى إلى إضافة السماد العضوي السائل، اذ كانت الزيادة طردية مع زيادة مستويات الإضافة، وهذا يرجع إلى دور السماد العضوي السائل لاسيما حامض الهيوميك في زيادة جاهزية المغذيات وامتصاصها من التربة مما انعكس إيجابيا على زيادة المواد المصنعة المتراكمة في النبات كالنشا والسكريات والبروتين التي لها دور مهم في عملية نمو النبات وتطوره، كما أن توفر المغذيات في التربة كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم التي لها دور مهم في زيادة عدد أفرع النبات وتطور الجذور، وهذا قد يساعد النبات على إنتاج هرمون(Zeatin) الذي يؤدي إلى التثبيط النسبي للأوكسين، ومن ثم يؤدي إلى تقليل السيادة القمية التي قد يكون لها دور في الحث على تكوين البراعم الجانبية، التي تحفز تكوين الانسجة الخشبية للبراعم والساق ومن ثم تنمو البراعم الجانبية مما يؤدي إلى زيادة في عدد الأفرع (العزي والعبيدي ، 2019).

يلحظ من النتائج استجابة النبات للرش بالنحاس النانوي، وكان لزيادة التركيز تأثير معنوي في النبات عن طريق زيادة عدد أفرع النبات، وقد يعزى ذلك إلى الدور الإيجابي للنحاس لمساهمته بتكوين الخلايا النباتية وانقسامها واستطالتها مما انعكس على زيادة الأفرع الخضرية للنبات (Al-darrag و Huthily،2022).

4-1-3- عدد الأوراق (ورقة نبات$^{-1}$):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (1) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في عدد الأوراق في النبات.

بينت نتائج الجدول (4) وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي السائل في عدد الأوراق في النبات، إذ تفوق مستوى الإضافة (O_2) معنويا باعطائه اعلى متوسطاً بلغ 30.56 ورقة نبات$^{-1}$، بينما سجل مستوى المقارنة (O_0) أقل متوسطاً بلغ 23.02 ورقة نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغ 32.75%.

يلحظ من نتائج الجدول ذاته وجود تأثير معنوي للرش بالنحاس النانوي في عدد الأوراق في النبات، إذ أعطى التركيز (F_3) اعلى متوسطا بلغ 28.34 ورقة نبات$^{-1}$، في حين اعطى التركيز (F_0) اقل متوسطا بلغ 24.62 ورقة نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 15.11 %.

كما اشارت نتائج الجدول إلى التأثير المعنوي للتداخل بين السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي في عدد الأوراق بالنبات، إذ سجلت المعاملة (O_2F_3) اعلى متوسطا بلغ 32.70 ورقة نبات$^{-1}$، قياساً بمعاملة المقارنة (O_0F_0) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 20.08 ورقة نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 62.85%.

تبين النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل (Humizone) والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة الحاصلة في عدد أوراق النبات، وقد يعزى سبب ذلك إلى دور السماد العضوي السائل الذي يحتوي على العديد من المغذيات الأساسية كالنيتروجين والفسفوروالبوتاسيوم التي لها دور رئيس في زيادة الفعاليات الأيضية للنبات وانقسام وتوسع الخلايا، ومن ثم زيادة طول السلاميات، وعدد العقد في الساق التي تحمل الأوراق، وأنّ تكوين الحامض الأميني (التربتوفان)، الذي يعد المادة الاساسية لبناء الاوكسين يؤثر في زيادة انقسام الخلايا النباتية واستطالتها، مما يؤدي إلى زيادة نمو المجموع الخضري، كما يسهم النيتروجين في تكوين الهرمونات النباتية التي تنشط الخلايا الداخلة في تكوين الأوراق، مما يؤدي إلى زيادة عدد الأوراق في النبات، وكذلك يسهم الفسفور في اتمام الكثير من العمليات الفسيولوجية والحيوية داخل النباتات، إذ يسهم في تكوين مركبات الطاقة وزيادة عدد وحجم الخلايا وانقسامها واستطالتها، مما ينعكس بشكل إيجابي في زيادة صفات النمو للنبات (Izadi وEman، 2010 و Nabi و Obaid ، 2019).

الجدول (4) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد الأوراق (ورقة نبات$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	20.08	25.47	28.32	24.62
F_1	22.96	26.15	29.95	26.35
F_2	24.22	26.82	31.30	27.44
F_3	24.82	27.50	32.70	28.34
المتوسطات	23.02	26.48	30.56	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.33 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.23 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.43				

كما أثر الرش بالنحاس النانوي معنويا في زيادة عدد أوراق النبات، إذ إن رش النبات بكميات كافية من النحاس تزيد قدرته على تكوين مجموع جذري قوي قادر على امتصاص المغذيات من التربة، فيزداد تركيزها في النبات، مضافاً لذلك فإن النحاس النانوي يمتاز بسرعة امتصاص عالية نتيجة صغر حجمه ومساحته السطحية العالية مما قد يوفر مساحة سطحية أكبر لتفاعلات الايض المختلفة في النبات، وقد يزيد من معدل التمثيل الكاربوني ويشجع الطلب على المغذيات مما ينعكس بشكل إيجابي في زيادة صفات النمو للنبات (Yang وآخرون، 2016).

4-1-4- المساحة الورقية (سم^2 نبات$^{-1}$):

أظهرت نتائج تحليل التباين في الملحق (1) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في المساحة الورقية للنبات.

أشارت النتائج في الجدول (5) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في المساحة الورقية للنبات، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى مساحة ورقية للنبات بلغت 696.58 سم^2 نبات$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل مساحة ورقية بلغت 293.16 سم^2 نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 137.61%.

يلحظ من نتائج الجدول ايضاً وجود فرق معنوي في المساحة الورقية للنبات عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3) معنويا بإعطائه أعلى مساحة ورقية بلغت 565.86 سم^2 نبات$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 413.01 سم^2 نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 37.01%.

أما تداخل العاملين معاً، فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، فقد حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى مساحة ورقية للنبات بلغت 778.32 سم^2 نبات$^{-1}$، قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت اقل مساحة ورقية بلغت 220.00 سم^2 نبات$^{-1}$ ، وبنسبة زيادة بلغت 253.78%.

الجدول (5) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في المساحة الورقية (سم^2 نبات$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	220.00	405.03	614.00	413.01
F_1	276.36	454.05	671.35	467.25
F_2	319.30	513.64	722.66	518.53
F_3	357.00	562.28	778.32	565.86
المتوسطات	293.16	483.75	696.58	
$LSD_{0.05}$ (O) = 4.07 $LSD_{0.05}$ (F) = 4.88 $LSD_{0.05}$ (OF) = 7.85				

تشير النتائج إلى أهمية إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في زيادة المساحة الورقية في النبات، وقد يعزى ذلك إلى تأثير السماد العضوي السائل في زيادة معدل نمو النبات عن طريق زيادة نفاذية الأغشية الخلوية، وتحسين الانقسام الخلوي واستطالة الخلايا، وتحفيز التفاعلات الإنزيمية وزيادة الإنزيمات النباتية، وتحفيز الفيتامينات داخل الخلايا مما سبب ذلك اتساع الأوراق واستطالتها، ومن ثم زيادة المساحة الورقية (Pettit ،2004)، وتتفق هذه النتائج مع ما توصل اليه عدد من الباحثين منهم جاسم ومحسن (2014) والزبيدي والباوي (2018) و Nabi وObaid (2019) والجميلي (2020) والذين بينوا أن إضافة السماد العضوي بصورة حامض الهيوميك اسهم في توفير حاجات النبات من المغذيات التي تجهز النبات بشكل متعاقب مع تحلله وانطلاق العناصر المغذية التي يمتصها النبات والضرورية للقيام بفعالياته الحيوية ومن ثم الحصول على نمو خضري جيد ومنها المساحة الورقية. كما أنها تساعد على زيادة انقسام الخلايا واستطالتها عن طريق تأثيرها المباشر في الفعاليات الحيوية كالتمثيل الكاربوني والتنفس وتصنيع البروتين والتفاعلات الأنزيمية المختلفة، لذا فإن تأثير السماد العضوي السائل يكون مشابها لتأثير الهرمونات النباتية، لأنه يعد محفزاً للنمو الخضري ومن ثم ينعكس ذلك على زيادة المساحة الورقية للنبات (Chen وآخرون، 2022)، إضافة لذلك فإن السماد العضوي السائل يحتوي على نسبة عالية من حامض الهيومك والذي يسهم في زيادة جاهزية العناصر الغذائية لدوره

المهم في تحسين صفات التربة الكيميائية وخاصة درجة تفاعل التبربة pH ، والصفات الفيزيائية لاسيما بناء التربة والتهوية التي تساعد على توفير مستوى جيد من التنفس والطاقة داخل الجذور من اجل زيادة فعالية الامتصاص الفعال ((Khan وآخرون، 2018) كما أثر الرش بالنحاس النانوي معنويا في زيادة المساحة الورقية ، وقد يعزى ذلك إلى الدور الحيوي الذي يلعبه النحاس في رفع كفاءة النبات للقيام بعملية التمثيل الكاربوني نتيجة لدوره في عملية نقل الالكترونات إلى اماكن صنع الغذاء في الأوراق (Mawale وآخرون، 2024). إضافة لذلك كفاءة سماد النحاس النانوي التي زادت من العمليات الحيوية داخل النبات، إذ يسهم في تكوين الكلوروفيل ونقل الإلكترونات كفعالية حيوية لإنتاج الطاقة والعوامل المختزلة في عملية التمثيل الكاربوني، وبذلك يشجع الانقسام والاستطالة لدوره في توفير مستلزمات هاتين العمليتين من الطاقة والبروتين والمركبات الكربونية إضافة إلى أن زيادة تركيز هذه المركبات في الخلايا تسبب سحب الماء إلى الخلايا وزيادة الضغط الانتفاخي ومن ثم زيادة المساحة الورقية (Al-darragy و Huthily،2022).

4-1-5- دليل الكلوروفيل في الأوراق (SPAD):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (1) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في دليل الكلوروفيل في الأوراق.

بينت النتائج في الجدول (6) التأثير المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في دليل الكلوروفيل في الأوراق، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى متوسطاً بلغ 54.24% قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل متوسطاً بلغ 44.75 % وبنسبة زيادة بلغت 21.20%.

اظهرت نتائج الجدول ايضاً وجود فروق معنوية في دليل الكلوروفيل في الأوراق عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 51.58%، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 45.78 % وبنسبة زيادة بلغت 12.66%.

أما التداخل بين عاملي الدراسة، فقد أشارت النتائج وجود فروق معنوية، فقد حققت المعاملة (O_2 F_3) أعلى دليلاً للكلوروفيل في الأوراق بلغ 60.70 %، قياساً إلى معاملة المقارنة (O_0 F_0) التي سجلت 43.53 %، وبنسبة زيادة بلغت 39.44%.

بينت النتائج أن إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما أدى إلى زيادة الكلوروفيل في النبات، وقد يعود سبب الاستجابة إلى تأثير السماد العضوي السائل في زيادة معدل نمو النبات عن طريق الزيادة الحاصلة في المساحة الورقية للنبات والتي انعكست بشكل إيجابي على زيادة الكلوروفيل في الأوراق، وتكوين البروتينات والسكريات ومركبات الطاقة التي أدت إلى زيادة نمو وحجم النبات ومن ثم زيادة الكلوروفيل في الأوراق، وهذه النتيجة تتماشى مع ما توصل اليه سعود والسيلاوي (2022) إضافة إلى

ذلك فان السماد العضوي السائل يحتوي على العديد من المركبات العضوية كحامض الهيومك والفولفيك، والمغذيات الضرورية للنبات كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم ومعظم المغذيات الصغرى الضرورية للنبات او أن إضافته زاد من جاهزيتها في التربة بسبب تأثيره الحامضي، مما يضمن إمدادات غذائية بشكل متوازن للنبات، فهي تؤثر في عملية التنفس والتمثيل الكاربوني وزيادة مضادات الاكسدة، ومن ثم تعمل على زيادة المساحة الورقية للنبات التي لها تأثير إيجابي على أداء النبات، لأن الأوراق هي المصدر الرئيس للغذاء في النبات، ويرتبط ذلك مباشرة بالمساحة الورقية ، فكلما زادت مساحة الورقة زاد معدل اعتراضها للضوء وتكوين الكلوروفيل، مما يزيد من كفاءة عملية التمثيل الكاربوني في النبات (البركات، 2016).

الجدول (6) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في دليل الكلوروفيل بالأوراق (SPAD)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	43.53	44.77	49.03	45.78
F_1	44.47	46.53	50.10	47.03
F_2	45.10	47.27	57.13	49.83
F_3	45.90	48.13	60.70	51.58
المتوسطات	44.75	46.68	54.24	
$LSD_{0.05}$ (O) = 1.64 $LSD_{0.05}$ (F) = 1.54 $LSD_{0.05}$ (OF) = 2.59				

كما أثر الرش بالنحاس النانوي معنويا في زيادة الكلوروفيل في الأوراق، لدوره المهم في بناء مادة الكلوروفيل، إذ إن النحاس يؤثر على الانزيم المؤكسد لحامض الاسكوربيك ، ومن ثم يعمل على زيادة الفعالية الاكسدية للحامض، إذ إن 70% من النحاس الموجود في النبات يتركز في الكلوروفيل، ومن ثم فإن الزيادة في طول النبات والمساحة الورقية للنبات لها تأثير إيجابي على تكوين الكلوروفيل في الأوراق، فكلما زادت مساحة الورقة زاد معدل اعتراضها للضوء ومن ثم زيادة كفاءة عملية التمثيل الكاربوني في النبات (Abobatta، 2017). ويمكن ان يفسر استجابة النبات إلى الرش بالنحاس النانوي في صفات النمو إلى أهمية الاسمدة النانوية ودورها في تغذية النبات فهي تعمل الى زيادة قدرة المحاصيل على تحمل ظروف الاجهاد المختلفة ومقاومة الامراض، ومن ثم تحقيق حالة التوازن الغذائي الأفضل لهذه المغذيات داخل النبات

مما دفع النبات باتجاه نمو أفضل نتيجة للدور الواضح لهذه المغذيات في تحسين فرص النبات في استثمار عوامل النمو بصورة أفضل لبناء يكون أكثر مقدرة على النمو (Yang وآخرون، 2016).

4-1-6- طول القرنة (سم):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (1) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في طول القرنة.

بينت النتائج في الجدول (7) وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي السائل في طول القرنة، إذ تفوق مستوى الإضافة (O_2) معنويا باعطائه اعلى متوسطاً بلغ 9.18 سم، بينما سجل مستوى المقارنة (O_0) أقل متوسطاً بلغ 5.22 سم، وبنسبة زيادة بلغت 75.86%.

يلاحظ من نتائج الجدول ذاته وجود تأثير معنوي للرش بالنحاس النانوي في طول القرنة، إذ أعطى التركيز (F_3) اعلى طول للقرنة بلغ 7.85 سم، في حين اعطى التركيز (F_0) اقل طول للقرنة بلغ 6.30 سم، وبنسبة زيادة بلغت 24.60 %.

كما اشارت نتائج الجدول إلى التأثير المعنوي للتداخل بين السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي في طول القرنة، إذ سجلت المعاملة ($O_2 F_3$) اعلى متوسطا بلغ 10.18سم، قياساً بمعاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 4.60 سم، وبنسبة زيادة بلغت 121.30%.

الجدول (7) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في طول القرنة (سم)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	4.60	6.45	7.85	6.30
F_1	4.91	6.97	8.77	6.88
F_2	5.49	7.25	9.94	7.56
F_3	5.90	7.46	10.18	7.85
المتوسطات	5.22	7.03	9.18	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.12 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.11 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.18				

تبين النتائج استجابة النبات عن طريق الزيادة الحاصلة في طول القرنة لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما، والتي قد تعزى إلى تأثير السماد العضوي السائل ومساهمته في رفع كفاءة عملية التمثيل الكاربوني عن طريق جذب كميات كبيرة من الماء والمغذيات الذي انعكس على طول القرنات عن طريق تقليل التنافس بين القرنات وبين الجزء الخضري والثمري الذي أدى إلى زيادة في طول القرنة (Shafeek وآخرون ،2013).

يتميز السماد العضوي السائل باحتوائه على العديد من المركبات العضوية كحامض الهيوميك والفولفيك والعناصر الغذائية الضرورية التي تعمل كمحفزات لنمو النبات بسبب مساهمتها الفعالة في زيادة امتصاص العناصر الغذائية ورفع خصوبة التربة وتجمع الأحياء المجهرية المفيدة، مما ساعد في نمو طول القرنة في محصول الماش (علوان وآخرون، 2019).

يلحظ من النتائج ايضاً استجابة النبات للرش بالنحاس النانوي، وكان لزيادة تركيزه تأثيراً معنوياً على النبات عن طريق زيادة طول القرنة، التي قد تعزى إلى دور النحاس المهم في زيادة كفاءة النبات للقيام بعملية التمثيل الكربوني، اذ ساعد على تجهيز النبات بالمواد الغذائية اللازمة لنموه والاستمرار في الانقسامات ومن ثم زيادة طول القرنة (Mawale وآخرون، 2024).

4-1-7- الوزن الجاف الخضري (غم نبات$^{-1}$):

بينت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في الوزن الجاف للنبات.

أظهرت نتائج الجدول (8) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في الوزن الجاف الخضري للنبات، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى وزن جاف خضري للنبات بلغ 8.99 غم نبات$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل وزن جاف خضري للنبات بلغ 6.46 غم نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 39.16%.

يلحظ من نتائج الجدول ايضاً وجود فرق معنوي في الوزن الجاف الخضري للنبات عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى وزن جاف خضري للنبات بلغ 8.28غم نبات$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 7.14 غم نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 15.97%.

كما أظهرت نتائج التداخل بين العاملين وجود فروق معنوية، فقد حققت المعاملة (O_2 F_3) أعلى وزن جاف للنبات بمتوسط بلغ 9.74 غم نبات$^{-1}$، قياساً إلى معاملة المقارنة (O_0 F_0) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 5.88 غم نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 65.65%.

الجدول (8) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في الوزن الجاف الخضري (غم نبات$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	5.88	7.30	8.24	7.14
F_1	6.21	7.61	8.68	7.50
F_2	6.65	7.81	9.30	7.92
F_3	7.10	8.00	9.74	8.28
المتوسطات	6.46	7.68	8.99	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.18 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.11 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.21				

يعد الوزن الجـــاف الخضـري للنبات المحصـــلة النهائية لعمليات التمثيل الكاربوني والتنفـــس وامتصاص العناصر الغذائية والمـاء حيث تكون المادة الجـافة في النبات عـلى شكل مركبات عضوية واخرى معـــدنية، نلاحظ من النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة الحاصلة في الوزن الجاف الخضري للنبات التي قد تعزى إلى تأثير الســماد العضـــوي الســـائل ودوره الفعال في خفض درجة تفاعل التربة pH ومن ثم زيادة جاهزية المغذيات في التربة وسهولة امتصاصها من قبل النبات، بالإضافة إلى ما يحتويه السماد العضوي السائل من حامض الهيوميك والفولفيك ومغذيات أخرى انعكسـت على السـعة التبادلية الكاتيونية في التربة ومن ثم زيادة تراكيز العناصـر الغذائية في محلول التربة وسـهولة امتصـاصـها من قبل النبات، وهذا ربما انعكس ايجابا على زيادة منتجات عملية التمثيل الكاربوني التي شجعت على الزيادة الحاصلة في صفات النمو مثل طول النبات (جدول 1) وعدد الأفرع (جدول 3) وعدد الأوراق (جدول 4) والمسـاحة الورقية (جدول 5) ودليل الكلوروفيل في الأوراق (جدول 6)، وايضاً الزيادة الحاصلة في انقسام واستطالة خلايا الجذور ومن ثم زيادة الوزن الجاف الخضري للنبات (Utuk، 2000 وسليمان والحبيطي، 2019). كما أن الرش بـالنحـاس النـانوي أثر معنويـا في زيـادة الوزن الجـاف للنبـات، وقد يعزى ذلك إلى دور النحاس الإيجابي عن طريق الزيادة الحاصلة في طول النبـــات (جدول 2)، وعـــدد الأفرع (جدول 3)، وعدد الأوراق (جدول 4) والمساحة الورقيـة (جدول 5) ودليل الكلوروفيل في الأوراق (جدول 6) التـي أدت إلى زيـادة كفـاءة النبـات في اعتراض الضـوء وامتصاصـه، ومـن ثـم زيـادة كفـاءة عمليـة التمثيل

الكاربوني وزيـــــادة منتجاتها التـــي تراكمـــت بشـــكل مـــادة جافـــة في النبـــات (Al-Fahdawi و Al-Dulaimi ، 2020). قد يرجع سبب الزيادة ايضاً إلى فعالية سماد النحاس النانوي في رفع كفاءة امتصـاصـة عن طريق الأوراق، إذ إن النحاس يدخل في تركيـــب البروتينات ويزيد من عملية التمثيل الكـاربوني ومن ثم زيـادة النمو الخضـــري للنبـاتـات الـذي انعكس إيجـابـاً على المـادة الجـافـة للنبـات (محمد، 2020).

4-2- تأثيرالسماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في بعض صفات الحاصل ومكوناته:

4-2-1- عدد القرنات في النبات (قرنة نبات$^{-1}$):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في عدد القرنات بالنبات.

أظهرت نتائج الجدول (9) التأثير الايجابي لإضافة السماد العضوي السائل بالمستوى (O_2) في عدد القرنات في النبات إذ بلغ 34.99 قرنة نبات$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل متوسطاً بلغ 26.37 قرنة نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 32.69%.

اظهرت النتائج ايضاً وجود فروق معنوية في عدد القرنات بالنبات عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 32.89 قرنة نبات$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 29.89 قرنة نبات$^{-1}$ وبنسبة زيادة 12.83%.

بينت نتائج التداخل بين السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وجود فروق معنوية فقد حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى عدداً للقرنات في النبات بمتوسط بلغ 36.72 قرنة نبات$^{-1}$، قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 23.90 قرنة نبات$^{-1}$، وبنسبة زيادة 53.64%.

تعد القرنات من المكونات العـائدة إلى الحاصل وعددها ذو أهمية كبيرة إضافة إلى انها المكون الرئيس من بين مكـونات الحاصل، نلاحظ من النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة الحاصلة في عدد القرنات بالنبات التي قد تعزى إلى دور السماد العضوي السائل، إذ يعمل على زيـادة نفاذية الَاغشية الخلـوية وتحفيز التفاعلات الأنزيمية، ومن ثم زيادة النمو الخـضري والمواد الكربوهيدراتية المصنعة في الأوراق وانتـقالها إلى الأجزاء الثمرية ومنها عـدد القرنات (Altai وآخرون، 2020) او قد يكون بسبب دورحامض الهيومك خلال تجهيز الاحتياجات الغذائية للنبات لاسيما النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والمغذيات الصغرى كالنحاس والحديد والزنك وغيرها، والتي لها دور مهم في العمليات الحـيوية والفسلجية وعلاقتها المهمة فـي تصنيع الغذاء في الأوراق وانتقاله إلى الاجزاء الثمرية ومنها القرنات (Tahoun وآخرون،2022)، او تعمل كمنشطات نمو في الجذور عن طريق تنشيطها

للكائنات الحية في التربة وزيادة فعاليتها في زيادة جاهزية العناصر الغذائية بالتربة ومن ثم زيادة كمية الحاصل (رفيق والجبوري، 2020).

إن رش النبات بالسماد النانوي النحاس الذي يتميز بسرعة امتصاصه العالية نتيجة صغر حجمه ومساحته السطحية العالية قد يوفر مساحة سطحية اكبر لتفاعلات الأيض المختلفة في النبات، مما يزيد من معدل التمثيل الكاربوني ويشجع الطلب على المغذيات ومن ثم يزيد قدرة النبات على إنتاج مجموع جذري قوي قادر على امتصاص المغذيات من التربة وتحقيق حالة التوازن الغذائي الأفضل لهذه المغذيات داخل النبات، مما دفع النبات باتجاه نمو أفضل نتيجة للدور الواضح لهذه المغذيات في تحسين فرص النبات في استثمار عوامل النمو بصورة أفضل لبناء يكون أكثر مقدرة على النمو عن طريق زيادة عدد الأفرع (جدول 3) والمساحة الورقية للنبات (جدول 5) ، مما ادى إلى زيادة عدد القرنات في النبات (Al-darragy و Huthily، 2022).

الجدول (9) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد القرنات (قرنة نبات$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	23.90	30.01	33.53	29.15
F_1	25.89	31.72	34.37	30.66
F_2	26.73	32.66	35.37	31.58
F_3	28.95	33.00	36.72	32.89
المتوسطات	26.37	31.84	34.99	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.38 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.28 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.51				

4-2-2- عدد البذور في القرنة (بذره قرنة$^{-1}$):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في عدد البذور في القرنات.

بينت النتائج في الجدول (10) التأثيرالمعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في عدد البذور بالقرنات، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى متوسطاً بلغ 9.82 بذره قرنة$^{-1}$ ، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل عدداً للبذور في القرنات بمتوسط بلغ 6.32 بذره قرنة$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 55.38%.

أظهرت النتائج في الجدول ذاته وجود فرق معنوي عند الرش بالنحاس النانوي في عدد البذور بالقرنات، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى عدداً للبذور في القرنات بمتوسط بلغ 8.82 بذره قرنة$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) الذي بلغ 7.29 بذره قرنة$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 20.98%.

أما تداخل العاملين معاً، فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، فقد حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى عدداً للبذور بالقرنات، وبمتوسط بلغ 10.46 بذره قرنة$^{-1}$، قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت اقل عدداً للبذور في القرنات بمتوسط بلغ 5.13 بذره قرنة$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت103.90%.

الجدول (10) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في عدد البذور بالقرنة (بذره قرنة$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	5.13	7.59	9.14	7.29
F_1	6.12	8.08	9.54	7.91
F_2	6.84	8.44	10.14	8.47
F_3	7.18	8.82	10.46	8.82
المتوسطات	6.32	8.23	9.82	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.07 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.05 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.09				

تعد البذور من المكونات العائدة إلى الحاصل وعددها ذا أهمية كبيرة إضافة إلى أنها المكون الرئيس من بين مكونات الحاصل، يلحظ من النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة الحاصلة في عدد البذور بالقرنة التي قد تعزى إلى

تأثيرالسماد العضوي السائل، إذ إنه يعمل على زيادة النمو الخضري للنباتات وزيادة المواد الكربوهيدراتية المصنعة في الأوراق ومن ثم انتقالها إلى الأجزاء الثمرية، كما أن الزيادة المتحققة في طول النبات (جدول 2)، وعدد الأوراق (جدول 4)، والمساحة الورقية (جدول 5)، قد تؤدي إلى زيادة تراكم المادة الجافة، ومن ثم رفع كفاءة عملية التمثيل الكاربوني وبالتالي ينعكس ايجابا في زيادة عدد القرنات في البذور(Salwa، 2013). وايضاً يعزى إلى دور النحاس النانوي في إجراء التفاعلات الحيوية المختلفة وبصورة مباشرة أوغير مباشرة عن طريق تنشيط الأنزيمات المختفة المسؤولة عن التفاعلات الأيضية التي يقوم بها النبات وخاصة في مناطق النمو، الامر الذي يسهم في انقسام الخلايا واستطالتها الذي يؤدي إلى زيادة النمو للنبات (Mawale وآخرون، 2024) او قد يعود زيادة عدد البذور في القرنة إلى زيادة طول النبات (جدول 2) وعدد الأوراق (جدول 4) والمساحة الورقية (جدول 5)، ودور النحاس في زيادة التلقيح والاخصاب وتقليل نسبة اجهاض المبايض، مما ادى إلى زيادة نشاط عملية التمثيل الكاربوني في تجهيز البذور بحاجتها من الغذاء المنتج والمهم لديمومة البذوروزيادة اعدادها في القرنة (Al-Fahdawi و Al-Dulaimi ، 2020).

4-2-3- وزن 100 بذرة (غم):

أظهرت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) عدم وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في وزن (100) بذرة.

اشارت النتائج في الجدول (11) عدم وجود تأثير معنوي لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي في وزن (100) بذرة بصورة منفردة او متداخلة لكل منهما.

الجدول (11) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في وزن (100) بذرة (غم)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	4.03	3.44	3.49	3.65
F_1	3.22	3.31	3.50	3.34
F_2	3.20	3.42	3.28	3.30
F_3	3.28	3.45	3.14	3.29
المتوسطات	3.43	3.40	3.35	
$LSD_{0.05}$ (O) = NS $LSD_{0.05}$ (F) = NS $LSD_{0.05}$ (OF) = NS				

إن إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي بصورة منفردة او متداخلة ادى إلى زيادة عدد القرنات في النبات وعدد البذور في القرنة، وهذا زاد من التنافس بينها على المغذيات، مما أثر على عدم الحصـــول على وزن عالٍ للبذورقياســـا بمعاملة المقارنة، ونتيجة انخفاض عدد القرنات في النبات وعدد البذور في القرنة في معاملات المقارنة أدى ذلك إلى تشـــجيع ظاهرة التعويض التي تحصـــل بين مكونات الحاصل مما زاد من وزن البذور، وبذلك لم تظهر فروق معنوية واضحة في وزن (100) بذرة (Rahman وآخرون، 2017 و Al-darragy و Huthily،2022).

4-2-4- حاصل البذور الكلي (طن هـ$^{-1}$):

أظهرت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في حاصل البذور الكلي.

بينت النتائج في الجدول (12) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في حاصل البذور الكلي، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى متوسطاً بلغ 1.468طن هـ$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل حاصلاً للبذور بمتوسط بلغ 0.737 طن هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 90.19%.

يلحظ من نتائج الجدول ايضاً وجود فرق معنوي عند الرش بالنحاس النانوي في حاصل البذور الكلي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 1.277 طن هـ$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 0.954 طن هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 33.86%.

أما تداخل العاملين معاً، فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، فقد حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى حاصلاً للبذور الكلي بمتوسط بلغ 1.785 طن هـ$^{-1}$ قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 0.666 طن هـ$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 168.02%.

تبين النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة الحاصلة في حاصل البذورالكلي التي قد تعزى إلى إضافة السماد العضوي السائل الذي أدى إلى بناء مجموع خضري كفوء عن طريق زيادة عدد الأوراق (جدول 4) والمساحة الورقية (جدول 5)، ومن ثم زاد من نواتج عملية التمثيل الكاربوني وزيادة المواد المصنعة والذي انعكس ايجابا في صفات مكونات الحاصل والحاصل الكلي.

كما أثر الرش بالنحاس النانوي معنويا في زيادة حاصل البذور الكلي، وقد يعـود سبب ذلك إلى الدور الذي يلعبه النحاس النانوي في زيادة إمتصاص المواد والعناصـر الغذائية المهمة لتحسين الوظائف الحيوية للنبـات لاسيما تأثيره في عملية التمثيل الكاربوني إذ إن نسبة عالية من النحاس الكلي توجد في البلاستيدات الخضراء وايضا يشترك في تركيب بعض الانزيمات مثل (ascorbic acid oxidase) و(Cytochrome

oxidase) وله دورمهم في تكوين حبوب اللقاح وانقسام الخلايا وتكوين الخلايا المرستيمية الثانوية ، وزيادة سمك الخلايا، وتكوين الكلوروفيل، والبروتين في النبات، مما يترتب على ذلك زيادة في كمية المواد المصنعة الذي ينعكس ايجاباً في زيادة صفات النمو ومكونات الحاصل ومن ثم ينعكس على زيادة حاصل البذور الكلي (الدليمي والفهداوي ،2015 و Al-darragy و Huthily،2022).

الجدول (12) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في حاصل البذور (طن هـ$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	0.666	0.908	1.289	0.954
F_1	0.710	1.052	1.354	1.039
F_2	0.751	1.159	1.442	1.117
F_3	0.822	1.224	1.785	1.277
المتوسطات	0.737	1.086	1.468	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.034 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.024 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.045				

4-2-5- الحاصل البيولوجي (طن هـ$^{-1}$):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في الحاصل البيولوجي للنبات.

بينت النتائج في الجدول (13) التأثير المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في الحاصل البيولوجي، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى متوسطاً بلغ 3.753 طن هـ$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل متوسطاً بلغ 2.243 طن هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 67.32%.

اظهرت النتائج ايضاً وجود فروق معنوية عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى حاصلاً بيولوجياً للنبات بمتوسط بلغ 3.215 طن هـ$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 2.648 طن هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 21.41%.

اما التداخل فقد أشارت النتائج ايضاً وجود فرق معنوي إذ حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى حاصل بيولوجي بمتوسط بلغ 4.057 طن هـ$^{-1}$ قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت 2.099 طن هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 93.28%.

الجدول (13) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في الحاصل البيولوجي (طن هـ$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	2.099	2.470	3.374	2.648
F_1	2.215	2.772	3.642	2.876
F_2	2.293	3.034	3.939	3.089
F_3	2.366	3.222	4.057	3.215
المتوسطات	2.243	2.874	3.753	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.051 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.031 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.062				

يمثل الحاصل البيولوجي صافي تراكم تمثيل ثاني أوكسيد الكربون خلال موسم النمو ويعتمد على التوازن بين عمليتي البناء الضوئي والتنفس، والحاصل البيولوجي هو عبارة عن المادة الجافة الكلية التي ينتجها النبات خلال دورة حياته والمتمثلة بالسيقان والاوراق والفروع والقرنات، اذ يتأثر بالعوامل البيئية والوراثية فضلا عن إضافة المغذيات التي تساعد على نمو النبات، إذ أَن الحصول على اقصى معدلات النمو يتطلب وجود عدد كاف من الاوراق اضافة الى مساحة ورقية جيدة للغطاء النباتي والتي ترتبط بدورها بسرعة نمو النبات وزيادة مدته (حياص ومهنا، 2015).

تظهرالنتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة الحاصلة في الحاصل البيولوجي للنبات، والتي تعزى إلى تأثير السماد العضوي السائل في زيادة صفات النمو الخضري والحاصل من خلال توفيروسط ملائم للنمو عن طريق تعزيز العمليات الحيوية داخل النبات وتنشيط عمل جذور النبات ومن ثم دعم نمو النبات على نحو صحي يعزز من إنتاجية المحاصيل (Obreza وآخرون ،1989 والباوي 2016). كما ان الرش بالنحاس النانوي أثر في زيادة الحاصل البيولوجي، وقد يعزى ذلك إلى دورالنحاس وتأثيره المعنوي في زيادة طول النبات (جدول 2)، وعدد الأفرع (جدول 3) ، وعدد الأوراق (جدول 4)، وطول القرنة (جدول 7)، والوزن الجاف للنبات (جدول 8) وحاصل البذورالكلي (جدول 12)، مما انعكس على زيادة الحاصل البيولوجي ,وايضاً للنحاس دور مهم في زيادة النمو الخضري للنبات عن طريق تأثيره في عملية التمثيل الكاربوني عن طريق دخوله في تركيب البروتينات الخاصة بالكلوروبلاست وعدّة جزءاً من حلقة الانتقال الإلكتروني التي تعمل على

ربط نظامي التفاعل الضوئي لعملية التمثيل الكاربوني واستغلال المواد المصنعة في تلك العملية لزيادة النمو الخضري، مما يجعل دوره إيجابياً في زيادة الحاصل البيولوجي (Al-darragy و Huthily، 2022 و Mawale وآخرون، 2024).ويمكن أن يفسر استجابة نبات الماش إلى إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي في الحاصل البيولوجي إلى تحقيق حالة التوازن الغذائي الأفضل لهذه المغذيات داخل النبات، مما دفع النبات باتجاه نمو أفضل نتيجة للدور الواضح لهذه المغذيات في تحسين فرص النبات في استثمار عوامل النمو بصورة أفضل لبناء يكون أكثر مقدرة على النمو والإنتاج.

4-2-6- دليل الحصاد (%):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (2) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما دليل الحصاد.

بينت النتائج في الجدول (14) التأثير المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في دليل الحصاد، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى دليلاً للحصاد بمتوسط بلغ 38.99%، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل دليلاً للحصاد بمتوسط بلغ 32.81% وبنسبة زيادة بلغت 18.83%.

أظهرت نتائج الجدول ايضاً وجود فرق معنوي عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى دليلاً للحصاد بمتوسط بلغ 38.90 %، قياسا بالتركيز (F_0) الذي بلغ 35.56% وبنسبة زيادة بلغت 9.39%.

أما تداخل العاملين معاً، فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، فقد حققت المعاملة (O_2 F_3) أعلى دليلاً للحصاد بمتوسط بلغ 43.99% قياساً إلى معاملة المقارنة (O_0 F_0) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 31.72%، وبنسبة زيادة بلغت 38.68%.

يعد دليل الحصاد من صفات الحاصل المهمة، وهو كفاءة النبات في تحويل نواتج التمثيل الكربوني إلى البذور، تظهرالنتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما نتيجة الزيادة الحاصلة في دليل الحصاد التي قد تعزى إلى تأثير السماد العضوي السائل الذي أدى إلى زيادة حاصل البذور الكلي والحاصل البيولوجي ومن ثم اثر بصورة ايجابية على دليل الحصاد عن طريق الزيادة الحاصلة فيه بالإضافة إلى دوره الفعال في نمو النبات وزيادة المادة الجافة ونقلها من الجزء الخضري إلى الجزء الثمري وتراكمه في البذور (Yusuff وآخرون، 2009 ومحمد ،2020). كما أثر الرش بالنحاس النانوي معنويا في زيادة دليل الحصاد، وقد يعزى ذلك إلى الدورالايجابي للنحاس في زيادة كفاءة عملية التمثيل الكاربوني ومن ثم زيادة كفاءة النبات على نقل المواد الغذائية المصنعة من الاجزاء الخضرية إلى البذور مما أدى إلى زيادة حاصل البذور، والحاصل البيولوجي، وهذا انعكس ايجابا على زيادة دليل الحصاد (محمد، 2020).

الجدول (14) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في دليل الحصاد (%)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	31.72	36.76	38.20	35.56
F_1	32.05	37.95	37.17	35.72
F_2	32.75	38.20	36.60	35.85
F_3	34.74	37.98	43.99	38.90
المتوسطات	32.81	37.72	38.99	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.34 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.87 $LSD_{0.05}$ (OF) = 1.33				

4-3- تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز بعض العناصر الغذائية (%):

4-3-1- تركيز النيتروجين في البذور (%):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (3) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النيتروجين في البذور%.

بينت النتائج في الجدول (15) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى في تركيزاً للنيتروجين في البذوربمتوسط بلغ 5.24%، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل تركيزاً بمتوسط بلغ 3.20% وبنسبة زيادة بلغت 63.75%.

أظهرت نتائج الجدول ايضاً وجود فروق معنوية عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 4.67%، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 3.92% وبنسبة زيادة 19.13%.

أما تأثير االتداخل بين العاملين فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، إذ حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى تركيزاً للنيتروجين في البذوربمتوسط بلغ 5.45% قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت 2.63%، وبنسبة زيادة بلغت 107.22%.

الجدول (15) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النيتروجين في البذور (%)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لتر هـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	2.63	4.10	5.03	3.92
F_1	2.98	4.32	5.17	4.16
F_2	3.37	4.49	5.33	4.39
F_3	3.82	4.73	5.45	4.67
المتوسطات	3.20	4.41	5.24	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.13 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.03 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.13				

يمكن تفسير زيادة تركيز النيتروجين في البذور %، إلى دور السماد العضوي السائل نتيجة محتواه من العناصر الغذائية كالنيتروجين والفسفور والبوتاسيوم والاحامض العضوية الهيوميك والفولفيك، كما أنّ الزيادة في مستوى إضافة السماد العضوي (من 10 إلى 20 لتر هـ$^{-1}$) أثرت معنوياً في زيادة تركيز النيتروجين في البذور، وهذا يرجع إلى دور السماد العضوي السائل الذي زاد من جاهزية النيتروجين في التربة بشكل مباشر للنبات او قد يكون نتيجة محتوى السماد العضوي من حامض الهيومك الذي اسهم في خفض درجة تفاعل التربة pH ومن ثم زاد من جاهزيته للنبات، فهو يعمل كمنشط حيوي يسهل امتصاص وحركة العناصر الغذائية في النبات وانتقالها السريع إلى أجزائه المختلفة، فضلا عن ذلك فهو يعد مصدرا للكاربون الضروري لنمو وتطوير النبات، مما يسهم من نفاذية المغذيات إلى داخل المجموع الخضري للنبات، وهذا يزيد من الانقسامات الخلوية وتشجيع تكوين التفرعات، مما يوفر طلبا مستمراً على هذه المغذيات التي يعمل النبات على امتصاصها من التربة، إذ إنّ إضافة السماد العضوي السائل يزيد من جاهزية النيتروجين في محلول التربة وبمحيط الجذور، مما انعكس ذلك في تكوين مجموع جذري قوي وكفوء في امتصاص النيتروجين ومن ثم زيادة تركيزه في النبات والبذور (De Castro وآخرون، 2021). أثرالرش بالنحاس النانوي في زيادة تركيز النيتروجين في البذور%، وكان لزيادة تراكيز الرش تأثير معنوي في زيادة تركيز النيتروجين في البذور%، وقد يعزى ذلك إلى دور النحاس الذي يدخل كمرافق انزيمي للعمليات الحيوية التي تتم داخل النبات كتفاعلات الاكسدة والاختزال، ودخوله في اكسدة

حامض الاسكوربيك المسؤول عن تشجيع عمليات النمو الخضري والثمري والانزيمي، وايضاً دخولة في عملية التمثيل الكاربوني وبناء مادة الكلوروفيل داخل النبات، كما أنه مسؤول عن رفع كفاءة الجهاز المناعي للنبات ضد العديد من الامراض، مما انعكس ذلك في أداء النبات وتكوين مجموع جذري قوي وكفوء في امتصاص المغذيات، ومن ثم زيادة تركيزها في البذور(علي وآخرون،2014).

4-3-2- تركيز الفسفور في البذور (%):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (3) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز الفسفور في البذور%.

بينت النتائج في الجدول (16) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى في تركيزاً للفسفور في البذوربمتوسط بلغ 1.79%، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل تركيزاً بمتوسط بلغ 0.91% وبنسبة زيادة بلغت 96.70%.

أظهرت نتائج الجدول ايضاً وجود فروق معنوية عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 1.50%، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 1.09% وبنسبة زيادة بلغت 37.61%.

أما تأثير االتداخل بين العاملين فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، إذ حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى تركيزاً للفسفور في البذوربمتوسط بلغ 2.03% قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت 0.64%، وبنسبة زيادة بلغت 217.18%.

الجدول (16) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز الفسفور في البذور (%)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	0.64	1.13	1.50	1.09
F_1	0.90	1.20	1.73	1.28
F_2	1.01	1.29	1.92	1.40
F_3	1.09	1.39	2.03	1.50
المتوسطات	0.91	1.25	1.79	
LSD $_{0.05}$ (O) = 0.03 LSD $_{0.05}$ (F) = 0.03 LSD $_{0.05}$ (OF) = 0.06				

إن إضافة السماد العضوي السائل يضمن استمرارية الانتاج العالي للمحاصيل، لانه يعمل على تحسين خواص التربة وزيادة نمو وتطور الجذور فضلا عن زيادة نشاط الاحياء الدقيقة المهمة في التربة، اذ يعمل على تحسين بناء التربة ويزيد من ثبات تجمعاتها ومن قابليتها على الاحتفاظ بالماء ، كما يعد السماد العضوي بمثابة المصدر الرئيسي لعدد من العناصر الغذائية الضرورية في تغذية النبات، إذ يعمل حامض الهيوميك على زيادة الامتصاص للعناصر الغذائية من قبل النبات، ويعمل كوسط ناقل للعناصر الغذائية من التربة الى النبات ، اذ يؤثر على نمو النبات من خلال تأثيره على زيادة نمو المجموع الجذري بسبب كونه احد المصادر المهمه لكثير من العناصر الغذائية الكبرى والصغرى فضلا عن دوره في زيادة جاهزية العناصر الغذائية في التربة من خلال خفض درجة تفاعل التربة وذوبان بعض المركبات غير الذائبة، ان زيادة تركيز الفسفور في البذور%، يعزى الى زيادة تركيزه في محلول التربة، مما ادى الى زيادة كميته الممتصة من قبل النبات، وذلك لكون التركيز العالي للفسفور يؤدي الى زيادة معدل انتشاره نحو الجذور، وإنّ زيادة جاهزية المغذيات في محلول التربة وبمحيط الجذور وتوزيعها المتجانس ينعكس في تكوين مجموع جذري قوي وكفوء في امتصاص هذه المغذيات من محلول التربة.

ان زيادة تركيز الفسفور في البذور%، يعزى إلى زيادة تركيزه في محلول التربة، مما أدى إلى زيادة كميته الممتصة من قبل النبات، وذلك لكون التركيز العالي للفسفور يؤدي إلى زيادة معدل انتشاره نحو الجذور، وإنّ زيادة جاهزية المغذيات في محلول التربة وبمحيط الجذور وتوزيعها المتجانس ينعكس في تكوين مجموع جذري قوي وكفوء في امتصاص هذه المغذيات من محلول التربة، ومن ثم زيادة تركيزها في البذور(Olaniyi و Ajibola ،2008 والباوي 2016) إن الرش بالنحاس النانوي زاد من تركيز الفسفور في البذور، وهذا دليل على نشاط وكفاءة النبات، لدور النحاس في العمليات الحيوية كالتمثيل الكاربوني والتنفس فضلا عن انقسام الخلايا واستطالتها، مما زاد من قدرة النبات على تحسين النمو الخضري والجذري ومن ثم زيادة كفاءة النبات في امتصاص العناصر الغذائية (Al-darragy و Huthily، 2022 و Mawale وآخرون، 2024).

4-3-3- تركيز البوتاسيوم في البذور (%):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (3) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز البوتاسيوم في البذور%.

بينت النتائج في الجدول (17) التأثيرالمعنوي لإضافة السماد العضوي السائل، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى في تركيزاً للبوتاسيوم في البذوربمتوسط بلغ 2.93%، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل تركيزاً بمتوسط بلغ 1.80% وبنسبة زيادة بلغت 62.77%.

اظهرت نتائج الجدول ايضاً وجود فروق معنوية عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 2.57%، قياسا بالتركيز (F_0) الذي بلغ 2.17% وبنسبة زيادة بلغت 18.43%.

أما تأثير االتداخل بين العاملين فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، إذ حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى تركيزاً للبوتاسيوم في البذوربمتوسط بلغ 3.08% قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت 1.59%، وبنسبة زيادة بلغت 93.71%.

يمكن أن يعزى زيادة تركيز البوتاسيوم في البذور إلى تأثير السماد العضوي السائل، إذ إن السماد العضوي السائل يعد مخزوناً إضافياً للعناصر الغذائية مما ينعكس إيجابيا في نمو المحصول، وايضاً يعمل على زيادة جاهزية العناصر الغذائية عن طريق دورالأحماض العضوية كالهيومك في خفض درجة تفاعل التربة pH ومن ثم زيادة امتصاصها من قبل النبات (Haghighi وآخرون،2011). إضافة لذلك فإن حامض الهيومك يوفر بيئة ملائمة لنمو الجذور عن طريق زيادة عدد الجذورالثانوية وقطرها والوزن الطري للمجموع الجذري، كما أنه سريع الارتباط والدخول إلى خلايا انسجة الجذور ويكون ذائبا فيها في مدة (3-18) ساعة، ونتيجة لذلك فإن حامض الهيومك له دور في زيادة نمو ونشاط المجموع الجذري ومن ثم يزيد من كفاءة الجذور (Berbara و García، 2013).

الجدول (17) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز البوتاسيوم في البذور (%)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	1.59	2.14	2.79	2.17
F_1	1.75	2.29	2.89	2.31
F_2	1.88	2.47	2.96	2.44
F_3	1.99	2.65	3.08	2.57
المتوسطات	1.80	2.39	2.93	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.03 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.01 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.03				

إن زيادة تراكيز العناصر الغذائية NPK وتراكمها في انسجة النبات والبذور دليل على نشاط النبات وكفاءته، وأن دور هذه العناصر في العمليات الحيويه كالتمثيل الكاربوني والتنفس والنتح، وايضاً دورها في انقسام واستطالة الخلايا يؤثر في زيادة قدرة النبات في تحسين النمو الخضري والجذري، مما يسهم في رفع كفاءة النبات في امتصاص العناصر الغذائية الضرورية (علي وآخرون، 2014). إن زيادة تركيز الرش بالنحاس النانوي زاد ايضاً من تراكيز العناصر الغذائية NPK في البذور%، وقد يعزى ذلك إلى دور النحاس النانوي الذي يتميز بسرعة امتصاص عالية نتيجة صغر حجمه ومساحته السطحية العالية، مما قد يوفر مساحة سطحية أكبر لتفاعلات الايض المختلفة في النبات ومن ثم يزيد من معدل التمثيل الكاربوني ويشجع الطلب على المغذيات، ومن ثم فإن تجهيز النبات بكميات كافيه من النحاس تزيد قدرة النبات على إنتاج مجموع جذري قوي قادر على امتصاص المغذيات من التربة، فيزداد تركيزها في النبات (Yang وآخرون، 2016).

4-3-4- تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (3) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام.

بينت النتائج في الجدول (18) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى متوسطاً بلغ (10.20 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة)، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل متوسطاً بلغ (7.00 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة) وبنسبة زيادة بلغت 45.71%.

يلحظ من نتائج الجدول ايضاً وجود فرق معنوي عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى تركيزاً للنحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام، بمتوسط بلغ (10.56 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة)، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ (6.65 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة) وبنسبة زيادة بلغت 58.79%.

أما تداخل العاملين معاً، فقد أشارت النتائج وجود فرق معنوي، فقد حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى تركيز للنحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام، بمتوسط بلغ (12.46 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة) قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت اقل متوسطا بلغ (5.51 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة)، وبنسبة زيادة بلغت 126.13%.

الجدول (18) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	5.51	6.81	7.64	6.65
F_1	6.35	7.61	9.50	7.82
F_2	7.62	9.28	11.22	9.37
F_3	8.53	10.70	12.46	10.56
المتوسطات	7.00	8.60	10.20	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.036 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.055 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.086				

تبين النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة المتحققة في تركيز النحاس في المجموع الخضري (ملغم كغم مادة جافة$^{-1}$)، التي قد تعزى إلى تأثيرالسماد العضوي السائل واحتوائه على نسبة من النحاس التي تصل تقريباً إلى 0.5% وبذلك فإن زيادة تركيز النحاس الجاهز في التربة ينعكس على محتوى النبات من النحاس، كما أن زيادة محلول التربة من السماد العضوي السائل يعمل على خفض درجة تفاعل التربة pH عن طريق تكوين الأحماض العضوية ومن ثم زيادة ذوبانية مركبات النحاس وزيادة جاهزيته التي تنعكس ايضاً على زيادة تركيز النحاس في الجزء الخضري (Havlin وآخرون،2005). تتميز الاسمدة النانوية بخصائص فريدة من نوعها بسبب صغر حجمها ومساحتها السطحية الكبيرة التي تؤدي إلى زيادة سطح الامتصاص ومن ثم زيادة عملية التمثيل الكاربوني، ومن ثم زيادة معدل النمو والإنتاج، وأن إضافة النحاس النانوي رشاً على المجموع الخضري أدى إلى زيادة امتصاصه وسرعة انتقاله داخل النبات ومن ثم زيادة تركيزه في المجموع الخضري، فهومن العناصر التي تعمل على تنشيط عدد من الانزيمات التي تدخل في عملية التمثيل الكاربوني وعملية بناء البروتين (Singh، 2016).

4-3-5- تركيز النحاس في البذور (ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (3) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النحاس في البذور%.

بينت النتائج في الجدول (19) التأثير المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في تركيز النحاس في البذور، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى تركيزاً للنحاس في البذور بلغ (17.80 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة)، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي بلغ (12.59 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة) وبنسبة زيادة بلغت 41.38%.

بينت النتائج الجدول ايضاً وجود فروق معنوية عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى تركيزاً للنحاس في البذور%، بلغ (17.25 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة)، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ (13.40 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة) وبنسبة زيادة بلغت 17.44%.

أما التداخل بين العاملين، فقد اظهرت النتائج وجود فرق معنوي، فقد حققت المعاملة ($O_2 F_3$) أعلى تركيز للنحاس في البذور%، بمتوسط بلغ (20.07 ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة) قياساً إلى معاملة المقارنة ($O_0 F_0$) التي سجلت (10.18ملغم Cu كغم$^{-1}$ مادة جافة)، وبنسبة زيادة بلغت 95.61%.

الجدول (19) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز النحاس في البذور (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لتر هـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	10.26	14.03	15.92	13.40
F_1	12.44	15.14	17.03	14.87
F_2	13.40	16.38	18.21	15.99
F_3	14.28	17.39	20.07	17.25
المتوسطات	12.59	15.73	17.80	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.057 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.044 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.079				

بينت النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة المتحققة في تركيز النحاس في البذور (ملغم كغم مادة جافة$^{-1}$)، التي قد تعزى إلى تأثير السماد العضوي السائل ومساهمته في زيادة تراكيز العناصر الغذائية في المجموع الخضري للنبات عن طريق

زيادة امتصاصها من التربة، ومن ثم زيادة المواد المصنعة المتراكمة في النبات كالنشا والسكريات وانتقالها إلى البذور، كما أنّ زيادة تركيز النحاس في المجموع الخضري (جدول 18) انعكس بشكل إيجابي في زيادة تركيزه في البذور (علي وآخرون، 2014). وقد تعود الزيادة الحاصلة في تركيز النحاس في البذور إلى الزيادة الحاصلة في تركيزه في المجموع الخضري نتيجة زيادة تراكيز محلول الرش ومن ثم زيادة الكمية الممتصة من قبل أوراق النبات، فقد اشارت العديد من الدراسات إلى أن الرش بالنحاس على النبات قد يؤدي إلى زيادة تركيزه في البذور (Al-Fahdawi و Al-Dulaimi ، 2020).

4-4-تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في بعض الصفات النوعية:

4-4- 1- تركيز البروتين في البذور (%):

أشارت نتائج تحليل التباين في الملحق (4) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز البروتين في البذور%.

بينت النتائج في الجدول (20) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في تركيز البروتين في البذور%، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى تركيزاً للبروتين في البذور بلغ 32.78%، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى 19.99% وبنسبة زيادة بلغت 63.98%.

اشارت النتائج ايضاً وجود فرق معنوي في تركييز البروتين في البذور%، عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 29.16%، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 24.49% وبنسبة زيادة بلغت 19.06%.

أما التداخل بين عاملي الدراسة، فقد أشارت النتائج وجود فروق معنوية، فقد حققت المعاملة (O_2 F_3) أعلى تركيزاً للبروتين في البذور%، بمتوسط بلغ 34.06% قياساً إلى معاملة المقارنة (O_0 F_0) التي سجلت 16.43%، وبنسبة زيادة بلغت 107.30%.

يلحظ من النتائج استجابة النبات لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة المتحققة في تركيز البروتين في البذور%، التي قد تعزى إلى زيادة تركيز النيتروجين في البذور (جدول 15) اذ إن النيتروجين يدخل في تركيب الأحماض الأمينية التي تعد الحجر الاساس في بناء البروتين، مما يؤدي إلى زيادة تركيز البروتين في البذور (العزي والعبيدي، 2019)، كما أثر الرش بالنحاس النانوي معنويا في زيادة تركيز البروتين في البذور (%) وقد ترجع هذه الزيادة إلى أهمية النحاس في تكوين البروتين ودوره في زيادة تثبيت النيتروجين الجوي ورفع قدرة النبات على زيادة تكوين الأحماض الأمينية (DNAو RNA) المهمة في عملية تكوين البروتين، اذ لوحظ تجمع للأمونيوم وانخفاض مستوى (DNA) في الأجزاء النباتية التي تعاني من نقص النحاس (Ibraheem وآخرون، 2023).

الجدول (20) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في تركيز البروتين في البذور (%)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	16.43	25.62	31.43	24.49
F_1	18.62	27.00	32.31	25.97
F_2	21.06	28.06	33.31	27.47
F_3	23.87	29.56	34.06	29.16
المتوسطات	19.99	27.56	32.78	
$LSD_{0.05}$ (O) = 0.85 $LSD_{0.05}$ (F) = 0.21 $LSD_{0.05}$ (OF) = 0.83				

4-4-2- حاصل البروتين (كغم هـ$^{-1}$):

أشارت نتائج جدول تحليل التباين في الملحق (4) وجود تأثير معنوي لكل من إضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما في حاصل البروتين.

بينت النتائج في الجدول (21) التفوق المعنوي لإضافة السماد العضوي السائل في حاصل البروتين، إذ أعطى مستوى الإضافة (O_2) أعلى حاصلاً للبروتين بمتوسط بلغ 482.50 كغم هـ$^{-1}$، قياسا إلى مستوى المقارنة (O_0) الذي اعطى اقل حاصلا للبروتين بلغ 148.99 كغم هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 223.84%.

أظهرت النتائج ايضاً وجود فروق معنوية في حاصل البروتين عند الرش بالنحاس النانوي، إذ تفوق التركيز (F_3)، معنويا بإعطائه أعلى متوسطاً بلغ 388.33 كغم هـ$^{-1}$، قياسا بالتركيز (F_0) والذي بلغ 249.05 كغم هـ$^{-1}$ وبنسبة زيادة بلغت 55.92%.

أما التداخل بين عاملي الدراسةً، فقد أشارت النتائج وجود فروق معنوية، فقد حققت المعاملة (O_2 F_3) أعلى حاصلاً للبروتين بمتوسط بلغ 607.97 كغم هـ$^{-1}$ قياساً إلى معاملة المقارنة (O_0 F_0) التي سجلت اقل متوسطا بلغ 109.42 كغم هـ$^{-1}$، وبنسبة زيادة بلغت 455.62%.

تبين النتائج استجابة المحصول لإضافة السماد العضوي السائل والرش بالنحاس النانوي وتداخلهما عن طريق الزيادة المتحققة في حاصل البروتين (كغم هـ$^{-1}$)، وقد تعزى هذه الزيادة إلى التأثير المعنوي للسماد

العضوي السائل في حاصل البذورالكلي (جدول 12) وكذلك تفوقه في تركيز البروتين في البذور (جدول 20) ومن ثم انعكس ذلك في زيادة حاصل البروتين.

بينت النتائج التأثير المعنوي للرش بالنحاس النانوي في زيادة حاصل البروتين ويرجع ذلك لتفوقة ايضاً في حاصل البذور الكلي وتركيز البروتين في البذور مما انعكس ذلك على زيادة حاصل البروتين في البذور.

يمكن ان يفسر استجابة محصول الماش إلى التسميد العضوي والرش بالنحاس النانوي في صفات النمو والحاصل إلى تحقيق حالة من التوازن الغذائي الأفضل لهذه المغذيات داخل النبات، مما دفع النبات باتجاه نمو أفضل نتيجة للدورالمهم لهذه المغذيات في تحسين فرص النبات في استثمار عوامل النمو بصورة أفضل لبناء يكون أكثر مقدرة على النمو والإنتاج.

جدول (21) تأثير السماد العضوي السائل والنحاس النانوي وتداخلهما في حاصل البروتين (كغم هـ$^{-1}$)

النحاس النانوي (ملغم لتر$^{-1}$)	السماد العضوي السائل (لترهـ$^{-1}$)			المتوسطات
	O_0	O_1	O_2	
F_0	109.42	232.62	405.13	249.05
F_1	132.20	284.04	437.47	284.57
F_2	158.16	325.21	480.33	321.23
F_3	196.21	361.81	607.97	388.33
المتوسطات	148.99	300.75	482.50	
$LSD_{0.05}$ (O) = 9.86 $LSD_{0.05}$ (F) = 7.79 $LSD_{0.05}$ (OF) = 13.75				

5- الاستنتاجات والتوصيات:

5-1- الاستنتاجات:

بناءً على نتائج هذه الدراسة وعلى وفق ظروفها يمكن أن نستنتج ما هو آتٍ:

1. إن الزيادة في مستوى السماد العضوي السائل المضاف للتربة، أدى إلى زيادة جاهزية العناصر الغذائية للنبات خلال المراحل الحرجة لاسيما مرحلتي التزهير والاخصاب مما انعكس إيجابا على صفات النمو والحاصل والنوعية لمحصول الماش.
2. إن الزيادة في تركيز النحاس النانوي المضاف رشا على المجموع الخضري، أدى إلى زيادة عدد البذور في القرنة بسبب انخفاض نسبة الأجهاض بالمبايض والتي اثرت في زيادة حاصل البذور لمحصول الماش.
3. أستجاب محصول الماش بشكل أفضل للتداخل بين الإضافة الأرضية للسماد العضوي السائل والتغذية الورقية بالنحاس النانوي عن طريق تحقيقة أفضل النتائج في الكثير من الصفات النباتية المدروسة.

5-2- التوصيات:

بناءً على نتائج هذه الدراسة وعلى وفق ظروفها يمكن أن نوصي بما هو آتٍ:

1. استخدام السماد العضوي السائل في التسميد الأرضي لأن أكثر صفات النمو والحاصل والنوعية للماش زادت باتجاه زيادة مستويات الإضافة من السماد.
2. استخدام التغذية الورقية بالنحاس النانوي لأن أكثر صفات النمو والحاصل والنوعية زادت باتجاه زيادة تركيز الرش بالنحاس النانوي.
3. عدم الاعتماد على الإضافة المنفردة لكل من السماد العضوي السائل والنحاس النانوي بل اضافتهما معاً لإعطاء نتائج أفضل.
4. إجراء المزيد من الدراسات حول اضافة الاسمدة العضوية السائلة إلى التربة وكذلك التغذية الورقية بالنحاس النانوي على المجموع الخضري للماش او لمحاصيل أخرى بغية الحصول على حاصل ذي نوعية جيدة.

6- المصادر:

6-1- المصادر العربية:

- **أبو ضاحي،** يوسف محمد (1989). تغذية النبات العملي. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة بغداد – كلية الزراعة.
- **الباوي،** أمجد شاكر حمود (2016). تأثير مواعيد الزراعة والتغذية الورقية بحامض الهيوميك والحديد المخلبي في نمو وإنتاج نبات الباقلاء .*Vicia faba* L .رسالة ماجستير ، كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة ديالى. جمهورية العراق.
- **تاج الدين،** منذر ماجد وحنون هاني كاظم البركات (2016). تأثير التسميد الحيوي والرش الورقي والإضافة الارضية لحامض الهيوميك والفولفيك في جاهزية N P K في التربة. مجلة المثنى للعلوم الزراعية,4 (2):1-13.
- **جاسم،** علي حسين وكرار فالح هادي (2017) . تأثير الرش بالسيلكون والجبرلين وحامض الدبال في نمو نبات الباقلاء. مجلة الفرات للعلوم الزراعية . 9(4):86-96.
- **جاسم،** علي حسين ونغم عبد الأمير محسن (2014). تأثير مواعيد الزراعة وبعض المحفزات والتداخل بينهما في مؤثرات النمو الخضري لنبات الماش (*Vigna radiate* L. Wilczek). مجلة الفرات للعلوم الزراعية.6(4):164-171.
- **الجميلي،** غفران صالح خطاب (2020). استجابة النمو والحاصل ومكوناته لتراكيب وراثية من الماش *Vigna radiate* L. لمواعيد الزراعة وحامض الهيوميك. رسالة ماجستير، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة تكريت، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جمهورية العراق.
- **حياص،** بشار وأحمد مهنا (2015). إنتاج محاصيل الحبوب والبقول، الطبعة الثانية، منشورات جامعة البعث، كلية الزراعة، حمص، سورية.340 ص.
- **الدليمي،** بشير حمد عبد الله وانمار إسماعيل علي فياض الفهداوي (2015). تأثير الرش بعنصر النحاس والتسميد البوتاسي في نمو وحاصل الباقلاء .*Vicia faba* L .مجلة الأنبار للعلوم الزراعية. 31(2): 135- 169.

- **الراوي،** خاشع محمود وعبد العزيز محمد خلف الله (2000). تصميم وتحليل التجارب الزراعية. كلية الزراعة والغابات. جامعة الموصل.
- **رفيق،** خالد خليل الجبوري (2020). تأثير حامض الهيوميك والرش الورقي بالحديد والزنك في صفات الحاصل لثلاثة تراكيب وراثية من الباقلاء (*Vicia faba* L). مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية، 11(3):65-76.
- **الزبيدي،** نجم عبد الله جمعة وأمجد شاكر حمود الباوي (2018). تأثير التغذية الورقية بحامض الهيوميك والحديد المخلبي في نمو نبات الباقلاء وانتاجه. مجلة ديالى للعلوم الزراعية، 10(2):137-144.
- **سعود،** علي عزيز (2022). تأثير مواعيد الزراعة والرش بحامض السالسليك في نمو وحاصل الماش . *Vigna radita* L.رسالة ماجستير, قسم المحاصيل الحقلية, كلية الزراعة، جامعة كربلاء، وزارة التعليم والبحث العلمي، جمهورية العراق.
- **سليمان،** محمد سالم وعبد الجبار إسماعيل الحبيطي (2019). تأثير حامض الهيوميك ومستخلصات الأعشاب البحرية في صفات حاصل البذور الجافة ومكوناته لصنفين من البزاليا (*Pisum sativum* L.) مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية.10(2):82-96.
- **الصحاف،** فاضل حسين (1989). تغذية النبات التطبيقي، مطبعة بيت الحكمة. جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. العراق.
- **العابدي،** جليل إسباهي (2011). دليل استخدامات الأسمدة الكيمياوية والعضوية في العراق. جمهورية العراق - وزارة الزراعة. الهيأة العامة للإرشاد الزراعي.
- **العبيدي،** صدام إبراهيم يحيى وميسر محمد عزيز واياد طلعت شاكر (2021). تأثير مستويات مختلفة من مستخلص الطحالب البحرية وحامض الهيوميك في صفات الحاصل ومكوناته لمحصول الباقلاء . *Vicia faba* L. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية للعلوم. 12(1):151-162.

- **العزي،** احمد جمعة احمد (2019). تأثير حامض الهيوميك والفسفور في نمو وحاصل ونوعية صنفين من الباقلاء.*Vicia faba* L . المؤتمر الدولي العلمي الثالث للعلوم الزراعية - للدراسات العليا 30-31 تشرين الأول. كلية الزراعة، جامعة كركوك، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جمهورية العراق.
- **العزي،** محمد حسين لفته (2022). تأثير مستويات مختلفة من الهيوميك ومبيد Bentazon في نمو وحاصل محصول الماش والادغال المرافقة له. رسالة ماجستير، كلية الزراعة – جامعة تكريت. جمهورية العراق.
- **علوان،** اسراء عماد وعبد الرحيم سلطان محمد وكريم سعيد العبيدي (2019). تأثير إضافة حامض الهيوميك إلى التربة والرش بالمستخلص البحري Alga 600 في صفات صنفين من نبات الباقلاء *Vicia faba* L. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية. 10(4):30- 40.
- **علي،** نور الدين شوقي وحمد الله سليمان راهي وعبد الوهاب عبد الرزاق شاكر (2014). خصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. دارالكتب العلمية للطباعة والنشر والتوزيع.
- **فراس،** قحطان عدنان كريم (2020). تقييم تراكيب وراثية من الباقلاء *Vicia faba* L. بتأثير إضافة حامض الهيوميك والرش بأوكسيد النحاس النانوي وتقدير بعض المعالم الوراثية والاستقرارية. أطروحة دكتوراه، كلية الزراعة – جامعة تكريت. جمهورية العراق.
- **الكرطاني،** عبد الكريم عريبي سبع وصلاح الدين حمادي الطائي وشيماء عبد محمد علي (2019). تأثير إضافة حامض الهيوميك والتسميد الفوسفاتي في نمو نبات البزاليا *Pisum sativum* L. والنشاط الحيوي للترب الجبسية. شبكة المؤتمرات العربية. المؤتمر العلمي الدولي العاشر لكلية الزراعة - جامعة تكريت.
- **مسلط،** موفق مزبان وعمر هاشم مصلح (2015). اساسيات في الزراعة العضوية. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الانبار.
- **النعيمي،** سعد الله نجم عبد الله (1999). الأسمدة وخصوبة التربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. جامعة الموصل.

2-6- المصادر الأجنبية:

- **Zhao**, H., Liu, M., Chen, Y., Lu, J., Li, H., Qiao, S., and Glushchenko, N. N. (2019). Pepper plants response to metal nanoparticles and chitosan in nutrient media. Australian Journal of Crop Science, 13(3), 433-443.
- **Abat**, M. (2011). Retention, release and plant availability of copper and zinc in three tropical peat soils of Sarawak, Malaysia (*Doctoral dissertation*).
- **Abobatta**, W. F. (2017). Different Impacts of Nanotechnology in Agricultural sector development. In Nano Technology Science and application-the Creative Researchers first scientific annual conference.
- **Adrees**, M., Ali, S., Rizwan, M., Ibrahim, M., Abbas, F., Farid, M., and Bharwana, S. A. (2015). The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review. Environmental Science and Pollution Research, 22, 8148-8162.
- **Ahmad**, J., Anwar, S., Shad, A.A., Marwat, F.Y.S; Bibi, H., Ahmad, F., Noor W., and Sadia, B. (2021). Yield and nutritional status of mung bean as influenced by molybdenum and phosphorus. Pakistan. J. Agri. Res. 34(1): 144-153.
- **Akhtar**, T., Ismail, S. M., and Al-Nakhlawy, F. S. (2017). Optimization of Humic acid application rate by evaluating the response of mung bean (*Vigna radiata* L.). yield, growth components and soil properties in western region of Saudi Arabia. Int. J. Bio. Sci., 1(1):240-248.
- **Al-darragy** Ammar, J. O., and Huthily, K. H. (2022). Effect of rhizobia inoculation and levels of copper, molybdenum and cobalt on the numberroot nodesplant, weight of root nodesand some growth characteristics of mung bean (*Vigna radiate* L.). NeuroQuantology, 20(10), 9954.
- **Al-Fahdawi**, R. L. A., and Al-Dulaimi, B. H. A. (2020). Response to growth and yield of two genotypes of (*Vigna radiata* L.) for copper and molybdenum leaf feeding. Journal of Education and Scientific Studies, 6(16).

- **Alghabari**, F. (2020). Evaluating mung bean performance under different types and rates of humic acid application in arid conditions of Saudi Arabia. Int. J. Agric. Biol., 24(5):1273-1278.
- **Alhasany**, A. R.; A. H. Noaema, and H. B. Alhmadi. (2019). The role of spraying copper and zinc on the growth and yield of *Vicia faba* L. LOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 571(1): 012048. LOP Publishing.
- **Ali**, I., Khan, A. A., Imran, Inamullah, Khan, A., Asim, M., and Iqbal, B. (2019). Humic acid and nitrogen levels optimizing productivity of green gram (*Vigna radiate* L.). Russian agricultural sciences, 45, 43-47.
- **Ali**, M., and W Mindari. (2016). Effect of humic acid on soil chemical and physical characteristics of embankment. In MATEC Web of Conferences, EDP Sciences., (Vol. 58, p. 01028):1-6.
- **Allen**, V. Barker and D. J. Pilbeam (2006). Plant Nutrition. Department of plant, Soil and Insect Sciences. University of Massa-chusetts: 293-328.
- **Alsawaf**, A., and Ibraheem, F. F. (2023). Effect of cultivars, apical pinching and copper nano-fertilizer on green pods characteristics of broad bean (*Vicia faba* L.) was Fadhiliya area. Eastern Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3(1), 69-76.
- **Al-Shareef**, A. R., El-Nakhlawy, F. S., and Ismail, S. M. (2018). Enhanced mung bean and water productivity under full irrigation and stress using humic acid in arid regions. Legume Research-An International Journal, 41(3), 428-431.
- **Altai**, D. S., Alhasany, A. R., and Al Tameemi, K. A. (2020). Role of Humic Acid and Amino Acids in Increasing Growth and Productivity of Mungbean Varieties Grown under Newly Reclaimed Soil. Indian Journal of Ecology, 47(10), 11-16.
- **Al-Zubaidi**, N. A. J., and Al-Shammari, A. F. A. (2023). The effect of biofertilization and organic fertilization and the interaction between. J. Glob. Innov. Agric. Sci., 2023, 11(3):397-402

- **AOAC**, (1980). Association of official Agriculture Chemists "Official Methods of Analysis" 13th ed. Washington D.C., U.S.A. Careal.Chem. 63: 191-193.
- **AOAC**, Horwitz W. (1975). Official methods of analysis (Vol.222). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- **Bandani**, M., Mobasser, H. R., and Sirusmehr, A. (2014). Effect of organic fertilizer on quantitative yield of mung bean (*Vigna radiata* L.). J. Nov. Appl. Sci., 3(4): 367-370.
- **Baur**, F. J., and Ensminger, L. G. (1976). The association of official analytical chemists (AOAC). Journal of the American Oil Chemists' Society, 54(4), 171-172.
- **Berbara**, R. L., and García, A. C. (2013). Humic substances and plant defense metabolism. In Physiological mechanisms and adaptation strategies in plants under changing environment: Volume 1 (pp. 297-319). New York, NY: Springer New York.
- **Black**, C. A. (1965). Methods of Soil Analysis, Part 2 Amer, Soc. Agron Inc. publisher, USA.
- **Boardman**, N. K., (1975). Trace elements in Photosynthesis. P: 199-212. In: Trace elements in Soil – Plant – Animal System.Nicholas, E. D, Egan, D. J. D. and Egan, A. R. Academic press.
- **Canellas**, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., and Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in Horticulture. Scientia horticulturae, 196: 15-27.
- **Chen**, Q., Qu, Z., Ma, G., Wang, W., Dai, J., Zhang, M., and Liu, Z. (2022). Humic acid modulates growth, photosynthesis, hormone and osmolytes system of maize under drought conditions. Agricultural Water Management, 263, 107447.
- **Cresser**, M. S., and. J.W. Parsons. (1979). Sulphuric, perchloric acid and digestion of plant material for magnesium. Analytical Chemical. Acta.109:431-436.
- **De Castro**, T. A. V. T., Berbara, R. L. L., Tavares, O. C. H., da Graca Mello, D. F., Pereira, E. G., de Souza, C. D. C. B., and García, A. C. (2021). Humic acids

induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. Plant Physiology and Biochemistry, 162, 171-184.

- **De Romaña**, D. L., Olivares, M., Uauy, R., and Araya, M. (2011). Risks and benefits of copper in light of new insights of copper homeostasis. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 25(1), 3-13.
- **Ding**, Z., Ali, E. F., Almaroai, Y. A., Eissa, M. A., and Abeed, A. H. (2021). Effect of potassium solubilizing bacteria and humic acid on faba bean (*Vicia faba* L.) plants grown on sandy loam soils. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 21, 791-800.
- **Dinicolantonio**, J. J., Mangan, D., and O'Keefe, J. H. (2018). Copper deficiency may be a leading cause of ischaemic heart disease. Open heart, 5(2), e000784.
- **Donald**, C. M., and Hamblin, J. (1976). The biological yield and harvest index of cereals as agronomic and plant breeding criteria. Advances in agronomy, 28, 361-405.
- **Donald**, C. (1962). In Search of yield. J. Aust. Inst. Agric. Sci., 28:171-178.
- **El-Galad**, M. A.; Dalia A. Sayed., and Rania M. El-Shal. (2013). Effect of humic acid and compost applied alone or in combination with Sulphur on soil fertility and Faba bean Productivtiy under saline soil conditions. J. Soil Sci. and Agric. Eng., Mansoura Univ. 4 (10): 1139 – 1157.
- **El-Saadony**, M. T., ALmoshadak, A. S., Shafi, M. E., Albaqami, N. M., Saad, A. M., El-Tahan, A. M., and Helmy, A. M. (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.
- **Epstein**, E. and Bloom J. A. (2005). Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspective, 2nd edn. Sinauer, Sunderland.
- **Fageria**, N. K., Filho, M. B., Moreira, A., and Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. Journal of plant nutrition, 32(6), 1044-1064.

- **Fernandez**, V., T. Sotiro Poulos, and P. Brown (2013). Foliar fertilization scientific principles and field practices fertilizer. Industry Associ, 1-140.
- **Garcia**, A.C, de Soza, L.G.A., Pereira, M.G., Castro, R.N., Garcia, Mina , and J.M.,Zonta.(2016).Structure –Properly-funcation.
- **Gowariker**, V., Krishnamurthy, V. N., Gowariker, S., Dhanorkar, M., and Paranjape, K. (2009). The fertilizer encyclopedia. John Wiley and Sons.
- **Gurmani**, M. Q. A. and A. H. Gurmani (2003). Effect of various microelements (Zn, Cu, Fe, Mn) on the yield components paddy. Sarhad. J. Agric. 19 (2): 66-72.
- **Haghighi**, S., Saki-Nejad, T., and Lack, S. H. (2011). Evaluation of changes the qualitative and quantitative yield of horse been (*Vicia faba* L.) plants in the levels of humic acid fertilizer. Life Sci J, 8(3), 583-8.
- **Halpern**, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., and Yermiyahu, U. (2015). The use of biostimulants for enhancing nutrient uptake. In Advances in Agronomy, (130):141-174. Academic Press.
- **Halvin**, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., and Nelson, W. L. (2005). Soil fertility and fertilizers: an introduction to nutrient management. Pretice Hall, New Jersey.
- **Hart**, C. V. (1928). Carbonic acid azides. Journal of the American Chemical Society, 50(7), 1922-1930.
- **Haynes**, R.J. (1980). A comparison of two modified Kjeldahl digestion techniques for multi-element plant analysis with conventional wet and dry ashing methods. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 11(5), 459-467.
- **Haytova**, D. (2013). A review of foliar fertilization of some vegetables crops. Annu. Rev.Res. Bio., 3(4): 455-465.
- **Hu**, Y. W., Li, Q. K., Song, C. J., and Jin, X. H. (2021). Effect of humic acid combined with fertilizer on the improvement of saline-alkali land and cotton growth. Applied Ecology and Environmental Research, 19(2), 1279-94.
- **Ibraheem**, F. F. (2023, July). Effect of Cultivars, Apical Pinching and Copper Nano-Fertilizer on 1- Characteristics of Vegetative Growth of Broad Bean (*Vicia*

faba L.). In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1214, No. 1, p. 012014). IOP Publishing.

- **Izadi**, M. H., and Emam, Y. (2010). Effect of planting pattern, plant density and nitrogen levels on grain yield and yield components of maize cv. SC704. Iranian Journal of Crop Sciences, 12(3), 239-251.
- **Jayakumar**, S., Abhangrao, A. K., Sarje, R. A., Gupta, R., Pathania, S., and Sree, B. V. (2024). Critical Analysis on Effect of Micronutrients on Flowering Plants: A Review. International Journal of Plant and Soil Science, 36(6), 776-782.
- **Johnston**, C. T., and Tombácz, E. (2002). Surface chemistry of soil minerals. Soil mineralogy with environmental applications, 7, 37-67.
- **Kahraman**, A. (2017). Effect of humic acid doses on yield and quality parameters of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) cultivars. Legume Research-An International Journal, 40(1):155-159.
- **Khan**, R. U., Khan, M. Z., Khan, A., Saba, S., Hussain, F., and Jan, I. U. (2018). Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. Journal of plant nutrition, 41(4), 453-460.
- **Kumar**, S., Kumar, S., and Mohapatra, T. (2021). Interaction between macro-and micro-nutrients in plants. Frontiers in Plant Science, 12, 665583.
- **Kumar**, V., Pandita, S., Sidhu, G. P. S., Sharma, A., Khanna, K., Kaur, P., and Setia, R. (2021). Copper bioavailability, uptake, toxicity and tolerance in plants: A comprehensive review. Chemosphere, 262, 127810.
- **Lindsay**, W. L., and Norvell, W. (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil science society of America journal, 42(3), 421-428.
- **Loh**, F., Grabosky, J., and Bassuk, N. (2000). 191 Use of the minolta SPAD-502 to determine chlorophyll concentration in Ficus benjamina L. and Populus deltoides Marsh leaf tissue. HortScience, 35(3), 423-424.

- **López** Núñez, R., Cabrera, F., Madejón, E., Sancho, F., and Álvarez, J. M. (2008). Urban composts as an alternative for peat in forestry nursery growing media.
- **Mahil**, E. I. T., and Kumar, B. A. (2019). Foliar application of nanofertilizers in agricultural crops–A review. J. Farm Sci, 32(3), 239-249.
- **Mawale**, K. S., Nandini, B., and Giridhar, P. (2024). Copper and Silver Nanoparticle Seed Priming and Foliar Spray Modulate Plant Growth and Thrips Infestation in Capsicum spp. ACS omega, 9(3), 3430-3444.
- **Mohan** Naik, G., Abhirami, P., and Venkatachalapathy, N. (2020). Mung bean. Pulses: Processing and Product Development, 213-228.
- **Nabi**, H. A. A., and Obaid, A. K. (2019). Effect of humic acid on some growth characteristics and green yield of two hybrids of broad bean (*Vicia faba* L.). Basrah Journal of Agricultural Sciences, 32, 256-261.
- **Nagi**, M., (2018). Humic acid a Biostimulant for sustainable agriculture to witnesss a CAGR of 12.5% during 2017-2023: Energias marker research Pvt. Ltd.https://www.enegias market research .com/ gliobal –humic-acid market – outlook.
- **Nebbioso**, A.; G. Vinci; M. Drosos; R. Spaccini, and A. Piccolo. (2015). Unveiling the molecular composition of the unextractable soil organic fraction (humin) by humeomics. Biology and fertility of soils. 51(4): 443-451.
- **Noori** Meerza, C. H., Marif, A. A., and Majeed, A. J. (2018). Effect of planting distances and Humic Acid application on some vegetative growth and yield of Broad bean (*Vicia faba* L. var. Somar) in outdoor condition. Kurdistan Journal of Applied Research, 3(2): 32-37.
- **Olaetxea**, M., V. Mora, C.A. Garia, L.A. Santos, R. Baigorri, and M. Fuentes. (2016). Root-Shoot signaling crosstalk involved in the shoot growth promoting action of rhizospheric humic acids. plant. signal. Behav.11(4):1-4.

- **Olaniyi**, J. O., and Ajibola, A. T. (2008). Effects of inorganic and organic fertilizers application on the growth, fruit yield and quality of tomato (*Lycopersicon lycopersicum*). Journal of Applied Biosciences, 8(1), 236-242.
- **Olsen**, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe., and L. A. Dean. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA. Circular No. 939. Washington. DC: U.S. Government Printing Office.
- **Page**, A.L., R.H Miller, and. D.R. Keeney (Eds). (1982). Methods of soil analysis. Part2. 2nd edition. Chemical and Microbiological properties. Am. Soc. of Agr., S.S.S. Am. Inc., Madison, Wisconson, USA.
- **Pandey**, P. (2009). A text book of botany angiosperms. S. Chand and Company, Ramangar, New Delhi: 329 P.
- **Patra**, P. K., Bhattacharya, C. (2009). Effect of different levels of boron and molybdenum on growth and yield of mung bean (*Vigna radiata* L.) Wilczek (cv. Baisakhi Mung)] in 129 Red and Laterite Zone of West Bengal. J. of Crop and Weed. 5(1): 111-114.
- **Ponizovsky**, A. A., Allen, H. E., and Ackerman, A. J. (2007). Copper activity in soil solutions of calcareous soils. Environmental Pollution, 145(1), 1-6.
- **Poongothai**, S. and K. K. Mathan (2002). Direct residual and cumulative effect of copper and organic manure application in maize-groundnut cropping system. J. of the Indian Society of Soil Sci. 50 (3): 315-317.
- **Pramanik**, P., Krishnan, P., Maity, A., Mridha, N., Mukherjee, A., and Rai, V. (2020). Application of nanotechnology in agriculture. Environmental Nanotechnology Volume 4, 317-348.
- **Rahman**, I. U., Ijaz, F., Afzal, A., and Iqbal, Z. (2017). Effect of foliar application of plant mineral nutrients on the growth and yield attributes of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nutrient deficient soil conditions. Bangladesh J. Bot. 46(1): 111-118.
- **Rahman**, N. M., Ali, N. J., Brown, G., Chapman, S. J., Davies, R. J., Downer, N. J., and Phillips, G. D. (2010). Local anaesthetic thoracoscopy: British Thoracic Society pleural disease guideline 2010. Thorax, 65(Suppl 2), ii54-ii60.

- **Rahmati** Ishka, M., and Vatamaniuk, O. K. (2020). Copper deficiency alters shoot architecture and reduces fertility of both gynoecium and androecium in Arabidopsis thaliana. Plant Direct, 4(11), e00288.
- **RaRalph**, A., and McArdle, H.J. (2001) Copper Metabolism and Requirements in the Pregnant Mother, Her Fetus, and Children. International Copper Association, New York.
- **Richards**, L. A. (Ed.). (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). US Government Printing Office.

  Salwa, M. Abbas (2013). The influence of bio stimulants on the growth and on the bio chemical composition of Vicia faba cv. Giza3 beans. Romanian Biot. Letters. 18 (2): 8061-8068.
- **Scheiber**, I., Dringen, R., and Mercer, J. F. (2013). Copper: effects of deficiency and overload. Interrelations between essential metal ions and human diseases, 359-387.
- **Shafeek**, M. R., Y. I. Helmy, M. O. Nadia and F. A. Rizk. 2013. Effect of foliar fertilizer with nutritional compound and humic acid on growth and yield of broad bean plants.
- **Shah**, Z.H., H.M. Rehman, T. Akhtar, H. Assamadany, B.T. Hamooh, T. Mujtaba, I. Daur, Y. Al Zahrani, H.A. Al Zahrani, S. Ali, S. Yang, and G. Chung (2018). HSubstances Determining potential molecular regulatory processes in plants, Frontiers in plant Science 263(9):1-12.
- **Sheng**, H., Jiang, Y., Ishka, M. R., Chia, J. C., Dokuchayeva, T., Kavulych, Y., and Vatamaniuk, O. K. (2019). YSL3-mediated copper distribution is required for fertility, grain yield, and size in Brachypodium. bioRxiv, 2019-12.
- **Singh**, A. (2016). Scope of nanotechnology in crop science: profit or loss. Research and Reviews: Journal of Botanical Sciences.
- **Singh**, M. D. (2017). Nano-fertilizers is a new way to increase nutrients use efficiency in crop production. International Journal of Agriculture Sciences, ISSN, 9(7), 0975-3710.

- **Stehouwer**, R., and G. Roth. (2004). Copper sulfate hoot bathes and copper toxicity in soil. Field Crop News 4: 15-17.
- **Stern**, B. R., Solioz, M., Krewski, D., Aggett, P., Aw, T. C., Baker, S., and Starr, T. (2007). Copper and human health: biochemistry, genetics, and strategies for modeling dose-response relationships. Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B, 10(3), 157-222.
- **Tahoun**, A. M. A., El-Enin, M. M. A., Mancy, A. G., Sheta, M. H., and Shaaban, A. (2022). Integrative soil application of humic acid and foliar plant growth stimulants improves soil properties and wheat yield and quality in nutrient-poor sandy soil of a semiarid region. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 22(3), 2857-2871.
- **Tan**, K. H. (2014). Humic matter in soil and the environment: principles and controversies.
- **Thakur**, S. Thakur, T., and Kumar, R. (2018). Bio-nanotechnology and its role in agriculture and food industry. J. Mol. Genet. Med, 1–5.
- **Tsang**, T., Davis, C. I., and Brady, D. C. (2021). Copper biology. Current Biology, 31(9), R421-R427.
- **Utuk**, C. C.; A. Gokhan and O. Baran (2000). Effect of humic acid on some soil properties. International Symposium On Desertifiction. Konya.
- **Van** Oosten, M.J., O. Pepe, S. De Pascale, S. silletti., and A. Moggio. (2017). the role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants, Chemi.Biol. Technol. Agric .5(4):1-12.
- **Wang**, P., Yuan, Y., Xu, K., Zhong, H., Yang, Y., Jin, S., and Qi, X. (2021). Biological napplications of copper-containing materials. Bioactive materials, 6(4), 916-927.
- **Wang**, R. X., Wang, Z. H., Sun, Y. D., Wang, L. L., Li, M., Liu, Y. T., and Yu, Y. H.(2023). Molecular mechanism of plant response to copper stress: A review. Environmental and Experimental Botany, 105590.

- **WHO**/FAO/IAEA. (1996). Trace Elements in Human Nutrition and Health. World Health Organization, Geneva.
- **Will**, S. (2011). Boron foliar fertilization: Impacts on absorption and subsequent translocation of foliar applied boron. Submitted in Fulfillment the requirement for.
- **Xu**, E., Liu, Y., Gu, D., Zhan, X., Li, J., Zhou, K., and Zou, Y. (2024). Molecular Mechanisms of Plant Responses to Copper: From Deficiency to Excess. International Journal of Molecular Sciences, 25(13), 6993.
- **Yang**, H., Wei, H., Ma, G., Antunes, M. S., Vogt, S., Cox, J., and Peer, W. A. (2016). Cell wall targeted in planta iron accumulation enhances biomass conversion and seed iron concentration in Arabidopsis and rice. Plant Biotechnology Journal, 14(10), 1998-2009.
- **Zhang**, S. Q., Yuan, L., Lin, Z. A., Li, Y. T., Hu, S. W., and Zhao, B. Q. (2017). Advances in humic acid for promoting plant growth and its mechanism. Journal of Plant Nutrition and Fertilizers, 23(4), 1065-1076.
- **Zhao**, H., Liu, M., Chen, Y., Lu, J., Li, H., Qiao, S., and Glushchenko, N. N. (2019). Pepper plants response to metal nanoparticles and chitosan in nutrient media. Australian Journal of Crop Science, 13(3), 433-443.

7- الملاحق:

7-1- تحليل التباين لصفات النمو الخضري ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)

مصادر الاختلاف s.o.v	df	متوسط مربعات الصفات						
		طول النبات	عدد أفرع النبات	عدد الأوراق في النبات	المساحة الورقية	دليل الكلوروفيل في الأوراق (SPAD)	طول القرنة	الوزن الجاف الخضري
المكررات	2	69.935	0.139	1.79836	3652.33	7.924	0.271	0.291
السماد العضوي السائل (O)	2	1157.374*	20.490*	171.22863*	488730.08*	302.104*	47.180*	19.210*
الخطأ التجريبي A	4	0.994	0.0004	0.08962	12.92	2.111	0.012	0.025
النحاس النانوي (F)	3	21.872*	1.669*	23.04724*	39050.78*	62.399*	4.347*	2.238*
التداخل (OF)	6	2.525*	0.047*	1.54396*	161.64*	20.548*	0.384*	0.107*
الخطأ التجريبي B	18	0.671	0.002294	0.05496	24.35	2.432	0.012	0.012

* معنوي عند مستوى احتمالية 0.05
NS عدم وجود فرق معنوي

7-2- تحليل التباين لصفات الحاصل ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)

مصادر الاختلاف s.o.v	df	متوسط مربعات الصفات					
		عدد القرنات في النبات	عدد البذور في القرنة	وزن 100 بذرة	حاصل البذور الكلي	الحاصل البيولوجي	دليل الحصاد
المكررات	2	1.928	0.257	0.5551	14630.4	0.038061	2.5855
السماد العضوي السائل (O)	2	228.718*	36.925*	0.0607^{NS}	1600553.1*	6.900569*	127.1975*
الخطأ التجريبي A	4	0.116	0.003	0.2248	899.6	0.002094	0.0922
النحاس النانوي (F)	3	22.306*	4.043*	0.4255^{NS}	169351.1*	0.558658*	22.9106*
التداخل (OF)	6	0.904*	0.141*	0.3288^{NS}	23458.8*	0.042116*	9.1541*
الخطأ التجريبي B	18	0.081	0.003	0.4222	634.9	0.001026	0.7866

* معنوي عند مستوى احتمالية 0.05
NS عدم وجود فرق معنوي

3-7- تحليل التباين لتركيز بعض العناصر الغذائية في البذور والمجموع الخضري (ملغم كغم$^{-1}$ مادة جافة) ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)

مصادر الاختلاف s.o.v	df	متوسط مربعات الصفات				
		تركيز النيتروجين في البذور	تركيز الفسفور في البذور	تركيز البوتاسيوم في البذور	تركيز النحاس في البذور	تركيز النحاس في المادة الجافة للنبات في مرحلة النضج التام
المكررات	2	0.125	0.030586	0.0275583	12.2020	11.1756
السماد العضوي السائل (O)	2	12.691*	2.397869*	3.8043083*	82.5251*	30.7680*
الخطأ التجريبي A	4	0.014	0.001244	0.0008667	0.0026	0.00103
النحاس النانوي (F)	3	0.930*	0.285884*	0.2653509*	24.1183*	26.5336*
التداخل (OF)	6	0.089*	0.015018*	0.0084454*	0.3653*	0.5254*
الخطأ التجريبي B	18	0.001	0.001629	0.0001306	0.00206	0.00310

* معنوي عند مستوى احتمالية 0.05
NS عدم وجود فرق معنوي

7-4- تحليل التباين لبعض الصفات النوعية ممثلة بمتوسطات المربعات (MS)

مصادر الاختلاف s.o.v	df	متوسط مربعات الصفات	
		تركيز البروتين في البذور	حاصل البروتين
المكررات	2	4.91748	3112.91
السماد العضوي السائل (O)	2	495.723*	335187.74*
الخطأ التجريبي A	4	0.56878	75.61
النحاس النانوي (F)	3	36.318*	32091.04*
التداخل (OF)	6	3.47347*	2581.79*
الخطأ التجريبي B	18	0.04518	61.91

* معنوي عند مستوى احتمالية 0.05
NS عدم وجود فرق معنوي

Abstract

A field experiment was carried out in a field at Ibn Al-Baytar Vocational Secondary School in Al-Hussainiya District, Karbala during the spring season of 2023 AD. The coordinates of the field are longitude 32.67 and latitude 44.16. The purpose of the experiment was to investigate the impact of using liquid organic fertilizer (Humizone) and spraying nano copper on the growth, yield, and quality of mung beans. The experiment followed a randomized complete block design (RCBD) and consisted of treatments arranged in split plots with three replicates. Two factors were studied: levels of liquid organic fertilizer (0, 10, and 20 L ha^{-1}) in the main plots, and concentrations of nano copper (0, 15, 30, and 45 mg L^{-1}) in the subplots. The results of the study are as follows:

- The application of liquid organic fertilizer to the soil resulted in a significant increase in growth traits, yield, and Chemical and qualitative traits of mung beans. The application rate of 20 L ha^{-1}, yielded superior results in plant height, number of branches, number of leaves per plant, leaf area, chlorophyll index in leaves, pod length, green dry weight, number of pods per plant, number of seeds per pod, total seed yield, biological yield, harvest index, nitrogen, phosphorus, potassium, copper, and protein concentration in seeds, as well as protein yield. These parameters increased by 52.29%, 46.51%, 32.75%, 137.61%, 21.20%, 75.86%, 39.16%, 32.69%, 55.38%, 90.19%, 67.32%, 18.78%, 63.75%, 96.70%, 62.77%, 61.47%, 63.90%, and 223.43% respectively, compared to the control treatment without fertilizer application.
- Applying nano copper through foliar feeding significantly increased various growth traits and yield in plants. At a concentration of 45 mg L^{-1}, there were notable improvements in plant height, number of branches, leaf count, leaf area, chlorophyll index, pod length, green dry weight, pods per plant, seeds per pod, total seed yield, biological yield, harvest index, nitrogen, phosphorus, potassium, copper, and protein concentrations in seeds. Protein yield also increased. Compared to the control

treatment without nano copper, the increase rates were as follows: 8.30% for plant height, 16.00% for number of branches, 15.11% for leaf count, 37.01% for leaf area, 12.66% for chlorophyll index, 24.60% for pod length, 15.97% for green dry weight, 12.83% for pods per plant, 21.00% for seeds per pod, 33.86% for total seed yield, and 21.41% for biological yield. Additionally, the concentrations of nitrogen, phosphorus, potassium, copper, and protein in the seeds increased by 9.38%, 19.13%, 37.61%, 18.43%, and 20.26% respectively, while the protein yield showed a significant increase of 56.03%.

- The combination of adding liquid organic fertilizer to the soil and using nano copper for foliar feeding resulted in a significant increase in growth traits, yield, and Chemical and qualitative traits of mung beans. The treatment that involved adding 20 L h^{-1} of liquid organic fertilizer and using 45 mg L^{-1} of nano copper for foliar feeding showed significantly better results in various plant characteristics, including plant height, number of branches, number of leaves, leaf area, chlorophyll index, pod length, vegetative dry weight, number of pods, number of seeds per pod, total seed yield, biological yield, harvest index, and the concentration of nitrogen, phosphorus, potassium, copper, and protein in seeds. The increase rates were 66.02%, 68.70%, 62.85%, 253.78%, 39.44%, 121.30%, 65.65%, 53.64%, 103.90%, 168.02%, 93.28%, 38.51%, 107.22%, 217.18%, 93.71%, 100.00%, 107.42%, and 454.78% respectively, compared to the treatment without these additions.

University of Kerbala
College of Agriculture
Field Crops Department

Effect of liquid organic fertilizer (Humizone) and spraying with nano copper on the growth and yield of mung beans

A Thesis Submitted to the Council of the
College of Agriculture / University of Kerbala
in Partial Fulfillment of the Requirements for the Master Degree
Sciences in Agricultural /Filed Crops

Submitted By

Husam Kadum Abbas Mustafa

Supervised by

Asst. Prof. Dr. Mahmood Naser Hussein Al-Yasari

2024 A.D **1446 A.H**