



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة القادسية
كلية العلوم
قسم علوم الحياة

تأثير سماد الفسفور النانوي والمستخلص الاثينولي لنبات الثوم
Allium sativum L. في صفات النمو الخضري والفسلجي
والحاصل والمواد الفعالة لنبات الفلفل الحار *Capsicum*
annuum L.

رسالة

مقدمة إلى مجلس كلية العلوم – جامعة القادسية وهي جزء من متطلبات
نيل درجة الماجستير في علوم الحياة

تقدم بها الطالب

حيدر طلال بدر الساعدي

بكالوريوس علوم الحياة/ النبات

بإشراف

أ.م.د. سماح صالح سلمان

كانون الاول- 2025

ذي الحجة- 1447

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

(أَمَّنْ هُوَ قَائِمٌ إِنَّاءَ اللَّيْلِ ساجداً وقائماً يحذر الآخرة

ويرجو رحمة ربه قل هل يستوي الذين يعلمون والذين لا

يعلمون إنما يتذكر أولوا الألباب)

صدق الله العلي العظيم

(الزمر، آية 9)

الإهداء

إلى النبراس الذي فاض على الكون نوراً ونعماء ومن احبته الارض
والسمااء محمد (ﷺ) واله الأظهار الاصفياء...

إلى من فضلني على نفسه عنوان الصبر والوقار والدي الكريم....
إلى منهل الحنان والرحمة سر ناجحي وتوفيقي بعد الله والدتي
الكريمة....

إلى سندي وعزمي شركاء الدم والروح أخوتي و أخواتي....
إلى أصدقائي وزملائي في مرحلة البحث والعلم....
إلى من أمن بي ولو بكلمة، وإلى من دعمني وساندني في مسيرتي
العلمية....

إهدي هذا العمل، وإسال الله ان يجعله خالصاً لوجه الكريم...
اهديكم ثمرة جهدي المتواضع.....

الباحث

الشكر والتقدير

اللهم لك الحمد على ما أهديت وأنعمت وأعطيت حمداً كما تستحقه
وأنت أهلك، اللهم وصل وبارك على خيرتك من خلقك الأمين المصطفى وآله
الطيبين الطاهرين.

يسرني وقد أنهيت دراستي إن أتقدم بوافر الشكر والأمتنان إلى
الدكتور سماع صالح الشباني التي تفضلت بقبول الإشراف والتوجيه على
هذا البحث فجزاها الله عني خير الجزاء.

وأقدم بالشكر والتقدير إلى رئاسة جامعة القادسية وعمادة كلية العلوم
ورئاسة قسم علوم الحياة للتسهيلات التي وفروها لإنجاز البحث على اتم
وجه.

اعتزاري وامتناني إلى أساتذة قسم علوم الحياة في كلية العلوم الذين
قدموا لي المساعدة في جميع مراحل البحث.

الباحث

الخلاصة

أجريت هذه الدراسة بهدف معرفة تأثير الرش الورقي بالفسفور النانوي والمستخلص الكحولي لنبات الثوم *Allium sativum* L. والتداخل بينهما في صفات النمو الخضري والفسلجي والحاصل والمواد الفعالة لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L.

نفذت هذه الدراسة في الحقول التابعة لكلية العلوم/ جامعة القادسية خلال الموسم الزراعي 2025/2024 للفترة الزمنية من 2024/9/20 ولغاية 2024/11/25 وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة، و تضمنت التجربة 36 وحدة تجريبية وبواقع ثلاث مكررات لكل معاملة، إذ يتكون العامل الأول من التراكيز (2، 4، 6) غم/لتر من سماد الفسفور النانوي فضلاً عن معاملة السيطرة والعامل الثاني تراكيز مستخلص نبات الثوم (15، 20) غم/لتر فضلاً عن معاملة السيطرة. وتم ترقيم المعاملات والمكررات حسب التوزيع العشوائي الكامل Randomized Complete Block Design (RCBD) واعتمد إختبار إقل فرق معنوي LSD<0.05 (Least Significant Difference) لتمييز الفروقات المعنوية بين متوسطات المعاملات.

أظهرت النتائج إن إستعمال الفسفور النانوي ومستخلص نبات الثوم والتداخل بينهما وبتراكيز مختلفة إلى زيادة معنوية في اغلب صفات النمو الخضري المدروسة للنبات وكانت الزيادة أكبر عند تركيز (6) غم/لتر من السماد النانوي. وقد أدى الرش الورقي بالفسفور النانوي إلى زيادة معنوية في معدل ارتفاع النبات و معدل قطر الساق (سم) للنبات و عدد الأوراق (ورقه/نبات) و المساحة الورقية (سم) و معدل الوزن الطري للأوراق (غم/نبات) كذلك معدل الوزن الجاف للأوراق (غم/نبات) و محتوى الكلوروفيل الكلي بالأوراق (ملغم/ 100 غم وزن طري) ايضاً.

كما أظهرت النتائج إلى إن الفسفور النانوي ومستخلص نبات الثوم والتداخل بينهما أدت إلى زيادة معنوية في العناصر المعدنية في اوراق نبات الفلفل مثل نسبة النتروجين (%) و معدل نسبة الفسفور (%) و معدل نسبة البوتاسيوم (%) و معدل نسبة الكالسيوم والمغنسيوم (%) و محتوى الزنك (مايكروغرام.غم⁻¹) ايضاً.

كما بينت النتائج إلى إن الفسفور النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل نسبة الكربوهيدرات (%) و معدل نسبة البروتينات الكلية (%) و معدل فعالية إنزيم (وحده/غم)، معدل فعالية إنزيم الكاتليز (وحده/غم) و معدل فعالية إنزيم Asparaginase (وحده/غم) و معدل فعالية إنزيم Glutaminase (وحده/غم).

أظهرت النتائج الحالية ايضاً إلى إن الفسفور النانوي والتداخل مع مستخلص نبات الثوم تفوقاً في معدل المواد الفعالة مثل معدل نسبة Capsaicin في البذور و معدل نسبة Dihydrocapsaicin و معدل نسبة myristic acid و معدل نسبة Linolenic acid في البذور. كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية إلى إن الرش بمستخلص نبات الثوم وبتراكيز مختلفة إلى التأثير في اغلب صفات النمو الخضري والمواد الفعالة والكيميائية للفئات المذكورة أعلاه. إما التداخل بين الأسمدة النانوية والمستخلص، فقد أظهرت النتائج فروقاً معنوية بين صفات النبات الخضرية لنبات الفلفل.

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	التسلسل
الفصل الأول: المقدمة		
2-1	المقدمة	1
الفصل الثاني: استعراض المراجع		
3	استعراض المراجع Literature Review	2
3	نبات الفلفل <i>Capsicum annuum</i> L.	1-2
3	انواع و أصناف الفلفل	1-1-2
4	فوائد نبات الفلفل	2-1-2
6	المحتوى الكيميائي لنبات الفلفل	3-1-2
7	الاهمية الطبية والاقتصادية لنبات الفلفل	4-1-2
9	زراعة نبات الفلفل	5-1-2
9	تقنية النانو	2-2
10	الأسمدة النانوية	3-2
13	دور الأسمدة النانوية في الرش الورقي	1-3-2
13	تأثير الأسمدة النانوية في صفات النمو الخضري	2-3-2
23	الفسفور النانوي Nano- Phosphorus	4-2
24	تأثير الفسفور النانوي على مؤشرات النمو	1-4-2
26	نبات الثوم <i>Allium Sativum</i>	5-2
27	انواع نبات الثوم	1-5-2
27	فوائد نبات الثوم	2-5-2
28	تأثير نبات الثوم كمستخلصات مشجعة للنمو	3-5-2
الفصل الثالث: المواد وطرائق العمل		
32	موقع الدراسة	1-3
32	تحضير محددات الدراسة	2-3

32	التحليل المختبرية	3-3
33	التصميم ومعاملات التجربة	4-3
34	الزراعة وخدمة المحصول	5-3
35	بعض خصائص الأسمدة المستعملة في التجربة	6-3
35	الصفات المقاسة للنبات	7-3
35	مؤشرات النمو الخضري	1-7-3
35	ارتفاع النبات (سم)	1-1-7-3
35	قطر الساق (سم)	2-2-7-3
35	عدد الأوراق (ورقة/ نبات ¹)	3-1-7-3
35	المساحة الورقية	4-1-7-2
35	عدد الأفرع/ نبات	5-1-7-3
36	الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري (غم/نبات ¹)	6-1-7-3
36	المؤشرات الفسلجية	2-7-3
36	محتوى الكلوروفيل في الأوراق (ملغم/غم وزن طري)	1-2-7-3
37	الهضم الرطب لعينات الاوراق لتقدير العناصر الغذائية والبروتين	2-2-7-3
37	تركيز العناصر في النبات	3-2-7-3
41	صفات الحاصل ومكوناته	3-7-3
41	طول الثمرة	1-3-7-3
41	قطر الثمرة	2-3-7-3
41	عدد الثمار	3-3-7-3
41	وزن الثمرة	4-3-7-3
41	حاصل للنبات	5-3-7-3
42	الكشف عن المكون الكيميائي لبذور الفلفل بواسطة تقنية GC-MS	4-7-3
42	التحليل الأحصائي	8-3
الفصل الرابع: النتائج والمناقشة		
44	تأثير الرش بالسماذ النانوي وازافة مستخلص الثوم وتداخلها في صفات النمو	1-4

	الخضري	
44	ارتفاع النبات (سم)	1-1-4
45	معدل قطر الساق (سم)	2-1-4
46	معدل عدد الأوراق (ورقة/نبات)	3-1-4
47	معدل المساحة الورقية (سم ²)	4-1-4
48	معدل عدد الأفرع (فرع/نبات)	5-1-4
49	معدل الوزن الطري للمجموع الخضري (غم/نبات)	6-1-4
50	معدل الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم/نبات)	7-1-4
51	تأثير الرش بالسماذ النانوي وإضافة مستخلص الثوم وتدخلها في المؤشرات الفسلجية لنبات الفلفل	2-4
51	محتوى الكلوروفيل في الأوراق (ملغم/ 100 غم وزن طري)	1-2-4
52	معدل نسبة النتروجين في الأوراق (%)	2-2-4
54	معدل نسبة الفسفور في الأوراق (%)	3-2-4
55	معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق (%)	4-2-4
56	معدل نسبة الكالسيوم في الأوراق (%)	5-2-4
57	معدل نسبة المغنسيوم في الأوراق (%)	6-2-4
58	معدل نسبة الزنك في الأوراق (مايكروغرام.غم ⁻¹)	7-2-4
59	معدل نسبة الكربوهيدرات في الأوراق (%)	8-2-4
61	معدل نسبة البروتين في الأوراق (%)	9-2-4
62	معدل فعالية إنزيم البيروكسيداز في الأوراق (وحده/غم)	10-2-4
63	معدل فعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق (وحده/غم)	11-2-4
64	معدل فعالية إنزيم Asparaginase في الأوراق (وحده/غم)	12-2-4
66	معدل فعالية إنزيم Glutaminase في الأوراق (وحده/غم)	13-2-4
67	تأثير الرش بالسماذ النانوي وإضافة مستخلص الثوم وتدخلها في صفات الحاصل ومكوناته لنبات الفلفل	3-4
67	طول الثمرة (سم)	1-3-4
68	قطر الثمرة (سم)	2-3-4

69	عدد الثمار (ثمرة/نبات)	3-3-4
70	وزن الثمار (غم)	4-3-4
72	حاصل النبات الكلي (كغم/نبات)	5-3-4
73	تأثير الرش بالسماذ النانوي واطافة مستخلص الثوم وتداخلها في المركبات الفعالة لبذور نبات الفلفل	4-4
73	نسبة المادة الفعالة Capsaicin (%)	1-4-4
74	نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin (%)	2-4-4
75	نسبة المادة الفعالة myristic acid (%)	3-4-4
76	نسبة المادة الفعالة Linolenic acid (%)	4-4-4
97-79	الفصل الخامس: المناقشة	
الفصل السادس: الاستنتاجات والتوصيات		
99	الاستنتاجات	1-6
100	التوصيات	2-6
المصادر والملاحق		
132-102	المصادر	
149-134	الملاحق	

قائمة الجداول

الصفحة	عنوان الجدول	التسلسل
4	بعض الأصناف المنتشرة في دول العالم لأصناف الفلفل الحار	1-2
33	بعض خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية وطرائق التحليل	1-3
44	تأثير السماذ النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل ارتفاع نبات الفلفل (سم)	1-4
45	تأثير السماذ النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل قطر الساق لنبات الفلفل (سم)	2-4
46	تأثير السماذ النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل عدد الأوراق لنبات الفلفل (ورقة/نبات)	3-4
47	تأثير السماذ النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل المساحة الورقية لنبات	4-4

	الفلفل (سم ²)	
48	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل عدد الأفرع لنبات الفلفل (فرع/نبات)	5-4
50	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل الوزن الطري للمجموع الخضري (غم/نبات)	6-4
51	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم/نبات)	7-4
52	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في محتوى الكلوروفيل لنبات الفلفل (ملغم/ 100 غم وزن طري)	8-4
53	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة النتروجين في الأوراق (%)	9-4
54	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة الفسفور في الأوراق (%)	10-4
56	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة البوتاسيوم في أوراق نبات الفلفل (%)	11-4
57	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة الكالسيوم في أوراق نبات الفلفل (%)	12-4
58	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة المغنيسيوم في أوراق نبات الفلفل (%)	13-4
59	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة الزنك في أوراق نبات الفلفل (مايكروغرام.غم ⁻¹)	14-4
60	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة الكربوهيدرات في أوراق نبات الفلفل (%)	15-4
62	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل نسبة البروتين في أوراق نبات الفلفل (%)	16-4
63	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل فعالية إنزيم البيروكسيداز في أوراق نبات الفلفل (وحده/غم)	17-4
64	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل فعالية إنزيم الكاتليز في أوراق نبات الفلفل (وحده/غم)	18-4
65	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل فعالية إنزيم Asparaginase في أوراق نبات الفلفل (وحده/غم)	19-4

20-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل فعالية إنزيم Glutaminase في أوراق نبات الفلفل (وحده/غم)	67
21-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل طول الثمرة (سم)	68
22-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل قطر الثمرة (سم)	69
23-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل عدد الثمار (ثمرة/نبات)	70
24-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل وزن الثمار (غم/نبات)	71
25-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في معدل الحاصل الكلي (كغم/نبات)	73
26-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في نسبة المادة الفعالة Capsaicin (%)	74
27-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin (%)	75
28-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في نسبة المادة الفعالة myristic acid (%)	76
29-4	تأثير السماد النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتها في نسبة المادة الفعالة Linolenic acid (%)	77

قائمة الأشكال والصور

الصفحة	عنوان الشكل	التسلسل
12	مخطط توضيحي لمسار الامتصاص والنقل والتحول الحيوي لمختلف الجسيمات النانوية مع وسائط محتملة للامتصاص الخلوي في النظام النباتي. (أ) توضيح امتصاص النبات الانتخابي للـ (NPs) ونقلها. (ب) مقطع عرضي لمنطقة امتصاص الجذور للجسيمات النانوية المختلفة موضحة تفاعلاتها (Rico وآخرون، 2014).	1-2
34	التوزيع التوافقي لاصص المعاملات وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة	1-3
39	المنحنى القياسي للبروتين	2-3

قائمة المختصرات

التسلسل	الاختصار	التوضيح
1	RCBD	تصميم القطاعات العشوائية الكاملة
2	LSD	اقل فرق معنوي بين المتوسطات
3	GC-MS	كروماتوغرافيا الغاز المربوطة باداة الطيف الكتلي
4	HPLC	تحليل كروماتوغرافي السائل عالي الأداء
5	SFE	السوائل فوق الحرجة
6	UAE	الموجات فوق الصوتية
7	MAE	الميكروويف
8	PLE	السوائل المضغوطة
9	NPs	الجسيمات النانوية
10	NPK	سماد مركب
11	CAT	إنزيم الكاتالاز
12	SOD	أنزيم سوبر أوكسيد ديسميوتاز
13	SPAD	محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي
14	ATP	مركبات الطاقة
15	DNA و RNA	الحوامض النووية الرايبوزية
16	nTiO ₂	ثنائي اوكسيد التيتانيوم
17	Zn و Mn و Cu و Fe	مغذيات معدنية
18	P	الفوسفور
19	pH	تفاعل التربة
20	POD	انزيم البيروكسيديز

إنزيم أوكسيديز البوليفينول	PPO	21
مستخلص الثوم المائي	AGE	22
حامض الكبريتيك المركز	H ₂ SO ₄	23
حامض البوريك	H ₃ BO ₃	24
الامونيا	NH ₄	25
جهاز المطياف الضوئي	UV Visibl	26
الميروكسايد لتقدير الكالسيوم	Na ₂ EDTA	27
جهاز الامتصاص الذري	AAS	28
محلول الفوسفيت	pH6	29
الحامض الاميني التريبتوفان	IAA	30
أكسيد الزنك	ZnO	31

الفصل الأول

المقدمة

Introduction

1: المقدمة

يعد نبات الفلفل *Capsicum annum* L. من محاصيل الخضراوات الحولية التي تنتمي للعائلة الباذنجانية (Solanaceae)، إذ يعد غنيًا بالعديد من المعادن والفيتامينات والأحماض الأمينية الضرورية لصحة الإنسان ونموه، إذ يحتوي على كميات من المركبات الكيميائية وكميات معتدلة من المعادن مثل البوتاسيوم والمنغنيز والحديد والمغنيسيوم. و يعد الفلفل الحار من النباتات المعروفة بخصائصها التي تمنع الأمراض وتعزز الصحة أيضاً، إذ ان انها تحتوي على مركبات كيميائية مهمة ومنها مركب القلويد الكابسين Capasin اللذع الحار لهذا النبات (Saleh وآخرون، 2016).

تعد الأسمدة النانوية أكثر فعالية وكفاءة من الأسمدة التقليدية لما لها من آثار إيجابية على جودة المحاصيل وتقليل الإجهاد في النباتات و سرعة امتصاصها من قبل الاوراق، ويعود السبب في ذلك الى كبر مساحتها السطحية قياسا بالحجم واختراقها السريع للخلايا وأنسجة النبات مع امكانية استهداف ذكية وتحرر بطيء (Singh وآخرون، 2021). إذ إن اضافتها على انواع مختلفة من المحاصيل يؤدي إلى زيادة في معدل سرعة التمثيل الضوئي وكذلك في نمو النبات ومعالجة بعض الامراض و زيادة الحاصل بنسبة 30% (Al-Juthery وآخرون، 2018). كما تعد ضرورية لأستطالة الخلايا وزيادة المساحة الورقية، كما يعد من العناصر المفيدة للنبات للوصول إلى مرحلة النضج وزيادة عدد البزاعم (Thakur وآخرون ، 2018).

يعد نبات الثوم *Allium sativum* من اهم النباتات العشبية الغنية بالمواد الغذائية التي يحتوي على السليسيوم و السكروز و فيتامين (A) والاملاح المعدنية وغيرها و إذا تم تجفيفه ثم ترطيبه فإنه يحتوي على زيت و مواد عديدة السكر و مواد صابونية و بروتينات (Londhe وآخرون، 2011). وق ذكر Shang وآخرون (2019) إن رش بعض النباتات بمستخلص الثوم مثل الفلفل والفول يؤثر بشكل كبير على معدل طول النبات و الوزن الجاف و إن مستخلص نبات الثوم مهم في عملية الانبات في كثير من النباتات ومنها نبات الفلفل، كما إن الرش بمستخلص الثوم مهم في عملية أنبات الكثير من النباتات ويساعد في تبكير ظهور

ألازهار وزيادة الحاصل الكلي للنبات، وايضاً يؤثر مستخلص الثوم على النسبة المئوية الجافة للمحتوى الرطوبى والجاف و البروتين الخام و الزيوت و الألياف و الكربوهيدرات في الأوراق (Kuate، 2017).

إن رش بعض النباتات بمستخلص الثوم مثل الفلفل يؤثر بشكل كبير على معدل طول النبات و الوزن الجاف (Kuate، 2017). إن مستخلص نبات الثوم مهم في عملية الانبات في كثير من النباتات ومنها نبات الفلفل، كما إن الرش بمستخلص الثوم مهم في عملية تبكير ظهور ألازهار وزيادة الحاصل الكلي للنبات (Shang وآخرون، 2019)، وايضاً يؤثر مستخلص الثوم في النسبة المئوية الجافة للمحتوى الرطوبى والجاف، البروتين الخام، الزيوت، الألياف، الكربوهيدرات في الأوراق (Kuate، 2017).

لذا تهدف الدراسة الى:-

1- دراسة أستجابة نبات الفلفل الحار للمعاملة بالفسفور النانوي ومستخلص نبات الثوم والتداخل بينهما في بعض الصفات الخضرية والفسلجية والحاصل الكلي للنبات.

2- الكشف عن المركبات الفعالة في بذور نبات الفلفل المعامل بالسماذ النانوي ومستخلص

نبات الثوم والتداخل بينهما باستخدام جهاز Gas Chromatography mass Spectrometer (GC-MS).

الفصل الثاني

أستعراض المراجع

Literature Review

2: استعراض المراجع Literature Review

1-2 نبات الفلفل *Capsicum annum* L.

يعد نبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. أحد أنواع جنس *Capsicum* L. الذي يضم أكثر من 50 نوعًا، معظمها من أمريكا الوسطى أو الجنوبية، إذ يُفترض أن هذه المناطق هي الموطن الأصلي لهذا الجنس، وهو ينتمي إلى العائلة الباذنجانية family: Solanaceae. و اسم *Capsicum* غير مؤكد الأصل، يبدو أنه مشتق إما من كلمة *kapto*، التي تعني اللدغة، في إشارة إلى حدة الثمرة، أو من كلمة *capsa*، أي الغلاف، والتي تحتوي على قرون تشبه الغلاف في بعض الأنواع، ويعد النوع قيد الدراسة *Capsicum annum* من محاصيل الخضروات العشبية الحولية، ويسمى عربيًا بالفلفل *Fifil*، أما في الأنكليزية فيسمى *Chilli* أو *Chilly*، ويُزرع على نطاق واسع في العراق كتوابل. ويعده بعض علماء النبات أن هذا النوع هو النوع الأساسي الذي تطورت منه العديد من الأصناف، التي ارتقت إلى مرتبة الأنواع بفضل بعض العاملين (Chakrvrtty، 1976). وقد ذكر Yuca (2022) أن هناك حوالي 2500 نوع من الفلفل الحلو والحار، ويتم تسمية نبات الفلفل حسب نوعه شكله، حجمه ولونه، فهناك الفلفل الحار أو ما يسمى فلفل التشيلي، والفلفل الحلو ويطلق عليه البعض اسم الفلفل الاخضر والحمراء والبرتقالية والصفراء. وهناك العديد من الاستعمالات لهذا النبات، فقد يؤكل طازجاً أو مطبوخاً ويدخل في تصنيع البهارات والتوابل. وقد صنف النبات وفقاً (OECD، 2006).

Phylum: Tracheophyta or Spermatophyta

Class: Magnoliopsida or Dicotyledonae

Order: Solanales

Family: Solanaceae (the nightshade family)

Genus: *Capsicum*

Species: *annuum*

ذكر Anibarro-Ortega وآخرون، (2024) يوجد 27 نوعًا من الفلفل بالوان مختلفة (احمر، برتقالي، واصفر)، واشكال مختلفة (مكعبة ومخروطية)، وطرق زراعة مختلفة (تربة

وزراعة بدون تربة). في دراسة تم تحليل مكونات 12 نوعاً من انواع الفلفل باستخدام جهاز HPLC مزود بعمود HSS T3 لمدة 30 دقيقة، وتم تحديد ستة انواع من الفلفل الاحمر وتسعة انواع في الفلفل البرتقالية والصفراء . تختلف الوان الفلفل اختلافاً كبيراً في مستويات الكاروتينات. يُعد الكابساثين والكابسوروبين و الكاروتينات الرئيسية في الفلفل الاحمر، بينما يتواجد اللوتين بكثرة في الفلفل الاصفر والاخضر، بينما يوجد بيتا كاروتين في الفلفل البرتقالي (Gelu)، واخرون، 2024). تحتوي انواع الفلفل على نسبة عالية من بيتا كاروتين، لذا يمكن استخدامها لعلاج نقص فيتامين A.

ووجد Domokos-Szabolcsy (2023) ان من بين انواع الفلفل الخمسة، كان *C. annuum* L. هو الاكثر انتشاراً، كما تُزرع ايضاً انواع *C. baccatum* و *C. pubescens* و *C. frutescens* L. و *C. chinense* Jacq (Willd.) Eshbaugh و *C. annuum* R. يُزرع *C. annuum* في جميع انحاء العالم اليوم. وفي بعض البلدان، يُعد غذاءً أساسياً على سبيل المثال في الهند والمكسيك وتركيا. كما يعد احد اهم الخضروات والنباتات الصناعية (مثل جنوب شرق اوربا ودول البحر الابيض المتوسط)، وفي بلدان اخرى انتشر استخدامه كطعام شهى حصري للاستهلاك الطازج مؤخراً (مثل هولندا).

جدول (1-2) بعض الأصناف المنتشرة في دول العالم لأصناف الفلفل الحار

ت	اسم الصنف	الدولة	المصدر
1	Carolina Reaper	امريكا	Boddhula et al., 2018
2	Cayenne pepper	معظم دول العالم	Barbero et al., 2014
3	Charleston pepper	دول شرق اسيا	Akbudak, 2008
4	Giallo di Nocera	اسبانيا	Porter, 1992
5	Habanero pepper	المكسيك	Medina-Lara et al., 2008
6	Hot pepper x	اوربا	Sousa et al., 2003
7	Naga King chili	دول شرق اسيا	Machado et al., 2021
8	Paprika pepper	اغلب دول العالم	Carvajal et al., 1992
9	Jalapeño Pepper	المكسيك	Toledano et al., 2023
10	Tabasco pepper	الهند	De Farias et al., 2020
11	Yolo Wonder	هولندا	Serrano et al., 2027

1-1-2 فوائد نبات الفلفل

يُعرف الفلفل عالمياً بقيمته الغذائية العالية، وفوائده الصحية، وخصائصه الطبية. إذ غنيّ بالفيتامينات والمعادن، وله خصائص مُضادة للميكروبات والسرطان، كما يتميز بخصائص وقائية وعلاجية للعديد من الأمراض، مثل الروماتيزم وتيبس المفاصل، والتهاب الشعب الهوائية ونزلات البرد الصدرية المُصحوبة بالسعال والصداع، والتهاب المفاصل، وعدم إنتظام ضربات القلب (Saleh وآخرون، 2018).

يُعد الفلفل ذو سعر مرتفع نظراً لطعمه ونكهته المميزة التي يُضيفها على العديد من المأكولات في جميع أنحاء العالم. و كان يُستخدم تاريخياً بشكل أساسي للتتبيل وكنبات طبي، ولكن اليوم امتد استخدامه ليشمل الخضراوات الطازجة، والتوابل، والأشكال المجففة، وكصبغة غذائية، ونباتات الزينة، وأنتاج مستخلصات لمختلف الصناعات الدوائية ومستحضرات التجميل. و يُقدر متوسط استهلاك الأسرة الأسبوعي من الفلفل الجاف في بعض البلدان بـ 140 غم (Kraft وآخرون، 2014). و من بين مختلف المنتجات المشتقة من الفلفل المستخدمة في الصناعة، مثل راتنجات الزيت ومستخلصات مُدعمة أخرى، يُعد مسحوق البابريكا أحد أهمها، إذ يستعمل (70%) من إنتاجه كتوابل في منتجات اللحوم والصلصات والوجبات الخفيفة. يبلغ إجمالي المعروض العالمي من مسحوق البابريكا حوالي 60,000 طن سنوياً، مقارنةً بـ (1400) طن من راتنجات البابريكا (Buckenhüskes، 2003).

يُعد الفلفل غنياً بالعديد من المعادن والفيتامينات والأحماض الأمينية الضرورية لصحة الإنسان ونموه. و يتمتع نبات الفلفل بجميع الخصائص المثالية التي تجعله غذاءً يحتوي على مجموعة واسعة من المواد الكيميائية النباتية، مثل الفيتامينات والفينولات والفلافونويدات، وهي مضادات أكسدة، غني بفيتامين C، A، E، ومعظم فيتامينات B، وخاصة فيتامين B₁₆ كما إنه غني بالبوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد والكالسيوم والفوسفور أيضاً (Moscone وآخرون، 2006). يُستهلك على شكل ثمار طازجة غير ناضجة، أو ثمار ناضجة حمراء أو

ألوان أخرى، أو ثمار مجففة. وتختلف الأنواع والأصناف وأشكال الاستهلاك المختلفة في محتواها الغذائي ومضادات الأكسدة (Saleh وآخرون، 2018).

2-1-2 المحتوى الكيميائي لنبات الفلفل

يحتوي الفلفل الحار على كميات من المركبات الكيميائية وكميات معتدلة من المعادن مثل البوتاسيوم والمنغنيز والحديد والمغنيسيوم، إذ يعد البوتاسيوم عنصر مهم في الخلايا وسوائل الجسم التي تساعد على تنظيم معدل ضربات القلب وضغط الدم (Saleh وآخرون، 2016). الفلفل الحار يتكون أيضاً من مجموعة فيتامينات B المعقدة مثل النياسين والبيريدوكسين Niacin و Pyridoxine (فيتامين B6) والريبوفلافين والثيامين Riboflavin و Thiamin (فيتامين B1) (Paran وآخرون، 2007). وهذه الفيتامينات ضرورية بمعنى إن جسم الإنسان يحتاجها من مصادر خارجية لتجديدها. يعد الفلفل الحار مصدر جيد لمضادات الأكسدة الأخرى مثل فيتامين A، الفلافونويد مثل الكاروتين، ألفا كاروتين Carotene و α -Carotene، كما تساعد هذه المواد المضادة للأكسدة الموجودة في الفلفل الحار على حماية الجسم من الآثار الضارة للجذور الحرة الناتجة أثناء الإجهاد والأمراض، كما يحتوي الفلفل الحار على مستويات عالية من الفيتامينات والمعادن (Howard وآخرون، 2000). يتكون الفلفل الحار من مجموعة من المركبات الكيميائية المشتقة من النباتات المعروفة بخصائصها التي تمنع الأمراض وتعزز الصحة، كما يحتوي الفلفل الحار على مركب قلويد وهو الكابيسيدين؛ مما يعطي طابعا قويا لإدغا وحاراً، عند تناول الكابيسيدين يسبب تهيجاً شديداً وإحساساً نارياً بالفم واللسان (Paran وآخرون، 2007).

الكابيسيدين Capsaicin، وهو قلويد موجود في الفلفل والتي تُعتبر على الأرجح سمة مميزة لهذا النبات، ويرجع ذلك إلى مركبات قلوية تُعرف باسم الكابيسيدينويدات، وهي فريدة من نوعها في الفلفل (Howard وآخرون، 2000). تُسمى الكابيسيدينويدات عادةً بالكابيسيدين لأنها الأكثر إنتشاراً بين الكابيسيدينويدات السبعة، تليها ثنائي هيدروكابيسيدين (Saleh وآخرون، 2016). وتعد المركبات الخمسة المتبقية (Norcapsaicin،

Nordihydrocapsaicin, Nornordihydrocapsaicin, Homocapsaicin, and Homodehydrocapsaicin). الكابيسيسين ومركباته ذات الصلة هي المكونات النشطة في الفلفل، والتي ترتبط بخصائصه المضادة للميكروبات والمضادة للسرطان، فضلاً عن خصائصه الطبية الأخرى، كما تُستخدم طريقة الكروماتوغرافيا السائلة عالية الأداء (HPLC) لقياس حدة الطعم (Howard وآخرون، 2000). تعتمد حدة الطعم على التركيب الجيني لنبات الفلفل وعوامل بيئية أخرى (Paran وآخرون، 2007). يختلف محتوى المركبات النشطة باختلاف أجزاء الثمرة (القشرة)، والصنف، ومرحلة النضج، والظروف المناخية وظروف التخزين أيضاً (Paran وآخرون، 2007). تُعد الكاروتينات بشكل عام أهم المواد الكيميائية النباتية الموجودة في أصناف الفلفل، مما يُضفي قيمة تجارية عالية على هذه الفاكهة من حيث خصائص النكهة واللون وخصائص مضادات الأكسدة، فضلاً عن خصائص حيوية أخرى (Howard وآخرون، 2000).

تخضع المركبات الموجودة في الفلفل لطرق استخلاص مختلفة لعزلها وتوصيفها، ثم تطبيقها للاستخدام الصناعي. ويمكن تقسيم هذه الطرق إلى مجموعتين: كطريقة الاستخلاص Soxhlet والنقع، والتحرك المغناطيسي. والطرق الحديثة مثل استخلاص السوائل فوق الحرجة (SFE)، والاستخلاص بمساعدة الموجات فوق الصوتية (UAE)، والاستخلاص بمساعدة الإنزيم (EAE)، والاستخلاص بمساعدة الميكروويف (MAE)، واستخلاص السوائل المضغوطة (PLE) (Rodriguez-Burruezo وآخرون، 2010).

3-1-2 الأهمية الطبية والاقتصادية لنبات الفلفل

يُعد الفلفل الحار ذو سعر مرتفع نظراً لطعمه ونكهته المميزة التي يُضفيها على العديد من المأكولات في جميع أنحاء العالم. تاريخياً، إذ كان يُستخدم بشكل أساسي للتبيل وكنبات طبي، ولكن اليوم امتد استخدامه ليشمل الخضراوات الطازجة، والتوابل، والأشكال المجففة، وكصبغة غذائية، ونباتات الزينة، وإنتاج مستخلصات لمختلف الصناعات الدوائية

ومستحضرات التجميل. يُقدر متوسط استهلاك الاسرة الاسبوعي من الفلفل الجاف في بعض البلدان بـ 140 غم (Kraft وآخرون، 2014)

ويتميز نبات الفلفل بالعديد من الفوائد اهمها حماية خلايا البشرة من خلال زيادة نسبة إنتاج الكولاجين فيها، منع تكاثر الخلايا السرطانية، تعزيز جهاز المناعة، الوقاية من مرض فقر الدم، تنشيط الأوعية الدموية، تقوية الجهاز الهضمي، خسارة الوزن، تغذية الجنين في فترة الحمل، حماية العيون من المشاكل الناتجة عن تقدم السن، وقد يكون هنالك القليل من المضار لنبات الفلفل الحار التي تظهر أعراضها على بعض الأشخاص نتيجة الإصابة بالتحسس عند تناول الفلفل مثل ظهور الطفح الجلدي، النفخة والإسهال، التشنج، حكة الجلد (Sanati وآخرون، 2018).

يُعرف الفلفل عالمياً بقيمته الغذائية العالية، وفوائده الصحية، وخصائصه الطبية. فهو غنيٌّ بالفيتامينات والمعادن، وله خصائص مُضادة للميكروبات والسرطان. كما يتميز الفلفل بخصائص وقائية وعلاجية للعديد من الأمراض، مثل الروماتيزم، وتيبس المفاصل، والتهاب الشعب الهوائية، ونزلات البرد الصدرية المُصحوبة بالسعال والصداع، والتهاب المفاصل، وعدم إنتظام ضربات القلب، والعديد من الأمراض الأخرى. على الرغم من إنتشار الطب التقليدي، بما في ذلك النباتات الطبية (Saleh وآخرون، 2018).

يُعد الكابسين احد المركبات الكيميائية التي يحتويها الفلفل و يمكنها تحفيز الجهاز المناعي، والوقاية من امراض القلب والاعوية الدموية والسرطان، وتأخير عملية الشيخوخة وهو مصدر غني بفيتامين ا وفيتامين ج ويستخدم بشكل اساسي لاضافة النكهة وازفاء النكهة اللاذعة على الخضروات المطبوخة والاطباق الاخرى (Salami، 2002). يُعد الفلفل غنيا بالعديد من المعادن والفيتامينات والاحماض الامينية الضرورية لصحة الانسان ونموه. ان نبات الفلفل يتمتع بجميع الخصائص المثالية التي تجعله غذاءً يحتوي على مجموعة واسعة من المواد الكيميائية النباتية، مثل الفيتامينات والفينولات والفلافونويدات، وهي مضادات اكسدة مهمة قد تقلل من الامراض التنكسية. الفلفل غني بفيتامين C، وفيتامين A، وفيتامين E،

ومعظم فيتامينات B، وخاصة فيتامين B16 كما انه غني بالبوتاسيوم والمغنيسيوم والحديد، وغني بالكالسيوم والفوسفور. يشمل نبات الفلفل انواعا عديدة ومئات الانواع والاصناف (Mosscone وآخرون، 2007).

ذكر Votava and Bosland (2002) بدراسة نشرتها المجلة الطبية البريطانية وجدت بعض المؤشرات على ان الاشخاص الذين يتناولون الاطعمة وخاصة الفلفل الطازج، كانوا اقل عرضة للإصابة بالسرطان او السكري. وقد اظهرت نتائج دراسة اجريت على عينة سكانية في الصين وجود علاقة عكسية بين استهلاك الخضروات (وخاصة الفلفل) ومعدل الوفيات الاجمالي ومعدل الوفيات المرتبطة بالاسباب المحددة. ووجد الباحثون ان تناول نبات الفلفل لمدة 6 الى 7 ايام يُسبب انخفاضاً نسبياً في خطر الوفاة الاجمالي بنسبة 14%. ونظراً لاختلاف الفلفل الطازج والمجفف في محتواه من العناصر الغذائية والنشطة، فمن المتوقع ان يكون لهما تأثيرات مختلفة. وقد وُجد ان الارتباط العكسي بين استهلاك الاطعمة يومياً والوفاة بسبب السرطان وامراض القلب والسكري يكون اقوى عند تناول الفلفل الطازج مقارنةً بالفلفل الحار غير الطازج .

وضح Mateos وآخرون (2013) يمكن استخدام الكابيسين القياسي والمواد الهلامية واللصقات الصيدلانية، والمساحيق المُحضرة عن طريق طحن الفلفل، والمستخلصات عن طريق نقع الفلفل في الماء او الايثانول، كمستحضرات طبية. وجد تقرير صادر عن جمعية ابحاث التهاب المفاصل في المملكة المتحدة ان الكابيسين فعال في علاج هشاشة العظام والام العضلات، ويمكن استخدامه بامان. كما بين Bello وآخرون (2025) ان للفلفل خصائص مضادة للميكروبات و مهمة لصحة الانسان. ومع ذلك، تباينت نتائج التجارب. في دراسة، اختبر الخاصية المضادة للميكروبات للفلفل، ووجد ان مستخلص الفلفل بالايتانول كان اكثر فعالية من المستخلص المائي، لكن كلاهما كان اقل فعالية مقارنةً بالكابيسين القياسي. بينما اختبر مستخلص الفلفل الخام، ووجدوا ان الكابيسين كان اقل تثبيطاً مقارنةً بمركبات الفلفل الاخرى .

كما وجد Ibade وآخرون (2023) أن ثمار الفلفل مصدرًا ممتازًا لمضادات الأكسدة الطبيعية الدقيقة (فيتامينات C و E) التي يبدو أنها مهمة للغاية في الوقاية من الأمراض المزمنة والمرتبطة بالعمر أو الحد منها. تُستخدم ثمار نبات الفلفل تاريخيًا في الطب التقليدي، وتُستخدم حاليًا في علم الأعشاب الحديث والأدوية التقليدية. يعد الكابسييسين المركب الرئيسي في أنواع الفلفل، وقد أدخل كريم الكابسييسين في علاج الأمراض الجلدية، وأثبت فعاليته في الوقاية من الألم المزمن المرتبط بالألم العصبي، والاعتلال العصبي السكري، ومتلازمات الألم الأخرى.

2-1-4 زراعة نبات الفلفل

يعد الفلفل بأنواعه من النباتات الحساسة لدرجات الحرارة المنخفضة، لذلك يجب زراعته في الربيع خلال شهر أيلول، إذ إن درجات الحرارة المتدنية تتسبب في تلف الزهور وقلة إنتاج النبات، إذ يجب أن تتراوح درجات الحرارة المناسبة لزراعة الفلفل بين (21 و 27) م° تقريبًا في النهار، وأكثر من (13) م° في الليل، يحتاج لينمو ويكون غزير الإنتاج إلى ظروف معينة يجب توفيرها له منها أشعة الشمس، إذ يحتاج النبات لينمو إلى التعرض لأشعة الشمس الكاملة من (6 - 8) ساعات خلال موسم نموه. كما يجب أن تكون التربة جيدة التصريف للمياه، وتحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية، كما ينمو بشكل أفضل عندما تكون التربة حامضية قليلًا؛ أي إن الرقم الهيدروجيني لها بين (6-6.8). ويمكن أن تساعد إضافة السماد والمواد العضوية على تحسين نوعية التربة وخصوبتها وتصريفها، إذ يتطلب نموه سمادًا غنيًا بالبوتاسيوم والقليل من الفوسفور والنيتروجين (Olatunji and Afolayan, 2018).

2-2 تقنية النانو

تعرف تقنية النانو بأنه علم فهم المادة والتحكم فيها بأبعاد تتراوح بين (1 و 100) نانومتر، إذ تتيح الخصائص الفيزيائية الفريدة تطبيقات جديدة. يحدد هذا التعريف بأنه يتعلق بأبعاد الحجم من خلال التركيز بشكل أكبر على قدرة هذه المواد على حل المشاكل الزراعية (Mukhopadhyay, 2014). الجسيمات النانوية من منظور الزراعة جسيمات تتراوح

أبعادها بين (10-1000) نانومتر، كما يمكن وصفها بأنها علم تصميم وبناء آلات تُحدد فيها بدقة كل ذرة ورابطة كيميائية. تهدف التقنية إلى تحقيق ما حقته الحواسيب للتحكم في المعلومات، من حيث التحكم في المادة وحجمها (Mukhopadhyay، 2014).

الجسيمات النانوية (NPs) هي جزيئات صغيرة ذات نطاق صغير يتراوح حجمها بين (1-100) نانومتر بخصائص فيزيائية كيميائية مختلفة عن المواد الحجمية (El-Saadony وآخرون، 2020). و بناءً على الدراسات السابقة، فقد بين (El-Saadony وآخرون، 2021) إن الجسيمات النانوية تعمل على تحسين الخواص الفيزيائية والكيميائية والحيوية بسبب اتساع مساحة سطحها بالنسبة للحجم. كما توفر الأسمدة النانوية بعض العناصر الغذائية في مقياس النانو مع تحرر بطيء وقواعد تسليم ذكية، إذ تعمل على تعزيز نمو وإنتاج النبات (Al-Juthery وآخرون، 2021). من جانب آخر تساعد الأسمدة النانوية في إزالة تلوث المياه ويمكن اعتبارها بدائل جديدة للأسمدة، إذ تعتمد الزراعة المستقبلية على استخدام تقنية أسمدة النانو بطرق مختلفة (Monreal وآخرون، 2016). إذ أصبحت التقنيات النانوية مقبولة على نطاق واسع في الزراعة لتعزيز إنتاج المحاصيل مع وجود نظام بيئي زراعي صحي في ظل الظروف البيئية الصعبة (Verma وآخرون، 2022). حظيت تقنية النانو باهتمام كبير بسبب خصائصها المميزة وتطبيقاتها العديدة في مختلف المجالات، إذ تعد نهجاً جديداً لزيادة الإنتاج الزراعي بجودة متميزة وسلامة بيئية ودعم حيوي واستقرار مالي، وأصبحت التقنية الصديقة للبيئة ذات أهمية متزايدة في التطبيقات الزراعية الحديثة كبداية للأسمدة والمبيدات الحشرية التقليدية، وتقدم تقنية النانو حلاً بديلاً للتغلب على عيوب الزراعة التقليدية. وينبغي دراسة التطورات الأخيرة في استخدام الجسيمات النانوية في الزراعة (Reda وآخرون، 2021).

2-3 الأسمدة النانوية

تتوافر الأسمدة النانوية المركبة والمنفردة على شكل مسحوق (Josef و Katarína، 2015) لتوفر العناصر الغذائية للنباتات بتحرر بطيء، واختراق عالي للإنسجة النباتية مع

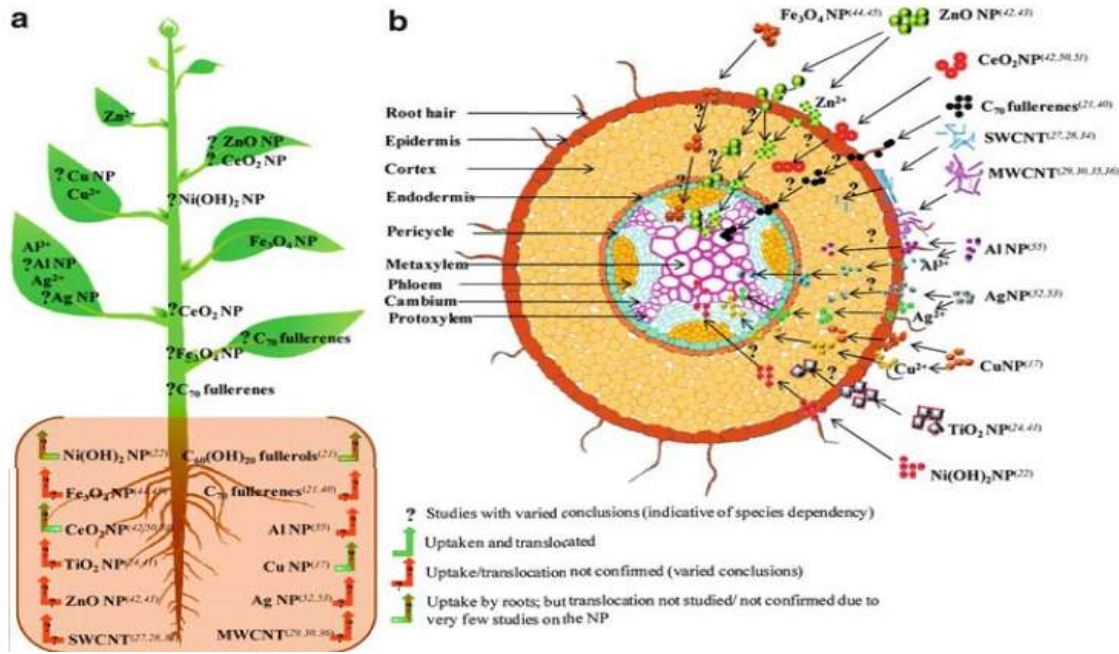
امتصاص عالي وسرعة في عملية النقل والتمثيل وتعزيز الإنتاج النباتي. وضح Guru وآخرون (2015) ان من اهم مميزات الاسمدة النانوية هو توفير العناصر الغذائية المناسبة لتعزيز نمو النبات من خلال الاضافات الورقية، مصادر منخفضة التكلفة ومستدامة للمغذيات النباتية، كفاءتها العالية في التسميد فضلا عن دورها في الحد من التلوث (شكل 2-1).

تعد الاسمدة النانوية أكثر فعالية وكفاءة من الاسمدة التقليدية لما لها من آثار إيجابية على جودة تغذية المحاصيل وتقليل الإجهاد في النباتات. كما تتميز بسرعة امتصاصها من قبل الجذور والأوراق وذلك بسبب صغر حجم دقائقها وكبر مساحتها السطحية وسرعة اختراقها للخلايا والأنسجة ونقلها وتضاف بكميات إقل بكثير قياسا بمتطلبات الاسمدة الكيماوية التقليدية باتجاه مقاومة المحاصيل للآفات الحشرية والحيوية وإقل خطورة على البيئة (AI- Juthery وآخرون، 2018؛ Singh وآخرون، 2021). تتوافر الاسمدة النانوية المركبة والمنفردة على شكل مساحيق اقطار دقائقها >100 نانومتر (Josef و Katarína، 2015) لتوفر العناصر الغذائية للنباتات بتحرر بطيئ واستهداف ذكي .

يعتمد نجاح استعمال المواد النانوية كأسمدة في نمو النبات على بعض العوامل الأخرى مثل الحجم والتركيز والمكونات والخصائص الكيميائية للمواد النانوية (Thakur وآخرون، 2018). تتميز المواد النانوية بخصائص فريدة ناتجة عن انخفاض حجم الجسيمات ونسبة السطح إلى الحجم. كما إن توفر للأسمدة النانوية الفرصة المناسبة في تطوير النبات، وأمن المغذيات والممارسات الزراعية المتنوعة (Qureshi وآخرون، 2008). إذ لا تمتلك الاسمدة التقليدية جميع العناصر الغذائية اللازمة لنمو النبات والتكوين الغذائي (Dimkpa و Bindraban، 2017).

وقد ذكر Diaz وآخرون (2017) أن الاسمدة النانوية أكثر فائدة قياسا بالاسمدة التقليدية لأنها يمكن أن تكون فعالة بمقدار ثلاثة أضعاف للعناصر الغذائية لتقلل من متطلبات الاسمدة الكيماوية وتجعل المحاصيل مقاومة للجفاف والأمراض وتقليل الخطورة على البيئة. ويمكن إمتصاصها بسهولة من قبل النباتات بسبب ارتفاع مساحة السطح إلى نسبة الحجم . كما

يعد الحجم والشكل الخراجي للجسيمات النانوية عوامل قوية تحدد مستوى الوصول الحيوي للنباتات من التربة. قد لا تكون الجسيمات النانوية نشطة ليتم إمتصاصها على الفور من قبل النباتات ، بل قد تحدث سلسلة من التفاعلات التي تتراوح بين الأكسدة وإعادة التركيب لتزويد النباتات بالمغذيات الصغرى بشكل سليم، كما يمكن تصميم الأسمدة النانوية بطريقة تعالج نقص بعض العناصر الغذائية المحددة في النباتات (Lin and Lin، 2015).



شكل (2-1) مخطط توضيحي لمسار الامتصاص والنقل والتحول الحيوي لمختلف الجسيمات النانوية مع وسائط محتملة للامتصاص الخلوي في النظام النباتي. (a) توضيح امتصاص النبات الإنتخابي للـ (NPs) ونقلها. (b) مقطع عرضي لمنطقة امتصاص الجذور للجسيمات النانوية المختلفة موضحة تفاعلاتها (Rico وآخرون، 2014).

ذكر Liu وآخرون (2008) إن المعادن والجسيمات النانوية تمتصها بدرجة كبيرة المواد المسامية أو التربة ، مما يجعلها متوافرة بشكل عالي الجاهزية كعناصر غذائية أو حتى ملوثات عندما لا تكون مرغوبة. و في الآونة الأخيرة ، قام بعض الباحثين بتطوير براءة اختراع للأسمدة النانوية تسمى "Nano-Leucite Fertilizer" ، وهي صديقة للبيئة ويمكن إن تقلل من فقدان المغذيات ، مع زيادة إجمالية في إنتاج المحاصيل والاغذية (Kamran وآخرون، 2016). وهي عبارة عن أسمدة معدلة يتم تصنيعها بالطرق الكيميائية أو الفيزيائية

أوالحيوية بإستعمال تقنية النانو لتحسين سماتها وتكوينها ،مما يمكن إن يعزز إنتاجية المحاصيل (Elemike وآخرون، 2019؛ Singh وآخرون، 2021).

2-3-1 دور الأسمدة النانوية في الرش الورقي

عند اضافة أسمدة العناصر الغذائية التقليدية إلى التربة تتعرض إلى العديد من المشاكل السلبية من حيث توافر المغذيات للنباتات كالغسل والامتزاز والترسيب والإنحلال. لذلك، يعد الرش الورقي من أكثر الطرق فعالية لتصحيح المغذيات أوجه القصور وزيادة إنتاج المحاصيل وجودتها (Semida وآخرون، 2021). فضلا عن انه يقلل أيضًا التلوث البيئي ويزيد من فعالية استخدام المغذيات من خلال تقليل كمية الأسمدة المضافة إلى التربة (Eichert و Goldbach، 2008). وجد Pérez-de-Luque (2017) إن المواد المغلفة بالنانو ذات حجم أكبر من 10 نانومتر يحسن الاختراق عبر الثغور. كما تتميز الأسمدة النانوية بمساحة سطحية عالية ، وقدرة عالية على الامتصاص ، وحركية تحرر منظمة لمواقع مستهدفة، (Rameshaiah وآخرون 2015). غالبًا ما تقدم ناقلات العناصر الغذائية النانوية في الوقت المناسب و في المكان المستهدف، لذلك أغلب الدراسات ذات الصلة أظهرت اختراق الأسمدة النانوية وانتقالها من خلال الأوراق ، وتأثيرها على إنتاج المحاصيل ، كفاءة الإنتاج ، وتحمل النبات للإجهاد اللاحيوي ، و تقليل سمية العناصر الثقيلة.

2-3-2 تأثير الأسمدة النانوية في صفات النمو الخضري

تلعب الأسمدة النانوية دورًا مهمًا في فسيولوجية النبات والعمليات البيوكيميائية عن طريق زيادة توافر المغذيات. فقد اكدت الدراسات إلى إن اضافة سماد NPK النانوي إلى زيادة نمو وحاصل الحنطة، والذي تم تحقيقه من خلال زيادة توافر المغذيات عند رش NPK النانوي وسرعة اختراق ثغور الأوراق وبسهولة من خلال تبادل الغازات (Abdel-Aziz وآخرون، 2012)، كما زاد رش البوتاسيوم النانوي من قدرة النبات على تحمل الجفاف ويقلل من آثاره الضارة وكذلك ينظم عملية فتح وغلق الثغور مما يحسن من نمو النبات وزيادة نشاط عملية التمثيل الكربوني و يزداد كذلك تحسين نمو الأنسجة العليا التي لها تأثير إيجابي في

إطالة نمو النبات وتأخير شيخوخة أعضائه، وزيادة الإنتاج (Mijwel و Jabbr، 2019). و كذلك أظهر رش الكالسيوم النانوي أظهر تأثيرات عديدة على التفاعلات البيولوجية في النباتات، إذ يساهم في استمرار الانقسام الخلوي لأنه يدخل في مكونات جدار الخلية، ويساعد في تمثيل الايض للنيتروجين، ويقلل من سرعة النتح وكذلك دوره في نقل العناصر الغذائية وتنشيط عمل بعض الأنزيمات في نبات الفلفل (Al-Shahmani و Al-Juthery، 2021).

وضح Mahewish وآخرون (2021) إن سماد النانو NPK المركب المتوازن بالرش على أوراق اكليل الجبل بالتراكيز (0، 25، 75) ملغم. لتر ثلاث مرات لمدة 15 يوم بين اضافة وأخرى، وأضيف السماد النانوي NPK بتراكيز (0، 10، 20) مل اضافة واحدة أظهر التفوق في سماد النانو المركب من حيث الارتفاع وعدد الأفرع وكمية الزيت وكثافته وبعض المواد الفعالة بلغت (53.44 سم، 78.66 فرع، 2.2989 غم) مقارنة بإقل قيمة لمعاملة السيطرة. وكان العامل البيولوجي متفوقاً في الصفات التالية (الارتفاع، عدد الفروع، كمية الزيت، كثافة الزيت، والمركبات النشطة) (Merghany وآخرون، 2019). كما وجد الايدامي (2023) إن تراكيز مختلفة بين سمادي الزنك والكالسيوم النانوي قد اثرا بشكل معنوي على الصفات الخضرية والمواد الفعالة لنبات الريحان *Ocimum basilicum*.

وجد Gerami وآخرون (2012) إن اضافة السماد النانوي (الزنك والحديد) ساهم في تحفيز نبات الفلفل الحلو على إنتاج الهرمونات النباتية ولاسيما الاوكسينات ودورها المهم في زيادة ارتفاع النبات والحاصل البايولوجي وعدد تفرعاته فضلاً عن زيادة مساحة الأوراق مما يعزز ذلك من معدل البناء الضوئي ويزيد من كفاءة عمل الأوراق. كما بين Merghany وآخرون (2019) إن استخدام السماد النانوي قد اثر بشكل واضح على ارتفاع نبات الخيار *Cucumis sativus* وكذلك فأن استخدام هذه المواد بأربعة تركيز قد اثر بشكل واضح على الوزن الطري لهذا النبات ايضاً. كما وجدت الشباني (2020) إن السماد النانوي الورقي قد اثر بشكل واضح على الصفات الخضرية والحاصل الكلي والمادة الفعالة لنبات الحلبة

Trigonella foenum-graecum L.

بين Rose (2002) إلى إن السماد النانوي قد اثر على اغلب صفات النمو لنبات الرز كارتفاع النبات والحاصل الكلي ووزن 1000 حبه. كما وجد Elfeky وآخرون (2013)

إلى إن اضافة السماد النانوي اثر على صفات النمو الخضري و الوزن الطري لنبات الريحان *Ocimum basilicum* .

إن المواد النانوية المتواجدة على سطح جزيئات السماد تجعلها أقوى لإن شدها السطحي أعلى من الشد السطحي لجزيئات الأسمدة التقليدية، مما يزيد من كفاءتها في السيطره في تحرير المغذيات (Weil and Brady، 1999). وأن جزء كبير من عناصر الأسمدة المعدنية التقليدية المضافة إلى التربة تصبح غير متوافره للنباتات بفتره قصيره بعد الاضافة . على سبيل المثال 40-70٪ من الأسمدة النيتروجينية (N) و 80-90٪ من اسمدة الفوسفور (P) و 50-90٪ من اسمدة البوتاسيوم (K) يتم فقدانها أو تثبيتها في التربة، مما يؤدي إلى خسائر اقتصادية وتلوث في البيئة (Saigusa و Ombódi، 2000) لذلك سوف تضاف المزيد من الأسمدة إلى التربة لتعويض عن الأسمدة المفقودة ، مما يؤثر سلبيًا على توازن مغذيات التربة (Baruah و Dutta، 2019). اثبت Tarafdar(a) وآخرون (2012) إن الأغشية النانوية يمكن إن تستخدم لتغليف جزيئات الأسمدة لتسهيل التحرر البطيء للمغذيات. يتم استخدام الأسمدة النانوية بطيئة التحرر للمغذيات اثناء زراعة المحاصيل وقد تكون الأسمدة النانوية بديلاً رائعاً للأسمدة المعدنية التقليدية . أذ ستكون النباتات قادرة على امتصاص غالبية متطلباتها الغذائية دون خسائر (Huiyuan وآخرون، 2018).

أجرى Assi وآخرون (2020) تجربة حقلية في البيت البلاستيكي لدراسة أستجابة الفلفل الحلو (صنف قرطبة) *Capsicum annum* L. للرش الورقي بنوعين من الأسمدة النانوية في تربة رملية طينية. أشارت النتائج إلى تفوق معاملة الرش معنوياً في ارتفاع النبات، وعدد الأفرع الثمرية، ومساحة أوراق النبات، والوزن الجاف للمجموعة الخضرية، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل والنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. كما زاد عدد الثمار ووزنها، والمحصول المبكر والكلي بالنسبة للصفات المذكورة أعلاه. وهو نفس سلوك رش الزنك النانوي بتركيز في صفات ارتفاع النبات، وعدد الأفرع الثمرية، والوزن الجاف للمجموعة الخضرية، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل والنيتروجين والبوتاسيوم، وعدد الثمار ووزنها، والمحصول المبكر والكلي، حيث بلغت نسب الزيادة مقارنةً بمعاملة المقارنه. حيث تفوقت معاملة الرش بالزنك النانوي (3 غم.لتر) في صفتي مساحة الورقة ومحتوى الأوراق من

الفوسفور، حيث بلغت نسب الزيادة (18.17% و 24.53%) بالتتابع. إما بالنسبة للمعاملات المتداخله، فقد أظهرت تفوقاً على معاملة الرش بخليط من الحديد والزنك النانوي (2 غم لتر + 2 غم لتر) بإعطائها أعلى القيم لجميع الصفات المذكورة أعلاه.

أستخدم Al-Hussain and Al-Ebrahemi (2022) سماد سوبر ميكرو نانوي بثلاث مستويات، على بعض المؤشرات الفسيولوجية في الفلفل *Capsicum annuum L*. ، وكانت هذه المؤشرات (الكلوروفيل (a، b)، ألفا وبيتا كاروتين، إنزيم الكاتالاز (CAT) وأنزيم سوبر أكسيد ديسميوتاز (SOD) في أوراق نباتات الفلفل. أظهرت النتائج تفوق النباتات المروية بكثافة في المؤشرات الفسيولوجية (كلوروفيل b، ألفا كاروتين، بيتا كاروتين، إنزيم Superoxide dismutase (SOD) وأنزيم Catalase (CAT) على بقية المعاملات.

كما بين Teng وآخرون (2018) إن تأثير استخدام السماد النانوي على الفلفل تأثيراً إيجابياً في (محتوى الكلوروفيل a، محتوى إنزيم Catalase) عند المستوى الثالث من السماد النانوي مما أدى إلى زيادة امتصاص العناصر الغذائية والماء، كما أدى إلى زيادة نسبة المكونات الكيميائية في جسم النبات نتيجة معاملة الفلفل بالسماد النانوي مما أدى إلى زيادة سرعة التفاعلات الحيوية.

بين Nasrollahzadeh وآخرون (2019) إن القدرة السطحية الكبيرة للجسيمات النانوية يزيد من سرعة التفاعلات المؤدية إلى إنتاج مواد النمو. أظهرت نتائج التفاعل الثنائي بين الأسمدة النانوية تأثير واضح على محتوى الكلوروفيل a وعند التفاعل بين الري بماء المعامل و السماد النانوي ومحتوى الكلوروفيل b ، ومحتوى إنزيم الكاتالاز ومحتوى إنزيم سوبر أكسيد ديسميوتاز في أوراق نبات الفلفل عد استخدام السماد النانوي، ويمكن تفسير الزيادة في هذه المؤشرات إلى إن السماد النانوي على أساس ما أظهرته الدراسات السابقة إن زيادة في مؤشرات النمو وكفاءة التمثيل الضوئي، وتحويل المواد الممتصة ضوئياً من خلال تكسير أملاح الجسيمات الذائبة، مما يحسّن معايير النمو المختلفة.

وضح المعموري (2020) إن معاملات الأسمدة للنيتروجين النانوي واليوريا وكذلك معاملات الرش الورقي لأسمدة العناصر الصغرى النانوية الموليبدنم والبورون بمختلف

توليفاتها الاحادية و الثنائية والتأثير المنفرد للاسمدة والرش قد حققت زيادة معنوية في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي SPAD وقد حققت التوليفة الثلاثية للاسمدة نانو نيتروجين والرش الثنائي لنانو الموليبدنم ونانو البورون سبب زيادة في محتوى الكلوروفيل بمقدار 56.7 قياسا بمعاملة السيطرة والتوليفة الثلاثية لمصدر سماد اليوريا مع رش نانو موليبدنم + نانو بورون لنبات الذرة الصفراء، إما بالنسبة للمعاملات الثنائية فقد أعطت معاملة اسمدة نانو نيتروجين ورش نانو البورون أعلى محتوى من الكلوروفيل.

Havlin وآخرون (2005) وضح إن الزيادة التي حصلت في محتوى الكلوروفيل الكلي في أوراق نباتات الباذنجان تعود إلى دور الأسمدة النانوية مثل الزنك والحديد الذي يعد ضروريا في تكوين الحوامض النووية الرايبوزية RNA و DNA و مركبات الطاقة مثل ATP وكذلك مرافقات الأنزيمات فضلاً عن إن النيتروجين يدخل في تكوين الأنزيمات وبعضها من الفيتامينات وكذلك له دور مهم في مختلف العمليات الفسيولوجية وكذلك يعطي الاجزاء الخضراء من النبات اللون الاخضر الداكن وسبب وجود هذا اللون في النبات إلى مادة الكلوروفيل والتي تعتبر اساسا في عملية البناء الضوئي وتعد هذه المادة مسؤولة عن عملية صنع الغذاء في أوراق النبات. كما بين Al-Juthery وآخرون، (2018) إن الأسمدة النانوية تزيد من توافر المغذيات الجاهزة إلى النبات وبفترة أطول وبتحرر يتلائم مع نمو النبات الذي يزيد من تكوين الكلوروفيل، ومعدل التركيب الضوئي، وأنتاج المادة الجافة وبالنتيجة تحسين نمو النبات الكلي.

بين Sharifi وآخرون (2016) إلى إن استخدام الأسمدة النانوية اثرت بشكل فعال على نبات الذرة الصفراء *Zea mays* وأن هذه الزيادة في محتوى الكلوروفيل قد يكون للسماد النانوي الدور في تصنيع جزيئة الكلوروفيل من خلال رفع فعالية إنزيم carboxymethylcholine oxidase الضروري في تخليق الحامض الاميني amino levulinic acid والذي يعد بادئا ضروريا لتخليق الكلوروفيل (Barker and Stratton, 2015). Al-Juthery وآخرون (2018) بين ايضا إن نبات البطاطا *Solanum*

tuberosum بعد معاملة النباتات بالسماذ النانوي سبب ارتفاع في محتوى الكلوروفيل وزيادة فعالية الناقلات الالكترونية وبالتالي تزيد من عملية البناء الضوئي.

بين El-Saadony وآخرون (2021) إن اضافة أسمدة النانوية أدى إلى تحسين خواص التربة وتحرير العناصر من مركباتها فضلاً عن زيادة الجاهز من الفسفور فيها عن طريق تقليل ترسيب الفوسفات على سطوح معادن كاربونات الكالسيوم والمنافسة أو شغل مواقع الامتزاز على سطوح معادن كاربونات الكالسيوم مما ينعكس على زيادة عمليات تصنيع الغذاء النباتي. كما بين ايضاً إن اضافة السماذ النانوي سببت زيادة في محتوى البوتاسيوم في الأوراق ويعود ذلك إلى دور السماذ النانوي في تحسين تحرير العناصر من مركباتها فضلاً عن زيادة الجاهز من الفسفور فيها عن طريق تقليل ترسيب الفوسفات على سطوح معادن كاربونات الكالسيوم والمنافسة أو شغل مواقع الامتزاز على سطوح معادن كاربونات الكالسيوم.

أكد Fathi وآخرون (2017) في دراسة حول إستعمال أسمدة النانوية على الصفات الخضرية لنبات الذرة الصفراء و معدلات نسب النتروجين في الأوراق يعود إلى دور رش الأسمدة النانوية في زيادة مساحة التفاعلات الإنزيمية ومعدلاتها، وتشجيع إمتصاص المغذيات من الأوراق مقارنةً بالتربة مع تميز المواد النانوية بسرعة فائقة في الامتصاص والنقل والتمثيل وهذا ينعكس بالإيجاب على الحاصل البايولوجي للنبات.

بين Amirnia وآخرون (2014) إن اضافة أسمدة النانويه وتأثيرها على زيادة نسبة النتروجين في الأوراق لنبات الزعفران *Crocus sativus*. كما بين Ghorbani (2018) إلى إن استخدام أسمدة النانوية زاد من نسبة النتروجين في نبات الفول الاحمر *Pheseolus vulgaris*. ووضح Al-Fahdawi و Allawi (2019) واللذان اوضحا إن السماذ النانوي أدى إلى زيادة في معدلات نسبة البوتاسيوم في نبات الباذنجان *Solanum melongena*. كما وجد Ajirloo وآخرون (2015) إن استخدام السماذ النانوي أثر في معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق لنبات الطماطة *Lycopersicon esculentum*.

وجد الشحمانى (2021) إلى إن دور اضافة أسمدة النانوية الذي يعمل كمحسن ومخصب ويعزى ذلك إلى زيادة بعض العناصر والفسفور الجاهز في التربة وقد يعود سبب هذه الزيادة إلى تأثير المادة العضوية ومحتواها من العناصر الصغرى والكبرى وكذلك الكائنات الحية المجهرية المفيدة في بعض العمليات الايضية للنبات مثل عملية التنفس وعملية التمثيل الضوئي فضلاً عن زيادته لمضادات الاكسدة فيحافظ على محتوى الأوراق من الكلوروفيل من عملية الهدم (Asik وآخرون، 2009).

أظهرت النتائج المُحصَّلة إن المعالجة الورقية بمستحضر نانو 40 Active لنباتات الفلفل الحلو قد زادت بشكل ملحوظ من إنتاجية الثمار في الزراعة المحمية. وأدى استخدام مُستحضر نانو أكتيف فورتى إلى زيادة محتوى المادة الجافة، بالاضافة إلى تركيزات السكريات الكلية وفيتامين C والكاروتينات. كما عزز استخدام مُستحضرى نانو أكتيف فورتى ونانو أكتيف محتوى البوتاسيوم والفسفور، بينما حافظت تركيزات النترات والكالسيوم على مستواها بغض النظر عن التراكيز المُستخدمة.

درس Abdel-Aziz وآخرون (2021) تطبيق تركيزات مختلفة من سماد NPK النانوي المنتج (10%، 25%، 50% و 100%) على أوراق نباتات *Capsicum annum* L. ومقارنتها بالأسمدة الكيميائية التجارية، أظهرت النتائج المُحصَّلة إن مُرَكَّب NPK النانوي بتركيز 25% عزز بشكل ملحوظ نموّ وإنتاجية وحصاد الفلفل الحلو *C. annum* مقارنةً بالنباتات المُعالجة بالأسمدة الكيميائية، وأظهرت هذه الدراسة إمكانية استخدام مُستحضر صديق للبيئة من مُرَكَّبات NPK المُستخرَجة من النفايات (بتركيز منخفض) كسماد ورقي بدلاً من الأسمدة الكيميائية لتعزيز نموّ وإنتاجية الفلفل الحلو.

وضح Hatim (2025) من خلال تجربة في البيت البلاستيكي لتقييم تأثير الرش بتركيزات مختلفة من الزنك النانوي واطافة مخلفات الدواجن على نبات الفلفل *Capsicum annum* L ، وأشارت النتائج إلى إن معاملة الرش بسماد النانو زنك أظهرت زيادة معنوية في ارتفاع النبات وعدد الأفرع وعدد الأوراق والمادة الجافة للنبات بالاضافة إلى زيادة عدد الثمار ووزن الثمار والمحصول المبكر والكلية.

كما درس Al-Salami and Abbass (2021) رش نبات الفلفل الحلو بالسماذ النانوي (NPK) أو رشها بالتوكوفيرول النانوي (فيتامين E). و أظهرت النتائج إن رش نبات الفلفل بالسماذ النانوي المفرد والمركب أدى إلى زيادة معنوية في جميع محتويات النبات الغذائية وخصائص المحصول، ممثلةً في عدد الأوراق/النبات، ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، والكربوهيدرات الكلية، ومحتوى الثمار من النيتروجين (%)، والنترات، وفيتامين C، وعدد الثمار/النبات، والمحصول الكلي.

ومؤخرا حسنت عملية الرش الورقي في أصناف الفلف *Capsicum spp.* بدقائق المغنيسوم النانوية نمو النباتات، إذ سجلت زيادة ارتفاع النبات وطول الأفرع وعدد الأوراق وعدد الأزهار وعدد الثمار مقارنة بمعاملة السيطرة (Parveen et al., 2025). وادى التسميد بالرش لنفس الدقائق في نبات *Moringa oleifera* إلى زيادة عدد الأوراق ومساحة الورقة والوزن الطري والجاف وتحسين الصفات الكيميائية للإنسجة الورقية (Suliman et al., 2025).

وجد Teng وآخرون (2018) إن تطبيق الأسمدة النانوية أدى إلى زيادة كبيرة في العناصر الغذائية في التربة، وخاصة النيتروجين القلوي، بزيادة قدرها 100.0%. أدى استخدام السماذ النانوي إلى زيادة ملحوظة في نشاط إنزيمات التربة وتكاثر ميكروباتها. وبالمقارنة مع السماذ الكيميائي، زادت إنشطة إنزيمي ديهيدروجينيز dehydrogenase وكاتالاز Catalase و التربة في المعاملة 2 بنسبة 37.4% و 21.3%، كما زادت بكتيريا التربة والفطريات بنسبة 50% و 72% و 208%. يُحسّن استخدام السماذ النانوي من مغذيات التربة ونشاط إنزيماتها وتكاثر الكائنات الحية الدقيقة فيها، ويقلل من فقدان العناصر الغذائية.

درس Helaly and El-Bauome (2020) تأثير الرش الورقي بالنانو-كيتوسان Chitosan بتركيزات مختلفة (0، 25، 50 و 100 ppm) على إنتاجية الفلفل (صنف هيفا)، ومكونات المحصول، وبعض المكونات الكيميائية. أدى التسميد بالفوسفور النانوي بتركيز 48 كغم إلى زيادة ملحوظة في نمو الفلفل (ارتفاع النبات، عدد الأفرع لكل نبات، الوزن الجاف الكلي للنبات)، ومكونات المحصول (نسبة عقد الثمار، طول الثمرة، قطر الثمرة، محصول النبات، المحصول المبكر والمحصول الكلي للفدان)، المواد الفعالة مثل (الكابسييسين) في

الثمار. كما أدت زيادة تركيزات النانو كيتوسان تدريجيًا إلى زيادة جميع المعايير المقاسة لتصل إلى أعلى القيم عند تركيز 100 جزء في المليون كرش ورقي مقارنةً بالمعاملات الأخرى. وبشكل عام، أظهرت نتائج هذا العمل إن التطبيقات الورقية لـ 100 جزء في المليون من النانو كيتوسان يمكن أن تساعد في تعزيز نمو وإنتاجية الفلفل *C. annuum*. وكذلك محتوى القلويدات (المحددة على إنها كابسييسين).

درس García-López وآخرون (2019) تقييم الاستجابات الفسيولوجية لنباتات فلفل *Capsicum chinense* Jacq للرش الورقي بكبريتات الزنك وسماد الزنك النانوي في تجارب أجريت في البيوت المحمية. أثرت جسيمات أكسيد الزنك النانوية بتركيز 1000 ملغم/لتر بشكل إيجابي على ارتفاع النبات، وقطر الساق، ومحتوى الكلوروفيل، وزادت من إنتاجية الثمار وتراكم الكتلة الحيوية مقارنةً بمعاملات المقارنة. كما أثرت جسيمات أكسيد الزنك النانوية بتركيز 2000 ملغم/لتر سلبيًا على نمو النبات، لكنها زادت بشكل ملحوظ من جودة الثمار، ومحتوى الكابسييسين بنسبة 19.3%، وداي هيدروكابسييسين dihydrocappaicin بنسبة 10.9%. بالإضافة إلى ذلك، أدى تركيز 2000 ملغم/لتر من جسيمات أكسيد الزنك النانوية أيضًا إلى زيادة محتوى الفينولات الكلية والفلافونويدات الكلية (الذائبة والمرتبطة) في الثمار (14.50% و 26.9% على التوالي)، مما أدى إلى زيادة قدرة مضادات الأكسدة (قوة مضادات الأكسدة المختزلة للحديدك) (15.4%، و 31.8%، و 20.5% على التوالي). تشير هذه النتائج إلى إنه يمكن استخدام جسيمات أكسيد الزنك النانوية في إنتاج الفلفل و لتحسين المحصول والجودة والخصائص الغذائية.

وضح Mahewish وآخرون (2021) تضمنت التجربة معاملة سماد النانو NPK المركب المتوازن بالرش على أوراق نبات اكليل الجبل بالتراكيز (0، 25، 75) ملغم. لتر ذات تأثير معنوي على المركبات الفعالة وخصوصا على المركب النشط Camphene . كما بين Toksha وآخرون (2021) إن الأسمدة النانوية تستخدم لتحسين تغذية النبات وزيادة كفاءة المغذيات، وكذلك تحسين خصوبة التربة. تظهر التغيرات الجينية والفسيولوجية والمورفولوجية تأثيرا على التعايش الميكروبيولوجي للتربة والخصائص الفيزيائية والكيميائية.

كما تم تسليط الضوء على تأثير هذه الأسمدة على المكونات الفعالة للنبات، للأسمدة النانوية لتعزيز إنتاجية المحاصيل وجودة المحاصيل والتأثيرات البيئية المختلفة المعنية. أظهرت الدراسات إن المعاملة بدقائق الزنك النانوية يمكن إن يحفز إنتاج المركبات الفعالة في النباتات، فقد بينت دراسة على نبات *C. chinense* إن الرش الورقي بدقائق الزنك النانوية قد حسن من جودة الثمار وزاد محتواها من Capsaicin بنسبة 19.3% و Dihydrocapsaicin بنسبة 10.9% والفينولات الكلية بنسبة 14.5% و الفلافونويدات الكلية بنسبة 26.9%، كذلك زاد نشاط الأنزيمات المضادة للاكسدة مقارنة بمعامل المقارنة (Garcia-Lopez et al., 2019).

زاد رش Titanium dioxide (TiO_2) النانوي من نمو السبانخ، وحسن التمثيل الغذائي ومحتوى النتروجين والبروتين ومحتوى الكلوروفيل (Yang و اخرون, 2009) كما زاد محتوى الكلوروفيل والإنثوسيانين في محصول الذرة بشكل ملحوظ بعد الرش الورقي من $nTiO_2$ ثنائي اوكسيد التيتانيوم النانوي مما ادى إلى زيادة الحاصل ومكوناته (Morteza وأخرون 2013). تم تسجيل زيادة معنوية في بعض المعايير الفسيولوجية والكيموحيوية عند استخدام الأسمدة النانوية. إذ تأثر محتوى الكلوروفيل الكلي لأوراق زهرة الشمس *Helianthus annuus* بشكل ايجابي بالسائل النانوي المتوافق حيويًا (Pirvulescu و اخرون , 2014) فضلا عن ذلك ذكر Janmohammadi وأخرون(2016) إن الرش الورقي مع جزيئات TiO_2 نانو زاد الإنثوسيانين والكلوروفيل في الشعير. في الواقع ، يحسن $nTiO_2$ بنية الكلوروفيل، ويكثف من قدرة الأوراق كمصائد كاربونية لاشعة الشمس، ويعزز التمثيل الكربوني.

2-4 الفسفور النانوي Nano- Phosphorus

تم إجراء معظم الأبحاث حول الأسمدة النانوية باستخدام مغذيات معدنية مثل Cu و Mn و Zn و Fe . خلال العقد الماضي، إنتاج الجسيمات النانوية المعدنية بشكل كبير ومن المتوقع إن يصل الإنتاج العالمي إلى 58000 طن. في المقابل، فإن الأبحاث حول المغذيات الكبرى محدودة، على الرغم من إن هذه العناصر تزيد من الإنتاج العالمي للمحاصيل. من بين

المغذيات الكبرى، يعد نقص الفوسفور (P) عاملاً مشتركاً له اهميه في جودة المحاصيل في جميع أنحاء العالم (Azeem وآخرون، 2014).

الفوسفور (P) هو جزء من الأحماض الأمينية والأحماض النووية والفوسفوليبيدات والجزيئات عالية الطاقة مثل أدينوسين ثلاثي الفوسفات في جميع الكائنات الحية. و يعد الفسفور في النباتات عنصراً أساسياً مطلوباً للنمو والتكاثر، وهو أحد المكونات الرئيسية للأسمدة اللازمة لدعم الزراعة الحديثة. و يتراوح تركيز الفسفور غير العضوي (المتاح للنباتات) في التربة من 35 إلى 70% من إجمالي الفسفور (Tiwari وآخرون، 2022). ويُظهر هذا الشكل من الفسفور معدلات انتشار منخفضة ومعدلات تثبيت عالية في التربة من خلال تبادل المعادن، وأكاسيد وهيدروكسيدات الحديد والألمنيوم، وبالتالي يترسب على شكل فوسفات الحديد والألمنيوم والكالسيوم. فضلاً عن ذلك، يتم الحصول على الأسمدة الفوسفاتية من الصخور الفوسفورية، وبالتالي، تصبح اهمية تعزيز كفاءة امتصاص الفسفور واستخدامه في المحاصيل الزراعية مثل الرز والذرة، في حين يمثل تزويد الأسمدة النانوية بالفسفور بديلاً (Wang وآخرون، 2025).

يعد الفسفور من اهم العناصر الحيوية اللازمة لنمو وبقاء الكائنات الحية. على الرغم من أن هذا العنصر شائع ومتوافر على الأرض ، إلا أن توافره محدود أحياناً للنباتات ، وهذا يتوقف على الظروف الفيزيائية والكيميائية في التربة (مثل محتوى التربة من المادة العضوية والنسجة و تفاعل التربة pH. وهو عنصر فعال جدا مع العناصر أو المركبات الأخرى (Maryam و Abyaneh، 2024).

توافر الفسفور وفقدانه من التربة عوامل مهمة في توازن الكتلة (Masclaux-Daubresse وآخرون، 2017). وضح Zhu وآخرون (2011) آثار إضافة الفسفور النانوي على فقدان الجريان السطحي في حقول الرز. أستخدمت الدراسة الفسفور كعنصر مقارنة، وكانت المعايير التي تم قياسها هي تركيز الفسفور، وخسائر غسل الفسفور، وحاصل الحبوب. كما كان متوقعاً، ازدادت كمية الفسفور في التربة بسرعة بعد التسميد في معاملات التجربة؛ ومع ذلك، فإن الفسفور الكلي إنخفض بعد معاملة الفسفور النانوي أكثر من بعد المعاملة بالأسمدة التقليدية (Jadav وآخرون، 2024). لاحظ الباحثون زيادة في أيام البزل مع المعاملة

بسماد الفسفور النانوي مقارنة بمعاملة اليوريا التقليدية، فيما يتعلق بالإنتاجية الحقلية، كان الحاصل والكفاءة الحقلية أكبر مع معاملة النانو. وتوصل الباحثون إلى إن معاملة النانو زادت من حاصل الحبوب والكفاءة الحقلية مع فقدان إقل للفسفور P، بسبب قابلية الذوبان العالية (Azeem وآخرون، 2014).

تم إجراء بعض الدراسات المقارنة بواسطة Huang وآخرون (2015) إذ تم مقارنة اضافة الفسفور النانوي على محصول الرز. وقد لوحظت زيادات في الممتص من العنصر في المادة الجافة للنبات (الأوراق) وفي الفرع بعد معاملة النانو مقارنة بالاسمدة التجارية التقليدية. وكانت إحدى النتائج المهمة للدراسة نفسها إن وزن الحبوب التي تم حصادها كان أعلى في النباتات التي عوملت بالنانو؛ بشكل عام، كان هناك زيادة في الكفاءة الحقلية بنسبة 44.5 % وحاصل الحبوب بنسبة 10 %، في حين وجد الشامي (2019) عند دراستهم حول سلوك النانو فسفور منفرد وتوليفاته الثنائية مع نانو البوتاسيوم والثلاثية للمصدر النانوي والتقليدي وتأثيرها على نمو وحاصل البطاطا، اختلاف كفاءات إستعمال عنصر الفسفور حسب مصدره المضاف وتوليفاته وكانت كفاءة إستعمال الفسفور (85.30 % و 96.35 % و 92.52 % و 97.43 % و 52.27 %) لمعاملات اسمدة نانو (N و NP و NK و NPK) والمركب (NPK) التقليدي بالتتابع .

2-4-1 تأثير الفسفور النانوي في مؤشرات النمو

وضح كل من Helaly و El-Banome (2020) تأثير الرش الورقي بالفسفور النانوي على إنتاجية الفلفل الحار "صنف هيفا" وتفاعلاتهما على نمو النبات، ومكونات المحصول، وبعض المكونات الكيميائية. أدى التسميد بالفوسفور بتركيز (48) كغم P2O5/دونم إلى زيادة ملحوظة في نمو الفلفل الحار (ارتفاع النبات و عدد الأفرع لكل نبات الوزن الجاف الكلي للنبات)، ومكونات المحصول (نسبة عقد الثمار و طول الثمرة و قطر الثمرة، محصول النبات و المحصول المبكر والمحصول الكلي للدونم)، والمكونات الكيميائية (الكلوروفيل الكلي و المواد الصلبة الذائبة الكلية و فيتامين C و النيتروجين الكلي و الفوسفور

الكلي والبوتاسيوم)، فضلاً عن محتوى الكابسييسين في الثمار مقارنةً بالنباتات غير المعاملة. كما أدت زيادة تركيزات النانو فسفور تدريجياً إلى زيادة جميع المعايير المقاسة لتصل إلى أعلى القيم عند تركيز (100) جزء في المليون كرش ورقي مقارنةً بالمعاملات الأخرى، كما أظهرت نتائج الدراسة أعلاه إن التطبيقات الورقية لـ 100 جزء في المليون من النانو يمكن إن تساعد في تعزيز نمو وأنتاجية الفلفل الحار .

كما بين Sunil وآخرون (2024) الرش الورقي للفسفور النانوي بتركيز 0.4% + 125% من إلى تحسين خصائص النمو وأنتاجية الفلفل الأخضر (33.07) طن/هكتار. أدى استخدام الأسمدة النانوية في زيادة كبيرة في العائد بنسبة (39.0%). كما لوحظت زيادات بنسبة 57.2% و 49.3% مقارنةً بمصادر التسميد التقليدية. أدى معاملة 75% من السماد النانوي مع إلى توفير 25-50% من الإنتاج مقارنةً بالمصادر التقليدية. تشير النتائج إلى تقليل استخدام الأسمدة النيتروجينية بنسبة تصل إلى 50%، مما يُظهر الجانب الصديق للبيئة للأسمدة النانوية. إنها تعمل على تعزيز الإنتاجية والربحية مع دعم الزراعة المستدامة عن طريق تقليل استخدام النيتروجين.

كما وضع Ahmed وآخرون (2020) في دراسته إلى إيجاد افضل مزيج من أسمدة NPK والمغذيات الدقيقة النانوية على نمو وأنتاجية وجودة الفلفل الأحمر الحار. أجريت دراسة ميدانية على الفلفل الحار لأربعة مستويات من التسميد بالنيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم. أشارت النتائج إلى إن النمو الخضري زاد بشكل ملحوظ عند استخدام التسميد بالفوسفور بتركيز 100 أو 75%، فضلاً عن المغذيات الدقيقة النانوية بمعدل 0.5 غم/لتر، وبالتوليف معاً، مقارنةً بالمجموعة المسيطر عليها (NPK، مغذيات دقيقة نانوية). وزادت مكونات المحصول والمكونات الكيميائية تدريجياً بزيادة مستويات أسمدة NPK خلال الموسمين. وكان افضل معاملة هو استخدام 100% من العناصر الغذائية الدقيقة من أسمدة الفسفور النانوي مع 0.5 غم/لتر من المغذيات الدقيقة النانوية، مقارنةً بالمعاملات الأخرى قيد الدراسة، والتي زادت المحصول والكابسييسين بنسبة 75% من NPK و 0.5 غم/لتر من النانو مقارنةً بمعاملة السيطرة.

كما بين Assi وآخرون (2020) استجابة الفلفل الحلو (صنف قرطبة) للرش الورقي بنوعين من الأسمدة النانوية في تربة رملية طينية، هدفت التجربة إلى دراسة تأثير سماد الفسفور النانوي على أربعة مستويات (0، 1، 2، و 3 غم لتر)، أشارت النتائج إلى تفوق معاملة الرش (2 غم لتر) معنوياً في ارتفاع النبات، عدد الأفرع الثمرية، مساحة أوراق النبات، الوزن الجاف للمجموعة الخضرية، محتوى الأوراق من الكلوروفيل، النيتروجين، الفوسفور والبوتاسيوم. كما زاد عدد الثمار ووزنها، والمحصول المبكر والكلية بنسبة (30.40، 50.82، 16.55، 17.97، 25.46، 38.19، 31.37، 38.19، 16.17، 18.50، 34.69، و 40.57%) للصفات المذكورة أعلاه.

5-2 نبات الثوم *Allium sativum* L.

الثوم *Allium sativum* L. نبات معمر Perennial قوي، يسمى بالعربية THUM وبالإنكليزية Garlic. ذو أوراق مسطحة ضيقة، وأزهار بيضاء أرجوانية صغيرة، وسيقانه ترابية من نوع البصيلات bulbils. البصلة مركبة بطبيعتها، ويمكن فصلها إلى العديد من "الفصوص" الصغيرة المغطاة بقشور جافة بيضاء أو وردية رقيقة، (Chakrvrtty، 1976).

وذكر Sosa وآخرون، (2025) أن النبات ينتمي الى العائلة الأمارينثية Amaryllidaceae والى العويئة Alliodeae والى العشيرة Allieae. وقد ذكر Londhe وآخرون، (2011) انه نبات عشبي موطنه الاصلي بلاد البحر البيض المتوسط. يحتوي على 66 - 61 % ماء، 3.1 5.4 % بروتين، 23 - 30 نشويات، 3.6 % الياف. و يعد من اهم النباتات العشبية الغنية بالمواد الغذائية. التي يحتوي على السلينيوم ، السكروز ، فيتامينات (A) والاملاح المعدنية وغيرها. في حين ذكر Chung وآخرون، (2024) انه نبات عريق ذو تأثير كبير على مختلف الثقافات والتقاليد. ففي حضارات مثل اليونان وروما والصين والهند، استُخدم الثوم على نطاق واسع كعشب طبيّ وتوابلٍ وبهاراتٍ. ويُستخدم الثوم على نطاق واسع في مختلف المطابخ. وهو متوفرٌ بأنواعٍ عديدةٍ، ويُنتَج بشكلٍ رئيسيّ في دولٍ مثل الصين والهند وروسيا وكوريا الجنوبية. كما ذكر Zahim وآخرون، (1997) انه يمكن تقسيم الثوم الى ضربين varieties هما *Allium sativum* var. *ophioscordon* (ثوم

مُزهر؛ يُعرف أيضًا في الزراعة باسم ثوم العنق الصلب أو الثوم ذو العنق الصلب hard neck يمكن تمييزه ساق زهرة طويل (scape) يكون ملتقًا في البداية، ثم يصبح منتصبًا ويحمل مظلة عقيمة. أما الضرب الثاني *A. sativum* var. *sativum* (المعروف باسم ثوم العنق الناعم soft neck)، فلا يُزهر في الظروف العادية.

وقد أورد Agbo So وآخرون، (2021) تصنيف النبات وبالشكل الآتي :-

Kingdom: Plantae
 Subkingdom: Tracheobionte
 Superdivision: Spermatophyta
 Division: Magnoliophyta
 Class: Equisetopsida
 Subclass: Magnoliidae
 Superorder: Lilianae
 Order: Asparagales
 Family: Amaryllidaceae
 Genus: *Allium*
 Species: *sativum*

1-5-2 انواع نبات الثوم

يعد نبات الثوم، *Allium sativum* L. هو أحد المحاصيل النباتية القليلة التي تتكاثر خضريًا فقط عن طريق تقسيم الأبخال الأرضية أو الهوائية. هنالك تصنيفين رئيسيين للثوم. مع التصنيف الأول، ينقسم نوع *Allium sativum* L. إلى ثلاثة أصناف: (1) *A. sativum* var. غير مُزهر، (2) ثوم *A. sativum ophioscorodon* - مُزهر، ذو سيقان ملتوية تشبه الثعبان، والنوع الثالث ثوم *A. sativum* var. *scordoprasum* - مُزهر، ذو سيقان غير ملتوية (يشمل ثوم الروكامبول وأنواع الثوم الأخرى غير القابلة للزراعة) (Harris وآخرون، 2001).

2-5-2 فوائد نبات الثوم

شجع علماء الطب الأوائل، مثل أبقراط وبلينيوس وأرسطو، على استخدام هذا النبات في العديد من الاستخدامات العلاجية. واليوم، يُستخدم على نطاق واسع في العديد من الثقافات كتوابل. يُعد ثاني أكثر المكملات الغذائية استخداماً. وبفضل مركباته المحتوية على الكبريت، ومحتواه العالي من المعادن، وأنزيماته (Ansary وآخرون ، 2020). إذ أظهر قدرات مضادة للفيروسات والبكتيريا والفطريات ومضادات الأكسدة، تشمل الأمراض التي يمكن الوقاية منها أو علاجها من خلال الخصائص الطبية للثوم كمرض الزهايمر، والسرطان، وأمراض القلب والأوعية الدموية (بما في ذلك تصلب الشرايين والسكتات الدماغية وارتفاع ضغط الدم والتخثر وفرط شحميات الدم)، وأمراض الأطفال والتطبيقات الجلدية والتوتر والالتهابات. وتشير بعض الأبحاث إلى فوائد محتملة في علاج مرض السكري وسمية الأدوية وهشاشة العظام وذلك بفضل خصائصه المضادة للاكسدة والالتهابات ونقص الدهون وتأثيره على الاجهاد التاكسدي والتمثيل الغذائي والجلد والعظام وغيرها من الامراض الشائعة (Bongiorno وآخرون، 2008). كما اوضح Ansary وآخرون (2020) إن الثوم من التوابل المُغذية الغنية بالبوليفينول Polyphenol والكبريت العضوي.

2-5-3 تأثير نبات الثوم كمستخلصات مشجعة للنمو

درس Ahmed وآخرون (2022) تأثير زراعة الثوم *Allium sativum* على الكلوروفيل A والكلوروفيل B ومحتوى الكلوروفيل الكلي ومعدل التمثيل الضوئي للأوراق والأنزيمات المضادة للأكسدة في الفلفل خلال دراسة استمرت عامين من عام 2011 إلى عام 2012. وتمت مقارنة التحليل الفيزيائي والكيميائي للفلفل المزروع مع الثوم العادي والثوم الأخضر (G064). أظهرت النتائج إن الكلوروفيل أ ومحتوى الكلوروفيل الكلي ومعدل التمثيل الضوئي الصافي ونشاط الكاتالاز (CAT) قد تعززت بشكل ملحوظ في الفلفل المزروع مع الثوم العادي، بينما تم تعزيز الكلوروفيل ب والبيروكسيداز (POD) بشكل

ملحوظ في الفلفل المزروع مع الثوم الأخضر. تم تثبيط إنزيم أوكسيديز البوليفينول (PPO) عن طريق الزراعة المتداخلة ومستوى مرتفع من نشاط (PPO) الملحوظ في السيطرة.

بين Xiao وآخرون (2019) إن الثوم بمكوناته المضادة للميكروبات وبشكل أساسي الأليسين وتؤثر الإفرازات التي يفرزها نظام تجذير الثوم بشكل واضح على بنية التربة والبيئة كما إن لها تأثيرا كبيرا على إنمات نمو النبات، وأنتاج الثمار وجودة المحصول الآخر المزروع بين المحاصيل يتم إطلاق المواد الكيميائية الأليبية إلى البيئة بكمية ملحوظة من خلال إفرازات الجذور، النتج للأوراق وبقايا النباتات المتحللة الأخرى، والتي يمكن إن تؤثر على نمو النباتات وتطورها، بما في ذلك الانبات ونمو الشتلات المبكر.

بين شميران (2016) إن الرش بمستخلص الثوم اعطى اعلى معدل في صفة طول النبات، الوزن الجاف لنبات الشعير *Hordeum vulgare*. كما وجد الشمري (2014) إن المستخلصات مهمة في عملية أنبات نبات الفلفل، إذ أظهرت النتائج وجود فروق معنوية في معدل أنبات بذور الفلفل باستخدام مستخلص الحبه السوداء.

وجد شنواو و جلاب (2014) إن أستجابة نبات النعناع للرش بمستخلص نبات الثوم اثر بشكل كبير في صفات النمو الخضري وحاصل الزيت الطيار، كما اثر بشكل واضح في صفات نمو النبات وارتفاع النبات، الوزن الطري والجاف للأوراق، محتوى الكلوروفيل و عدد الأفرع. كما اوضحوا حسين والركابي (2006) إن استخدام الرش بمستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل معنوي على صفات النمو الزهري والحاصل لنبات الخيار *Cucumis sativus*، إذ ادى الرش بالمستخلص إلى تحسين صفات النمو. كما بين معيتيق و هروس (2021) إن الرش بمستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل واضح في صفات النمو الخضري وحاصل الزيت الطيار لنبات الريحان *Ocimum bacilicum*، حيث أظهرت النتائج إلى إن رش نبات الريحان بمستخلص الثوم حفز نمو النبات بشكل كبير مما ادى إلى زيادة في معدل اغلب صفات النمو الخضري، كما أظهرت النتائج فروق معنوية في معدلات العناصر المعدنية

الكبرى مثل الكالسيوم و البوتاسيوم و الفسفور و المغنسيوم و النتروجين، كذلك معدلات العناصر المعدنية الصغرى مثل الحديد، الخارصين والنحاس.

كما بين Puvača وآخرون (2015) إن الأليسين (Allicin) هو المركب النشط حيويًا الرئيسي الموجود في مستخلص الثوم المائي أو متجانس الثوم الخام. عندما يتم تقطيع الثوم أو سحقه، يتم تنشيط إنزيم الأليناز الموجود في الثوم ويعمل على الأليين (الموجود في الثوم السليم) لإنتاج الأليسين. المركبات المهمة الأخرى المحتوية على الكبريت الموجودة في الثوم هي أليل ميثيل ثيوسلفونات S-Methyl p-toluenethiosulfonate و 1-بروبينيل أليل ثيوسلفونات p-toluenethiosulfonate propenyl و-alkyl-L-γ-Lglutamyl-S-cysteine. البيبيرين.

كما وجد Hayat وآخرون (2016) أنه تم استعمال 100 ميكروغرام/مل¹ من مستخلص الثوم المائي (AGE) مع 1 مل من حمض الأسيتيل ساليسيليك (ASA) والماء المقطر كعلاج تحكم على شتلات الباذنجان والفلفل كطرق للرش الورقي والتسميد، كما تم الحصول على تغييرات كبيرة في النبات مثل الكلوروفيل والكاروتينات والسكريات القابلة للذوبان، فضلاً عن ذلك، لوحظ تحفيز إنزيمات مضادات الأكسدة مثل سوبر أوكسيد ديسميوتاز (SOD) وبيروكسيداز (POD).

الفصل الثالث

المواد وطرائق العمل

Materials and Methods

3- المواد وطرائق العمل Materials and Methods

1-3 موقع الدراسة

نفذت الدراسة في أحد حقول كلية العلوم/ جامعة القادسية، محافظة الديوانية، للموسم الربيعي 2024 في تربة طينية غرينية ذات خصائص كيميائية وفيزيائية مبينة في جدول (3-1).

3- 2 تحضير المحددات الدراسة

تم تحضير المحددات وهي اصص (سنادين) بلاستيكية معتمدة سعة الواحدة منها (20) كغم وبابعاد (40×30)، إذ ملئت ب (15) كغم من مزيج التربة (2 : 1 تربة رملية:سماد حيواني) (مخطط 1-2). تم زراعة بذور الفلفل (صنف محلي) تم الحصول عليه من المكاتب الزراعية المعتمدة لبيع وشراء البذور في محافظة الديوانية. كما تم الحصول على سماد الفسفور النانوي المنتج من شركة Fanavar Seperhr Parmis الايرانية وحسب المعلومات المتوافرة من الشركة المصنعة (ملحق 4).

إما تحضير الثوم ، فقد جفف الثوم وتم طحنه بواسطة طاحونة كهربائية وبعدها تم اضافة كحول ايثيلي (70%) في بيكر زجاجي حجم 500 مل، بعد ذلك تم وزن (20) غم من الثوم المجفف واضيف (200) مل من الكحول تم مزجة بالتحريك لمدة ساعتين. بعد ذلك تم استعمال ورق الشاش الطبي (طبقتين او ثلاث طبقات) لترشيح المزيج. بعدها تم صب الراشح في اطباق بتري وحفظت الرواشح في الفرن لمدة يوم واحد على درجة (40) م ° لكي يتم الحصول على المستخلص. بعدها تم حفظ المستخلص في اكياس معقمة لحين الإستعمال.

3-3 التحاليل المختبرية

أخذت عينات ممثلة من تربة المخصصة للتجربة من الطبقة السطحية ثم جففت هوائياً وطحنت بمطرفة بلاستيكية ومررت من خلال منخل قطر فتحاته (2) ملم ومزجت جيداً لغرض مجانستها وأخذت منها عينات لغرض إجراء بعض التحاليل الفيزيائية والكيميائية

لتربة المستخدمة والمبينة في الجدول (1-3). تم اجراء تحليل التربة وتم قياس خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية في وحدة ابحاث البيئة/ كلية العلوم/ جامعة القادسية و كما مبين في جدول (1-3).

جدول (1-3) بعض خصائص التربة الكيميائية والفيزيائية وطرائق التحليل

الخاصية	الوحدة	القيمة	المصدر المستعمل لتقدير الصفة
درجة تفاعل التربة pH	-----	7.6	(Page وآخرون،1982)
الايصالية الكهربائية EC (1:1)	ديسيمنز.م ⁻¹	2.1	(Page وآخرون،1982)
السعة التبادلية لـ CEC للأيونات الموجبة	سنتيمول ⁺ .كغم ⁻¹ تربة	26.3	(Black، 1965)
مادة التربة العضوية SOM	غم كغم ⁻¹ تربة	16.0	(Black، 1965)
معادن الكاربونات		217	(Page وآخرون،1982)
محتوى العناصر المغذية الجاهزة			
النيتروجين	ملغم كغم ⁻¹	27	(Black، 1965)
الفسفور		14.0	(Page وآخرون،1982)
البوتاسيوم		290	(Black، 1965)
البورون		0.86	(Black، 1965)
الموليبدنم		0.63	(Black، 1965)
مفصولات التربة			
الرمل	غم كغم ⁻¹ تربة	120	(Black، 1965)
الغرين		580	
الطين		300	
النسجة	مزيجة طينية غرينية Silt clay loam		
الكثافة الظاهرية	مايكرو غرام م ⁻³	1.4	(Black، 1965)

3- 4 التصميم ومعاملات التجربة

أستعمل تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Rrandomized Complete Blok Design (RCBD)، تضمنت التجربة (36) وحدة تجريبية وبواقع ثلاث مكررات، إذ يتكون العامل الاول من (2، 4 و 6) غم/ لتر سماد فسفور نانوي فضلاً عن معاملة السيطرة والعامل الثاني تراكيز مستخلص نبات الثوم (15 و 20 غم/ لتر) فضلاً عن معاملة السيطرة.

بحسب تعليمات شركة Fanavar Seperhr Parmis الايرانية المنتجة للسماد النانوي والتي اضيفت بعد الإذابة التامة بالقليل من الماء المقطر واكملها بماء الري ورشها على المجموع الخضري لنبات الفلفل بطريقة الرش الورقي حتى البلل الكامل للمجموع الخضري، إذ أستمعلت المرشة اليدوية سعة (2) لتر في تنفيذ المعاملات وبضع قطرات من المادة الناشرة (الزاهي) لضمان كسر الشد السطحي لمحلل الرش (الساهوكي، 1990). تمت عملية الرش في الصباح الباكر مع مراعاة إستعمال النايلون لفصل المعاملات اثناء عملية الرش لضمان عدم تطاير الرذاذ بين المعاملات المتجاورة، إذ تمت الرشة الأولى بتاريخ 2024/11/1 وبعد مرور (10) يوم تمت الرشة الثانية لنبات الفلفل واتبعت الخطوات نفسها المذكورة في الرشة الأولى مع الرشة الثانية.

تركيز المستخلص (غم/لتر)									تركيز السماد النانوي (غم/لتر)
البلوك الثالث			البلوك الثاني			البلوك الأول			
20			15			0			
									
									
									
									

مخطط (1-3) التوزيع التوافقي لاصص المعاملات وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة

3-5 الزراعة وخدمة المحصول

تم زراعة بذور الفلفل (صنف محلي) وذلك بتاريخ 2024 /9/20 والي تم الحصول عليه من المكاتب الزراعية المعتمدة لبيع وشراء البذور في محافظة الديوانية. تمت الزراعة

بعمق (10) سم في كل سندانه. كما كانت عملية العزق يدوية كلما دعت الحاجة إلى ذلك للتخلص من الأدغال النامية مع المحصول.

3-6 بعض خصائص الأسمدة المستعملة في التجربة

تم الحصول على الأسمدة المخلبية النانوية من شركة Fanavar Seperhr Parmis لإنتاج الأسمدة النانوية الفسفور (25%) (طهران – إيران).

3-7 الصفات المدروسة للنبات

3-7-1 مؤشرات النمو الخضري

تم قياس مؤشرات النمو الخضري بتاريخ 2024/11/25 قبل موعد التزهير لجميع نباتات الفلفل (الساهوكي، 1990)..

3-7-1-1 ارتفاع النبات (سم)

قيس ارتفاع النبات بواسطة شريط القياس من مستوى سطح التربة إلى أعلى قمة للنبات لجميع النباتات (الساهوكي، 1990).

3-7-1-2 قطر الساق (سم)

تم قياس قطر الساق للنباتات من المنطقة الوسطى للنبات بواسطة القدمة الالكترونية (vernier caliper) (صيني المنشأ) لجميع النباتات.

3-7-1-3 عدد الأوراق (ورقة/نبات¹)

تم حساب عدد الأوراق للنبات الواحد إذ اختيرت ثلاث نباتات لكل معاملة (الساهوكي، 1990).

3-7-1-4 المساحة الورقية

حسبت المساحة الورقية بتطبيق المعادلة الآتية:

المساحة الورقية (سم² نبات⁻¹) = طول الورقة × عرض الورقة (الساهوكي، 1990).

3-7-1-5 عدد الأفرع (فرع/نبات)

تم حساب عدد الأفرع للنبات الواحد و لجميع النباتات (الساهوكي، 1990).

3-7-1-6 الوزن الطري والجاف للمجموع الخضري (غم/نبات¹)

تم أخذ ثلاث نباتات من كل مكرر لكل معاملة ونظفت جيداً من الاوساخ والأتربة العالقة باستخدام الماء المقطروف فصل المجموع الجذري عن الخضري ووزن كل منهما بإستعمال الميزان الحساس . بعد ذلك تم تجفيف كل الاجزاء في الهواء أولاً ثم وضعت الاجزاء الجافة الخضرية والجذرية كلاً على إنفراد في أكياس ورقية مثقبة ووضعت في الفرن الكهربائي بدرجة حرارة (70) م° لمدة (48) ساعة لحين ثبوت الوزن ثم وزنت بإستعمال الميزان الحساس لتقدير الوزن الجاف.

3-7-2 مؤشرات الفسلجية

3-7-2-1 محتوى الكلوروفيل في الأوراق (ملغم/غم وزن طري)

قدر محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي حسب الطريقة المتبعة من قبل (Makinney، 1941). أخذ (1) غم من الأوراق النباتية الطازجة وسحقت في هاوني خزفي ثم أضيفت إليها (10) مل من الاسيتون بتركيز (80%). بعدها فصل الراسب من الراشح بإستعمال جهاز الطرد المركزي نوع Heraeus-christ gummy الماني الصنع بسرعة 3000 دورة/دقيقة ولمدة 15 دقيقة، كرر الاستخلاص مرة أخرى باضافة (10) مل من الاسيتون للراسب المتكون وبالطريقة السابقة نفسها. وإستعمال جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer ياباني المنشأ موديل 2006، قرأت الامتصاصية على الطولين الموجيين القياسيين 663-645 نانومتر، ثم تم حساب محتوى الأوراق من الكلوروفيل حسب المعادلات التالية:

$$\text{Total chlorophyll mg/g fresh tissue} = (20.2(D_{645}) + 8.02(D_{663})) \times V/1000W$$

إذ إن:

D = الكثافة الضوئية للمستخلص

V = الحجم النهائي للراشح المستخلص بعد اتمام عملية الفصل

W = الوزن الطري لنسيج النبات المستعمل (غم)

2-2-7-3 الهضم الرطب لعينات الاوراق لتقدير العناصر الغذائية والبروتين

تمت عملية الهضم وفقاً لطريقة Cresser و Parsons (1979) إذ اخذ 0.25 غم من مطحون الوزن الجاف لكل معاملة ووضعها في انابيب الهضم الزجاجية سعة 100 مل، اذ اتبعت طريقة الهضم ثنائي الحامض Di-acid digestion بنسبة (4:9) اي اضافة حامض الكبريتيك المركز (H_2SO_4) الى الدرق ومن ثم حامض البيركلوريك المركز ($HClO_4$)، بعد ذلك وضعت انابيب الهضم في حمام رملي مزود بمصدر حراري حتى اصبح لون المحلول رائقاً ثم تركت لتبرد وبعدها اكمل الحجوم الى 100 مل بالماء المقطر لتصبح جاهزة لتقدير العناصر المطلوبة وفقاً للطريقة الخاصة بكل واحدة منها.

3-2-7-3 تركيز العناصر في النبات

1 - نسبة النتروجين (%)

وفقاً لطريقة Cresser و Parsons (1979) تم تقدير نسبة النتروجين من خلال اضافة 10 مل من NaOH (35%)، و 10 مل من محلول العينة المهضومة إنفا في دورق التقطير Distilling flask الحاوي 50 مل من H_3BO_3 حامض البوريك (4%) في جهاز تقطير النتروجين (المكروكلدال Macrokjeldhal، الماني المنشأ) لجمع الامونيا NH_4 لمدة تتراوح بين 30-40 دقيقة وبعدها يسحب الحامض الحاوي على الامونيا مع حامض الكبريتيك (0.05 مولاري) ومن ثم يحسب حجم الحامض المستهلك (في عملية التسحيح) وتطبق المعادلة ادناه لتقدير النسبة المئوية للنتروجين:

$$\text{النتروجين (\%)} = \frac{\text{حجم الحامض المستهلك} \times \text{عياريته} \times \text{الحجم الكافي}}{10000} \times \frac{\text{الحجم الكلي للعينة}}{\text{وزن العينة المهضومة}} \times 100$$

2- نسبة الفسفور (%)

تم تقدير الفسفور الكلي في العينات النباتية المهضومة بإستعمال مولبيدات الامونيوم Ammonium Molbdate وحامض الاسكوربيك Ascorbic Acid ثم تمت قراءة العينات بإستعمال جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer -UV Visibl بريطاني المنشأ وعلى طول موجي 882 نانومتر وحسب طريقة (John، 1971).

3- نسبة البوتاسيوم (%)

تم تقدير نسبة البوتاسيوم حسب طريقة (A.O.A.C، 2000) بإستعمال جهاز مطياف الإنبعاث اللهبى Flame emission photometer نوع gallan kamp إنكليزي الصنع على طول موجي 766.5 نانوميتر.

4- نسبة الكالسيوم والمغنسيوم

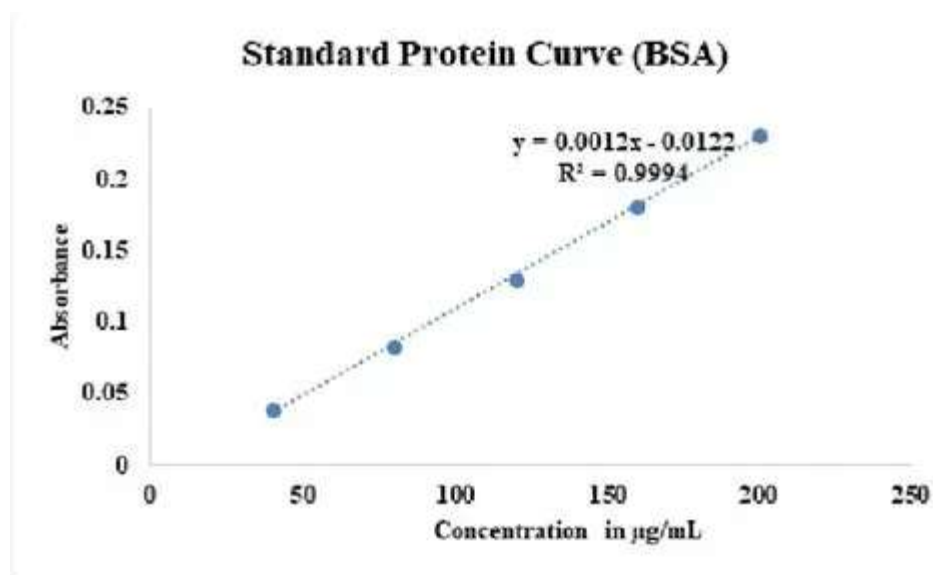
تم تقديرهما حسب طريقة (Richards، 1954) والتي تتضمن التسحيح مع (Na₂ EDTA 0.01N) وبأستخدام دليل الميروكسايد لتقدير الكالسيوم واستخدام دليل E.B.T عند تقدير الكالسيوم والمغنيسيوم معاً لتوضيح نقطة نهاية التفاعل.

5- محتوى الزنك (مايكروغرام/غم¹)

وفقا لطريقة Cresser و Parsons (1979) و A.O.A.C. (2000) تم تقدير محتوى الزنك اعتمادا على المحلول القياسي بواسطة جهاز الامتصاص الذري Atomis Absorption Spectrometey (AAS) (نوع USA ، 5000 ، Pekin Elmer، امريكي المنشأ).

6- نسبة البروتين

تم تقدير البروتين بإستعمال الطريقة المتبعة من قبل كل من (Friday and Bishop، 1985) في العينات النباتية المجففة وذلك باستخدام محلولين هما محلول البايوريت ومحلول الفوسفيت (pH6) وكما يلي: إذ تم أخذ (1) غم من الأوراق الطرية وسحقة في محلول الفوسفيت في هاون فخاري وموضوع على جريش الثلج اثناء السحق لمدة (5-10) دقائق وذلك للحصول على درجة حرارة واطئة. ثم رشحت العينه بواسطة طبقتين من الشاش وجمع الراشح وأجريت عليهما عملية الطرد المركزي بقوة (1500) دورة/ دقيقة ولمدة 15 دقيقة. اهلل الراسب وأخذ الراشح واكمل إلى (15) مل بإستعمال محلول الفوسفيت. ثم أخذ (2) مل من المستخلص واضيف اليها (8) مل من محلول البايوريت ورج بعد ذلك ثم ترك لمدة نصف ساعة وبعدها قرأت الكثافة الضوئية بإستعمال جهاز المطياف الضوئي وعلى طول موجي (555) نانومتر، إذ تمثل القراءة نسبة البروتين (شكل 3-2).



شكل (2-3) المنحنى القياسي للبروتين

7- نسبة الكربوهيدرات

قدرت الكربوهيدرات في النباتات حسب الطريقة المتبعة من قبل (Joslyn 1970)، إذ تم أخذ (0.2) غم من العينة النباتية المجففة والمطحونة ويضاف لها 8 مل من الكحول الايثيلي بتركيز (80%). ثم توضع العينة في حمام مائي بدرجة حرارة (60) م° ولمدة (30) دقيقة. ثم يفصل الراشح عن الراسب بإستعمال جهاز الطرد المركزي وبسرعة (3000) دورة/ دقيقة ولمدة (15) دقيقة وتكررت العملية ثلاث مرات على نفس العينة النباتية حتى يصبح الراشح الكلي للمستخلص (24) مل. اكمل الحجم إلى (25) مل وذلك باضافة (1) مل من الكحول الايثيلي للراشح النهائي. ثم يؤخذ (1) مل من العينة المستخلصة ويضاف اليها (1) مل من الفينول و (5) مل من حامض الكبريتيك بتركيز (98%) وبعد ذلك تقرأ الامتصاصية على الطول الموجي (650) نانومتر بإستعمال جهاز المطياف الضوئي. إذ اعطت هذه العملية كمية السكريات الذائبة. إما السكريات غير الذائبة، فقد تم تقديرها من خلال أخذ الراسب المتبقي من عملية استخلاص السكريات الذائبة واضيف اليها (8) مل من حامض البركلورك بتركيز (80%) ووضعت العينة في حمام مائي بدرجة حرارة (60) م° ولمدة نصف ساعة وفصل الراشح عن الراسب بإستعمال جهاز الطرد المركزي بسرعة (3000) دورة/ دقيقة

ولمدة (15) دقيقة وتكررت العملية ثلاث مرات على نفس العينة حتى يصبح الراشح الكلي للمستخلص (25) مل. يتم أخذ (1) مل من العينة المستخلصة ويضاف إليها (1) مل فينول و (1) مل حامض الكبريتيك بتركيز (98%) وبعد ذلك تقرأ الامتصاصية على الطول الموجي (650) نانومتر بإستعمال جهاز المطياف الضوئي. ثم تجمع القراءتين للسكريات الذائبة والغير الذائبة (N) في العينات بإستعمال المعادلة التالية:

(mg glucose)

Total Carbohydrate= _____

(Test sample volume)

حيث إن:

Total Carbohydrate = نسبة الكربوهيدرات الكلية

Glucose = نسبة الكلوكوز

Test sample volume = حجم عينة الاختبار

8- نسبة الأنزيمات (وحدة/ غم)

تم قياس نسبة إنزيم البيروكسيديز في الأوراق، إنزيم الكاتليز، إنزيم Asparaginase و إنزيم Glutaminase في مختبر U-Science laboratory الواقع في محافظة القادسية، الديوانية.

حضر المستخلص الخام للأنزيمات من الأوراق الطرية حسب طريقة Luhova وآخرون (2003)، إذ سحق (5) غم من محلول داري فوسفات البوتاسيوم بتركيز (1) مولاري pH= 7.8 بعد ذلك رشحت العينات باستخدام قطعة من الشاش وجمع الراشح وأجريت عليه عملية الطرد المركزي بإستعمال جهاز الطرد المركزي بسرعة (1200) دورة/ دقيقة لمدة (30) دقيقة، بعدها جمعت الطبقة العليا (الراشح) كمستخلص للإنزيم.

تم تقدير إنزيم البيروكسيديز حسب الطريقة المتبعة من قبل (Hammer وآخرون ، 1982) إذ تم اضافة (0.11) مل فوسفات البوتاسيوم ومحلول بيروكسيد الهيدروجين في

الإنابيب تم تركت لتستقر عند درجة حراره 20 م° ثم اضيف 0.04 غم من المستخلص النباتي وسجلت الامتصاصية عند الطول الموجي 420 نانومتر عند كل عشرين ثانية لمدة دقيقة واحدة.

تم تقدير إنزيم الكاتليز و إنزيم Asparaginase و إنزيم Glutaminase حسب الطريقة المتبعة من قبل (Hadwan، 2018) تم اضافة (100) مل من مستخلص الإنزيم واضيف لها (900) مل من دارئ الفوسفات واضيف (200) مل من محلول بروكسيد الهيدروجين ثم حضنت بالحمام المائي بدرجة حرارة (37) م° لمدة دقيقتين ثم اضيف لها (200) مل من كاشف الامونيوم فنادين في الأنبوبتين بعد ذلك حفظت الإنابيب في درجة حرارة الغرفة لمدة (10) دقائق ثم قرأت الامتصاص عند طول موجي (452) نانومتر.

3-7-3 صفات الحاصل ومكوناته

1-3-7-3 طول الثمرة (سم)

قيس طول الثمرة بواسطة شريط القياس بداية الثمرة إلى نهايتها واستخرج المتوسط من حاصل قسمة مجموع الاطول على عددها (الساهوكي، 1990).

2-3-7-3 قطر الثمرة (سم)

تم قياس قطر الثمرة بواسطة القدمة الالكترونية (vernier caliper) لجميع الثمار واستخرج المتوسط من حاصل القسمة على عدد المكررات.

3-3-7-3 عدد الثمار (ثمرة/ نبات)

تم حساب عدد الثمار للنبات الواحد و لجميع النباتات واستخرج المتوسط من حاصل قسمة عدد الثمار لكل نبات (الساهوكي، 1990).

4-3-7-3 وزن الثمرة (غم)

تم أخذ لثلاث نباتات من كل مكرر لكل معاملة ووزن كل منهما بإستعمال الميزان الحساس .

5-3-7-3 حاصل النبات (غم)

أخذت خمسة نباتات من كل اصص ثم قطعت من المنطقة الملاصقة للتربة و جففت هوائياً وبعدها جففت بواسطة Oven على درجة (65) م° لحين ثبات الوزن. وأخذ الوزن

الجاف بواسطة الميزان الحساس وتم حسابها على اساس عدد النباتات في الوحدة التجريبية (الشمري، 2014).

3-7-4 الكشف عن المكون الكيميائي لبذور الفلفل بواسطة تقنية GC-MS

أجريت عملية الاستخلاص وفقا لطريقة Muhit وآخرون (2010)، إذ استخلص 1 غم من مسحوق البذور الجافة بواسطة 10 مل من الميثانول (99%) مع التحريك لمدة 5 دقائق بعدها ترك لمدة 6 ساعات في درجة حرارة الغرفة ثم جرى ترشيحة بواسطة مرشح دقيق (0.45 مايكرومتر) متصل بمحقنه طبية ليتم بعد ذلك الكشف عن مكوناته الكيميائية، إذ جرى هذا الإختبار في مختبر الأبحاث/ قسم الكيمياء/ كلية العلوم/ جامعة القادسية.

لغرض تقدير وتشخيص المركبات الفعالة بواسطة جهاز GC-MS نوع GC clarus 500 perkin Elmer (Shimadzu، 2000) ياباني المنشأ المجهز بنظام AOC-10i+s (Auto sample) للمركبات الذي يضم وحدة التحديد التلقائي (Auto sample) AOC-10i+s للمركبات وكموتوغرافيا الغاز المربوطة باداة الطيف الكتلي، وفقا للظروف الخاصة بالطريقة جرى تحديد المركبات الفعالة اعتمادا على تفسير الطيف الكتلي لـ GC-MS وتعريف المنحنيات Peaks المفصولة على اساس قاعدة البيانات ومقارنة الطيف الناتج للمكون المجهول مع طائفة من المركبات المعروفة في المكتبة المزود بها الجهاز للتأكد من الاسم والوزن الجزيئي وبنية مكونات مواد الإختبار.

3-8 التحليل الأحصائي

تمت عملية تبويب البيانات لنتائج المؤشرات قيد الدراسة بواسطة برنامج الجدولة لسطح المكتب (Microsoft Excel) وأستعمل تصميم القطاعات العشوائية الكاملة Randomized Complete Block (RCBD) على وفق تنظيم عاملي التجربة Factorial Experiment مكونة من عاملين وثلاثة مكررات، وقورنت المتوسطات عندما كانت بينهما معنوية بإستعمال إختبار إقل فرق معنوي Least Significant Differences (LSD) عند مستوى احتمال (0.05) وبحسب ما وضحة (Wickham، 2016).

الفصل الرابع

النتائج

Results

4- النتائج

1-4 تأثير الرش بالسماذ النانوي وازضافة مستخلص الثوم وتداخلها في صفات النمو الخضري

1-1-4 ارتفاع النبات (سم)

أظهرت نتائج الجدول (1-4) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل ارتفاع النبات، إذ بلغ أعلى معدل (80.00) سم عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل ارتفاع بلغ (44.66) سم. إما تركيز 0 غم/لتر لم يظهر فرق معنوي بين المعاملتين (0 و 2) غم/لتر والتي اختلفت معنويًا مع المعاملة (4) غم/لتر.

كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة والتداخل بينهما في معدل ارتفاع النبات، إذ أدى إلى ارتفاع غير معنوي في معدل ارتفاع النبات، إذ بلغ أعلى معدل للارتفاع بلغ (64.75) سم عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر وإما التركيز 0 غم/لتر فكان إقل المعدلات والتي بلغت (57) سم. بينما بلغ أعلى ارتفاع للتداخل بين السماذ النانوي والمستخلص (88) سم عند التركيز (6) غم/لتر مع تركيز المستخلص (20) غم/لتر مقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت (41) سم.

جدول (1-4) تأثير تراكيز سماذ الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل ارتفاع

لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (سم)

متوسط تأثير السماذ النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماذ الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
44.66	49.00	44.00	41.00	السيطرة
53.33	55.00	52.00	53.00	2
61.33	67.00	61.00	56.00	4
80.00	88.00	72.00	78.00	6
	64.75	57.75	45.00	متوسط تأثير المستخلص
التداخل=10.77	للمستخلص=6.22		للسماذ=5.38	LSD (P≤0.05)

2-1-4 معدل قطر الساق (سم)

أظهرت نتائج الجدول (2-4) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل قطر الساق، إذ بلغ أعلى معدل (1.45) سم عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل قطر بلغ (1.23) سم. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير غير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة والتداخل بينهما في معدل قطر الساق، إذ بلغ أعلى معدل لقطر الساق بلغ (1.43) سم عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر في حين اعطى التركيز 0 غم/لتر إقل معدل بلغ (1.27) سم.

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماذ النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، فقد بلغ أعلى معدل قطر الساق (1.65) سم عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز (6) غم/لتر مع (20) غم/لتر من المستخلص، في حين اعطت معاملة السيطرة إقل معدل قطر ساق بلغ (1.11) غم. كما بينت النتائج إن قطر الساق (جدول 2-4). يتأثر بإستعمال السماذ النانوي والتي اعطت نتائج غير معنوية. إذ إن إستعمال السماذ النانوي على نبات الفلفل يؤثر في معدل قطر الساق في النبات. كما بينت النتائج إن إستعمال الرش الورقي بالسماذ النانوي كان ذو دلالة غير معنوية في زيادة معدل قطر الساق (جدول 2-4).

جدول (2-4) تأثير تراكيز سماذ الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في قطر الساق

لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (سم)

متوسط تأثير السماذ النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماذ الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
1.23	1.31	1.27	1.11	السيطرة
1.24	1.34	1.24	1.14	2
1.36	1.43	1.33	1.32	4
1.45	1.65	1.45	1.54	6
	1.43	1.32	1.27	متوسط تأثير المستخلص
	0.161 = التداخل	0.093 = للمستخلص	0.080 = للسماذ	LSD ($P \leq 0.05$)

3-1-4 معدل عدد الأوراق (ورقة/نبات)

أظهرت نتائج الجدول (3-4) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى ظهور فروقات معنوية في معدل عدد الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل عدد أوراق 60.33 ورقة/نبات عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل بلغ 43.66 ورقة/نبات. كما اشارت النتائج إلى وجود فروق معنوية وغير معنوية في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل عدد الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 57.50 ورقة/نبات عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 43.50 ورقة/نبات، في حين اعطت معاملة 15 غم/لتر معدل بلغ 50.25 ورقة/نبات.

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماذ النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ ظهر هنالك فروق معنوية وغير معنوية بلغ أعلى معدل أوراق للنبات 62 ورقة/نبات عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة السماذ النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 0 غم/لتر من مستخلص الثوم إقل معدل لعدد الأوراق بلغ 33 ورقة/نبات مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي بلغت 34 ورقة/نبات.

جدول (3-4) تأثير تراكيز سماذ الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل عدد

الأوراق لنبات الفلفل الحار. *Capsicum annuum* L. (ورقة/نبات)

متوسط تأثير السماذ النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماذ الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
43.66	56.00	41.00	34.00	السيطرة
43.66	50.00	48.00	33.00	2
54.00	62.00	54.00	46.00	4
60.33	62.00	58.00	61.00	6
	57.50	50.25	43.50	متوسط تأثير المستخلص
	14.130 = التداخل	8.160 = للمستخلص	7.070 = للسماذ	LSD (P≤0.05)

4-1-4 معدل المساحة الورقية (سم²)

أظهرت نتائج الجدول (4-4) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل المساحة الورقية لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل مساحة ورقية (870.80) سم² عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز (6) غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل بلغ (784.16) سم². كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل المساحة الورقية لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 852.37 سم² عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر بالمقارنة مع معاملة السيطرة والتي بلغت (810.40) سم².

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماذ النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ بلغ أعلى معدل مساحة ورقية 889.10 سم² عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة مستخلص الثوم بتركيز 0 غم/لتر دون اضافة مع السماذ النانوي إقل معدل لعدد الأوراق بلغ 764.10 سم²، في حين اعطت معاملة اضافة تركيز من السماذ 0 غم/لتر مع 20 غم/لتر من تركيز المستخلص معدل بلغ 799.20 سم².

جدول (4-4) تأثير تراكيز سماذ الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل المساحة الورقية لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (سم²)

متوسط تأثير السماذ النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماذ الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
784.16	799.20	789.20	764.10	السيطرة
805.53	854.01	795.40	767.20	2
822.83	867.20	802.10	799.20	4
870.80	889.10	812.20	911.10	6
	852.37	799.72	810.40	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل=7.010	للمستخلص=4.580	للسماذ=3.010	LSD (P≤0.05)

5-1-4 معدل عدد الأفرع (فرع/نبات)

أظهرت نتائج الجدول (5-4) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل عدد الأفرع لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل عدد الأفرع 6.16 فرع/نبات عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل بلغ 5.20 فرع/نبات. إما معاملة 2 غم/لتر و 4 غم/لتر فقد سجلت معدلات بلغت 5.13 و 5.66 فرع/نبات على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل عدد الأفرع لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 6.30 فرع/نبات عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر بالمقارنة مع معاملة السيطرة التي بلغت 4.65 فرع/نبات، بينما اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر من المستخلص معدل بلغ 5.67 فرع/نبات.

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماذ النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ بلغ أعلى معدل عدد الأفرع 6.9 فرع/نبات عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة مستخلص الثوم بتركيز 0 غم/لتر دون اضافة مع السماذ النانوي إقل معدل عدد الأفرع بلغ 4.1 فرع/نبات.

جدول (5-4) تأثير تراكيز سماذ الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل عدد

الافرع لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (فرع/نبات)

متوسط تأثير السماذ النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماذ الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
5.20	6.10	5.40	4.10	السيطرة
5.13	5.90	5.30	4.20	2
5.66	6.30	5.60	5.10	4
6.16	6.90	6.40	5.20	6
	6.30	5.67	4.65	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل=0.870	للمستخلص=0.504	للسماذ=0.437	LSD (P≤0.05)

4-1-6 معدل الوزن الطري للمجموع الخضري (غم/نبات)

أظهرت نتائج الجدول (4-6) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل الوزن الطري لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 196.22 غم/نبات عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل وزن طري بلغ (188.19) غم/نبات. كما بينت النتائج إن التركيزات 2 و 4 غم/لتر اعطت معدلات بلغت 182.54 و 191.93 غم/نبات على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل الوزن الطري لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 194.17 غم/نبات عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر، في حين اعطى تركيز المستخلص 15 غم/لتر معدل بلغ 188.96 غم/نبات بينما اعطى التركيز 0 غم/لتر معدل بلغ 183.02 غم/نبات.

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماذ النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ بلغ أعلى معدل الوزن الطري للمجموع الخضري 199.01 غم/نبات عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة السماذ النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع اضافة 0 غم/لتر من مستخلص الثوم إقل معدل وزن طري للمجموع الخضري بلغ 174.23 غم/نبات، في حين اعطت معاملة المقارنة معدلا بلغ 187.20 غم/نبات. كما أظهرت النتائج إن تركيز المستخلص عند 20 غم/لتر مع تراكيز من السماذ عند 0، 2، 4 و 6 غم/لتر فقد اعطت نتائج متقاربة فيما بينها إذ سجلت معدلات بلغت 191.40، 192.60، 193.69 و 199.01 غم/نبات على التوالي.

جدول (4-6) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل الوزن الطري لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (غم/نبات)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
188.19	191.40	185.98	187.20	السيطرة
182.54	192.60	180.78	174.23	2
191.93	193.69	192.67	189.43	4
196.22	199.01	196.44	193.22	6
	194.17	188.96	183.02	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل=48.150	للمستخلص=27.800	للسماد=24.080	LSD (P≤0.05)

4-1-7 معدل الوزن الجاف للمجموع الخضري (غم/نبات)

أظهرت نتائج الجدول (4-7) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل الوزن الجاف لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 87.90 غم/نبات عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل وزن جاف بلغ 76.80 غم/نبات. إما التراكيز 2 و 4 غم/لتر، فقد سجلت معدلات بلغت 78.73 و 81.80 غم/نبات على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل الوزن الجاف لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل 94.85 غم/نبات عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر في حين اعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 70.70 غم/نبات، في حين اعطى التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ 78.37 غم/نبات.

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماد النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ بلغ أعلى معدل وزن جاف للمجموع الخضري 98.4 غم/نبات عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة مستخلص الثوم بتركيز 0 غم/لتر دون اضافة مع السماد النانوي أقل معدل وزن جاف بلغ 66.1 غم/نبات. كما أظهرت النتائج زيادة تدريجية مع زيادة تراكيز من السماد والمستخلص وكما موضح في الجدول (4-7).

جدول (4-7) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (غم/نبات)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
76.80	91.1	73.2	66.1	السيطرة
78.73	93.4	74.6	68.2	2
81.80	96.5	75.5	73.4	4
87.90	98.4	90.2	75.1	6
	94.85	78.37	70.70	متوسط تأثير المستخلص
	12.050 = التداخل	6.950 = للمستخلص	6.020 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2 تأثير الرش بالسماد النانوي وإضافة مستخلص الثوم وتداخلها في المؤشرات الفسلجية لنبات الفلفل

4-2-1 محتوى الكلوروفيل الكلي في الأوراق (ملغم/ 100 غم وزن طري)

بينت نتائج الجدول (4-8) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى زيادة معنوية في محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق (ملغم/ 100 غم وزن طري) لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل لمحتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق (52.33 ملغم/ 100 غم وزن طري) عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 ملغم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق بلغ (41.33 ملغم/ 100 غم وزن طري). في حين كانت نتائج إضافة تراكيز من السماد عند 2 و 4 غم/لتر زيادة تدريجية عن زيادة إضافة السماد والتي بلغت 47.38 و 49.57 ملغم/ 100 غم وزن طري على التوالي.

كما اشارت نتائج الدراسة إلى وجود فروق معنوية لمستخلص الثوم المضاف في معدل محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق، إذ أدى إستعمال مستخلص الثوم إلى وجود تأثير معنوي بين المعاملات، إذ بلغ أعلى محتوى كلوروفيل بالأوراق (55.00) ملغم/ 100 غم وزن طري عند إضافة مستخلص الثوم بتركيز 20 غم/ لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي

سجلت معدل محتوى كلورفيل للأوراق بلغ (43.25 ملغم/ 100 غم وزن طري)، بينما اعطت المعاملة 15 غم/لتر معدل بلغ 44.70 ملغم/ 100 غم وزن طري.

إما التداخلات بين إستعمال تراكيز من السماد النانوي مع تراكيز من المستخلص، فأظهرت النتائج وجود تأثير معنوي لكل من السماد النانوي ومستخلص الثوم في معدل محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق، إذ بلغ أعلى معدل محتوى الكلوروفيل الكلي للأوراق (59.53 ملغم/ 100 غم وزن طري) عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع اضافة تركيز 20 غم/لتر من المستخلص في حين اعطى التداخل المكون من عدم اضافة بتركيز (0 غم/لتر من السماد النانوي مع 0 غم/لتر من مستخلص الثوم) أقل معدل محتوى الكلوروفيل بلغ (36.32 ملغم/ 100 غم وزن طري).

جدول (4-8) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في محتوى الكلوروفيل لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (ملغم/ 100 غم وزن طري)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
41.33	48.53	39.15	36.32	السيطرة
47.38	55.67	43.86	42.63	2
49.57	56.30	46.66	45.76	4
52.33	59.53	49.15	48.32	6
	55.00	44.70	43.25	متوسط تأثير المستخلص
	7.149 = التداخل	4.127 = للمستخلص	3.574 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2-2 معدل نسبة النتروجين في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-9) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل معدل نسبة النتروجين في الأوراق (%) لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل (1.58) % عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل نسبة النتروجين بلغ (1.27) %، في حين سجلت معاملات اضافة السماد بتركيز 2 و 4 غم/لتر معدلات بلغت 1.15 و 1.64 % نتروجين على التوالي.

كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل معدل نسبة النتروجين في الأوراق (%) لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل (1.71) % عند اضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر في حين اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 1.23 %، إما التركيز 0 غم/لتر من المستخلص فقد اعطى معدل بلغ 1.29 % . إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماد النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ بلغ أعلى معدل أوراق للنبات (2.33) % عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة مستخلص الثوم بتركيز (20 غم/لتر) دون اضافة مع السماد النانوي إقل معدل نسبة نتروجين في الأوراق بلغ (1.10) % في حين اعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 1.47 % . كانت نتائج المعاملة 0 غم/لتر من مستخلص نبات الثوم متقاربة فيما بينها فقد اعطت معدلات بلغت 1.47، 1.10، 1.41 و 1.20 % عن التراكيز 0، 4، 2 و 6 غم/لتر على التوالي من السماد النانوي والتي كانت تقريبا إقل المعدلات والتي شهدت زيادة تدريجية في معدل نسبة النتروجين في نبات الفلفل، في حين اعطى التركيز 20 غم/لتر أعلى المعدلات والتي بلغت 1.10، 1.18، 2.25 و 2.33 % . فقد بينت النتائج إن الزيادة واضحة في نسبة النتروجين. إما التركيز 20 غم/لتر فقد كانت الزيادة واضحة في معدل نسبة النتروجين وخصوصا عند التركيز 4 و 6 غم/لتر من السماد النانوي مع 20 غم/لتر من تراكيز المستخلص والتي اعطت معدلات بلغت 2.25 و 2.33 % والتي كانت أعلى النتائج وفضلها في معدل نسبة النتروجين.

جدول (4-9) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل نسبة

النتروجين لنبات الفلفل الحار. *Capsicum annuum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
1.27	1.10	1.25	1.47	السيطرة
1.15	1.18	1.19	1.10	2
1.64	2.25	1.26	1.41	4
1.58	2.33	1.23	1.20	6
	1.71	1.23	1.29	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل = 0.620	للمستخلص = 0.355	للسماد = 0.310	LSD (P≤0.05)

3-2-4 معدل نسبة الفسفور في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-10) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل معدل نسبة الفسفور في الأوراق (%) لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل (0.53) % عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 2 غم/لتر مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت معدل وزن جاف بلغ (0.42) %. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي في استخدام مستخلص الثوم المضافة في معدل معدل نسبة الفسفور في الأوراق (%) لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل (0.51) % عند اضافة المستخلص بتركيز 15 غم/لتر في حين اعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 0.46 %.

إما فيما يتعلق بالتداخلات بين إستعمال تراكيز من السماذ النانوي مع تراكيز من مستخلص الثوم، إذ بلغ أعلى معدل أوراق للنبات (0.62) % عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 2 مع تركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة مستخلص الثوم بتراكيز (0 غم/لتر) دون اضافة مع السماذ النانوي أقل معدل نسبة فسفور في الأوراق بلغ (0.36) %.

جدول (4-10) تأثير تراكيز سماذ الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل نسبة

الفسفور لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (%)

متوسط تأثير السماذ النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماذ الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
0.42	0.39	0.53	0.36	السيطرة
0.53	0.62	0.47	0.52	2
0.44	0.31	0.54	0.49	4
0.47	0.44	0.51	0.47	6
	0.44	0.51	0.46	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل = 0.123	للمستخلص = 0.071	للسماذ = 0.061	LSD (P≤0.05)

4-2-4 معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-11) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى وجود تأثير معنوي في معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل نسبة بوتاسيوم في الأوراق (1.56 %) عند التركيز 6 غم/لتر من السماذ النانوي مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت أقل معدل بلغ (0.41 %)، في حين أعطت التراكيز 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 1.37 و 1.46 غم/لتر على التوالي. وبينت النتائج إن إضافة مستخلص الثوم والتداخل بينهما أثرت معنويًا في إنخفاض معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق، إذ بلغ أقل معدل (1.14 %) عند إضافة المستخلص بتركيز 0 غم/لتر مقارنة بمعاملة إضافة 20 غم/لتر من المستخلص التي سجلت أعلى معدل لنسبة البوتاسيوم في الأوراق بلغ (1.95 %)، بينما سجل التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ 1.26 %.

إما التداخلات، فسجل تأثير معنوي لكل من تداخل السماذ النانوي وتراكيز المستخلص في معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل نسبة بوتاسيوم في الأوراق (2.33 %) عند استعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع 20 غم/لتر من المستخلص في حين أعطى التداخل المكون من إضافة السماذ النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 0 غم/لتر مستخلص الثوم أقل معدل بلغ (1.02 %) مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي بلغت (1.11 %). أظهرت النتائج إن تركيز مستخلص الثوم عند 20 غم/لتر قد سجل أعلى المعدلات مع تراكيز من السماذ النانوي، إذ سجل 1.88، 1.90، 1.72 و 2.33 % عند التراكيز 0، 2، 4 و 6 غم/لتر سماذ نانوي على التوالي.

جدول (4-11) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل نسبة البوتاسيوم لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
0.41	1.88	1.25	1.11	السيطرة
1.37	1.90	1.20	1.02	2
1.46	1.72	1.36	1.32	4
1.56	2.33	1.24	1.12	6
	1.95	1.26	1.14	متوسط تأثير المستخلص
	0.352 = التداخل	0.203 = للمستخلص	0.176 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2-5 معدل نسبة الكالسيوم في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-12) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى وجود تأثير معنوي في معدل نسبة الكالسيوم في الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل نسبة كالسيوم في الأوراق (2.70 %) عند التركيز 6 غم/لتر من السماد النانوي مقارنة بمعاملة اضافة 4 غم/لتر والتي سجلت أقل معدل بلغ (2.22%). كما اعطت التركيز 0 و 2 غم/لتر معدلات متقاربة فيما بينها والتي بلغت 2.45 و 2.43 % على التوالي. وبينت النتائج إن اضافة مستخلص الثوم والتداخل بينهما أثرت معنويًا في إنخفاض معدل نسبة الكالسيوم في الأوراق ، إذ بلغ أقل معدل (1.68 %) عند اضافة المستخلص بتركيز 0 غم/كغم مقارنة بمعاملة اضافة 20 غم/لتر من المستخلص التي سجلت أعلى معدل لنسبة الكالسيوم في الأوراق بلغ (3.47%)، في حين سجل التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ 2.20%.

إما التداخلات، فسجل تأثير معنوي لكل من تداخل السماد النانوي وتراكيز المستخلص في معدل نسبة الكالسيوم في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل نسبة كالسيوم في الأوراق (3.47%) عند استعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع 20 غم/لتر من المستخلص في حين اعطى التداخل المكون من اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع 0 غم/لتر مستخلص الثوم أقل معدل بلغ (1.15 %) مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي بلغت (1.58%).

جدول (4-12) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل نسبة الكالسيوم لنبات الفلفل الحار. *Capsicum annum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
2.45	3.73	2.04	1.58	السيطرة
2.43	3.48	2.01	1.82	2
2.22	3.20	2.32	1.15	4
2.70	3.47	2.46	2.18	6
	3.47	2.20	1.68	متوسط تأثير المستخلص
	0.117 = التداخل	0.067 = للمستخلص	0.058 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2-6 معدل نسبة المغنسيوم في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-13) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى عدم وجود تأثير معنوي في معدل نسبة المغنسيوم في الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل نسبة مغنسيوم في الأوراق (0.53 %) عند التركيز 6 غم/لتر من السماد النانوي مقارنة بمعاملة إضافة 2 غم/لتر و التي سجلت أقل معدل بلغ (0.48%). كما سجل التركيز 0 غم/لتر معدل بلغ 0.52، في حين أعطى التركيز 4 غم/لتر معدل بلغ 0.52 %. وبينت النتائج إن إضافة مستخلص الثوم والتداخل بينهما غير معنوية في زيادة معدل نسبة المغنسيوم في الأوراق ، إذ بلغ أعلى معدل (0.53 %) عند إضافة المستخلص بتركيز 20 غم/كغم مقارنة بمعاملة إضافة 15 غم/لتر من المستخلص التي سجلت أقل معدل لنسبة المغنسيوم في الأوراق والتي بلغت (0.48%)، كما بينت النتائج إن التركيز 0 غم/لتر أعطى معدل بلغ 0.52 %.

إما التداخلات، فسجل تأثير غير معنوي لكل من تداخل السماد النانوي وتراكيز المستخلص في معدل نسبة المغنسيوم في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل نسبة مغنسيوم في الأوراق (0.57%) عند استعمال السماد النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع 20 غم/لتر من المستخلص في حين أعطى التداخل المكون من إضافة السماد النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 15 غم/لتر مستخلص الثوم أقل معدل بلغ (0.41 %) مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي

بلغت (0.52%). كما أظهرت النتائج في الجدول (4-13) إن تركيز المستخلص عند 0 غم/لتر مع تركيز من السماد النانوي عن 0، 2، 4 و 6 غم/لتر قد أعطى نتائج متقاربة، إذ سجل 0.52، 0.51، 0.53 و 0.55 % على التوالي في حين أعطى التركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم أعلى المعدلات عند تراكيز من السماد النانوي والتي بلغت 0.54، 0.53 و 0.51 % على التوالي.

جدول (4-13) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل نسبة المغنيسوم لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
0.52	0.57	0.49	0.52	السيطرة
0.48	0.54	0.41	0.51	2
0.52	0.53	0.51	0.53	4
0.53	0.51	0.54	0.55	6
	0.53	0.48	0.52	متوسط تأثير المستخلص
0.101 = التداخل		0.002 = للمستخلص	0.201 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2-7 معدل نسبة الزنك في الأوراق (مايكروغرام.غم⁻¹)

أظهرت نتائج الجدول (4-14) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى وجود تأثير معنوي في معدل نسبة الزنك في الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل نسبة زنك في الأوراق (21.82) مايكروغرام.غم⁻¹ عند التركيز 6 غم/لتر من السماد النانوي مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت أقل معدل بلغ (16.26) مايكروغرام.غم⁻¹. كما أعطت التراكيز 2 و 4 غم/لتر معدلات بلغت 21.23 و 21.49 مايكروغرام.غم⁻¹.

وبينت النتائج إن إضافة مستخلص الثوم أثرت معنويًا في زيادة معدل نسبة الزنك في الأوراق ، إذ بلغ أعلى معدل (24.07) مايكروغرام.غم⁻¹ عند إضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر مقارنة بمعاملة إضافة 0 غم/لتر من المستخلص التي سجلت أقل معدل لنسبة الزنك في الأوراق والتي بلغت (17.61) مايكروغرام.غم⁻¹ بينما سجل التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ

18.93 مايكروغرام.غم¹. إما التداخلات، فسجل تأثير معنوي لكل من تداخل السماد النانوي وتراكيز المستخلص في معدل نسبة الزنك في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل نسبة زنك في الأوراق (25.48) مايكروغرام.غم¹ عند استعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع 20 غم/لتر من المستخلص، في حين أعطى التداخل المكون من اضافة السماد النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع 0 غم/لتر مستخلص الثوم إقل معدل بلغ (11.34) مايكروغرام.غم¹. كما سجلت النتائج ارتفاع ملحوظ في معدل نسبة الزنك بزيادة اضافة تراكيز من السماد النانوي مع 20 غم/لتر من تركيز المستخلص، إذ بلغت 22.12، 25.23، 25.48 و 23.45 مايكروغرام.غم¹ عند التركيز 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي، في حين كان التركيز 0 غم/لتر مستخلص الثوم مع التراكيز المختلفة من السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر إقل المعدلات والتي بلغت 11.34، 19.50، 19.11 و 20.52 مايكروغرام.غم¹.

جدول (4-14) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل نسبة الزنك لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (مايكروغرام.غم¹)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
16.26	22.12	15.34	11.34	السيطرة
21.23	25.23	18.98	19.50	2
21.49	25.48	19.90	19.11	4
21.82	23.45	21.50	20.52	6
	24.07	18.93	17.61	متوسط تأثير المستخلص
	2.322 = التداخل	2.012 = للمستخلص	1.211 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2-8 معدل نسبة الكربوهيدرات في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-15) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أدى إلى وجود تأثير معنوي في معدل نسبة الكربوهيدرات في الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل نسبة كربوهيدرات في الأوراق (14.22) % عند التركيز 6 غم/لتر من السماد النانوي مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت إقل معدل بلغ (13.99) %، بينما أعطت التركيز 2 و 4

غم/لتر معدل بلغ 14.47 و 14.48 % على التوالي. وبينت النتائج إن اضافة مستخلص الثوم والتداخل بينهما انخفضت معنويا في معدل نسبة الكربوهيدرات في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل (15.93) % عند معاملة السيطرة مقارنة بمعاملة اضافة 20 غم/لتر من المستخلص التي سجلت أقل معدل لنسبة الكربوهيدرات في الأوراق والتي بلغت (12.90) %، في حين اعطى التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ 14.11 %.

إما فيما يتعلق بالتداخلات، فسجل تأثير معنوي لكل من تداخل السماد النانوي وتراكيز المستخلص في معدل نسبة الكربوهيدرات في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل نسبة كربوهيدرات في الأوراق (16.45) % عند استعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع 0 غم/لتر من المستخلص، في حين اعطى التداخل المكون من اضافة السماد النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 20 غم/لتر مستخلص الثوم أقل معدل بلغ (12.50) % في حين اعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 15.22 %. أظهرت النتائج إن التركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم وتداخلها مع تراكيز من السماد النانوي اعطى أقل المعدلات والتي بلغت 12.65، 12.50، 13.55 و 13.50 % على التوالي، في حين كان التركيز 0 غم/لتر من المستخلص سجل أعلى المعدلات والتي بلغت 15.22، 16.14، 16.45 و 15.53 % عند 0، 2، 4 و 6 غم/لتر تركيز السماد النانوي على التوالي.

جدول (4-15) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل نسبة

الكربوهيدرات لنبات الفلفل الحار. *Capsicum annuum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
13.99	12.65	14.11	15.22	السيطرة
14.47	12.50	14.78	16.14	2
14.48	13.55	13.45	16.45	4
14.22	13.50	13.65	15.53	6
	12.90	14.11	15.93	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل=1.411	للمستخلص=0.815	للسماد=0.706	LSD (P≤0.05)

9-2-4 معدل نسبة البروتين في الأوراق (%)

أظهرت نتائج الجدول (4-16) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أدى إلى وجود تأثير معنوي في معدل نسبة البروتين في الأوراق لنبات الفلفل، إذ بلغ أعلى معدل نسبة البروتين في الأوراق (9.60) % عند التركيز 6 غم/لتر من السماذ النانوي مقارنة بالنباتات غير المعاملة التي سجلت أقل معدل و بلغ (7.36) %. كما سجل تركيز السماذ النانوي عند 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 7.62 و 8.34 % على التوالي. وبينت النتائج إن إضافة مستخلص الثوم والتداخل بينهما أثرت معنويًا في زيادة معدل نسبة البروتين في الأوراق ، إذ بلغ أعلى معدل (10.18) % عند إضافة المستخلص بتركيز 20 غم/لتر مقارنة بمعاملة إضافة 0 غم/لتر من المستخلص التي سجلت أقل معدل لنسبة البروتين في الأوراق والتي بلغت (6.18) %، بينما سجل التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ 8.48%.

إما فيما يتعلق بالتداخلات، فسجل تأثير معنوي لكل من تداخل السماذ النانوي وتراكيز المستخلص في معدل نسبة البروتين في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل نسبة البروتين في الأوراق (11.80) % عند استعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع 20 غم/لتر من المستخلص، في حين أعطى التداخل المكون من إضافة السماذ النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 0 غم/لتر مستخلص الثوم أقل معدل بلغ (5.20) % في حين أعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 5.30%. كما بينت النتائج إن تركيز المستخلص عند 20 غم/لتر بالتداخل مع تراكيز من السماذ النانوي سجلت أعلى المعدلات التي بلغت 8.90، 9.33، 10.11 و 11.80 % عند 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي.

جدول (4-16) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل نسبة البروتين لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum L.* (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
7.36	8.90	7.90	5.30	السيطرة
7.62	9.33	8.33	5.20	2
8.34	10.11	8.60	6.33	4
9.60	11.80	9.10	7.90	6
	10.18	8.48	6.18	متوسط تأثير المستخلص
	1.354 = التداخل	0.782 = للمستخلص	0.677 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-2-10 معدل فعالية إنزيم البيروكسيداز في الأوراق (وحده/غم)

بينت نتائج جدول (4-17) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة معدل زيادة فعالية إنزيم البيروكسيداز في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل فعالية للإنزيم (24.45 وحدة/ غم) عند استعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مقارنة بالمعاملات الأخرى التي سجلت أقل معدل بلغ 22.08 عند التركيز 0 غم/لتر في حين أعطت التراكيز 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 22.55 و 24.45 وحدة/ غم على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل فعالية إنزيم البيروكسيداز في الأوراق، إذ أعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل فعالية للإنزيم (24.42 وحدة/ غم)، في حين أعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص أقل معدل فعالية له بلغ (22.20 وحدة/ غم)، إما التركيز 15 غم/لتر فقد أعطى معدل بلغ 22.53 وحدة/ غم.

إما التداخلات بين العوامل، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي واطافة مستخلص الثوم في معدل فعالية إنزيم البيروكسيداز في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل (25.00 وحدة/ غم) عند اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع عدم اضافة مستخلص الثوم، في حين أعطت معاملة السيطرة أقل معدل بلغ (20.11 وحدة/ غم).

بينت النتائج إن معاملة السيطرة لمستخلص الثوم بالتداخل مع تركيز من السماد قد اعطى إقل النتائج والتي بلغت 20.11، 21.40 و 23.30 وحده/ غم عند التراكيز 0، 2، 6 غم/لتر سماد نانوي على التوالي، في حين اعطى التركيز 20 غم/لتر من مستخلص الثوم اعلى النتائج والتي بلغت 24.23، 24.40، 24.50 و 24.55 وحده/ غم بالتداخل مع تراكيز السماد النانوي (0، 2، 4، 6) غم/لتر على التوالي.

جدول (4-17) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في فعالية إنزيم البيروكسيداز في اوراق نبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (وحدة/غم)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
22.08	24.23	21.90	20.11	السيطرة
22.55	24.40	21.87	21.40	2
24.45	24.50	23.87	25.00	4
23.11	24.55	22.50	22.30	6
	24.42	22.53	22.20	متوسط تأثير المستخلص
التداخل= 1.763			للسماد= 0.882	LSD (P≤0.05)
			للمستخلص= 1.018	

4-2-11 معدل فعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق (وحده/غم)

بينت نتائج جدول (4-18) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة معدل زيادة فعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل فعالية لإنزيم الكاتليز في الأوراق (17.84 وحده/غم) عند استعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مقارنة بالمعاملات الأخرى والتي اعطت إقل معدل بلغ 16.26 وحده/ غم عند التركيز 0 غم/لتر، في حين سجلت التراكيز 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 16.52 و 17.84 وحده/غم على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل فعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل فعالية لإنزيم الكاتليز في الأوراق بلغ (18.57 وحده/غم)، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص إقل معدل فعالية لإنزيم الكاتليز بلغ (15.63 وحده/غم)، إما التركيز 15 غم/لتر

فقد اعطى معدل بلغ 16.55 وحده/ غم. إما فيما يتعلق بمعدل فعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق، فبينت النتائج إن اضافة الأسمدة العضوية أدت إلى زيادة معنوية في معدل إنزيم الكاتليز في الأوراق (جدول 4-18).

إما التداخلات بين عوامل الدراسة، ف لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي و اضافة مستخلص الثوم في معدل فعالية إنزيم الكاتليز في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل (18.80 وحده/غم) عند اضافة السماد النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة السيطرة أقل معدل بلغ (14.10 وحده/غم). كانت نتائج اضافة مستخلص الثوم عند 20 غم/لتر بالتداخل مع التراكيز المختلفة من السماد النانوي افضل النتائج والتي بلغت 18.48، 18.55 و 18.45 وحده/ غم، في حين اعطى التركيزين 0 و 15 غم/لتر من مستخلص الثوم نتائج متقاربة تراوحت بين 14.10 إلى 17.92 وحده/ غم بالتداخل مع التراكيز المختلفة من السماد النانوي.

جدول (4-18) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في فعالية إنزيم الكاتليز في اوراق نبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (وحدة/غم)

تراكيز السماد النانوي (غم/لتر)	تراكيز المستخلص (غم/لتر)			متوسط تأثير السماد النانوي
	السيطرة	15	20	
السيطرة	14.10	15.88	18.80	16.26
2	15.20	15.90	18.48	16.52
4	17.05	17.92	18.55	17.84
6	16.20	16.50	18.45	17.05
متوسط تأثير المستخلص	15.63	16.55	18.57	
LSD (P≤0.05)	للسماد= 0.689	للمستخلص= 0.796	التداخل= 1.379	

4-2-12 معدل فعالية إنزيم Asparaginase في الأوراق (وحده/غم)

بينت نتائج جدول (4-19) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة معدل زيادة فعالية إنزيم Asparaginase في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل فعالية لإنزيم Asparaginase في الأوراق (0.49 وحده/غم) عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6

غم/لتر مقارنة بالمعاملات الأخرى والتي أعطت معدلات مختلفة، إذ أعطى التركيز 0 غم/لتر معدل بلغ 0.47 وحده/غم، في حين أعطى التركيز 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 0.34 و 0.39 وحده/غم على التوالي. كما أشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل فعالية إنزيم Asparaginase في الأوراق، إذ أعطت معاملة إضافة 20 غم/لتر أعلى معدل فعالية لإنزيم Asparaginase في الأوراق بلغ (0.65 وحده/غم)، في حين أعطت معاملة عدم إضافة تراكيز من المستخلص أقل معدل فعالية لإنزيم Asparaginase بلغ (0.23 وحده/غم)، بينما سجل التركيز 15 غم/لتر معدل بلغ 0.39 وحده/غم. إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ عدم وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي وإضافة مستخلص الثوم في معدل فعالية إنزيم Asparaginase في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل (0.75 وحده/غم) عند إضافة السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع إضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين أعطت معاملة السيطرة أقل معدل بلغ (0.54 وحده/غم). سجل التركيز 0 غم/لتر مستخلص الثوم بالتداخل مع تراكيز السماد النانوي عند 0، 2، 4 و 6 غم/لتر أقل المعدلات والتي بلغت 0.09، 0.10 و 0.21 وحده/غم بالتداخل مع السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي، بالمقابل سجل التركيز 20 غم/لتر مستخلص الثوم أعلى المعدلات والتي بلغت 0.58، 0.61، 0.66 و 0.75 وحده/غم مع تراكيز السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي.

جدول (4-19) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في فعالية إنزيم

Asparaginase في أوراق نبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (وحدة/غم)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
0.47	0.58	0.30	0.54	السيطرة
0.34	0.61	0.32	0.09	2
0.39	0.66	0.41	0.10	4
0.49	0.75	0.53	0.21	6
	0.65	0.39	0.23	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 0.224		للمستخلص = 0.129	للسماد = 0.112	LSD (P≤0.05)

13-2-4 معدل فعالية إنزيم Glutaminase في الأوراق (وحده/غم)

بينت نتائج جدول (20-4) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي أثر معنويًا في زيادة معدل زيادة فعالية إنزيم Glutaminase في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل فعالية للإنزيم Glutaminase في الأوراق (0.77 وحدة/غم) عند استعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بمعاملة إضافة 0 غم/لتر والتي أعطت أقل المعدلات والتي بلغت 0.48 وحدة/غم، في حين سجل التركيزين 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 0.54 و 0.65 وحدة/غم على التوالي. كما أشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل فعالية إنزيم Glutaminase في الأوراق، إذ أعطت معاملة إضافة 20 غم/لتر أعلى معدل فعالية لإنزيم Glutaminase في الأوراق بلغ (0.77 وحدة/غم)، في حين أعطت معاملة عدم إضافة تراكيز من المستخلص أقل معدل فعالية لإنزيم كلوتاميناز بلغ (0.42 وحدة/غم)، بينما بلغ معدل إضافة 15 غم/لتر 0.64 وحدة/غم.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، ف لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماذ النانوي وإضافة مستخلص الثوم في معدل فعالية إنزيم Glutaminase في الأوراق، إذ بلغ أعلى معدل (0.92 وحدة/غم) عند إضافة السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع إضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين أعطت معاملة إضافة 4 غم/لتر سماذ نانوي مع 0 غم/لتر مستخلص الثوم أقل معدل بلغ (0.36 وحدة/غم)، بينما أعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 0.44 وحدة/غم. كانت نتائج إضافة تركيز من السماذ النانوي مع تراكيز من المستخلص مرتبطة بزيادة التركيز فكلما زاد تركيز المستخلص زاد معدل فعالية إنزيم Glutaminase وكما موضح في الجدول (20-4).

جدول (4-20) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في فعالية إنزيم Glutaminase في اوراق نبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (وحدة/غم)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
0.48	0.59	0.43	0.44	السيطرة
0.54	0.76	0.45	0.41	2
0.65	0.82	0.78	0.36	4
0.77	0.92	0.90	0.49	6
	0.77	0.64	0.42	متوسط تأثير المستخلص
التداخل=0.087		للمستخلص=0.101	للسماد=0.087	LSD (P≤0.05)

4-3 تأثير الرش بالسماد النانوي وازدادة مستخلص الثوم وتداخلها في صفات الحاصل ومكوناته لنبات الفلفل

4-3-1 طول الثمرة (سم)

بينت نتائج جدول (4-21) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة معدل طول الثمرة (سم)، إذ بلغ أعلى معدل طول الثمرة 15.66 سم عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مقارنة بمعاملة السيطرة غم/لتر والتي بلغت 15.33 سم، في حين اعطت معاملة اضافة 2 و6 غم/لتر معدل بلغ 15.20 و 15.23 سم على التوالي . كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل طول الثمرة (سم)، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل طول الثمرة بلغ 16.95 سم، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص إقل معدل طول الثمرة بلغ 14.55 سم، في حين اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 15.57 سم.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي وازدادة مستخلص الثوم في معدل طول الثمرة، إذ بلغ أعلى معدل 16.30 سم عند اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة السيطرة إقل معدل بلغ 14.40 سم. كانت معاملة اضافة 0 غم/لتر من

مستخلص الثوم بالتداخل مع السماد النانوي ولكافة التراكيز إقل النتائج والتي بلغت 14.40، 14.50، 14.80 و 14.50 سم مع السماد النانوي بالتراكيز 0، 2، 4، 6 غم/لتر، بينما اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر من المستخلص اعلى القيم والتي بلغت 15.90، 16.10، 16.30 و 15.50 سم بتراكيز السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي.

جدول (4-21) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل طول

الثمرة لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (سم)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
15.33	15.90	15.70	14.40	السيطرة
15.20	16.10	15.00	14.50	2
15.66	16.30	15.90	14.80	4
15.23	15.50	15.70	14.50	6
	16.95	15.57	14.55	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 0.872		للمستخلص = 0.504	للسماد = 0.436	LSD (P≤0.05)

4-3-2 قطر الثمرة (سم)

بينت نتائج جدول (4-22) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة معدل قطر الثمرة (سم)، إذ بلغ أعلى معدل قطر الثمرة (13.30) سم عند استعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بمعاملة اضافة 4 غم/لتر التي اعطت معدل قطر ثمره بلغ 12.36 سم، في حين اعطت معاملة السيطرة معدل بلغ 12.66 سم. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل قطر الثمرة (سم)، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل عدد الثمار بلغ (13.47) سم، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص إقل معدل قطر بلغ 11.99 سم، في حين اعطت معاملة 15 غم/لتر معدل بلغ 12.80 سم.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، إذ لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي واطافة مستخلص الثوم في معدل قطر الثمرة، إذ بلغ أعلى معدل

(13.90) سم عند اضافة السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر إقل معدل بلغ (11.80) سم. أظهرت النتائج إن معاملة اضافة المستخلص عند 0 غم/لتر بالتداخل مع تراكيز السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر إلى الحصول على إقل القيم والتي بلغت 11.90، 11.88، 11.80 و 12.40 سم على التوالي، في حين كانت القيم التي تم الحصول عليها من تداخل اضافة 20 غم/لتر من مستخلص الثوم مع السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر اعلى القيم والتي بلغت 13.30، 13.50، 13.20 و 13.90 سم على التوالي.

جدول (4-22) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل قطر

الثمره لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (سم)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
12.66	13.30	12.80	11.90	السيطرة
12.69	13.50	12.70	11.88	2
12.36	13.20	12.10	11.80	4
13.30	13.90	13.60	12.40	6
	13.47	12.80	11.99	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 0.899		للمستخلص = 0.519	للسماد = 0.449	LSD (P≤0.05)

3-3-4 عدد الثمار (ثمرة/نبات)

بينت نتائج جدول (4-23) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة معدل عدد الثمار (ثمرة/نبات)، إذ بلغ أعلى معدل عدد الثمار (ثمرة/نبات) (25.53) عند استعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالمعاملات الاخرى والتي بلغت 24.30 ثمرة/نبات عند 0 غم/لتر و 23.90 ثمرة/نبات عند 2 غم/لتر و 24.66 ثمرة/نبات عند 4 غم/لتر. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل عدد الثمار (ثمرة/نبات) ، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل عدد الثمار بلغ (26.87) (ثمرة/نبات)، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من

المستخلص إقل معدل عدد الثمار بلغ 22.50 (ثمرة/نبات) في حين اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 24.42 ثمرة/نبات.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي واطافة مستخلص الثوم في معدل عدد الثمار، إذ بلغ أعلى معدل (27.40) (ثمرة/نبات) عند اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة السماد النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 0 غم/لتر من المستخلص إقل معدل بلغ (21.40) (ثمرة/نبات).

جدول (4-23) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في معدل عدد الثمار لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (ثمرة/نبات)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
24.30	26.20	23.90	22.80	السيطرة
23.90	26.80	23.50	21.40	2
24.66	27.40	24.60	22.00	4
25.53	27.10	25.70	23.80	6
	26.87	24.42	22.50	متوسط تأثير المستخلص
2.471 = التداخل	1.426 = للمستخلص		1.235 = للسماد	LSD (P≤0.05)

4-3-4 وزن الثمار (غم)

بينت نتائج جدول (4-24) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويًا في زيادة معدل وزن الثمار (غم)، إذ بلغ أعلى معدل وزن الثمار (98.00) غم عند استعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بمعاملة 0 غم/لتر التي اعطت معدل بلغ 91.43 غم/نبات، في حين سجلت معاملة 2 غم/لتر معدل بلغ 93.16 غم/نبات ومعاملة اضافة 4 غم/لتر معدل بلغ 97.41 غم/نبات. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل وزن الثمار (غم)، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل وزن الثمار بلغ (103.49) غم، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من

المستخلص إقل معدل وزن الثمار بلغ 86.73 غم، بينما اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 94.77 غم.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي واطافة مستخلص الثوم في معدل وزن الثمار، إذ بلغ أعلى معدل (105.88) غم عند اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة السماد النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع 0 غم/لتر من المستخلص إقل معدل بلغ (80.20) غم. أظهرت نتائج البحث إلى إن معاملة 0 غم/لتر من المستخلص بالتداخل مع السماد النانوي بكافة تراكيزه إلى تسجيل إقل القيم والتي بلغت 80.20، 85.88، 90.15 و 90.70 غم/نبات وفق التراكيز 0، 2، 4، 6 غم/لتر ، في حين سجلت قيم اضافة 20 غم/لتر من المستخلص اعلی القيم والتي بلغت 100.50، 103.10، 105.88 و 104.50 غم وفق التراكيز 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي.

جدول (4-24) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل وزن الثمار لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L. (غم)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
91.43	100.50	93.60	80.20	السيطرة
93.16	103.10	90.50	85.88	2
97.41	105.88	96.20	90.15	4
98.00	104.50	98.80	90.70	6
	103.49	94.77	86.73	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 9.875		للمستخلص = 5.702	للسماد = 4.938	LSD (P≤0.05)

5-3-4 حاصل النبات الكلي (كغم/نبات)

بينت نتائج جدول (4-25) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويًا في زيادة حاصل النبات الكلي (كغم/نبات)، إذ بلغ أعلى معدل حاصل النبات الكلي 3.13 كغم/نبات عند استعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بالمعاملات الأخرى والتي سجلت قيم متفاوتة

والتي بلغت 2.50، 2.81 و 2.99 كغم/ نبات عن اضافة 0، 2 و 4 غم/لتر على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل حاصل النبات الكلي (كغم/نبات)، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل حاصل نبات كلي بلغ 3.58 كغم/نبات، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص أقل معدل حاصل النبات الكلي بلغ 1.96 كغم/نبات، في حين اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 3.03 كغم/ نبات.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي و اضافة مستخلص الثوم في معدل حاصل النبات الكلي، إذ بلغ أعلى معدل 3.95 كغم/نبات عند اضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة المقارنه أقل معدل بلغ 1.65 كغم/نبات. بينت النتائج إن اضافة 0 غم/لتر من مستخلص الثوم بالتداخل مع السماد النانوي 0، 2، 4، 6 غم/لتر سجلت أقل القيم والتي بلغت 1.65، 1.90، 1.54 و 2.78 كغم/ نبات، في حين اعطت الاضافة 20 غم/لتر من المستخلص اعلى القيم والتي بلغت 2.98، 3.66، 3.95 و 3.76 كغم/ نبات ولنفس التراكيز 0، 2، 4، 6 غم/لتر على التوالي.

جدول (4-25) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلتهما في معدل الحاصل الكلي للنبات الواحد لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (كغم/نبات)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
2.50	2.98	2.89	1.65	السيطرة
2.81	3.66	2.88	1.90	2
2.99	3.95	3.50	1.54	4
3.13	3.76	2.86	2.78	6
	3.58	3.03	1.96	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 0.733	للمستخلص = 0.423		للسماد = 0.366	LSD (P≤0.05)

4-4 تأثير الرش بالسماذ النانوي وازافة مستخلص الثوم وتداخلها في المركبات الفعالة لبذور نبات الفلفل

1-4-4 نسبة المادة الفعالة Capsaicin (%)

بينت نتائج جدول (4-26) إن الرش الورقي بالسماذ النانوي عدم وجود تأثير معنوي نسبة المادة الفعالة Capsaicin (%), إذ بلغ أعلى معدل 3.38% عند إستعمال السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بمعاملة السيطرة والتي بلغت 3.03 %, في حين اعطت معاملة اضافة 2 و 4 غم/لتر معدل بلغ 3.08 و 3.21 % على التوالي . كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل نسبة المادة الفعالة Capsaicin (%), إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل بلغ 3.51 %, في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص إقل معدل بلغ 2.96 %, في حين اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 3.06 %.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، ف لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماذ النانوي وازافة مستخلص الثوم في معدل نسبة المادة الفعالة Capsaicin, إذ بلغ أعلى معدل 3.71 % عند اضافة السماذ النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة السماذ النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع 0 غم/لتر من المستخلص إقل معدل بلغ 2.74 %. كانت معاملة اضافة 0 غم/لتر من مستخلص الثوم بالتداخل مع السماذ النانوي ولكافة التراكيز (0، 2، 4، 6) غم/لتر إقل النتائج والتي بلغت 2.74، 2.96، 3.12 و 3.01 % على التوالي، بينما اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر من المستخلص اعلى القيم والتي بلغت 3.24، 3.44، 3.65 و 3.71 % لتراكيز السماذ النانوي (0، 2، 4، 6) غم/لتر على التوالي.

جدول (4-26) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في نسبة المادة الفعالة Capsaicin لنبات الفلفل الحار *Capsicum annuum* L (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
3.03	3.24	3.12	2.74	السيطرة
3.08	3.44	2.84	2.96	2
3.21	3.65	2.85	3.12	4
3.38	3.71	3.43	3.01	6
	3.51	3.06	2.96	متوسط تأثير المستخلص
التداخل=0.617		للمستخلص=0.351	للسماد=0.379	LSD (P≤0.05)

4-4-2 نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin (%)

بينت نتائج جدول (4-27) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويًا في زيادة نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin (%)، إذ بلغ أعلى معدل 2.76% عند استعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مقارنة بمعاملة 0 غم/لتر والتي بلغت 2.23%، في حين أعطت معاملة إضافة 2 و 6 غم/لتر معدل بلغ 2.65 و 2.74 % على التوالي . كما أشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin (%)، إذ أعطت معاملة إضافة 20 غم/لتر أعلى معدل عدد الثمار بلغ 2.83 %، في حين أعطت معاملة عدم إضافة تراكيز من المستخلص أقل معدل بلغ 2.26 %، في حين أعطت معاملة إضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 2.69 %.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي وإضافة مستخلص الثوم في معدل نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin، إذ بلغ أعلى معدل 3.42 % عند إضافة السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مع إضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين أعطت معاملة السماد النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع 0 غم/لتر من المستخلص أقل معدل بلغ 2.00 % . كانت معاملة إضافة 0 غم/لتر من مستخلص الثوم بالتداخل مع السماد النانوي ولكافة التراكيز أقل النتائج والتي بلغت

2.00، 2.33، 2.21 و 2.50 %، بينما اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر من المستخلص اعلى القيم والتي بلغت 2.38، 2.73، 3.42 و 2.80 % على التوالي.

جدول (27-4) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
2.23	2.38	2.30	2.00	السيطرة
2.65	2.73	2.90	2.33	2
2.76	3.42	2.64	2.21	4
2.74	2.80	2.91	2.50	6
	2.83	2.69	2.26	متوسط تأثير المستخلص
	التداخل=0.350	للمستخلص=0.163	للسماد=0.202	LSD (P≤0.05)

3-4-4 نسبة المادة الفعالة myristic acid (%)

بينت نتائج جدول (28-4) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة نسبة المادة الفعالة myristic acid (%)، إذ بلغ أعلى معدل 1.39% عند استعمال السماد النانوي بتركيز 4 غم/لتر مقارنة بمعاملة 0 غم/لتر والتي بلغت 1.28 %، في حين اعطت معاملة اضافة 2 و 6 غم/لتر معدل بلغ 1.37 و 1.33 % على التوالي . كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل نسبة المادة الفعالة myristic acid (%)، إذ اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر أعلى معدل عدد الثمار بلغ 1.52 %، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص أقل معدل بلغ 1.15 %، و اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر معدل بلغ 1.36 %.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، ف لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي و اضافة مستخلص الثوم في معدل نسبة المادة الفعالة myristic acid ، إذ بلغ أعلى معدل 1.62 % عند اضافة السماد النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع اضافة 20 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين اعطت معاملة السماد النانوي بتركيز 0 غم/لتر مع 0 غم/لتر من

المستخلص إقل معدل بلغ 1.06 %. كانت معاملة اضافة 0 غم/لتر من مستخلص الثوم بالتداخل مع السماد النانوي ولكافة التراكيز (0، 2، 4، 6) غم/لتر إقل النتائج والتي بلغت 1.06، 1.13، 1.25 و 1.14 % على التوالي، بينما اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر من المستخلص اعلى القيم والتي بلغت 1.49، 1.62، 1.51 و 1.45 % لتركيز السماد النانوي (0، 2، 4، 6) غم/لتر على التوالي.

جدول (28-4) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في نسبة المادة الفعالة myristic acid لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
1.28	1.49	1.27	1.06	السيطرة
1.37	1.62	1.35	1.13	2
1.39	1.51	1.40	1.25	4
1.33	1.45	1.40	1.14	6
	1.52	1.36	1.15	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 0.105		للمستخلص = 0.042	للسماد = 0.047	LSD (P≤0.05)

4-4-4 نسبة المادة الفعالة Linolenic acid (%)

بينت نتائج جدول (29-4) إن الرش الورقي بالسماد النانوي أثر معنويا في زيادة نسبة المادة الفعالة Linolenic acid (%)، إذ بلغ أعلى معدل 1.03% عند إستعمال السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مقارنة بمعاملة 2 غم/لتر والتي بلغت 0.49 %، في حين اعطت معاملة اضافة 0 و 4 غم/لتر معدل بلغ 0.54 و 1.00 % على التوالي. كما اشارت النتائج إلى وجود تأثير معنوي لمستخلص الثوم المضاف إلى النبات والتداخل بينهما في معدل نسبة المادة الفعالة Linolenic acid (%)، إذ اعطت معاملة اضافة 15 غم/لتر أعلى معدل عدد الثمار بلغ 0.88 %، في حين اعطت معاملة عدم اضافة تراكيز من المستخلص إقل معدل بلغ 0.63 %، بينما ين اعطت معاملة اضافة 20 غم/لتر معدل بلغ 0.79 %.

إما التداخلات بين عوامل التجربة، فقد لوحظ وجود تأثير معنوي لكل معاملات التداخل بين السماد النانوي وإضافة مستخلص الثوم في معدل نسبة المادة الفعالة Linolenic acid ، إذ بلغ أعلى معدل 1.48 % عند إضافة السماد النانوي بتركيز 6 غم/لتر مع إضافة 15 غم/لتر مستخلص الثوم، في حين أعطت معاملة السماد النانوي بتركيز 2 غم/لتر مع 15 غم/لتر من المستخلص أقل معدل بلغ 0.27 % . كانت معاملة إضافة 0 غم/لتر من مستخلص الثوم بالتداخل مع السماد النانوي ولكافة التراكيز أقل ، بينما أعطت معاملة إضافة 15 غم/لتر من المستخلص أعلى القيم جدول (4-29).

جدول (4-29) تأثير تراكيز سماد الفسفور النانوي ومستخلص الثوم وتداخلاتهما في نسبة المادة الفعالة Linolenic acid لنبات الفلفل الحار *Capsicum annum* L. (%)

متوسط تأثير السماد النانوي	تراكيز مستخلص الثوم (غم/لتر)			تراكيز سماد الفسفور النانوي (غم/لتر)
	20	15	السيطرة	
0.54	0.91	0.35	0.36	السيطرة
0.49	0.65	0.27	0.56	2
1.00	1.01	1.43	0.56	4
1.03	0.58	1.48	1.03	6
	0.79	0.88	0.63	متوسط تأثير المستخلص
التداخل = 0.327		للمستخلص = 0.183	للسماد = 0.201	LSD (P≤0.05)

الفصل الخامس

المناقشة

Discussion

5. المناقشة

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في أغلب صفات النمو الخضري التي تم دراستهما في النبات، إذ لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (6 غم/لتر) في أغلب الصفات المدروسة المتمثلة بارتفاع النبات (سم) وقطر الساق (سم) (جدول 4-1) و (جدول 4-2). وهذا ما يؤكد أهمية السماذ النانوي في إنتاج نباتات قوية النمو مقاومة للظروف الخارجية، وربما يعزى السبب في ذلك إلى إن المركبات النانوية تمتلك خصائص نوعية فريدة كمساحتها السطحية و صغر حجم دقائقها ونتيجة لذلك تزداد قابلية امتصاصها من قبل نبات الفلفل او قد يعود السبب إلى إن الزيادة الحاصلة في ارتفاع النبات إلى دور رش السماذ النانوي وذلك لما تمتلكه تلك المواد من مساحة سطحية كبيرة جدا تؤدي إلى تحفيز النمو وزيادة التمثيل الضوئي وزيادة تحمل النبات للإجهادات الحيوية واللاحيوية وكذلك بتقليل أو تثبيط تكوين انواع جذور الأوكسجين (Reactive oxygen species) مما يقلل من ضرر التأكسد ويؤخر الشيخوخة ويشجع النمو الخضري للنبات وهذا ما أكدته (Mushtaq وآخرون ، 2024).

اختلفت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Gerami وآخرون (2024) والذي أكد إلى إن اضافة السماذ النانوي ساهم في تحفيز النبات ودورها المهم في زيادة ارتفاع نبات الريحان. تتفق النتائج الحالية مع (Abdel-Aziz وآخرون، 2018) والذي أكدته زيادة ارتفاع النبات في نبات الفلفل *C. annuum* بإستعمال الأسمدة النانوية مما يعزز ذلك من معدل البناء الضوئي ويزيد من كفاءة عمل الأوراق. تتفق نتائج الدراسة الحالية ايضاً مع ما توصل اليه (Al-Musawi، 2023) في دراسته حول تأثير أسمدة النانوية في نبات الفلفل *C. annuum*. تتفق النتائج الحالية مع Gajc-Wolska وآخرون (2014) والذي بين إن إستعمال السماذ النانوي إذ اثر بشكل واضح على ارتفاع نبات الفلفل *C. annuum*. أظهر رش الفسفور النانوي تأثيرات عديدة على التفاعلات الحيوية في النباتات، إذ يساهم في استمرار الإنقسام الخلوي لأنه يدخل في مكونات جدار الخلية، ويساعد في تمثيل الايض للنيتروجين، ويقلل من سرعة النتح وكذلك دوره في نقل العناصر الغذائية وتنشيط عمل بعض

الأنزيمات (Al-Shahmani و Al-Juthery، 2021). كما يعود تأثير مستخلص الثوم إلى دور المغذيات الكبرى والصغرى التي يحتويها والتي تزيد من النشاطات الحيوية الايضية، كذلك وجود الاوكسينات التي تشجع عمليات إنقسام الخلايا وزيادة ارتفاع النبات (Pacurar and Krejci، 2010). تتفق النتائج مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) الذين وجدوا إن مستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل معنوي على ارتفاع نبات الريحان *O. bacilicum*. كذلك للحد من مسببات الأمراض المحيطة بالجذور يساعد النبات على امتصاص افضل للعناصر الغذائية (N، P، K)، مما ينعكس على زيادة النمو الخضري ومنها طول النبات. تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه شاكر والراوي (2017) والذين بينوا إن مستخلص الثوم قد اثر معنوياً في ارتفاع نبات الكمثرى *Pyrus communis*. تتفق النتائج الحالية مع وجده Armanious (2014) تأثير رش مستخلص الثوم على كرمات نبات العنب *Vitis vinifera*.

تتفق النتائج الحالية مع ما وجد Helaly و EL-Bauome (2020) في نبات الفلفل الحار. كما يترتب على ذلك زيادة في معدل التمثيل الغذائي وهذا يؤدي إلى زيادة في تصنيع وتراكم المادة الجافة وبالتالي زيادة في معدل نمو النبات بشكل عام (Amini وآخرون، 2024)، قد يعود تأثير مستخلص الثوم إلى إن المركبات الفعالة في الثوم تقلل من الإجهاد التأكسدي داخل الخلايا النباتية، فتزيد كفاءة العمليات الفسيولوجية مثل البناء الضوئي (Pacurar و Krejci، 2010). تتفق النتائج الحالية مع Siddiqui و Matthews (2025) والذين توصلوا إلى إن إستعمال السماد النانوي إذ اثر بشكل واضح في معدل قطر الساق لنبات الفلفل، وايضاً تتفق النتائج مع Hussein and Alwan (2022) والذي بين إن السماد النانوي إذ اثر على أغلب صفات النمو لنبات الفلفل تحت ظروف البيت البلاستيكي. تتفق النتائج الحالية مع (Ahmed و Abdelkader، 2020) والذي بين إن سبب زيادة معدل قطر الساق في نبات الفلفل إلى تأثير السماد النانوي.

يلاحظ من الجدول (3-4) و جدول (4-4) زيادة معنوية في مؤشرات النمو ومنها عدد الأوراق والمساحة الورقية وذلك لإن زيادة تراكيز التسميد النانوي ومسلخس الثوم ادت إلى

تحفيز النبات على زيادة معدل الاوكسينات الذي له تأثير كبير في زيادة نشاط القمم المرستيمية وزيادة إنقسام الخلايا واستطالتها و يعود إلى جاهزية المواد التي يحتاج اليها النبات في عملية البناء كالحوامض الامينه وغيرها (Manas وآخرون، 2014). تتفق النتائج الحالية مع Assi وآخرون (2020) إن السماد النانوي قد اثر معنويا في معدل أوراق نبات الفلفل. وايضاً تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه El-Bauome and Helaly (2020) إلى إن الفسفور النانوي قد زاد من معدل عدد الأوراق لنبات الفلفل الحار. كما يعود تأثير مستخلص الثوم إلى دور الاوكسينات الموجودة في مستخلص الثوم والتي تزيد من النشاطات الحيوية الايضية التي تشجع عمليات إنقسام الخلايا وزيادة عدد الأوراق (Pacurar and Krejci، 2010). كما يساعد النبات على امتصاص افضل للعناصر الغذائية (N, P, K)، مما ينعكس على زيادة النمو الخضري مثل عدد الأوراق. تتفق النتائج الحالية مع Leonel وآخرون (2015) خلال دراستهم حول تأثير ثلاث مستويات من مستخلص الثوم على معدل عدد الأوراق لاشجار التين. تتفق النتائج الحالية مع ما وجده Armanious (2014) حول تأثير رش مستخلص الثوم على عدد الأوراق لنبات العنب. تتفق النتائج مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) الذين وجدوا إن مستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل معنوي على معدل عدد الأوراق لنبات الريحان *Ocimum bacilicum*. وهذه النتيجة ايضا تتفق ما توصل اليه Bozorgi (2012) على نبات الباذنجان *Solanum melongena*. تتفق النتائج الحالية ما مع توصل اليه شاكر والراوي (2017) إلى إن مستخلص الثوم قد زاد من معدل عدد الأوراق لنبات الكمثرى *Pyrus communis*.

إن الزيادة الحاصلة في معدل المساحة الورقية تعود إلى دور رش المواد النانوية وذلك لما تمتلكه تلك المواد من محفزات نمو وزيادة في التمثيل الضوئي مما يقلل من ضرر التأكسد ويشجع النمو الخضري للنبات (Assi وآخرون، 2020). كما يترتب على ذلك زيادة في معدل التمثيل الغذائي زيادة في معدل المساحة الورقية لنبات الفلفل بشكل عام (Al-Musawi، 2023). و تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) الذين بينوا إن مستخلص نبات الثوم قد زاد من معدل المساحة الورقية لنبات الريحان O.

bacilicum. تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه شاكر والراوي (2017) إلى إن مستخلص الثوم قد اثر معنويا في معدل المساحة الورقية لنبات الكمثرى *P. communis*.

يلاحظ من النتائج إن تأثير الفسفور النانوي لوحظ ايضا في حساب معدل عدد الأفرع وذلك بسبب دوره في تكوين الحامض الاميني التربتوفان المهم في تكوين IAA الضروري في زيادة إنقسام الخلايا وتعزيز نشاط الخلايا المرستيمية وأنقساماتها، كما يدخل في تركيب الغشاء البلازمي ويشترك في العديد من وظائف الخلايا النباتية والذي له الدور الرئيسي في حماية الخلايا النباتية من الاكسدة وكما يساهم في تصنيع الأنزيمات والبيبتيدات والبروتينات (Mousawi، 2011). تتفق النتائج الحالية مع Assi وآخرون (2020) إن السماد النانوي قد اثر معنويا في معدل عدد الأفرع لنبات الفلفل *C. annuum*. تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه Helaly و El-Bauome (2020) إلى إن الفسفور النانوي قد زاد من معدل عدد الأفرع لنبات الفلفل الحار *C. annuum*. يعود تأثير مستخلص الثوم إلى دور المغذيات الكبرى والصغرى التي يحتويها والتي تزيد من النشاطات الحيوية الايضية، كذلك وجود الاوكسينات التي تشجع عمليات إنقسام الخلايا وزيادة افرع النبات. كما إن مركبات الثوم تعمل كإشارات دفاعية داخل النبات، فتزيد إنتاج بعض الأنزيمات والهرمونات الدفاعية، مما يقوي النبات ضد الإجهادات الحيوية واللاحيوية (Pacurar and Krejci، 2010). تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه شاكر والراوي (2017) إلى إن مستخلص الثوم قد اثر على عدد الأفرع لنبات الكمثرى *P. communis*.

بينت النتائج الحالية إن إستعمال الرش الورقي بالسماد النانوي كان ذو دلالة معنوية في زيادة معدل الوزن الطري للمجموع الخضري (غم/نبات) ومعدل الوزن الجاف (جدول 4-6) و (جدول 4-7). إن الزيادة الحاصلة في معدل الوزن الطري ربما تعود إلى دور رش المواد النانوية وذلك لما تمتلكه من مواد تقلل من ضرر التأكسد وبالتالي يشجع النمو الخضري للنبات (Sajyan وآخرون، 2020). او قد يعود التأثير إلى إن سماد الفوسفور جزء من البنية الجزيئية للمركبات المهمة ومنها الحمض النووي (RNA) والحمض النووي (DNA). كما إنه يلعب دورًا أساسيًا في عمليتي التمثيل الضوئي وأنقسام الخلايا (Marshner، 1995). اكد

Khan وآخرون (2002) إن الفسفور النانوي عزز أنشطة الأنزيمات الرئيسية، وحسن نقله في الأوراق، مما يزيد من نمو النبات وتطوره، إذ زاد من وزن الطري مقارنةً بالنباتات غير المعاملة. إن مستخلص الثوم حسن من النشاطات الحيوية الايضية، والتي تشجع عمليات إنقسام الخلايا وزيادة الوزن الطري للنبات والوزن الجاف، كذلك يحد من نمو الفطريات والبكتيريا الضارة في منطقة الجذور (الرايزوسفير)، مما يحسن امتصاص العناصر الغذائية، كما يقلل من الأمراض النباتية وبالتالي ينعكس إيجاباً على النمو الخضري. كما يعود تأثير مستخلص الثوم إلى دور المغذيات الكبرى والصغرى التي يحتويها والتي تزيد من النشاطات الحيوية الايضية، كذلك وجود الاوكسينات التي تشجع عمليات إنقسام الخلايا وزيادة النمو (Pacurar and Krejci، 210). تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) إلى إن مستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل معنوي على معدل الوزن الطري لنبات الريحان. تتفق النتائج الحالية مع ما وجد Assi وآخرون (2020) على نبات الفلفل والذي اوضح إن إستعمال الرش الورقي للاسمدة النانوية قد اثر بشكل واضح على اغلب صفات النمو الخضري ومنها حاصل المجموع الخضري الطري مما يترتب على ذلك زيادة في معدل التمثيل الضوئي للنبات وزيادة في تراكم المادة الجافة. تتفق النتائج الحالية مع Prakashraj وآخرون (2021) والذين توصلوا إلى إن إستعمال السماد النانوي إذ اثر بشكل واضح في الوزن الطري لنبات الفلفل. وايضاً تتفق النتائج الحالية مع Ajil and Jaafar وآخرون (2022) والذان بينا إن السماد النانوي قد اثر على حاصل المجموع الخضري الطري لنبات الفلفل.

بينت النتائج الحالية إن معدل محتوى الكلوروفيل الكلي بالأوراق (ملغم/100 غم وزن طري) (جدول 4-8) أظهر زيادة معنوية باضافة السماد النانوي (Zahedi وآخرون، 2020). كما يؤدي رش المواد النانوية إلى تحفيز نشاط بعض الأنزيمات و يزيد من تخليق الكلوروفيل والتمثيل الضوئي وتعزيز تحمل الإجهاد وتحسين جودة المحصول (Gohari وآخرون ، 2020؛ Siddiqui وآخرون، 2015). وتتفق مع Savant وآخرون (1997) إن رش الأسمدة النانوية أدى إلى زيادة بالكلوروفيل و ربما يعزى ذلك إلى إن تحسين الضوء

Light-receiving posture للنباتات، وبالتالي تحفيز إنتاج مادة التمثيل الضوئي في النباتات. وهذا يتفق مع دراسة الشحماني (2021) التي بينت تباين دور رش الأسمدة النانوية الذي يعمل كمحسن ومخصب وإذ يعود سبب هذه الزيادة إلى تأثير الأسمدة النانوية ومحتواها من العناصر الصغرى والكبرى والاحماض العضوية في بعض العمليات الايضية للنبات مثل عملية التنفس وعملية التمثيل الضوئي. جاءت النتائج الحالية متوافقة مع ما توصل له Al-Hussain and Al-Ebrahemi (2024) في نبات الفلفل الحار. ونتائج Kaviani (2024) على نبات الاقحوان *Chrysanthemum morifolium* وأن هذه الزيادة في محتوى الكلوروفيل إذ تكون للسماد النانوي الدور في تصنيع جزيئة الكلوروفيل. تتفق النتائج الحالية ايضاً مع ما توصل اليه Yousuf and Abbass (2023) حول السماد النانوي على نبات الفلفل ومدى تأثيره على معدل الكلوروفيل في النبات. كما وتتفق مع ما وجد Assi وآخرون (2020) على نبات الفلفل والذي اوضح إن إستعمال الرش الورقي للأسمدة النانوية قد اثر بشكل واضح على محتوى الكلوروفيل لنبات الفلفل الحار.

اعطت اضافة السماد النانوي دلالة معنوية في معدل نسبة النتروجين و الفسفور و البوتاسيوم والكالسيوم و الزنك في الأوراق، ربما يعود السبب في ذلك إلى تأثير السماد النانوي في إنتاج جذور قوية ذات كفاءة عالية في امتصاص العناصر المعدنية من التربة، فضلاً عن إن الامتصاص العالي للسماد النانوي وزيادة مساحته السطحية يتطلب ذلك سحب المغذيات الضرورية لاستمرار عملية البناء الضوئي في نبات الفلفل. إن المعاملة بالسماد النانوي ادت إلى زيادة معنوية في معدلات نسبة النتروجين للمجموع الخضري وربما يعزي السبب إلى دور الأسمدة النانوية وامتصاصها بسهولة من قبل النبات. وهذا ما أكدته Sunil وآخرون (2024) في دراسته حول إستعمال الأسمدة النانوية على الصفات الخضرية لنبات الفلفل الحار. وتعزى الزيادة المعنوية في معدلات نسب النتروجين في الأوراق إلى دور رش الأسمدة النانوية في زيادة مساحة التفاعلات والفعاليات الإنزيمية ومعدلاتها، وتشجيع إمتصاص المغذيات من الأوراق مقارنةً بالتربة مع تميز المواد النانوية بسرعة فائقة في الامتصاص والنقل والتمثيل وهذا ينعكس بالإيجاب على الحاصل الحيوي للنبات. تتفق النتائج

الحالية مع ما توصل اليه Al-Hussein and Al-Ebrahemi (2021) في نبات الفلفل الحار. كما تتفق مع ما توصل اليه Salloom وآخرون (2023) و Isalm وآخرون (2020) عند استعمال السماد النانوي على هذا النبات. تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه شاكرا والراوي (2017) إلى إن مستخلص الثوم قد أثر معنوياً على نسبة النتروجين في الأوراق لنبات الكمثرى.

إما فيما يتعلق في معدل نسبة الفسفور في الأوراق (%) (جدول 4-10)، فبينت نتائج الدراسة الحالية إلى إن معدل نسبة الفسفور كان ذات دلالة معنوية لأوراق نبات الفلفل. إذ إن رش السماد النانوي أدى إلى زيادة في معدل نسبة الفسفور ويعزى ذلك تحفيز التمثيل الكربوني ونمو المجموع الخضري والجذري (Nair، 2016)، مما أدى امتصاص كميات أكبر من فوسفور التربة تنعكس بالإيجاب على جودة الحاصل وارتفاع تراكيزها فيه (Farooqui وآخرون، 2016). أو يرجع ذلك إلى إن السماد النانوي يزيد من توافر الفسفور بنسبة تصل إلى (50%) في التربة (Goswami وآخرون، 2019). تتفق النتائج الحالية مع Teng وآخرون (2018) إن الأسمدة النانوية أظهرت إمكانات كبيرة لتحسين إنتاجية نباتات الفلفل بما فيها الفسفور. وكذلك أتفقت الدراسة الحالية مع Rajonee وآخرون (2017) الذين أوضحوا إن السماد النانوي زادت من تراكم الفسفور في نبات السبانخ. تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) إلى إن مستخلص نبات الثوم قد أثر بشكل واضح على الفيتامينات والمعادن لنبات الريحان. كما و تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه Leonel وآخرون (2015) والذي بين إن رش اشجار التين بمستويات مختلفة من مستخلص الثوم قد أثر على مستويات العناصر من الكالسيوم، الفسفور، المغنسيوم، الزنك، الحديد و البوتاسيوم.

إن معدل نسبة البوتاسيوم في الأوراق (%) (جدول 4-11) أعطى تبايناً معنوياً في الأوراق، إذ إن رش أسمدة النانوية أدى إلى زيادة في محتوى البوتاسيوم ويعزى ذلك إلى تحفيز معايير النمو نتيجة رش الأسمدة النانوية مع توافر العناصر الغذائية اللازمة مما إنعكس ذلك على زيادة امتصاص المغذيات من التربة وهذا ما أكدته سابقاً El-Saadony وآخرون (2021). تتفق النتائج الحالية مع Ajirloo وآخرون (2015) في نبات الطماطة

Lycopersicon esculentum. و اتفقت النتائج الحالية مع ما توصل اليه Al-Musawi (2023) الذي بين إن الأسمدة النانوية لها دور كبير في زيادة معدل البوتاسيوم في أوراق وثمار نبات الفلفل.

إن معدل نسبة الكالسيوم في الأوراق (%) (جدول 4-12)، اعطى زيادة معنوية في الأوراق. إذ إن رش الأسمدة النانوية أدى إلى زيادة في محتوى الكالسيوم ويعزى ذلك إلى تحفيز معايير النمو نتيجة رش الأسمدة النانوية مع توافر العناصر الغذائية اللازمة مما انعكس ذلك على زيادة امتصاص المغذيات من التربة ومنها الكالسيوم وأن اضافة السماد النانوي احدث زيادة في محتوى الكالسيوم في الأوراق ويعود ذلك إلى دور السماد النانوي في تحسين تحرير العناصر من مركباتها (Hoque وآخرون، 2024). لا تتفق هذه النتائج الحالية مع ما توصل اليه Al-Musawi (2023) والذي اوضح إن السماد النانوي أدى إلى زيادة في معدلات نسبة الكالسيوم في نبات الفلفل. تتفق النتائج الحالية مع Al-Hussain and Al-Ebrahemi (2022) الذي بين أهمية الرش الورقي للأسمدة النانوية في نبات الفلفل. تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه Alkarawi وآخرون (2024) الذي بين إن الأسمدة النانوية (الحديد) لها دور كبير في زيادة معدل الكالسيوم في أوراق نبات الفلفل.

إن رش الأسمدة النانوية أدى إلى زيادة معنوية في معدل نسبة المغنسيوم (جدول 4-13)، و يعزى سبب ذلك إلى إن الأسمدة النانوية حسنت من اداء النبات في امتصاص العناصر والمركبات التي من شأنها تحسين قدرة النبات على مواجهة الظروف البيئية. وهذه النتائج الحالية تتفق مع ما وجده Xiong وآخرون (2024) والتي بينت إن إستعمال الأسمدة النانوية أدى إلى زيادة في معدل تراكم المغنسيوم في نبات الفلفل الحار. تتفق النتائج الحالية مع Sadique وآخرون (2017) إذ أدى تطبيق الأسمدة النانوية إلى زيادة أنشطة العناصر والسكريات القابلة للذوبان والأنزيمات في نبات الباذنجان والطماطة. تتفق النتائج الحالية مع Neeruggi وآخرون (2019) والذي اوضح إن معاملة الأسمدة النانوية أدت إلى زيادة في معدلات العناصر الغذائية ومنها المغنسيوم لنبات الفلفل الحار. كما يحتوي مستخلص الثوم

على مركبات تعمل كإشارات دفاعية داخل النبات، فتزيد إنتاج بعض الأنزيمات والهرمونات الدفاعية، مما يقوي النبات ضد الإجهادات الحيوية واللاحوية.

إما محتوى الزنك في الأوراق، فأظهرت نتائج الدراسة الحالية إلى إن استعمال السماد النانوي أدى إلى زيادة معنوية في معدل نسبة الزنك (جدول 4-14). و تعد هذه النتائج ايجابية والتي من شأنها تحسين فعالية النبات، كما تدخل بعض الأسمدة النانوية في التأثير في محتوى العناصر المعدنية المهمة ومنها الزنك (Sadique وآخرون، 2017). كما يعزي تحسين صفات النمو والمحتوى الكيميائي و المواد الفعالة في النبات إلى احتواء الأسمدة النانوية على المواد المكملة والمغذية للنبات والتي يحتاجها النبات في تكوين الاحماض الامينية والبروتينات (Abdul Majeed، 2023). تتفق هذه النتائج الحالية مع ما توصل اليه Sajyan وآخرون (2020) والذي اوضح إن الأسمدة النانوية والية إستعمالها أدت إلى تحسين نسبة الزنك في النبات. تتفق النتائج الحالية مع Uresti-Porras وآخرون (2021) والذين استعملوا الأسمدة النانوية (ZnO) على ثمار الفلفل.

واتضح كذلك من نتائج الدراسة الحالية إن أستجابة نبات الفلفل المعاملة بالأسمدة النانوية وبتراكيز مختلفة كانت معنوية في أغلب الصفات المتمثلة بمعدلات نسب الكربوهيدرات في الأوراق (جدول 4-15). فيما يتعلق بالكربوهيدرات فإن المعاملة بالأسمدة النانوية أدى إلى زيادة في معدلات الكربوهيدرات في الأوراق، إذ يُشجّع الفوسفور النانوي من تحسين العمليات الفسلجية للنبات وبالتالي زيادة في معدلات نسب الكربوهيدرات والأنزيمات (Bukman and Brady، 1999). تتفق النتائج الحالية مع Uresti-Porras وآخرون (2021) والذين استعملوا الأسمدة النانوية (ZnO) على نبات الفلفل وتأثيرها على نسبة الكربوهيدرات . تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه (Al-Salami, and Abbass 2021) من خلال النتائج إن الأسمدة النانوية كان لها تأثير معنوي على معدل نسبة الكربوهيدرات في نبات الفلفل. تتفق النتائج الحالية مع Aqeel وآخرون (2023) الذين اوضحوا إن الأسمدة النانوية اثرت بشكل واضح على معدل نسبة الكربوهيدرات في نبات الفلفل الحار Chilli pepper. وقد تعود اهمية مستخلص الثوم إلى إن رش مستخلص الثوم يمكن إن يستخدم في توفير الطاقة اللازمة

لعمليات النمو الخضري وبالتالي زيادة معدلات الكربوهيدات (Chen and Chen, 2004). تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) الذين وجدوا إن مستخلص نبات الثوم قد اثر معنويا في معدل نسبة الكربوهيدرات لنبات الريحان.

كما أظهرت النتائج إلى إن رش الأسمدة النانوية أدى إلى ارتفاع معدل نسبة البروتينات في أوراق النبات عند المعاملة بالسماذ النانوي (جدول 4-16). و قد يعزى إلى دور الأسمدة النانوية في زيادة كفاءة إستعمال النتروجين وسحبة من التربة والتي تؤدي إلى زيادة فعالية إنزيمات البلمرة إلى تسهم في تخليق البروتينات وهذا ما أكدته (Salama وآخرون ، 2022). و قد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه (Siva و Benita، 2016) في نبات الزنجبيل *Zingiber officinale* L. كما تتفق النتائج الحالية مع Kadhim وآخرون (2021) الذين بينوا إن عمل الأسمدة النانوية في تحسين المحاصيل من خلال تعزيز أنبات البذور، ونمو البراعم والجذور، ومحتويات الكلوروفيل، والتركيب الضوئي، وتحمل الإجهاد اللاأحيائي، وزيادة نسبة البروتينات في الأوراق لنباتات الفلفل والطماطة والباذنجان. كذلك اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Sunil وآخرون (2024) على نبات الفلفل الحار. وقد تعود اهمية رش مسخلص الثوم إلى انه يمكن استخدامه في توفير الطاقة اللازمة لعمليات النمو الخضري، فضلا على احتواءه على حامض الميفالونيك الذي يساعد في تحسين العمليات الفسلجية للنبات وبالتالي زيادة معدلات البروتينات (Chen and Chen, 2004). كما اتفقت النتائج الحالية مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) الذين وجدوا إن مستخلص نبات الثوم قد زاد من معدل نسبة البروتين لنبات الريحان.

إما معدل فعالية إنزيم البيروكسيداز في الأوراق، فبينت النتائج الحالية إن اضافة الأسمدة النانوية أدت إلى زيادة معنوية في معدل الأنزيم (جدول 4-17). ويمكن إن يعزى التأثير الكبير للفسفور النانوي و دوره في تكوين حمض الترتوفان الأميني والذي يؤثر بدوره على زيادة إنقسام الخلايا ويعزز نشاط أغشية الخلايا وأنقسامها والعديد من التفاعلات البيولوجية داخل النبات وبالتالي التأثير على الأنزيمات الموجودة داخل النبات وهذا ما بينه (Assi وآخرون، 2020). تتفق النتائج الحالية مع Rani وآخرون (2023) من خلال رش

الأسمدة النانوية ومدى تأثيرها على الأنزيمات لنبات *Vigna radiata* . و تتفق النتائج الحالية ايضاً مع ما توصل اليه Hussin and Al-Hlfie (2019) والذين بينوا إن الأسمدة النانوية زادت من فعالية إنزيم البيروكسيداز لنبات الفلفل الحار.

مستخلص الثوم الكحولي قد يزيد من نسبة الأنزيمات النباتية لأنه يزود النبات بمركبات كبريتية فعالة تعمل كإشارات دفاعية ومضادات أكسدة، فتثير الجهاز الدفاعي وتفعّل مسارات إنتاج الأنزيمات الواقية. كما إن زيادة نشاط الأنزيمات النباتية عند استخدام مستخلص الثوم كمحفز نمو تعود إلى مجموعة من المركبات الكيميائية والأنزيمات الحيوية الموجودة في الثوم، والتي تؤثر بشكل إيجابي على العمليات البيوكيميائية في النباتات. و تتفق الدراسة الحالية مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) إلى إن مستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل واضح على الأنزيمات لنبات الريحان *O. bacilicum*. و اتفقت ايضاً الحالية مع شاكرا والراوي (2017) بأن مستخلص الثوم قد اثر معنوياً على نسبة الأنزيمات لنبات الكمثرى *P. communis* و مع ما توصل اليه Leonel وآخرون (2015) الذين بينوا إن الرش بمستويات مختلفة من مستخلص الثوم قد اثر على مستوى الأنزيمات لأشجار التين. اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما وصل اليه Ramadan وآخرون (2022) إلى إن اضافة الأسمدة النانوية أثر في نسب ومعدلات الأنزيمات والمركبات الفعالة لنبات الفلفل الحار. كذلك اتفقت النتائج الحالية مع ما وجده Halaji وآخرون (2024) إلى إن الأسمدة النانوية قد اثرت معنوياً على معدلات إنزيم الكاتليز في نبات الفلفل.

إن مستخلص الثوم يؤثر على الأنزيمات النباتية ومنها الأليسين (Allicin) الذي يُنتج عند تكسير خلايا الثوم، و يعد من المركبات الكبريتية النشطة بيولوجياً و يُحفز الأليسين نشاط إنزيمات مضادة للأكسدة مثل سوبر أكسيد ديسموتاز (SOD) وبيروكسي ديسموتاز (POD)، مما يساعد النباتات على مقاومة الضغوط البيئية وتحسين نموها (Chen and Chen, 2004). اتفقت الدراسة الحالية ايضاً مع ما توصل اليه معيتيق و هروس (2012) إلى إن مستخلص نبات الثوم قد اثر بشكل واضح على الأنزيمات لنبات الريحان *O.*

bacilicum. و اتفقت النتائج الحالية ايضاً مع ما توصل اليه شاكر والراوي (2017) إلى إن مستخلص الثوم قد اثر معنوياً على نسبة الأنزيمات لنبات الكمثرى *P. communis*.

إما فعالية إنزيم Asparaginase في الأوراق (وحده/غم)، فقد أظهرت نتائج الدراسة الحالية إلى إن إستعمال السماد النانوي أدى إلى زيادة معنوية في إنزيم Asparaginase (جدول 4-19). تعد هذه النتائج ايجابية والتي من شأنها تحسين فعالية النبات، كما تدخل بعض الأسمدة النانوية في التأثير في محتوى فعالية إنزيم Asparaginase (Sadique وآخرون ، 2017). كما يعزى تحسين صفات النمو والمحتوى الكيميائي و المواد الفعالة في النبات إلى احتواء الأسمدة النانوية على المواد المكملة والمغذية للنبات والتي يحتاجها النبات في تكوين الاحماض الامينية والبروتينات والأنزيمات (Abdul Majeed، 2023). وقد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Teng وآخرون (2014) والذي اوضح إن الأسمدة النانوية والية إستعمالها أدت إلى تحسين فعالية إنزيم Asparaginase في نبات الفلفل الاخضر. يحوي مستخلص الثوم على الفلافونويدات والمواد الفينولية التي تعمل كمضادات أكسدة، مما يُعزز من نشاط الأنزيمات النباتية ويحسن من قدرة النباتات على مقاومة الضغوط البيئية (Chen and Chen, 2004).

إن معدل فعالية إنزيم Glutaminase في الأوراق (وحده/غم) ايضاً تأثر باضافة الأسمدة النانوية (جدول 4-20)، يعزى سبب ذلك إلى إن الفسفور النانوي يزيد نشاط الأنزيمات، كذلك بفضل السعة السطحية الكبيرة للجسيمات النانوية مما يزيد من سرعة التفاعلات مما يؤدي إلى إنتاج مواد النمو في نبات الفلفل (Al-Hussain and Al- (2020). تتفق النتائج الحالية مع ما توصل اليه Ebrahemi (2022). حين أستعملت أسمدة النانوية على نبات الجرجير *Eruca sativ* وبيان مدى تأثير الأسمدة النانوية على نسب إنزيم Glutaminase، إذا اعطت أعلى مستوى إنزيم Glutaminase. تتفق النتائج الحالية مع Sayed وآخرون (2024) إلى إن الأسمدة النانوية اثرت بشكل كبير في معدل فعالية إنزيم Glutaminase في نبات الفلفل *C. annuum*.

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل طول الثمرة التي تم دراستها في النبات، فقد لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (6 غم/لتر) في معدل طول الثمرة (سم) (جدول 4-21). وهذا ما يؤكد أهمية السماذ النانوي في إنتاج نباتات قوية النمو. وربما يعزى السبب في ذلك إن الفسفور النانوي له تأثيرات عديدة على التفاعلات البيولوجية في النباتات، إذ يساهم في استمرار الانقسام الخلوي لأنه يدخل في مكونات جدار الخلية، ويساعد في تمثيل الايض للنيتروجين، ويقلل من سرعة النتج وكذلك دوره في نقل العناصر الغذائية وتنشيط عمل بعض الأنزيمات (Al-Juthery، 2021). وقد يعود السبب إلى إن الزيادة الحاصلة في معدل طول الثمرة إلى دور رش السماذ النانوي وذلك لما تمتلكه تلك المواد من مساحة سطحية كبيرة جدا تؤدي إلى تحفيز النمو و زيادة تحمل النبات للإجهادات الحيوية واللاحوية مما يشجع النمو الخضري للنبات (Issa وآخرون ، 2020). وهذا مايتوافق معه Al-Musawi (2023) والذي أكد إلى إن اضافة السماذ النانوي ساهم في تحفيز النبات على إنتاج الهرمونات النباتية ودورها المهم في زيادة معدل طول الثمرة في نبات الفلفل. تتفق النتائج الحالية مع (Al-Hussain وآخرون ، 2022) والذي أكده زيادة طول الثمره في نبات الفلفل *C. annuum* بإستعمال الأسمدة النانوية. كما تتفق النتائج الحالية مع Sajyan وآخرون (2020) والذي بين إن إستعمال السماذ النانوي إذ اثر بشكل واضح على اغلب صفات الحاصل ومنها طول الثمرة في نبات الفلفل *C. annuum*.

وقد تعود أهمية رش مسخلص الثوم إلى انه يمكن إن يستخدم في توفير الطاقة اللازمة لعمليات النمو الخضري، فضلا على احتواءه على حامض الميفالونيك الذي يساعد في تحسين العمليات الفسلجية للنبات وبالتالي زيادة في معدل طول الثمار وهذا ما أكده (Chen and Chen, 2004). وهذه النتيجة تتفق ما توصل اليه Bozorgi (2012) حول دراسة تأثير مستخلص الثوم على طول الثمرة لنبات الباذنجان *Solanum melongena*. كما تتفق النتائج الحالية ما مع توصل اليه شاكرا والراوي (2017) إلى إن مستخلص الثوم قد زاد من معدل طول الثمار لنبات الكمثرى *Pyrus communis*.

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل قطر الثمرة للنبات ، فقد لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (4 غم/لتر) في معدل قطر الثمرة (سم) (جدول 4-22). وهذا ما يؤكد اهمية السماذ النانوي في التأثير على صفات النبات الخضرية. وربما يعزى السبب في ذلك بحسب ما وضعه Al-Juthery (2021) إلى إن المركبات النانوية تمتلك خصائص نوعية من شأنها التأثير على نمو نبات الفلفل. إذ أظهر رش الفسفور النانوي تأثيرات عديدة على التفاعلات الفسلجية للنبات التي تساعد في تمثيل الايض للنيتروجين. و قد يعود السبب في ذلك ايضاً بما وضعه Issa وآخرون (2020) إلى إن الزيادة الحاصلة في معدل قطر الثمرة إلى دور رش السماذ النانوي وذلك لما تمتلكه تلك المواد من مساحة سطحية كبيرة جدا تؤدي إلى تحفيز النمو و زيادة تحمل النبات للإجهادات الحيوية واللاحيوية مما يشجع النمو الخضري للنبات. وكانت النتائج في الدراسة الحالية متوافقة مع ما ذهب اليه El-Zawily وآخرون (2018) إلى إن اضافة السماذ النانوي ساهم في تحفيز النبات على التمثيل الضوئي ودورها المهم في زيادة معدل قطر الثمرة في نبات الفلفل. كما اتفقت النتائج الحالية مع (Kamali Omidى وآخرون، 2022) والذي أكده زيادة قطر الثمره في نبات القرع *Cucurbita pepo* L بإستعمال الأسمدة النانوية. كما جاءت النتائج متوافقة مع Tarafder وآخرون (2012) والذي بين إن إستعمال السماذ النانوي اثر بشكل واضح على اغلب صفات الحاصل ومنها قطر الثمار في اغلب نباتات الخضر. وقد تعود اهمية رش مسخلص الثوم إلى انه يمكن إن يستخدم في توفير الطاقة اللازمة لعمليات النمو الخضري، فضلا على احتواءه على حامض الميفالونيك الذي يساعد في تحسين العمليات الفسلجية للنبات وبالتالي زيادة قطر الثمرة (Chen and Chen, 2004). تتفق النتائج الحالية ايضاً مع Leonel وآخرون (2015) خلال دراستهم حول تأثير ثلاث مستويات من مستخلص الثوم على معدل قطر الثمرة لاشجار التين. كما تتفق النتائج الحالية مع ما وجده Armanious (2014) تأثير رش مستخلص الثوم على ثمار العنب.

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل عدد الثمار لنبات الفلفل، ف لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (6 غم/لتر) (جدول 4-23). وهذا ما يؤكد اهمية السماذ النانوي في إنتاج نباتات قوية النمو مقاومة للظروف الخارجية. وربما يعزى السبب في ذلك بحسب ما ذكره Assi وآخرون (2020) إلى إن المركبات النانوية ضرورية لنمو النبات وتطوره. كما يساهم الفسفور النانوي في العديد من العمليات الحيوية، بما في ذلك إنتاج الأحماض الأمينية، وعمليات الأيض، والأنزيمات التي تساعد على زيادة إنقسامات الخلايا، وزيادة نشاط الأنزيمات ضد عملية الأكسدة، وهذا يؤدي إلى تنظيم نمو النبات وتعزيز نشاطه، مما يعكس زيادة مؤشرات النمو الخضري للنبات. يتميز الفسفور النانوي بقوة عالية لاختراق أغشية النبات لأداء وظيفته وهذا يساهم في تعزيز الطاقة والذي أكد ايضاً إلى إن اضافة السماذ النانوي سبب زيادة معدل عدد الثمار عند استخدام الرش الورقي بالسماذ النانوي لنبات الفلفل. يمكن إن يعزى إلى إن السماذ النانوي يقلل من الأكسجين المحفز النمو القمي وبالتالي يميل النبات إلى تكوين الأفرع الثمرية وقد توافقت الدراسة الحالية مع ما ذكر اعلاه. كما اتفقت النتائج الحالية مع (Abdul-Jabbar، 2012) والذي أكد ظهور زيادة ملحوظة في عدد الثمار ووزنها، وذلك بفضل استخدام الأسمدة النانوية، كما ويُعزى ذلك إلى دور العناصر الغذائية النانوية في تخليق وتنشيط العديد من الأنزيمات الضرورية للعمليات الحيوية في النبات. اما فيما يخص تأثير مستخلص الثوم، كما تتفق الدراسة الحالية ايضاً مع ما توصل اليه Bozory (2012) في دراسته على نبات الباذنجان *S. melongena* في ان مستخلص الثوم يساعد في امتصاص المواد الغذائية (K، P، N).

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل وزن الثمار لنبات الفلفل، فإذ لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (6 غم/لتر) في معدل وزن الثمار (غم/نبات) (جدول 4-24). وربما يعزى السبب في ذلك ما ذكره Jayara وآخرون (2023) إلى إن المركبات النانوية تتميز بقدرتها العالية على اختراق أغشية النبات لأداء وظيفته، كما يساهم في تعزيز نقل

الطاقة والأبيض وزيادة إنقسام الخلايا، مما ينعكس إيجاباً على زيادة متوسط وزن الثمار، وتركيز العناصر في إنسجة الورقة. وهذا ما يتوافق أيضاً مع ما ذكره Al-Tihafi وآخرون (2007) والذي أكد إلى إن اضافة السماد النانوي ساهم في تحفيز النبات على إنتاج وزن ثمار مثال في نبات الفلفل. تتفق النتائج الحالية مع (Al-Janabi، 2024) والذي أكد زيادة وزن الثمار بإستعمال أسمدة النانوية في نبات الطماطة. و تتفق النتائج الحالية ايضاً مع ما توصل اليه (Al-Sherbini وآخرون، 2015) في دراسته حول تأثير أسمدة النانوية في الحاصل الكمي والنوعي ومنها وزن الثمره لنبات اللوبيا. كما تتفق نتائج الدراسة الحالية مع Gajc-Wolska وآخرون (2018) والذي بين إن إستعمال السماد النانوي إذ اثر بشكل كبير في زيادة وزن الثمار لنبات الفلفل *C. annuum*. وقد تعود اهمية رش مستخلص الثوم إلى إن رش مستخلص الثوم يمكن إن يستخدم في توفير الطاقة اللازمة لعمليات النمو الخضري، فضلاً على احتواءه على حامض الميفالونيك الذي يساعد في تحسين العمليات الفسلجية للنبات وبالتالي زيادة وزن الثمار (Chen and Chen, 2004).

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن أستجابة نبات الفلفل للسماد النانوي كانت ذات دلالة معنوية في الحاصل الكلي لنبات الفلفل، ف لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماد النانوي خصوصاً عند التركيز (6 غم/لتر) في معدل الحاصل الكلي للنبات (كغم/نبات) (جدول 4-25). يوضح الجدول وجود فروق معنوية بين مستويات الرش الورقي لنبات الفلفل في صفة المحصول الكلي للنبات مقارنةً بمعاملة السيطرة. والسبب هو إن الفسفور النانوي عنصر ضروري لنمو النبات وتطوره من حيث مساهمته في العديد من العمليات الحيوية، بما في ذلك إنتاج والتمثيل الغذائي، زيادة الإنقسامات الخلوية، وزيادة نشاط الأنزيمات ضد عملية الأكسدة، وهذا يؤدي إلى تنظيم نمو النبات وتعزيز نشاطه، مما يعكس زيادة مؤشرات النمو الخضري للنبات والحاصل الكلي لنبات الفلفل. تتفق نتائج دراستنا الحالية مع العديد من الدراسات السابقة وعلى نباتات مختلفة أستعمل فيها انواع مختلفة من السماد النانوي. إذ مع (Assi وآخرون، 2020) على نبات الفلفل. كما تتفق النتائج الحالية مع (Al-Jawari، 2002) والذي أستخدم انواع مختلفة من الأسمدة النانوية وتأثيرها على حاصل نمو نبات

الفلفل. كما و تتفق نتائج الدراسة الحالية ايضاً مع ما وجده (Siva and Benita، 2016) على نبات الزنجبيل *Zingiber officinale*. يعمل مستخلص الثوم كمضاد أكسدة، إذ يحتوي على مركبات تقلل من الإجهاد التأكسدي داخل الخلايا النباتية، فتزيد كفاءة العمليات الفسيولوجية مثل البناء الضوئي (Pacurar and Krejci، 2010). تتفق النتائج الحالية ايضاً مع ما توصل اليه الحاج وآخرون (2022) إلى إن مستخلص الثوم قد زاد من معدل الحاصل الكلي لنبات الخيار *C. sativus*.

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل نسبة المادة الفعالة Capsaicin التي تم دراستها في بذور نبات الفلفل، ف لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصاً عند التركيز (6 غم/لتر) في معدل نسبة المادة الفعالة Capsaicin (جدول 4-26). تُعدّ المواد الكيميائية النباتية جزءاً من آلية الدفاع الداخلية للنبات ، وعادةً ما تُعطي لونه وطعمه ونكهته المميّزة للمركبات النشطة التي تم تحديدها بواسطة تحليلات كروماتوغرافيا الغاز (GC-MS) في الفلفل الحار. فضلاً عن ذلك، أظهرت النتائج إن الأسمدة النانوية قد زادت من نشاط إنزيمات مضادات الأكسدة، والمركبات النشطة. وقد يعزى ذلك وفقاً لما ذكره Teng وآخرون (2018) إلى إن الأسمدة النانوية ذات توتر سطحي أعلى من الأسمدة التقليدية، مما يزيد كفايتها في التحكم بإطلاق المغذيات للنباتات. كما يعزى السبب إلى إن جسيمات الفسفور النانوية المعدنية تغير تركيزات Ca^{2+} وأنواع الأكسجين وبالتالي حدوث التغيرات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية المعقدة على مستوى النبات.

و قد اتفقت نتائج الدراسة الحالية مع ما وجده Ramadan وآخرون (2022) والذي بين إن تحليل كروماتوغرافيا الغاز كشف عن وجود 22 مادة فعالة، بينما كانت النسبة المئوية القصوى للمساحة هي للكابيسينويدات Capsaicinoids الموجودة في الفلفل الحار، فكانت المركبات الرئيسية التي تم تحديدها من بين الكابيسينويدات هي الكابيسين والديهيدروكابيسين Dihydrocapsaicin. سُجلت أعلى كمية من الكابيسين عند معاملة النباتات بجسيمات نانوية بتركيز 0.5. كما اتفقت النتائج مع ما وجده Gonz´alez-Zamora

وأخرون (2013) الذين اوضحوا إن اهم مركب تم استخلاصه من بذور الفلفل هو مركب الكابيسيسين باستخدام تقنية HPLC. اتفقت النتائج الحالية ايضاً مع EL- Helaly and Bauome (2020) الذي اكد إن الكابيسيسين كان من اكثر واعلى المركبات في بذور الفلفل. وبشكل عام، أظهرت النتائج إن التطبيقات الورقية لـ 100 جزء في المليون من النانو كيتوسان يمكن إن تساعد في تعزيز نمو وأنتاجية الفلفل الحار *C. annuum*. كما و تتفق النتائج الحالية مع Wesowska وأخرون (2014) الذي بين إن بذور نبات الفلفل الحار تحوي على مركبات كيميائية من المركبات القلوية واهمها Capsaicin، وهي المسؤولة عن حدة نكهة الفلفل الحار. والتي حُللت باستخدام تقنية كروماتوغرافيا الغاز/مطياف الكتلة (GC/MS).

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن أستجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin التي تم دراستها في بذور نبات الفلفل، إذ لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصاً عند التركيز (4 غم/لتر) في نسبة المادة الفعالة Dihydrocapsaicin (جدول 4-27). أظهرت نتائج الدراسة الحالية إلى إن مركب Dihydrocapsaicin تاتر بإستعمال الأسمدة النانوية ومستخلص الثوم المستخدم في الدراسة، إذ إن زيادة تركيز الأسمدة والمستخلص ادى إلى زياده في معدل نسب Dihydrocapsaicin في البذور (جدول 4-27). و قد يعزى سبب ذلك إلى ان الأسمدة النانوية و مستخلص الثوم اثرت في أغلب المركبات النباتية السبب الذي أدى إلى حدوث خلل في النسب الطبيعية للبذور. كما يعزى السبب إلى تركيب زيت الفلفل الحار بشكل أساسي على الظروف البيئية، ونضج الثمرة، وعملية الاستخلاص. وحسب نوع الفلفل الحار، إذ يحتوي زيت الفلفل الحار على حوالي 0.01-1% من الكابيسيسينويدات على أساس الكتلة الجافة (Wesowska وأخرون، 2014). تتفق النتائج الحالية ايضاً مع ما توصل اليه Sousa Prado وأخرون (2024) إذ كانت المركبات الرئيسية التي تم تحديدها بين الكابيسيسينويدات هي الديهيدروكابيسيسين عند استخدام جسيمات نانوية على نبات الفلفل.

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن أستجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل نسبة المادة الفعالة myristic acid التي تم دراستها في بذور نبات

الفلفل، فقد لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (4 غم/لتر) في نسبة المادة الفعالة myristic acid (جدول 4-28). كما أظهرت نتائج الدراسة الحالية إلى إن myristic acid كان دلالة معنوية باضافة الأسمدة النانوية ومستخلص نبات الثوم (جدول 4-28). ويمكن تفسير ذلك وفقاً لما ذكره García-López وآخرون (2019) بأن سماذ الفسفور النانوي قابل للذوبان بدرجة كبيرة وعند تطبيقها يمكن إن ينتقل إلى البذور. وقد يعزى ذلك إلى إن الأسمدة النانوية ذات توتر سطحي أعلى من الأسمدة التقليدية، مما يزيد كفايتها في التحكم بإطلاق المغذيات للنباتات وهذا ما أكدته (Teng وآخرون، 2018). كما يعزى السبب إلى إن جسيمات الفسفور النانوية المعدنية تغير تركيزات Ca^{2+} وأنواع الأكسجين وبالتالي حدوث التغيرات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية المعقدة على مستوى النبات. تتفق الدراسة الحالية مع ما توصل اليه Hayat وآخرون (2018) الذين بينوا إن المركبات الكيميائية لنبات الفلفل يتاثر باستخدام مستخلص الثوم، إذ جريت دراسات لتحديد النشاط الحيوي لمستخلص الثوم كمحفز حيوي لتحسين جودة المحصول، وتحسين إمكاناته الفسيولوجية، وتحفيز استجاباته الدفاعية ضد الالتهابات الفطرية الممرضة.

بينت النتائج في الدراسة الحالية إن استجابة نبات الفلفل للسماذ النانوي كانت ذات زيادة معنوية في معدل نسبة المادة الفعالة Linolenic acid التي تم دراستها في بذور نبات الفلفل، إذ لوحظ تفوق النباتات المعاملة بالسماذ النانوي خصوصا عند التركيز (6 غم/لتر) في نسبة المادة الفعالة Linolenic acid (جدول 4-29). وقد اتفقت النتائج للدراسة الحالية مع Wesoowska وآخرون (2014) في إن بذور الفلفل الحار تحتوي على مركبات Linolenic acid، والتي استخلصت باستخدام تقنية كروماتوغرافيا الغاز/مطياف الكتلة (GC/MS). إن زيادة المواد الفعالة المذكورة في الجدول (4-26، 4-27، 4-28، و 4-29) نتيجة المعاملة بالأسمدة النانوية ومستخلص نبات الثوم يعود إلى دور دقائق النانوية في زيادة سرعة التفاعلات الحيوية وبفعل المساحة السطحية الكبيرة والحجم الصغير لهذه الدقائق والتي من شأنها تزيد من التفاعلات المؤدية إلى إنتاج وتحفيز النشاط الإنزيمي. بين Al-Shyabany (2020) إلى إن السماذ النانوي الورقي اثر بشكل واضح على المركبات الفعالة لنبات الحلبه.

الفصل السادس

الاستنتاجات والتوصيات

Couclusions and Recommendations

1-6 الاستنتاجات

1. ان التداخل بين سماد الفسفور النانوي عند التركيز 6 غم/لتر ومستخلص نبات الثوم عند التركيز 20 غم/لتر كان اكثر فعالية في صفات النمو الخضري والحاصل لنبات الفلفل.
2. المعاملة بالاسمدة النانوية و مستخلص الثوم والتداخل بينهما زاد معنويا من أغلب قيم العناصر المعدنية ومنها النتروجين، الكالسيوم، المغنيسوم، الزنك في أوراق نبات الفلفل.
3. المعاملة بالاسمدة النانوية و مستخلص الثوم والتداخل بينهما زاد معنويا من قيم الأنزيمات والكربوهيدرات والبروتينات في نبات الفلفل.
4. الأسمدة النانوية ومستخلص نبات الثوم والتداخل بينهما تفوق معنويا في معدل نسب المركبات الفعالة بما فيها Capsaicin، Dihydrocapsaicin، myristic acid و Linolenic acid

2-6 التوصيات

1. التسميد بسماد النانوي بالمستوى (6 ملغم/لتر) وذلك لاعطائها نتائج مشجعة في نمو إنتاج نبات الفلفل الحار.
2. اجراء دراسات مكثفه وبتراكيز أعلى من المستعمله في الدراسة الحالية او إستعمال تراكيز مختلفة اخرى.
3. اجراء المزيد من التجارب الحقلية والمختبرية لنباتات اخرى وبنفس التراكيز المستعمله في هذه الدراسة. و دراسة تأثير الأسمدة النانوية على بيئة التربة والنبات كونها تقانة واعدة لتحديد مدى صداقتها للبيئة.
4. إجراء دراسات مستقبلية مستفيضة حول طرائق اضافة الأسمدة النانوية وعلى توليفات سمادية أخرى و لنباتات مختلفة.
5. إجراء دراسة جزيئية وراثية على التغيرات التي تطرأ على النبات وبيان النتائج الجيني او تأثير مستخلصات اخرى على الخلية النباتية.
6. اجراء دراسة تشريحية بالتراكيز المستخدمة في الدراسة الحالية وكذلك بتراكيز اخرى لمعرفة التغيرات النسيجية وتأثير هذه المواد عليها.

المصادر

References

المصادر العربية:

الحاج، عبد الله حمود، العريقي، يحيى عبد الجليل و عيد، احمد محمد (2022). تأثير الرش بتراكيزات مختلفة من المستخلص المائي لفصوص الثوم في صفات النمو الزهري والمحصول لنبات الخيار تحت الظروف المناخية لمدينة اب في اليمن. المجلة العربية للبحث العلمي، 6(1):2-6.

الساھوكي، مدحت ووهيب، كريمه محمد (1990). تطبيقات في تصميم وتحليل التجارب. جامعة بغداد. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي .

الشامي، قصي مراد نعمة (2019). استجابة محصول البطاطا (*Solanum tuberosum. L*) لرسمدة العناصر الكبرى النانوية NPK. رسالة ماجستير . كلية الزراعة، جامعة القادسية، ص 77.

الشباني، سماح صالح سلمان (2020). تأثير الماء المعالج مغناطيسياً والسماذ النانوي الورقي في النمو والحاصل و المادة الفعالة في نبات الحلبة *Trigonella foenum-graecum L*. اطروحة دكتوراه. كلية العلوم، جامعة الكوفة، ص111.

الشحمان، أحمد ماجد كريم (2021). تأثير سماء السليكا ورش نانو البوتاسيوم والكالسيوم المخلبيين في نمو وحاصل رز العنبر وجاهزية بعض المغذيات .رسالة ماجستير. كلية الزراعة، جامعة القادسية، ص 127.

الشمري، عزيز مهدي (2014). التأثير التحفيزي لمستخلصات الحبة السوداء والحبة الحلوة على مواصفات الانبات لبذور بعض التراكيب الوراثية من الفلفل. مجلة ذي قار للابحاث الزراعية، 3(2):313-330.

المعموري، إستبرق هلال عبيد علي (2020). تأثير رسمدة اليوريا و رش بعض العناصر النانوية في توزيع النيتروجين الجاهز ونمو وحاصل البطاطا. رسالة ماجستير، كلية الزراعة، جامعة القادسية، ص 114.

الايدامي، احمد عدنان حسين (2023). دراسة تأثير سماد الزنك والكالسيوم النانوي في النمو والمادة الفعالة لنبات الريحان *Ocimum basilicum* L. في محافظة القادسية. رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة القادسية، ص 108.

حسين، وفاء علي و الركابي، فاخر حمد (2006). تأثير الرش بمستخلص الثوم وجذور عرق السوس واليوريا في صفات النمو الزهري والحاصل لنبات الخيار *Cucumis sativus* L. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 37(4): 27-32.

شاكر، محمد عبد الحميد والراوي، وليد عبد الغني احمد (2017). تأثير الرش بمستخلص الثوم وعرق السوس على النمو الخضري لنبات الكمثرى. مجلة الزقازيق للبحوث الزراعية، 1(44): 137-144.

شناوه، قاسم عادل و جلاب، يحيى كريدي (2014). استجابة نبات النعناع *Mentha piperita* للرش بمستخلص الثوم والسماد النتروجيني في صفات النمو الخضري وحاصل الزيت الطيار. مجلة المثنى للعلوم الزراعية، 2(1): 15-29.

معيتيق، فاطمة محمد و هروس، محمد علي (2021). تأثير الرش بمستخلص نبات الثوم بتركيز مختلفة على النمو الخضري وتقدير نسبة الزيت في أوراق نبات الريحان. جامعة مصراته. عدد خاص بالمؤتمر السنوي الخاص حول نظريات وتطبيقات العلوم الاساسية والحيوية (1): 435-447.

المصادر الاجنبية:

- A.O.A.C. (2000).** Official method of analysis (17thed.). Gaithersburg, MD, USA: Association of Official Analytical Chemists, 967.21.
- Abdel-Aziz, H.M.; Soliman, M.I.; Abo Al-Saoud, A.M. and El-Sherbeny, G.A. (2021).** Waste-derived NPK nanofertilizer enhances growth and productivity of *Capsicum annuum* L. Plants., 10(6): 1144.
- Abdel-Aziz, H.M.M.; Hasaneen, M.N.A. and Aya, M.O. (2012).** Foliar application of nano chitosan NPK fertilizer improves the yield of wheat plants grown on two different soils. Egypt. J. Exp. Biol., 14 (1): 63–72.
- Abyaneh,H.A. and Maryam, B. (2014).** The effect of nanofertilizers on nitrate leaching and its distribution in soil profile with an emphasis on potato yield. Nano science and Nano technology., 8 (6): 198-207.
- Agbo S.T.K., Abdou, R., Sani, I.S., Toudou, A.K. and Bakasso, Y. (2021).** Garlic (*Allium sativum* L.) overview on its Biology and Genetic Markers Available for the Analysis of Its Diversity in West Africa; Asian Journal of Biochemistry Genetics and Molecular Biology., 7(3):1-10
- Ahmed, M.A. and Abdelkader, M.A. (2020).** Enhancing growth, yield components and chemical constituents of chilli (*Capsicum annuum* L.) plants by using different NPK fertilization levels and nano-micronutrients rates. Asian Journal of Soil Science and Plant Nutrition., 6(2): 17-29.

- Ahmed, S.S.T.; Fahim, J.R. and Abdelmohsen, U.R., (2022).** Chemical and biological studies on *Allium sativum* L. A comprehensive review. Journal of advanced Biomedical and Pharmaceutical Sciences., 5(1): 1-22.
- Aji, S.B.; Ignatius, K.; Asha'Adatu, Y.; Nuhu, J.B.; Abdulkarim, A.; Aliyu, U.; Gambo, M.B.; Ibrahim, M.A. and Abubakar, H. (2011).** Effects of feeding onion (*Allium cepa*) and garlic (*Allium sativum*) on. Res. J. Poultry Sci., 4 (1)22-7.
- Ajil, A.H. and Jaafar, H.S. (2022).** Physiological Effects of Nano-Amino Acids and Potassium Silicate on Some Quantitative and Qualitative Indicators of Sweet Pepper (*Capsicum annuum*). International Journal of Special Education., 37(3):113-129.
- Ajirloo, A.R.; Shaaban, M. and Motlagh, Z.R., (2015).** Effect of K nano-fertilizer and N bio-fertilizer on yield and yield components of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Int. J. Adv. Biol. Biom. Res., 3(1):138-143.
- Al-Fahdawi, A.J.J. and Allawi, M.M., (2019).** Impact of biofertilizers and nano potassium on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). Plant Archives., 19(2):1809-1815.
- Al-Hlfie, R. G. and Wafaa A. H. (2019).** Response of three beetroot cultuivars to orgainic fertilization and foliar application. Iraqi Journal of Market Research and Consumer Protection., 15(2): 221-223.
- Al-Hussain, M.A.A.A. and Al-Ebrahemi, F.K. (2022).** Effect of Magnetically Treated Water and Foliar Nano-fertilizer on Some

- Physiological Indicators in Pepper (*Capsicum Annuum* L). International journal of health sciences., 6(S6):5829-5838.
- Al-Janabi, A.M.I. (2024).** Impact of gibberellic acid and boron trioxide nanoparticles foliar spraying on growth, yield and fruit quality of *Zaghinia apricot* trees. Anbar Journal of Agricultural Sciences, 22(2): 13-29.
- Al-Juthery H.W.A.; Ali N.S; Al-Taey D.K.A.; Eahan A. (2018).** The impact of foliar application of nano-fertilizers, seaweed and hypertonic on yield Potato. Plant Archives., 18(2):2207-2212.
- Al-Juthery, H. W.A; Nabil, R.L. and Rand, A.H.G. (2021).** Intelligent, nano-fertilizers: A new technology for improvement nutrient use Efficiency (article review). IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science., 735, 012086.
- Alkarawi, H.H.; Radhi, I.M. and Hamid, M.M. (2024).** April. Impact of bio-fertilizer and nano iron and chelated iron in the growth and production of cayenne pepper. In AIP Conference Proceedings., 3079 (1):020004.
- Al-Musawi, M.; Hayder, D. and Kadhum, H. (2023).** Effect of growth regulator (ATONIK) and Zn-Nano-fertilizer on Yield and Physiological Parameters of sweet pepper. Euphrates journal of agricultural science., 15(4):230-236.
- Al-Salami, H.J. and Abbass, J.A. (2021).** Sweet Pepper *Capsicum Annum* L. Plant Response to Spraying with Nano-NPK and Antioxidants. Annals of the Romanian Society for Cell Biology., 25(6):7031-7038.

- Al-Shahmani, A.M.K. and Al-Juthery, H.W.A. (2021).** Response of Rice (*Oryza sativa* L.) to Silica fertilization and spraying with nano-Potassium and Calcium. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science., 735, 012068.
- Al-Sherbini, A.; El-Gawad, H.A. and Kamal, M. (2015).** Potential of He-Ne laser irradiation and iron nanoparticles to increase growth and yield of pea. Nanotechnology., 3(4):13-30.
- Al-Tihafi, S. A. A. M. and Riad, K. K. (2007).** Effect of incubation and spraying with zinc in the growth and yield of the sweet peppers (Qurtuba cultivar) cultivated inside the plastic house under drip irrigation system. Journal of Babylon University of Science, 14(4): 447-453.
- Amini, M.; Haghighi, M. and Mozafarian, M. (2024).** The effect of bio and nano silicon sources on sweet pepper growth in greenhouses under LED light conditions. Scientia Horticulturae., 337(1):113476.
- Amirmia, R.; Bayat, M. and Tajbakhsh, M., (2014).** Effects of nano fertilizer application and maternal corm weight on flowering at some saffron (*Crocus sativus* L.) ecotypes. Turkish Journal of Field Crops, 19(2):158-168.
- Anibarro-Ortega, M.; López, V.; Núñez, S.; Petrović, J.; Mandim, F.; Barros, L.; Soković, M.; Ferreira, I.C.; Dias, M.I. and Pinela, J. (2024).** Phenolic composition and in vitro bioactive and enzyme inhibitory properties of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plant extracts. Industrial Crops and Products., 214,118546.

- Ansary, J.; Forbes-Hernández, T.Y.; Gil, E., Cianciosi, D.; Zhang, J.; Elexpuru-Zabaleta, M.; Simal-Gandara, J.; Giampieri, F. and Battino, M. (2020).** Potential health benefit of garlic based on human intervention studies: A brief overview. *Antioxidants*, 9(7): 619.
- Aqeel, M.; Khalid, N.; Nazir, A.; Irshad, M.K.; Hakami, O.; Basahi, M.A.; Alamri, S.; Hashem, M. and Noman, A. (2023).** Foliar application of silver nanoparticles mitigated nutritional and biochemical perturbations in chilli pepper fertigated with domestic wastewater. *Plant Physiology and Biochemistry.*, 194, 470-479.
- Arimboor, R., Natarajan, R.B., Menon, K.R., Chandrasekhar, L.P. and Moorkoth, V., (2015).** Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability—a review. *Journal of food science and technology*, 52(3):1258-1271.
- Armanious, M.K.U. (2014).** The synergistic effect of spraying some plant extracts with some macro and micro nutrients of Thompson Seedless grapevines. *Int. J. Plant and Soil Sci.*, 3 (10):12901301 .
- Assi, A.S.L., Al-Mikh, M.T.A. and Abdul-Ameer, H.K. (2020).** The use of nano-fertilizers for some micronutrient and their effect on growth and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Archives*, 20(2):1640-1646.
- Azeem, B., KuShaari, K., Man, Z. B., Basit, A., and Thanh, T. H. (2014).** Review on materials and methods to produce controlled release coated urea fertilizer. *Journal of Controlled Release.*, 181(1): 11-21.

- Barbero, G.F., Ruiz, A.G., Liazid, A., Palma, M., Vera, J.C. and Barroso, C.G. (2014).** Evolution of total and individual capsaicinoids in peppers during ripening of the Cayenne pepper plant (*Capsicum annuum* L.). Food chemistry., 153, 200-206.
- Baruah, S., Dutta, J. (2009).** Nanotechnology applications in sensing and pollution degradation in agriculture. Environ. Chem. Lett., 7, 191–204
- Bello, P.D., Ayuk, N.C. and Shehu, A.I. (2024).** Exploring cost-effective methods for extending shelf life of three pepper varieties (*Capsicum species* L) produced in Kwadon, Yamaltu Deba, Gombe State–Nigeria. Science World Journal, 20(1):373-381.
- Benita, M.S. and Supriya, M.V. (2016).** Acculturative stress: Effect on academic performance of rural migrant students. International Journal of Business Excellence, 10(1):78-89.
- Bishop, M.J. and Friday, A.E. (1985).** Evolutionary trees from nucleic acid and protein sequences. Proceedings of the Royal society of London. Series B. Biological sciences., 226(1244): 271-302.
- Bongiorno, P.B., Fratellone, P.M. and LoGiudice, P., (2008).** Potential health benefits of garlic (*Allium sativum*): a narrative review. Journal of complementary and integrative medicine, 5(1):88-103.
- Brady, N.C. and Weil, R.R. (1999).** The nature and properties of soils. 12th edition, Prentice Hall Publishers, London., 9(1):453–536.
- Buckenhüskes, H.J. (2003).** Current requirements on paprika powder for food industry. In Capsicum., (1):243-250.

- Buckman, H. O. and N. C. Brady. (1999).** The nature and properties of soils. Eurasis Publishing House (P) Ltd. New Delhi-110055, 456-457.
- Chakravarty , H.L. (1976).** Plant wealth of Iraq. Ministry of Agriculture and Agrarian Reform. 1: 98-102.
- Chen, L.S. and Chen, L. (2004).** Photosynthetic enzymes and carbohydrate metabolism of apple leaves in response to nitrogen limitation. J. Hort. Sci. Biotechnol., 79 (6): 923-929.
- Chung , H, Wi , S , Cho , B-K. and Lee, H. (2024).** Classification of Garlic (*Allium sativum* L.) Crops by Fertilizer Differences Using Ground-Based Hyperspectral Imaging System, Agriculture., 14, 1215-1230.
- Cresser, M.S. and Parsons, J.W. (1979).** Sulphuric-Perchloric acid digestion of plant materials for the determination of Nitrogen, Phosphorus, Potassium, Calcium and Magnesium. Analytica Chimica Acta, 109(2): 431-436.
- Díaz-Pérez, J.C. (2010).** Bell pepper (*Capsicum annum* L.) grown on plastic film mulches: effects on crop microenvironment, physiological attributes, and fruit yield. HortScience, 45(8):1196-1204.
- Dimkpa, C. O., and Bindraban, P. S. (2017).** Nanofertilizers: new products for the industry?. Journal of agricultural and food chemistry, 66(26): 6462-6473.
- Dimkpa, C.O., and Bindraban, P.S. (2016).** Fortification of micronutrients for efficient agronomic production: a review. Agron. Sustain. Dev. 36 (1): 7.

- Ding, H., Ali, A. and Cheng, Z. (2020).** Effect of green garlic/cucumber crop rotation for 3 years on the dynamics of soil properties and cucumber yield in Chinese anthrosol. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, 100(1):362-370.
- Domokos-Szabolcsy, É., Alshaal, T., Koroknai, J., Kovács, S., Tóth, C., Csilléry, G., Jókai, Z., Matkovits, A., Makleit, P., Veres, S. and Fári, M.G. (2023).** Phytochemical evaluation of the fruits and green biomass of determinate-type sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in terrestrial bioregenerative life-support research facilities. *Journal of Plant Interactions*, 18(1): 2268118.
- Eichert, T., and Goldbach, H.E. (2008).** Equivalent pore radii of hydrophilic foliar uptake routes in stomatous and astomatous leaf surface further evidence for a stomatal pathway. *Physiol. Plant.*, 132, 491–502.
- Elemike, E.E., Uzoh, I.M., Onwudiwe, D.C. and Babalola, O.O. (2019).** The role of nanotechnology in the fortification of plant nutrients and improvement of crop production. *appl. Sci.*, 9, 499
- Elfeky, S.A., Mohammed, M.A., Khater, M.S., Osman, Y.A. and Elsherbini, E., (2013).** Effect of magnetite nano-fertilizer on growth and yield of *Ocimum basilicum* L. *Int. J. Indig. Med. Plants*, 46(3):1286-11293.
- El-Saadony, M.T., Alkhatib, F.M., Alzahrani, S.O., Shafi, M.E., Abdel-Hamid, S. El., Taha, F.T., Aboelenin, S.M., Soliman, M.M. and Ahmed, N.H. (2021).** Impact of mycogenic zinc nanoparticles on

- performance, behavior, immune response, and microbial load in *Oreochromis niloticus*. Saudi J. Biol. Sci., 28, 4592–4604.
- El-Saadony, M.T., El-Hack, A., Mohamed, E., Taha, A.E., Fouda, M.M., Ajarem, J.S., Maodaa, N.S., Allam, A.A. and Elshaer, N., (2020).** Ecofriendly synthesis and insecticidal application of copper nanoparticles against the storage pest *Tribolium castaneum*. Nanomaterials 10, 587.
- El-Saadony, M.T., El-Wafai, N.A., El-Fattah, H.I.A. and Mahgoub, S.A. (2019).** Biosynthesis, optimization and characterization of silver nanoparticles using a soil isolate of *Bacillus pseudomycoides* MT32 and their antifungal activity against some pathogenic fungi. Adv. Anim. Vet. Sci 7, 238–249.
- El-Saadony, M.T., Saad, A.M., Najjar, A.A., Alzahrani, S.O., Alkhatib, F.M., Seleem, E., Desoky, S.M., Fouda, S.S., El-Tahan, A.M. and Hassan, M.A.A. (2021b).** The use of biological selenium nanoparticles in controlling *Triticum aestivum* L. crown root and rot diseases induced by *Fusarium* species and improve yield under drought and heat stress. Saudi J. Biol. Sci. 28, 4461–4471.
- El-Saadony. M. T.,S.A. Ameina,E.S. Manal, M.A. Najah, M.S.Ahmed, M.E.Amira, M.D.El-Sayed, S.M.E.Ahmed, A.Aisha, A.A.Taia, E.T.Ayman, Ahmed, S.E. and Ayman, M.H.. (2021).** Vital roles of sustainable nano-fertilizers in improving plant quality and quantity-an updated review. Saudi Journal of Biological Sciences., 28, 7349–7359.

- El-Zawily, A.E.S., El-Sawy, M., EL-Semellawy, E.S. and Abd-EL-Ghaffar, R. (2018).** Effect of magnetization and nano potassium particles on growth, yield and fruit quality of chilli papper under plastic house conditions. *Journal of Productivity and Development*, 23(3): 627-652.
- Farooqui, A.R.E., Tabassum, H.E.E., Ahmad, A.S.A., Mabood, A.B.D., Ahmad, A.D.N. and Ahmad, I.Z. (2016).** Role of nanoparticles in growth and development of plants: A review. *Int J Pharma Bio Sci*, 7(4):22-37.
- Fathi, A., Zahedi, M. and Torabian, S., (2017).** Effect of interaction between salinity and nanoparticles (Fe₂O₃ and ZnO) on physiological parameters of *Zea mays* L. *Journal of Plant Nutrition*, 40(19):2745-2755.
- Gajc-Wolska, J., Mazur, K., Niedzińska, M., Kowalczyk, K. and Żolnierczyk, P., (2018).** The influence of foliar fertilizers on the quality and yield of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *Folia Horticulturae*, 30(2):183-190.
- García-López, J. I., Niño-Medina, G., Olivares-Sáenz, E., Lira-Saldivar, R. H., Barriga-Castro, E. D., Vázquez-Alvarado, R. and Zavala-García, F. (2019).** Foliar application of zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate boosts the content of bioactive compounds in habanero peppers. *Plants.*, 8(8): 254.
- García-López, J.I., Niño-Medina, G., Olivares-Sáenz, E., Lira-Saldivar, R.H., Barriga-Castro, E.D., Vázquez-Alvarado, R., Rodríguez-**

- Salinas, P.A. and Zavala-García, F., (2019).** Foliar application of zinc oxide nanoparticles and zinc sulfate boosts the content of bioactive compounds in habanero peppers. *Plants*, 8(8):254.
- Gelu, G., Dane, C., Ayza, A. and Habtewold, M., (2024).** Optimal agricultural water allocation for enhanced productivity of hot pepper (*Capsicum annum* L) and economic gain: An experimental study from Southern Ethiopia. *Cogent Food and Agriculture*, 10(1):2313045.
- Gerami, M., Akbari Nodehi, D., Amiri, M. and Darvakh, E., (2024).** Effects of calcium nano-particle on some physiologic and biochemical characteristics of *Ocimum basilicum* L. under salinity stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 40(2):415-400.
- Gerami, M., Fallah, A. and Moghadam, M.R.K. (2012).** Study of Potassium and Sodium Silicate on the morphological and chlorophyll content on the rice plant in pot experiment (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(10):658-661
- Ghorbani, H.R. (2018).** The formation of silica nanowires using green beans. *Rev. Roum. Chim*, 63(1):55-58.
- Gohari, G., Mohammadi, A., Akbari, A., Panahirad, S., Dadpour, M.R., Fotopoulos, V. and Kimura, S., (2020).** Titanium dioxide nanoparticles (TiO₂ NPs) promote growth and ameliorate salinity stress effects on essential oil profile and biochemical attributes of *Dracocephalum moldavica*. *Scientific reports*, 10(1):912.
- González-Zamora, A., Sierra-Campos, E., Luna-Ortega, J.G., Pérez-Morales, R., Ortiz, J.C.R. and García-Hernández, J.L., (2013).**

- Characterization of different capsicum varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature. *Molecules*, 18(11):13471-13486.
- Goswami, P., Yadav, S. and Mathur, J., (2019).** Positive and negative effects of nanoparticles on plants and their applications in agriculture. *Plant Sci. Today*, 6(2):232-242.
- Guru, T., Veronica, N., Thatikunta, R. and Reddy, S.N. (2015).** Crop nutrition management with nano fertilizers. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 1 (1):4–6.
- Hadwan, M.H. (2018).** Simple spectrophotometric assay for measuring catalase activity in biological tissues. *BMC biochemistry*, 19, 1-8.
- Halaji, B., Haghighi, M., Kovács, G.P., Mirmazloun, I. and Szegő, A. (2024).** The Role of Brassinosteroids and Nano-Encapsulated Brassinosteroids in Capsicum Pepper Growth and Physiological Adaptations to High-Temperature Stress. *Horticulturae*, 10(10):1062.
- Hammer, S., R.; Nuckles, E. and Kuc, J. (1982).** association of enhanced peroxidase activity with Induced systemic resistance of cucumber to *Colletotrichum lagenarium*. *Physiol. plant pathol.*, 20, 73-82.
- Harris, J.C., Cottrell, S.L., Plummer, S. and Lloyd, D., (2001).** Antimicrobial properties of *Allium sativum* (garlic). *Applied microbiology and biotechnology*, 57(3):282-286.

- Hatim, H.S., (2025).** Response of Sweet Pepper (*Capsicum Animus* L.) to Different Levels of Nano-Zinc and Poultry Manure. *Al-Furat Journal of Innovations in Agricultural Sciences*, (2):81-89.
- Hayat, S., Ahmad, H., Ali, M., Hayat, K., Khan, M.A. and Cheng, Z., (2018).** Aqueous garlic extract as a plant biostimulant enhances physiology, improves crop quality and metabolite abundance, and primes the defense responses of receiver plants. *Applied Sciences*, 8(9):1505.
- Hayat, S., Cheng, Z., Ahmad, H., Ali, M., Chen, X. and Wang, M., (2016).** Garlic, from remedy to stimulant: evaluation of antifungal potential reveals diversity in phytoalexin allicin content among garlic cultivars; allicin containing aqueous garlic extracts trigger antioxidants in cucumber. *Frontiers in plant science*, 7, 1235.
- Helaly, A.A.E. and EL-Bauome, H.A., (2020).** Phosphorus fertilizer level related with nano-chitosan concentration and their influence on growth, yield and chemical constituents of hot pepper. *Journal of Plant Production*, 11(12):1311-1317.
- Hoque, R.A., Yadav, M. and Hazarika, A., (2024).** Sulfur and magnesium-based nanofertilizer: synthesis, characterization, and applications. In *Nanofertilizer Synthesis* (195-212).
- Howard, L.R., Talcott, S.T., Brenes, C.H. and Villalon, B., (2000).** Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 48(5):1713-1720.

- Huang, S., Wang, L., Liu, L., Hou, Y., and Li, L. (2015).** Nanotechnology in agriculture, livestock, and aquaculture in China. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2):369-400.
- Huiyuan, G., Jason, C.W., Zhenyu, W. and Baoshan, X. (2018).** Nano-enabled fertilizers to control the release and use efficiency of nutrients. *Curr. Opin. Environ. Sci. Health*. 6, 77–83.
- Hussein, L.B. and Alwan, O.K., (2022).** Effect of Chemical and Nanoic Fertilizations N, Ca and B on the Quantitative, Qualitative and Yield Characteristics of Peppers Grown Under Greenhouses Conditions. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.*, 1060(1): 012051.
- Ibade, K.W., Abed, M.M. and Mohammed, M.M., (2024).** The Role of Some Chemicals and Bioproducts in Resisting *Fusarium solani* in *Capsicum annum* L. *Crop. Biopesticides International*, 20(1):13-19.
- Islam, A. H. M. S., Schreinemachers, P., and Kumar, S. (2020).** Farmers' knowledge, perceptions and management of chili pepper anthracnose disease in Bangladesh. *Crop Protection*, 133, 105139.
- Jaiswal, V., Gahlaut, V., Kumar, N. and Ramchiary, N., (2021).** Genetics, genomics and breeding of chili pepper *Capsicum frutescens* L. and other *Capsicum* species. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Vegetable Crops: Volume 9: Fruits and Young Shoots.*, 59-86.
- Janmohammadi, M., Amanzadeh, T., Sabaghnia, N. and Dashti, S., (2016).** Impact of foliar application of nano micronutrient fertilizers

- and titanium dioxide nanoparticles on the growth and yield components of barley under supplemental irrigation. *Acta Agric. Slov.* 107 (2):265–276.
- Jasim, R. T., Issa, F. H. and Jalab, Y. K. (2021).** Effect of nano NPK and mineral fertilizer on yield and components of three barley cultivars. *Jornal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences*, 8(4):18-37.
- John, M. K. (1971).** Colorimetric determination of phosphorus in soil and plant materials with ascorbic acid soil. *J. Agron.* 109, 214-220.
- Josef, J. and Katarína, K. (2015).** Application of nanotechnology in agriculture and food industry, its prospects and risks. *Ecol. Chem. Eng.* 22 (3): 321–361.
- Joslyn, M.A. (1970).** Moisture content and total solids. *Methods in Food Analysis-Physical, Chemical and Instrumental Analysis* (2nd Edition)(Joslyn MA, ed). Academic Press, New York, USA.
- Kadhim, F.J., Hakim, R.A. and Mijwel, A.K., (2021).** Response of tomato, eggplant, and pepper to nano fertilizers and the method of their addition. *Plant Archives*, 21(1):55-58.
- Kamran, A.; Haroon, Z.K.; Muhammad, Z.; Imdad, H. and Zeeshan, A. (2016).** Nano-Zinc Oxide as a future fertilizer. *Weekly Technology Times*.
- Khan, W. M.; Prithviraj, B. and Smith, D. L. (2002).** Effect of foliar application of chitin and chitosan oligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthetica*, 40(4): 621-624.

- Kraft, K.H., Brown, C.H., Nabhan, G.P., Luedeling, E., Luna Ruiz, J.D.J., Coppens d'Eeckenbrugge, G., Hijmans, R.J. and Gepts, P., (2014).** Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(17):6165-6170.
- Kuete, V. (2017).** *Allium sativum*. Medicinal spices and vegetables from Africa, 363-377.
- Leonel, S., Tecchio, M.A. and Cóser, G.M.D. (2015).** Dormancy breaking of the fig tree with hydrogen cyanamide and garlic extract. British J. Appl. Sci. and Technol., 10 (1): 110.
- Liu, R. and Lal, R. (2015).** Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions". A review. Science of the Total Environment 514, 131–139.
- Liu, Y., Tong, Z. and Prud'homme, R. K. (2008).** Stabilized polymeric nanoparticles for controlled and efficient release of bifenthrin. Pest Management Science: formerly Pesticide Science, 64(8): 808-812.
- Londhe, V.P., Gavasane, A.T., Nipate, S.S., Bandawane, D.D. and Chaudhari, P.D., (2011).** Role of garlic (*Allium sativum*) in various diseases: An overview. Angiogenesis, 12(13):129-134.
- Luhova, L., Lebeda, A., Hedererová, D. and Pec, P. (2003).** Activities of amine oxidase, peroxidase and catalase in seedlings of *Pisum sativum* L. under different light conditions. Plant soil and environment, 49(4): 151-157.

- Mahewish, H.H., Radi, F.H. and Radhi, M.N. (2021).** Response of rosemary plant to the effect of Nano-NPK fertilizer and biological factors and their effect on the active substances. University of Thi-Qar Journal of agricultural research, 10(1):39-48.
- Makinney, G. (1941).** Absorption of light by chlorophyll solution. J. Biol. Chem. 140, 315-322.
- Manas, D., Bandopadhyay, P.K., Chakravarty, A., Pal, S. and Bhattacharya, A.,\ (2014).** Effect of foliar application of humic acid, zinc and boron on biochemical changes related to productivity of pungent pepper (*Capsicum annuum* L.). Afr. J. Plant Sci, 8(6):320-335.
- Marschner, H. (1995).** Mineral of Higher Plants. 2nd ed., New York, Academic Press.
- Masclaux-Daubresse, C., Chen, Q. and Havé, M. (2017).** Regulation of nutrient recycling via autophagy. Current opinion in plant biology, 39,8-17.
- Mateos, R.M., Jiménez, A., Román, P., Romojaro, F., Bacarizo, S., Leterrier, M., Gómez, M., Sevilla, F., Del Río, L.A., Corpas, F.J. and Palma, J.M., (2013).** Antioxidant systems from pepper (*Capsicum annuum* L.): involvement in the response to temperature changes in ripe fruits. International Journal of Molecular Sciences, 14(5):9556-9580.

- Matthews, S., Ali, A. and Siddiqui, Y. (2025).** Nano-encapsulated biostimulant enhances growth and postharvest quality of chili peppers (*Capsicum annuum*). *Scientia Horticulturae*, 340, 113920.
- Merghany, M.M., Shahein, M.M., Sliem, M.A., Abdelgawad, K.F. and Radwan, A.F. (2019).** Effect of nano-fertilizers on cucumber plant growth, fruit yield and it's quality. *Plant Archives*, 19(2):165-172.
- Mijwel, A.K. and Jabbr, R.S. (2019).** Impact of nano-fertilizer on the genetic and phenotypic parameters of tomato cultivars. *Research on Crops*, 20(2):338-344.
- Monreal, C.M., DeRosa, M., Mallubhotla, S.C. (2016).** Nanotechnologies for increasing the crop use efficiency of fertilizer-micronutrients. *Biol Fertil Soils.*, 52, 423–437.
- Morales-Diaz, H.O., Ortega, A.M., Juárez, G.P., Cadenas, S.M., González and Benavides-Mandoza, A. (2017).** Application of nanoelements in plant nutrition and its impact in ecosystems. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology.*, 8:13 .
- Morteza, E., Moaveni, P., Farahani, H.A. and Kiyani, M. (2013).** Study of photosynthetic pigments changes of maize (*Zea mays* L.) under nano TiO₂ spraying at various growth stages. *Springer Plus* 2 (1): 1–5.
- Moscone, E.A., Scaldaferro, M.A., Grabiele, M., Cecchini, N.M., Sanchez García, Y., Jarret, R., Daviña, J.R., Ducasse, D.A., Barboza, G.E. and Ehrendorfer, F. (2006).** The evolution of chili

- peppers (*Capsicum-Solanaceae*): a cytogenetic perspective. In VI International Solanaceae Conference: Genomics Meets Biodiversity., 745: 137-170.
- Mukhopadhyay, S.S. (2014).** Nanotechnology in agriculture: prospects and constraints. Nanotechnology, science and applications, 63-71.
- Mushtaq, R., Shafiq, M., Batool, A., Din, M.I. and Sami, A. (2024).** Investigate the impact of zinc oxide nanoparticles under lead toxicity on Chilli (*Capsicum annuum* L). Bulletin of Biological and Allied Sciences Research, (1):90-90.
- Nair, R. (2016).** Effects of nanoparticles on plant growth and development. In Plant nanotechnology: principles and practices., 95-118.
- Nasrollahzadeh, M., Sajadi, S.M., Sajjadi, M. and Issaabadi, Z. (2019).** An introduction to nanotechnology. In Interface science and technology, 28(1):1-27.
- OECD SHROB. (2006).** Consensus Document on the Biology of the *Capsicum annuum* Complex (Chili peppers, Hot peppers and Sweet peppers), No. 36 Publisher: OECD Environment Directorate, South Korea, Mexico, and USA).
- Olatunji, T.L. and Afolayan, A.J. (2018).** The suitability of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) for alleviating human micronutrient dietary deficiencies: A review. Food science & nutrition, 6(8):2239-2251.
- Ombódi, A., Saigusa, M. (2000).** Broadcast application versus band application of polyolefin- coated fertilizer on green peppers grown on andisol. J. Plant Nutr. 23,1485–1493..

- Pacurar, M. and Krejci, G. (2010).** Garlic consumption and health. Nova Science Publishers, Inc. New York, 160.
- Pandey, S.K., Yadav, S.K. and Singh, V.K. (2012).** An overview on *Capsicum annuum* L. L. J Pharm Sci and Technol, 4(2):821-828.
- Paran, I., Ben-Chaim, A., Kang, B.C. and Jahn, M. (2007).** Capsicums. In Vegetables (pp. 209-226). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Parveen, S., Munawar, I., Khan, K., Shoukat, M., Bilal, K., Bibi, B. and Anwar, S. (2025).** Assessing magnesium oxide nanoparticles (MgONPS) for improving growth and related parameters of chilli plant varieties. Indus Journal of Bioscience Research, 3(1):255-264.
- Pérez-de-Luque, A. (2017).** Interaction of nanomaterials with plants: what do we need for real applications in agriculture?. Frontiers in Environmental Science, 5, 12.
- Pirvulescua, A., Salaa, F., and Boldea, M., (2014).** Variation of chlorophyll content in sunflower under the influence of magnetic nanofluids. In: Proceedings of the International Conference on Numerical Analysis and Applied Mathematics, 19:33-59.
- Prakashraj, R., Vijayakumar, S., Punitha, V.N., Vidhya, E., Nilavukkarasi, M. and Praseetha, P.K., (2022).** Fabricated TiO₂ nanofertilizers for foliar assimilation to enhance yield and disease resistance in *Capsicum annuum* L. Journal of Plant Growth Regulation, 41(8):3387-3394.

- Puvača, N., Ljubojević, D., Kostadinović, L.J., Lukač, D., Lević, J., Popović, S. and Đuragić, O. (2015).** Spices and herbs in broilers nutrition: Effects of garlic (*Allium sativum* L.) on broiler chicken production. *World's Poultry Science Journal*, 71(3), pp.533-538.
- Qureshi,A; Singh, D.K. and Dwivedi, S. (2008).** Nano-fertilizers: a novel way for enhancing nutrientuse efficiency and crop productivity. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 7(2):3325-3335.
- Rajonee, A.A., Zaman, S. and Huq, S.M.I. (2017).** Preparation, characterization and evaluation of efficacy of phosphorus and potassium incorporated nano fertilizer. *Advances in Nanoparticles*, 6(02):62.
- Ramadan, M.E., El-Saber, M.M., Adelhamid, A.E. and El-Sayed, A.A., (2022).** Effect of nano-chitosan encapsulated spermine on growth, productivity and bioactive compounds of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) under salinity stress. *Egyptian Journal of Chemistry*, 65(8):197-207.
- Rameshaiah, G.N., Pallavi, J. and Shabnam, S. (2015).** Nano fertilizers and nano sensors - an attempt for developing smart agriculture. *Int. J. Eng. Res. Gen. Sci.*, 3, 314–320.
- Rani, S., Kumari, N. and Sharma, V. (2023).** Uptake, translocation, transformation and physiological effects of nanoparticles in plants. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69(9): 1579-1599.
- Reda, F.M., El-Saadony, M.T., El-Rayes, T.K., Attia, A.I., El-Sayed, S.A., Ahmed, S.Y., Madkour, M. and Alagawany, M. (2021).** Use

- of biological nano zinc as a feed additive in quail nutrition: biosynthesis, antimicrobial activity and its effect on growth, feed utilisation, blood metabolites and intestinal microbiota. *Ital. J. Anim. Sci.* 20, 324–335.
- Reis, H.P.G., Giroto, A.S., Guimarães, G.G.F., Putti, F.F., Pavinato, P.S., Teles, A.P., Ribeiro, C. and Fernandes, D.M. (2022).** Role of slow-release phosphate nanofertilizers in forage nutrition and phosphorus lability. *ACS Agricultural Science & Technology*, 2(3):564-572.
- Richards, L. A. (1954).** Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). US Government Printing Office.
- Rico, J., Peralta-Videa, J.R., Rico, C., Sahi, S., Viveros, M.N., Bartonjo, J., and Gardea-Torresdey, J.L. (2014).** Evidence of translocation and physiological impacts of foliar applied CeO₂ nanoparticles on cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Environmental science & technology*, 48(8): 4376-4385.
- Rodríguez-Burruezo, A., Raigón, M.D., Prohens, J. and Nuez, F. (2010)** August. Characterization for bioactive compounds of Spanish pepper landraces. In XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People (IHC2010): III International Symposium., 918: 537-543.
- Rose, R. (2002).** Slow-release fertilizers 101. In: Dumroese, RK; Riley, LE; Landis, TD, technical coordinators. National proceedings: forest and conservation nursery associations-1999, 2000, and 2001. Proceedings

- RMRS-P-24. Ogden, UT: US Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station., 304-308, 24.
- Sadique, S., Nisar, S., Dharmadasa, R.M. and Jilani, M.I. (2017).** Effect of nano-fertilizer and growth hormones on different plants. IJCBS, 11: 113-119.
- Sajyan, T.K., Alturki, S.M. and Sassine, Y.N. (2020).** Nano-fertilizers and their impact on vegetables: Contribution of Nano-chelate Super Plus ZFM and Lithovit®-standard to improve salt-tolerance of pepper. Annals of Agricultural Sciences, 65(2):200-208.
- Salama, H.H. and Hashim, A.F. (2022).** A functional spreadable canola and milk proteins oleogels as a healthy system for candy gummies. Scientific Reports, 12(1):12619.
- Salami, A.O. (2002).** Influence of mycorrhizal inoculation on disease severity and growth of pepper (*capsicum annum* linn.). Archives of Agronomy and Soil Science, 48(3):257-262.
- Saleh, B.K., Kasili, R.W., Mamati, E.G., Araia, W. and Nyende, A.B. (2016).** Classification of local pepper collections (*Capsicum spp.*) from Eritrea using morphological traits. American Journal of Plant Sciences, 7(3):590-600.
- Saleh, B.K., Omer, A. and Teweldemedhin, B.J.M. (2018).** Medicinal uses and health benefits of chili pepper (*Capsicum spp.*): a review. MOJ Food Process Technol, 6(4):325-328.
- Salloom, Y.F., Mejbel, M.H., Obaid, M.H. and Al-Hchami, S.H. (2023).** Effect of foliar spray of nano nitrogen and bread yeast on some

- vegetative growth of pepper plants. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1214 (1):012012.
- Sanati, S., Razavi, B.M. and Hosseinzadeh, H. (2018).** A review of the effects of *Capsicum annuum* L. and its constituent, capsaicin, in metabolic syndrome. Iranian journal of basic medical sciences, 21(5):439.
- Savant, N.K., Datnoff, L.E. and Snyder, G.H. (1997).** Depletion of plant-available silicon in soils: A possible cause of declining rice yields. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 28(13-14):1245-1252.
- Sayed, E.G., Desoukey, S.F., Desouky, A.F., Farag, M.F., El-Kholy, R.I. and Azoz, S.N. (2024).** Synergistic influence of arbuscular mycorrhizal fungi inoculation with nanoparticle foliar application enhances chili (*Capsicum annuum* L.) antioxidant enzymes, anatomical characteristics, and productivity under cold-stress conditions. Plants, 13(4):517.
- Schwab, F., Zhai, G., Kern, M., Turner, A., Schnoor, J.L. and Wiesner, M.R. (2015).** Barriers, pathways and processes for uptake, translocation and accumulation of nanomaterials in plants critical review. Nanotoxicology 10, 257–278.
- Schweiggert, U., Kurz, C., Schieber, A. and Carle, R. (2007).** Effects of processing and storage on the stability of free and esterified carotenoids of red peppers (*Capsicum annuum* L.) and hot chilli

- peppers (*Capsicum frutescens* L.). European Food Research and Technology, 225(2):261-270.
- Semida, W.M., Abdelkhalik, A., Mohamed, G., El-Mageed, A., Taia, A., El-Mageed, A. and Ali, E.F. (2021).** Foliar application of zinc oxide nanoparticles promotes drought stress tolerance in eggplant (*Solanum melongena* L.). Plants 10 (2): 421.
- Shang, A., Cao, S.Y., Xu, X.Y., Gan, R.Y., Tang, G.Y., Corke, H., Mavumengwana, V. and Li, H.B. (2019).** Bioactive compounds and biological functions of garlic (*Allium sativum* L.). Foods, 8(7):246.
- Sharifi, B. J., Scott, P. and Rose, M. (2016).** Effect of straw and fertilizer nitrogen management for spring barley on soil nitrogen supply to a subsequent potato crop. American journal of potato research, 86(3): 209-217.
- Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Firoz, M. and Al-Khaishany, M.Y., (2015).** Role of nanoparticles in plants. Nanotechnology and plant sciences: nanoparticles and their impact on plants, 19-35.
- Singh. H., Archita, S., Sanjeev , K.B., Shailendra, K.A., Neha, B. and Madhu, K. (2021).** Recent advance in the applications of nanoagrochemicals for sustainable agricultural development. The Royal Society of Chemistry.
- Siva, G.V. and Benita, L.F.J. (2016).** Synthesis, characterization of iron oxide nanoparticles and their applications as nano-fertilizers on some quality characters of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.). Int. J. Sci. Res. Sci. Technol., 2(1):11-18.

- Sousa Prado, J.C., Mendes Prado, G., Linhares Aguiar, F.L., Maria Neves, A., Farias do Nascimento, J., Monteiro da Silva Abreu, F.O. and dos Santos Fontenelle, R.O. (2024).** Nanoemulsions of plant-based bioactive compounds with antimicrobial applications: a review. *Revista Ciência e Natura*, 46.
- Srinivasan, K. (2016).** Biological activities of red pepper (*Capsicum annuum*) and its pungent principle capsaicin: a review. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(9):1488-1500.
- Stratton, M.L., and Barker, A.V. (2015).** The effects of nitrogen source and concentration on the growth and mineral composition of privet. *Journal of plant nutrition*, 24(11):1745-1772.
- Suliman, A. A., El-Dewiny, C. Y., Soliman, M. K., and Salem, S. S. (2025).** Investigation of the effects of applying Bio-Magnesium oxide nanoparticle fertilizer to *Moringa oleifera* plants on the chemical and vegetative properties of the plants' leaves. *Biotechnology Journal*, 20(3): e202400536.
- Sunil, C., Kadam, P.V., Kanavi GB, J., Onte, S., Salimath, S.B., HR, J., HB, M. and Sharath Chandra, M. (2024).** Comparative assessment of nano nitrogen and nano zinc nutrition on growth, yield and profitability of chilli (*Capsicum annuum*. L). *Journal of Plant Nutrition*, 47(12):1916-1930.
- Tarafdar, J.C., Raliya, R. and Rathore, I. (2012).** Microbial synthesis of phosphorous nanoparticle from tri-calcium phosphate using *Aspergillus tubingensis* TFR-5. *J. Bionanosci.* 6, 84–89.

- Tarafdar, J.C., Xiang, Y., Wang, W.N., Dong, Q. and Biswas, P. (2012).** Standardization of size, shape and concentration of nanoparticle for plant application. *Appl Biol Res*, 14(2):138-144.
- Teng, T.J., Arip, M.M., Sudesh, K., Nemoikina, A., Jalaludin, Z., Ng, E.P. and Lee, H.L. (2018).** Conventional technology and nanotechnology in wood preservation: A review. *BioResources*, 13(4):9220-9252.
- Thakur, S., Thakur, T. and Kumar, R. (2018).** Bio-nanotechnology and its role in agriculture and food industry. *J. Mol. Genet. Med*, 1–5.
- Toksha, B., Sonawale, V.A.M., Vanarase, A., Bornare, D., Tonde, S., Hazra, C., Kundu, D., Satdive, A., Tayde, S. and Chatterjee, A. (2021).** Nanofertilizers: A review on synthesis and impact of their use on crop yield and environment. *Environmental Technology & Innovation*, 24,101986.
- Uresti-Porras, J.G., Cabrera-De-La Fuente, M., Benavides-Mendoza, A., Olivares-Sáenz, E., Cabrera, R.I. and Juárez-Maldonado, A., (2021).** Effect of graft and nano ZnO on nutraceutical and mineral content in bell pepper. *Plants*, 10(12):2793.
- Verma. K. K., Xiu-Peng, J. Abhishek, T., Dan-Dan, D.R. Vishnu, S. Munna, A., Jaya, M., and Yang-Rui, L. (2022).** Recent Trends in Nano-Fertilizers for Sustainable Agriculture under Climate Change for Global Food Security. *Nanomaterials*, 12, 173.

- Votava, E.J., Baral, J.B. and Bosland, P.W. (2005).** Genetic diversity of chile (*Capsicum annuum* L.) landraces from northern New Mexico, Colorado, and Mexico. *Economic Botany*, 59(1):8-17.
- Wickham, H. (2016).** Data analysis. In *ggplot2: elegant graphics for data analysis* Cham: Springer international publishing., 189-201.
- Xiao, X., Cheng, Z., Lv, J., Xie, J., Ma, N. and Yu, J. (2019).** A green garlic (*Allium sativum* L.) based intercropping system reduces the strain of continuous monocropping in cucumber (*Cucumis sativus* L.) by adjusting the micro-ecological environment of soil. *PeerJ*, 7, e7267.
- Xiong, Q., Wang, S., Chen, X., Jing, J., Jin, Y., Li, H., Zhang, C., Jiang, Y. and Ye, X. (2024).** Nano-sized humic acid improves phosphate fertiliser efficiency in chilli pepper. *Pedosphere*.
- Yang, W., Shen, C., Ji, Q., An, H., Wang, J., Liu, Q., and Zhang, Z. (2009).** Food storage material silver nanoparticles interfere with DNA replication fidelity and bind with DNA. *Nanotechnology.*, 20 (8): 085102.
- Yasseen, A.A. and Al-Abdi, R.A. (2020).** Effect of foliar spraying with Nano fertilizer NPK, Mg and several gibberellin concentration on the growth and production of the active substance of Rocket plant (*Eruca sativa* L.). *International Journal of Agricultural & Statistical Sciences*, 16.

- Yousuf, A.F. and Abbass, J.A. (2023).** Enhanced growth response in *Capsicum annuum* L. after the application of ceratophyllum extract and chelated nano zinc. *Biopesticides International*, 19(1).
- Yuca, H., 2022.** *Capsicum annuum* L. In *Novel drug targets with traditional herbal medicines: Scientific and clinical evidence* (pp. 95-108). Cham: Springer International Publishing.
- Zahedi, S.M., Karimi, M. and Teixeira da Silva, J.A. (2020).** The use of nanotechnology to increase quality and yield of fruit crops. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(1):25-31.
- Zhu, M., Zhu, G., Li, W., Zhang, Y., Zhao, L. and Gu, Z. (2011).** Estimation of the algal-available phosphorus pool in sediments of a large, shallow eutrophic lake (Taihu, China) using profiled SMT fractional analysis. *Environmental pollution*, 173, 216-223.

الملاحق

Appindexs



ملحق (1) توضيح تحضير الاصص (السنادين) قبل الزراعة



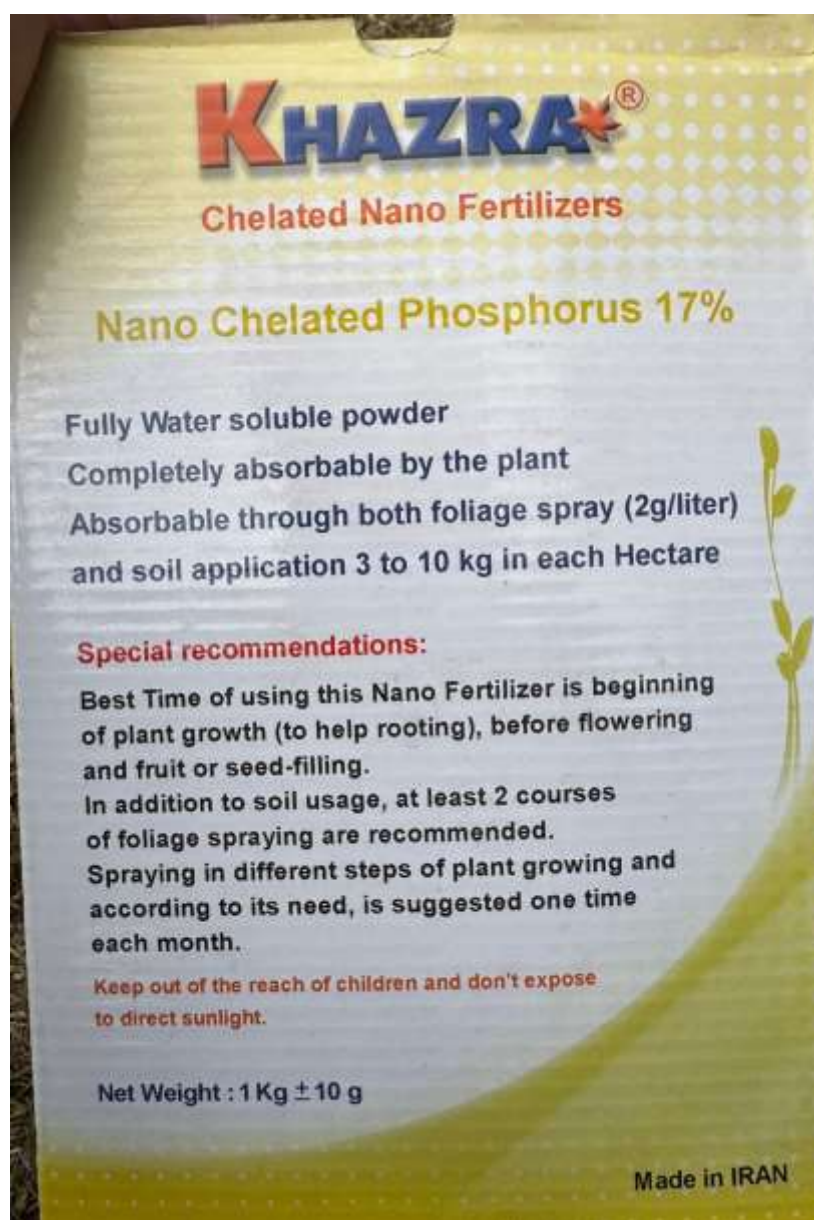
ملحق (2) توضيح نبات الفلفل عند الانبات



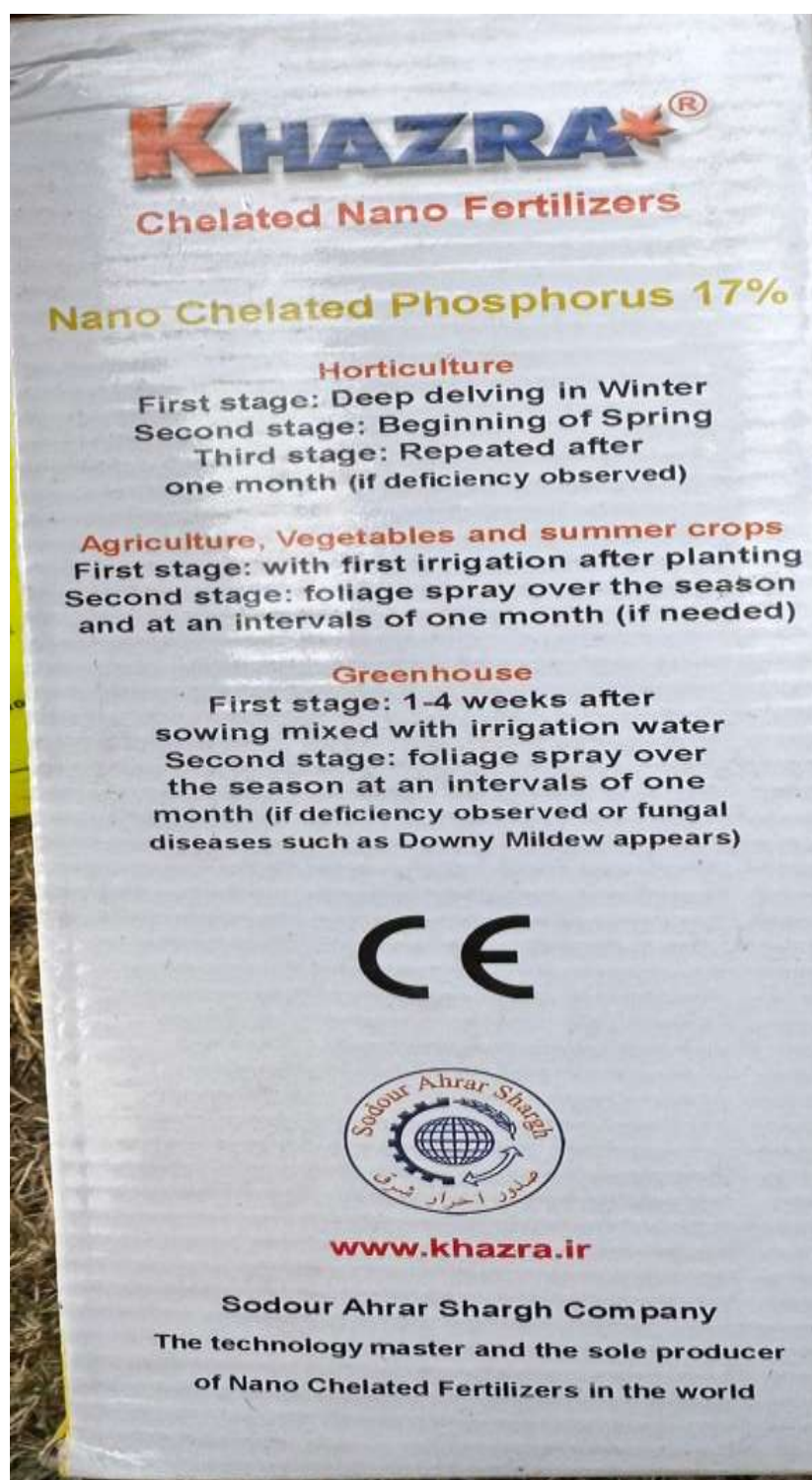
ملحق (3) توضيح نمو نبات الفلفل



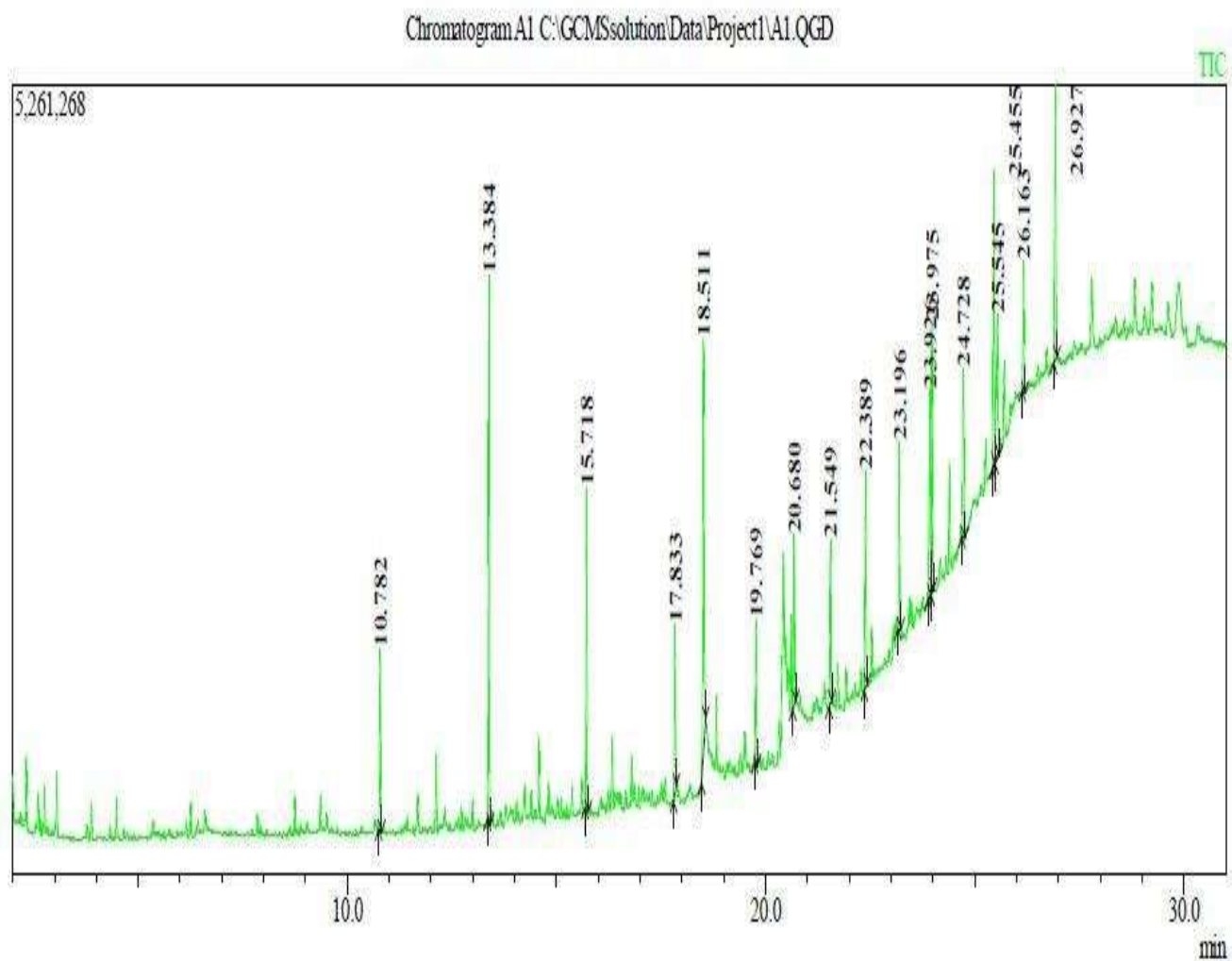
ملحق (4) صورة لثمار الفلفل الحار



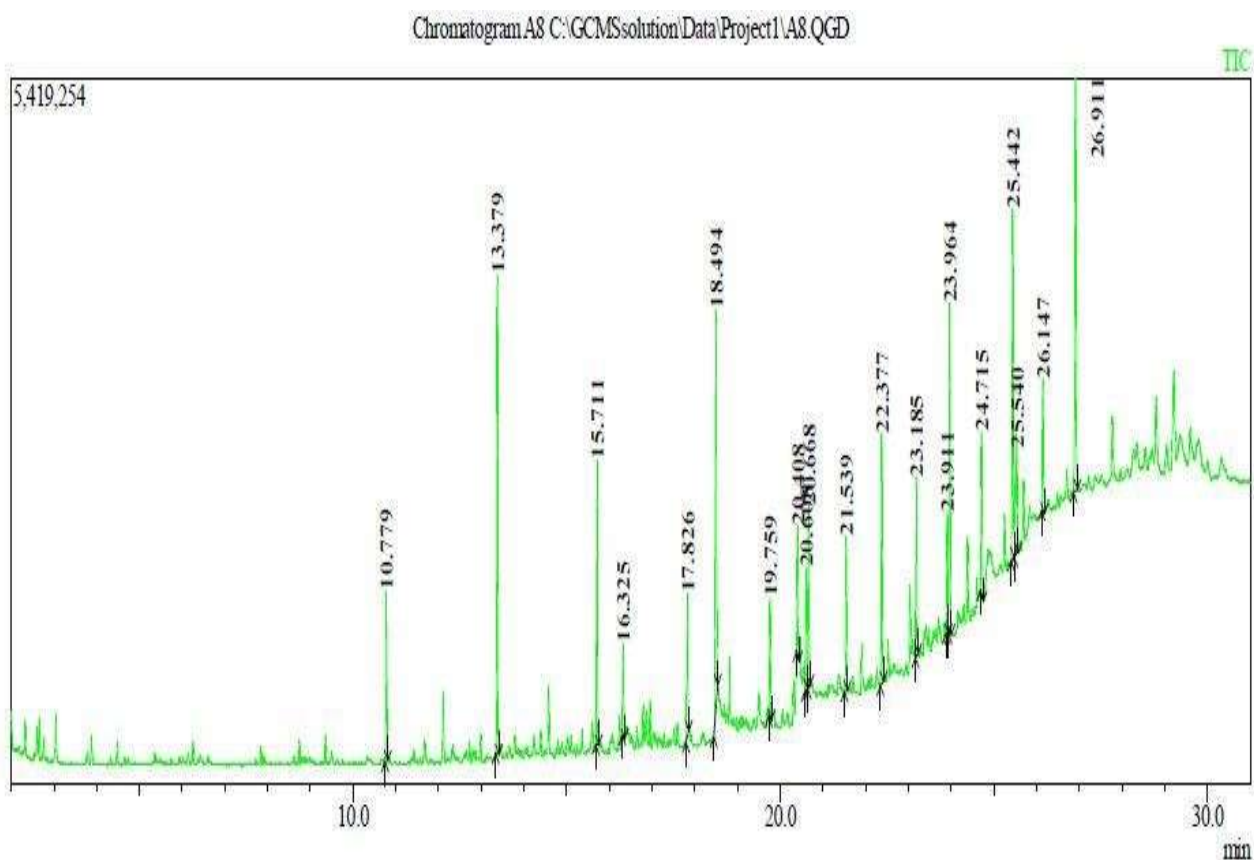
ملحق (5) مغلف سماد الفسفور النانوي



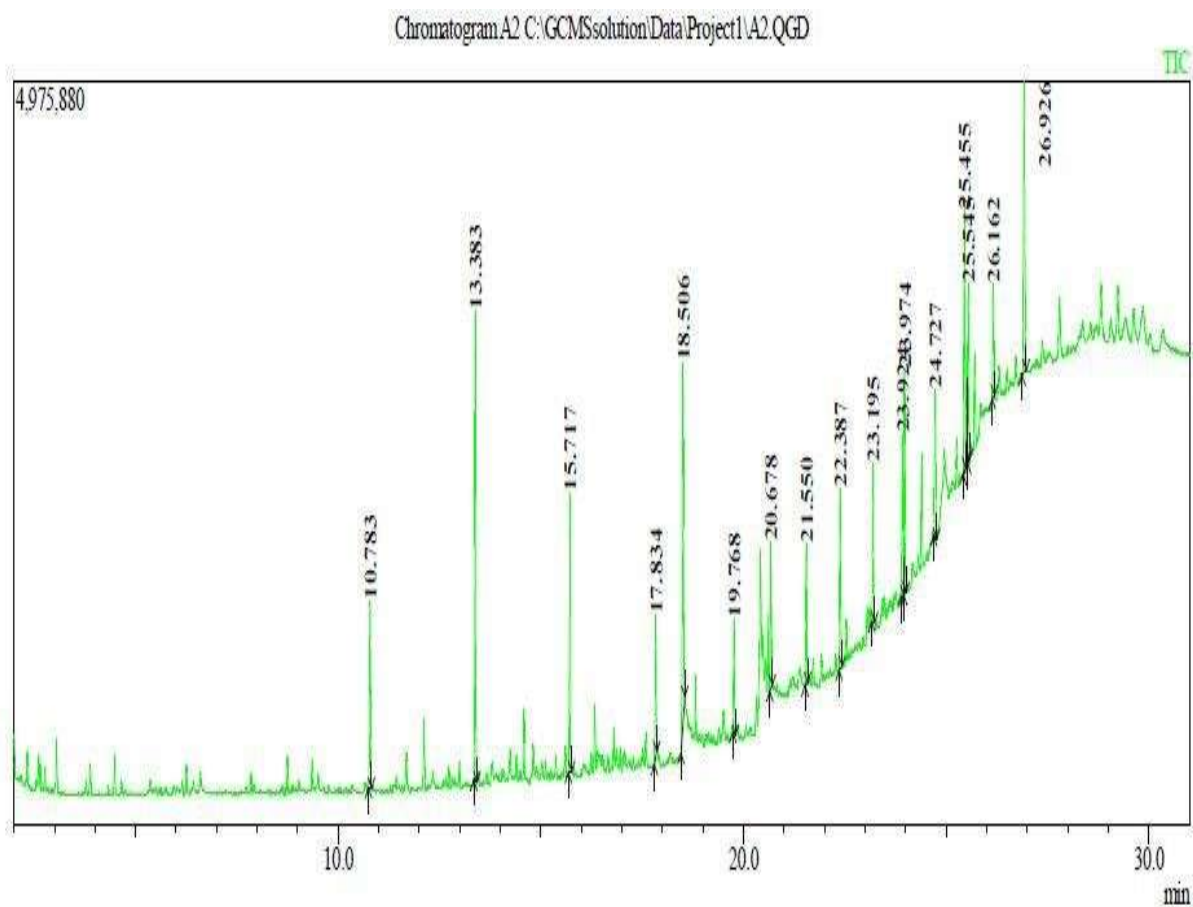
ملحق (6) مغلف سماد الفسفور النانوي



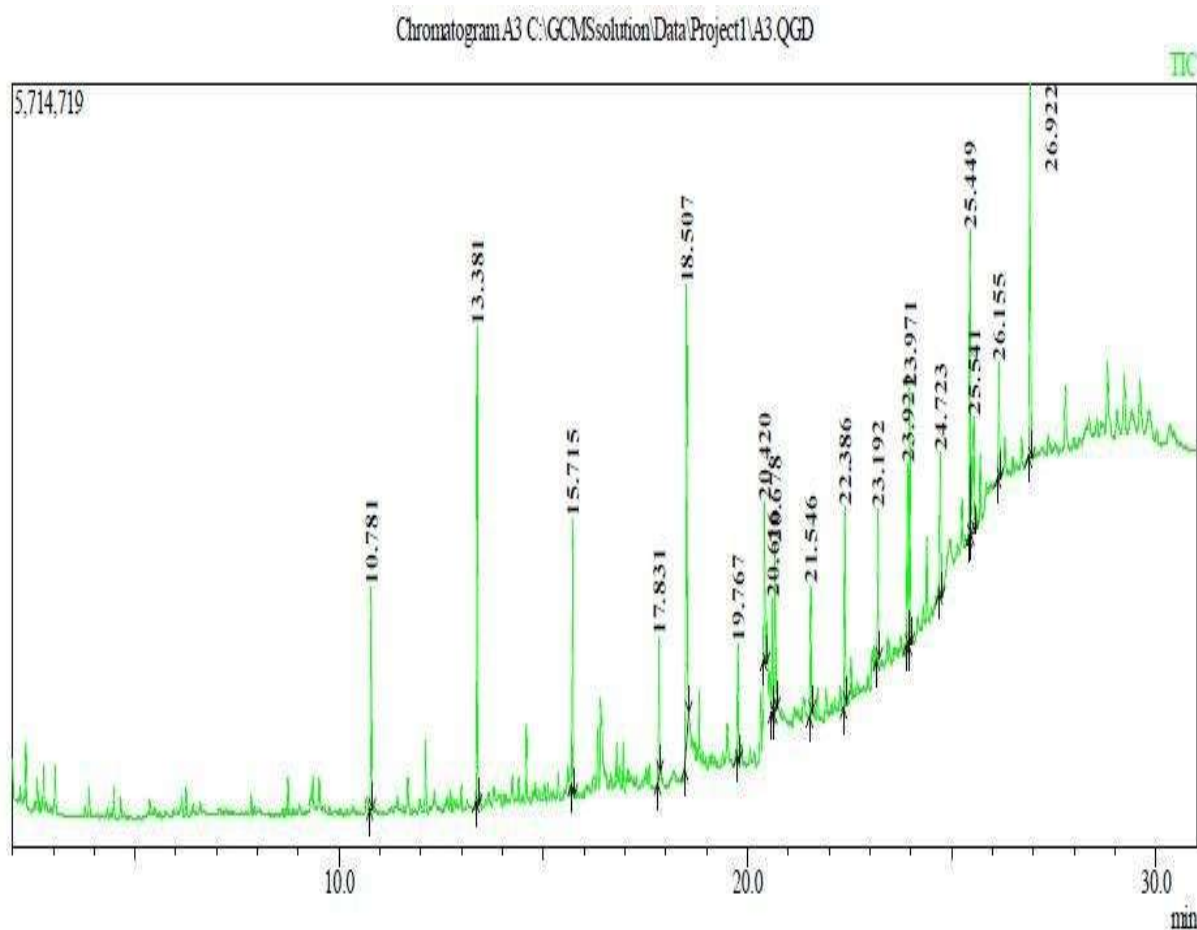
ملحق (7) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلف الحار (معاملة السيطره)



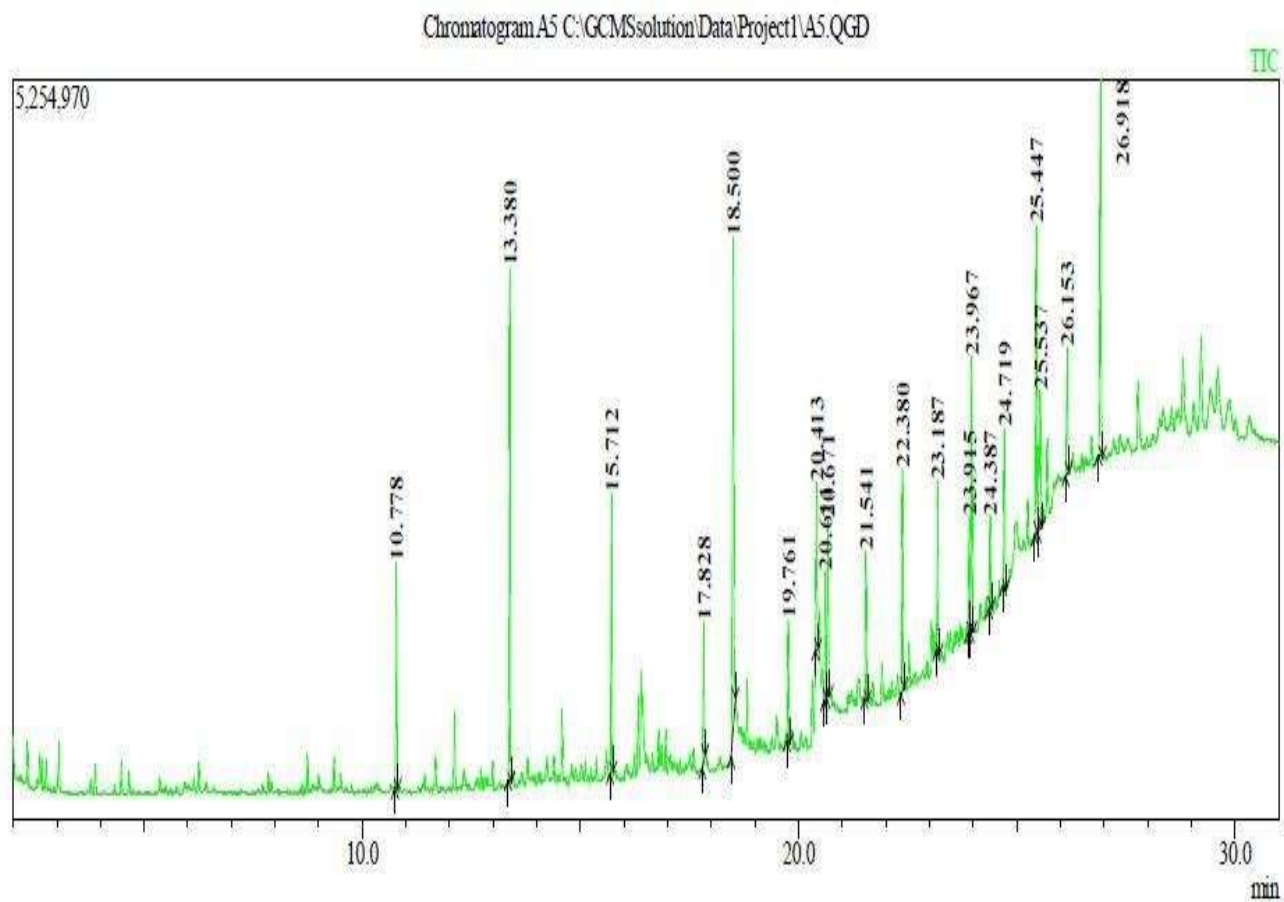
ملحق (8) تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 0-15 مستخلص)



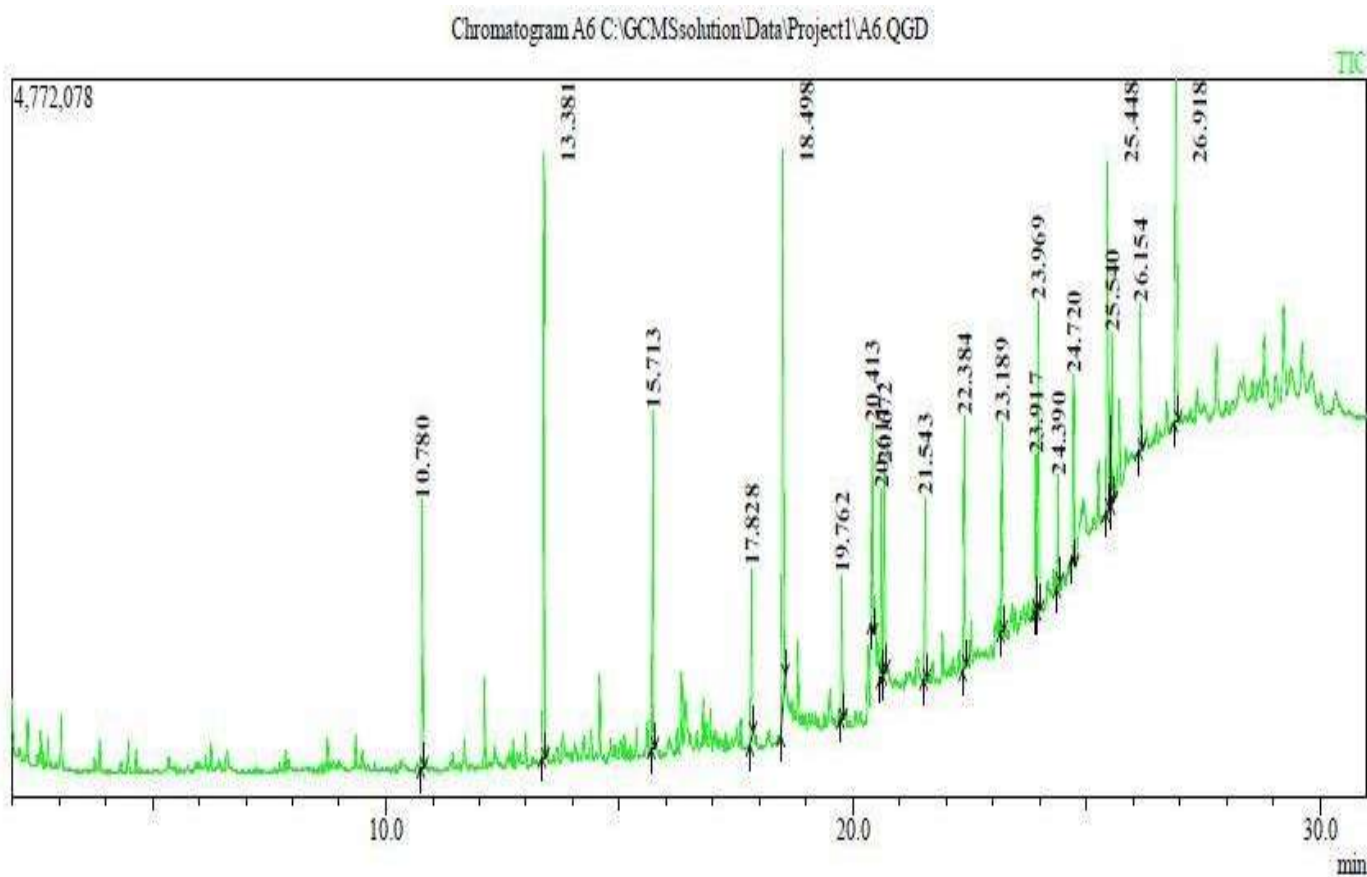
ملحق (9) تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 0 - 20 مستخلص)



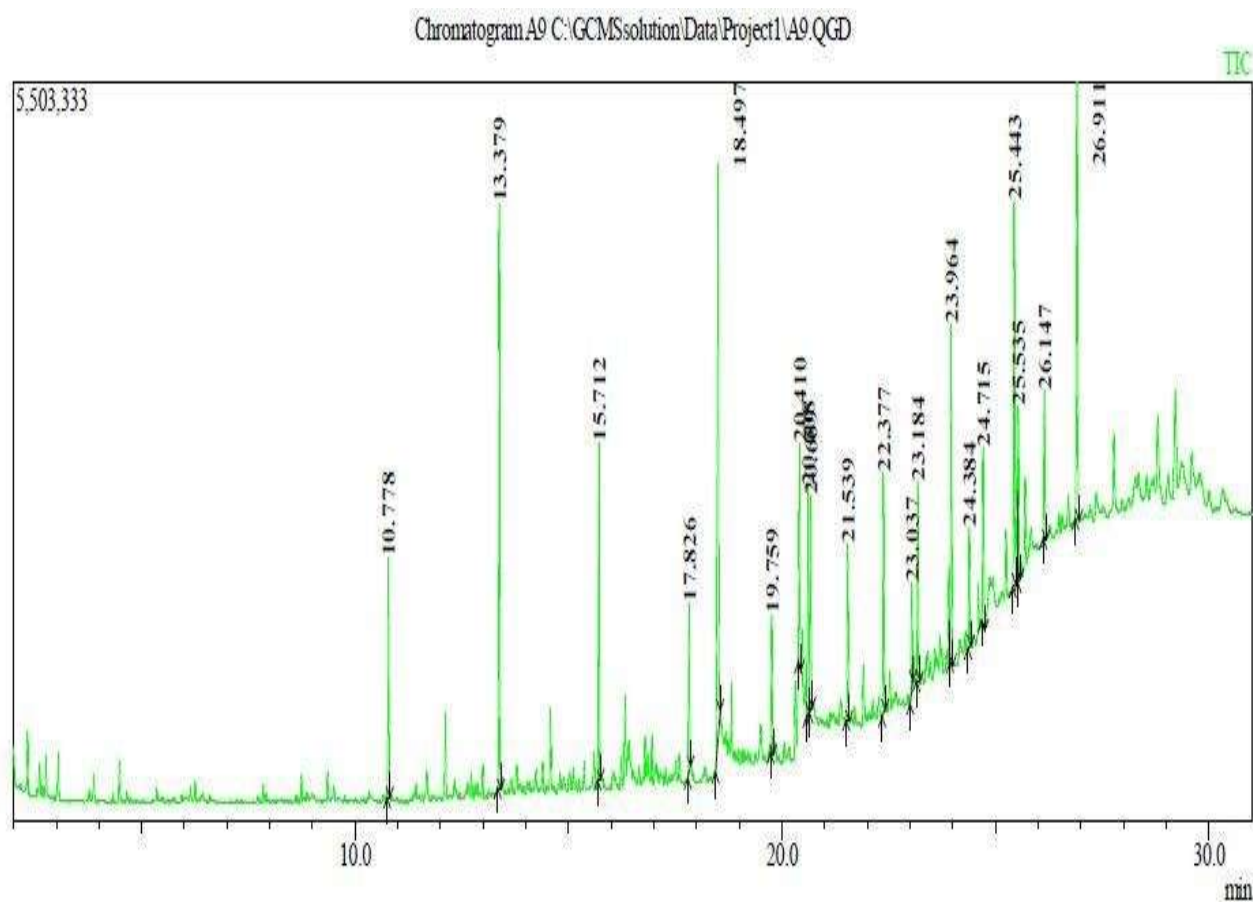
ملحق (10) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 2 نانوي - 0 مستخلص)



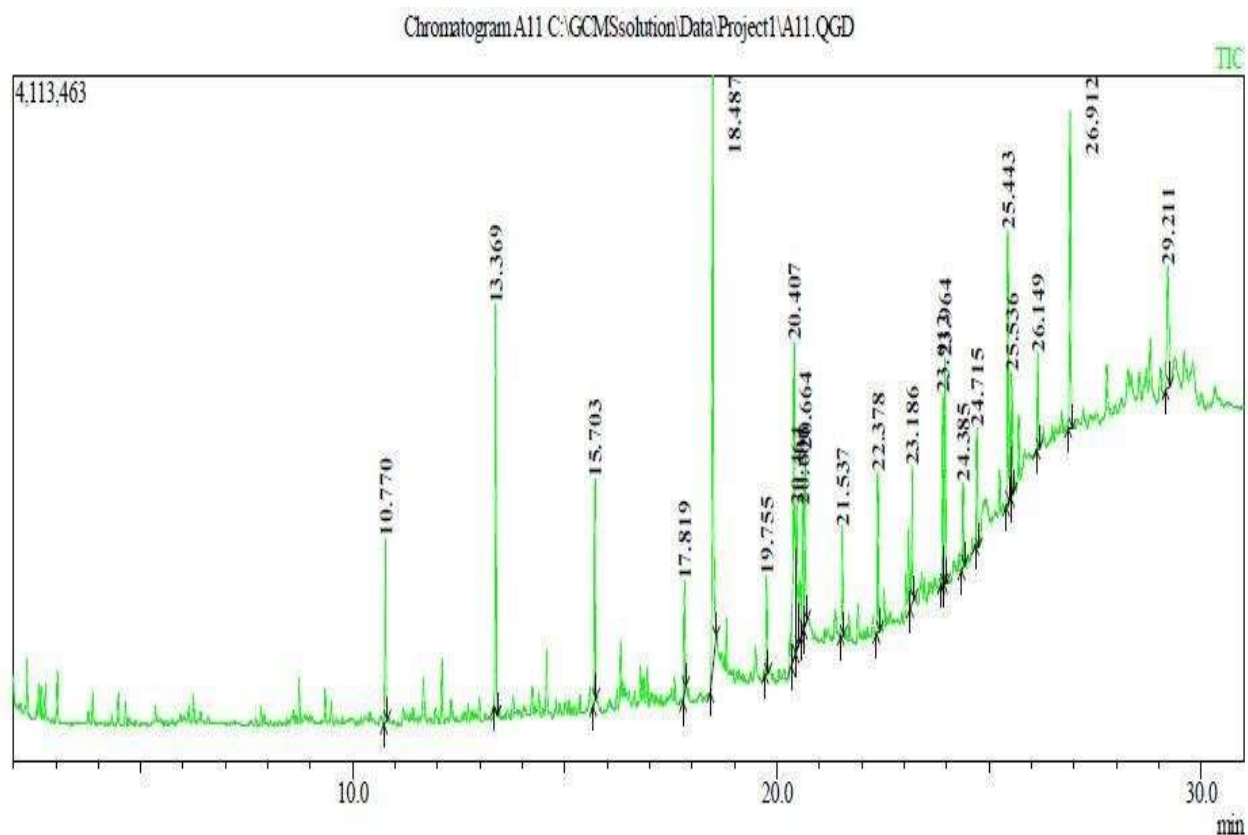
ملحق (11) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 2 نانوي - 15 مستخلص)



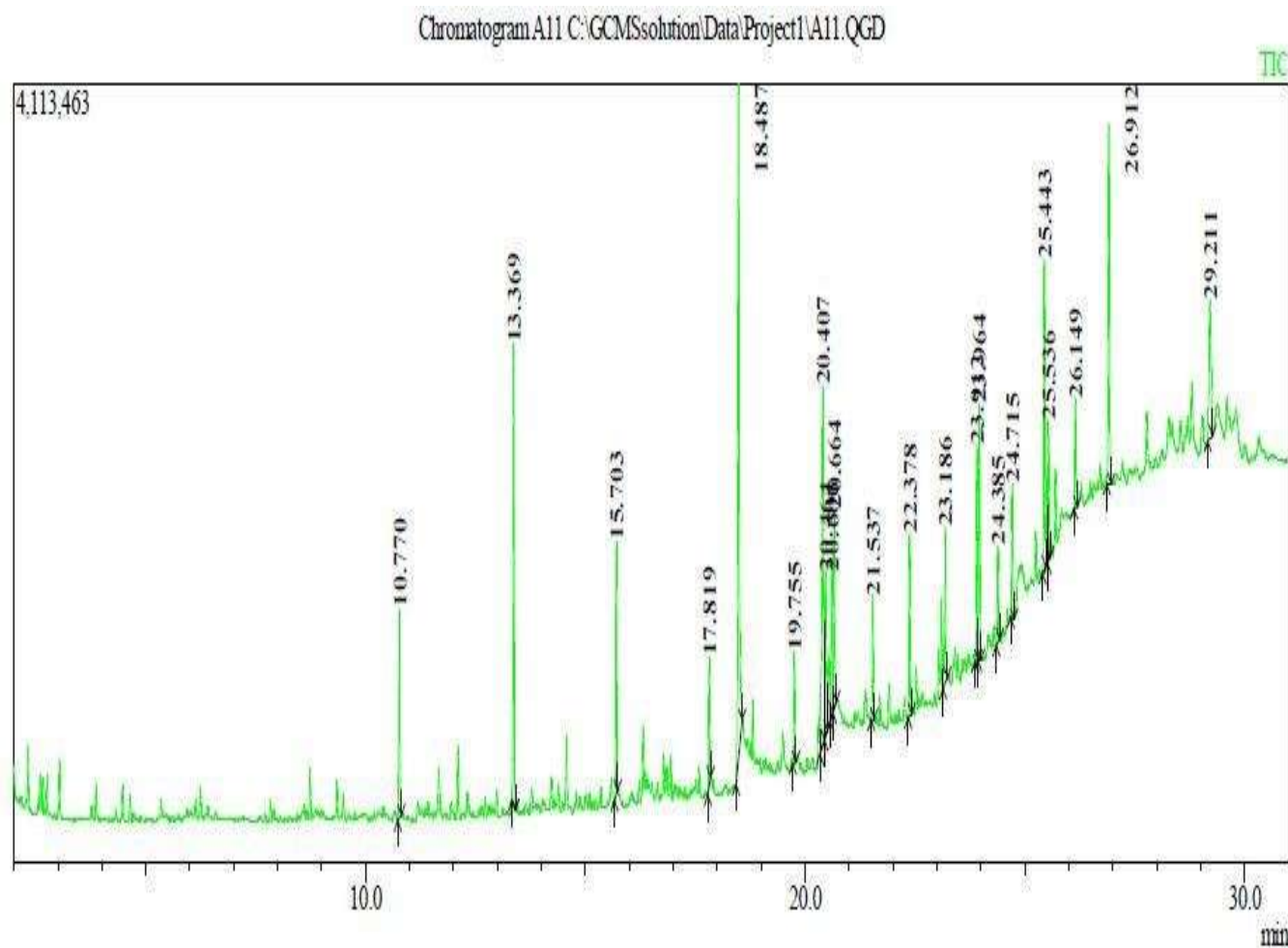
ملحق (12) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 2 نانوي - 20 مستخلص)



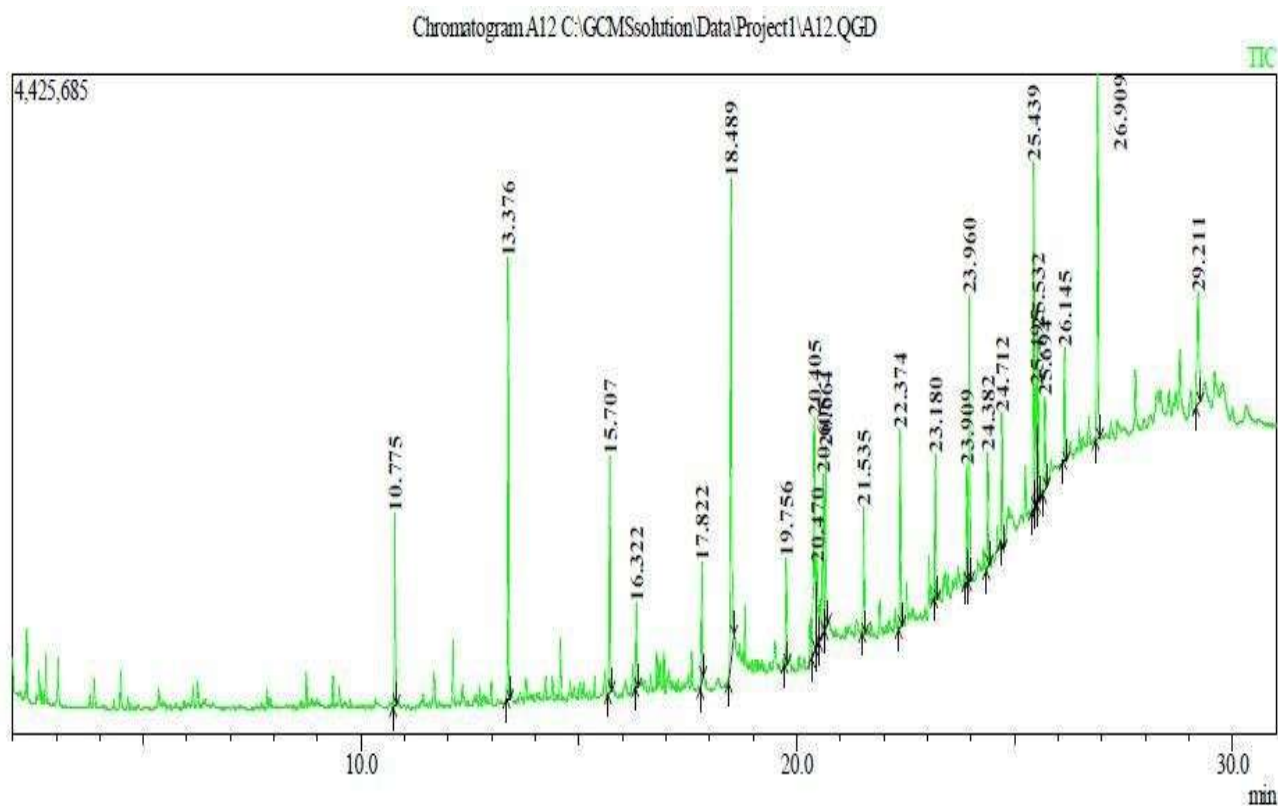
ملحق (13) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 4 نانوي - 0 مستخلص)



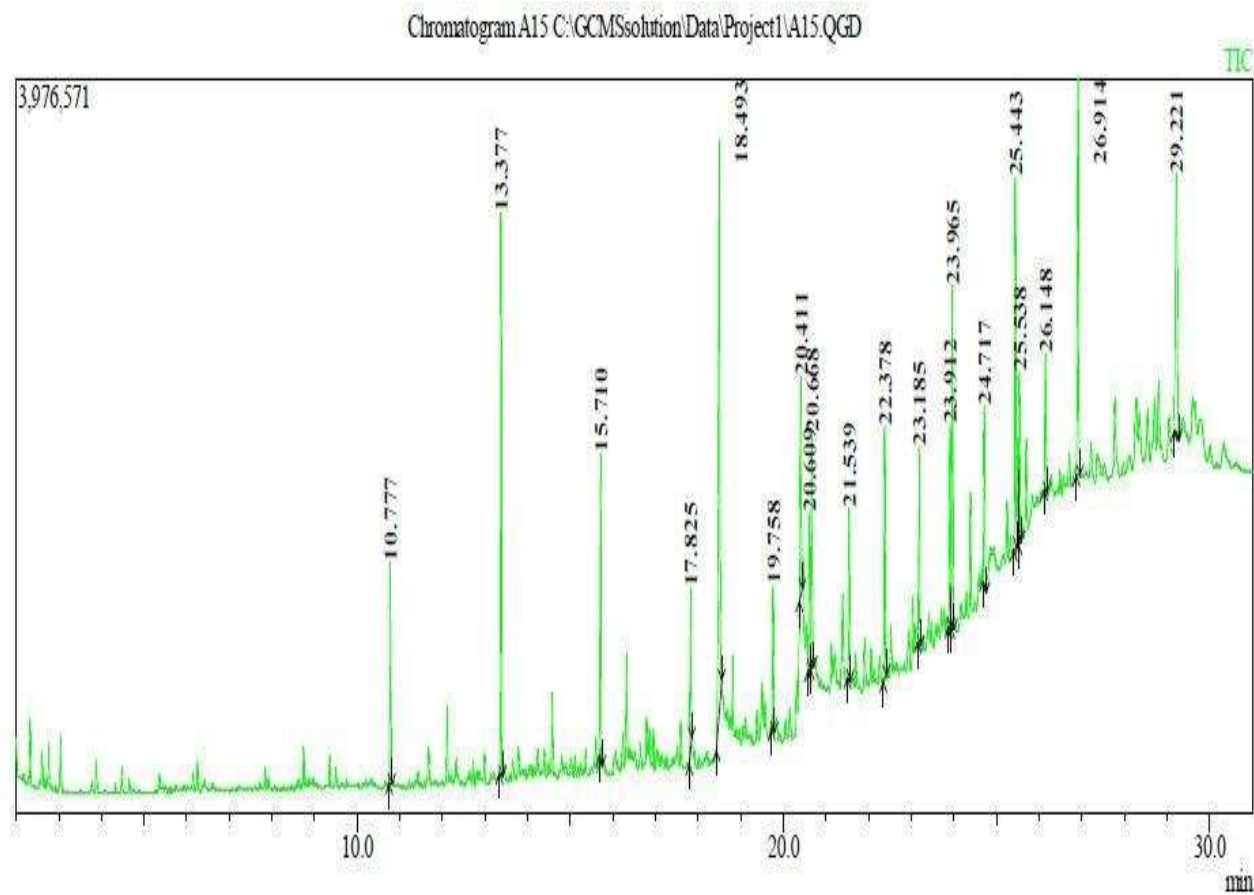
ملحق (14) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 4 نانوي - 15 مستخلص)



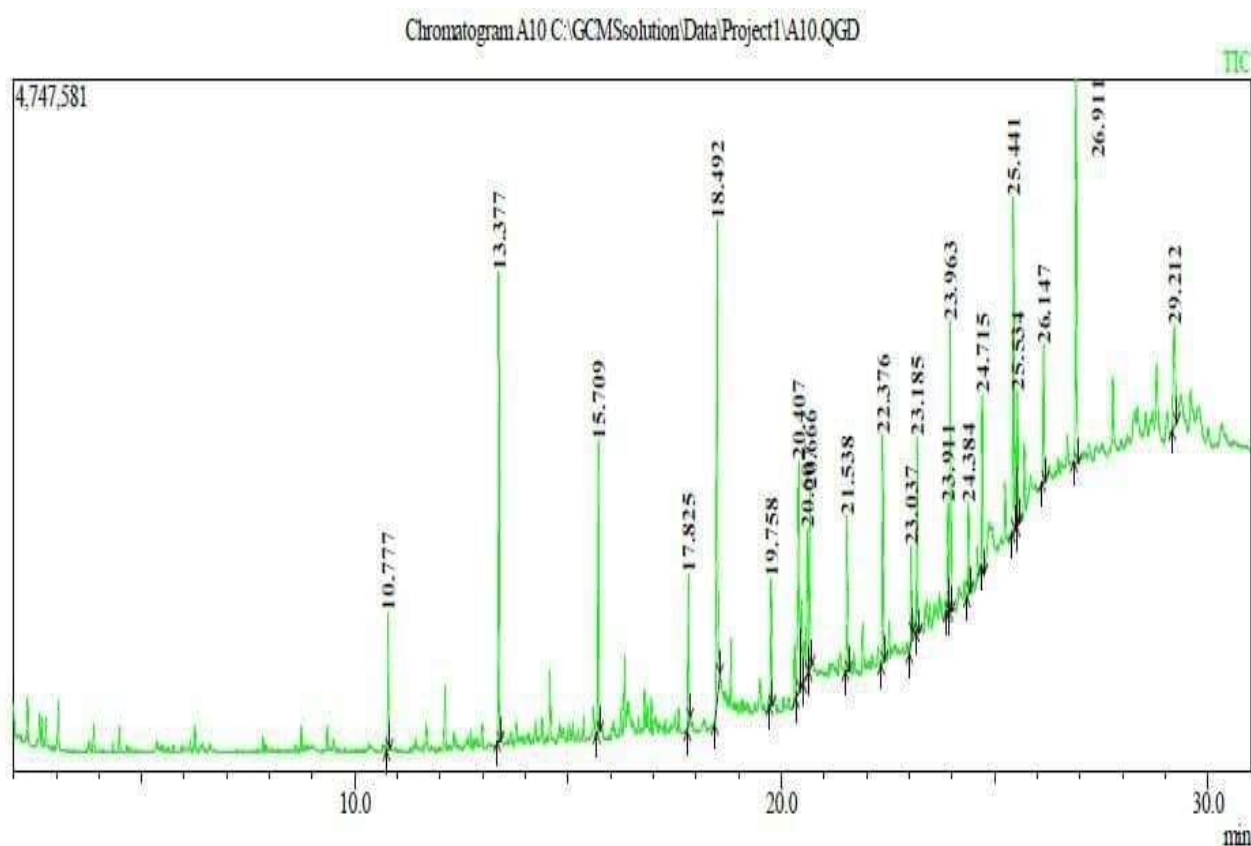
ملحق (15) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 4 نانوي - 20 مستخلص)



ملحق (16) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 6 نانوي - (مستخلص)



ملحق (17) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 6 نانوي - 15مستخلص)



ملحق (18) نتائج تحليل GC-MS بذور الفلفل الحار (معاملة 6 نانوي - 20 مستخلص)

Summary

This study was aimed to investigate the effect of foliar spraying of nano-fertilizer (phosphorus) at different concentrations and garlic extract, and the interaction between them, on the vegetative growth characteristics, chemical content, and active ingredients of pepper plants (*Capsicum annuum*). This study was conducted in the fields of the College of Science at Al-Qadisiyah University during the spring agricultural season of 2024/2025, from September 20, 2024 to November 25, 2024. The experiment was implemented according to a randomized complete block design, comprising 36 experimental units with three replicates. The first factor consisted of four concentrations (0, 2, 4, and 6 g/L) of nano-phosphorus fertilizer, in addition to the control treatment. The second factor consisted of extract concentrations (0, 15, and 20 g/L). A simple one-way block design was used. Treatments and replicates were numbered according to a randomized complete distribution (RCBD). The least significant difference (LSD) test (<0.05) was used to distinguish significant differences between treatment.

The results showed that the use of nano-fertilizers, garlic plant extract, and their interaction at different concentrations significantly increased most of the studied plant growth traits. The increase was greater with increasing nano-fertilizer concentrations, such as plant height. Foliar spraying with nanofertilizers resulted in a significant increase in plant height, average stem diameter (cm), leaf number (leaf/plant), average leaf fresh yield (g/plant), leaf area (cm), average leaf dry yield (g/plant), and total leaf chlorophyll content (mg/100g fresh weight).

The results also showed that nanofertilizers, garlic extract, and the interaction between them led to a significant increase in mineral elements in pepper plants, such as nitrogen (%), phosphorus (%), potassium (%), calcium and magnesium (%), and zinc ($\mu\text{g/g}$). The results also showed that nanofertilizers led to a significant increase in leaf carbohydrates (%), total leaf proteins (%), peroxidase activity (unit/g), and enzyme activity ($\mu\text{g/g}$). Catalase in leaves (units/g), asparaginase activity in leaves (units/g), and glutaminase activity in leaves (units/g). The results also showed that nanofertilizers and the combination of garlic extract showed superiority in the levels of active ingredients, such as capsaicin in seeds, dihydrocapsaicin, myristic acid, and linolenic acid in seeds. The study results also showed that spraying with garlic extract at different concentrations affected most of the vegetative growth traits and active and chemical components of the above-mentioned categories. As for the combination of nanofertilizers and the extract, the results showed significant differences in the vegetative traits of pepper plants.

**Ministry of Higher Education and Scientific
Research
University of Al-Qadisiyah
College of Science
Department of Biology**



**Effect of nano-phosphorus fertilizer and ethanolic extract of
garlic plant *Allium sativum* L. on vegetative and physiological
growth characteristics, yield and active ingredients of chili
pepper plant *Capsicum annum* L.**

Thesis

**Submitted to the Council of the College of Science, University
of Al-Qadisiyah, as partial fulfillment of the requirements for
the Master Degree in Biology**

By

Haider Talal Badr Al-Saedi

Supervised

Assistant Professor Dr. Samah Saleh Al-Shybany

1447 AH

2025 AD