جمهورية العراق
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة كربلاء - كلية الزراعة
قسم البستنة وهندسة الحدائق

التحفيز الحيوي بالكايتوسان العادي والنانوي في بعض صفات النمو لشتلات التيكوما *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth. تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي

رسالة مقدمة إلى مجلس كلية الزراعة / جامعة كربلاء وهي جزء من متطلبات نيل درجة الماجستير
علوم في الزراعة / البستنة وهندسة الحدائق

من قبل
أحمد حمزة حسن الشريفي

بإشراف
الأستاذ الدكتور صباح غازي شريف باجلان

2023 م 1444 هـ

أَعُوذُ بِاللَّهِ مِنَ الشَّيْطَانِ الرَّجِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

﴿ هُوَ الَّذِي أَنزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَّكُم
مِّنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ ﴿١٠﴾
يُنۢبِتُ لَكُم بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ
وَالْأَعْنَابَ وَمِن كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ إِنَّ فِي ذَٰلِكَ لَآيَةً
لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾ ﴾

صدق الله العلي العظيم

سورة النحل (آية ١٠-١١)

إقرار المشرف

أشهد أن اعداد الرسالة الموسومة (التحفيز الحيوي بالكايتوسان العادي والنانوي في بعض صفات النمو لشتلات التيكوما ستانس *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth. تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي) جرت تحت اشرافي في قسم البستنة وهندسة الحدائق / كلية الزراعة / جامعة كربلاء وهي جزء من متطلبات نيل شهادة الماجستير / علوم في الزراعة – البستنة وهندسة الحدائق.

التوقيع:

اسم المشرف العلمي: د. صباح غازي شريف

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: كلية الزراعة – جامعة كربلاء

التاريخ: / / 2023

توصية رئيس قسم البستنة وهندسة الحدائق ورئيس لجنة الدراسات العليا

بناءً على التوصية المقدمة من قبل الأستاذ المشرف أرشح هذه الرسالة للمناقشة العلمية.

التوقيع:

الاسم: د. كاظم محمد عبد الله

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية الزراعة – جامعة كربلاء

التاريخ: / / 2023

إقرار لجنة المناقشة

نشهد نحن أعضاء لجنة المناقشة قد اطلعنا على الرسالة الموسومة (التحفيز الحيوي بالكايتوسان العادي والنانوي في بعض صفات النمو لشتلات التيكوما ستانس *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth. تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي) وناقشنا الطالب في محتوياتها ووجدنا أنها جديرة بالقبول لنيل شهادة الماجستير / علوم في الزراعة – البستنة وهندسة الحدائق.

رئيساً

الاسم: د. عبد عون هاشم علوان

المرتبة العلمية: أستاذ متمرس

العنوان: كلية العلوم / جامعة كربلاء

التاريخ: / /2023

عضواً

الاسم: د. مشتاق طالب حمادي

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية الزراعة / جامعة الكوفة

التاريخ: / /2023

عضواً

الاسم: د. كاظم محمد عبد الله

المرتبة العلمية: أستاذ مساعد

العنوان: كلية الزراعة / جامعة كربلاء

التاريخ / /2023

عضواً ومشرفاً

الاسم: د. صباح غازي شريف

المرتبة العلمية: أستاذ

العنوان: كلية الزراعة / جامعة كربلاء

التاريخ: / /2023

صدقت الرسالة في مجلس كلية الزراعة – جامعة كربلاء

أ.د. ثامر كريم خضير

العميد وكالةً

كلية الزراعة – جامعة كربلاء

2023 / 4 / 18

شكر وتقدير

الحمد لله الذي جعل الحمد مفتاحاً لذكره وسبباً للمزيد من فضله وخلق الأشياء ناطقةً بحمده وشكره، والصلاة والسلام على عبده ورسوله وخليله وصفوته من خلقه نبينا وإمامنا وسيدنا محمد بن عبدالله، وعلى اله الطيبين الطاهرين ومن سلك سبيلهم واهتدى بهداهم إلى يوم الدين، الحمد لله على إحسانه وله الشكر أولاً وأخيراً على توفيقه وامتنانه لما نحن عليه من نعم كثيرة ووصولنا إلى هذه المرحلة العلمية العالية.

وأنا أضع اللمسات الأخيرة في رسالتي العلمية ومن منطلق الامتثال لحديث سيد الساجدين عليه السلام (من لم يشكر المخلوق لم يشكر الخالق) لا يسعنا إلا أن نتقدم بأزكى التحيّات وأجملها وأنداها إلى مشرفي الأستاذ الدكتور صباح غازي شريف بكلّ الودّ والحب والإخلاص شاكراً جنابه الكريم على كل ما قدمه، وكل ما نصحنا به، وعندما أتذكر كل ما صنعه لأجلنا كي نصل إلى الذي وصلت إليه في يومي هذا فإن لساني يقف عاجزاً على قول أيّ شيء، فعبارات الشكر قليلة، وكلمات الثناء لا تستطيع أن تفيه حقه، له منا كل التحية والتقدير وجزاه الله عنا خير جزاء.

ولا يفوتني أن أتقدم بجزيل الشكر والعرفان وبكل آيات الامتنان لرئاسة جامعة كربلاء وعمادة كلية الزراعة متمثلة بالسيد عميد الكلية الأستاذ الدكتور ثامر كريم خضير وقسم البستنة وهندسة الحدائق متمثلاً بالسيد رئيس القسم الاستاذ المساعد الدكتور كاظم محمد عبد الله وجميع أساتذتي الكرام على عطائهم اللامحدود، وحسن تعاونهم معنا طيلة فترة دراستي التي لم نر فيها إلا العزيمة القوية والنوايا الصادقة في دعمنا العلمي والمعنوي.

ومن واجب الوفاء والإخلاص يحتم علينا أن نشكر جزيل الشكر والامتنان جميع منتسبي إدارة مشاتل العتبة الحسينية المقدسة اداريين وفنيين التابعة إلى قسم الزينة والتشجير في الأمانة العامة للعتبة الحسينية المقدسة لإتاحتهم فرصة إكمال بحثنا بكل يسر وتذليل كافة الصعاب التي واجهتنا خلال مدة إجراء بحثنا، ولا ننسى أن نقدم تقديرنا وامتنانا العالي لأعضاء لجنة المناقشة المحترمين على تحملهم عناء الحضور ومجهوداتهم الرائعة وملاحظاتها القيمة لدعم رسالتنا علمياً وكذلك نشكر جميع منتسبي مختبرات كليتنا الموقرة ولا سيما في قسمي البستنة وهندسة الحدائق والمحاصيل الحقلية، كما نتقدم بوافر الشكر والامتنان إلى أخي العزيز الذي لم تلده أمي السيد الحسن علي نصر الله.

كما اننا نتوجه بالشكر والامتنان لكل من والدي العزيز ووالدتي الكريمة اطال الله في عمريهما وأفراد عائلتي جميعاً الذين كانوا السند الأول لنا في الوصول إلى ما نحن عليه فضلاً عن شكري الكبير لجميع زملاء الدراسة الذين منحونا الكثير من وقتهم، وبذلوا الكثير من الجهود في سبيل خروج الرسالة بأدق النتائج.

واذا نسيً قلمي تقديم الشكر والثناء لأحد دون قصد فأن قلبي وعقلي يشكر جميع من قدم لنا يد العون والمساعدة لإنجاز رسالتي.

إلى كل هؤلاء أرفع اليهم بكل اعتزاز شكري وتقديري وعرفاني بالجميل ما حييت، ومن الله التوفيق.

الباحث

احمد حمزة الشريفي

الإهداء

إلى أول من يشفع لنا يوم القيامة ... إلى الذي فضلنا على نفسه ونادى أمتي أمتي

..... نبينا محمد صلى الله عليه واله الطاهرين

إلى أهل بيت النبوة وموضع الرسالة ومهبط الوحي ومعدن الرحمة وخزان العلم

..... أئمة الهدى ومصابيح الدجى وأعلام التقى

إلى ارواح من عشقوا تراب هذا الوطن واضاءوا بدمائهم قناديل سمائه

..... شهدائنا الأبرار ... إكراماً واجلالاً

إلى مَنْ كللّـهُ الله بالوقار ... إلى من علمني العطاء دون انتظار ... إلى من أحمل اسمه بكل افتخار

..... أبي العزيز حماه الله وأطال في عمره

إلى التي حملت عود ثقاب ثم استدارت لتنحني للشموع لتمنحها صلاحية الإضاءة وإحساس البقاء لتنير دربي

..... أمي الغالية مهد راحتي وطمأناني، حفظها الله

إلى الذي اشدد بهم أزري، وأشركهم في أمري

..... إخوتي وأخواتي .... عزوتي وشموخي

إلى بئر العطاء والنقاء الذي لا يعرف النضوب

..... خوالي وأعمامي ... بلسم الشدائد

إلى من تربته أغلى من الذهب وعزته أعلى من الجبل

..... وطني الغالي والحبيب ... العراق العظيم

إلى أهل الفضل عليَّ الذين غمروني بالتضحية والتوجيه والإرشاد

..... أساتذتي الافاضل الكرام

احمد حمزة الشريفي

الخلاصة Abstract:

أجريت الدراسة في الظلة المغطاة بالساران الأخضر بنسبة تظليل (50 %) من شدة الإضاءة الطبيعية التابعة إلى مشتل العتبة الحسينية المقدسة في منطقة الحافظ التابع لقضاء الحسينية للمدة من بداية شهر شباط وإلى شهر تشرين الأول من عام 2022 لدراسة تأثير الكايتوسان العادي والنانوي على شتلات شجيرة التيكوما *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth بعمر (10 شهر) تحت تأثير مستويات مختلفة من الإجهاد المائي حيث شمل العامل الأول استخدام ثلاثة مستويات من الاجهاد المائي بنسبة (50 و75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية، والعامل الثاني الكايتوسان العادي بثلاثة تراكيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$)، والعامل الثالث الكايتوسان النانوي بثلاثة تراكيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$)، وبذلك تصبح التجربة عامليه بثلاثة عوامل (3 x 3 x 3) و(27) معاملة عاملية، أستخدم تصميم القطاعات العشوائي الكامل بثلاثة قطاعات وبهذا يكون عدد الوحدات التجريبية في الدراسة (81) وحدة تجريبية وكل وحدة تجريبية مكونه من (5) مشاهدات، وأجريت عملية تحليل البيانات إحصائياً لجميع الصفات المدروسة وفق تصميم التجربة باستخدام الحاسبة الإلكترونية وبرنامج SAS للتحليل الاحصائي (2012)، كما تم مقارنة الأوساط الحسابية للمعاملات إحصائياً حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

أظهرت نتائج التأثير المنفرد للإجهاد المائي تفوق الشتلات التي عوملت بمعاملة الإجهاد المائي الخفيف بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية معنوياً في معظم صفات النمو الخضري والجذري والكيميائي المدروسة ومنها الزيادة في ارتفاع الشتلات وعدد الأوراق وطول وقطر وحجم الجذر وصفة الوزن الجاف للمجموع الجذري والمحتوى الرطوبي النسبي في الأوراق ومحتوى الأوراق من الكربوهيدرات والبروتينات الكلية ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي وa وb فضلاً عن محتواها من عنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم ونشاط أنزيم الكتاليز، في حين سجل أدنى تراكم من البرولين في الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي الخفيف بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية، وبينت نتائج التأثير المنفرد للمخصب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي تفوق الشتلات التي عوملت بالتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) في معظم الصفات المدروسة باستثناء صفة ثباتية الأغشية الخلوية قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت شتلاتها أدنى معدل معنوي في جميع الصفات المدروسة.

أظهرت نتائج التداخلات الثنائية بين الاجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والكايتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) تفوق معنوي في أغلب الصفات النمو الخضري والجذري فضلاً عن الصفات الكيميائية، ومنها صفة الزيادة في ارتفاع الشتلات بمعدل بلغ (67.77 سم) والزيادة في قطر الساق بمعدل بلغ (2.455 ملم) والزيادة في عدد الأوراق بمعدل بلغ (19.11 ورقة) وكذلك الزيادة في عدد الأفرع بمعدل بلغ (2.77 فرع) وطول الجذر الرئيس بمعدل بلغ (65.88 سم) وقطر الجذر الرئيس بمعدل بلغ (9.27 ملم) وحجم الجذر بمعدل بلغ (67.333 سم^3) والوزن الجاف للمجموع الجذري بمعدل بلغ (14.666 غم) وصفة المحتوى الرطوبي النسبي

بمعدل بلغ (84.47 %) فضلاً عن الكربوهيدرات بمعدل بلغ (2.756 مايكروغرام. غم$^{-1}$) والبروتينات الكلية بمعدل بلغ (15.21 %) وكذلك صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي وa وb وبمعدل بلغ على الترتيب (1.782 و1.289 و0.493 ملغم. غم$^{-1}$) وبلغ معدل صفة محتوى الأوراق من عنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم على الترتيب (2.435 و0.34 و1.306 %) ومعدل نشاط أنزيم الكتاليز بلغ (9.956 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) وبلغ محتوى الأوراق من الحامض الاميني البرولين (6.30 %).

أظهرت نتائج التحليل الإحصائي لمعاملات التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والكايتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) تفوقاً معنوياً في أغلب الصفات الخضرية والجذرية ومنها صفة الزيادة في ارتفاع الشتلات بمعدل بلغ (65.22 سم) وصفة الزيادة في عدد الأوراق بمعدل بلغ (16.22 ورقة) وحجم الجذر بمعدل بلغ (65.333 سم^3) وصفة المحتوى الرطوبي النسبي بمعدل بلغ (84.23 %) كذلك أظهرت النتائج تفوقاً معنوياً في بعض صفاتها ومنها محتوى أوراق التيكوما من الكربوهيدرات وبمعدل بلغ (2.797 مايكروغرام. غم$^{-1}$) والبروتينات الكلية بمعدل بلغ (14.55 %) وكذلك صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي وa وb وبمعدل بلغ على الترتيب (1.836 و1.327 و0.508 ملغم. غم$^{-1}$) وبلغ معدل صفة محتوى الأوراق من عنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم على الترتيب (2.330 و0.32 و1.259 %).

كان لمعاملة التداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثيراً معنوياً في جميع الصفات المدروسة الخضرية والجذرية فضلاً عن الصفات الكيميائية ولا سيما عند التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) لكل من المركبين معاً قياساً الى معاملة المقارنة، في حين تفوقت الشتلات التي عوملت باالكايتوسان العادي تركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) والكايتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) في محتوى أوراق شتلات التيكوما من عنصر البوتاسيوم وبنسبة زيادة بلغت (9.12 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلات أدنى.

حققت معاملة التداخل الثلاثي بين عامل الاجهاد المائي وعاملي المخصب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي فروق معنوية في معظم الصفات المدروسة، اذ سجلت معاملة تداخل الاجهاد المائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي والنانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى معدل معنوي في صفة الزيادة في ارتفاع الشتلات وعدد الأوراق وصفة طول الجذر الرئيس ومحتوى الأوراق من الكربوهيدرات والبروتينات الكلية والكلوروفيل الكلي وكلوروفيل a وومحتوى الأوراق من عنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم، في حين حققت معاملة التداخل الثلاثي بين الاجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) والكايتوسان النانوي تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) تأثيراً معنوياً في صفة الزيادة في قطر الساق ومحتوى الاوراق من الحامض الاميني البرولين.

قائمة المحتويات

التسلسل	العنوان	رقم الصفحة
1	المقدمة Introduction	3-1
2	استعراض المراجع literature review	4
1-2	شجيرة التيكوما	4
1-1-2	التصنيف العلمي لشجيرة التيكوما	4
2-1-2	الوصف النباتي لشجيرة التيكوما	5
3-1-2	التوزيع الجغرافي لشجيرة التيكوما	5
4-1-2	استخدام شجيرة التيكوما كنباتات الزينة (القيمة التنسيقية)	6
5-1-2	الاستخدامات الطبية لشجيرة التيكوما	7
2-2	الاجهاد البيئي Environmental stress	8
1-2-2	الاجهاد المائي water stress	10-9
2-2-2	تأثير الاجهاد المائي في مؤشرات النمو الخضرية والجذرية	11-10
3-2-2	تأثير الاجهاد المائي في مؤشرات النمو الفسيولوجية	13-11
3-2	الكايتوسان Chitosan	14
1-3-2	نبذة تعريفية عن الكيتوسان	15-14
2-3-2	نبذة تاريخية عن الكايتوسان	15
3-3-2	الخصائص الكيميائية والفيزيائية للكايتوسان	18-15
4-3-2	تطبيقات الكايتوسان في المجالات الزراعية	18
5-3-2	التأثيرات الفسيولوجية للكايتوسان في النباتات	24-18
4-2	مفهوم تقنية النانو وأهميتها	25-24
1-4-2	استخدام الجزيئات النانوية في المجال الزراعي	28-26
2-4-2	استخدامات الكايتوسان النانوي في المجال الزراعي	30-28
3	المواد وطرائق العمل	31
1-3	موقع الدراسة	31
2-3	الظروف البيئية وعمليات الخدمة خلال فترة الدراسة	31
1-2-3	الظروف البيئية	33-31
2-2-3	عمليات الزراعة	34-33

3-3	التصميم التجريبي المستخدم	35-34
4-3	طريقة تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة في الدراسة	37-35
5-3	طريقة تحضير تراكيز الكايتوسان	37
6-3	التحليل الكيميائي للمركب الحيوي الكايتوسان	39-37
7-3	الخواص التركيبية للمركب الحيوي الكايتوسان	41-39
8-3	الصفات المدروسة	41
1-8-3	الزيادة في ارتفاع الشتلات (سم)	41
2-8-3	الزيادة في قطر الساق الرئيس (ملم)	41
3-8-3	الزيادة في عدد الأوراق على النبات الواحد (ورقة. شتلة$^{-1}$)	41
4-8-3	الزيادة في عدد الأفرع على الساق الرئيس (فرع. شتلة$^{-1}$)	41
5-8-3	طول الجذر الرئيس (سم)	42
6-8-3	قطر الجذر (سم)	42
7-8-3	حجم الجذر (سم^3)	42
8-8-3	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم)	42
9-8-3	المحتوى الرطوبي النسبي Relative Water Content (%)	42
10-8-3	دليل درجة ثبات الاغشية الخلوية أو دليل الضرر (%)	43
11-8-3	تقدير محتوى الأوراق من الكربوهيدرات الكلية (ميكروغرام. غم$^{-1}$ وزن جاف)	44-43
12-8-3	تقدير نسبة البروتينات الكلية (%)	44
13-8-3	تقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل a وb والكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	45
14-8-3	تقدير نسبة العناصر الغذائية NPK (%)	45
1-14-8-3	تقدير نسبة عنصر النتروجين (%) في الأوراق	46-45
2-14-8-3	تقدير نسبة عنصر الفسفور (%) في الأوراق	47
3-14-8-3	تقدير نسبة عنصر البوتاسيوم (%) في الأوراق	47
15-8-3	تقدير فعالية انزيم الكتاليز (وحدة كتاليز. غم$^{-1}$. دقيقة)	48-47
16-8-3	تقدير نسبة البرولين (%) في الأوراق	49
4	النتائج والمناقشة	50
1-4	النتائج	50
1-1-4	تاثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الاجهاد المائي في صفات النموالخضري والجذري لشتلات التيكوما	50

1-1-1-4	الزيادة في ارتفاع الشتلات (سم. شتلة$^{-1}$)	51-50
2-1-1-4	الزيادة في قطر الساق الرئيس (ملم. شتلة$^{-1}$)	53-52
3-1-1-4	الزيادة في عدد الأوراق على الشتلات (ورقة. شتلة$^{-1}$)	55-54
4-1-1-4	الزيادة في عدد الأفرع على الشتلات (فرع. شتلة$^{-1}$)	57-56
5-1-1-4	طول الجذر الرئيس (سم)	59-58
6-1-1-4	قطر الجذر الرئيس (ملم)	61-60
7-1-1-4	حجم الجذر (سم^3)	63-62
8-1-1-4	الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم)	65-64
9-1-1-4	المحتوى الرطوبي النسبي لأوراق شتلات التيكوما (%)	67-66
10-1-1-4	دليل درجة ثباتية الأغشية الخلوية (دليل الضرر) (%)	69-68
2-1–4	تاثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الاجهاد المائي في صفات النمو الكيميائية لشتلات التيكوما	70
1-2-1–4	محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكربوهيدرات (مايكروغرام. غم$^{-1}$ وزن جاف)	71-70
2-2-1–4	نسبة البروتينات الكلية (%) في أوراق شتلات التيكوما	73-72
3-2-1–4	محتوى أوراق شتلات التيكوما الطرية من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	75-74
4-2-1–4	محتوى أوراق شتلات التيكوما الطرية من الكلوروفيل a (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	77-76
5-2-1–4	محتوى أوراق شتلات التيكوما الطرية من الكلوروفيل b (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	79-78
6-2-1–4	نسبة النتروجين (%) في أوراق شتلات التيكوما	81-80
7-2-1–4	نسبة الفسفور (%) في أوراق شتلات التيكوما	83-82
8-2-1–4	نسبة البوتاسيوم (%) في أوراق شتلات التيكوما	85-84
9-2-1–4	نشاط أنزيم الكتاليز (وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة)	87-86
10-2-1–4	نسبة البرولين (%) في أوراق شتلات التيكوما	89-88
2-4	المناقشة	90
1-2–4	تأثير الإجهاد المائي في صفات النمو الخضرية والجذرية لشتلات التيكوما	91-90
2-2–4	تاثير الإجهاد المائي في صفات النمو الكيميائية لشتلات التيكوما	92-91
3-2–4	تاثير الكايتوسان العادي في صفات النمو الخضرية والجذرية لشتلات التيكوما	93-92
4-2–4	تاثير الكايتوسان العادي في صفات النمو الكيميائية لشتلات التيكوما	93
5-2–4	تاثير الكايتوسان النانوي في صفات النمو الخضرية والجذرية لشتلات التيكوما	94

6-2–4	تاثير الكايتوسان النانوي في صفات النمو الكيميائية لشتلات التيكوما	94
5	الاستنتاجات والتوصيات	95
1-5	الاستنتاجات	95
2-5	التوصيات	96
6	المصادر	97
1-6	المصادر العربية	100-97
2-6	Foreign references	126-101

قائمة الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
1	بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الزراعة	33
2	المعدلات الشهرية لبعض العناصر المناخية لموقع التجربة خلال تنفيذ الدراسة	33
3	المعاملات العاملية المستخدمة في الدراسة	35
4	بعض المكونات الكيميائية في المركب الحيوي الكايتوسان	38-37
5	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في ارتفاع شتلات التيكوما (سم. شتلة$^{-1}$)	51
6	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في قطر الساق الرئيس لشتلات التيكوما (ملم. شتلة$^{-1}$).	53
7	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في عدد الأوراق على شتلات التيكوما (ورقة. شتلة$^{-1}$).	55
8	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في عدد الأفرع على شتلات التيكوما (فرع. شتلة$^{-1}$).	57
9	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة طول الجذر الرئيس (سم) لشتلات التيكوما.	59
10	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة قطر الجذر الرئيس (ملم) لشتلات التيكوما.	61
11	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة حجم الجذر (سم^3) لشتلات التيكوما.	63
12	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم) لشتلات التيكوما.	65
13	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة المحتوى الرطوبي النسبي في أوراق شتلات التيكوما(%).	67
14	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة دليل ثباتية أغشية شتلات التيكوما (%).	69
15	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكربوهيدرات (مايكروغرام. غم$^{-1}$ وزن جاف).	71

16	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة البروتينات الكلية (%) في أوراق شتلات التيكوما.	73
17	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	75
18	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكلوروفيل a (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	77
19	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل b (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب)	79
20	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة النتروجين (%) في أوراق شتلات التيكوما.	81
21	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة الفسفور (%) في أوراق شتلات التيكوما.	83
22	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة البوتاسيوم (%) في أوراق شتلات التيكوما.	85
23	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة فعالية انزيم الكتاليز (وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).	87
24	تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة البرولين (%) في أوراق شتلات التيكوما.	89

قائمة الأشكال

رقم الاشكال	العنوان	رقم الصفحة
1	الهيكل البنائي للسليلوز والكايتين والكايتوسان	16
2	موقع الدراسة في مشتل العتبة الحسينية المقدسة	31
3	طريقة تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة في الدراسة	37
4	تحليل الكروموتوغرافيا الغاز GC Mass Spectrometer للمركب الحيوي الكايتوسان	39
5	جهاز الكروموتوغرافيا الغاز GC Mass Spectrometer	39
6	تقنية فحص حيود الأشعة السينية (XRD)	40
7	جهاز المجهر الالكتروني الماسح (SEM)	40
8	صورة بالمجهر الإلكتروني للكايتوسان العادي والنانوي	41
9	المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز	44

قائمة الملاحق

رقم الملحق	العنوان	رقم الصفحة
1	عمليات تهيئة موقع الدراسة قبل البدء بتنفيذ الدراسة	127
2	بعض القراءات الحقلية لقياس أقطار وارتفاع شتلات التيكوما قبل تنفيذ الدراسة	128
3	عملية أخذ النتائج النهائية (عملية قياس حجم وقطر الجذور لشتلات التيكوما)	128
4	بعض القراءات المختبرية	129
5	نماذج لشتلات التيكوما في نهاية الدراسة حسب العوامل المدروسة	129

1 - المقدمة Introduction:

تعد شجيرات الزينة من أهم النباتات التي تستعمل في تجميل الحدائق والطرق لطبيعة نموها وتفريعها أو لشكل أوراقها وأزهارها بألوانها المتعددة أو لرائحتها، كما أنها تضفي على الحدائق ظلاً لتلطف الجو وتعطي منظراً خلفياً جميلاً وتحدد المساحات الواسعة وتكسر خط الافق وتقسم الحدائق إلى أجزاء، كما تخفي المناظر القبيحة إن وجدت، وتعالج عيوب المباني فضلاً عن كونها تمثل عنصر الجمال الضروري في الحدائق العامة والخاصة (Singh وآخرون، 2010).

تعد شجيرة التيكوما ستانس (شجيرة البوق الصفراء) أو (البيلسان الأصفر) *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth واحدة من الشجيرات دائمة الخضرة، سريعة النمو التابعة إلى العائلة Bignoniaceae، من جنس التيكوما Tecoma الذي يضم (14) نوعاً من بينها شجيرة ستانس Stans، التي تعد من النباتات المستزرعة بشكل واسع بوصفها شجيرات زينة، موطنها الأصلي المناطق الاستوائية وشبه الاستوائية في أمريكا الوسطى والجنوبية وغرب الهند (Richardson، 1978)، وقد أشارت شركة Pan American seed (2010) إلى إمكانية اختيار شجيرات التيكوما كنباتات زينة في الحدائق بسبب طبيعتها المركبة في تحمل الحرارة والجفاف فضلاً عن تزهيرها لمدة طويلة من السنة وقلة اصابتها بالأمراض والآفات المختلفة، وتعد هذه الشجيرات من النباتات المناسبة والرائعة للحدائق المختلفة المعمرة والصخرية وغيرها فضلاً عن إمكانية زراعتها في الأواني المختلفة كنباتات زينة في الحدائق وأروقة وممرات المنازل.

التيكوما من شجيرات الزينة منتصبة القوام، متفرعة بفروع نحيلة بلون بني رمادي، شبه ناعمة (قليلة الشعيرات)، يصل ارتفاعها حوالي (2 – 4 م) أوراقها متقابلة ريشية خضراء اللون مسننة يصل طولها إلى (20 سم) وتتكون الورقة الواحدة من (4 – 5 وريقات) رمحية الشكل إلى مستطيلة والزهور تكون صفراء اللون زاهية على شكل قمع، ذات رائحة قليلة تحمل بشكل مجموعات قصيرة طولها من (15 – 20 سم) وعرض من (6 – 8 ملم) (Archana وآخرون، 2013)، وإن الأوراق الخضراء المسننة تعطي أشكالاً خلفية جميلة لأزهار شجيرة التيكوما النابضة بالحياة والتي تجذب الطيور والحشرات كالفراشات ونحل العسل (Pizano، 2005)، وفي الوطن العربـي تزرع شجيرات التيكوما لجمـال أزهارهـا وتحملـها للجفاف ولسرعة نمـوها (سعد وآخـرون، 1988).

يعد الاجهاد المائي أحد أهم أنواع الاجهادات البيئية اللاحيوية المؤثرة في خفض إنتاجية حاصل النباتات (Borghett، 2009). وغالباً ما يؤدي الاجهاد المائي ولا سيما الاجهاد الشديد إلى التأثير السلبي في مؤشرات النمو الخضرية من خلال تحفيز انتاج الجذور الحرة Free radicals ذات التأثير المؤكسد لخلايا النبات وبالتالي التحول إلى الاجهاد المضاعف الناتج عن الاجهاد المائي Water srress والاجهاد التأكسدي Oxidative stress مما يؤدي إلى تفاقم التأثير السلبي في مختلف مؤشرات النمو في النباتات (Lushchack وSemchyshy، 2012).

ذكرت Bittelli وآخرون (2001) أنه يمكن مواجهة الجفاف من خلال استخدام مضادات النتح، وهذه المركبات تكون فعالة وقادرة على الحد من فقد بخار الماء بعملية النتح عند رشها على أوراق النبات. وإن من أهم طرق تخفيف الاجهادات المائية في الوقت الحاضر، هو ما تقترحه بعض الدراسات الحديثة باستخدام مركبات كيميائية طبيعية ذات الطابع التحفيزي الحيوي، للتغلب على النقص المتوقع في المياه، مثل مركب الكايتوسان، الذي يندرج تحت مسمى المركبات المنشطة للنبات حيوياً، والتي تعزز عملية انقسام الخلايا ونموها، والمضادة لعملية النتح، التي تتسبب في فقدان النبات لكميات كبيرة من المياه.

أشار كل من Khan وآخرون (2002) وKarimi وآخرون (2012) أن الكايتوسان من المركبات المضادة للتعرق وقد أثبتت فعاليته في العديد من النباتات المختلفة وبين Guan وآخرون (2009) أن المحفز الحيوي الكايتوسان ممكن أن يعمل على حماية النباتات من الاجهاد التأكسدي، وأن هذا البوليمر الحيوي من المحتمل تطويره كنوع من مضادات التعرق في حالات الاجهادات المائية وبالتالي تعمل على تحفيز النبات على تحمل الجفاف من خلال زيادة القدرة على الاجهاد التأكسدي دون التأثير السلبي في الإنتاج النباتي، فضلاً عن إمكانيات هذا البوليمر وقدرته على أن يقلل التأثيرات البيئية في النشاط الزراعي فقد استخدم بسبب خصائصه غير السامة في الزراعة واستخدام التقنيات النظيفة التي يمكن أن تقلل من استخدام المواد الكيمياوية السامة مما تجعل من هذا البوليمر بديلاً نظيفاً ضد الاجهادات الحيوية المختلفة مثل الفطريات والبكتيريا والحشرات.

فقد أصبح الطلب في الوقت الراهن كبيراً على المحفزات الحيوية الطبيعية ذات النشاط البيولوجي العالي والامن بيئياً (غير السام) ورخيصة الثمن (غير المكلف) فضلاً عن القابلية الكبيرة على التحلل بيولوجياً كما في الكايتوسان (Cabrera وآخرون، 2013).

يهتم علم النانو Nanoscience بدراسة المبادئ الأساسية لجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها (100 نانومتر)، كما يهتم بتوظيف هذه المواد من خلال تعيين خواصها الكيميائية والفيزيائية مع دراسة الظواهر المرتبطة والناشئة عن جسيماتها الصغيرة (نايقا، 2009).

من المعروف إن النباتات التي تتعرض لإجهادات غير الحيوية مثل الجفاف والملوحة ودرجة الحرارة المرتفعة والفيضانات وإجهاد المعادن الثقيلة وغيرها من عوامل الإجهاد لها تأثير سلبي كبير في نمو النبات والمحصول وتتسبب في خسائر اقتصادية كبيرة، لذلك يتجه العالم إلى استخدام مناهج جديدة مثل تقنية النانو لتقليل الآثار الضارة لهذه الضغوط على النباتات، حيث تهدف تكنولوجيا النانو في الزراعة إلى تحسين الاستدامة فيها، واستخدام المياه بشكل فعال والحماية من أمراض النبات، والقضاء على التلوث البيئي فضلاً عن آثار عوامل الإجهاد غير الأحيائية، لكون الجسيمات النانوية Nanoparticles هي جسيمات مجهرية بأحجام دقيقة جداً تقع في حدود (1 - 100 نانومتر) (Khan وUpadhyaya، 2019).

تتميز جسيمات الكايتوسان النانوية (CHNP) بخصائص الكايتوسان فضلاً عن خصائص الجسيمات النانوية كالتركيب السطحي وصغر حجمها وكمياتها الكبيرة (Ingle وآخرون، 2008).

مما سبق ولأهمية نبات التيكوما من الناحية الجمالية والطبية والاقتصادية وفي ظل تغيرات المناخ وما يصاحبها من ارتفاع في درجات الحرارة وزيادة موجات الجفاف في العراق، هدفت الدراسة إلى اتباع منهجية علمية لتوضيح الجدوى من المركب الحيوي الكايتوسان في دعم عجز المياه لشجيرات التيكوما من خلال بيان تخفيف وتحديد الأثار الضارة للإجهادات المائية باستخدام مركب الكايتوسان العادي والمعالج بتقنية النانو من خلال بعض مؤشرات النمو الخضرية والجذرية والكيميائية.

2- استعراض المراجع literature review:

2 - 1 شجيرة التيكوما:

2 – 1 – 1 التصنيف العلمي لشجيرة التيكوما: إن أول من صنف نبات التيكوما *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth هو العالم النباتي Garl Linnaeusl عام 1753م وقد وضعه في غير جنسه، وفي عام 1789م أعاد العالم النباتي Jussieu تصنيف نبات التيكوما ولكنه اخطأ في تسمية النبات بالشكل الصحيح ومن ثم جاء بعده العالم Kunth وسماه بالشكل الصحيح وأن اسم نبات التيكوما باللغة اللاتينية يعني النباتات الواقفة Standing upright (Gentry، 1992).

يرجع نوع شجيرة التيكوما إلى جنس التيكوما من ضمن عائلة Bignoniaceae التابع إلى رتبة Lamiales المنقسم من شعبة ذات الفلقتين التابعة لصنف مغطاة البذور المنحدرة من قسم النباتات البذرية وهذا كله يرجع الى المملكة النباتية.

وادناه التصنيف العالمي لشجيرة التيكوما (Bravo، 2010 والمشهداني ، 2022):

المملكة: النباتية Plant Kingdom

القسم: النباتات البذرية Spermatophyta

الصنف: مغطاة البذور Magnoliophyta

الشعبة: ذات الفلقتين Dicotyledoneae

الرتبة: Lamiales

العائلة: Bignoniaceae

الجنس: Tecoma

النوع: Stans

يعود نبات التيكوما الى العائلة البكنونية والتي تضم 80 – 85 جنساً و810 – 860 نوعاً نباتياً (Fischer وآخرون، 2004) و (Mabberley، 2008)، وقد أشار Anburaj وآخرون (2016) إلى وجود (14) نوعاً من التيكوما أصلها في أمريكا ونوعان في أفريقيا (Khattab وآخرون، 2023).

2 – 1 - 2 الوصف النباتي لشجيرة التيكوما:

التيكوما *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. من شجيرات الزينة المعمرة والمزهرة، دائمة الخضرة وقائمة الشكل، كثيرة التفرعات حيث يصل ارتفاعها إلى 9 أمتار في موطنها الأصلي أمريكا الجنوبية (Madire وآخرون، 2021). أن أوراق التيكوما من نوع المركبة الريشية متقابلة الترتيب على الساق وعدد وريقاتها تختلف من نوع إلى آخر ويتراوح عددها من (3 – 5 وريقات)، ذات أشكال رمحيه متطاولة يتراوح طولها (6 – 12 سم) خضراء فاتحة اللون ذات حواف مسننة، أزهارها صفراء اللون لامعة توجد في نورات عنقودية قصيرة كثيفة بعضها عنقودية بسيطة والبعض الآخر عنقودية مركبة طرفية الموقع، أوراقها الكاسية تكون خضراء اللون طولها من 7-5 ملم وتكون ذات 5 فصوص مسننة، الأوراق التويجية صفراء اللون مكونة من 5 أوراق تويجية ملتحمة بوقية الشكل، وثمار التيكوما من نوع القرنة وتكون شريطية مضغوطة من الجهتين، طولها من (15-20 سم) وعرضها من (6 - 8 سم) منقطة الشكل وتكون معلقة من نهاياتها بالأغصان، والبذور تكون عديدة ومزودة بأجنحة شفافة وهي واسطة للانتشار (سعد وآخرون، 1988 وAnand وBasavaraju، 2021 وVerma، 2016). وقد أشار Ashok وRavivarman (2020) إلى امكانية اكثار شجيرات التيكوما بطريقة الإكثار الخضري بواسطة العقل شبه الخشبية تحت ظروف مسيطر عليها من درجات حرارة بمعدل (20 – 30 °م) ورطوبة نسبية بمقدار (85 %) مع السقي المنتظم.

2 – 1 - 3 التوزيع الجغرافي لشجيرة التيكوما:

تعد امريكا الوسطى والجنوبية الموطن الأصلي لشجيرة التيكوما حيث ينمو النبات طبيعياً من جنوب تكساس إلى نيومكسيكو ومناطق وسط المكسيك واريزونا ومن بوليفيا شمالاً إلى الأرجنتين وكذلك ينتشر من فلوريدا والبهاما إلى كرينادا في البحر الكاريبي، ومن ثم انتشرت بشكل واسع إلى العديد من البلدان الأخرى، مما يدل على إمكانية هذه الشجيرات وقدرتها العالي على تحمل مدى واسع من الظروف البيئية والمناخية المختلفة (Mesquida وآخرون، 2017). وكذلك تعد من النباتات الاستوائية وشبة الاستوائية في اسيا وافريقيا واستراليا وجزر المحيط الهادي (Gentry، 1992 وAnand وBasavaraju، 2021) وكذلك يزرع كنبات شجيري في الهند (Kampati وآخرون، 2018)، وهي تعد من أكثر الشجيرات استعمالاً في منطقة الخليج العربي مثل الامارات والعراق نظراً لقدرتها الكبيرة على تحمل الظروف المناخية المختلفة وكذلك لاستمرار أزهارها الصفراء الجميلة لمدة طويلة حيث تزرع في الترب الرملية المالحة بالقرب من الشواطئ (كريم وآخرون، 2013 وAl-Azzawi وآخرون، 2012)، كما تنتشر في دول مجاورة للعراق مثل الاردن (Abu-Odeh وTalib، 2021).

2 – 1 - 4 استخدام شجيرة التيكوما كنباتات الزينة (القيمة التنسيقية):

تستخدم شجيرات التيكوما في زراعة الشوارع العامة والحدائق والمتنزهات وتزرع كأشجار مزهرة منفردة أو على شكل مجاميع شجيرية كأسيجة نباتية لتعطي منظراً جميلاً خاصةً في وقت أزهارها لتمنح الراحة النفسية والبهجة والحيوية لكل من يراها حيث لونها الأصفر اللامع الذي يعد من الألوان الأساسية الدافئة التي تحمل معاني قوية للتأثير في جذب الانتباه (البغدادي، 2015). وقد أشار القيعي والسعداوي (1993) إلى إمكانية توظيف النبات في مختلف المواقع ذات الأهمية الجمالية والدلالات التزينية للربط بين عناصر الحدائق المختلفة، وإن تواجد الأزهار في الأوقات التي تخلو فيها الحدائق من الأزهار العشبية وأزهار النباتات الأخرى يضفي للحدائق جمالية لحين تحسن حالة الجو وتفتح الأزهار (Latha واخرون، 2020)، وقد أشار Abdulrazzaq وآخرون (2022) إلى أهمية زراعة شجيرات زينة مزهرة ذات نمو محدود مثل التيكوما في أرصفة المشاة على جوانب الشوارع لجمالها وشكل تنسيقها وتحملها لدرجات الحرارة المتطرفة العالية والمنخفضة بدل أشجار نخيل الزينة ويستعمل نبات التيكوما بكثرة في الشوارع لجمال شكلها وخاصة عند تركها بدون تقليم فتصبح ذات صفات مظهرية جميلة، وقد أشار كل من Verma (2016) وSingh وآخرون (2021) إلى أن شجيرة التيكوما تعد من نباتات الزينة التي يمكن قصها وتشكيلها ويمكن تربيتها داخل السنادين الكبيرة داخل الحدائق.

ويمكن استخدام نبات التيكوما للمساهمة في تنمية المدن من النواحي البيئية من خلال تقليل التلوث وزيادة نسبة الأوكسجين وتلطيف الهواء ومن ثم تحسين المناخ لكونه مستديم ومتحمل للظروف البيئية والملحية فهو يعمل على استدامة امداد البيئة بالأوكسجين وترطيب الجو وتخفيف وهج اشعة الشمس وكذلك يعمل على امتصاص الأتربة ولتثبيت الكثبان الرملية وايقاف زحف الرمال وصيانة التربة وحماية المدن من الرياح الشديدة وكسر حدتها. لذلك يجب أن يتوافق اختيار مجموعة متنوعة من أشجار الزينة والشجيرات مع قدرتها على تحمل الجفاف في الصيف ودرجات الحرارة المنخفضة في الشتاء (Potapenko وآخرون، 2020). لذا فقد تم ادخال نبات التيكوما كنبات زينة بسبب قابليته على التأقلم مع انواع مختلفة من الترب كترب الحدائق وترب مجاري الانهار والترب الصخرية (Madire واخرون، 2011). وقد بين Anand وBasavaraju (2021) أن شجيرات التيكوما ستانس يمكن أن تزرع في مجموعات لإبراز قيمتها الجمالية كشجيرات زينة جميلة وبرائحة عطرية خفيفة، وهناك وظيفة جمالية للنبات عند تشكيل الأشجار والنباتات الزهرية الأخرى لتجميل المدن وتنسيق الموقع والحدائق العامة والمتنزهات وتعمل الأشجار والشجيرات على إضافة الجمال على المنشأت والمرافق الملحقة بالموقع وتكسر من حدتها وصلابتها (الجمعية الجغرافية السعودية، 2010). وفي الآونة الاخيرة تم إنتاج الألوان الطبيعية من أزهار التيكوما إذ تم استخراج الأصباغ من جزء البتلة من النبات باستخدام طريقة الاستخلاص بالمذيبات مثل حامض الميثانول ومن ثم تحويلها الى الالوان الطبيعية (Kumaresan،2021).

2 – 1 - 5 الاستخدامات الطبية لشجيرة التيكوما:

فضلاً عن أهمية نبات التيكوما كشجيرات زينة فهي تعد من النباتات الطبية المهمة لاحتوائها على مواد فعالة تم استخدامها في العديد من المجالات والصناعات الطبية والدوائية (Goncalves وآخرون، 2022)، إذ تم استخدام التيكوما في المجالات الطبية بالطرق التقليدية منذ العصور القديمة في المكسيك وغواتيمالا والسلفادور وإلى يومنا هذا كعلاج مضاد لمرض السكري (Giovannini وآخرون، 2016).

فقد أشار Ramirez وآخرون (2012) إلى دور مستخلص أوراق التيكوما في خفض نسبة السكر في الدم وخفض مستوى الهرمون الغذائي المسبب للسمنة وخفض الكوليسترول وخفض اللبيدات في البنكرياس.

يعود الدور الطبي لشجيرات التيكوما إلى محتواها العالي من المركبات الفعالة حيث تم تحديد ما يقارب 120 مركباً فعالاً توجد في معظم أجزاء هذه الشجيرات (Anand وBasavaraju، 2021 وHa وآخرون، 2022).

تتمثل المركبات الفعالة في شجيرة التيكوما *Tecoma stans* بالدرجة الأساسية بمركبات القلويدات Tecomine وTecostanine وTreostamine والمضاد الحيوي Laphacol وهو مضاد للبكتيريا الموجبة لصبغة كرام + Gram المستخلص من مادة التيكومين في نبات التيكوما (سعد وآخرون، 1988).

كما أشار Arlete وJoana (1993) إلى عزل قلويد التيكومين Tecomine من نوع أخر تابع لجنس التيكوما هو *Tecoma sambucifolia* L. والتي احتوت في خلاصتها كذلك على Monoterpine وقلويد Tecostanine.

وقد وضح Abirami وGomathi (2022) أن شجيرة التيكوما تستعمل لعدة أغراض في طب الأعشاب (Herbal medicine) منها بالدرجة الأولى في معالجة مرض السكر (Diabetes) فضلاً عن معالجة اضطرابات الجهاز الهضمي والمسالك البولية، وكذلك في معالجة حالات الأرق والام الأسنان والصداع ونزلات البرد والتهابات الجلد وكذلك لمعالجة لدغة العقارب والثعابين والفئران.

وبين Verma (2016) إمكانية عزل مركبات فعالة من التيكوما مضادة للأكسدة والأورام ومضادات للكثير من مسببات الالتهابات.

وأشار Hammouda وMotawi (1959) إلى استعمال هذه الشجيرات طبياً في علاج المشاكل الهضمية من خلال استعمال أوراقها في تثبيط الإصابات المرضية بخميرة *Candida albicans*، وقد تم استخلاص التيكومين من نوع *Tecoma capensis* فضلاً عن احتوائه على العديد من المركبات المهمة والمشابهة لتلك الموجودة في النعناع المائي.

2 – 2 الاجهاد البيئي Environmental stress:

تتعرض الكثير من النباتات في العالم إلى أنواع مختلفة من الإجهادات الحيوية والبيئية ويعد الإجهاد المائي والملحي في مقدمة هذه الاجهادات من حيث الخطورة ولا سيما في المناطق الجافة وشبه الجافة، لأنه يؤثر على نمو النباتات ويسبب اضطراباً كبيراً في العمليات الحيوية مما يؤثر سلباً في نمو وتطور النباتات ومن ثم موتها (Yadav وآخرون، 2020)، وتعد عوامل الإجهاد المختلفة الحيوية والبيئية الناتجة عن الجفاف والتطرف في درجات الحرارة المرتفعة والمنخفضة والملوحة العالية والأمراض النباتية وغيرها هي الأساس الرئيس في انخفاض الغذاء في العالم وأن العمل على تقليل من تأثير هذه العوامل بتحسين ظروف الاجهادات غير الحيوية يرتبط بشكل مباشر بضمان الأمن الغذائي العالمي (Shao وآخرون، 2008)، وغالباً ما يتعرض النبات في دورة حياته إلى ظروف بيئية قاسية مثل درجات الحرارة المتطرفة، والجفاف ونقص أو زيادة كبيرة في شدة الإضاءة. أن تعرض النبات إلى هذه الظروف البيئية القاسية يؤثر على جميع العمليات الفيسيولوجية ويسبب إجهاداً عاماً، لذلك يجب معرفة هذه الأضرار التي تسببها الإجهادات البيئية المختلفة، لكي نتمكن من وضع آلية مقاومة لهذه النباتات للتغلب على ظروف الإجهادات المختلفة (Lichtenthaler، 1996)، بغية إنتاج أصناف مقاومة ومتحملة للإجهادات البيئية.

قد يكون تأثير الإجهاد البيئي في البداية مؤقتاً وقابلاً للرد، ولكنه يتحول إلى شكل مستديم مع زيادة مدة تعرض النبات للإجهاد وتتناسب درجة تأثر مظاهر الحياة المختلفة للنبات مع شدة الإجهاد ومدته. فالإجهاد البسيط يؤدي إلى آثار طفيفة تستطيع غالبية النباتات تحملها، خاصةً إذا كان الإجهاد مؤقتاً، بل يمكن أن تتلاشى تلك الأثار بزوال الإجهاد.

لذلك فإنَ النباتات تتكيف لحالات الإجهاد البيئي عن طريق تحوير مسارات العمليات الفسيولوجية والكيميائية وكذلك التغيير في الشكل المورفولوجي وتجميعها لحامض البرولين النشط ازموزيا، لذلك يتجمع البرولين في فجوة الخلية النباتية مما يؤثر في زيادة تنظيم الخلية الأزموزي تحت ظروف الإجهاد معادلاً أزموزية السايتوبلازم وبذلك ينشط عدداً من الميكانيكيات منها تكوين أغلفة مائية حول البروتين من أجل الاحتفاظ بالماء وكذلك مقتنصاً للجذور الحرة المؤكسدة (Mattioli، 2009).

وقد بين الوهيبي (1984) أن نمو أي نبات نمواً طبيعياً يعتمد بالأساس على حالة التوازن بين ما يمتص النبات من الماء وبين ما يفقده، وهي حالة قلما تكون مثالية لأي نبات طوال مدة حياته بل وعلى مدار اليوم، حيث يمر بسلسلة من التغيرات من ارتفاع وانخفاض وقد تصل أحيانا إلى حد حرج بالنسبة لنمو النبات وبالطبع يتبع هذا التغيير تغييراً في العمليات الفسيولوجية لذلك النبات بصفة عامة، وفقد النبات لجزء من محتواه المائي يتبعه انخفاض في الجهد الازموزي في خلايا وأنسجة النبات.

2 – 2 - 1 الاجهاد المائي water stress:

يمكن تعريف الإجهاد بشكل عام سواء الإجهاد البيئي أو الحيوي على أنه حيود حياة النبات عن الحالة المثالية والتي تنعكس سلباً على جميع وظائفه الفسيولوجية، ويعد الإجهاد المائي Water stress أحد أهم أنواع الإجهادات البيئية غير الحيوية المؤثرة بشكل كبير في قلة إنتاجية المحاصيل النباتية (Borghett، 2009) وإن الإجهاد المائي يعد الحالة التي يكون فيها معدلات فقد الماء بعملية النتح والتبخر أعلى من معدلات امتصاص الماء من التربة مما يتسبب في نقص حاد بالمحتوى الرطوبي في أنسجة النبات المختلفة عن مستواها في الحالات الطبيعية، وكما يعرف الإجهاد المائي بأنه الحالة التي تمر بها النباتات عندما تكون كمية الماء الممتصة قليلة أي لا تسد حاجة النباتات لكي يتسنى لها إدامة العمليات الحيوية التي تتطلب وجود الماء بشكل طبيعي ومناسب (أحمد، 1984).

كما عرف Lisar وآخرون (2012) الإجهاد المائي بأنه نقص في الماء المتيسر في التربة والذي بدوره يؤدي إلى نقص الماء في النباتات إلى المستوى الذي يؤثر في نمو النباتات بشكل طبيعي، وقد يعبر عن الجفاف بأنه إجهاد بيئي يؤدي إلى حصول عجز كبير في ماء النبات يكفي لإحداث عدم انتظام العمليات الفسيولوجية، وقد وضح Bajlan وآخرون (2020) الإجهاد المائي بأنه نقص الماء المتيسر في التربة الذي يؤدي إلى نقص الماء في أنسجة النبات المختلفة بدرجة يؤثر سلباً في النمو الطبيعي للنبات إلى أن يتساوى الجهد المائي في النبات مع الجهد المائي في التربة وعندها يكون النبات قد وصل إلى مرحلة الذبول الدائم.

توجد هنالك ثلاثة مستويات مختلفة عن بعضها للإجهاد المائي المستوى الأول: الطفيف أو الخفيف (Mild water stress)، والمستوى الثاني: المتوسط أو المعتدل (Moderate water stress)، والثالث: فهو المستوى الشديد أو القاسي (Severe water stress) (ياسين، 1992)، وتعد مشكلة إجهاد الجفاف من أهم المشاكل التي تواجه التوسع الزراعي، وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافه في اغلب دول العالم، لذلك يتم اختيار نباتات اقل احتياجاً للماء وملائمة للظروف البيئية القاسية وأفضلها إنتاجية (Tian وآخرون، 2021)، ومع زيادة الإجهاد المائي يزداد حيود النبات عن الظروف الطبيعية من حيث النمو (Mosa وآخرون، 2017). وعند تجاوز الإجهاد المائي الحدود التي يتمكن للنبات تحملها يدخل النبات في حالة سكون، أو يشيخ مبكراً ويموت (Yadav وآخرون، 2020).

كما بين ستريت وأوبيك (1984) أن النباتات تستجيب للإجهاد المائي من خلال إحداث بعض التغيرات المورفولوجية والفسيولوجية لكي تبقى على قيد الحياة وإن بإمكان بعض النباتات تحت ظروف النقص الحاد للماء أن تعمل على تقليل معدل فقدانها للماء إلى مستوى واطئ جداً إذ تحاول المحافظة على المحتوى المائي الضروري للبقاء في داخل أنسجتها الداخلية وتمتلك مثل هذه النباتات مقاومة بسبب تجنب نقص الماء Avoidance of water deficit.

تعتمد دراسة تأثير الإجهادات المائية في النباتات على تعريض النباتات الى بيئات ذات رطوبة منخفضة نسبياً ويتم ذلك أما من خلال التحكم في كمية ماء الري أو في عدد مرات الري أو باستعمال بعض المركبات العضوية لتخفيض جهد ماء التربة (Skribanek و Tomcsanyi، 2008).

2 – 2 - 2 تأثير الاجهاد المائي في مؤشرات النمو الخضرية والجذرية:

يؤثر الاجهاد المائي بشكل مباشر أو غير مباشر في العديد من عمليات النمو في النباتات، وإن معظم هذه التأثيرات تسبب تغيرات مورفولوجية مثل تقليص عدد ومساحة وحجم الأوراق وتحديد عدد الثغور وخفض عدد الأزهار واضطراب في استطالة الساق والجذر وتقليل ارتفاع النبات (تقزم الساق والجذر) وقلة انتاج وانتاجية الحاصل وانخفاض في الوزن الطري والجاف للمادة الحية (Abdalaal وآخرون، 2021).

أشار Kabiri (2010) إلى أن تأثير الاجهاد المائي الشديد يختلف باختلاف مراحل نمو النباتات، إذ يكون أقل أهمية في مراحل النمو الخضرية قياساً إلى تأثير الإجهاد المائي على النباتات في المرحلة التكاثرية بسبب تأثيراته الكبيرة على الحاصل والإنتاجية، ومع ذلك فأن الاجهاد المائي في المرحلة الخضرية من زيادة في الساق والأوراق واستمرارية عملية البناء الضوئي له اهمية كبيرة في التأثر على النبات، وقد بين الباحث نفسه أن الاجهاد الشديد قد تؤدي إلى تساقط الأوراق النباتية لا سيما عند استمرار نقص الماء لفترة طويلة وقد يؤدي التضليل إلى توفر ظروف مناسبة لمقاومة الشد المائي وبقاء النباتات حية لفترة طويلة.

أكد الباحث Yang وآخرون (2021) أن الإجهاد المائي الشديد يؤدي في النباتات التي تكون في مراحل النمو الخضرية إلى تقليص ارتفاعها وذبول الأوراق وتغيرات في مساحة وعدد الاوراق.

بين Hafez وآخرون (2020) بأن تأثيرات الإجهاد المائي تنعكس سلباً على خلايا طبقة البشرة العليا والسفلى للأوراق وعلى نسيج الميزوفيل وقطر الحزم الوعائية للأوراق وإن هذه التأثيرات السلبية على الأوراق تعتمد على قلة وانخفاض نسبة توفر الماء في التربة وبالتالي تتحدد عملية امتصاص المغذيات وتنخفض عملية البناء الضوئي.

تشير العديد من الدراسات إلى أن الإجهاد المائي يسبب العديد من التغيرات الفسيولوجية والكيميائية في النبات والتي تؤدي إلى اختزال نمو النبات لاسيما انخفاض حجم الورقة واستطالة الساق وتوسع الجذور وكذلك يثبط انقسام الخلايا واستطالتها (Disante وآخرون،2011 وHammad وOsama، 2014).

بين حسن (2014) أن الاجهاد المائي يسبب قلة انقسام وتوسع واستطالة خلايا الساق نتيجة لانخفاض الجهد المائي للخلايا النباتية المرتبطة بنقص جاهزية ماء التربة، كما أشار إلى أن اختزال الغطاء الخضري بشكل عام يتح للضوء بالنفوذ بكميات كبيرة فيحطم هرمون الاوكسين الذي له علاقة مباشرة في استطالة الخلايا، في حين بين الدعمي (2015) أن نقص جاهزية الماء يقلل من عدد الأفرع لمعظم النباتات وذلك لقلة معدلات التمثيل الضوئي والعناصر الممتصة لحدوث تغيير في مستوى الهرمونات النباتية،

وفي دراسة حديثة أشار Garcia وآخرون (2023) أن المادة الجافة تمثل الفرق بين عمليات البناء والهدم واللذين يرتبطان بمعدل التمثيل الضوئي والتنفس. ويعتمد الوزن الجاف الكلي للنبات على معدل النمو وطول موسم النمو تحت متغيرات بيئية أهمها الماء والإشعاع الشمسي اليومي ودرجة الحرارة وغيرها من عوامل النمو (حمود، 2010).

يؤدي تعريض النباتات إلى الإجهاد المائي خلال مرحلة النمو الخضري إلى اختزال نمو الأوراق والساق والجذور ومن ثم خفض المادة الجافة المتراكمة (Wassie وآخرون، 2023)، وأن توفر الماء بالكمية التي تتناسب مع متطلبات النبات يزيد من امتلاء الخلية مما يؤدي إلى سرعة توسع الخلية من ثم زيادة في نمو وتطور النبات (Ahmed وآخرون، 2001).

2 – 2 - 3 تأثير الاجهاد المائي في مؤشرات النمو الفسيولوجية:

يؤثر الاجهاد البيئي المائي في العمليات الفسيولوجية مثل محتوى الماء النسبي ومعدلات عمليات البناء الضوئي والنتح (Liu وآخرون، 2005)، فقد أشار Jafar وآخرون (2004) إلى أن وفرة مياه الري والعناصر الغذائية الضرورية تحسن من كفاءة امتصاص الجذور لعنصر النتروجين الضروري لتركيب حلقة البيروفين (Pyroferin) وهي احدى المركبات الرئيسة لجزيئة صبغة الكلوروفيل، وقد يؤدي النقص المائي لفترات طويلة إلى جفاف الأنسجة النباتية وإلى زيادة في عمليات الاكسدة التي تسبب تدهور عمليات بناء البلاستيدات الخضراء مما يسبب اختزال في تركيز الكلوروفيل ويؤدي هذا إلى انخفاض نشاط التمثيل الضوئي.

بين Karimpour (2019) أن السبب الرئيس في انخفاض صبغة الكلوروفيل يعزى إلى الإجهاد المائي الشديد، حيث أن الجفاف الشديد يشجع على إنتاج الجذور الحرة مثل السوبر أوكسيد O_2^- وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 واللذان يعملان على أكسدة صبغة الكلوروفيل، وقد أكد ذلك Gurumurthy وآخرون (2019) أن انخفاض نمو النباتات وتطورها وانخفاض الحاصل في العديد من الأنواع النباتية تحت الاجهاد المائي غالباً ما يرتبط مع انخفاض وقلة محتوى صبغة الكلوروفيل وفعالية البناء الضوئي، إذ يؤدي الجهد المائي إلى تغيير دور وعمل عضيات البناء الضوئي وصبغات الكلوروفيل وبالنهاية تسبب قلة فعالية البناء الضوئي في النبات ، كما بين Rahdari وآخرون (2012) أن الانخفاض في محتوى الأوراق من صبغة الكلوروفيل تحت ظروف الاجهاد المائي يعد ظاهرة مثالية لعملية الهدم الضوئي للصبغات وهدم الكلوروفيل.

وجد Toscano وآخرون (2019) إن خفض عملية البناء الضوئي يعود إلى غلق الثغور واعتبر عملية غلق الثغور هي أولى الخطوات التي تتخذها النباتات تجاه الإجهاد المائي الشديد ويليه انخفاض في عملية تمثيل الكاربون من خلال بطئ فعالية ونشاط عملية البناء الضوئي، وقد بين أن غلق الثغور لا يؤدي فقط إلى تقليل من كمية الماء المتبخرة وإنما انخفاض في امتصاص العناصر الغذائية كذلك ويتبع ذلك تغيرات في مسارات الايض الخلوي.

وقد أشار ياسين (2001) إلى اقتران مصطلح الإجهاد المائي بمصطلح بيئي آخر هو الجفاف drought الذي يدل على ظاهرة نقص الماء واحداث الإجهاد المائي في ببيئة النبات وبالتالي إحداث تغيرات في العمل الفسيولوجي والبيو كيميائي في النباتات، إذ يعد الإجهاد المائي أحد أهم أنواع الإجهادات البيئية غير الاحيائية التي تسبب تغيرات كبيرة في نمو وفسيولوجية وايض النباتات عبر استحثاثها لعدد واسع من الاستجابات في النباتات يتراوح تأثيرها في عمليات النقل والنمو التي يمكن ان تؤثر في إنتاج مركبات الأيض الثانوي في النباتات المعرضة لها (Tomás وآخرون، 2012 و Kiarash وآخرون، 2012 و Rodziewicz وآخرون، 2014).

للإجهاد المائي تأثير في عمليات التمدد الخلوي والانقسام وبالتالي يقلل من حجم وعدد الخلايا وزيادة محتوى حامض الابسيسيك مما يسبب غلق الثغور وبالتالي يؤثر على عمليتي التنفس والبناء الضوئي وزيادة دفع أيون البوتاسيوم من الخلايا الحارسة (الفتلاوي، 2013)، وأشار الربيعي (2021) إلى أن البرولين هو أحد مضادات الاكسدة غير الأنزيمية الذي له القدرة على إزالة الجذور الحرة من خلال تقليل ضرر الاوكسجين الناتج بسبب الاجهاد الشديد، لذلك يعد البرولين ماده عضوية منظمة للضغط الازموزي بشكل فعال.

يؤدي الإجهاد المائي إلى نقص الماء في الأوراق عن طريق زيادة النتح وتراكم الاثلين والتفاف الأوراق مما يسبب فقدان المساحة المعرضة لعملية البناء الضوئي ونقص المادة الجافة في النبات (Kadioglu وTerzi، 2007).

كما وجد fathi وTari (2020) أن النباتات يمكنها تجنب الإجهادات المائية من خلال غلق الثغور وهذا يؤدي إلى الحد من عملية التبخر وبالتالي يزيد من استعمال الماء بكفاءة كبيرة.

تتمثل التأثيرات الفسيولوجية والبيوكيماوية للإجهاد المائي بشكل انعكاسات غير ايجابية على العمليات الحيوية وهي نمو النبات وعملية فتح وغلق الثغور والتنفس والبناء الضوئي وتراكم الذائبات واختلال التوازن الهرموني واضطراب في محتوى البروتينات واضطراب المكونات الدهنية (ياسين، 2001)، إذ تشير العديد من الدراسات إلى أن الإجهاد المائي يسبب العديد من التغيرات الفسيولوجية والكيميائية في النبات والتي تؤدي إلى اختزال نمو النبات لاسيما انخفاض حجم الورقة واستطالة الساق وتوسع الجذور وكذلك يثبط انقسام الخلايا واستطالتها (Disante وآخرون ،2011 و Hammad وOsama، 2014)، ويؤدي إلى غلق الثغور وانخفاض معدلات النتح، كما يسبب انخفاضاً في الفعاليات الأيضية كعملية التمثيل الضوئي والتنفس وامتصاص الأيونات والنقل وتكوين الكربوهيدرات وأيض المغذيات ومحفزات النمو، ويقوم بتثبيط الفعاليات الإنزيمية (Mewis وآخرون، 2012)، ويؤدي أيضا إلى تراكم المواد الذائبة العضوية مثل Sorbitol وManuitol وProline، ومنظم النمو الابسسك أسيد (ABA) وتحفــيز المركبات الكانسة للجذور الحرة مثل α tocopherol وGlutathione وAscorbate وتصنيع بروتينات جديدة (Faize وآخرون، 2011).

ولاحظ Jafari وآخرون (2019) في دراستهم على نبات الشبوي *Matthiola incana* L. أن الوزن الطري والجاف يتأثر معنوياً تحت ظروف الاجهاد المائي وقد وجد ان محتوى الماء النسبي لم يتأثر بشكل معنوي قياساً إلى معاملة المقارنة لكن زيادة ارتفاع النبات والوزن الطري والجاف للسيقان والجذور قد انخفضت وبشكل معنوي.

أشار Abdelaal وآخرون (2017) إلى أن التغيرات المورفولوجية في النباتات تحت تأثير الإجهادات المائية قد ترتبط مع التغيرات الفسيولوجية فمثلاً تتحسن الانسجة الوعائية وزيادة في سمك طبقة الكيوتكل على سطح الأوراق.

وبين Ragel وآخرون (2019) ان انخفاض المحتوى المائي وقلة انتقال جزيئات الماء، كل ذلك سبب تحديد حركة الثغور وقلة ضغط انتفاخ الخلية مما انعكس سلباً على معدل تثبيت الكاربون إضافة الى تأثير حركة العناصر الغذائية من التربة وانتقالها من قبل الجذور للنبات.

لاحظ Kapoor وآخرون (2020) أن النباتات تمتلك وسائل مهمة للمساعدة على امتصاص الماء والعناصر الغذائية من خلال الجذور أهمها دعم انتفاخ الخلية لتجنب فقد الماء وخفض عملية انقسام الخلية واستطالتها وتقليل تطور الجذور والحد من حجم المجموع الجذري والحد من طول المجموع الخضري.

بينت نتائج الدراسة التي أجراها Zulfiqar وآخرون (2020) على صنفين من نبات الزينة الجعفري *Tagetes erecta* L. هما (Bonanza وInca) حصول انخفاض في الوزن الطري والجاف وبمعدل معنوي ولكلا الصنفين عند التعرض للإجهاد المائي.

ينشط الإجهاد المائي غشاء ثايلوكويد (Thylakoid) في البلاستيدات الخضراء على تكوين الجذور الحرة المؤكسدة Free radicle مثل أنواع الأوكسجين التفاعلية Reactive oxygen species (ROS) السامة وجذر بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 المحلل لصبغات البناء الضوئي، لذلك فان الاضرار التأكسدية الناتجة من زيادة تجمع الجذور الحرة في البلاستيدات الخضراء والمايتوكوندريا تؤدي الى حدوث تغيرات في أيض الكربون وتوازن الطاقة لذلك لابد من وجود ميكانيكيات عمل لتنظيم المسارات العكسية لأكسدة واختزال البروتين وكذلك ترتيب وتنظيم عمل البروتينات المفسفرة وتنظيم سريان الطاقة وتفعيل طرق نقل الإشارات من خلال حث الجينات المنظمة للاستجابة للجذور الحرة وتجميع الجزيئات المضادة للأكسدة وتفعيل الأنزيمات (Noctor وFoyer، 1998).

2 – 3 الكايتوسان Chitosan:

2 – 3 – 1 نبذة تعريفية عن الكيتوسان:

يعد مركب الكيتوسان من المركبات الطبيعية ذات التكاليف المنخفضة غير المكلفة والأمنة غير السامة، تتواجد بكثرة في الطبيعة، يتميز الكايتوسان بقابليته العالية على التحطيم الحيوي وعلى الادمصاص العالي (Hudson وSmith، 1998)، وعلى نقيض من السكريات المتعددة الأخرى Polysaccharides مثل السليلوز والدكسترات التي تكون حامضية التفاعل أو متعادلة فإن الكيتوسان يكون في الطبيعة قاعدية التفاعل (Majeti وKumer، 2000).

لعدم سمية مركب الكايتوسان فإنه يستعمل في مجالات واسعة منها في المجال الزراعي والصناعي وفي حفظ الأغذية وفي الصناعات الدوائية وحفظها فضلاً عن العديد من الاستعمالات الطبية فضلاً عن قدرة المركب وفعاليته الكبيرة ضد الأحياء المجهرية الدقيقة البكتيرية والفطرية (Han، 2000)، وكذلك بين Dutta وآخرون (2004) أن الكايتوسان مركب يمتاز بعدم سميته فضلاً عن تحلله البيولوجي وليس له تأثيرات جانبية أو عامة بالجرعة المناسبة في الأنسجة الحية ذو وظائف حيوية Biofunctional الأمر الذي أدى إلى زيادة اهتمام عدد كبير من الباحثين في السنوات القليلة الماضية باستخدامه لأغراض تجارية وصناعية وزراعية كصناعة المواد الغذائية والطبية والكيميائية وتصنيع المواد الصيدلانية، وكذلك اشار Goy وآخرون (2009) إلى امتلاك الكايتوسان قيمة تجارية عالية بسبب نشاطاته البيولوجية المتنوعة، إذ ينتج من الناحية التجارية من مخلفات الهيكل الخارجي لبعض الأنواع البحرية مثل القشريات التي تحتوي على مادة الكايتين مثل سرطان البحر ومخلفات الروبيان وجراد البحر فضلاً عن الهيكل الخارجي للحشرات وجدران خلايا الفطريات والخمائر.

ذكر Rejinolda وآخرون (2012) أن الكايتوسان يشتق من مادة الكايتين الذي يعد من المكونات الأساسية للهيكل الخارجي لأنواع القشريات والحشرات وجدران خلايا الفطر (Mashroom) وان الكايتوسان من السكريات المتعددة، تشبه السليلوز من الناحية الكيميائية لكنها تختلف عنه من حيث التركيب بوجود مجموعة الأمين، وقد أوضح Shahidi وآخرون (1999) بتباين الكيتوسان في محتواه من مجاميع الاستيل، والذي يحضر بإزالة مجاميع الأستيل كليا أو جزيئيا من الكايتين إما بطريقة انزيمية أو بمعاملة قاعدية.

ذكر Kamil وآخرون (2002) أن مركب الكايتوسان يشبه الكايتين في التركيب الكيميائي إذ يتألف من ارتباط وحدات متشابهة من N-acetyl-1D-glucosamine مع بعضها بأواصر كلايكوسيدية مكونةً سلاسل مستقيمة غير متفرعة يتراوح عدد وحداتها ما بين (2000 – 3000 وحدة)، أما فيما يتعلق بالوحدات الفرعية في تركيب الكايتوسان فهي من نوع ß (1-4)-deoxy-D-glucose2-amino، فيكون الفرق بين الكايتين والكيتوسان في وجود مجموعة أمين وتحديداً في موقع ذرة الكربون الثانية للكيتوسان بدلا من مجموعة N-acetyl في الكايتين، فيما يحتوي السليلوز النباتي على مجموعة هيدروكسيل في ذرة الكربون الثانية من السكر المتعدد.

ذكرXia (2003) إن لمركب الكايتوسان ثلاثة مجاميع فعالة هي مجموعة الأمين ومجموعتي الكربوكسيل الأولية والثانوية في مواقع ذرات الكاربون الثانية والثالثة والسادسة على الترتيب، وأن لهذه المجاميع الثلاثة عدة فوائد في عملية ربط الماء والدهن (Gallaher وآخرون، 2000).

كما أوضح (Kamil وآخرون، 2002) ان للكيتوسان فعالية مضادة للأكسدة، وله نشاطاً مضاداً للأحياء المجهرية الضارة.

يمتلك الكيتوسان شحنة موجبة في المحاليل الحامضية لاحتوائه على مجموعة أمين حرة جعلت له القابلية العالية للارتباط الكيميائي مع الشحنة السالبة في الدهون والزيوت والكولسترول والأيونات المعدنية السالبة والبروتينات وغيرها من الجزيئات الكبير (Suk، 2004).

2 – 3 – 2 نبذة تاريخية عن الكيتوسان:

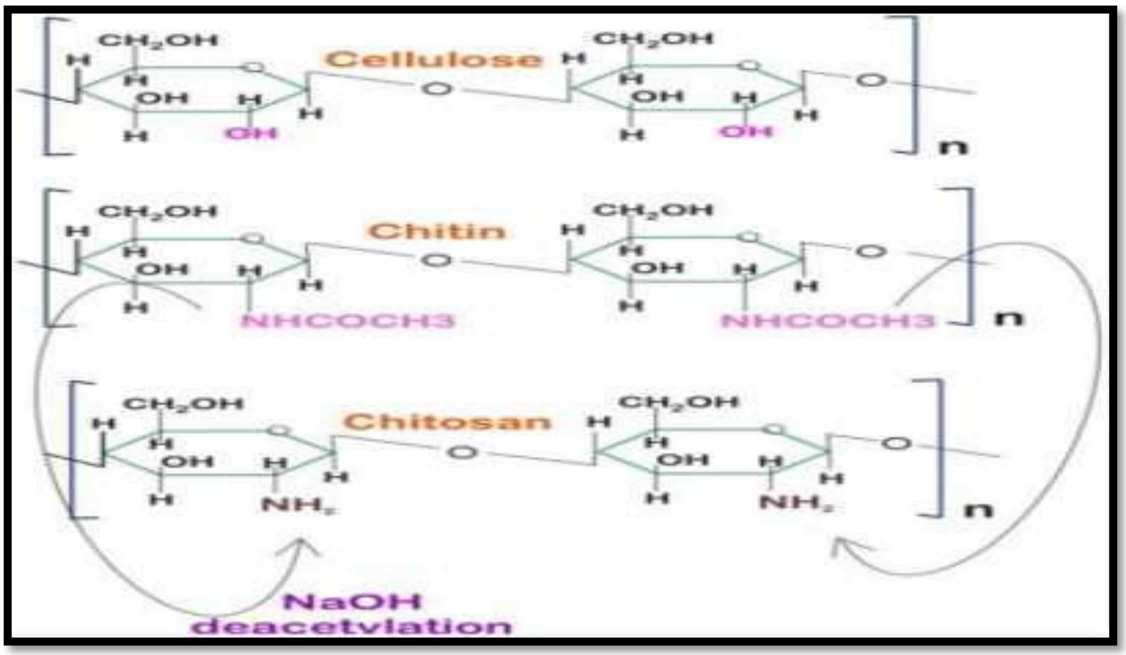
اكتشف الكايتوسان العالم الفرنسي Braconnot في عام 1811م بعد أجراء سلسلة من الدراسات على الفطر الذي عزل الكايتين منه وبعد عشرين عاماً كتب العالم الفرنسي Lassaigne دراسة عن الحشرات مشيراً إلى أن الكايتين هي المكون الرئيس في بنية الحشرات والنباتات وأن اسم الكايتين مأخوذ من اللغة اليونانية وتعني القشرة الخارجية، واستمرت الدراسات على الكايتين ليتم اكتشاف الكيتوسان من قبل العالم Rouget في أثناء تجاربه على مادة الكايتين من خلال المعاملات الكيميائية والحرارية التي جعلته قابلاً للذوبان في المحاليل الكحولية، وفي عام 1778م بين الباحث Ledderhose بأن الكايتين هو مزيج بين الكلوكوزأمين وحامض الخليك وسمي بالكيتوسان في عام 1894م من قبل الباحثين Hoppe وSeyler، وبعد عام 1920م اجريت على مادة الكايتوسان المستخدمة من قشرة سرطان البحر والفطريات العديد من البحوث العلمية، ووضح Rammelbery أن الكايتوسان مستمد من مصادر طبيعية، بينما إستخرج الكايتين من الفطريات بإستخدام الأشعة السينية وهي من التقنيات الحديثة التي أثبتت بصورة مؤكدة التشابه البنائي للكايتين مع السليلوز الموجود في جدران الخلية النباتية عند عام 1950م وبعد عام تم نشر أول كتاب عن الكيتوسان (Sarmento وآخرون، 2007).

2 – 3 – 3 الخصائص الكيميائية والفيزيائية للكايتوسان:

تعد صناعة الكايتوسان حلاً صديقاً للبيئة النظيفة من خلال معالجة التلوث الناجم عن صناعة المأكولات البحرية، إذ يتم انتاج ما بين (60000 – 80000 طن) سنوياً من نفايات الأصداف في العالم، وإن هذه الكميات الهائلة من المخلفات البحرية تعتبر حالة مقلقة بيئياً وأن عملية تحويلها إلى الكايتين يعد حلاً مثالياً لمشكلة قائمة ليستفاد من الكايتين في العديد من التطبيقات، ويمكن كذلك فك ارتباط هذه المواد الحيوية لتصنيع الكايتوسان الذي يحتوي على عدد لا يحصى من الفوائد التطبيقية في مجالات مختلفة (Divya وآخرون، 2014 وDivya وJisha، 2018).

يعد الكايتوسان من البوليمرات السكرية الحيوية، صيغته الكيميائية $(C_6H_{11}O_4N)_n$ وأن اسمه الكيميائي هو Poly(1,4)-2-amino-2-deoxy-B-d-glucose (Pandey وآخرون، 2018).

يعرف الكايتوسان بأنه من المواد متعددة السكريات، يمكن الحصول عليه من الناحية العملية بنزع استيل الكيتين، بوليمر طويل السلسلة من N-acetyl-glucosamine يستخلص بسهولة من الخلايا الفطرية والهيكل الخارجي للصدفيات والمحار والروبيان والأسماك الصدفية الأخرى، وتطحن هذه المواد الصدفية والقشرية مع بعضها البعض ومن ثم تخضع لعملية النزع الكيميائي لانتزاع جزء من تركيبة هذه المواد يسمى بالأستيل لتصبح التركيبة الكيميائية للكايتوسان جاهزة وتحمل شحنة موجبة من الأمونيوم التي تعمل على جذب جزيئات المواد الأخرى التي تحمل الشحنة السالبة (Orzali وآخرون، 2017).



الشكل (1) الهيكل البنائي للسليلوز والكايتين والكايتوسان (الحسيني، 2019).

ينتج الكايتوسان من إزالة الاستيل من الكايتين الموجود في القشريات مثل الروبيان والسرطان وجراد البحر وأسماك الكاري (Mincea وآخرون، 2012 وGavhance وآخرون، 2013)، ويوجد بشكل طبيعي في بعض الكائنات الدقيقة والخميرة، ويعد الكايتوسان أكثر السكريات وفرة بعد السليلوز من حيث الاستعمال والانتشار(Abd Elgadir وآخرون، 2015).

تتأثر الخصائص الفيزيوكيمياوية والوظيفية للكيتوسان بتباين طرائق إنتاجه والمصادر المستخدمة من أنواع القشريات، إذ يتميز الكيتوسان بأنه مادة رخيصة وقابلة للتحلل وغير سامة بالنسبة للحيوانات اللبونة وهذا يجعل تطبيق استخدامها كمادة مضافة في صناعة الأعلاف فضلاً عن صناعة الأغذية مادة آمنة (Koide، 1998) للكيتوسان القابلية على الذوبان في المحلول الحامضي ،عكس الكايتين الذي لا يذوب فيه (Shahidi واخرون

،1999) وان الشحنة الموجبة للكيتوسان تمنح البوليمر خصائص فسيولوجية وبيولوجية عديدة وفريدة نتيجة فصل مجموعة الاستيل من الكايتين وإن احتوائه على مجموعة أمين حرة توفر له قابلية عالية للارتباط مع الشحنة السالبة في الدهون والزيوت والكولسترول والأيونات المعدنية السالبة والبروتينات وغيرها من الجزيئات الكبيرة تميزه عن الكايتين ليصبح ß-1,4-poly-D-glucosamine ليكتسب خصائصه الكيميائية (Knaul وآخرون، 1999) و(Suk، 2004).

وقد ذكر Qavami وآخرون (2017) أن الكايتوسان يحتوي على ثلاث مجاميع فعالة وهي مجموعة الأمين Amin ومجموعة acetamid وكذلك مجموعتي الهيدروكسيل الأولية والثانوية في المواقع (C-2 وC-3 وC-6).

تعد المحتويات الأمينية هي العوامل الرئيسية التي تساهم في اختلاف الخصائص الكيميائية والفيزيائية والتركيبية للكايتوسان ويعد من المركبات غير القابلة للذوبان في الماء وفي المذيبات العضوية، وهو ما يحدد إمكانية استعماله في النظم الحياتية (Ngo وآخرون، 2015)، لكنه قابل للذوبان في المحاليل الحامضية (Qavami وآخرون، 2017).

وبسبب خصائصه الفيزيائية والكيميائية ونتيجة لوزنه الجزيئي الصغير وقلة لزوجته وإمكانية ذوبانه في الماء بمساعدة المحاليل الحامضية فإن للكايتوسان دوراً اساسياً ومهماً في العديد من النباتات ومنها (السعدون، 2022):

1 – السيطرة على المسببات المرضية الفطرية والبكتيرية والفيروسية في التربة والنبات لذا يستخدم في الزراعة المستدامة بدلاً عن المبيدات (Xing وآخرون، 2015).

2 – يعمل على زيادة امتصاص العناصر الغذائية وزيادة عملية التمثيل الكربوني وبناء الفينولات واللكنين ومركبات الفلافونيدات (Pichyangkura وChadchawan، 2015).

3 – ينظم جهاز المناعة ويسبب فرز الأنزيمات وتنشيط الخلايا وقد ثبت أيضاً أنه يزيد من انتاج المركبات الفينولية التي تحدد نشاط الفطريات، كما يمكن استخدامه كطلاء بعض الحاصلات البستنية لإطالة العمر التسويقي من خلال تقليل معدلات التنفس وفقدان الماء (Bautista-Banos وآخرون، 2006).

4 – يساعد على التغلب على التغيرات الناتجة عن الإجهادات البيئية ومنها شدة البرودة وارتفاع في درجات الحرارة ومفيد ضد الإجهاد التأكسدي (Teran وSingh، 2002).

5 – يعد من المركبات الأمنة على البيئة والنشاط الحيوي لأنه مركب غير سام وسهل التحلل ومشتق من الطبيعة (Dias وآخرون، 2013).

6 – يمتلك تأثيراً محفزاً لعملية امتصاص الماء من خلال ضبط الضغط الأزموزي للخلية ومن ثم زيادة الأنزيمات الفعالة فضلاً عن زيادة نشاط الأنزيمات المسؤولة عن أيض النتروجين مثل أنزيم Protease و Nitrate reductase (Gornik وآخرون، 2008).

2 – 3 – 4 تطبيقات الكيتوسان في المجالات الزراعية:

لجأ الباحثون في السنوات الأخيرة إلى استعمال مواد من البوليمرات الحيوية للسيطرة على الأمراض والآفات الزراعية فضلاً عن زيادة انتاج المحاصيل كمواد مكملة للمواد الكيميائية سواء كانت أسمدة أو مبيدات، فقد أظهرت هذه المواد نشاطاً وفعالية ضد المسببات المرضية الزراعية فضلاً عن قدرتها على زيادة إنتاجية الكثير من المحاصيل الزراعية والابتعاد عن استعمال كميات كبيرة من الأسمدة الكيميائية المختلفة (Molerba وCerana، 2018)، ومن أهم هذه المواد هو الكايتوسان الذي يعد من البوليمرات الحيوية ذات الشحنة الموجبة والذي يعد ثاني أكبر مادة حيوية موجودة في الطبيعة بعد السليلوز، والموجود بشكل طبيعي في الهيكل الخارجي للحشرات والقشريات وجدران خلايا الفطريات (Dutta وآخرون، 2004).

إن استعمال مواد طبيعية مثل الكايتوسان يعد اسهاماً مهماً في تحقيق جزء من الزراعة المستدامة كون هذه المواد تساهم بشكل فعال ونشط في توفير حماية للنباتات من الإصابات المرضية (Rinaudo، 2006).

لاقى الكايتوسان اهتماماً واسعاً في مختلف المجالات نظراً لأنشطته البيولوجية الفريدة كالتحلل الحيوي (Kim وآخرون، 2011) وعدم سميته (Shi وآخرون، 2006) ونشاطه المضاد ضد الاحياء المجهرية (Li وآخرون، 2008 وRabea وآخرون، 2009)، وهذه الخصائص تجعله مرشحا واعداً في المجال الطبي (Tan وآخرون، 2013) وصناعة الغذاء (Qiu وآخرون، 2014) ومستحضرات التجميل (Ray، 2011) وفي معالجة المياه (Bhatnagor و Sillanpaa، 2009) والهندسة الطبية الحيوية (Silva وآخرون، 2012 وUpadhyaya وآخرون، 2013) فضلاً عن العديد من الاستخدامات الزراعية المختلفة (Cota-Arriola وآخرون، 2013 وEl -Hadrami وآخرون، 2010).

2 – 3 – 5 التأثيرات الفسيولوجية للكايتوسان في النباتات:

في المجال الزراعي بين (Ehrlich وآخرون، 2006) انه من الممكن إستخدام الكيتوسان في مجال الزراعة للمكافحة الحيوية الطبيعية وفي معالجة البذور وتحسين نمو النبات كونهِ مادة حيوية صديقة للبيئة، كما يعمل الكايتوسان على تعزيز المناعة الذاتية للنبات وحمايته ضد مختلف الأمراض الفطرية، وقد وافقت جمعية حماية البيئة "Environmental Protection Agency"(EPA) في السماح باستخدام منتجات الكايتوسان القابلة للتحلل في التربة على أنواع مختلفة من النباتات والمحاصيل التي تزرع تجارياً لغرض الاستهلاك البشري.

في دراسة قامت بها هذال (2020) حول رش شتلات الرمان صنف سليمي بالكايتوسان تركيز (0 و250 و500 ملغم. لتر$^{-1}$)، فقد وجدت الباحثة أن لرش الكايتوسان تركيز (500 ملغم. لتر$^{-1}$) تأثير معنوي في معظم الصفات المدروسة فقد أدى إلى الحصول على أعلى القيم في متوسط مساحة الورقة وطول وقطر الساق ومحتوى الأوراق من الفسفور والبوتاسيوم والمغنيسيوم والكلوروفيل والكربوهيدرات والبروتين.

وفي دراسة حديثة أجريت خلال الموسم الزراعي 2020 – 2021 لمعرفة دور الرش بالكايتوسان على نبات عصا الذهب بثلاثة تراكيز مختلفة (0 و0.5 و1.0 غم. لتر$^{-1}$) فقد توصلت الباحثة السعدون (2022) إلى أن التراكيز العالية من الكايتوسان قد أدت إلى زيادة معنوية في كل من ارتفاع النبات وعدد الأفرع وعدد الأوراق والمساحة الورقية فضلاً عن زيادة معنوية في محتوى الأوراق من الكلوروفيل ونسبة المادة الجافة قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى معدل في قيم الصفات المدروسة.

في دراسة لمعرفة تأثير الرش الورقي بالكايتوسان على نبات الزينة الزهرية الاستوما *Eustoma grandiflorum* بمعدل (1 %) فقد أشار Ohta وآخرون (2004) إلى حصول زيادة معنوية في طول الساق ووزن الزهرة وعدد الأزهار بمعدل بلغ على الترتيب (47.30 سم و38.20 غم و11.90 زهرة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى معدل في هذه الصفات بلغ على الترتيب (33.30 سم و21.90 غم و7.2 زهرة. نبات$^{-1}$).

يؤدي الرش الورقي بالكايتوسان إلى تحفيز عملية البناء الضوئي والتحكم بفتح وغلق الثغور، كما يشجع انتاج الانزيمات المضادة للأكسدة، ويحث على انتاج الاحماض العضوية والسكريات والاحماض الامينية ومركبات الايض الاخرى اللازمة لتعديل الإزموزية واشارات الاجهاد وايض الطاقة تحت ظروف الاجهاد (Hidangmayum واخرون، 2019) إذ يكون الكايتوسان غشاءً رقيقا على السطح الشمعي للورقة، فيعمل على زيادة انعكاس الاشعة عن سطح الورقة، مما يقلل من امتصاص الطاقة المشعة (الحرارة) ويخفض درجة حرارة الورقة، فيقلل تبخر الماء وانتشاره في الغلاف الجوي (Pandey وآخرون، 2018) ومع ذلك فأن هذه الاستجابات معقدة وتعتمد على تركيب وتراكيز الكايتوسان وكذلك الانواع النباتية ومرحلة نموها (Qavami وآخرون، 2017).

وقد بين El-Hadrami وآخرون (2010) أن للكايتوسان دور مهم وأساسي في عملية التنفس وتقليل كمية تبخر المياه عن طريق الثغور بعملية النتح ويعمل على زيادة مقاومة النباتات لأنواع مختلفة من الإجهادات البيئية مثل الإجهاد المائي والملحي وارتفاع وانخفاض في درجات الحرارة، في حين تطرق كل من Gavhance وآخرون (2013) وChawla وKanatt (2015) إلى دور مركب الكايتوسان في زيادة عملية التمثيل الضوئي وتحفيز نمو النباتات وزيادة قابليتها على امتصاص العناصر الغذائية فضلاً عن أهميتها في زيادة نسبة وطاقة الانبات وتحسين خصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والحيوية.

كما بين Bondok وآخرون (2019) أن معاملة نبات البروكلي بمركب الكايتوسان عملت على تحسين خصائص النمو وزيادة انتاج المواد المضادة للسرطان وزيادة الإنتاجية كماً و نوعاً.

ووجد Zeng وآخرون (2010) أن معاملة بذور نبات الذرة بالمركب الكايتوسان أدت إلى احداث زيادة معنوية في صفة طول النبات والوزن الجاف والطري المجموع الخضري والجذري فضلاً عن زيادة إنتاجية الحاصل.

وأشار Chookhongkha وآخرون (2012) إلى أن الكيتوسان يساعد على تحفيز النباتات على انتاج بعض الهرمونات النباتية المسؤولة على نمو النباتات وبالتالي تساعد على تحسين عمل المجموع الجذري الذي يعمل على تجهيز النبات بالعناصر المعدنية بالمناطق المحيطة بالجذور، وكان تأثير مركب الكايتوسان واضحاً في صفة زيادة طول نبات الفلفل الحار وزيادة عدد الأوراق فضلاً عن المساحة الورقية، ولاحظ Yen وآخرون (2007) تسجيل زيادة معنوية في صفة عدد الأوراق والمساحة الورقية ونسبة احتوائها من الكلوروفيل وعنصر النتروجين والكالسيوم فضلاً عن زيادة طول نباتات الخس المزروعة في الترب المعاملة بالكايتوسان قياساً إلى النباتات غير المعاملة في نفس الحقل.

وجد Hein (2004) زيادة في طول نبات الداوودي *Chrysanthemum morifolium* بنسبة (40 %) نتيجة تأثير معاملة النبات بالكايتوسان تركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$)، في حين وجد Al-Bably وآخرون (2017) في دراسة عن بعض نباتات الزينة زيادة عدد أوراق نبات مسك الروم *Polianthes tuberosa* عند رش النبات بالكايتوسان بنسبة (15.70 %) قياساً إلى معاملة المقارنة.

توصل El-Tantawy (2009) في دراسة أجراها على نبات الطماطم عند معاملته بمادة الكايتوسان قد أعطى فروقات معنوية في ارتفاع النبات بمعدل بلغ (63.33 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت (58.33 سم) وعدد الأوراق بلغ (45.77 ورقة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت (35.00 ورقة. نبات$^{-1}$) والوزن الجاف الكلي للنبات بلغ (84.2 غم) قياساً إلى معاملة المقارنة (66.44 غم) والوزن الطري للنبات بلغ معدله (349.53 غم) قياساً إلى معاملة المقارنة (273.24 غم) وسجلت المعاملة اعلى محتوى للكلوروفيل بلغ (1.41 ملغم. غم$^{-1}$) قياسا إلى معاملة المقارنة التي أعطت معدل بلغ (1.20 ملغم. غم$^{-1}$).

أشار Salachna وآخرون (2017) إلى أن رش نبات اللويزة (رعي الحمام) *Verbena bonariensis* بالكايتوسان أدى إلى زيادة معنوية في ارتفاع النبات وعدد الأوراق والوزن الرطب للجذور بمعدل بلغ على الترتيب (16.30 سم و20.30 ورقة. نبات$^{-1}$ و114 غم. جذر$^{-1}$).

تختلف نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في ثمار الفاكهة المعاملة بالكايتوسان حسب نوع الفاكهة ففي ثمار الموز والمانجو والبابايا المغلفة بالكايتوسان انخفضت نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (Bautista – Banos وآخرون، 2006).

وفي دراسة حديثة في العراق حول تأثير الرش بالكايتوسان لثمار نخيل التمر فقد أشار عباس (2016) عند استعمال ثلاثة تراكيز (0 و1 و2 %) من الكايتوسان لمعرفة تأثيره في نسبة السكريات الكلية والمختزلة والسكروز على ثمار نخيل التمر صنفي البرحي والبريم اذ لوحظ ان هناك فرق معنوي بين تراكيز الكايتوسان اذ اعطت الثمار التي رشت بالكايتوسان اقل نسبة للسكريات الكلية والمختزلة لثمار صنفي البرحي والبريم، في حين تفوقت معاملات المقارنة في زيادة نسبة السكريات الكلية والمختزلة ، حيث لاحظ ان نسبة السكروز كانت مرتفعة في محتوى الثمار التي عوملت بالكايتوسان قياسا بالثمار التي رشت بالماء المقطر.

وبين Abdel-Mawgoud وآخرون (2010) في تجربته عند معاملة نبات الشليك *Fragaria ananassa* Duch. بالمركب الحيوي الكايتوسان تركيز (2 سم^3. لتر$^{-1}$) أدى إلى حصول زيادة في ارتفاع النبات وعدد الأوراق والوزن الطري والجاف للأوراق وعدد الثمار والحاصل الكلي للثمار ونسبة المواد الصلبة الكلية الذائبة والنسبة المئوية للمحتوى الكلي للسكر والنسبة المئوية للنتروجين والبوتاسيوم قياساً بمعاملة المقارنة التي سجلت أقل القيم في جميع الصفات المدروسة.

وفي دراسة قام بها Mondal وآخرون (2011) حول تأثير الرش بمركب الكايتوسان في نمو وحاصل نبات السبانغ فقد أعطت المعاملة بتركيز (100 جزء بالمليون) من مادة الكايتوسان فروق معنوية في صفة ارتفاع النبات بمعدل بلغ (71.2 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت نباتات بمعدل ارتفاع بلغ (53.0 سم) وفي صفة عدد الأفرع فقد سجلت المعاملة (3.55 فرع. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (3.00 فرع. نبات$^{-1}$) وعدد الأوراق بلغ (38.3 ورقة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت معدل بلغ (32.2 ورقة. نبات$^{-1}$) ومساحة الأوراق بلغت بلغ (1098 سم^2. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت معدل مساحة ورقية بلغ (1000 سم^2. نبات$^{-1}$) كما أعطت ذات المعاملة اعلى محتوى من الكلوروفيل بلغ (2.460 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة (2.240 ملغم .غم$^{-1}$).

وأظهرت دراسة قام بها Chookhongkha وآخرون (2012) لمعرفة تأثير مركب الكايتوسان على نمو نبات الفلفل إذ سجلت معاملة إضافة الكايتوسان الباودرChitosan powder تركيز (1 %) فروقات معنوية واضحة في النمو الخضري والثمري وأعطت أعلى ارتفاع للنبات بلغ (46.27 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت ارتفاع بلغ (18.58 سم) وأعطت أكبر عدد من الأوراق بلغ (156.25 ورقة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت (14.40 ورقة. نبات$^{-1}$) وأعطت أكبر عدد للثمار بلغ (18.60 ثمرة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت ((1.70 ثمرة. نبات$^{-1}$).

وفي تجربة أجراها Mondal وآخرون (2012) لدراسة تأثير الرش بالمركب الكايتوسان في نمو وحاصل نبات الباميا فقد سجلت معاملة الرش بتركيز (125 جزء بالمليون) فروق معنوية في صفة ارتفاع النبات بمعدل بلغ (148.1 سم) وعدد الأوراق بلغ (36.0 ورقة. نبات$^{-1}$) وأعلى محتوى من الكلوروفيل بلغ (2.53 ملغم . غم$^{-1}$

وزن طري) كما سجلت أكبر عدد للثمار بمعدل بلغ (23.1 ثمرة. نبات $^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت أقل القيم للصفات المذكورة.

وجد Mehregan وآخرون (2017) إن معاملة الرش الورقي بالكايتوسان تركيز (1 %) على نبات ورق السكر *Stevia rebaudiana Bertoni* أثر معنوياً في صفة الوزن الرطب للأوراق والساق قياساً إلى معاملة المقارنة نتيجة تأثير الكايتوسان في تحسين الكتلة الحيوية وتنشيط الأنزيمات المختلفة.

وكذلك ذكر الباحث عبد القادر (2018) أن رش الكايتوسان بتركيز (2 مل. لتر$^{-1}$) على نبات *Stevia rebaudiana Bertoni* قد اعطى معدل معنوي في صفة عدد الأوراق ومساحة الورقة الواحدة وتركيز صبغة الكلوروفيل الكلي في الأوراق بلغ (166.51 ورقة. نبات$^{-1}$ و23.40 سم^2. ورقة$^{-1}$ و6.19 ملغم. 10غم$^{-1}$ وزن طري) على التوالي قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى معدل في الصفات المدروسة بلغ (111.26 ورقة. نبات$^{-1}$ و11.59 سم^2. ورقة$^{-1}$ و4.44 ملغم. 10غم$^{-1}$ وزن طري) على التوالي.

وذكر El-Khateeb وآخرون (2017) أن رش نبات الزينة العطرية البردقوش *Majorana hortensis* بالكايتوسان تركيز (5 غم. لتر$^{-1}$) أدى في الموسم الزراعي الأول من سنة 2014 - 2015 إلى زيادة معنوية في صفة معدل عدد الأفرع وارتفاع النبات. وبمعدل بلغ (10.63 فرع. نبات$^{-1}$ و25.13 سم).

كما أظهرت نتائج التجربة التي قام بها Shehata وآخرون (2012) لمعرفة استجابة نبات الخيار بالرش الورقي بمادة الكايتوسان اذ أعطت المعاملة (4 مل. لتر$^{-1}$) فروق معنوية في صفات النمو الخضري والكيميائي إذ تم تسجيل أعلى ارتفاع لنبات الخيار بمعدل بلغ (144.0 سم) وعدد الأوراق بلغ معدله (18.0 ورقة) وطول الثمرة بمعدل (15.3 سم) وقطر الثمرة بلغ (2.9 سم) ووزن الثمرة (112.6 غم) ونسبة المواد الصلبة الذائبة (3.5 %) والحاصل الكلي للنبات (2.99 كغم. نبات$^{-1}$) وكذلك زيادة في النسبة المئوية لعنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم في الثمار بنسبة (2.24 و0.504 و3.94 %) على الترتيب قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت اقل القيم للصفات المدروسة.

وفي تجربة قام بها El-Miniawy وآخرون (2013) لمعرفة مدى استجابة نبات الشليك للرش بالكايتوسان فقد وجدوا أن معاملة الرش بمركب الكايتوسان تركيز (5.0 مل. لتر$^{-1}$) لثلاث مرات أدت إلى الحصول على نتائج إيجابية في مؤشرات النمو الخضري ومؤشرات الحاصل فضلاً عن المؤشرات الكيميائية، اذ سجلت أعلى ارتفاع للنبات بلغ (23.83 سم) وعدد الأوراق بلغ (18.20 ورقة. نبات$^{-1}$) ومساحة الأوراق بلغت (63.52 سم^2) والوزن الجاف للمجموع الجذري (3.14 غم) والوزن الجاف للمجموع الخضري بلغ (13.51 غم) ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل بلغ (50.17 ملغم. 100غم $^{-1}$) والمحتوى من فيتامين C (74.92 ملغم. 100 غم من الوزن الطري) قياساً على معاملة المقارنة التي أعطت اقل القيم في الصفات المدروسة.

وبين Sultana وآخرون (2015) أن رش نبات السبانغ بأربع تراكيز من الكايتوسان (0 و50 و75 و100 جزء بالمليون) قد أدى الى حصول اختلافات معنوية، إذ تفوقت معاملة الرش بتركيز (100 جزء بالمليون) معنوياً على جميع المعاملات المدروسة وأعطت اعلى معدل معنوي في صفة ارتفاع النبات بلغ (43.1 سم) ومعدل عدد الأوراق بلغ (16.3 ورقة. نبات$^{-1}$) وطول الورقة (31.3 سم) وعرض الورقة (18.1 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت اقل القيم لهذه الصفات.

وأجرى Waleed (2016) دراسة لمعرفة تأثير مركب الكايتوسان في تحسين صفات النمو لنبات اللهانة ووجد تفوق معاملة النبات بتركيز (200 ملغم. لتر$^{-1}$) بزيادة معنوية في صفة ارتفاع النبات بمعدل بلغ (29.00 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت ارتفاع بلغ (26.00 سم) وزيادة في عدد الأوراق بمعدل بلغ (54.8 ورقة) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت (49.2 ورقة) وزيادة في مساحة الأوراق بمعدل (3.667 م^2) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت معدل مسحة ورقية بلغ (3.297 م^2) وزيادة في الوزن الطري للأوراق بمعدل بلغ (6617 غم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت معدل بلغ (5830 غم) وزيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل a بمعدل (43.5 ملغم. 100 غم$^{-1}$ من الوزن الطري) وكلوروفيل b بمعدل بلغ (21.8 ملغم. 100 غم$^{-1}$ من الوزن الطري) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت (39.1 و19.6 ملغم. 100 غم$^{-1}$ من الوزن الطري) على التوالي. كذلك سجلت زيادة في النسبة المئوية لعنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم وبمعدل بلغ (2.66 و0.321 و3.34 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت معدلات بلغت على الترتيب(2.39 و0.289 و3.00 %).

وقد أكدت النتائج التي توصل اليها Malekpoor وآخرون (2016) في دراسة تأثير الرش بالكايتوسان في نبات الريحان إذ سجلت معاملة الرش (0.4 غم. لتر$^{-1}$) فروق معنوية في ارتفاع النبات وبمعدل بلغ (35.43 سم) ومساحة الأوراق بمعدل بلغ (4.29 سم^2) والوزن الطري بمعدل بلغ (10.42 غم) والوزن الجاف بمعدل بلغ (1.96 غم) ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل a وبمعدل بلغ (1.041 ملغم. غم$^{-1}$) ومن الكلوروفيل b بمعدل بلغ (0.33 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت اقل القيم لهذه الصفات.

في دراسة أجراها Hossaini وآخرون (2021) لمعرفة تأثير مركب الكايتوسان في بعض مؤشرات النمو لنبات الباذنجان لاحظ أن معاملة النباتات بتركيز (6 مل. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان أدت إلى احداث فروق معنوية في بعض الصفات المدروسة إذ أعطت أعلى المعدلات في عدد الأوراق بلغت (111.5 ورقة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت معدل (101.25 ورقة. نبات$^{-1}$) واعطت كذلك أعلى ارتفاع للنبات بلغ معدله (89.9 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت أدنى معدل بلغ (85.17 سم).

وأظهرت نتائج الدراسة التي قام بها نشأت وآخرون (2021) حول تأثير الكايتوسان في صفات النمو الخضري والجذري لنوعين من نبات الدارسينيا وجود فروق معنوية بين المعاملات اذ أعطى التركيز (500 ملغم. لتر$^{-1}$) زيادة في ارتفاع النبات بمعدل بلغ (63.37 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت نباتات بمعدل ارتفاع بلغ (47.50 سم) وعدد الأوراق بمعدل بلغ (76.04 ورقة. نبات$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت أدنى معدل بلغ (61.78 ورقة. نبات$^{-1}$) ومساحة الورقة الواحدة بمعدل (88.91 سم^2. ورقة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة (83.14 سم^2. ورقة$^{-1}$) والوزن الجاف للجذور بلغ (8.98 غم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت أقل قيمة بلغت (6.12 غم).

وفي دراسة قام بها Abo – El Hady (2020) حول تأثير رش نبات مسك الروم *Polianthes tuberosa* بتركيز (20 و40 و60 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان، وجد زيادة معنوية في معدل عدد الأزهار في العنقود الزهري للموسمين الأول والثاني قياساً إلى معاملة المقارنة.

وفي دراسة قام بها Dzung وآخرون (2011) حول رش شتلات القهوة *Coffea arabica* المزروعة في فيتنام بالكايتوسان تركيز (0 و20 و40 و60 و80 ملغم. لتر$^{-1}$)، فقد وجد أن الرش أدى إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل والنتروجين والفسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم فضلاً عن زيادة ارتفاع النبات وقطر الساق ومساحة الورقة وقد بين الباحث أهمية الكايتوسان كمادة جيدة لتحمل الشتلات للجفاف قياساً إلى معاملة المقارنة.

وقد بين Dutta وآخرون (2004) أن للمركب الحيوي الكايتوسان دور مهم في تحفيز وتحسين نمو النباتات التي عوملت بالكايتوسان فضلاً عن زيادة مقاومتها للمسببات المرضية، وأشار الباحث أيضاً إلى زيادة سرعة وزيادة نمو نباتات الحنطة عند معاملة بذورها بالكايتوسان.

2 - 4 مفهوم تقنية النانو وأهميتها:

تعد تقنية النانو من التكنولوجيات الحديثة التي أثبتت أهميتها في العلوم الزراعية والصناعات المرتبطة من أجل حل المشاكل القائمة في العديد من العلوم والتقنيات الأخرى (الرماحي، 2021).

كلمة نانو Nano مصطلح مشتق من اللغة اليونانية القديمة وتعني القزم (Nanos)، والمصطلح مشتق أيضاً من الكلمة الأغريقية Midget والتي تعني دقيق أو صغير أو قزم، وقد ذكر Roco (2003) أن المواد النانوية (NMs) هي مجاميع ذرية أو جزيئية ما بين (1 و100 نانوميتر).

الجسيمات النانوية Nanoparticles (NPs) هي جسيمات متناهية في الصغر يتراوح حجمها ما بين (1 – 100 نانوميتر)، وهذه الجسيمات تمتلك خصائص فيزوكيميائية تختلف جذرياً عن موادها العادية (Nel وآخرون، 2006).

الأجسام النانوية ممكن تواجدها بشكل طبيعي من خلال بعض التفاعلات الكيميائية الضوئية والانفجارات البركانية وحرائق الغابات والتأكل البسيط من النباتات والحيوانات أو حتى من الكائنات الحية الدقيقة (Dahoumane وآخرون، 2017).

أشار Saddiqui وآخرون (2015) إلى امتلاك الجزيئات النانوية بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية الفريدة من نوعها تميزها عن المواد التقليدية ذات الحبيبات الكبيرة مثل المساحة السطحية العالية وامتصاص أعلى من قبل الخلايا وسهولة حركتها وتنقلها بسبب صغر حجمها وغيرها من الخصائص.

في مجال العلوم تعني النانو جزء من مليار وتعرف المواد النانوية Nanomaterials بأنها المواد التي يمكن انتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعاد جسيماتها الداخلية بين (1 و100 نانوميتر) (Bhattacharyya وآخرون، 2010).

وعلى وفق مفوضية الاتحاد الأوربي تعرف المواد النانوية بأنها مادة مصنعة أو طبيعية تمتلك جزيئات غير مرتبطة أو مجمعة أو متكتلة حيث تتراوح الأبعاد الخارجية بين (1 و100 نانوميتر) (Potocnik، 2011).

إن إضافة المواد النانوية تؤدي إلى زيادة نمو الحاصل وتطويرها وتحسينها (Shojaei وآخرون، 2019)، فقد أوضحت الدراسات أن المواد النانوية تعمل على تحسين كمية المحاصيل الزراعية فضلاً عن جودة المنتج.

أصبحت تقنية النانو تحتل مكانة بارزة بين الطرق المبتكرة لتطوير الزراعة والإنتاج الغذائي، فكثرة طرق تحضير جسيمات المواد النانوية في أبحاث مجال علم المواد والطاقة والطب وعلوم الحياة أعطت تسهيلاً واضحاً لاستخدام تقنية النانو، وتوسيع مجالاتها وتطبيقاتها في المحاصيل المعدلة وراثياً وفي تقنيات انتاج المواد الكيميائية الزراعية الدقيقة (Narayanan وSakthivl، 2011).

وفي الوقت الراهن تسارعت وتيرة تقدم تكنولوجيا النانو بشكل واسع وسجلت عدة طرق لتحضير جسيمات النانو بالطرق الفيزيائية والكيميائية والاختزال الكهروكيميائي والاختزال الضوئي والتحضير بالتبخير الحراري (Das وآخرون، 2013).

اهتم علم النانو Nanoscience بدراسة المبادئ الأساسية للجزيئات والمركبات التي لا يتجاوز قياسها 100 نانومير، ويهتم بتوظيف هذه المواد المتناهية في الصغر من خلال تعيين خواصها وخصائصها الكيميائية والفيزيائية مع دراسة الظواهر المرتبطة والناشئة عن حجمها المصغر فضلاً عن التحكم التام والدقيق في انتاج المادة وذلك من خلال التحكم في عدد الذرات التي يتكون منها جسيم المادة، فكلما تغير عدد الذرات لجسيم المادة تغيرت خصائص المادة الناتجة إلى حد كبير (الاسكندراني، 2010).

2 – 4 – 1 استخدام الجزيئات النانوية في المجال الزراعي:

توسعت تطبيقات التقنية النانوية على مستوى الحياة بشكل عام وعلى مستوى الزراعة وأنظمة النبات بشكل خاص، حيث أن تطور التقنية النانوية والعلوم النانوية في مجال القطاع الزراعي شملت اعتماد المواد ذات التركيب النانوي في الحقول الزراعية المختلفة بسبب خواصها الكيمو- فيزيائية المهمة ولا سيما المساحة السطحية العالية والقابلية العالية في زيادة حجم التبادل الأيوني والأسطح النانوية الفعالة من خلال تحضير وتصنيع أنواع مختلفة من المواد النانوية (Scrinis وLyons، 2007).

يعد موضوع تأثير الجزيئات النانوية في النباتات من المواضيع الحديثة نسبياً في المجالات البحثية والدراسات، وأن تأثير الجزيئات النانوية في النباتات تكمن في التغيرات غير المرئية سواء في التربة أو في شكل النبات المورفولوجي والفسيولوجي والوراثي من خلال امتصاص الدقائق النانوية والانتقال داخل جسم النبات وما يتمخض عن ذلك من تأثيرات فسيولوجية ومورفولوجية ووراثية وإنتاج الطاقة وتحولاتها (Deng وآخرون، 2014)، وبشكل عام هذه التأثيرات لها علاقة واضحة بنوع الدقائق النانوية وخصائصها الكيمو- فيزيائية فضلاً عن نوع النبات والوسط الذي ينمو فيه النبات (Bakshi وآخرون، 2015).

في عام 2019 عرضت مجلة Nature Nanotechnology عدداً خاصاً يبين أحدث ما توصلت إليه الزراعة في مجال علم النانو، والتي تم تعريف الجسيمات النانوية على أنها منطقة مثيرة وصعبة ستتطور بسرعة في المستقبل القريب، خاصة إذا تم التركيز بشكل صحيح على فهم التفاعلات الأساسية بين الجسيمات النانوية والنباتات (Raliya وآخرون، 2017).

على الرغم من قدرة النباتات على امتصاص الجزيئات النانوية عن طريق الجذور، فان الامتصاص عن طريق الأجزاء الخضرية وخاصة الأوراق ممكن كذلك إذ ان الجزيئات النانوية قادرة على الدخول من خلال أسطح الأوراق عن طريق الثغور (Hong وآخرون، 2014).

وقد أشار Deng وآخرون (2014) أن الجزيئات النانوية بعد امتصاصها سواء عن طريق الجذور أو عن طريق المجموع الخضري فأنها تنتقل إلى بقية الأجزاء الأخرى من النبات مثل الجذور والسيقان والأوراق والأزهار والثمار وقد بين أن الجزيئات النانوية تتمركز بشكل رئيس في الانسجة الوعائية وأن تراكم هذه المواد يكون أعلى في الأوراق من السيقان.

وضح الباحث (Cifuentes وآخرون، 2010) أن عملية امتصاص المجموع الخضري لجزيئات المادة النانوية وانتقالها داخل الأنسجة النباتية تعتمد على العديد من العوامل ومنها نوع النبات والظروف المحيطة به والصفات الكيميائية والفيزيائية للجزيئات النانوية، مثل حجم وتركيب المادة النانوية وشحنة وفعالية سطحها ومدى الفتها

وكراهتيها لجزيئات الماء، وقد وضح أن مدة نقل الجزيئات النانوية داخل الأنسجة النباتية يمكن أن تكون قصيرة أو قصيرة جداً.

وقد بين Wang وآخرون (2011) أن التوزيع الحجمي ضروري جداً في عملية امتصاص الجزيئات النانوية وأن الدقائق الأصغر حجماً أكثر سرعةً في الدخول إلى النبات والانتقال من تلك الجزيئات الأكبر حجماً، في حين أشارت بعض الدراسات الأخرى أن الإشارات الموجبة أو السالبة للسطوح تؤثر في عملية امتصاص وانتقال الجزيئات النانوية في النباتات، فقد لوحظ أن الامتصاص للجزيئات المغلفة بالشحنات الموجبة كانت أسرع من امتصاص الجزيئات الأخرى (Koelmel وآخرون، 2013).

في المجال العلمي الزراعي، هناك كميات كبيرة من المركبات النانوية المكتشفة حديثاً من مصادر مختلفة إما تكون مواد طبيعية كالكايتوسان موضوع الدراسة أو هي مواد صناعية وأن أغلبها تكون مصنعة من قبل الإنسان، وبما أن الحقل العلمي الذي يبحث في تأثير المواد النانوية في نمو النباتات وتطورها مازال في بداياته (مراحله الأولى)، وإن هذا الحجم الكبير من انتشار وتحرر المواد النانوية بشكل مقصود أو غير مقصود إلى البيئة سوف يؤدي حتماً إلى أضرار في النباتات وفي وظائفها الحيوية، ويعتمد ذلك على نوع الجزيئات النانوية وتركيزها ونوع التربة ويمكن أن يكون التأثير سلبي أو لا يوجد تأثير وفي بعض الحالات تكون التأثيرات إيجابية، وقد بين المصدر نفسه أن بعض الدراسات أشارت إلى أن تراكم المواد النانوية في النباتات يعتمد على نوع النبات وعلى الخصائص الكيمو - فيزيائية لهذه المركبات، وأن عدم الاهتمام بالتبعات السلبية للمواد النانوية يمكن أن يجعل من استعمال هذه المواد تهديداً مباشراً للبيئة وتصبح من الملوثات التي ليس من السهل التخلص منها فيما بعد (علي وحياوي، 2018).

وقد أكد ذلك الكثير من الباحثين ومنهم Zhang وآخرون (2015) الذي بين أن تأثير المواد ذات المدى النانوي في سلوك النباتات لا يخلو من التعقيد فالنوع الواحد من المواد النانوية يمكن أن يكون له تأثيرات مختلفة بحسب الأنواع النباتية المختلفة، فقد يكون التأثير إيجابي أو سلبي أو بدون تأثير، فضلاً عن دور تراكيز المواد النانوية المستخدمة فقد تكون ذات تأثير إيجابي في التراكيز الواطئة مثلاً ويكون سلبي في التراكيز العالية.

وضح Qureshi وآخرون (2018) أن الجزيئات النانوية تتميز بقدرتها على ترتيب ذراتها لتنعكس تأثيراتها ايجاباً على التفاعلات الكيميائية داخل الخلية النباتية وذات جاذبية عالية ومساحة سطحية كبيرة بسبب صغر حجم جسيماتها فضلاً عن سرعة ذوبانها سواء في الماء او في بعض المركبات الأخرى مما يسهل عليها اختراق الأسطح الملامسة لها مثل الأوراق والجذور.

تمتلك الجسيمات النانوية قدرة عالية على اختراق أنسجة النباتات ولا سيما عند اضافتها رشاً على المجموع الخضري (Ruttkay وآخرون، 2017).

وأكد Abdel-Aziz وآخرون (2016) أن المواد النانوية توجد في حزم الأوعية وعلى وجه التحديد في الأنابيب الغربالية لأوعية نسيج اللحاء وأن المستويات المنخفضة من الأسمدة النانوية تحُسن من امتصاص الماء والمغذيات وتعزز من نمو ونشاط النبات.

وقد عزا Siddiqui وآخرون (2014) أن سبب زيادة محتوى أوراق النباتات من صبغة الكلوروفيل الكلي إلى دور دقائق الأسمدة النانوية في زيادة سرعة النشاطات الأنزيمية مؤدياً إلى تحسين الفعاليات الحيوية ومن ثم تحفيز انقسام البلاستيدات الخضراء، وزيادة نشاط الأنزيمات التي تحد من إنتاج الأثيلين وتثبط عمله ودوره في نشاط إنزيم أكسدة الكلوروفيل والتي تنعكس ايجاباً على تأخير شيخوخة الأوراق.

2 – 4 - 2 استخدامات الكيتوسان النانوي في المجال الزراعي:

تعد النباتات منطقة التداخل والارتباط الكبرى بين المواد النانوية المستخدمة والبيئة أو المحيط الجوي أو المحيط الحيوي، وأن تأثيرات المواد النانوية في النباتات ونموها غير واضحة إلى حد ما وتحتاج إلى دراسات عميقة للوقوف على مدى خطورتها سواء على النباتات نفسها أو على البيئة بشكل عام لكون هذه المواد تستطيع أن تدخل إلى النباتات بطريقة وأخرى وتنتقل بداخلها، وتعد الدراسات في هذا المجال محدودة نسبياً واستنتاجاتها غير متطابقة (Hatami وآخرون، 2016).

على الرغم من وجود العديد من الدراسات عن تطبيق الكيتوسان في مجال القطاع الزراعي، الا أنه لم يتم القيام بالكثير من هذه الدراسات باستخدام الكايتوسان النانوي، (Hu وآخرون، 2002)، وأغلب هذه الدراسات كانت ضمن مجال تثبيط المسببات المرضية وخاصةً الفطريات وكذلك في مجال خزن وحفظ الفاكهة.

تطرق الباحث Ingle وآخرون (2008) إلى أهمية جسيمات الكايتوسان النانوية وتوضيح مميزاتها من خلال ما تحمله من خصائص الكايتوسان كمركب حيوي فضلاً عن خصائص الجسيمات النانوية مثل التركيب السطحي وصغر حجم الجزيئات وكمياتها الضخمة.

فقد أشار Fellet وآخرون، (2021) إلى أن أول من قام بصنع الكايتوسان النانوي هو Ouya وزملائه عام 1994.

أن جسيمات الكايتوسان النانوية مادة طبيعية ذات خصائص فيزيائية وكيميائية ممتازة اذ تعد صديقة للبيئة ونشطة بيولوجيًا وقد تم تحضير الكايتوسان النانوي بعدة طرق منها الربط الفيزيائي عن طريق التكوّن الأيوني بين الكايتوسان وجزيئات كبيرة سالبة الشحنة (Calvo وآخرون، 1997).

تم استخدام جسيمات النانو كايتوسان للحفاظ على الفواكه الطازجة مثل الفراولة (Eshghi وآخرون، 2014) والبشملة (Song وآخرون، 2016) والعناب (Yu وآخرون، 2012) واللونجان *Euphoria longan* (Shi وآخرون، 2013).

فقد بين Behboudi وآخرون (2019) إلى أن عملية الرش بالكايتوسان النانوي بتركيز (90 جزء في المليون) على نباتات القمح التي تعاني من نقص المياه أدى إلى تحسين الخصائص الكيميائية الحيوية والفسيولوجية للنباتات.

كما اظهرت الدراسة التي قام بها Attaran Dowom (2022) أن جسيمات الكايتوسان النانوية (CNPs) قد قللت من تأثير الإجهاد المائي الجفاف عند رش أوراق نبات *Salvia abrotanoides* (Kar) بها فقد أدت إلى تحسين من محتوى الماء النسبي بنسبة (12.65 %) والكلوروفيل الكلي بنسبة زيادة بلغت (63 %)، والكاروتينات بنسبة (68 %)، والفينول بنسبة زيادة بلغت (23.1 %)، والحامض الأميني البرولين بنسبة (49 %) فضلاً عن البروتينات بسنبة زيادة وصلت إلى (45.2 %) قياساً إلى معاملة المقارنة، وكذلك تم تعزيز نشاط وفعالية بعض الأنزيمات المضادة للأكسدة ديسموتاز بنسبة (86 %) وبوليفينول أوكسيديز (72.8 %).

كما بينت الدراسة التي قام بها Pirbalouti وآخرون (2017) أن المعالجة الخارجية للنباتات بالجزيئات النانوية للكايتوسان تسببت في تحسن كبير في الاستجابة المناعية الفطرية للنبات من خلال زيادة نشاط الإنزيم الدفاعي.

في حين أشار Ali وآخرون (2021) إلى دور جزيئات الكايتوسان النانوية في زيادة معدل التمثيل الضوئي وإغلاق الثغور وتقليل من عملية النتح في نبات *Catharanthus roseus* L.

وبين Arif وآخرون (2022) دور الكايتوسان النانوي في تعزيز محتوى الأوراق من صبغة الكلوروفيل والكاروتينات إضافة إلى دوره في زيادة امتصاص المعادن.

وقد أكد Bakhoum وآخرون (2022) دور مركب الكايتوسان النانوي في زيادة محتوى الأوراق من حامض البرولين والسكريات والأحماض الأمينية الأخرى (التعديل التناضحي والحفاظ على الضغط الانتفاخي) في نبات الترمس *Lupinus termis* L.

كما توصل Hassan وآخرون (2021) في دراسة على نبات *Catharanthus roseus* L. إلى أن جسيمات الكايتوسان النانوية (CNPs) كانت أكثر فعالية وتأثير من جسيمات الكايتوسان الطبيعي بدرجة كبيرة بسبب صغر حجمها (الحجم أقل من 100 نانومتر).

وفي دراسة على نبات البن أظهر الكايتوسان النانوي (CNPs) تأثيره على الفيزياء الحيوية وخصائص الشتلات عن طريق زيادة صبغة الكلوروفيل ومعدل البناء الضوئي وزيادة امتصاص العناصر الغذائية (Dzung وآخرون، 2011).

كما تم استخدام جسيمات الكايتوسان النانوية في القطاع الزراعي كمبيدات للآفات المرضية ومبيدات الأعشاب الضارة ومبيدات الحشرات فضلاً عن استخدامها لزيادة الحصول على المنتوجات الغذائية ذات الجودة الجيدة وذات المردود الاقتصادي العالي (Kumaraswamy وآخرون، 2018).

وبين Abdel-Aziz وآخرون (2016) أن عملية الرش الورقي باستخدام جزيئات الكايتوسان النانوي على نباتات القمح أدى إلى زيادة كبيرة في أداء النمو وعائد المحصول، ثبت أن المعاملة بالنانو كايتوسان ادى إلى زيادة نشاط مضادات الأكسدة في الطماطم (Zhu واخرون، 2019).

وتطرق Cicek وNadaroglu (2015) إلى أن السبب الرئيس لانخفاض الإنتاجية الزراعية يعود إلى العوامل البيئية مثل درجات الحرارة ومحتوى الرطوبة والآفات الزراعية والأعشاب الضارة، لذلك من المهم المراقبة المستمرة لنمو النبات حيث تعمل مستشعرات النانو كتقييم فعال آلي عن طريق نقل الكيمياء الحيوية النانوية والتغييرات الفسيولوجية على المستوى الكلي.

تبين في دراسة أخرى أجراها Priyaadharshini وآخرون (2019) أن التطبيق الورقي لمستحلب النانو كايتوسان على نبات الدخن اللؤلؤي تحت تأثير الجهاد المائي (الجفاف) يعزز الوضع المائي للنباتات عن طريق تقليل التوصيل الثغري وعملية النتح.

3- المواد وطرائق العمل:

3 - 1 موقع الدراسة:

أجريت الدراسة على شتلات شجيرات التيكوما *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth بعمر (10 أشهر) خلال المدة من بداية شهر شباط إلى شهر تشرين الأول من عام 2022، في الظلة المغطاة بالساران الأخضر بنسبة تظليل (50 %) من شدة الإضاءة الطبيعية، ضمن مشاتل العتبة الحسينية المقدسة - قسم الزينة والتشجير – الأمانة العامة للعتبة الحسينية المقدسة، الواقعة في قضاء الحسينية - منطقة الحافظ في مدينة كربلاء المقدسة عند تقاطع خط طول "05.4 ′05 °44 شرقاً وخط عرض "04.7 ′38 °32 شمالاً وعلى ارتفاع 31 م عن مستوى سطح البحر كما في الشكل (2).

الشكل (2) موقع الدراسة في مشتل العتبة الحسينية المقدسة

3 - 2 الظروف البيئية وعمليات الخدمة خلال فترة الدراسة:

3– 2 – 1 الظروف البيئية:

من المعروف أن للتربة دور أساسي ومهم في العلاقات المائية للنباتات، إذ أن لخصائص التربة الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية دوراً مهماً في التأثير على هذه العلاقة فنوع التربة وعمقها وخصوبتها وحرارتها وكائناتها الحية ومحتواها من المواد العضوية ومحتواها المائي وغيرها يمكن أن تكون أمثلة مهمة لهذه الخصائص التي من

شأنها التأثير المباشر وغير المباشر على العلاقة بين النباتات والماء، ولهذا تم تحليل التربة المستخدمة في الدراسة كما في الجدول (1) لبيان بعض من صفاتها الفيزيائية والكيميائية في مختبر الدراسات العليا التابع إلى قسم المحاصيل الحقلية في كلية الزراعة – جامعة كربلاء وكما يلي:

- تم تقدير نسبة المادة العضوية Organic Matter بطريقة الهضم الرطب Wet digestion وفق طريقة Welkely and Black التي ورد وصفها في (Jackson، 1958) وتبين من التحليل أن تربة الدراسة فقيرة جداً بالمادة العضوية التي بلغت نسبتها (0.827 غم. كغم$^{-1}$) فقط التي تعكس بوضوح رداءة خواص التربة الكيميائية والفيزيائية والبيولوجية ونقص كبير في المغذيات الجاهزة للشتلات، فضلاً عن دورها الكبير في زيادة ومضاعفة التأثيرات السلبية للإجهادات المائية (أبو ضاحي وأياد، 2007) وقد بين Spaccini وآخرون (2004) أن المواد العضوية الموجودة في التربة تزيد من النسبة المئوية لثباتية التجمعات المائية.
- كما يتبين من التحليل أن نسجة التربة كانت رملية بنسبة كبيرة بلغت (96.6 %) وبالتالي تكون قدرتها عالية على تصريف مياه السقي من خلال حبيباتها ذات الحجم الكبير التي تسبب عدم قدرتها على الاحتفاظ بالماء والمواد الغذائية بشكل ممتاز مما يؤدي إلى تعرض النباتات إلى الإجهادات المائية الشديدة فضلاً عن انخفاض الخصوبة وصعوبة نمو النباتات بشكل جيد.
- تم قياس درجة تفاعل التربة (p^H) باستعمال جهاز p^H meter لمعلق 1 تربة : 1 ماء حسب الطريقة الواردة في (Page وآخرون، 1982).
- تم قياس درجة التوصيل الكهربائي (EC) في راشح العجينة المشبعة للتربة باستخدام جهاز Conductivity Bridge حسب الطريقة الواردة في (Page وآخرون، 1982).

تم تسجيل بعض العناصر المناخية لموقع تنفيذ التجربة خلال المدة الدراسة حسب معطيات الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي - محطة أم غراغر للأنواء الجوية القريبة من موقع الدراسة وخاصة معدلات الامطار الشهرية ومعدل درجات الحرارة العظمى والصغرى حيث تراوحت درجات الحرارة العظمى ما بين 20.68 ˚م في شهر شباط و44.09 ˚م في شهر اب من نفسها وتراوحت درجات الحرارة الصغرى ما بين 2.12 ˚م في شهر شباط و25.29 ˚م في شهر اب من نفس السنة بينما لم تسقط الأمطار خلال مدة الدراسة باستثناء شهر شباط واذار وبمعدلات شهرية قليلة جداً بلغت على الترتيب 0.071 و0.303 ملم بينما لم تسجل سقوط أمطار في جميع الأشهر الأخرى خلال مدة الدراسة وبلغ المجموع الكلي للأمطار الساقطة (0.374 ملم) وبمعدل لم يتجاوز (0.053 ملم) طيلة مدة الدراسة كما في الجدول (2).

الجدول (1) بعض الصفات الفيزيائية والكيميائية لتربة الزراعة *

الصفات ووحدة القياس	القيمة
درجة تفاعل التربة p^H	7.78
التوصيل الكهربائي EC	1.12
المادة العضوية غم . كغم$^{-1}$	0.827
المحتوى الجاهز من العناصر الغذائية	
النتروجين غم . كغم$^{-1}$	0.126
الفسفور غم . كغم$^{-1}$	14.7
البوتاسيوم غم . كغم$^{-1}$	30.4
التوزيع الحجمي لمفصولات التربة (%)	
الرمل	96.6
الغرين	0.4
الطين	3
نسجة التربة	رملية

* حللت تربة الدراسة في مختبر التربة في كلية الزراعة – جامعة كربلاء

الجدول (2) المعدلات الشهرية لبعض العناصر المناخية لموقع التجربة خلال تنفيذ الدراسة *

الأشهر	درجة الحرارة الصغرى (°م)	درجة الحرارة العظمى (°م)	كمية الأمطار (ملم)	معدل الرطوبة النسبية الصغرى	معدل الرطوبة النسبية العظمى
شباط	2.12	20.68	0.071	23.11	80.23
اذار	5.88	22.67	0.303	16.86	66.99
نيسان	10.73	32.72	0.000	9.31	60.43
أيار	14.53	35.34	0.000	13.25	58.10
حزيران	18.63	42.27	0.000	8.56	57.92
تموز	19.80	43.84	0.000	7.40	49.77
اب	25.29	44.09	0.000	9.01	51.90

المصدر : معطيات الهيئة العامة للأنواء الجوية والرصد الزلزالي - محطة أم غراغر للأنواء الجوي*

3 - 2 – 2 عمليات الزراعة:

تم انتخاب شتلات التيكوما بعمر (10 أشهر) متجانسة الحجم والارتفاع والتفرعات الجانبية قدر الإمكان والسليمة من الإصابات المرضية والميكانيكية ، التي انتجت في مشتل العتبة الحسينية المقدسة من أصل بذري من بذور معتمدة ومصدقة تجارياً من شركة Pan American Seeds العالمية والتي زرعت على مراحل عديدة ابتداءً في اطباق الشتل بسعة (50) بادرة وبعد عمر شهر والنصف تم تحويل الدايات بارتفاع (7 سم) تقريباً إلى سنادين بلاستيكية سوداء اللون بقطر (17 سم) ذات تربة مزيجية، وفي بداية شهر شباط من عام 2022 وعند عمر (10 أشهر)

وارتفاع ما يقارب (50 سم) تم نقل الشتلات إلى سنادين بلاستيكية سوداء اللون بقطر (24 سم) لإجراء البحث قيد التنفيذ، حيث تم قشط تربة المشتل على عمق (10 سم) وفرش النايلون الزراعي وتغطيته مجدداً بالتربة للمحافظة على الجذور أولاً وسهولة اخذ القراءات الخاصة بالصفات الجذرية فيما بعد ثانياً وبعدها تم توزيع السنادين عشوائياً ضمن قطاعات التجربة داخل الظلة النباتية.

3 – 3 التصميم التجريبي المستخدم:

شملت الدراسة على ثلاثة عوامل هي:

العامل الأول: استخدام ثلاثة مستويات من الاجهاد المائي بإضافة ماء السقي (50 و75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية.

العامل الثاني: الكايتوسان العادي بثلاثة تراكيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$).

العامل الثالث: الكايتوسان النانوي بثلاثة تراكيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$).

وبذلك تصبح التجربة عامليه بثلاثة عوامل (3 x 3 x 3) فيكون عدد المعاملات العاملية (27) معاملة عاملية كما في الجدول (3)، أستخدم تصميم القطاعات العشوائي الكامل بثلاثة قطاعات وبهذا يكون عدد الوحدات التجريبية في هذه الدراسة (81) وحدة تجريبية وكل وحدة تجريبية مكونة من (5) مشاهدات (نباتات).

أجريت عملية تحليل البيانات إحصائياً لجميع الصفات المدروسة وفق تصميم التجربة باستخدام الحاسبة الإلكترونية وبرنامج SAS للتحليل الاحصائي (2012) كما تم مقارنة الأوساط الحسابية للمعاملات إحصائياً حسب اختبار دنكن متعدد الحدود Duncan's Multiple Range Test.

تم معاملة شتلات التيكوما بالمحلول المخصب الحيوي الكايتوسان العادي تركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من خلال رش أوراقها حتى البلل في منتصف شهر شباط من عام 2022 ليلاً وفي اليوم الثاني وبنفس التوقيت تم رش الشتلات بمحلول الكايتوسان النانوي تركيز (150و300 ملغم. لتر$^{-1}$)، وأعيد عملية الرش بالمخصب الحيوي ثلاث مرات وبين كل رشة وأخرى (30) يوماً.

أستمرت عمليات الخدمة من العزق والادامة فضلاً عن عمليات السقي بالكميات المحددة بنسب السعة الحقلية قيد الدراسة حتى نهاية التجربة في منتصف شهر تموز من عام 2022 لحين الانتهاء من تسجيل القراءات بحسب الصفات المدروسة.

الجدول (3) المعاملات العاملية المستخدمة في الدراسة

المعاملة	مقدار السقي (% من قيمة السعة الحقلية)	الكايتوسان العادي (ملغم. لتر$^{-1}$)	الكايتوسان النانوي (ملغم. لتر$^{-1}$)
1	50	0	0
2	50	0	150
3	50	0	300
4	50	150	0
5	50	150	150
6	50	150	300
7	50	300	0
8	50	300	150
9	50	300	300
10	75	0	0
11	75	0	150
12	75	0	300
13	75	150	0
14	75	150	150
15	75	150	300
16	75	300	0
17	75	300	150
18	75	300	300
19	100	0	0
20	100	0	150
21	100	0	300
22	100	150	0
23	100	150	150
24	100	150	300
25	100	300	0
26	100	300	150
27	100	300	300

3 – 4 طريقة تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة في الدراسة:

تم تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة في الدراسة من خلال اختيار ثلاثة سنادين معبأة بـ (7000 غم تربة / سندانة) من خلال تجفيفها هوائيا تحت الشمس بصورة تامة ثم تروى التربة إلى حد الاشباع الكامل بالماء وتترك لمدة 48 ساعة مع مراعاة تقليل كمية بخار الماء بوضع غطاء مكون من كيس بلاستيكي أسود اللون على كل سندانة

من السنادين الثلاثة وتترك السنادين حتى نزول أخر قطرة من الماء الجذبي عن طريق الثقوب السفلية ثم توزن مرة أخرى كما في الشكل (3) وثم أستخدم مستوى (50 و75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية بالطريقة الوزنية وحسب الطريقة الواردة في klute (1968) و(الغانمي وآخرون، 2015) وتحسب السعة الحقلية من خلال

وزن الماء المفقود = وزن التربة الرطب – وزن التربة الجاف

$$\text{النسبة المئوية للماء الموجود في 7000 غم تربة / سندانة} = \frac{\text{وزن الماء المفقود}}{\text{وزن التربة الجاف}} \times 100$$

تم ايجاد السعة الحقلية في السندانة الأولى والثانية والثالثة وبالتالي إيجاد معدل السعة الحقلية لتربة الدراسة وبحسب النسب المطلوبة من السعة الحقلية.

الماء المفقود في السندانة الأولى: 9250 – 7000 = 2250 غم

الماء المفقود في السندانة الثانية: 9040 – 7000 = 2040 غم

الماء المفقود في السندانة الثالثة: 9175 – 7000 = 2175 غم

حيث كانت السعة الحقلية في السندانة الأولى 32.142 %

حيث كانت السعة الحقلية في السندانة الثانية 29.142 %

حيث كانت السعة الحقلية في السندانة الثالثة 31.071 %

أي يكون معدل السعة الحقلية لتربة الدراسة 30.785 %

وبما أن المطلوب (50 و75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية

فان معدل كمية الماء المضاف الى كل سندانة من السنادين المزروعة عند (50 %) = 1077.5 مل

فان معدل كمية الماء المضاف الى كل سندانة من السنادين المزروعة عند (75 %) = 1616.25 مل

فان معدل كمية الماء المضاف الى كل سندانة من السنادين المزروعة عند (100 %) = 2155.0 مل

الشكل (3) طريقة تقدير السعة الحقلية للتربة المستخدمة في الدراسة

3 – 5 طريقة تحضير تراكيز الكايتوسان:

لتحضير تراكيز الكايتوسان العادي والنانوي يتم أولاً تحضير المحلول وفقاً لـ (Dzung وآخرون، 2011) عن طريق اذابة الكايتوسان في 100 مل من حامض الخليك الثلجي CH_3COOH تركيز (0.5 %) لمدة (12 ساعة) ولحين الوصول إلى الإذابة الكاملة، ثم يتم تخفيف هذا المحلول بإضافة الماء المقطر إلى التراكيز المطلوبة (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$ ماء مقطر).

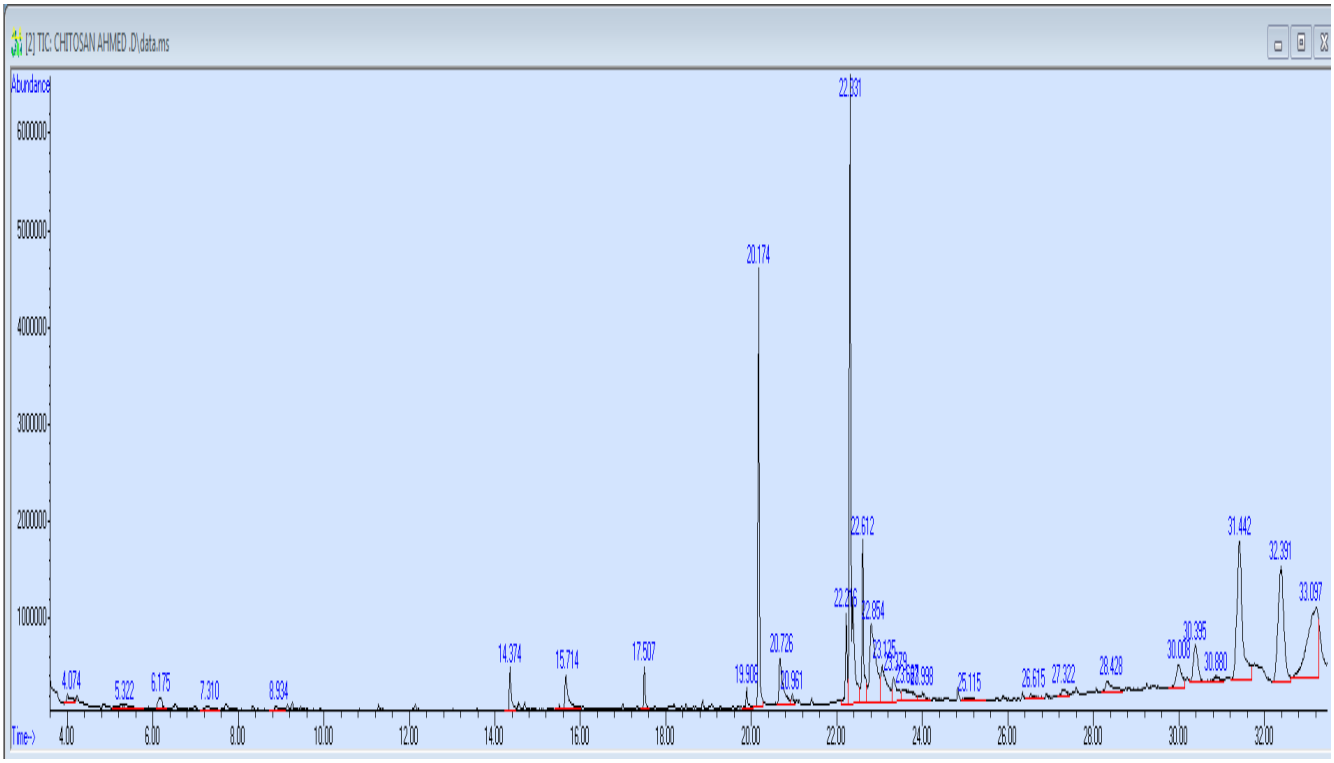
3 – 6 التحليل الكيميائي للمركب الحيوي الكايتوسان:

تم تحليل وتحديد مكونات المركب الحيوي الكايتوسان كيميائياً كما في الجدول (4) وشكل (4) باستخدام جهاز الكروموتوغرافيا الغاز GC Mass Spectrometer من شركة .Agilent Technologies Inc نوع (7820A) أمريكي الصنع كما في الشكل (5) باستخدام عمود الفصل طول (30 م) وقطر داخلي 250 مايكرون وباستخدام غاز الهليوم الذي يمثل الطور المتحرك للجهاز كغاز ناقل بنقاوة 99.99 % وحجم الحقن 1 ميكرو لتر في مختبرات وزارة الصناعة العراقية.

الجدول (4) بعض المكونات الكيميائية في المركب الحيوي الكايتوسان

ت	المركب	زمن الاحتجاز	المساحة %	الاسم الشائع والفعالية لبعض المركبات
1	2'-Hydroxy-4'-methoxyacetophenone (paeonol)	4.072	0.63	Paeonol من الفلافنويدات القوية وهي من مضادات الاكسدة التي توجد بشكل طبيعي في النباتات والتي تساعد بشكل فعال في تقليل الإصابات المؤكسدة وتحسين وظيفة المناعة
2	Butanoic acid	5.324	0.92	حامض زيتي عديم اللون ذو رائحة كريهة والمعروف بحامض الزبدة أو ايثل حامض الخليك
3	Octadecenoic acid	22.327	17.68	حامض دهني الفاتي طويل السلسلة الكربونية

يوجد في أوراق النباتات ويعمل على زيادة منظمات النمو النباتية وتعتبر من المواد النشطة بيولوجياً				
من المركبات المضادة للفطريات والمهمة جداً كمركبات مضادة للأكسدة	4.49	22.607	Methyl stearate	**4**
يسمى بحامض الزيت وهو حامض دهني أوميكا – 9 أحادي غير مشبع يوجد في جميع الدهون والزيوت وخاصة الزيتون واللوز	7.69	22.855	Oleic Acid	**5**
	1.80	23.665	Vitamin E	**6**
مبيد ومطهر حشري			Naphthalene	**7**
ميثيل بنزوات مادة عطرية ذات قدرة جيدة على التجفيف والكحول. بشكل عام يتم استخدامه لتضمين البارافين. بعد الجفاف عن طريق زيادة تركيزات الكحول ، يتم مسح العينة بواسطة ميثيل بنزوات ثم يتم دمجها في البارافين.	0.34	7.309	Benzoic acid, methyl ester	**8**
مضاد هو بالميتات الأسكوربيل ن يضاف فيتامين ألف ومركب تأكسد منخفض الدسم لتعويض فقد الحليب إلى الفيتامينات نتيجة إزالة دسم الحليب. توصل للفيتامين البالميتات إلى الشكل الكحولي فيتامين ، وذلك لجعل(*retinol*)ألف، .الحليب مستقرًا في ألف	8.64	20.169	Hexadecanoic acid	**9**
	0.76	6.176	(9-Oxo-9,10-dihydroacridin-4-yl)acetic acid (E)-2-bromobutyloxychalcone 1,4-Benzenediol, 2,6-bis(1,1-dimet hylethyl)-	**10**
	0.34	8.938	Octadecatrienoic acid	**11**
	1.25	14.376	Phenol, 2,5-bis(1,1-dimethylethyl)	**12**
	2.02	15.713	4-Fluorodiphenylmethane 4-(4-Aminophenyl)pyrimidin-2-amine Diphenyl sulfide	**13**
	0.91	17.504	Methyl tetradecanoate	**14**
	0.54	19.910	2-Fluoro-3-trifluoromethylbenzoic	**15**
	1.75	23.384	Cyclohexene, 1-pentyl-4-(4-propylc yclohexyl)-	**16**
غالبا ما توجد في مستخلصات النباتات الطبية	0.58	23.999	Cyclopropaneoctanal, 2-octyl-	**17**
	0.37	26.610	Cyclohexane, 1-(1,5-dimethylhexyl)	**18**
	0.63	27.322	Silane, dimethyl(2,2,2-trichloroet hoxy)	**19**
	1.39	28.422	Octasiloxane	**20**
	2.00	30.008	.gamma.-Sitosterol	**21**
	0.57	30.882	Oxiranedodecanoic acid	**22**
	11.79	31.443	Lup-20(29)-en-3-one	**23**
مضادة للأكسدة ومضادة للطفرات	9.93	32.393	Lupeol	**24**
	11.24	33.094	Dodecane, 4,9-dipropyl-	**25**



الشكل (4) تحليل الكروموتوغرافيا الغاز GC Mass Spectrometer للمركب الحيوي الكايتوسان

الشكل (5) جهاز الكروموتوغرافيا الغاز GC Mass Spectrometer

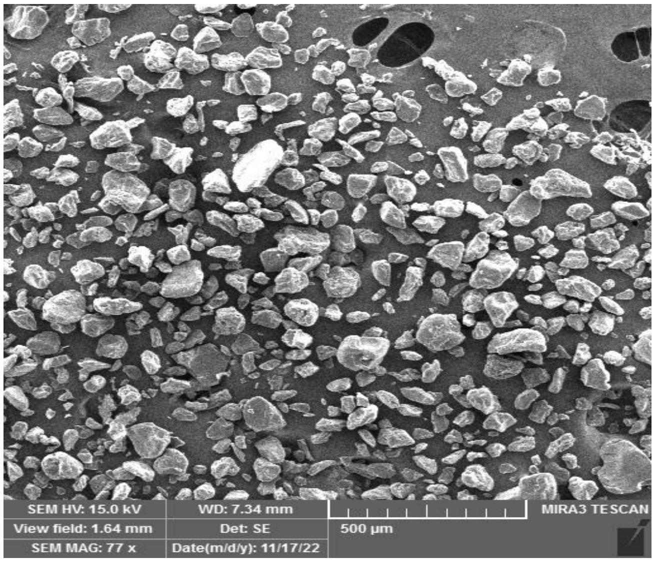
3 – 7 الخواص التركيبية للمركب الحيوي الكايتوسان:

ازداد الاهتمام بدراسة المركبات النانوية ومعرفة خصائصها الكيميائية والفيزيائية المميزة في السنوات الأخيرة الناتجة عن تأثير حجم الحبيبات للمواد والمركبات النانوية (Parviz، 2011) ولهذا تم دراسة الخواص التركيبية للمركب الحيوي الكايتوسان النانوي باستعمال تقنية فحص حيود الأشعة السينية (XRD) كما في الشكل (6) وكذلك بالمجهر

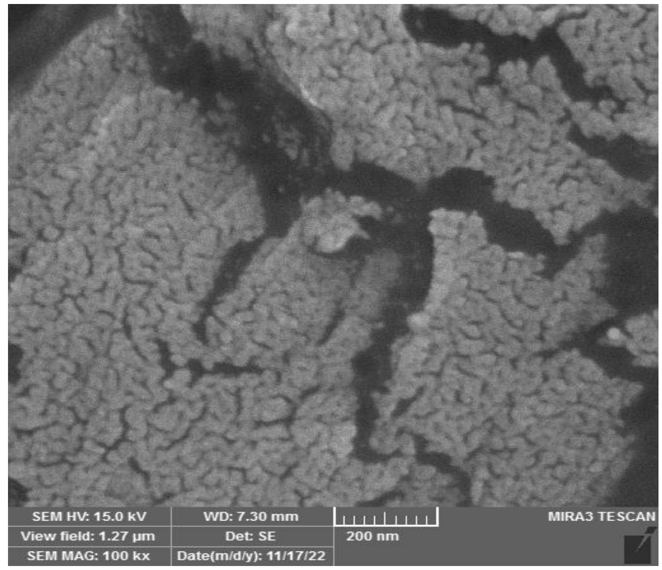
الإلكتروني الماسح Scanning Electron Microscopy (SEM) كما في الشكل (7) في مختبر المجهر الالكتروني بجامعة كاشان في جمهورية ايران الاسلامية (XRD Laboratory – University of Kashan) للتأكد من أن الحجم الحبيبي للمركب الحيوي الكايتوسان يقع ضمن المدى النانوي وقد تبين من خلال فحص المجهر الالكتروني الماسح أن الجسيمات النانوية تتخذ أشكالاً أكثر انتظاماً وزيادة في المساحة السطحية على عكس الجسيمات غير النانوية التي اتخذت أشكالاً عشوائية غير منتظمة ومبعثرة مع قلة المساحة السطحية كما في الشكل (8).

الشكل (6) تقنية فحص حيود الأشعة السينية (XRD)

الشكل (7) جهاز المجهر الالكتروني الماسح (SEM)



1: Normal chitosan



2: Nano chitosan

الشكل (8): صورة بالمجهر الإلكتروني للكيتوزان العادي والنانوي.
1- الكايتوسان العادي Normal chitosan
2- الكايتوسان النانوي Nano chitosan

3 – 8 الصفات المدروسة:

3 – 8 – 1 الزيادة في ارتفاع الشتلات (سم): تم قياس الزيادة بإيجاد فرق الارتفاع قبل وبعد معاملات التجربة وباستخدام شريط قياس مدرج من سطح التربة (منطقة اتصال الساق بالجذر) الى أعلى قمة الساق الرئيس في كل وحدة تجريبية لمعاملات التجربة المستخدمة.

3 – 8 – 2 الزيادة في قطر الساق الرئيس (ملم): يتم قياس الزيادة بإيجاد فرق القطر على ارتفاع (5 سم) من سطح تربة الكيس قبل وبعد معاملات التجربة وباستخدام القدمة الرقمية (Vernier).

3 – 8 – 3 الزيادة في عدد الأوراق على النبات الواحد (ورقة. شتلة$^{-1}$): يتم حساب الزيادة في عدد الأوراق الكلية بإيجاد فرق العدد قبل وبعد معاملات التجربة لجميع الأوراق بالنسبة لمعدل النبات الواحد في كل وحدة تجريبية لكل معاملة من معاملات التجربة.

3 – 8 – 4 الزيادة في عدد الأفرع على الساق الرئيس (فرع. شتلة$^{-1}$): يتم حساب الزيادة في عدد التفرعات على الساق الرئيس بإيجاد فرق عدد الأفرع للساق الرئيس قبل وبعد معاملات التجربة لجميع الأفرع بالنسبة لمعدل النبات الواحد في كل وحدة تجريبية لكل معاملة من معاملات التجربة.

3 – 8 – 5 طول الجذر الرئيس (سم): يتم حساب معدل طول الجذر الرئيس باستخدام شريط قياس مدرج من قاعدة الجزء الخضري (منطقة اتصال الساق بالجذر) الى أعلى قمة الجذر الرئيس.

3 – 8 – 6 قطر الجذر (ملم): يتم حساب معدل قطر الجذر (ملم) بحسب (Schenk وBarber، 1980)

$$D = 2 \times \sqrt{\frac{v}{l} \times \pi}$$

حيث أن D = قطر الجذر (سم^3)
V = حجم الجذر (سم)
L = طول الجذر (سم)
Π = النسبة الثابتة (7/22)

3 – 8 – 7 حجم الجذر (سم^3): يتم قياسه بدلالة حجم المجموع الجذري للنباتات باستعمال أسطوانة مدرجة معلومة الحجم من الماء وحساب الازاحة.

3 – 8 – 8 الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم): تم تجفيف المجموع الجذري لثلاث شتلات في كل وحدة تجريبية عشوائياً بعد فصله عن المجموع الخضري وازالة ما هو عالق فيه من الاتربة ، وتم التجفيف باستخدام فرن كهربائي بدرجة حرارة 70 ˚م ±1 ولحين ثبوت الوزن ثم وزن العينات باستخدام ميزان كهربائي حساس ذي حساسية 0.0001 ملغم واستخرج متوسطها.

3 – 8 – 9 المحتوى الرطوبي النسبي Relative Water Content (%):

تم تقدير المحتوى الرطوبي في أوراق نبات التيكوما وفقاً للطريقة التي جاء بها (Siddique وآخرون، 2000) من خلال وزن 20 ورقة رطبة لكل شتلة من شتلات الوحدات التجريبية بميزان حساس ذي حساسية 0.0001 وتسجيل وزنها الرطب ومن ثم تغمر في الماء المقطر لمدة 16 – 18 ساعة عند درجة حرارة الغرفة 23 – 25 ˚م وتحت ظروف الانارة المنخفضة بهدف إشباع الأوراق بالماء المقطر وتسجيل وزن الأوراق الانتفاخي في حالة التشبع Turgid Weight ومن ثم تم تجفيف الأوراق في الفرن الكهربائي عند درجة الحرارة 70 ˚م ± 1 وإلى ثبوت الوزن وتسجيل الوزن الجاف للأوراق ومن ثم حساب المحتوى الرطوبي النسبي للأوراق لكل معاملة وفقاً للعلاقة الرياضية الأتية

$$\text{المحتوى الرطوبي النسبي للأوراق (\%)} = \frac{\text{الوزن الرطب – الوزن الجاف للورقة}}{\text{الوزن الانتفاخي – الوزن الجاف للورقة}} \times 100$$

3 – 8 – 10 دليل درجة ثبات الاغشية الخلوية أو دليل الضرر (%):

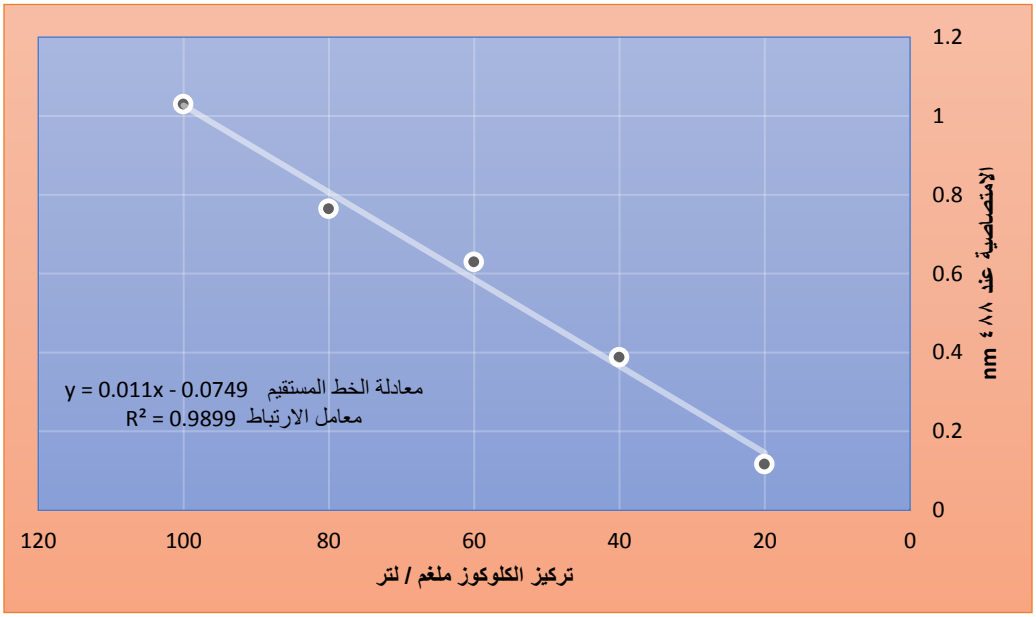
تم تقدير ثباتية الغشاء البلازمي لخلايا أوراق شتلات التيكوما من دراسة تسرب المواد من خلايا الورقة قبل وبعد إتلافها من خلال دراسة امتصاصها للأشعة فوق البنفسجية وذلك استناداً إلى Ehret وآخرون (1990) حيث تم أخذ أوراق الشتلات السليمة الخضراء تامة النضج، وقطعت إلى قطع صغيرة بطول 2 سم تقريباً، ووضعت في قناني زجاجية سعة 50 سم^3 بمعدل 20 قطعة في كل قنينة ، وذلك بعد غسلها جيداً بالماء المقطر لعدة مرات لغرض إزالة الأتربة والغبار من عليها، ومن ثم أضيف 25 مل من الماء المقطر ووضعت القناني في حمام مائي بدرجة حرارة 25 ْم ولمدة 24 ساعة، بعد ذلك جرى قياس الامتصاصية Absorbance للمحاليل عند الطول الموجي 280 نانوميتر باستعمال جهاز قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer، ثم أعيدت المحاليل إلى حاوياتها وجرى تجميدها بعد وضعها في المجمدة وبدرجة حرارة (-4 ْم) ولمدة 24 ساعة، ثم تركت عند درجة حرارة الغرفة لتذوب، وبعد ذوبانها وضعت في حمام مائي عند درجة حرارة 25 ْم ولمدة 2 – 3 ساعة مع استخدام الهزاز، بعدها جرى قياس الامتصاصية لتلك المحاليل عند نفس الطول الموجي، وقد حسبت النسبة المئوية للتسرب للراشح Leakage(%) من المعادلة الأتية:

$$\text{نسبة الراشح (\%)} = \frac{\text{الامتصاصية قبل التجميد}}{\text{الامتصاصية بعد التجميد}} \times 100$$

3 – 8 – 11 تقدير محتوى الأوراق من الكربوهيدرات الكلية (ميكروغرام. غم$^{-1}$ وزن جاف):

تم تقدير محتوى الأوراق من الكربوهيدرات الكلية حسب الطريقة التي أوردها Kerepesi وGaliba (2000) ، إذ تم أخذ 0.1 غرام من الأوراق الجافة وسحقت في 10 مل من الماء المقطر ثم وضعت في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة على 3000 دورة / دقيقة لفصل الراشح عن الراسب ثم أُخذ الراشح وأكمل الحجم إلى 10 مل ماء مقطر بعدها أخذ 1 مل من الراشح وأضيف له 1 مل من الفينول تركيز 5 % و5 مل من حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 وترك لمدة 15 دقيقة ليكتمل التفاعل ، وبعدها حضنت العينات في حمام مائي على درجة حرارة 25 - 30 °م لخفض درجة حرارة التفاعل وضمان التجانس لمدة 20 دقيقة وتمت قراءة طيف الامتصاص للون الناتج من التفاعل على الطول الموجي 488 نانوميتر بواسطة جهاز المطياف الضوئي Spectrophotometer. اعتمد في حساب تركيز الكربوهيدرات الذائبة على إيجاد معادلة الخط المستقيم ($y = a + b x$) بدلالة قيم الامتصاصية كمتغير معتمد (y) ازاء تراكيز الكلوكوز كمتغير مستقل(x) والاستعانة ببرنامج Microsoft Excel الخاص بشركة Microsoft Office بدلاً من طريقة التسقيط على المنحنى القياسي القديم حيث تم تحديد المنحنى القياسي للكلوكوز بتحضير المحلول الأساس لسكر الكلوكوز بإذابة 100 ملغم من سكر الكلوكوز في لتر واحد ماء مقطر ومنه حضرت التراكيز الاخرى 100 و80 و60 و40 و20 ملغم. لتر$^{-1}$ ثم أخذ 1 مل من كل تركيز وأضيف له

1مل من الفينول تركيز 5 % و5 مل حامض الكبريتيك المركز وحضنت في حمام مائي على درجة حرارة 25 - 30 °م لمدة 20 دقيقة ثم قيست الامتصاصية على الطول الموجي 488 نانوميتر وكان شكل المنحنى القياسي ومعادلة الخط المستقيم كما في الشكل (9) ثم جرى حساب تركيز الكربوهيدرات وفقاً لمعادلة الخط المستقيم y = 0.011x - 0.0749 .



الشكل (9) : المنحنى القياسي لسكر الكلوكوز

3 – 8 – 12 تقدير نسبة البروتينات الكلية (%): يتم تقدير النسبة المئوية للبروتينات من خلال تقدير النسبة المئوية للأوراق الطرية من النتروجين بواسطة جهاز مايكروكلدال Micro Kjeldahl ، ثم يتم تحويل النسبة المئوية للنتروجين إلى النسبة المئوية للبروتين استناداً إلى محتوى البروتين من النتروجين (معامل التحويل = 6.25) (Thachuk وآخرون، 1077 وFAO، 1973)

% Protein = % N X 6.25

3 – 8 – 13 تقدير محتوى الأوراق من الكلوروفيل a وb والكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب):

جرى تقدير محتوى الأوراق الطرية من كلوروفيل a و b و الكلي في أوراق شتلات التيكوما المكتملة النمو حسب الطريقة التي اتبعها McKinney، (1941) إذ أخذ 100 ملغم من وزن أوراق نباتات الدراسة الطرية، وقطعت إلى عدة قطع صغيرة بواسطة مقص وطحنت في هاون خزفي بوجود 6 مل من الأسيتون تركيز 80 % حتى أصبح لون الراسب خالياً من الصبغة الخضراء ثم فصل الرشح عن الراسب باستخدام جهاز الطرد المركزي Centrifuge بسرعة 1600 مدة 10 دقائق ثم جمع المستخلص في أنابيب حجمية مغطاة بورق معتم معين وذلك لحجب الضوء عن الكلوروفيل منعاً لأكسدة الصبغة ضوئياً وأكمل الحجم بإضافة الأسيتون ثم قيست الكثافة الضوئية Absorbance للراشح بواسطة قياس الطيف الضوئي Spectrophotometer عند الطولين الموجيين 645 و663 نانوميتر وبالاستعانة بالمعادلات الآتية في أدناه تم تقدير تركيز كلوروفيل a و b والكلي في أوراق النباتات محسوبة على أساس ملغم. غم$^{-1}$ نسيج نباتي طري :

$$\textbf{Chlorophyll A} = [12.7\ (D663) - 2.69\ (D645)] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\textbf{Chlorophyll B} = [22.9\ (D645) - 4.68 (D663)] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

$$\textbf{Total Chlorophyll} = [20.2\ (D645) + 8.02\ (D663)] \times \frac{V}{1000 \times W}$$

حيث إن :

V : الحجم النهائي للرشح بعد إتمام عملية الفصل بوساطة جهاز الطرد المركزي .

D : قراءة الكثافة الضوئية للكلوروفيل المستخلص .

W : الوزن الطري (غم) .

3 – 8 – 14 تقدير نسبة العناصر الغذائية NPK (%):

3 – 8 – 14 – 1 تقدير نسبة عنصر النتروجين (%) في الأوراق: قدرت نسبة النتروجين بطريقة كلدال باستخدام جهاز مايكروكلدال Micro- Kjeldahl والتي تتضمن ثلاث مراحل .

مرحلة الهضم (Digestion) : اتبع طريقة Schuffelen وآخرون (1961) حيث جففت العينات النباتية في فرن كهربائي على درجة حرارة 70 $^{\circ}$م ± 1 لمدة 72 ساعة ولحين ثبات الوزن ثم طحنت العينات وأخذ منها 0.4 غم وهضمت باستخدام 10سم^3 حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 97 % لمدة 24 ساعة ثم سخنت العينات على مصدر حراري في جهاز طرد الغازات وعند تصاعد الأبخرة تم إضافة قطرات من حامض البيركلوريك المركز $HClO_4$ لحين تغير لون العينات إلى اللون الرائق للمستخلص الذي استعمل بعد تخفيفه بالماء المقطر في قنينة حجمية سعة 50 سم ^{3} .

مرحلة التقطير (Distillation) : بعد إتمام عملية الهضم تم تقدير النتروجين في العينة بواسطة جهاز مايكروكلدال Micro Kjeldahl بأخذ 5 سم^3 من العينة المهضومة وأضيف اليها 10 سم^3 من هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيز40 % لتقطير محتوى العينة من الامونيا المتصاعدة بفعل الحرارة داخل بيكر سعة 50 سم ^{3} والحاوي على 10 سم ^{3} من حامض البوريك والصبغات المستخدمة كدليل الأزرق مثيل Bromocresol Blue methyl والأحمر مثيل Red methyl بتراكيز معينة لإعطاء اللون الأخضر في الوسط القاعدي وذلك لمعرفة نقطة انتهاء التفاعل.

مرحلة التسحيح : أجريت عملية تسحيح محتويات البيكر الحاوي على الامونيا المقطرة مقابل حامض الهيدروكلوريك HCl عياريته 0.014 وحساب الكمية المضافة من HCl عند تغير لون دليل المخلوط الأخضر إلى اللون الأحمر البنفسجي ومن ثم حسبت نسبة النتروجين بتطبيق المعادلة الآتية:

$$N\% = \frac{V1 \times N1 \times V2 \times 14 \times 100}{A \times B \times 1000}$$

حيث أن:

V1 = حجم حامض الـ HCl سم^3 من السحاحة.

N1 = عيارية حامض HCl المستعمل.

14 = الوزن الذري المكافىء للنتروجين.

100 = التحويل إلى النسبة المئوية.

V2 = حجم العينة المهضومة المخففة (50 سم ^{3}) أي الحجم المستخلص الكلي.

A = حجم المستخلص المستخدم (5 سم ^{3}) الموضوع في جهاز التقطير.

B = وزن العينة النباتية الجافة المستخدمة في عملية الهضم (0.4 غم).

1000 = لتحويل الملغم إلى الغرام.

3 – 8 – 14 – 2 تقدير نسبة عنصر الفسفور (%) في الأوراق: قدرت نسبة الفسفور لونيا بطريقة Ascorbic acid وفقاً لطريقة (Matt، 1970) والمعدلة من قبل (Olsen وSommers، 1982) التي تعتمد على تكوين مركب أزرق اللون (المولبيديوم) بوجود عامل مختزل باستخدام حامض الاسكوربيك (إبراهيم وآخرون، 2000) وكما يلي:

أولاً: تحضير Reagent A

- يخفف 140 مل من حامض الكبريتيك المركز H_2SO_4 إلى 360 مل ماء مقطر .
- إذابة 20غم مولبيدات الامونيوم Ammonium molybdate $(NH_4)_6MO_7O_{24}.4H_2O$ في (300 مل) ماء مقطر .

١- 0.5 ٪ انتيمون بوتاسيوم ترتريت

٢- جمعت المركبات في بيكر حجمي سعة 1000 مل وأكمل الحجم إلى العلامة .

ثانياً: تحضير Reagent B

بإذابة 3.74 غم من حامض الاسكوربيك Ascorbic acid في 340 مل من Reagent A

ثالثاً : اخذ 1 مل من العينة المهضومة مع 4 مل من Reagent B المحضر وأكمل المحلول إلى 50 مل ماء مقطر ثم قدر الفسفور بواسطة جهاز الطيف اللوني Spectrophotometer على الطول الموجي 882 نانوميتر ، وتم تقدير النسبة المئوية للفسفور في أوراق الشتلات حسب المعادلة الآتية:

$$\text{الفسفور (\%)} = \frac{\text{قراءة الجهاز x الثابت}}{1000} \times \frac{\text{حجم المستخلص}}{1000} \times \frac{50}{1} \times \frac{100}{0.4}$$

3 – 8 – 14 – 3 تقدير نسبة عنصر البوتاسيوم (%) في الأوراق: قدرت نسبة البوتاسيوم والكالسيوم وفقا لطريقة (Richards ، 1945) بواسطة جهاز Flame Photometer .

3 – 8 – 15 تقدير فعالية انزيم الكتاليز (وحدة كتاليز. غم$^{-1}$): Estmation of Catalase Activity

قدرت فعالية انزيم الكتاليز كأحد مضادات الأكسدة الأنزيمية حسب طريقة (Aebi، 1984) إذ أن مزيج التفاعل يتكون من 20 مايكرو لتر من المستخلص الأنزيمي مضافاً إليه 1 مل من محلول بيروكسيد الهيدروجين المحضر من محلول Potassium phosphate buffer بتركيز (20 mM) و p^H متعادل (7) وأن هذا المحلول يمتص الضوء على طول موجي 240 نانوميتر ويلاحظ انخفاض الامتصاصية مع مرور الوقت.

ويتم تحضير المحلول Potassium phosphate buffer من:

- محلول A: يحضر من اذابة (0.345 غم) من مادة H_2HPO_4 في كمية من الماء المقطر ثم يكمل الحجم إلى 100 مل.

- محلول B: يحضر بإذابة (0.270 غم) من KH_2PO_4 في كمية قليلة من الماء المقطر ثم يكمل الحجم إلى 100 مل.

- محلول (H_2O_2) تركيز 10ملي مولر (mM): يحضر من اذابة (1.0306 مل) من محلول H_2O_2 بتركيز (30 %) في كمية قليلة من البوتاسيوم فوسفيت بفر بتركيز (2 mM) ثم يكمل الحجم إلى 100 مل.

يتم استخلاص الانزيم Extraction of enzyme من خلال سحق 1 غم من اوراق النبات الطرية مع 10 مل من محلول الفوسفيت بفر بإضافة 0.3 غم من مادة بولي فينيل بيروليدون Polyvinylpyrrolidone (PVP) اثناء السحق باستعمال الهاون الخزفي تحت جريش الثلج ثم يرشح المستخلص من خلال قماش الشاش ونبذ الراشح مركزياً بقوة 1000 دورة في الدقيقة لمدة 10 دقائق وبدرجة حرارة 4 °م.

طريقة العمل: يتم سحب 20 ميكرولتر من المستخلص الأنزيمي وأضيف اليه 1 مل من محلول بيروكسيد الهيدروجين وحضن لمدة دقيقة واحدة بدرجة حرارة 25 °م ثم يتم أخذ القراءات الخاصة بتقدير فعالية الأنزيم عند الطول الموجي 240 نانوميتر ومن ثم يتم حساب فعالية الأنزيم حسب المعادلة:

$$CAT\ (U/Ml) = A_1/A_2\ X\ 2.3/At\ x\ Vt/Vs$$

$$CAT(U/gm) = CAT(U/Ml)\ x\ 1/C$$

حيث أن:

A_1 تمثل الامتصاصية في زمن الصفر

A_2 تمثل الامتصاصية بعد مرور دقيقة واحدة

At تمثل التغير في الزمن (1 دقيقة)

Vt تمثل حجم المحلول الكلي

Vs تمثل حجم المستخلص

C تمثل تركيز محلول البفر المستعمل في عملية السحق.

3 – 8 – 16 تقدير نسبة البرولين (%) في الأوراق:

تم تقدير تركيز حامض البرولين بحسب طريقة Bates وآخرون (1973) من خلال أخذ (0.5 غرام) من عينات الأوراق النباتية المجففة على درجة حرارة 70 ْم في الفرن الكهربائي وثم سحقها بوجود (10مل) من محلول الاستخلاص حامض السلفوساليسيليك تركيز (3 %) Sulfosalicylic acid في هاون خزفي، وثم رشح باستخدام ورق ترشيح نوع Whatman رقم 2، ثم أخذ (3 مل) من الراشح وأضيف له (3 مل) من محلول مائي من كاشف حامض النينهادرين Ninhydrin acid reagent و(3 مل) من حامض الخليك الثلجي تركيز (85 %) Glacial acetic acid في أنبوب اختبار، ثم حضن المزيج في حمام مائي على درجة حرارة 100 ْم لمدة (60 دقيقة) وبعدها وضع المزيج مباشرة في الثلاجة لمدة (15 دقيقة) وأضيف للمزيج (5 مل) من مادة التولوين Toluene وثم تم خلط المزيج جيداً لمدة (20 ثانية) وفصلت طبقة التولوين الحمراء مع ما تحمله من برولين ومن ثم تم قياس تركيز اللون عند الطول الموجي 520 نانوميتر باستخدام جهاز قياس الطيف الضوئي باستخدام (5 مل) من مادة التلوين فقط كـ Blank وتم تقدير محتوى حامض البرولين في الأوراق وفق المعادلة:

$$\text{البرولين (ملغم. غرام}^{-1}\text{)} = \frac{\text{التركيز جزء بالمليون x حجم محلول الاستخلاص x معامل التخفيف}}{\text{1000 x وزن العينة المستخلصة x حجم محلول العينة المقدرة}}$$

طريقة تحضير كاشف النينهايدرين:

حضر محلول النينهايدرين القياسي بمزج 1.25 غم من النينهايدرين مع 30 مل من حامض الخليك و20 مل من حامض الفسفوريك 6 مولاري، وسخن المزيج مع التحريك المستمر على جهاز التسخين الهزاز حتى الذوبان، واستعمل هذا المحلول خلال 24 ساعة من تحضيره لأنه يتحلل بعدها ويصبح غير صالح للاستعمال، ويحفظ في الثلاجة بدرجة 4 مْ.

4 - النتائج والمناقشة Results and discussion:

4 – 1 النتائج Results:

4 – 1 – 1 تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي في صفات النمو الخضري والجذري لشتلات التيكوما:

4 – 1 – 1 – 1 الزيادة في ارتفاع الشتلات (سم. شتلة$^{-1}$):

يتضح من الجدول (5) وجود فروق معنوية بين تأثير جميع المعاملات المنفردة للعوامل الثلاثة المدروسة في صفة الزيادة في ارتفاع الشتلات، فقد وجد زيادة في ارتفاع شتلات التيكوما وصلت إلى حد المعنوية عند معاملتها بـأدنى اجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وبمعدل زيادة بلغ (59.55 سم. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى جميع معاملات الاجهادات الأخرى إذ أعطت معاملة الشتلات بالإجهاد المائي بنسبة (50 و75 %) من قيمة السعة الحقلية أدنى معدل زيادة في ارتفاع الشتلات بلغ على الترتيب (57.55 و57.51 سم. شتلة$^{-1}$)، ويظهر الجدول نفسه وجود فروق معنوية بين التراكيز المستخدمة من المركب الحيوي الكيتوسان العادي ، فقد سجل التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى زيادة معنوية في ارتفاع الشتلات وبمعدل بلغ (66.07 سم) وبنسبة زيادة بلغت (33.15 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلات امتازت بأدنى زيادة في ارتفاع الشتلات بلغت (49.62 سم. شتلة$^{-1}$)، كما تبين بيانات التحليل الاحصائي تفوق شتلات التيكوما التي عوملت بتركيز (300 و150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي معنويا في الصفة المدروسة وبمعدل زيادة في ارتفاع الشتلات بلغ على الترتيب (64.29 و58.85 سم. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلات امتازت بأدنى زيادة في الارتفاع بلغ معدلها (51.48 سم. شتلة$^{-1}$).

ويلاحظ من بيانات التداخل الثنائي بين العوامل المدروسة أن الزيادة في ارتفاع شتلات التيكوما وصلت إلى أقصى معدلاتها عند تداخل معاملة الشتلات بـأدنى إجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي بمعدل بلغ (67.77 سم. شتلة$^{-1}$) في حين سجل أدنى زيادة في ارتفاع شتلات التيكوما عند معاملتها بأعلى نسبة إجهاد مائي (50 %) من السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (49.11 سم. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة وصلت إلى (37.99 %).

كما يلاحظ أن معاملة الشتلات بـنسبة إجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة رش الشتلات بالكيتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعطت أعلى ارتفاع للشتلات الناتجة وبمعدل زيادة بلغ (65.22 سم. شتلة$^{-1}$) في حين سجل زيادة منخفضة في ارتفاع الشتلات التي عوملت بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان النانوي بمعدل بلغ (51.00 سم. شتلة$^{-1}$).

أما فيما يتعلق بالتداخل الثنائي بين الكيتوسان العادي والنانوي فقد أشار الجدول (5) إلى انتاج شتلات امتازت بزيادة معنوية في صفة ارتفاع الشتلات عند رشها بأعلى التراكيز المستخدمة من المخصب الحيوي العادي والنانوي بلغ معدلاتها (71.77 سم. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأدنى زيادة في الارتفاع وبمعدل بلغ (40.44 سم. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (77.47 %).

يلاحظ من نتائج التداخل الثلاثي للمعاملات المدروسة أن تداخل قيمة السعة الحقلية (100 %) مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي قد أعطت أفضل زيادة في ارتفاع شتلات التيكوما بمعدل بلغ (72.33 سم. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة كبيرة بلغت (63.16 %) قياساً إلى معاملة التداخل الثلاثي بنسبة إجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي التي أعطت زيادة منخفضة في ارتفاع الشتلات بمعدل بلغ (44.33 سم. شتلة$^{-1}$).

الجدول (5): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في ارتفاع شتلات التيكوما (سم. شتلة$^{-1}$).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	44.33 m*	51.00 l	56.00 ijk	49.11 g	57.55 b
	150	55.00 jk	61.00 fg	61.33 fg	59.11 d	
	300	57.66 hi	63.33 def	72.33 a	64.44 c	
75	0	39.33 m	50.66 l	57.33 hij	49.11 g	57.51 b
	150	50.33 l	56.66 ijk	65.33 bcd	57.44 e	
	300	61.00 fg	66.33 bc	70.66 a	66.00 b	
100	0	41.66 m	51.00 l	59.33 gh	50,66 f	59.55 a
	150	54.66 k	62.00 ef	64.00 cde	60.22 d	
	300	63.33 def	67.66 b	72.33 a	67.77 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		51.48 c	58.85 b	64.29 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	51.00 f	58.44 d	63.22 b	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	50.22 f	57.88 d	64.44 ab		
	100	53.22 e	60.22 c	65.22 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	40.44 h	50.88 g	57.55 e	49.62 c	
	150	53.33 f	59.88 d	63.55 c	58.92 b	
	300	60.66 d	65.77 b	71.77 a	66.07 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 2 الزيادة في قطر الساق الرئيس للشتلات (ملم. شتلة$^{-1}$):

تشير نتائج الجدول (6) إلى عدم وجود فروق معنوية بين جميع قيم السعة الحقلية المستخدمة في صفة الزيادة في قطر الساق الرئيس على الرغم من أن القيم الكبيرة من السعة الحقلية (75 و100 %) قد أعطت شتلات بأقطار كبيرة في سيقانها الرئيسية الا أنها لم تصل إلى حد المعنوية قياساً إلى معاملة الاجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية ، في حين أشارت نتائج التأثير المنفرد لكل من عاملي المركب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي إلى زيادة معنوية في صفة الزيادة في قطر ساق شتلات التيكوما، فقد سجل التركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي أعلى زيادة معنوية في قطر ساق الشتلات وبمعدل بلغ على الترتيب (2.148 و2.440 ملم. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة وصلت بالتتابع (20.94 و37.38 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلات بسيقان ضعيفة بلغ معدلها (1.776 ملم. شتلة$^{-1}$)، وكذلك الحال بالنسبة للكايتوسان النانوي فقد سجل التركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى زيادة معنوية في قطر ساق الشتلات وبمعدل بلغ على الترتيب (2.133 و2.370 ملم. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة وصلت بالتتابع (14.36 و27.07 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلات بسيقان ضعيفة بلغ معدلها (1.865 ملم. شتلة$^{-1}$).

يلاحظ من بيانات التداخل الثنائي بين العوامل المدروسة أن أفضل قطر لسيقان الشتلات سجل عند تداخل معاملة الشتلات بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية مع التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ على الترتيب (2.511 و2.455 ملم. شتلة$^{-1}$) في حين سجل أدنى زيادة في قطر الشتلات عند معاملتها بنسبة (50 %) من السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (1.737 ملم. شتلة$^{-1}$).

كما يلاحظ أن معاملة الشتلات بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة رش الشتلات بالكيتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) قد أعطت أعلى القيم في الصفة المدروسة وبمعدل بلغ على الترتيب (2.577 و2.288 ملم. شتلة$^{-1}$) في حين سجلت معاملة التداخل بين (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان النانوي أدنى قيمة في معدل قطر الساق بلغ (1.812 ملم. شتلة$^{-1}$).

يتضح من بيانات جدول التداخل الثنائي بين المركبين الحيويين الكيتوسان العادي والنانوي أن أقطار سيقان الشتلات قد ازدادت جميعها معنوياً قياساً إلى معاملة المقارنة ولا سيما عند رش شتلات التيكوما بالتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من مركب الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (2.811 ملم. شتلة$^{-1}$) أي بنسبة زيادة كبيرة بلغت (92.46 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأقطار سيقان صغيرة بلغ معدلها (1.462 ملم. شتلة$^{-1}$).

ومن نتائج التداخل الثلاثي للعوامل المدروسة نلاحظ وجود تباينات وصلت إلى حد المعنوية بين بعض معاملاتها إذ يتبين أن تداخل قيمة السعة الحقلية (50 و75 و100 %) مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي معاً قد أعطت زيادة معنوية في الصفة المدروسة وبمعدل بلغ على الترتيب (3.000 و2.866 و2.566 ملم. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة التداخل الثلاثي بين الإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي معاً التي أعطت أدنى قطر لسيقان الشتلات وبمعدل بلغ (1.300 ملم. شتلة$^{-1}$).

الجدول (6): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في قطر الساق الرئيس لشتلات التيكوما (ملم. شتلة$^{-1}$).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	1.300 h	1.966 c-g	1.800 d-h	1.737 e	2.038 a
	150	2.033 c-g	2.000 c-g	1.933 c-h	1.988 cde	
	300	1.933 c-h	2.133 b-f	3.000 a	2.355 ab	
75	0	1.433 gh	1.733 e-h	2.133 b-f	1.766 e	2.200 a
	150	1.733 e-h	2.500 abc	2.733 ab	2.322 abc	
	300	2.166 b-f	2.500 abc	2.866 a	2.511 a	
100	0	1.600 fgh	1.733 e-h	2.133 b-f	1.822 de	2.137 a
	150	2.033 c-g	2.200 b-f	2.166 b-f	2.133 bcd	
	300	2.366 a-e	2.433 a-d	2.566 abc	2.455 ab	
متوسطات الكيتوسان النانوي		1.865 c	2.133 b	2.370 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	1.812 c	2.033 bc	2.244 ab	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	1.777 c	2.244 ab	2.577 a		
	100	2.000 bc	2.122 bc	2.288 ab		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	1.462 e	1.811 d	2.022 bcd	1.776 c	
	150	1.933 cd	2.233 bc	2.277 bc	2.148 b	
	300	2.155 bcd	2.355 b	2.811 a	2.440 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 3 الزيادة في عدد الأوراق على الشتلات (ورقة. شتلة$^{-1}$):

يتضح من الجدول (7) وجود زيادة معنوية في عدد أوراق الشتلات عند زيادة نسبة السعة الحقلية إلى (100 %) وبمعدل زيادة بلغ (14.96 ورقة) قياساً إلى معاملة الاجهاد المائي (50 و75 %) من قيمة السعة الحقلية التي أعطت أدنى معدل لعدد الأوراق بلغ على الترتيب (12.18 و11.85 ورقة. شتلة$^{-1}$)، في حين أشارت نتائج التأثيرات المنفردة الأخرى لكل من عاملي المركب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي وبالتراكيز المستخدمة (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) إلى زيادة معنوية في هذه الصفة، إذ سجل التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى زيادة معنوية في عدد الأوراق وبمعدل بلغ في كل من المركبين وعلى الترتيب (15.77 و14.77 ورقة. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات بأدنى معدل للأوراق بلغ بالتتابع (10.85 و11.48 ورقة. شتلة$^{-1}$).

ومن الجدول نفسه يلاحظ من بيانات التداخل الثنائي بين العوامل المدروسة أن أفضل الشتلات من حيث الزيادة في عدد أوراقها كانت عند تداخل معاملة الشتلات بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (19.11 ورقة. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة كبيرة وصلت إلى (84.99 %) قياساً إلى الزيادة في عدد أوراق الشتلات التي عوملت بنسبة (50 %) من السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم . لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (10.33 ورقة. شتلة$^{-1}$).

كما يلاحظ أن معاملة الشتلات بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة رش الشتلات بالكيتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعطت أعلى القيم في الصفة المدروسة وبمعدل بلغ (16.22 ورقة. شتلة$^{-1}$) في حين سجلت معاملة التداخل بين (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان النانوي قيمة منخفضة بمعدل بلغ (10.88 ورقة. شتلة$^{-1}$) أي بنسبة زيادة كبيرة وصلت إلى (49.08 %).

ويتضح من الجدول (7) أن رش الشتلات بمعاملة التداخل الثنائي بين الكيتوسان العادي والنانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) سببت زيادة معنوية في عدد أوراق التيكوما وبمعدل بلغ (18.88 ورقة. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة كبيرة وصلت إلى (107.24 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بزيادة قليلة في عدد الأوراق بلغ معدلها (9.11 ورقة. شتلة$^{-1}$).

ومن نتائج التداخل الثلاثي للعوامل المدروسة تبين أن تداخل بين قيمة السعة الحقلية (100 %) مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان النانوي قد أعطت زيادة معنوية في هذه الصفة وبمعدل بلغ (21.33 ورقة. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة التداخل الثلاثي بين (50 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي التي أعطت عدد قليل من الأوراق في الشتلات المعاملة بها وبمعدل بلغ (8.66 ورقة. شتلة$^{-1}$) أي بنسبة زيادة كبيرة وصلت إلى (146.30 %).

الجدول (7): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في عدد الأوراق على شتلات التيكوما (ورقة. شتلة$^{-1}$).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	8.66 ij	10.66 gh	11.66 fgh	10.33 f	12.18 b
	150	12.66 efg	12.66 efg	12.66 efg	12.66 de	
	300	11.33 fgh	13.33 ef	16.00 cd	13.55 cd	
75	0	8.00 j	10.00 hi	12.66 efg	10.22 f	11.85 b
	150	10.00 hi	10.00 hi	12.00 fgh	10.66 f	
	300	12.00 fgh	12.66 efg	19.33 b	14.66 b	
100	0	10.66 gh	12.66 efg	12.66 efg	12.00 e	14.96 a
	150	13.33 ef	13.33 ef	14.66 de	13.77 bc	
	300	16.66 c	19.33 b	21.33 a	19.11 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		11.48 c	12.74 b	14.77 a		

التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي				متوسطات الكيتوسان العادي
	50	10.88 e	12.22 d	13.44 c
	75	10.00 e	10.88 e	14.66 b
	100	13.55 c	15.11 b	16.22 a
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	9.11 f	11.11 e	12.33 cd
	150	12.00 de	12.00 de	13.11 c
	300	13.33 c	15.11 b	18.88 a

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 4 الزيادة في عدد الأفرع على الشتلات (فرع. شتلة$^{-1}$):

بينت النتائج الواردة في الجدول (8) عدم وجود تأثيرات معنوية في زيادة عدد أفرع الشتلات باختلاف معاملات الإجهادات المائية بنسب السعة الحقلية المستخدمة، في حين أشارت نتائج الجدول ذاته أن الرش الورقي بالمركب الحيوي الكايتوسان العادي أظهر تأثيراً معنوياً في الصفة المدروسة إذ أعطى التركيزين (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى المعدلات بلغ على الترتيب (1.88 و2.70 فرع. شتلة$^{-1}$) وبزيادة قدرها على الترتيب (54.09 و121.31 %) عن معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل للزيادة في عدد الأفرع بلغ (1.22 فرع. شتلة$^{-1}$) ، وكذلك نلاحظ أن الرش الورقي بالكايتوسان النانوي أظهر تأثيراً معنوياً في زيادة عدد أفرع الشتلات وأعطى التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى معدل بلغ (2.48 فرع. شتلة$^{-1}$) وبزيادة مقدارها (98.4 %) قياساً إلى شتلات معاملة المقارنة التي أعطت أدنى معدل بلغ (1.25 فرع. شتلة$^{-1}$).

ومن جدول بيانات التداخل الثنائي بين العوامل المدروسة يلاحظ وجود تأثير معنوي في صفة الزيادة في عدد أفرع الشتلات وأن أفضل الشتلات من حيث الزيادة في عدد أفرعها كانت عند تداخل معاملة الشتلات بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية مع التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (3.00 و2.77 فرع. شتلة$^{-1}$) على التوالي قياساً إلى الزيادة في عدد أفرع الشتلات التي عوملت بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (1.66 فرع. شتلة$^{-1}$).

ويلاحظ أن معاملة الشتلات بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة رش الشتلات بالكيتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعطت أعلى القيم في هذه الصفة وبمعدل بلغ على الترتيب (2.66 و2.44 فرع. شتلة$^{-1}$) في حين سجلت معاملة التداخل بين (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان النانوي أقل معدل بلغ (1.33 فرع. شتلة$^{-1}$).

أما رش شتلات التيكوما بالكيتوسان العادي والنانوي معاً بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أدى إلى زيادة معنوية في عدد الأفرع وبمعدل بلغ (3.11 فرع. شتلة$^{-1}$) وبنسبة زيادة كبيرة وصلت إلى (253.40 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأدنى زيادة في عدد الأفرع بلغ معدلها (0.88 فرع. شتلة$^{-1}$) .

ومن نتائج التداخل الثلاثي للعوامل المدروسة تبين أن تداخل بين قيمة السعة الحقلية (75 %) مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي وكذلك معاملة التداخل الثلاثي بين قيمة السعة الحقلية بنسبة (100 %) مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي و(150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي قد أعطتا زيادة معنوية في هذه الصفة وبمعدل بلغ (3.66 فرع. شتلة$^{-1}$) قياساً إلى معاملة التداخل الثلاثي بين (50 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي التي أعطت عدد قليل من الأفرع في الشتلات المعاملة بها وبمعدل بلغ (1.33 فرع. شتلة$^{-1}$).

الجدول (8): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الزيادة في عدد الأفرع على شتلات التيكوما (فرع. شتلة$^{-1}$).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	1.33 def	1.66 cde	2.00 cd	1.66 d	1.92 a
	150	1.00 efg	2.00 cd	2.33 bc	1.77 d	
	300	1.66 cde	2.66 bc	2.66 bc	2.33 b	
75	0	0.66 fg	1.00 efg	1.66 cde	1.11 e	2.00 a
	150	1.33 def	1.66 cde	2.66 bc	1.88 cd	
	300	2.33 bc	3.00 ab	3.66 a	3.00 a	
100	0	0.66 fg	0.33 g	1.66 cde	0.88 e	1.88 a
	150	0.66 fg	2.66 bc	2.66 bc	2.00 cd	
	300	1.66 cde	3.66 a	3.00 ab	2.77 ab	
متوسطات الكيتوسان النانوي		1.25 c	2.07 b	2.48 a		

التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي				متوسطات الكيتوسان العادي
	50	1.33 e	2.11 bc	2.33 abc
	75	1.44 de	1.88 cd	2.66 a
	100	1.00 e	2.22 abc	2.44 ab
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	0.88 d	1.00 d	1.77 c	1.22 c
	150	1.00 d	2.11 bc	2.55 b	1.88 b
	300	1.88 c	3.11 a	3.11 a	2.70 a

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 5 طول الجذر الرئيس (سم):

يتضح من الجدول (9) أن طول الجذر في شتلات التيكوما قد أختلف معنوياً تبعاً للتأثير المنفرد للعوامل الثلاثة المدروسة (الاجهاد المائي والتراكيز المستخدمة من الكايتوسان العادي والنانوي) إذ تفوقت الشتلات الناتجة عند معاملتها بالإجهاد المائي بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية معنوياً وبمعدل بلغ على الترتيب (53.81 و56.60 سم) على الشتلات المعاملة بالإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أعطت أدنى معدل طول جذري بلغ (45.18 سم) ، كما تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (59.03 سم) وبنسبة زيادة بلغت (26.70 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأدنى طول جذري بلغ معدله (46.59 سم) ، وكذلك تفوقت معنويا الشتلات الناتجة عن معاملتها رشاً بتراكيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ على الترتيب (52.81 و53.48 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أقصر طول جذري بلغ معدله (49.29 سم).

وتشير نتائج جدول التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي إلى وجود فروق معنوية في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى طول جذري وبمعدل بلغ (65.88 سم) وبنسبة زيادة كبيرة بلغت (67.97 %) قياساً إلى أقل طول جذري بلغ معدله (39.22 سم) في الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكذلك كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ نتج أعلى طول جذري في الشتلات التي عوملت بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (58.66 سم) قياساً إلى أقل طول جذري سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (42.00 سم).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في أطوال الجذور لشتلات التيكوما، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها شتلات امتازت بجذور طويلة بلغ معدلها (62.33 سم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى طول جذري بلغ (43.66 سم) وبنسبة زيادة بلغت (42.76 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي الكايتوسان النانوي معاً أعلى طول جذري في شتلاتها وبمعدل بلغ (69.33 سم) وبنسبة زيادة كبيرة بلغت (89.11 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (36.66 سم).

الجدول (9): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة طول الجذر الرئيس (سم) لشتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	36.66 j*	39.33 ij	41.66 h-j	39.22 e	45.18 b
	150	41.66 h-j	45.00 f-j	47.33 e-j	44.66 de	
	300	47.66 e-j	52.00 c-h	55.33 b-f	51.66 c	
75	0	45.00 f-j	49.00 d-i	51.66 c-h	48.55 cd	53.81 a
	150	49.66 d-i	54.00 b-g	56.33 b-f	53.33 c	
	300	56.33 b-f	60.00 a-d	62.33 abc	59.55 b	
100	0	49.33 d-i	52.00 c-h	54.66 b-g	52.00 c	56.60 a
	150	55.00 b-f	58.00 a-e	42.73 g-j	51.91 c	
	300	62.33 abc	66.00 ab	69.33 a	65.88 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		49.29 b	52.81 a	53.48 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	42.00 d	45.44 cd	48.11 cd	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	50.33 bc	54.33 ab	56.77 ab		
	100	55.55 ab	58.66 a	55.57 ab		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	43.66 e	46.77 de	49.33 cde	46.59 b	
	150	48.77 de	52.33 cd	48.80 de	49.97 b	
	300	55.44 bc	59.33 ab	62.33 a	59.03 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 6 قطر الجذر الرئيس (ملم):

يتبين من الجدول (10) أن الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية حققت أعلى معدل معنوي في صفة الزيادة في النمو القطري للجذر بلغ (9.18 ملم) والذي يعادل نسبة (4.91 %) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأدنى معدل من الإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي حققت أدنى معدل في زيادة نمو قطر الجذر بلغ (8.75 ملم)، أما بالنسبة لتأثير كل من عامل الكايتوسان العادي والنانوي بشكل منفرد فقد أدى رش شتلات التيكوما بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) تسجيل أعلى معدل في الصفة المدروسة وبمعدل معنوي بلغ على الترتيب (9.10 و8.99 ملم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت أدنى معدل في صفة الزيادة في القطر الجذري بلغ على الترتيب (8.82 و8.89 ملم).

كما تبين من الجدول نفسه أن التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي قد سبب فروق معنوية في الصفة المدروسة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى زيادة في قطر جذور الشتلات وبمعدل بلغ (9.27 ملم) وبنسبة زيادة بلغت (8.04 %) قياساً إلى أقل زيادة في هذه الصفة بلغ معدله (8.58 ملم) في الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكان لمعاملة التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بـ (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (9.25 ملم) قياساً إلى أدنى معدل سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (8.70 ملم).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في زيادة نمو قطر جذور شتلات التيكوما، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (9.15 ملم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (8.74 ملم) وبنسبة زيادة بلغت (4.69 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ امتازت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً بزيادة معدل قطر جذورها بلغ (9.31 ملم) وبنسبة زيادة وصلت إلى (8.76 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من مركب الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (8.56 ملم).

الجدول (10): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة قطر الجذر الرئيس (ملم) لشتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	8.56 m*	8.60 lm	8.59 lm	8.58 e	8.75 c
	150	8.70 klm	8.75 i-m	8.80 i-l	8.75 d	
	300	8.86 g-k	8.92 f-j	9.00 d-h	8.92 c	
75	0	8.72 j-m	8.76 i-m	8.82 i-k	8.77 d	8.93 b
	150	8.88 g-k	8.95 e-i	9.00 d-h	8.94 c	
	300	9.05 c-g	9.10 b-f	9.14 a-e	9.09 b	
100	0	8.96 e-i	9.33 a	9.05 c-g	9.11 b	9.18 a
	150	9.10 b-f	9.15 a-e	9.20 a-d	9.15 b	
	300	9.25 abc	9.27 ab	9.31 ab	9.27 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		8.89 b	8.98 a	8.99 a		

التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي				متوسطات الكيتوسان العادي
	50	8.70 e	8.75 e	8.79 de
	75	8.88 cd	8.94 c	8.99 c
	100	9.10 b	9.25 a	9.18 ab
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	8.74 f	8.90 de	8.82 ef
	150	8.89 de	8.95 cd	9.00 bcd
	300	9.05 abc	9.10 ab	9.15 a

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 7 حجم الجذر (سم^3):

من نتائج التحليل الإحصائي ومقارنة المتوسطات في الجدول (11) يتضح تأثير انخفاض شدة الاجهاد المائي إلى (100 %) من قيمة السعة الحقلية في صفة حجم الجذر لشتلات التيكوما إذ أنتجت هذه المعاملة شتلات امتازت بمعدل عالي في صفة حجم الجذر بلغ (64.185 سم^3) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بمعدلات عالية من الإجهاد المائي (50 و75 %) من قيمة السعة الحقلية التي أعطت أدنى معدل بلغ على الترتيب (61.814 و63.518 سم^3)، كما تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (67.148 سم^3) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأدنى معدل بلغ (58.666 سم^3) وبنسبة زيادة بلغت (14.45 %)، وكذلك أدت معاملة الشتلات بتراكيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي إلى حدوث زيادة معنوية في حجم الجذر وبمعدل بلغ (64.518 سم^3)، وبنسبة زيادة مئوية بلغت (3.24 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل بلغ (62.481 سم^3).

وفيما يتعلق بالتداخلات الثنائية للعوامل المدروسة فقد بين الجدول نفسه أن التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي قد أثر معنوياً في الصفة المدروسة إذ حققت الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) زيادة في حجم جذور الشتلات وبمعدل معنوي بلغ على الترتيب (67.444 و67.333 سم^3) قياساً إلى أقل معدل بلغ (55.888 سم^3) في الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي.

وكذلك قد كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في الصفة نفسها إذ نتج أعلى حجم جذري في الشتلات التي عوملت بـ (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (65.333 سم^3) قياساً إلى أقل معدل بلغ (61.111 سم^3) والذي نتج عن معاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين ترك٠يز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي.

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في صفة حجم الجذر، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وأدت على حدوث زيادة معنوية في حجم جذور الشتلات بمعدل بلغ (68.555 سم^3) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها معدل قليل في الصفة المدروسة بلغ (58.333 سم^3) أي بنسبة زيادة بلغت (17.52 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة وجود اختلافات معنوية بين المعاملات، إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي أعلى حجم جذري بلغ على الترتيب (69.333 و68.333 سم^3) وبنسبة زيادة بلغت (25.30 و23.49 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة

الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً وبمعدل بلغ (55.333 سم^3) وقد سجل أدنى معدل لحجم الجذور في الشتلات التي عوملت بنسبة إجهاد (50 %) مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي و(150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي معاً وبمعدل بلغ (55.000 سم^3).

الجدول (11): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة حجم الجذر (سم^3) لشتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	55.333 no	55.000 o	57.333 mn	55.888 f	61.814 c
	150	61.667 ijk	63.000 hij	64.000 e-i	62.888 c	
	300	66.333 b-e	65.667 c-g	68.000 abc	66.666 a	
75	0	59.000 lm	58.333 lm	60.667 jkl	59.333 e	63.518 b
	150	62.667 ij	63.333 ghi	65.333 d-h	63.777 bc	
	300	66.000 b-f	67.000 a-d	69.333 a	67.444 a	
100	0	60.667 jkl	59.667 kl	62.000 ijk	60.777 d	64.185 a
	150	63.667 f-i	64.000 e-i	65.667 c-g	64.444 b	
	300	67.000 a-d	66.667 b-d	68.333 ab	67.333 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		62.481 b	62.518 b	64.518 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	61.111 c	61.222 c	63.111 b	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	62.555 b	62.888 b	65.111 a		
	100	63.777 b	63.444 b	65.333 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	58.333 f	57.666 f	60.000 e	58.666 c	
	150	62.666 d	63.444 d	65.000 c	63.703 b	
	300	66.444 b	66.444 b	68.555 a	67.148 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 8 الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم):

تشير البيانات الإحصائية في الجدول (12) إلى أن شتلات التيكوما التي عوملت بالإجهاد المائي بنسب مختلفة من قيمة السعة الحقلية وبشكل منفرد قد اختلفت فيما بينها معنوياً في الوزن الجاف للمجموع الجذري إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وأنتجت أعلى وزن جاف في الجذور وبمعدل بلغ (14.381 غم) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأعلى معدل للإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أنتجت شتلات بمعدل وزن جاف جذري بلغ (14.311 غم)، وتوضح البيانات في ذات الجدول تفوق الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (14.603 غم) وبنسبة زيادة بلغت (3.62 %) قياساً إلى شتلات المقارنة التي أنتجت أدنى معدل من الوزن الجاف للجذور بلغ (14.092 غم)، ومن تأثيرات العوامل المنفردة الأخرى يتبين تفوق الشتلات الناتجة من معاملتها رشاً بالكايتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) معنوياً وبمعدل بلغ (14.433 غم) وبنسبة زيادة بلغت (1.32 %) قياساً إلى شتلات معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أقل معدل بلغ (14.244 غم).

وتشير نتائج جدول التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي إلى وجود فروق معنوية في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى وزن جاف في مجموع جذورها بمعدل بلغ (14.666 غم) وبنسبة زيادة بلغت (4.34 %) قياساً إلى أقل معدل سجل في هذه الصفة بلغ (14.055 غم) في الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكذلك كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (14.477 غم) قياساً إلى أدنى معدل سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي بلغ (14.211 غم) وبنسبة زيادة وصلت إلى (1.87 %).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في صفة الوزن الجاف للمجموع الجذري، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (14.722 غم) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (14.022 غم) وبنسبة زيادة بلغت (4.99 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة إلى وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً أعلى معدل في الوزن الجذري الجاف بلغ (14.800 غم) وبنسبة زيادة بلغت (6.22 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (13.933 غم).

الجدول (12): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة الوزن الجاف للمجموع الجذري (غم) لشتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	13.933 m*	14.066 lm	14.166 jkl	14.055 d	14.311 b
	150	14.233 h-l	14.366 f-j	14.366 f-j	14.322 c	
	300	14.466 c-g	14.533 b-g	14.666 abc	14.555 b	
75	0	14.033 lm	14.033 lm	14.166 jkl	14.077 d	14.311 b
	150	14.166 jkl	14.233 h-l	14.400 e-i	14.266 c	
	300	14.466 c-g	14.600 b-e	14.700 ab	14.588 ab	
100	0	14.100 lm	14.133 klm	14.200 i-l	14.144 d	14.381 a
	150	14.233 h-l	14.333 g-k	14.433 d-h	14.333 c	
	300	14.566 b-f	14.633 a-d	14.800 a	14.666 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		14.244 c	14.325 b	14.433 a		

التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي				متوسطات الكيتوسان العادي
	50	14.211 d	14.322 bcd	14.400 abc	
	75	14.222 d	14.288 cd	14.422 ab	
	100	14.300 cd	14.366 abc	14.477 a	
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	14.022 h	14.077 gh	14.177 fg	14.092 c
	150	14.211 ef	14.311 de	14.400 cd	14.307 b
	300	14.500 bc	14.588 b	14.722 a	14.603 a

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 9 المحتوى الرطوبي النسبي لأوراق شتلات التيكوما (%):

تشير البيانات الإحصائية في الجدول (13) إلى وجود فروق معنوية بين جميع المعاملات المنفردة للعوامل الثلاثة المدروسة في صفة المحتوى الرطوبي النسبي في أوراق شتلات التيكوما، فقد وجد زيادة في هذه الصفة وصلت إلى حد المعنوية في الشتلات التي عوملت بنسبة (75 و100%) من قيمة السعة الحقلية وبمعدل بلغ على الترتيب (79.33 و83.90 %) قياساً إلى معاملة الاجهاد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أنتجت شتلات امتازت أوراقها بأدنى معدل من المحتوى الرطوبي بلغ (77.25 %)، ويظهر الجدول نفسه وجود فروق معنوية بين التراكيز المستخدمة من المركب الحيوي الكيتوسان العادي ، فقد سجل التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى زيادة معنوية في المحتوى الرطوبي لأوراق الشتلات وبمعدل بلغ (81.46 %) وبنسبة زيادة وصلت إلى (2.00 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أوراق شتلاتها أدنى محتوى رطوبي بلغ معدله (79.86 %) ، كما تشير بيانات التحليل الاحصائي إلى أن معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أدى إلى زيادة المحتوى الرطوبي في الأوراق وصلت إلى حد المعنوية بمعدل بلغ (81.43 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى محتوى رطوبي في الأوراق بلغ معدله (79.34 %) أي بنسبة زيادة بلغت (2.63 %).

ويلاحظ من بيانات التداخل الثنائي بين العوامل المدروسة أن أعلى محتوى رطوبي سجل في أوراق شتلات التيكوما عند تداخل معاملة الشتلات بأدنى إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ (84.47 %) في حين سجل أدنى محتوى رطوبي في أوراق الشتلات التي عوملت بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 و150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي وبمعدل بلغ على الترتيب (76.87 و75.57 %).

كما يلاحظ أن معاملة الشتلات بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة رش الشتلات بالكيتوسان النانوي تركيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعطت أعلى محتوى رطوبي في أوراق شتلات التيكوما وبمعدل بلغ على الترتيب (84.24 و83.27 و84.23 %) في حين سجل أدنى محتوى رطوبي في الشتلات التي عوملت بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان النانوي وبمعدل بلغ (75.30 %).

ويتضح من الجدول (13) أن التداخل الثنائي بين الكيتوسان العادي والنانوي قد أدى إلى انتاج شتلات امتازت بمحتوى رطوبي عالي عند رشها بالتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من المخصب الحيوي العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (83.70 %) أي بنسبة زيادة بلغت (6.13 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت أوراقها بمحتوى رطوبي منخفض بلغ (78.86 %).

ومن نتائج التداخل الثلاثي للمعاملات المدروسة يتبين أن تداخل قيمة السعة الحقلية (100 %) مع تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي و(0 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي قد أعطت زيادة معنوية في المحتوى الرطوبي لأوراق شتلات التيكوما بمعدل بلغ (85.51 و85.36 %) على الترتيب وبنسبة زيادة بلغت (18.05 و17.85 %) على الترتيب قياساً إلى معاملة التداخل الثلاثي بين (50 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي والنانوي التي أعطت أدنى محتوى رطوبي في أوراق شتلاتها وبمعدل بلغ (72.43 %).

الجدول (13): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة المحتوى الرطوبي النسبي في أوراق شتلات التيكوما (%).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	72.43 k	79.09 d-h	79.09 d-h	76.87 d	77.25 c
	150	73.06 jk	76.55 g-k	77.11 f-j	75.57 d	
	300	80.40 c-h	73.52 ijk	84.04 abc	79.32 bc	
75	0	80.73 b-g	77.76 f-i	80.12 c-h	79.54 bc	79.33 b
	150	76.04 h-k	78.44 e-h	79.06 d-h	77.85 cd	
	300	78.67 e-h	81.46 a-f	81.70 a-f	80.61 b	
100	0	83.42 a-d	83.85 abc	83.53 a-d	83.61 a	83.90 a
	150	83.79 abc	83.43 a-d	83.58 a-d	83.60 a	
	300	85.51 a	82.54 a-e	85.36 ab	84.47 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		79.34 b	79.62 b	81.43 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	75.30 d	76.38 cd	80.08 b	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	78.48 bc	79.22 b	80.30 b		
	100	84.24 a	83.27 a	84.23 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	78.86 cd	80.59 bc	80.59 bc	79.86 b	
	150	77.63 d	79.47 bcd	79.92 bcd	79.00 b	
	300	81.52 ab	79.17 bcd	83.70 a	81.46 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 1 – 10 دليل درجة ثباتية الأغشية الخلوية(دليل الضرر) (%):

تشير البيانات الإحصائية في الجدول (14) إلى أن كل من عاملي الاجهاد المائي والكايتوسان العادي لم تؤثرا معنوياً في صفة ثباتية غشاء خلايا أوراق شتلات التيكوما عند دراسة كل منها بصورة منفردة على الرغم من انخفاض معدلات النسبة المئوية لنضوح الأوراق إلى أدنى حد عند الجهد المائي (75 %) من قيمة السعة الحقلية بمعدل بلغ (71.86 %)، وكذلك انخفاض في النسبة المئوية لنضوح أوراق شتلات معاملة المقارنة قياساً إلى التراكيز المستخدمة (150 و 300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي دون الوصول الى حد التأثير المعنوي ، في حين أعطت الشتلات التي عوملت بتركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) من المركب النانوي تفوقاً معنوياً وسجلت أدنى معدل لنضوح أوراقها بلغ (71.53 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات بأعلى نسبة نضوح وبمعدل بلغ (72.99 %) أي بنسبة انخفاض بلغت (2.00 %).

وأظهرت البيانات أن معظم التداخلات الثنائية بين العوامل المدروسة لم تسجل اختلافات معنوية في نسبة ثبات الأغشية الخلوية سواء تداخل عامل الاجهاد المائي مع عامل الرش الورقي بالكايتوسان العادي أو الكايتوسان النانوي على حد سواء، وكذلك معظم التداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والثانوي معاً، فقد سجل أدنى درجة نضوح وبمعدل بلغ (71.42 %) عند معاملات التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي بنسبة (75 %) من السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان الاعتيادي والتي لم تختلف معنوياً عن جميع المعاملات الأخرى باستثناء معاملة التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية متداخلة مع تركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان الاعتيادي وبمعدل بلغ (73.61 %)، ومعاملة التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي (75 %) من قيمة السعة الحقلية متداخلة مع معاملة الكايتوسان النانوي بتركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) وبمعدل نضوح بلغ (69.59 %) والتي اختلفت معنويا مع جميع معاملات التداخل الثنائي الأخرى، وكذلك سجلت أوراق شتلات التيكوما التي عوملت بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أدنى نسبة نضوح بلغ معدلها (70.10 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها نسبة نضوح عالية بلغ معدلها (72.95 %) وبنسبة انخفاض بلغت (3.90 %).

يلاحظ من بيانات التداخل الثلاثي في الجدول نفسه عدم وجود فروق معنوية بين معظم المعاملات المدروسة باستثناء البعض منها إذ تسبب التداخل الثلاثي بين الاجهاد المائي بنسبة (75 %) من قيمة السعة الحقلية متداخلاً مع الكايتوسان العادي بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) والكايتوسان النانوي بتركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) في إعطاء أدنى نسبة نضوح بلغ معدلها (65.48 %) في حين تسببت معاملة شتلات التيكوما بالاجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي في انتاج شتلات امتازت أوراقها بأعلى نسبة نضوح بلغ معدلها (75.48 %).

الجدول (14): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة دليل ثباتية أغشية شتلات التيكوما (%).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	72.03 abc*	74.10 abc	70.65 cd	72.26 ab	72.32 a
	150	71.84 abc	71.58 abc	71.89 abc	71.77 ab	
	300	74.13 abc	72.78 abc	71.91 abc	72.94 ab	
75	0	71.35 bc	70.73 bcd	72.18 abc	71.42 b	71.86 a
	150	73.50 abc	71.19 bc	73.63 abc	72.77 ab	
	300	71.81 abc	65.48 e	74.71 ab	71.24 b	
100	0	75.48 a	71.32 bc	67.46 de	71.42 b	72.33 a
	150	73.36 abc	73.63 abc	73.85 abc	73.61 a	
	300	73.05 abc	71.01 bc	71.79 abc	71.95 ab	
متوسطات الكيتوسان النانوي		72.99 a	71.53 b	72.01 ab		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	72.67 abc	72.82 abc	71.49 bcd	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	72.27 abc	69.59 d	73.50 ab		
	100	73.96 a	71.98 abc	71.03 cd		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	72.95 a	72.05 abc	70.10 c	71.70 a	
	150	72.90 a	72.13 ab	73.12 a	72.72 a	
	300	73.15 a	70.29 bc	72.80 a	72.11 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي في صفات النمو الكيميائية لشتلات التيكوما:

4 – 1 – 2 – 1 محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكربوهيدرات (مايكروغرام. غم$^{-1}$ وزن جاف):

يتضح من نتائج التحليل الإحصائي ومقارنة المتوسطات في الجدول (15) وجود تأثير إيجابي عند انخفاض شدة الاجهاد المائي إلى (100 %) من قيمة السعة الحقلية في صفة محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكربوهيدرات إذ أنتجت شتلات امتازت بمحتوى عالي من الكربوهيدرات بلغ معدله (2.689 مايكروغرام. غم$^{-1}$) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بمعدلات عالية من الإجهاد المائي (50 و75 %) من قيمة السعة الحقلية التي أعطت أدنى معدل بلغ على الترتيب (2.603 و2.475 مايكروغرام. غم$^{-1}$)، كما تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (2.642 مايكروغرام. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأدنى معدل بلغ (2.525 مايكروغرام. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (4.63 %)، وكذلك أدت معاملة الشتلات بتراكيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي إلى حدوث زيادة معنوية في تراكم الكربوهيدرات في أوراقها وبمعدل بلغ (2.686 مايكروغرام. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة مئوية بلغت (6.37 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى محتوى من الكربوهيدرات وبمعدل بلغ (2.525 مايكروغرام. غم$^{-1}$).

اما فيما يتعلق بالتداخلات الثنائية بين عوامل الثلاثة المدروسة فقد بين الجدول نفسه أن التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي قد أثر معنوياً في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) زيادة في تراكم الكربوهيدرات في أوراقها وبمعدل معنوي بلغ (2.756 مايكروغرام. غم$^{-1}$) قياساً إلى أقل محتوى بلغ (2.427 مايكروغرام. غم$^{-1}$) في الشتلات التي عوملت بنسبة (75 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي.

وكذلك كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في الصفة نفسها إذ نتج أعلى محتوى من الكربوهيدرات في أوراق الشتلات التي عوملت بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (2.797 مايكروغرام. غم$^{-1}$) قياساً إلى أقل محتوى بلغ (2.412 مايكروغرام. غم$^{-1}$) والذي نتج عن معاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (75 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي.

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في صفة محتوى الأوراق من الكربوهيدرات، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وأدت إلى حدوث

زيادة معنوية في تراكم الكربوهيدرات في أوراق الشتلات بمعدل بلغ (2.733 مايكروغرام. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل بلغ (2.465 مايكروغرام. غم$^{-1}$) أي بنسبة زيادة بلغت (10.87 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة إلى وجود اختلافات معنوية بين المعاملات إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي أعلى محتوى من الكربوهيدرات بمعدل بلغ (2.863 مايكروغرام. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (20.80 %) عن الشتلات التي عوملت بنسبة اجهاد مائي (75 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (2.370 مايكروغرام. غم$^{-1}$).

الجدول (15): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكربوهيدرات (مايكروغرام. غم$^{-1}$ وزن جاف).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	2.490 b-e*	2.496 b-e	2.613 a-e	2.533 bcd	2.603 b
	150	2.513 b-e	2.623 a-e	2.750 abc	2.628 abc	
	300	2.630 a-e	2.606 a-e	2.710 a-e	2.648 abc	
75	0	2.370 e	2.396 de	2.516 b-e	2.427 d	2.475 c
	150	2.416 cde	2.440 cde	2.570 a-e	2.475 cd	
	300	2.450 b-e	2.490 b-e	2.626 a-e	2.522 bcd	
100	0	2.536 a-e	2.560 a-e	2.746 abc	2.614 abc	2.689 a
	150	2.650 a-e	2.660 a-e	2.783 ab	2.697 ab	
	300	2.676 a-e	2.730 a-d	2.863 a	2.756 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		2.525 b	2.555 b	2.686 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	2.544 bcd	2.575 bcd	2.691 ab	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	2.412 d	2.442 cd	2.571 bcd		
	100	2.621 bc	2.650 ab	2.797 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	2.465 c	2.484 c	2.625 abc	2.525 b	
	150	2.526 bc	2.574 abc	2.701 ab	2.600 a	
	300	2.585 abc	2.608 abc	2.733 a	2.642 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 2 نسبة البروتينات الكلية (%) في أوراق شتلات التيكوما:

تشير بيانات التحليل الإحصائي في الجدول (16) إلى أن الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسب مختلفة من قيمة السعة الحقلية قد اختلفت فيما بينها معنوياً في صفة محتوى أوراقها من البروتين الكلي إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي وبنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وأنتجت أوراق امتازت بأعلى محتوى من البروتينات وبمعدل بلغ (13.24 %) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأعلى معدل للاجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أنتجت أوراق فيها أدنى معدل من هذه الصفة وبمعدل بلغ (10.42 %) أي بنسبة زيادة وصلت إلى (27.06 %)، كما تشير البيانات في الجدول نفسه إلى تفوق الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (13.94 %) وبنسبة زيادة بلغت (41.37 %) قياساً إلى شتلات المقارنة التي أنتجت أدنى محتوى من البروتين في أوراقها بمعدل بلغ (9.86 %)، ومن تأثيرات العوامل المنفرد الأخرى يتبين من الجدول (16) تفوق الشتلات الناتجة من معاملتها رشاً بالكايتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) معنوياً وبمعدل بلغ (13.39 %) وبنسبة زيادة بلغت (18.49 %) قياساً إلى شتلات معاملة المقارنة التي أعطت أوراقها أقل محتوى من البروتين الكلي بلغ معدله (11.30 %).

وتشير نتائج جدول التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي إلى وجود فروق معنوية في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى محتوى في أوراقها من البروتين الكلي وبمعدل بلغ (15.21 %) وبنسبة زيادة كبيرة بلغت (74.42 %) قياساً إلى أقل محتوى من البروتيات بلغ معدله (8.72 %) في أوراق الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكذلك كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بـ (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (14.55 %) قياساً إلى أدنى محتوى من البروتينات التي سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (9.75 %) وبنسبة زيادة وصلت إلى (49.23 %).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في محتوى أوراق شتلات التيكوما من البروتينات الكلية، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (15.05 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (8.79 %) وبنسبة زيادة بلغت (71.21 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة إلى وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً أعلى محتوى من البروتينات الكلية في أوراقها وبمعدل بلغ (16.24 %) وبنسبة زيادة كبيرة بلغت (108.74 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (7.78 %).

الجدول (16): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة البروتينات الكلية (%) في أوراق شتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	7.78 h*	9.12 fgh	9.56 d-h	8.72 e	10.42 b
	150	9.58 d-h	10.31 b-h	11.74 a-h	10.54 de	
	300	11.91 a-h	10.43 b-h	13.10 a-g	11.81 cd	
75	0	8.91 gh	9.80 c-h	12.14 a-h	10.28 de	12.46 a
	150	11.95 a-h	11.74 a-h	13.24 a-g	12.31 bcd	
	300	14.39 a-e	14.20 a-f	15.81 a	14.80 ab	
100	0	9.70 d-h	9.28 e-h	12.39 a-h	10.46 de	13.24 a
	150	12.89 a-g	14.20 a-f	15.03 ab	14.04 abc	
	300	14.58 a-d	14.83 abc	16.24 a	15.21 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		11.30 b	11.54 b	13.39 a		

التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي				متوسطات الكيتوسان العادي
	50	9.75 c	9.95 c	11.70 bc
	75	11.75 bc	11.92 abc	13.73 ab
	100	12.39 abc	12.77 ab	14.55 a
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	8.79 d	9.40 cd	11.59 bc	9.86 c
	150	11.47 bc	12.08 b	13.34 ab	12.30 b
	300	13.62 ab	13.15 ab	15.05 a	13.94 a

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 3 محتوى أوراق شتلات التيكوما الطرية من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب):

من خلال النتائج الموضحة في الجدول (17) يتبين أن الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسب مختلفة من قيمة السعة الحقلية قد اختلفت فيما بينها معنوياً في صفة محتوى أوراقها من الكلوروفيل الكلي إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية معنوياً وأنتجت أوراق امتازت بأعلى محتوى من الكلوروفيل الكلي بلغ معدله (1.696 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأعلى معدل للإجهاد المائي سواء بنسبة (75 %) أو (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أنتجت أوراق فيها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ على الترتيب (1.644 و1.562 ملغم. غم$^{-1}$)، كما تشير البيانات في الجدول نفسه إلى تفوق الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل (1.779 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة وصلت إلى (13.74 %) قياساً إلى شتلات المقارنة التي أنتجت أدنى محتوى من الكلوروفيل الكلي في أوراقها بمعدل بلغ (1.564 ملغم. غم$^{-1}$) ، ومن تأثيرات العوامل المنفرد الأخرى يتبين من الجدول (17) تفوق الشتلات الناتجة من معاملتها رشاً بالكايتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) معنوياً وبمعدل بلغ (1.724 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (10.15 %) قياساً إلى شتلات معاملة المقارنة التي أعطت أوراقها أقل محتوى من النتروجين بلغ معدله (1.565 ملغم. غم$^{-1}$).

وتشير بيانات التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي إلى وجود فروق معنوية في الصفة المدروسة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (75 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى محتوى في أوراقها من الكلوروفيل الكلي وبمعدل بلغ (1.840 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (27.42 %) قياساً إلى أقل محتوى من الكلوروفيل الكلي بلغ معدله (1.444 ملغم. غم$^{-1}$) وجد في أوراق الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بـ (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (1.836 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى أدنى محتوى من الكلوروفيل الكلي الذي سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (1.475 ملغم. غم$^{-1}$).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في محتوى أوراق شتلات التيكوما من صبغة الكلوروفيل الكلي، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (1.966 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (1.483 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (32.56 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً أعلى محتوى في أوراق شتلات التيكوما من الكلوروفيل الكلي وبمعدل بلغ (2.046 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة وصلت إلى حد (51.10 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى إجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من مركب الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (1.354 ملغم. غم$^{-1}$).

الجدول (17): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	1.354 l*	1.454 k	1.524 ij	1.444 f	1.562 c
	150	1.517 ijk	1.542 hij	1.604 gh	1.554 e	
	300	1.553 hi	1.684 def	1.829 b	1.689 c	
75	0	1.485 jk	1.563 hi	1.636 fg	1.562 e	1.644 b
	150	1.676 ef	1.524 ij	1.392 l	1.530	
	300	1.709 de	1.786 bc	2.025 a	1.840 a	
100	0	1.610 gh	1.705 de	1.746 cd	1.687 c	1.696 a
	150	1.574 ghi	1.564 hi	1.716 de	1.618 d	
	300	1.605 gh	1.695 def	2.046 a	1.782 b	
متوسطات الكيتوسان النانوي		1.565 c	1.613 b	1.724 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	1.475 f	1.560 e	1.652 bc	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	1.623 cd	1.624 cd	1.684 b		
	100	1.596 d	1.655 bc	1.836 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	1.483 g	1.574 ef	1.635 c	1.564 b	
	150	1.589 de	1.543 f	1.571 ef	1.568 b	
	300	1.622 cd	1.722 b	1.966 a	1.770 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 4 محتوى أوراق شتلات التيكوما الطرية من الكلوروفيل a (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب):

تشير النتائج في الجدول (18) إلى أن محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكلوروفيل a قد أختلفت معنوياً تبعاً لنسبة الاجهاد المائي والتراكيز المستخدمة من الكايتوسان العادي والنانوي، إذ تفوقت الشتلات الناتجة عن معاملتها بالإجهاد المائي بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية معنوياً وبمعدل بلغ على الترتيب (1.247 و1.244 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى محتوى من الكلوروفيل a بمعدل بلغ (1.195 ملغم. غم$^{-1}$)، وتفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (1.302 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت بأدنى محتوى من الكلوروفيل a بمعدل بلغ (1.192 ملغم. غم$^{-1}$)، كما تفوقت معنويا الشتلات الناتجة عن معاملتها رشاً بتراكيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى محتوى من الكلوروفيل a وبمعدل بلغ (1.199 ملغم. غم$^{-1}$).

ويتضح من نتائج الجدول نفسه أن التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي قد أثر معنوياً في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية والكايتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) قد أعطت شتلات امتازت بأعلى محتوى معنوي من الكلوروفيل a وبمعدل بلغ على الترتيب (1.362 و1.289 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى أقل محتوى بلغ (1.129 ملغم. غم$^{-1}$) في الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكيتوسان العادي.

وكذلك كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في الصفة نفسها إذ نتج أعلى محتوى من الكلوروفيل a في أوراق الشتلات التي عوملت بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (1.327 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى أقل محتوى بلغ (1.167 ملغم. غم$^{-1}$) والذي نتج عن معاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي.

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل a ، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها شتلات امتازت بأعلى محتوى بلغ معدلها (1.399 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل بلغ (1.140 ملغم. غم$^{-1}$) أي بنسبة زيادة بلغت (22.71 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة وجود اختلافات معنوية بين المعاملات إذ أعطت الشتلات التي عوملت بنسبة اجهاد مائي (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي أعلى محتوى من الكلوروفيل a وبمعدل بلغ (1.463 و1.450 ملغم. غم$^{-1}$) على الترتيب وبنسبة زيادة بلغت (33.12 و31.93 %) على التوالي عن الشتلات التي عوملت بأعلى إجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (1.099 ملغم. غم$^{-1}$).

الجدول (18): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكلوروفيل a (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	1.099 k*	1.122 jk	1.166 hij	1.129 f	1.195 b
	150	1.190 gh	1.207 fgh	1.211 e-h	1.203 d	
	300	1.214 e-h	1.267 cd	1.283 c	1.254 c	
75	0	1.142 ijk	1.226 d-g	1.254 cdef	1.207 d	1.247 a
	150	1.338 b	1.140 ijk	1.035 l	1.171 e	
	300	1.282 c	1.341 b	1.463 a	1.362 a	
100	0	1.179 ghi	1.262 cde	1.281 c	1.241 c	1.244 a
	150	1.180 ghi	1.175 ghi	1.251 c-f	1.202 d	
	300	1.169 hij	1.247 c-f	1.450 a	1.289 b	
متوسطات الكيتوسان النانوي		1.199 c	1.221 b	1.266 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	1.167 f	1.199 de	1.220 cd	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	1.254 b	1.236 bc	1.251 b		
	100	1.176 ef	1.228 bc	1.327 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	1.140 f	1.203 d	1.234 c	1.192 b	
	150	1.236 c	1.174 e	1.166 ef	1.192 b	
	300	1.222 cd	1.285 b	1.399 a	1.302 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 5 محتوى أوراق شتلات التيكوما الطرية من الكلوروفيل b (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب):

يتبين من الجدول (19) أن الشتلات التي عوملت بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية حققت أعلى معدل معنوي في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل b وبمعدل بلغ على الترتيب (0.432 و0.451 ملغم. غم$^{-1}$) والذي يعادل نسبة (17.71 و22.88 %) على الترتيب قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأدنى معدل من الإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي حققت أدنى معدل في هذه الصفة بمعدل بلغ (0.367 ملغم. غم$^{-1}$)، أما بالنسبة للتأثير المنفرد لكل من عاملي الكايتوسان العادي والنانوي فقد أدى رش شتلات التيكوما بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من المركبين بشكل منفصل إلى تسجيل أعلى معدل معنوي في الصفة المدروسة بلغ على الترتيب (0.468 و0.458 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت معدلات متدنية في محتوى أوراق شتلاتها من الكلوروفيل b بلغ على الترتيب (0.372 و0.401 ملغم. غم$^{-1}$).

كما يتبين من الجدول نفسه أن التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي قد سبب فروق معنوية في الصفة المدروسة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى معدل في محتوى أوراقها من الكلوروفيل b وبمعدل بلغ (0.493 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (56.50 %) قياساً إلى أقل معدل في هذه الصفة بلغ (0.315 ملغم. غم$^{-1}$) في الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكان لمعاملة التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (0.508 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى أدنى معدل سجل في أوراق الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (0.307 ملغم. غم$^{-1}$).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في محتوى أوراق شتلات التيكوما من الكلوروفيل b، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (0.567 ملغم. غم$^{-1}$) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (0.343 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة بلغت (65.30 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ امتازت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً بزيادة محتوى أوراق الشتلات من الكلوروفيل b بمعدل بلغ (0.595 ملغم. غم$^{-1}$) وبنسبة زيادة وصلت إلى (133.33 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى إجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من مركب الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (0.255 ملغم. غم$^{-1}$).

الجدول (19): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل b (ملغم. غم$^{-1}$ وزن رطب).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	0.255 f*	0.332 ef	0.358 c-f	0.315 c	0.367 b
	150	0.327 ef	0.334 ef	0.393 b-f	0.351 bc	
	300	0.339 ef	0.427 b-f	0.546 a-d	0.434 ab	
75	0	0.343 def	0.337 ef	0.387 c-f	0.355 bc	0.432 a
	150	0.656 a	0.383 c-f	0.357 c-f	0.465 a	
	300	0.427 b-f	0.444 b-f	0.561 abc	0.477 a	
100	0	0.431 b-f	0.443 b-f	0.464 b-e	0.446 ab	0.451 a
	150	0.394 b-f	0.388 c-f	0.448 b-f	0.416 abc	
	300	0.436 b-f	0.561 abc	0.595 ab	0.493 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		0.401 b	0.392 b	0.458 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	0.307 d	0.361 cd	0.432 abc	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	0.475 ab	0.388 bcd	0.435 abc		
	100	0.420 abc	0.426 abc	0.508 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	0.343 c	0.371 bc	0.403 bc	0.372 b	
	150	0.459 b	0.368 bc	0.405 bc	0.411 b	
	300	0.400 bc	0.436 bc	0.567 a	0.468 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 6 نسبة النتروجين (%) في أوراق شتلات التيكوما:

يتبين من الجدول (20) أن الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي بنسب مختلفة من قيمة السعة الحقلية قد اختلفت فيما بينها معنوياً في صفة محتوى أوراقها من عنصر النتروجين إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية أنتجت أوراق امتازت بأعلى محتوى من النتروجين بلغ معدله (2.119 %) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأعلى معدل للإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أنتجت أوراق فيها أدنى معدل من هذه الصفة بلغ (1.677 %) وبنسبة زيادة وصلت إلى (26.35 %)، كما تشير البيانات في نفس الجدول إلى تفوق الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ (2.231 %) وبنسبة زيادة بلغت (40.22 %) قياساً إلى شتلات المقارنة التي أنتجت أدنى محتوى من العنصر في أوراقها بمعدل بلغ (1.591 %)، ومن تأثيرات العوامل المنفردة الأخرى يتبين من الجدول (20) تفوق الشتلات الناتجة عن معاملتها رشاً بالكايتوسان النانوي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) معنوياً وبمعدل بلغ (2.124 %) أي بنسبة زيادة (16.76 %) قياساً إلى شتلات معاملة المقارنة التي أعطت أوراقها أقل محتوى من النتروجين بلغ معدله (1.819 %).

وتشير نتائج جدول التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي إلى وجود فروق معنوية في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى محتوى في أوراقها من النتروجين وبمعدل بلغ (2.435 %) وبنسبة زيادة بلغت (67.69 %) قياساً إلى أقل محتوى من النتروجين بلغ معدله (1.452 %) في أوراق الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكذلك كان للتداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (2.330 %) قياساً إلى أدنى محتوى من النتروجين سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (1.593 %).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في محتوى أوراق شتلات التيكوما من عنصر النتروجين، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (2.408 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (1.440 %) وبنسبة زيادة بلغت (67.22 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً أعلى محتوى من النتروجين في أوراقها وبمعدل بلغ (2.600 %) وبنسبة زيادة بلغت (94.02 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى إجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (1.340 %).

الجدول (20): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة النتروجين (%) في أوراق شتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	1.340 f*	1.460 f	1.553 def	1.452 e	1.677 b
	150	1.533 def	1.650 b-f	1.880 a-f	1.687 de	
	300	1.906 a-f	1.670 b-f	2.096 a-f	1.891 cd	
75	0	1.426 f	1.570 c-f	1.943 a-f	1.646 de	1.995 a
	150	1.913 a-f	1.880 a-f	2.120 a-f	1.971 bcd	
	300	2.303 a-d	2.273 a-e	2.530 a	2.368 ab	
100	0	1.553 def	1.486 ef	1.983 a-f	1.674 de	2.119 a
	150	2.063 a-f	2.273 a-e	2.406 ab	2.247 abc	
	300	2.333 a-d	2.373 abc	2.600 a	2.435 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		1.819 b	1.848 b	2.124 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	1.593 c	1.593 c	1.844 bc	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	1.881 bc	1.907 abc	2.197 ab		
	100	1.983 abc	2.044 ab	2.330 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	1.440 c	1.505 c	1.827 bc	1.591 c	
	150	1.836 bc	1.934 b	2.135 ab	1.968 b	
	300	2.181 ab	2.105 ab	2.408 a	2.231 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 7 نسبة الفسفور (%) في أوراق شتلات التيكوما:

يتبين من الجدول (21) أن الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي بنسبة (75 و100 %) من قيمة السعة الحقلية حققت أعلى معدل معنوي في صفة محتوى الأوراق من عنصر الفسفور وبمعدل بلغ على الترتيب (0.290 و0.318 %) والذي يعادل نسبة (20.83 و29.16 %) على الترتيب قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأعلى معدل من الإجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي حققت أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (0.240 %)، أما بالنسبة للتأثير المنفرد لكل من عاملي الكايتوسان العادي والنانوي فقد أدى رش شتلات التيكوما بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من المركبين إلى تسجيل أعلى معدل معنوي في الصفة المدروسة بلغ على الترتيب (0.311 و0.293 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي سجلت معدلات متدنية في محتوى أوراق شتلاتها من الفسفور بلغ على الترتيب (0.254 و0.273 %).

كما يتبين من الجدول نفسه أن التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي قد سبب فروق معنوية في الصفة المدروسة إذ حققت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى معدل في محتوى أوراقها من الفسفور بلغ (0.344 %) وبنسبة زيادة بلغت (70%) قياساً إلى أقل معدل لهذه الصفة بلغ (0.209 %) في الشتلات التي عوملت بأعلى إجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع الكايتوسان العادي بتركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$).

وكذلك كان لمعاملة التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ أعطت الشتلات التي عوملت بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعلى معدل بلغ (0.327 %) قياساً إلى أدنى معدل سجل في الشتلات التي عوملت بمعاملة التداخل بين أعلى شدة اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (0.229 %).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في محتوى أوراق شتلات التيكوما من عنصر الفسفور، إذ تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً بإعطائها أعلى معدل بلغ (0.323 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل في هذه الصفة بلغ (0.245 %) وبنسبة زيادة بلغت (31.83 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ امتازت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة شتلات التيكوما بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والكايتوسان النانوي معاً بارتفاع محتوى الأوراق من الفسفور وبمعدل بلغ (0.354 %) وبنسبة زيادة وصلت إلى (78.78 %) عن الشتلات التي عوملت بأعلى اجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من مركب الكايتوسان العادي والنانوي وبمعدل بلغ (0.198 %).

الجدول (21): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة الفسفور (%) في أوراق شتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	0.198 w*	0.209 v	0.221 u	0.209 h	0.240 c
	150	0.230 t	0.240 s	0.250 r	0.240 g	
	300	0.260 p	0.270 o	0.287 l	0.272 e	
75	0	0.254 q	0.262 p	0.270 o	0.262 f	0.290 b
	150	0.280 n	0.290 k	0.300 i	0.290 d	
	300	0.308 g	0.319 e	0.328 d	0.318 b	
100	0	0.284 m	0.292 j	0.302 h	0.293 c	0.318 a
	150	0.310 f	0.318 e	0.327 d	0.318 b	
	300	0.335 c	0.344 b	0.354 a	0.344 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		0.273 c	0.282 b	0.293 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	0.229 i	0.239 h	0.252 g	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	0.280 f	0.290 e	0.299 d		
	100	0.310 c	0.318 b	0.327 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	0.245 i	0.254 h	0.264 g	0.254 c	
	150	0.273 f	0.283 e	0.292 d	0.282 b	
	300	0.301 c	0.311 b	0.323 a	0.311 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 8 نسبة البوتاسيوم (%) في أوراق شتلات التيكوما:

يشير الجدول (22) من خلال نتائج التحليل الاحصائي الى وجود تأثير معنوي لجميع العوامل المنفردة المدروسة فضلاً عن تداخلاتها الثنائية والثلاثية، إذ بينت النتائج في هذا الجدول أن محتوى أوراق شتلات التيكوما من عنصر البوتاسيوم قد ازداد معنوياً عند معاملتها بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وبمعدل بلغ (1.230 %) أي بنسبة زيادة بلغت (6.40 %) عن معاملة الشتلات بأعلى معدل من الاجهاد المائي بلغ معدله (1.156 %)، كما أشارت البيانات الإحصائية في الجدول نفسه إلى وجود تأثير معنوي لمركب الكايتوسان العادي في هذه الصفة إذ أعطى التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى محتوى من عنصر البوتاسيوم في أوراق الشتلات وبمعدل بلغ (1.223 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات بأدنى محتوى من هذا العنصر وبمعدل بلغ (1.142 %) وبنسبة زيادة وصلت إلى (7.09 %)، وكذلك بالنسبة لمركب الكايتوسان النانوي فقد أدى رش الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) إلى إنتاج شتلات ذات محتوى عالي من عنصر البوتاسيوم بمعدل بلغ (1.191 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل بلغ (1.170 %).

أظهرت نتائج الجدول نفسه وجود تأثير معنوي عند تداخل معاملة الإجهاد المائي والكايتوسان العادي وسجل أعلى محتوى معنوي من عنصر البوتاسيوم في أوراق الشتلات بمعدل (1.306 %) قياساً إلى أدنى معدل من البوتاسيوم في أوراق شتلات معاملة المقارنة وبمعدل بلغ (1.138 %) أي بنسبة زيادة بلغت (14.76 %).

كما بينت النتائج أن هناك تأثيراً معنوياً عند تداخل معاملة الشتلات بالإجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع إضافة (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من المركب الحيوي الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (1.259 %) قياساً إلى جميع معاملات التداخل الثنائي الأخرى بين الإجهاد المائي والكايتوسان النانوي.

وكذلك أظهر الجدول نفسه وجود اختلافات معنوية بين معاملات التداخل الثنائي بين المركب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي في هذه الصفة إذ سجل أعلى محتوى في الأوراق من عنصر البوتاسيوم عند معاملة الشتلات بالكايتوسان العادي بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) مع الكايتوسان النانوي بتركيز (150 ملغم. لتر$^{-1}$) وبمعدل بلغ (1.232 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى معدل من هذه الصفة بلغ (1.129 %) وبنسبة زيادة (9.12 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين العوامل المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملتها بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً أعلى محتوى من البوتاسيوم في أوراقها وبمعدل بلغ (1.330 %).

الجدول (22): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة البوتاسيوم (%) في أوراق شتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	1.112 nop*	1.145 klm	1.156 jkl	1.138 d	1.156 b
	150	1.164 h-k	1.170 g-k	1.180 f-j	1.171 c	
	300	1.197 efg	1.187 f-i	1.092 p	1.159 c	
75	0	1.131 l-o	1.110 op	1.121 mno	1.121 e	1.162 b
	150	1.141 k-n	1.161 i-l	1.178 f-j	1.160 c	
	300	1.193 e-h	1.206 def	1.220 de	1.206 b	
100	0	1.145 klm	1.170 g-k	1.189 f-i	1.168 c	1.230 a
	150	1.168 g-k	1.227 d	1.258 c	1.218 b	
	300	1.284 b	1.304 ab	1.330 a	1.306 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		1.170 b	1.187 a	1.191 a		

التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي				متوسطات الكيتوسان العادي
	50	1.158 def	1.167 de	1.143 f
	75	1.155 ef	1.159 def	1.173 d
	100	1.199 c	1.234 b	1.259 a
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	1.129 g	1.142 fg	1.155 ef
	150	1.158 e	1.186 d	1.205 c
	300	1.224 ab	1.232 a	1.214 bc

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 9 نشاط أنزيم الكتاليز (وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة):

يتضح من الجدول (23) وجود فروق معنوية بين تأثير جميع المعاملات المنفردة للعوامل الثلاثة (الإجهاد المائي والكايتوسان العادي والنانوي) في مؤشر فعالية انزيم الكتاليز، فقد وجد زيادة النشاط الأنزيمي مع كل انخفاض في تأثير الاجهاد المائي من خلال زيادة نسبة قيمة السعة الحقلية إذ حصلت زيادة في فعالية ونشاط الأنزيم وصلت إلى حد المعنوية عند معاملتها بالإجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية وبمعدل بلغ (9.597 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) قياساً إلى الاجهاد المائي الشديد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية التي أنتجت أدنى معدل في النشاط الأنزيمي بلغ (8.074 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة)، وكذلك أشارت نتائج التأثيرات المنفردة لكل من عاملي المركب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي إلى حصول فروق معنوية في الصفة المدروسة، فقد سجل أعلى نشاط أنزيمي للكتاليز في الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي وبمعدل بلغ (9.437 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) أي بنسبة زيادة وصلت إلى (12.23 %) عن معاملة المقارنة التي أعطت شتلات أدنى نشاط أنزيمي بلغ معدله (8.408 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة)، وعند ذات التركيز سجلت الشتلات التي عوملت بالكايتوسان النانوي أعلى نشاط لانزيم الكتاليز وبمعدل بلغ (9.025 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) وبنسبة زيادة بلغت (3.23 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى نشاط لأنزيم الكتاليز بلغ معدله (8.742 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).

ومن جدول بيانات التداخل الثنائي بين العوامل المدروسة يلاحظ وجود فروق معنوية في صفة فعالية أنزيم الكتاليز وأن أفضل الشتلات من حيث النشاط الأنزيمي كانت عند معاملة التداخل الثنائي بين الإجهاد المائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية و(300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي وبمعدل بلغ (9.956 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) قياساً إلى شتلات معاملة المقارنة التي أعطت أدنى نشاط أنزيمي بلغ معدله (7.665 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).

ويلاحظ أيضاً أن معاملة الشتلات بنسبة إجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة رش الشتلات بتركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي أعطت زيادة معنوية في نشاط أنزيم الكتاليز وبمعدل بلغ على الترتيب (9.655 و9.676 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت أدنى معدل بلغ (7.862 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).

وكذلك أثر معاملة التداخل الثنائي بين المركب الحيوي الكايتوسان العادي والنانوي معنوياً في فعالية أنزيم الكتاليز إذ سجلت أعلى معدل للنشاط الأنزيمي في الشتلات التي عوملت بتركيز (300 غم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي مع تركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ على الترتيب (9.459 و9.585 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلات بأدنى معدل بلغ (8.291 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين جميع العوامل الثلاثة المدروسة إلى وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل إجهاد مائي بنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300

ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً أعلى نشاط أنزيمي بلغ معدله (10.153 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية مع تركيز (0 ملغم. لتر$^{-1}$) من المركب الكايتوسان العادي والنانوي معاً وبمعدل بلغ (7.450 وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).

الجدول (23): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة فعالية انزيم الكتاليز (وحدة. غم$^{-1}$. دقيقة).

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	7.450 i*	7.473 i	8.073 ghi	7.665 g	8.074 c
	150	7.803 hi	8.093 ghi	8.143 ghi	8.013 fg	
	300	8.333 gh	8.546 efgh	8.753 defg	8.544 de	
75	0	8.296 gh	8.423 fgh	8.066 ghi	8.262 ef	8.949 b
	150	8.603 defg	8.410 fgh	9.313 bcd	8.775 d	
	300	9.813 abc	9.770 abc	9.850 abc	9.811 ab	
100	0	9.126 cdef	9.196 cde	9.573 abc	9.298 c	9.597 a
	150	9.600 abc	9.710 abc	9.302 bcd	9.537 bc	
	300	9.655 abc	10.061 ab	10.153 a	9.956 a	
متوسطات الكيتوسان النانوي		8.742 b	8.853 ab	9.025 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	7.862 e	8.037 de	8.323 d	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	8.904 c	8.867 c	9.076 bc		
	100	9.460 ab	9.655 a	9.676 a		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	8.291 e	8.364 de	8.571 cde	8.408 c	
	150	8.668 cde	8.737 cd	8.919 bc	8.775 b	
	300	9.267 ab	9.459 a	9.585 a	9.437 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 1 – 2 – 10 نسبة البرولين (%) في أوراق شتلات التيكوما:

دلت النتائج في الجدول (24) أن محتوى أوراق شتلات التيكوما من الحامض الاميني البرولين قد أختلف معنوياً تبعاً لتأثير المنفرد للعوامل الثلاثة المدروسة (الاجهاد المائي والتراكيز المستخدمة من الكايتوسان العادي والنانوي) إذ إنخفضت قيم الحامض الاميني مع كل زيادة في قيمة السعة الحقلية (قلة الاجهاد المائي) فقد أمتازت الشتلات التي عوملت بأدنى إجهاد مائي وبنسبة (100 %) من قيمة السعة الحقلية بانخفاض واضح في محتوى أوراقها وبمعدل بلغ (5.89 %) فقط وبنسبة انخفاض بلغ (48.19 و21.67 %) قياساً إلى الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي الشديد (50 %) والمتوسط (75 %) من قيمة السعة الحقلية إذ أعطت أعلى محتوى من البرولين بلغ معدله على الترتيب (11.37 و7.52 %)، كما تفوقت الشتلات التي عوملت بتركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي معنوياً وبمعدل بلغ على الترتيب (9.31 و8.32 %) وبنسبة زيادة بلغت (30.02 و16.20 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أنتجت شتلات امتازت أوراقها بأدنى محتوى من البرولين بلغ معدله (7.16 %)، وكذلك أدت معاملة رش الشتلات بمركب الكايتوسان النانوي تركيز (150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) إلى زيادة معنوية في محتوى أوراقها من البرولين وبمعدل بلغ على الترتيب (8.27 و8.61 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى معدل بلغ (7.90 %).

ويلاحظ أن معاملة التداخل الثنائي بين الاجهاد المائي والمعاملة بالكايتوسان العادي أدت إلى وجود فروق معنوية في هذه الصفة إذ حققت الشتلات التي عوملت بالإجهاد المائي الشديد (50 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكاليتوسان العادي تركيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) أعلى محتوى من البرولين وبمعدل بلغ (9.79 و11.39 و12.95 %) قياساً إلى أقل محتوى بلغ في الشتلات التي عوملت بالاجهاد المائي الخفيف (100 %) من قيمة السعة الحقلية والمعاملة بالكايتوسان العادي (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) وبمعدل بلغ على التوالي (5.35 و6.00 و6.30 %).

وكان للتداخل الثنائي بين عاملي الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي تأثير معنوي في هذه الصفة إذ نتج أعلى محتوى من البرولين في أوراق شتلات التيكوما التي عوملت بـأعلى إجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وتركيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ على الترتيب (10.83 و11.39 و11.91 %) قياساً إلى أقل محتوى من هذا الحامض الأميني سجل في الشتلات التي عوملت بالتداخل الثنائي بين أعلى شدة اجهاد مائي (50 %) من قيمة السعة الحقلية وبين تركيز (0 و150 و300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان النانوي وبمعدل بلغ (5.35 و6.00 و6.30 %).

كما كان للتداخل الثنائي بين الكايتوسان العادي والنانوي تأثير معنوي في محتوى أوراق الشتلات من البرولين إذ توضح بيانات الجدول نفسه تفوق الشتلات التي عوملت بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي

معاً بإعطائها شتلات امتازت بأعلى محتوى بلغ معدله (9.63 %) قياساً إلى معاملة المقارنة التي أعطت شتلاتها أدنى محتوى بلغ (6.75 %) وبنسبة زيادة بلغت (42.66 %).

تشير نتائج التداخل الثلاثي بين عوامل التجربة المدروسة وجود اختلافات معنوية بين معاملاتها إذ أعطت الشتلات التي عوملت بأقل اجهاد مائي (100 %) من قيمة السعة الحقلية مع معاملة الشتلات بتركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) من الكايتوسان العادي والنانوي معاً محتوى من البرولين بمعدل بلغ (6.42 %) بينما أعطت معاملة المقارنة شتلات امتازت أوراقها بمحتوى عالي من البرولين بلغ معدله (9.09 %).

الجدول (24): تأثير الكايتوسان العادي والنانوي تحت مستويات مختلفة من الإجهاد المائي ومعاملات التداخل في صفة نسبة البرولين (%) في أوراق شتلات التيكوما.

الإجهاد المائي (%) من قيمة السعة الحقلية	الكيتوسان العادي (ملغم . لتر$^{-1}$)	الكيتوسان النانوي (ملغم . لتر$^{-1}$)			التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان العادي	متوسطات الاجهاد المائي
		0	150	300		
50	0	9.09 i*	9.87 h	10.40 g	9.79 c	11.37 a
	150	10.93 f	11.31 e	11.92 d	11.39 b	
	300	12.47 c	12.97 b	13.40 a	12.95 a	
75	0	5.91 uv	6.32 pq	6.77 o	6.33 f	7.52 b
	150	7.12 n	7.61 m	7.98 l	7.57 e	
	300	8.32 k	8.65 j	9.06 i	8.67 d	
100	0	5.25 x	5.39 w	5.48 w	5.37 h	5.89 c
	150	5.87 v	6.03 tu	6.11 st	6.00 g	
	300	6.19 rs	6.29 gr	6.42 p	6.30 f	
متوسطات الكيتوسان النانوي		7.90 c	8.27 b	8.61 a		
التداخل بين الاجهاد المائي والكيتوسان النانوي	50	10.83 c	11.39 b	11.91 a	متوسطات الكيتوسان العادي	
	75	7.12 f	7.53 e	7.93 d		
	100	5.77 i	5.90 h	6.00 g		
التداخل بين الكيتوسان العادي والنانوي	0	6.75 i	7.19 h	7.55 g	7.16 c	
	150	7.97 f	8.32 e	8.67 d	8.32 b	
	300	8.99 c	9.30 b	9.63 a	9.31 a	

* المتوسطات التي تشترك بنفس الأحرف للعوامل المفردة وتداخلاتها لا تختلف معنوياً فيما بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود عند مستوى احتمال 0.05.

4 – 2 المناقشة Discussion:

4 – 2 – 1 تأثير الإجهاد المائي في صفات النمو الخضري والجذري لشتلات التيكوما:

أشارت نتائج التأثير المنفرد لعامل الإجهاد المائي في الجداول (5 و7 و9 و10 و11 و12 و13) إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة من أثر معاملة شتلات التيكوما بالإجهاد المائي بنسب مختلفة من قيمة السعة الحقلية، إذ يلاحظ من النتائج التأثيرات الإيجابية الواضحة من خلال زيادة قيم الصفات المدروسة (الزيادة في ارتفاع الشتلات وعدد الأوراق وطول وقطر وحجم الجذر الرئيس وكذلك في صفة الوزن الجاف للمجموع الجذري فضلاً عن المحتوى الرطوبي النسبي) على الترتيب عند انخفاض الاجهاد المائي عن طريق زيادة قيمة السعة الحقلية إلى (75 و100 %) قياساً إلى الإجهاد المائي الشديد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية، ويعزى ذلك إلى دور الإجهاد المائي ولا سيما الإجهاد الشديد إلى إحداث تأثيرات سلبية في مؤشرات النمو الخضري في النباتات من خلال تحفيز إنتاج الجذور الحرة Free Radicles ذات التأثير المؤكسد لخلايا النبات وبالتالي التحول إلى مرحلة الإجهاد المضاعف نتيجة التأثير المركب للإجهاد المائي (Water stress) والإجهاد التأكسدي (Oxidative stress) معاً مما يسبب تفاقم التأثيرات السلبية في مؤشرات النمو (Lushchack وSemchyshy، 2012)، وقد بينت النتائج أن الإجهاد الشديد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية أدى إلى انخفاض في معدل الصفات المدروسة بسبب قلة انقسام وتوسع واستطالة خلايا الساق والجذر نتيجة نقص جاهزية ماء التربة ولا سيما في الترب ذات الطبيعة الرملية وقليلة المادة العضوية المستخدمة في الدراسة كما في الجدول (1) التي تسبب قلة معدل نمو الأجزاء الخضرية والجذرية بشكل عام لما للماء الجاهز للنبات من دور فعال في عملية انقسام الخلايا واستطالتها وبالتالي تسبب صغر المساحات الورقية وتقليل من كمية الاشعة الواصلة للأوراق وعندها تقل كفاءة عملية تحويل الطاقة الضوئية ذات الطبيعة الفيزيائية إلى طاقة كيميائية (Bradford وHsiao، 1982).

كما أن الإجهاد الشديد يسبب زيادة في نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة وأن الإجهاد يمكن أن يستحدث حالة من الإجهاد التأكسدي في النباتات بزيادة أنواع الأوكسجين الفعالة Reaction Oxygene Species (R.O.S.) مثل جزيئة الأوكسجين الحرة O_2 وبيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وجذور الهيدروكسيل OH الناتجة عن الاختزال غير التام بالأوكسجين O_2 (Asada، 2000).

ومن مراجعة البيانات في الجداول السابقة يلاحظ تسجيل زيادة معنوية في معظم الصفات المدروسة عند معاملتها بمعدلات منخفضة من الاجهاد المائي ويلاحظ انخفاض هذه الزيادة تدريجياً في الجداول (6 و9 و10 و11 و12 و13) كلما زادت شدة الاجهاد المائي بسبب نقص الماء الحاد في خلايا النسيج النباتي الذي له دور كبير في عملية الاتساع الخلوي Cell expansion ومن المعروف أن فشل عملية اتساع الخلايا يؤثر سلباً في النمو الخلوي في جميع الأعضاء النباتية (الدسوقي، 2008)، هذه النتائج تتوافق مع نتائج العديد من الدراسات ومنها ما توصل اليها Okcu وآخرون (2005) من أن انخفاض معدل نمو الشتلات التي تتعرض للإجهادات المائية بشكل عام يعود إلى

انخفاض امتصاص الماء من قبل الجذور والضروري لتحول المواد الغذائية المخزونة وتحللها وانتقالها وكذلك ما توصل إليها عبيد وآخرون (2012) بأن معدلات استطالة الخلايا حساسة جداً للإجهادات المائية بسبب اعتماد نمو الخلايا في مدى قدرتها على الحفاظ على امتلاء الخلية الذي يتأثر بشكل مباشر بإجهاد الجفاف فضلاً عن نقص وصول الماء بما فيه من املاح معدنية إلى الأنسجة النباتية النامية يؤدي إلى انعكاسات سلبية شديدة في جميع العمليات الحيوية والفسلجية داخل النبات.

4 – 2 – 2 تأثير الإجهاد المائي في الصفات الكيميائية لشتلات التيكوما:

يتضح من مراجعة جميع نتائج التأثير المنفرد لعامل الإجهاد المائي في صفات النمو الكيميائية لشتلات التيكوما قيد الدراسة كما في الجداول (15 و16 و17 و18 و19 و20 و21 و22 و23 و24) وجود فروق معنوية بين معاملات الإجهاد المائي المدروسة بنسب مختلفة من قيمة السعة الحقلية إذ يلاحظ زيادة قيم مؤشرات النمو الكيميائية قيد الدراسة على الترتيب (محتوى الكربوهيدرات والبروتينات الكلية والكلوروفيل الكلي وكلوروفيل a وكلوروفيل b وعنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم والنشاط انزيم الكتاليز في أوراق شتلات التيكوما) عند انخفاض الاجهاد المائي بزيادة قيمة السعة الحقلية إلى نسبة (75 و100 %) قياساً إلى الإجهاد المائي الشديد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية، ويعزى ذلك إلى دور الإجهادات المائية ولا سيما الشديدة منها إلى إحداث تأثيرات سلبية في مؤشرات النمو وقد يرجع السبب إلى أن جذور الأوكسجين الفعالة تعتبر مصدر هام ورئيسي لأضرار الخلايا تحت ظروف الاجهاد المائي والتي تعد عالية السمية للخلايا النباتية حيث تتفاعل بصورة مباشرة مع مكونات الخلية وتتفاعل مع اللبيد المتواجد في الأغشية الخلوية مسببةً تلفها عن طريق حصول ثقوب تؤدي إلى تسريب محتواها وجفاف سريع بها وبالتالي موتها ويسبب أضراراً بالأغشية حيث يؤثر في عمليات التنفس في الميتوكوندريا فضلاً عن تحطيم صبغة الكلوروفيل وبذلك تقل إمكانية تثبيت غاز ثاني أوكسيد الكربون CO_2 في البلاستيدات الخضراء (محب، 2011)، واتفق ذلك مع النتائج التي حصل عليها (الساعدي وحيدر، 2016) الذي أشار إلى التأثيرات السلبية الناتجة عن زيادة شدة الإجهاد المائي في جميع الصفات المدروسة إذ انخفضت معنوياً محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي ونسب كل من عنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم بنسب انخفاض وصلت حسب الترتيب إلى (22.91 و39.24 و22.11 و40.01 %).

أشار Gupta (2011) إلى أن الاجهاد المائي يسبب تحفيز الجذور الحرة المؤكسدة نتيجة اضطراب النظام الأنزيمي في أغشية الكرانا في البلاستيدات الخضراء وبالتالي تثبيط عملية البناء الضوئي أو توقفها، وبين Turner (1979) أن التأثيرات السلبية للإجهاد المائي تعود بالأساس إلى جفاف بروتوبلازم الخلايا وارتفاع تركيز المحاليل الذي يؤدي إلى أضرار واسعة في بنية الخلايا وفعاليتها وتوقف أو ابطاء بعض الوظائف الحيوية كالبناء الضوئي والتنظيم الثغري وغيرها، فضلاً عن ارتشاح الماء في الخلايا الجذرية بسبب الخلل في الجهد الأزموزي وقلة الضغط الانتفاخي

للخلايا يسبب ضعف قابلية الشعيرات الجذرية على امتصاص الماء بما فيه المغذيات لا سيما الضرورية منها مثل النتروجين والفسفور والبوتاسيوم.

هذه النتائج تتوافق مع ما توصلت اليه (الابراهيمي، 2015) والتي أشارت إلى أن الاجهاد المائي بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية أدى إلى خفض معظم قيم الصفات المدروسة مثل محتوى الأوراق من الكلوروفيل ومحتوى الماء النسبي والفسفور، بسبب انخفاض نسبة صبغات الكلوروفيل مما نتج عنه تثبيط عملية البناء الضوئي نتيجة الحد من فتح الثغور وبالتالي تنعكس ذلك على نمو البلاستيدات الخضراء (Ludlow وMuchow، 1990)، وقد يعزى إلى دور الإجهاد المائي في تنشيط بناء هرمون الابسيسك (ABA) المثبط لعملية بناء الكلوروفيل (صقر، 2009).

تبين من الجدول (24) زيادة تركيز الحامض الأميني البرولين مع زيادة شدة الإجهاد المائي ووصل أعلى محتوى من البرولين في أوراق شتلات التيكوما عند تعرضها إلى الإجهاد المائي الشديد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية وقد يعزى ذلك إلى تراكم مركبات الأيض في النباتات المعرضة للإجهادات المائية كوسيلة لعملية تنظيم الأزموزي والمحافظة على جزيئات الماء الموجودة في الأنسجة النباتية (Kilic وYagabasanlar، 2010)

4 – 2 – 3 تأثير الكايتوسان العادي في صفات النمو الخضري والجذري لشتلات التيكوما:

توضح النتائج المعروضة في الجداول (5 و6 و7 و8 و9 و10 و11 و12 و13) أن المخصب الحيوي الكايتوسان العادي قد أثر معنوياً في جميع صفات النمو الخضري والجذري (الزيادة في ارتفاع الشتلات وقطر الساق الرئيسي وعدد الأوراق والأفرع وكذلك في طول وقطر وحجم الجذر الرئيسي فضلاً عن الوزن الجاف للمجموع الجذري والمحتوى الرطوبي النسبي) ويتفق هذا مع نتائج نشأت وآخرون (2021) حيث أدى رش الكايتوسان في نوعين من نبات الدراسينا بتركيز (500 ملغم. لتر$^{-1}$) إلى زيادة أغلب صفات النمو من ارتفاع النبات وعدد الأوراق قياساً إلى معاملة المقارنة ويعزى السبب إلى قدرة المخصب الحيوي الكايتوسان على زيادة عملية البناء الضوئي والذي ينعكس ايجاباً على مؤشرات النمو الخضري مما يزيد من ارتفاع النبات وعدد الاوراق ومساحة الورقة الواحدة وبالتالي المساحة الورقية الكلية فضلاً عن تأثير الكايتوسان في زيادة منظمات النمو النباتية مثل حامض الجبرليك GA_3 والزياتين (Rekso، 2005)، وهذا ما أكده Hidangmayum وآخرون (2019) الذين بينوا أن تأثير الرش الورقي بمركب الكايتوسان أدى إلى تحفيز عملية البناء الضوئي من خلال الية التحكم بفتح وغلق الثغور، وأن الكايتوسان يحفز انتاج الأنزيمات المضادة للأكسدة ويحث على انتاج الأحماض العضوية والامينية وإنتاج السكريات وغيرها من المركبات الايضية الضرورية لتعديل الازموزية تحت ظروف الإجهاد البيئي المائي، ويتفق مع ما ذهب اليه Freepons (1991) بتسجيل الكايتوسان كمركب محفز على زيادة نمو النباتات وزيادة انتاجيتها بشكل عام.

وقد يعود السبب إلى أن الكايتوسان يكون غشاءً رقيقاً على السطح الشمعي للورقة النباتية فيعمل على انعكاس الأشعة الشمسية عن سطح الورقة الأمر الذي يؤدي إلى تقليل امتصاص الطاقة الحرارية وبالتالي تخفيض درجة حرارة الورقة التي تنعكس بتقليل كمية تبخر الماء (Pandey وآخرون، 2018).

أشار Khan وآخرون (2002) أن رش النباتات بالمخصب الحيوي الكايتوسان يزيد من نشاط الأنزيمات الرئيسة لعملية البناء الضوئي ويسبب زيادة في نقل النتروجين في الأوراق مما يعزز من نمو النباتات كمحصلة نهائية.

4 – 2 – 4 تأثير الكايتوسان العادي في الصفات الكيميائية لشتلات التيكوما:

تشير النتائج المعروضة في جميع الجداول باستثناء صفة ثباتية الأغشية أن المخصب الحيوي الكايتوسان العادي قد أثر معنوياً في صفات النمو الكيميائية إذ أثر معنوياً في صفة (الزيادة في ارتفاع الشتلات وقطر الساق الرئيسي وعدد الأوراق والأفرع وكذلك في طول وقطر وحجم الجذر الرئيس فضلاً عن الوزن الجاف للمجموع الجذري والمحتوى الرطوبي النسبي)، وقد يعزى السبب إلى دور الكايتوسان الفعال في تحفيز انشطة الانزيمات الضرورية لعملية التمثيل الغذائي للنيتروجين وتحسين نمو الأوراق النباتية وبالتالي يعزز وظيفة الأوراق في النمو والتطور (Chibu وأخرون، 2000).

وقد يعود إلى كون الكايتوسان من السكريات المتعددة، وبالتالي فهو ذو تأثير ايجابي في عملية تغذية النباتات وتعزيز المنظومة الدفاعية وقد يسبب زيادة في التمثيل الكاربوني إلى الضعف (Barka وآخرون، 2004).

أن جزيئة الكايتوسان تختلف في العمل من خلية إلى أخرى بالاعتماد على الكيمياء الفسيولوجية، وبذلك يسبب زيادة المجموع الجذري (Chandrkrachang وآخرون، 2005)، وإن زيادة ونشاط فعالية الجذور وزيادة امتصاص العناصر تنعكس ايجاباً في نشاط التمثيل الكاربوني وبناء الكربوهيدرات والسكريات التي تعمل على زيادة النمو وأن تراكم المواد الغذائية تعمل على زيادة قطر الساق (El-Tantawy، 2009).

وقد يعود سبب دور الكايتوسان في زيادة صفات النمو الكيميائية إلى دوره في زيادة كاربوكسي ميثيل الكايتوسان الذي يعمل على زيادة فعالية ونشاط الانزيمات وزيادة تركيزها وبالتالي زيادة نشاط عملية التمثيل الكاربوني وزيادة نمو وتطور النباتات من ارتفاعها وزيادة عدد اوراقها وزيادة المساحة الورقية (Ke وآخرون، 2001).

وقد يعزى السبب إلى أن الكايتوسان يساعد على عملية بناء الهرمونات النباتية داخل النبات وتشجع زيادة انتاجها ولا سيما الاوكسينات والجبرلينات التي لهما دوراً مهماً في عملية انقسام الخلايا واستطالتها مما تسبب زيادة تركيز النتروجين في الأوراق ومن ثم زيادة عملية البناء الضوئي وبناء الكربوهيدرات، وقد يعزى زيادة نسبة الفسفور في النبات الى زيادة النتروجين حيث هنالك علاقة طردية اذ يؤثر النتروجين في امتصاص الفسفور أو قد يرجع السبب الى زيادة الاحياء المجهرية المثبتة للفسفور وزيادة المجموع الجذري مما أدى الى زيادته في النبات، وأن زيادة هذين العنصرين أدى إلى زيادة كفاءة النبات لامتصاص وتراكم البوتاسيوم في الأوراق (Shaheen وآخرون، 2010).

4 – 2 – 5 تأثير الكايتوسان النانوي في صفات النمو الخضرية والجذرية لشتلات التيكوما:

يتبين من بيانات النتائج في الجداول (5 و6 و7 و8 و9 و10 و11 و12 و13 و14) وجود فروقات معنوية في الصفات الخضرية والجذرية المدروسة في شتلات التيكوما وان للمخصب الحيوي الكايتوسان النانوي قد أثر معنوياً في صفات النمو الخضرية والجذرية قياساً إلى معاملة المقارنة ولا سيما عند التركيز (300 ملغم. لتر$^{-1}$) وقد يعود السبب إلى الخصائص الكيميائية والفيزيائية لجسيمات النانوية المتمثلة بالمساحة السطحية الكبيرة التي تعكس زيادة التبادل الأيوني وزيادة التفاعلات الكيميائية فضلاً عن حجم الجزيئات النانوية الصغيرة والذي يؤدي إلى سرعة وسهولة امتصاصها من قبل النباتات، وبالتالي إعطاء نتائج إيجابية تنعكس على تحسين النمو في النباتات (Khan وآخرون، 2017)، وقد بين كل من Hatami وآخرون (2016) وTanou وآخرون (2017) أن الإضافات الورقية للجزيئات النانوية توفر سهولة اختراق النباتات وسرعة انتشارها التي تمكن بالنتيجة من زيادة سرعة امتصاصها وقابلية ذوبانها العالية، وتتفق هذه النتائج مع الكرعاوي (2020) بزيادة معدلات النمو الخضري والجذري في كل من ارتفاع وقطر شتلات اللالنكي *Citrus reticulate* L. فضلاً عن زيادة عدد الأوراق وقطر الجذر والوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري نتيجة رش الشتلات بالمخصبات النانوية.

4 – 2 – 6 تأثير الكايتوسان النانوي في الصفات الكيميائية لشتلات التيكوما:

تشير النتائج المعروضة في جميع الجداول إلى أن المخصب الحيوي الكايتوسان النانوي قد أثر معنوياً في صفات النمو الكيميائية إذ أثر معنوياً في صفة (محتوى الأوراق من الكربوهيدرات والبروتينات ووالكلوروفيل الكلي وكلوروفيل a وb وعنصر النتروجين والفسفور والبوتاسيوم فضلاً عن نشاط أنزيم الكتاليز ومحتوى الأوراق من البرولين) وقد يعزى السبب إلى ما ذكر سابقا في (Khan وآخرون، 2017 وHatami وآخرون، 2016 والكرعاوي، 2020) وجاءت النتائج متطابقة مع نتائج (شريف،2021) التي بينت تفوق شتلات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. عند رشها بالمخصبات النانوية في صفة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي ومحتواها من النتروجين والفسفور والبوتاسيوم ومحتواها أيضاً من البروتينات قياساً إلى معاملة المقارنة.

5 الاستنتاجات والتوصيات Conclusions and Recommendation:

من النتائج التي تم الحصول عليها يمكن أن نستنتج بما يأتي:

5 - 1 الاستنتاجات:

١- على الرغم من أن المادة النانوية تختلف عن المادة غير النانوية في خصائصها الفيزيائية والكيميائية، الا أنها ليست بالضرورة أن تكون دائماً أفضل منها في جميع مؤشرات النمو ولجميع النباتات.

٢- أن الرش الورقي بالكايتوسان بصورة عامة كان له الأثر الإيجابي الواضح في تحسين معظم الصفات المدروسة على الرغم من ظروف النمو القاسية تحت تأثير الاجهاد المائي وطبيعة نسجة التربة الرملية والفقيرة جداً بالمادة العضوية.

٣- تبين أن هناك علاقة إيجابية بين شدة الإجهاد المائي والرش بالتراكيز العالية بالكايتوسان سواء الكايتوسان العادي أو النانوي على حد سواء من خلال زيادة جميع مؤشرات النمو بزيادة تراكيز الكايتوسان.

٤- أن الزراعة تحت ظروف الإجهاد المائي الشديد بنسبة (50 %) من قيمة السعة الحقلية أثر سلباً في معظم الصفات المدروسة الخضرية والجذرية والكيميائية.

٥- كان للتداخلات بين العوامل المدروسة الثلاثة تأثير معنوي واضح جداً في زيادة نمو وتحسين جميع الصفات المدروسة.

٦- نجاح زراعة التيكوما بشكل جيد في ظل ظروف الإجهاد المائي بمختلف المستويات من خلال المساهمة الفاعلة للكايتوسان في التغلب على التأثيرات السلبية للإجهاد المائي وخاصة الشديد منها.

5 – 2 التوصيات:

تحت ظروف اجراء الدراسة يمكن أن نوصي بما يأتي

١- إمكانية زراعة شجيرات التيكوما بشكل واسع في مدينة كربلاء المقدسة بشكل خاص والعراق بشكل عام كنباتات زينة لجمالها وطبيعتها الجذابة وتحملها الظروف القاسية مثل الجفاف.

٢- اعتماد الكايتوسان على النطاق التطبيقي العملي كمركب حيوي غير ضار ورخيص الثمن في جميع المحاصيل البستنية سواء كانت نباتات زينة أو نباتات خضر أو فاكهة، لكونه مادة محفزة تعمل بفعالية عالية في تنشيط العمليات الحيوية في النباتات فضلاً عن نشاطه المهم في حماية النباتات سواء من الاجهادات البيئية أو الحيوية.

٣- اجراء تجارب أخرى تتضمن الإضافات الأرضية لمادة الكايتوسان.

٤- اجراء تجارب بتراكيز أخرى من الكايتوسان للحصول على أفضل تأثير في صفات النمو.

٥- تعريض شجيرات التيكوما إلى اجهادات بيئية أخرى مثل الملوحة للوقوف على مدى تحملها في ظل ظروف مدينة كربلاء أو في مناطق أخرى.

٦- توسيع تطبيقات تقنيات النانو والمواد النانوية الحيوية الآمنة صحياً على الانسان أو الحيوان في جميع الأنظمة والحقول الزراعية.

٧- ضرورة اجراء تجارب مختبرية واسعة ودقيقة لمناقشة وفهم ميكانيكية تداخل الجزيئات النانوية والنباتات وخاصة الجزيئات النانوية الكيميائية وتوضيح مدى خطورتها وسميتها بالتعاون مع الجهات الصحية ذات العلاقة.

6 المصادر:

6-1 المصادر العربية Arabic references:

الابراهيمي، نبراس عبد الكريم (2015). تأثير المحتوى الرطوبي ونوع التربة في بعض المؤشرات الفسلجية والكيموحيوية لنبات الحنطة *Tritticum aestivum* وعلاقة ذلك بالبوتاسيوم المضاف، رسالة ماجستير، قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة كربلاء.

ابو ضاحي، يوسف محمد واياد احمد الناصري (2007). تأثير اضافة درين بعض المخلفات العضوية النباتية ومستخلصاتها المائية في ملوحة التربة ودرجة تفاعلها. مجلة العلوم الزراعية العراقية. 38(1):36-44.

أحمد، رياض عبد اللطيف (1984). الماء في حياة النبات. كلية الزراعة والغابات، جامعة الموصل – العراق.

الاسكندراني، محمد شريف (2010). تكنولوجيا النانو من أجل غذاء أفضل، مجلة عالم المعرفة، السلسلة الشهرية بصدرها المجلس الوطني للثقافة والفنون والادب، الكويت، العدد 104.

البغدادي، فاطمة محمد (2015). تأثير الألوان على الحالة النفسية للتلاميذ، مجلة المعرفة.

الجمعية الجغرافية السعودية (2010). المعايير الجغرافية للمساحات الخضراء والحدائق ونظم تصميمها في المدن العربية.

حسن، علي عبد الهادي (2014). دور Abscisic Acid في تحمل محصول زهرة الشمس *Helianthus annuus* L. للجفاف. رسالة ماجستير. قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة – جامعة بغداد.

الحسيني، فاضل عباس محمد (2019). تأثير التغطية بالأكرل والرش بالأرجنين والكايتوسان في نمو وحاصل نبات الفلفل والقابلية التسويقية للثمار تحت ظروف البيوت البلاستيكية غير المدفأة، أطروحة دكتوراه، كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد.

حمود، جواد علي (2010). أداء الذرة الصفراء بالري المتبادل وعمق الزراعة. رسالة ماجستير. قسم المحاصيل الحقلية. كلية الزراعة – جامعة بغداد.

الدسوقي، حشمت سليمان احمد (2008). أساسيات فسيولوجيا النبات. مكتبة جزيرة الورد، المنصورة، جمهورية مصر العربية.

الدعمي، بسمة عزيز حميد (2015). التفاعل بين مستويات مختلفة من الإجهاد المائي والبوتاسيوم على نمو نبات القمح *Triticum aestivum* L. في مرحلة التمهيد. مجلة كربلاء للعلوم الزراعية، 2 (4): 17-31.

الربيعي، باقر جلاب هادي (2021). مضادات الأكسدة، جامعة المثنى، كلية الزراعة – العراق.

الرماحي، عالية هيكل حسين (2021). حماية محصول الذرة الصفراء باستعمال بعض المواد النانوية من الإصابة الفطرية بفطر *Aspergillus flavus* وتأثيرها على اختزال انتاج سم الفلاتوكسين B1. أطروحة دكتوراه، وقاية النبات، كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد.

الساعدي، عباس جاسم حسين وحيدر ناصر حسين المنتفجي (2016). العلاقة بين الإجهاد المائي والسيلينيوم وهرمون البراسينولايد في بعض مؤشرات النمو الخضري ومحتوى العناصر في نبات الكزبرة *Coriandrum sativum* L.. مجلة ابن الهيثم للعلوم الصرفة والتطبيقية. 29 (2): 376–386.

ستريت. ه. أ. و أوبيك، ه. (1984). فسلجة النباتات الزهرية. ترجمة (هيبت فائق وفائزة عزيز محمود العلي). جامعة الموصل. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي. العراق.

سعد، شكري إبراهيم وعبد الله القاضي وعبد الكريم محمد صالح وعبد العزيز محمد خلف الله (1988). النباتات الطبية والعطرية والسامة في الوطن العربي، جامعة الدول العربية، المنظمة العربية للتنمية الزراعية.

السعدون، ضمياء سامي صالح (2022). دور التظليل ورش النحاس النانوي والكايتوسان في بعض المؤشرات الخضرية والتشريحية والمادة الفعالة لنبات عصا الذهب *Solidago canadensis*، أطروحة دكتوراه. قسم البستنة وهندسة الحدائق، كلية الزراعة – جامعة تكريت.

شريف، ساهرة صالح (2021). استجابة نمو شتلات الصنوبر البروتي *Pinus brutia* Ten. وبعض صفاتها الخضرية والبيوكيميائية لسماد NPK النانوي والمعدني. رسالة ماجستير، كلية الزراعة والغابات – جامعة الموصل.

صقر، محب طه (2009). فسيولوجيا النبات، كلية الزراعة، جامعة المنصورة، جمهورية مصر العربية: 7 – 31.

عباس، حمزة عباس حمزة (2016). تأثير بعض معاملات السيطرة الطبيعية قبل الحصاد وبعده في تحسين الصفات النوعية والقابلية الخزنية لثمار نخيل التمر (*Phoenix dactylifera* L.). رسالة ماجستير – كلية الزراعة – جامعة البصرة.

عبد القادر، زينة محمد (2018). تأثير موعد الزراعة وبعض المغذيات والمحفزات الاحيائية في النمو والمحتوى الكيميائي لنبات ورق السكر *Stevia rebaudiana Bertoni*، أطروحة دكتوراه، كلية علوم الهندسة الزراعية – جامعة بغداد.

عبيد، حسان وعصام فلوح وينس ليون (2012). الاستجابات المورفولوجية والفيزيولوجية لأصلين من التفاح البري *Malus trilobata* و*Malus communis* للإجهاد المائي. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد (28) العدد (2)، 143 – 159.

علي، نور الدين شوقي وحياوي ويوة الجوذري (2018). علم النانو وأنظمة النبات والتربة. وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد والقادسية - كلية الزراعة، جمهورية العراق.

الغانمي، عبد عون هاشم علوان وعبد الجاسم محيسن جاسم الجبوري وقيود ثعبان يوسف الاسدي (2015). تخفيف تأثير الاجهاد المائي باستعمال البرولين بدلالة نمو بعض أصناف الذرة الصفراء. بحث مستل من أطروحة دكتوراه. مجلة جامعة كربلاء العلمية. المجلد الثالث عشر، العدد الثاني/علمي.

الفتلاوي، سناء خادم عبد الأمير (2013). تاثير الرش بحامض الابسيسك في تحمل نبات الحنطة (*Triticum aestivum* L.) النامي تحت مستويات مختلفة من الاجهاد المائي. رسالة ماجستير ، كلية التربية للعلوم الصرفة – جامعة كربلاء.

القيعي، طارق محمد هاشم وفيصل السعداوي (1993). الاشجار والشجيرات والنخيل ودورها في التوازن البيئي. الرياض - المملكة العربية السعودية كتاب دار المريخ للنشر.370 صفحة.

الكرعاوي، دعاء موسى حسن (2020). استجابة شتلات الالنكي *Citrus reticulate* L. للرش الورقي بالسماد النانوي NPK والتسميد الحيوي Fulzyme. رسالة ماجستير. كلية الزراعة – جامعة القاسم الخضراء.

كريم، فوزي محمد وعبدالله جمعة الدخيل وكامسوار ناندوري راو (2013). النباتات المتحملة للملوحة في دولة الامارات العربية المتحدة. المركز الدولي للزراعة الملحية. الامارات العربية المتحدة. دبي.

المشهداني، علاء محمد نصيف جاسم (2022). تأثير إضافة السماد NPK والحامض الأميني الكلوتاميك في نمو وإنتاج شتلات التيكوما *Tecoma stans*. رسالة ماجستير، قسم البستنة، كلية الزراعة – جامعة تكريت.

نايقا، منير (2009). مقدمة في فهم علم النانو تكنولوجي، دار العربية للعلوم، الطبعة الأولى ، لبنان، ص17.

نشأت، ليلى رياض وزياد خلف صالح ودلشاد رسول عزيز (2021). تأثير تراكيز الرش بالكايتوسان ومستويات السماد المركب بطيء التحلل في بعض صفات النمو الخضري والجذري لنوعين من الدراسينا *Dracaena sp*. مجلة جامعة كركوك للعلوم الزراعية. المجلد (12) العدد (1): 37 – 46.

هذال، نسرين محمد (2020). تأثير حامض الهيومك ورش chitosan ومضاد النتح في بعض المؤشرات الخضرية والزهرية والحاصل وتشقق الثمار في نبات الرمان صنف سليمي، أطروحة دكتوراه. قسم البستنة وهندسة الحدائق، كلية الزراعة – جامعة ديالى.

وهيب، كريمة محمد (2001). تقييم استجابة بعض التراكيب الوراثية من الذرة الصفراء لمستويات مختلفة من السماد النيتروجيني والكثافات النباتية وتقدير معامل المسار. أطروحة دكتوراه، قسم علوم المحاصيل الحقلية. كلية الزراعة - جامعة بغداد ص:191.

الوهيبي، محمد (1984). العلاقات المائية في النبات. عمادة شؤون المكتبات. جامعة الملك سعود. الرياض - المملكة العربية السعودية.

ياسين، بسام طه (1992). فسلجة الشد المائي في النبات. دار الكتب للطباعة والنشر. جامعة الموصل – العراق.

ياسين، بسام طه (2001). أساسيات فسيولوجيا النبات. لجنة التعريب - جامعة قطر - الدوحة.

6 – 2 Foreign references:

Abd El-Azeim, M. M.; Sherif M.; S. Hussien and S. O. Bashandy (2020). Impacts of nano- and non-nanofertilizers on potato quality an-productivity. *Acta Ecological Sinica*.

Abd Elgadir, M.; Uddin M. S.; Ferdosh S.; Adam A.; Chowdhury A. J. K. and Sarker M. Z. I. (2015). Impact of chitosan composites and chitosan nanoparticle composites on various drug delivery systems: A review. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(4): 619- 629.

Abd-El Hady W. M. F. (2020). Response of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) Plant to Chitosan and seaweed foliar application. Scientific. *Journal Flowers and Ornamental Plants*,7(2):153-161.

Abdelaal, K. A. A.; Hafez Y. M. ; EL Sabagh A. and Saneoka H. Ameliorative (2017). effects of Abscisic acid and yeast on morpho-physiological and yield characteristics of maize plant *Zea mays* L. under drought conditions. Fresenius Environ. Bull., 26, 7372–7383.

Abdelaal, K.; Alkahatani M.; Attia K.; Hafez Y.; Kiraly L. and Kunstler A. (2021). The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants. Biology. 10:520.

Abdel-Aziz, H. M. M.; Hasaneen M. N. A. and Omer A. M. (2016) Nano chitosan-NPK fertilizer enhances the growth and productivity of wheat plants grown in sandy soil, *Spanish Journal of Agricultural Research*.14(1): 1–9.

Abdel-Mawgoud A. M. R.; Tantawy A. S.; El-Nemr M. A. and Sassine Y. N. (2010). Growth and yield responses of strawberry plants to chitosan application. *European Journal of Scientific Research*, 39(1): 170-177.

Abdulrazzaq, Z. M.; Hammody D. T.; Majeed A. H. A.; Jumaah M. S. and Hameed N. D. A. (2022). Forestation of desert Cities: A case study Al-Ramadi Cities.

Abirami, D. and Gomathi R. (2022). Target and candidate agents for diabetes treatment in the framework of the food nexus. Energy Nexus, 5, 100041.

Abu-Odeh, A. M. and Talib W. H. (2021). Middle East medicinal plants in the treatment of diabetes: a review. Molecules, 26(3): 742.

Aebi, H. (1984). Catalase In: Methods of Enzymatic Analysis volume 2, PP. 673 - 684.

Ahmed, R. M. Saeed; T. mahmood and Ehsanullah (2001). Yield potential and oil quality of two sunflower hybrids as affected by k application and growing seasons. *International Journal Agriculture Biological* 3(1):51:53.

Al- Azzawi, A. M. (2012). Genotoxic and cytotoxic study of *Tecoma stans* Bignoniaceae. *Pakistan Journal of Biological Sciences.* 15(2): 92 – 97.

Al-Azzawi, A. M.; Al-Khateeb E.; Al-Sameraei K. and Al-Juboori A. G. (2012). Antibacterial activity and the histopathological study of crude extracts and isolated tecomine from *Tecoma stans* Bignoniaceae in Iraq. Pharmacognosy Research. 4(1): 37.

Al-Bably, S. M. Z. (2017). Effect of some natural material additives on growth and flowering of Tuberose (*Polianthes tuberosa*, L.) Bulbs. *Journal Plant Production*, Mansoura University, 8(9):895 – 906.

Ali, E. F.; El-Shehawi A. M.; Ibrahim O. H. M.; Abdul-Hafeez, E. Y.; Moussa M. M. and Hassan F. A. S. (2021). A vital role of chitosan nanoparticles in improvisation the drought stress tolerance in *Catharanthus roseus* L. through biochemical and gene expression modulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 161, 166-175.

Anand, M. and Basavaraju R. (2021). A review on phytochemistry and pharmacological uses of *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. *Journal of Ethno pharmacology*, 265, 113270.

Anburaj, G.; M. Marimuthu; V. Rajasudha and R. Manikandan (2016). Phytochemical screening and GC-MS analysis of ethanolic extract of *Tecoma stans* (Family: Bignoniaceae) Yellow Bell Flowers**,** *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*; 5(4): 172-175**.**

Archana, S. Na.; B. P. and Kumkum M. (2013). *Tecoma stans*: An Important Medicinal Plant. *International Journal of Pharmaceutical Erudition.* 3(2):13 - 21.

Arif, Y.; Siddiqui H. and Hayat S. (2022). Role of chitosan nanoparticles in regulation of plant physiology under abiotic stress. In Sustainable Agriculture Reviews 53: Nanoparticles: A New Tool to Enhance Stress Tolerance (pp. 399-413). Cham: Springer International Publishing.

Arlete, P. L. and Joana D. F. (1993). Monoterpene alkaloids from *Tecoma stans*. *The International Journal of Plant Biochemistry*, 34(3), 593-882.

Asada, K. (2000). The water-water cycle as alternative photon and electron sinks. Phill. Trans. R. Soc .Lond. B., 355: 1419-1431.

Ashok, A. D. and Ravivarman J. (2020). Efficacy of naphthalene acetic acid on root promotion on vegetative propagation of *Tecoma stans* under mist chamber of semi-arid tropic region. *Journal Pharmacogn. Phytochem*, 9: 3000 - 3002.

Ashok, A. D.; Ravivarman J. and Kayalvizhi K. (2020). Nutraceutical properties of recommended horticultural crops to develop human immune system against COVID-19. *International Journal Chem. Stud.*, 8(4):105-112.

Attaran Dowom, S.; Karimian Z.; Mostafaei Dehnavi M. and Samiei L. (2022). Chitosan nanoparticles improve physiological and biochemical responses of Salvia abrotanoides (Kar.) under drought stress. *BMC Plant Biology*, 22(1):364.

Bajlan, Sabah G. Sh.; Kadum M. Abdullah; Alaa M. Nasser Almulla and Nawras K. Mohammed (2020). Stimulating the growth of (*Acacia arabica* Lam.)

seedlings growing under water stress conditions chemically using proline and salicylic acid, Eco. Env. and Cons. 26 (1): 17-23.

Bakhoum, G.; Sadak M.; and Tawfic M. (2022). Chitosan and chitosan nanoparticle effect on growth, productivity and some biochemical aspects of *Lupinus termis* L. plant under drought conditions. *Egypt Journal Chemistry* 65(5): 537-49.

Bakshi, S.; He Z. L. L. and Harris W.G. (2015). Natural nanoparticles: implications for environment and human health. *Crit Rev Environ Sci Technol* 45:861– 904.

Barka, E.A.; Eullaffroy P.; Clement C. and Vernet G. (2004). Chitosan improves development and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. Plant Cell Reports 22, 608-614.

Bates, L. S.; Waldren R. and Teare I. D. (1973). Rapid determination of free Proline for water-stress studies. Plant and Soil: 39:205-207.

Bautista-Baños, S.; A. N. Hernandez-Lauzardo; M. G. V. Valle; M. Hernández-López; E. Ait Barka; E. Bosquez-Molina and C. L. Wilson (2006). Review: chitosan as a potential natural compound to control pre and postharvest diseases of horticultural commodities. Crop Prot., 25:108–118.

Behboudi, F.; Tahmasebi-Sarvestani Z.; Kassaee M. Z.; Modarres-Sanavy S. A. M.; Sorooshzadeh A. and Mokhtassi-Bidgoli A. (2019). Evaluation of chitosan nanoparticles effects with two application methods on wheat under drought stress. *Journal of Plant Nutrition*, 42(13): 1439 - 1451.

Bhatnagor, A. and Sillanpaa M. (2009). Applications of chitin-and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater - A short review. Advances in Colloid and Interface Science, 152(1-2): 26-38.

Bhattacharyya, A.; A. Bhaumik; P. U. Rani; S. Mandal and T.T. Epidi (2010). Nano-particles - A recent approach to insect pest control, *African Journal of Biotechnology*, 9(24): 3489 – 3493.

Bittelli, M.; Flury M.; Campbell G. S. and Nichols E. J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology* 107(3): 167-175.

Bondok, R. M.; Abou El-Yazied A.; Abd El- Gawad H. G. and Zeinab M. A. (2019). Effect of Chitosan and Salicylic Acid as exogenous elicitors on growth and biochemical constituents of Broccoli seed sprouts. Arab Univ. J. Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, Egypt, 27(3): 1919-1928.

Borghett, M. (2009). Water Transport in Plants Under Climatic Stress. Cambridge Univ., UK.

Bradford, K. J. and Hsiao T. C. (1982). Physiological responses to moderate water stress. In: Physiological Plant Ecology II. Water Relations and Carbon *Assimilation Encyclopedia of Plant Physiology*, 124: 263 - 324.

Bravo, A. P. T. (2010). Photosynthetic daily light integral, photoperiod, and temperature influence growth. development and quality of *Tecoma stans* (*Doctoral dissertation, Purdue University*).

Cabrera, J. C.; G. Wégria; R. C. A. Onderwater; G. González; M. C. Nápoles; A. B. Falcón-Rodríguez; D. Costales; H. J. Rogers; E. Diosdado and S. González (2013). Practical use of oligosaccharins in agriculture. *Acta Hortic.* 1009, 195-212.

Calvo, P.; C. Remuñán-López; J. L. Vila-Jato and M. J. Alonso (1997). Novel hydrophilic chitosan polyethylene oxide nanoparticles as protein carriers. *Journal Appl. Polym. Sci.*, 63: 125-132.

Chandrkrachang S.; Sompongchaikul P. and Sangtain S. (2005). Profitable spin - off from using chitosan in orchid farming in Thailand. *Journal of Muterials and Minerals* 15: 45 – 48.

Chawla, S. P. and Kanatt S. R. (2015). Chitosan in Polysaccharides, Bioactivity and Biotechnology. Kishan, G., and Jean - Michel, M., Editors. *Springer International Publishing.* 220-243.

Chibu, H.; Shibayama H.; Mitsutomi M. and Arima S. (2000). Effects of chitosan application on growth and chitinase activity in several crops. Marine and Highland Bioscience Center Report, 12, 27-35.

Chookhongkha, N.; Shuichi M.; Yaowapha J. and Songsin Ph. (2012). Chili growth and seed productivity as affected by chitosan. *international Conference on Agriculture Technology and Food Sciences*, Manila (Philippines).

Cicek S. and Nadaroglu H. (2015). The use of nanotechnology in the agriculture. *Adv. Nano. Res.* 3(4):207–223

Cifuentes, Z.; Custardoy L.; De La Fuente J.M.; Marquina C.; Ibarra M.R.; Rubiales D.; Perez-De-Luque A. (2010). Absorption and translocation to the aerial part of magnetic carbon-coated nanoparticles through the root of different crop plants. *Journal Nano Biotechnology* 8:26.

Cota-Arriola, O.; Onofre Cortez-Rocha M.; Burgos-Hernández A.; Marina Ezquerra-Brauer J. and Plascencia-Jatomea, M. (2013). Controlled release matrices and micro/nanoparticles of chitosan with antimicrobial potential: development of new strategies for microbial control in agriculture. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(7): 1525-1536.

Dahoumane, S. A.; Mechouet M.; Wijesekera K.; Filipe C. D. M.; Sicard C.; Bazylinski D. A. and Jeffryes C. (2017). Algae-mediated biosynthesis of inorganic nanomaterials as a promising route in Nano biotechnology-A review. *Green Chem.* **2017**, *19*, 552–587.

Das, J.; Das M. P. and Velusamy P. (2013). Sesbania grandiflora leaf extract mediated green synthesis of antibacterial silver nanoparticles against selected human

pathogens. Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy 104(1): 265–270.

Deng, Y. Q.; White J.C. and Xing B.S. (2014). Interactions between engineered nanomaterials and agricultural crops: implications for food safety. *Journal Zhejiang University Science A* 15:552–572.

Dias, A. M. A.; Cortez A. R.; Barsan M. M.; Santos J. B.; Brett C. M. A. and De Sousa H. C. (2013). Development of greener multi-responsive chitosan bio-materials doped with biocompatible ammonium ionic liquids. *ACS Sustainable Chem. Eng.*, 1(11): 1480-1492.

Disante, K. B; D. Fuentes and J. Cortina. (2011). Response to drought of Zn-stressed *Quercus suber* L. seedlings. Seedlings. *Environmental and Experimental Botany*. 70(2-3): 96 -103.

Divya, K. and Jisha M. S. (2018). Chitosan nanoparticles preparation and applications. *Environmental chemistry letters*, 16(1): 101-112.

Divya, K.; Rebello S. and Jisha M. S. (2014). A simple and effective method for extraction of high purity chitosan from shrimp shell waste. In *Proceedings of the International conference on advances in Applied Science and Environmental Engineering-ASEE*.

Dutta, P. K.; J. Dutta and V. S. Tripathi (2004). Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. *Journal of Sci. and Industrial Res*. 63:20-31.

Dzung, N. A.; Khanh V. T. P. and Dzung T. T. (2011). Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. Carbohydrate Polymers, 84(2): 751-755.

Ehret, D. L.; R. E. Redman; B. L. Havey and A. C. Pywnk (1990). Salinity – induced calcium deficiencies in Wheat and Barley. Plant and Soil .128:143-151.

Ehrlich, H.; Krajewska B.; Thomas H.; René B.; Sascha He.; Christiane K. and Hartmut W. (2006). Chitosan membrane as a template for hydroxyapatite crystal growth in a model dual membrane diffusion system. *Journal of Membrane Science*. 273(1-2): 124 – 128.

El-Hadrami, A.; L. R. Adam; I. El-Hadrami and Daayf F. (2010). Chitosan in plant protection. J. of Marine Drugs. 8: 968–987. Review Article.

El-Khateeb M. A., Asmaa B. El-Attar and Rawda M. Nour (2017). Application of plant biostimulants to improve the biological responses and essential oil production of marjoram (*Majorana hortensis*, Moench) plants**.** *Middle East J. Agric. Res., 6(4): 928- 941.*

El-Miniawy, S. M.; M. E. Ragab; S. M. Youssef and A. A. Metwally (2013). Response of Strawberry Plants to Foliar Spraying of Chitosan. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 9(6): 366-372.

EL-Tantawy, E. M. (2009). Behavior of tomato plants as affected by spraying with chitosan and aminofort as natural stimulator under application of soil organic amendments. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 12(17):1164-1173.

Eshghi, S.; Hashemi M.; Mohammadi A.; Badii F.; Mohammadhoseini Z. and Ahmadi, K. (2014). Effect of Nano chitosan-based coating with and without copper loaded on physicochemical and bioactive components of fresh strawberry fruit (*Fragaria x ananassa Duchesne*) during storage. *Food and bioprocess technology*. 7: 2397-2409.

Fathi, A. and Tari D. B. (2020). Effect of drought stress and its mechanism in plants. *International Journal Life Science*. 10: 1 - 6.

Fayez, K. A.; D. E. M. Radwan; A. K. Mohamed and A. M. Abdelrahman (2011). Herbicides and salicylic applications caused alterations in total amino acids and prolin contents of peanut cultivars. *Journal of Environmental Studies.* 6: 55 - 61.

Fellet, G.; Pilotto L.; Marchiol, L. and Braidot E. (2021). Tools for Nano - enabled agriculture: Fertilizers based on calcium phosphate, silicon, and chitosan nanostructures. Agronomy, 11(6): 1239.

Fischer, E.; Theisen I.; Lohmann G. L. and Kadereit J. W. (2004). The families and genera of vascular plants. Berlin: Springer: 333-432.

Food and Agriculture Organization (FAO) (1973). An international source book of irrigation, drainage and salinity.

Freepons, D. (1991). Chitosan, does it have a place in agriculture? Proceedings of the Plant Growth Regulation Society of America, pp 11-19.

Gallaher, C. M.; J. Munion; R. J. R. Hesslink; J. Wise and D. D. Gallaher (2000). Cholesterol reduction by glucomannan and chitosan is mediated by change in Cholesterol absorption and bile acid and fat excretion in rats. *Journal Nutrition* 130:2753-2759.

Garcia, A.; Gaju O.; Bowerman A. F.; Buck S. A.; Evans J. R.; Furbank R. T. and Atkin O. K. (2023). Enhancing crop yields through improvements in the efficiency of photosynthesis and respiration. New Phytologist, 237(1): 60-77.

Gavhance, Y. N.; Gurav A. S. and Yadav A. V. (2013). Chitosan and its applications: a review of literature. *International journal of research in pharmaceutical and biomedical sciences*. 4(1): 312-331.

Gentry, A. H. (1992). Bignoniaceae: part II (tribe Tecomeae). Flora Neotropica Monograph, *Journal of High Energy Physics, Gravitation and Cosmology*. 7(1) 25: 1-370.

Giovannini, P.; Howes M. J. R. and Edwards S. E. (2016). Medicinal Plants Used in the Traditional Management of Diabetes and Its Sequelae in Central America: A Review. *Journal Ethnopharmacol.*184: 58–71.

Gonçalves, T. P. R.; Parreira A. G.; dos Santos Zanuncio V. S.; de SouzaFarias K.; da Silva D. B. and dos Santos Lima L. A. R. (2022). Antibacterial and antioxidant properties of flowers from *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (*Bignoniaceae*). *South African Journal of Botany*, 144: 156-165.

Gornik, K.; M. Grzesik and B. R. Duda (2008). The effect of chitosan on rooting of gravevinecuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. *Journal Fruit Ornamental Plant Res.*, 16: 33-34.

Goy, R. C.; Britto D. D. and Assis O. B. (2009). A review of the antimicrobial activity of chitosan. *Polímeros, 19*(3): 241-247.

Guan, Ya-jing; Jin Hu; Xian-ju Wang and Chen-xia Shao (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *Journal of Zhejiang University Science B* 10(6):427 - 433.

Gupta, S. D. (2011). Reactive Oxygen Species and Antioxidant in Higher plant. *CRC Press*, Enfield, New Hampshire, USA.

Gurumurthy, S.; Sarkar B.; Vanaja M.; Lakshmi J.; Yadav S. and Maheswari M. (2019). Morpho - physiological and biochemical changes in black gram (*Vigna mungo* L. Hepper) genotypes under drought stress at flowering stage. *Acta physiol. Plant*. 41- 42.

Ha, K. N.; Mai D. T.; Nguyen N. H.; Van Vo G.; Duong T. H. and Nguyen H. T. (2022). Alpha-glucosidase inhibitors from Nervilia concolor, *Tecoma stans*, and *Bouea macrophylla*. *Saudi journal of biological sciences*, 29(2): 1029 - 1042**.**

Hafez, Y.; Attia K.; Alamery S.; Ghazy A.; Al- Doss A.; Ibrahim E.; Rashwan, E.; El-Maghraby L.; Awad, A. and Abdelaal K. (2020). Beneficial effects of biochar and chitosan on antioxidative capacity, osmolyets accumulation and anatomical characters of water-stressed barley plants. Agronomy,10:630.

Hammad, A. R and A. M. A Osama. (2014). Physiological and biochemical studies on drought tolerance of wheat plants by application of amino acids and yeast extract. Annals of Agricultural Science. 59(1): 133–145.

Hammouda, Y. and Motawi M. M. (1959). Principal alkaloid isolated from *Tecoma stans* (L.) HBK (*Bignonia stans* L.). Bignoniaceae Egypt Pharm Bull, 41, 73.

Han, J.H. (2000). Antimicrobial food packaging. Food Technology 54:56-65.

Hassan, F. A. S.; Ali E.; Gaber A.; Fetouh M. I. and Mazrou R. (2021). Chitosan nanoparticles effectively combat salinity stress by enhancing antioxidant activity and alkaloid biosynthesis in *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Plant Physiology and Biochemistry*, 162: 291-300.

Hatami, M.; K. Kariman and M. Ghorbanpour (2016). Engineered nanomaterial – mediated changes in metabolism of terrestrial plant. *Sci. of the Total Enviro*., 571: 275 – 291.

Hein, N. Q. (2004). Radiation Degradation of chitosan and some Biological Effects, Vietnam Atomic Energy Authority, Ho Chi Minh City, Vietnam.

Hidangmayum, A.; P. Dwivedi; D. Katiyar and A. Hemantaranjan (2019). Application of Chitosan on Plant Responses with Special Reference to Abiotic Stress. *Physiology and Molecular Biology of Plants*. 25(2): 313-326.

Hong, J.; Peralta-Videa J. R.; Rico C.; Sahi S.; Viveros MN.; Bartonjo J.; Zhao L. and Gardea-Torresdey J. L. (2014). Evidence of translocation and physiological impacts of foliar applied CeO2 nanoparticles on cucumber (*Cucumis sativus*) plants. *Environ Sci Technol* 48:4376–4385.

Hossaini, S. E.; Nakasha J. J.; Zaharah S. S. and Faezah N. O. (2021). Effects Of Chitosan and Salicylic acid on Physiological Characteristics of Eggplant *(Solanum melongena). KnowEx Food and Agriculture, 2(01), 20-29.*

Hu, Y.; X. Q. Jiang; Y. Ding; H. X. Ge; Y. Y. Yuan and C. Z. Yang (2002). Synthesis and characterization of chitosan-poly (acrylic acid) nanoparticles. Biomaterials, 23: 3193-3201.

Hudson, S. M. and Smith C. (1998). Polysaccharides. Chitin and Chitosan: Chemistry and Technology of Their Use As Structural Materials. *Biopolymers from Renewable Resources*. Pp 96 – 118.

Ingle, A.; Gade A.; Pierrat S.; Sonnichsen C. and Rai M. (2008). Mycosynthesis of silver nanoparticles using the fungus Fusarium acuminatum and its activity against some human pathogenic bacteria. *Current Nanoscience*, 4(2): 141-144.

Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice – Hall Inc. Englewood. Cliffs, N. J.

Jafar, M. S.; G. Nour mohammadi and A. Maleki (2004). Effect of water deficit on seedling, plantlets and compatible solutes of forage sorghum cv. Speed feed. 4th International al Crop Science Congress, Brisbane, Australia.

Jafari, S.; Hashemi Garmdareh S. E. and Azadegan B. (2019). Effects of drought stress on morphological, physiological and biochemical characteristics of stock plant (*Matthiola incana* L.). *Science Hortic*ulture 253: 128-133.

Kabiri, R. (2010). Effect of salicylic acid to reduce the oxidative stress drought in the hydroponic cultivation of Nigella stiva (*Nigella sativa*). MA thesis. Kerman University Shahid Bahonar.

Kadioglu, A. and Terzi R. (2007). A dehydration avoidance mechanism: leaf rolling. *Bot Rev.* 73:290–302.

Kamil, J. Y. V. A.; Y. Jeon and F. Shahidi. (2002). Antioxidant activity of chitosans of different viscosity in cooked comminted flesh of herring (*Clupea herengus*). *Food Chem.* 79:69-77.

Kampati, S. R.; Mondi S. R. and Mohan K. (2018). A review on *Tecoma stans*. *Int. Journal pharm. Sci. Res.* 9, 108 – 112.

Kapoor, Dhriti; Savita Bh.; Marco L.; Arti Sh.; Muthusamy R. and Anket Sh. (2020). Review, The Impact of Drought in Plant Metabolism: How to Exploit Tolerance Mechanisms to Increase Crop Production.10:5692.

Karimi, S.; Abbaspour H.; Sinaki J.M.; Makarian H. (2012). Effects of Water Deficit and Chitosan Spraying on Osmotic Adjustment and Soluble Protein of Cultivars Castor Bean (*Ricinus communis* L.). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*, 8: 160 - 169.

Karimpour, M. (2019). Effect of Drought Stress on RWC and Chlorophyll Content on Wheat (*Triticum durum* L.) Genotypes, World. *Ess. Journal* 7:52 - 56.

Ke, Y.; Beibei D.; Miaomiao Zh.; Tongjun D.; Yang F.; Qingyun L.; Wenping D. and Xuedong W. (2001). Study on inhibitory activity and mechanism of chitosan oligosaccharides on *Aspergillus Flavus* and *Aspergillus Fumigatus* 275(1): 118673.

Kerepesi, I. and G. Galiba (2000). Osmotic and salt stress induced a relation in soluble carbohydrate content in wheat seedling . Crop Science . 40: 482-487.

Khan, M. H.; Singha K. L. B.; Panda S. K. (2002). Changes in antioxidant levels in *Oryza sativa* L. roots subjected to NaCl salinity stress. *Acta Physiol. Plantarum* 24:145– 148.

Khan, M. R.; T. F. Rizvi (2017). Application of Nanofertilizer and Nanopesticides for Improvements in Crop Production and Protection. In: M. Ghorbanpour, K. Manika and A. Varma (Eds.) Nanoscience and Plant–Soil Systems. *Soil Biology Series* 48: 405 - 427.

Khan, Z. and H. Upadhyaya. (2019). Chapter 15 - Impact of Nanoparticles on Abiotic Stress Responses in Plants: An Overview. In: Nanomaterials in Plants, Algae and

Microorganisms. Ed. Tripathi, D.K., Ahmad, P., Sharma S., Kumar Chauhan D. and Dubey, N.K. Academic Press, Cambridge. 2: 305-322.

Khattab, A.; Awad N. E.; Fadeel D. A. and Fadel M. (2023). Reviewing the reported pharmacognostic and pharmacological investigations on *Tecoma stans* Juss. ex Kunth. *Journal of Herbmed Pharmacology*. 12(1): 25-40.

Kiarash, A. P.; B. Gurbuz and M. Uyanik (2012). Biotic and Abiotic Stress Mediated Changes in Secondary Metabolites Induction of Medicinal Plants, *Biotechnology Advances*. 25: 211- 218.

Kilic, H. and Yagbasanlar T. (2010). The effect of drought stress on grain yield, yield components and some quality traits of durum wheat (*Triticum trrgidum* Ssp. Durum) cultivars. *Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj*.,38(1): 164 – 170.

Kim, H.; Tator C. H.; and Shoichet M. S. (2011). Chitosan implants in the rat spinal cord: biocompatibility and biodegradation. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 97(4): 395-404.

Klute, A. (1986). Method of Soil analysis, Part (1) Physical and mineralogical methods. 2nd Edition, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, USA.

Knaul, J. Z.; S. M. Hudson and K. A. M. Creber (1999). Crosslinking of chitosan fiber with dialdehydes: proposal of anew reaction mechanism. *Journal of Polymer Sci*. Part B: Polymer Physics. 37:1079- 1094.

Koelmel, J.; Leland T,; Wang H.H.; Amarasiriwardena D. and Xing BS (2013). Investigation of gold nanoparticles uptake and their tissue level distribution in rice plants by laser ablation-inductively-coupled-mass spectrometry. *Environ Pollute* 174:222–228.

Koide, S. S. (1998). Chitin–chitosan, properties, benefits and risks. Nutrition Research, (18), 1091–1101.

Kumaraswamy, R. V.; Kumari S.; Choudhary R. C.; Pal A.; Raliya R.; Biswas P. and Saharan V. (2018). Engineered chitosan based nanomaterials: Bioactivities, mechanisms and perspectives in plant protection and growth. *International journal of biological macromolecules*, 113: 494 - 506.

Kumaresan, M. (2021). Studies on Nano Naturals dyes obtained from the flower of *Tecoma capensis*. *Journal Environ. Nanotechnol*, 10(1): 25 - 29.

Latha, G. S.; Chinniah C.; Shanthi M.; Premalatha K. and Aiyanathan K. (2020). Diversity and floral preferences of solitary bees occurring in agroecosystems of Tamil Nadu. *Indian Journal of Entomology*. 82(3): 564-567.

Li, B.; Wang X.; Chen R.; Huangfu W.; and Xie G. (2008). Antibacterial activity of chitosan solution against Xanthomonas pathogenic bacteria isolated from Euphorbia pulcherrima. Carbohydrate Polymers, 72(2): 287-292.

Lichtenthaler, H. K. (1996). Vegetation stress: an introduction to the stress concept in plants. *Journal of plant physiology*. 148(1-2): 4-14.

Lisar, S. Y.; Motafakkerazad R.; Hossain M. M. and Rahman I. M. (2012). Causes, effects and responses. Water stress, 25(1): 1-14.

Liu, F.; Jensen C. R.; Shahanzari A.; Ansersen M. N.; Jacobsen S. E. (2005). ABA regulated stomatal control and photosynthetic water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) during progressive soil drying. *Plant Sci.* 168, 831-836.

Ludlow, M. M. and R. C. Muchow (1990). A critical evaluation of traits for improving crop yield in water limited environment. Adv. Agron. 43: 107- 153.

Lushchack, V. and Semchyshy H. M. (2012). Oxidative Stress-Molecular Mechanisms and Biological Effects. *InTech Janeza Trdine*, Rijeka, Croatia**:** 362**.**

Mabberley, D. J. (2008). Mabberley's Plant-Book: A Portable Dictionary of Plants, Their Classifications, and Uses. Cambridge University Press, Cambridge.

Mackinney, G. (1941). Absorption of light by chlorophyll solution. *Journal of Biological Chem.* 140 :315-322.

Madire, L. G. and Netshiluvhi M. (2021). Recent advances in the biological control of *Tecoma stans* L.(Bignoniaceae) in South Africa. *African Entomology*, 29(3): 889 - 895.

Madire, L. G.; Wood A. R.; Williams H. E. and Neser S. (2011). Potential agents for the biological control of *Tecoma stans* (L.) Juss ex Kunth var. stans (Bignoniaceae) in South Africa. African Entomology,19(1) 434-442.

Majeti, N. V., and Kumar, R. (2000). Nano and microparticles as controlled drug delivery devices. *Journal Pharm Sci*ence *3*(2): 234-258.

Malekpoor, F.; A. Ghasemi pirbalouti and A. Salimi (2016). Effect of foliar application of chitosan on morphological and physiological characteristics of basil under reduced irrigation, *Res. On Crops* 17(2): 354 – 359.

Matt, J. (1970). Colorimetric determination of phosphorus in soil and plant material with ascorbic acid. *Soil Sci*. 109: 214 – 220.

Mattioli, R. (2009). The Proline biosynthetic genes P5CS1nd P5CS2 play overlapping roles in Arabidopsis flower transition but not in embryo development. *Physiol. Plant*, 137:72 - 85.

Mehregan, M.;A. Mehrafarin; M. R. Labbafi and H. N. Badi (2017). Effect of different concentrations of chitosan biostimulant on biochemical and morphophysiological traits of stevia plant (*Stevia rebaudiana* Bertoni). J. Med. Plants 16: 169-181.

Mesquida, V.; Gómez-Bellver; C. Guillot; D. Herrando-Moraira; S. Nualart; N. Sáez L. and Pujol J. L. (2017). El gènere «Kalanchoe» (Crassulaceae) a Catalunya: situació i distribution potential del taxon investor «K.× houghtoni». Orsis: organisms I sistemes, 31: 37-64.

Mewis I.; Mohammed A. M. K.; Erich G. and Monika S. (2012). Water Stress and Aphid Feeding Differentially Influence Metabolite Composition in *Arabidopsis thaliana* (L.). 7(11).

Mincea, M.; Negrulescu A. and Ostafe V. (2012). Preparation, modification, and applications of chitin nanowhiskers: a review. *Rev. Adv. Mater. Sci,* 30(3): 225-242.

Molerba, M. and Cerana R. (2018). Recent advances of chitosan applications in plants. Polymers, 10(2), 118:1-10.

Mondal, Dh.; Dipak K. K. and Kusal R. (2012). Gradation of yellow mosaic virus disease of okra and bitter gourd based on entropy based binning and Naive Bayes classifier after identification of leaves. 142: 485 - 493.

Mondal, M. M. A.; Md. Ilias Khan Rana; N. C. Dafader1 and M. E. Haque (2011). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in indian spinach. *Journal Agrofor. Environ.* 5(1): 99-102.

Mosa, K. A.; Ismail A. and Helmy M. (2017). Introduction to plant stresses. Plant Stress Tolerance: An Integrated Omics Approach, 1-19**.**

Narayanan, K. B. and Sakthivel N. (2011). Green synthesis of biogenic metal nanoparticles by terrestrial and aquatic phototrophic and heterotrophic eukaryotes and biocompatible agents, Advances in Colloid and Interface Science 169(2): 59-79.

Nel, A. ; Xia T.; Madler L. and Li N. (2006). Toxic potential of materials at the Nano level. Science. 311:622-627.

Ngo, Dai-Hung; Thanh-Sang; Dai-Nghiep Ngo E.; Kyong-Hwa Kang; Jae-Young Je D.; Hoang Nguyen-Duc Pham F.; Hee-Guk Byun G. and Se-Kwon Kim. (2015). Biological effects of chitosan and its derivatives. *Food Hydrocolloids*, 51: 200-216.

Noctor, G. and Foyer C. H. (1998). Ascorbate and glutathione: keeping active oxygen under control. Annu. Rev. *Plant Physiol. Plant Mol. Biol*. 49:249-279.

Ohta, K.; Suzuki M.; Matsumoto S. and Hosoki T. (2004). Effect of nitrogenous organic compound on growth and Flowering in *Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shini. Hort science. 39(6): 1438-1440.

Okcu, G.; M. D. Kaya and M. Atak (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish journal of agriculture and forestry*, 29(4): 237-242.

Olsen, S. R. and Sommers L. E. (1982). Phosphorus. p. 403 – 430. In A. L. Page (ed.), methods of soil analysis, Agron. No.9, part 2: Chemical and microbiological properties, 2nd ed., Am. Soc. Agron., Madison, WI, USA .

Orzali, L.; Corsi B.; Forni C. and Riccioni L. (2017). Chitosan in Agriculture: A New Challenge for Managing Plant Disease. Additional information is available at the end of the chapter http://dx.doi.org/10.5772/66840.

Page, A. L.; R. H. Miller and Kenney (1982). Methods of Soil analysis, Part(2). 2nd Edition, American Society of Agronomy – Crop Science Society of Agron.9.

Pan American Seed (2010). Grower facts: *Tecoma Mayan Gold*. Ball Horticultural Company.

Pandey, P.; Verma M. K. and De N. (2018). Chitosan in agricultural context-A review. Bulletin of Environment, *Pharmacology and Life Sciences*, 7(4): 87-96.

Parviz, A. (2011). Synthesis and characterization of barium strontium Titanate (BST) micro/nanostructures prepared by improved methods",IJND,2(2): 85-103.

Pichyangkura, R. and S. Chadchawan (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Hort.* 196:49–65.

Pirbalouti, A. G.; Malekpoor F.; Salimi A. and Golparvar A. (2017). Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic

content and antioxidant activity of two species of basil (*Ocimum ciliatum* and *Ocimum basilicum*) under reduced irrigation. *Scientia horticulturae*, 217: 114-122.

Pizano, M. (2005). International market trends - Tropical flowers. Acta Hort. 683:79–86.

Potapenko, L.; Letukhova V. and Klimenko N. (2020). Ornamental trees and shrubs in green areas of the South-East coast of the Crimea. In E3S Web of Conferences (Vol. 175, p. 01005). EDP Sciences.

Potocnik, J. (2011). The European commission: commission recommendation of on the definition of nanomaterial Off. J. Eur. Union, 275 (2011), pp. 38-40.

Priyaadharshini, M.; N. Sritharan; A. Senthil and S. Marimuthu (2019). Physiological studies on effect of chitosan Nano emulsion in pearl millet under drought condition. *Journal of Pharmacognosy and Photochemistry*, 8(3): 3304-3307.

Qavami, N.; B. Naghdi and M. Mehregan (2017). Overview on Chitosan as a Valuable Ingredient and Biostimulant in Pharmaceutical Industries and Agricultural Products. *Trakia Journal of Sciences*, 15(1): 83-91.

Qiu, M.; Wu C.; Ren G.; Liang X.; Wang X. and Huang J. (2014). Effect of chitosan and its derivatives as antifungal and preservative agents on postharvest green asparagus. *Food Chemistry*, 155: 105 - 111.

Qureshi, A.; D. K. Singh and S. Dwivedi (2018). Nano-fertilizers: A Novel Way for Enhancing Nutrient Uae Efficiency and Crop productivity. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(2):3325-3335.

Rabea, E. I.; Badawy M. E.; Steurbaut W. and Stevens C. V. (2009). In vitro assessment of N-(benzyl) chitosan derivatives against some plant pathogenic bacteria and fungi. *European Polymer Journal*, 45(1): 237-245.

Ragel, P.; Raddataz N.; Leidi E. O.; Quintero F. J. and Pardo J. M. (2019). Regulation of K+ nutrition in plants. *Front. Plant sci*. 10: 281.

Rahdari, P.; Hoseini S. M. and Tavakoli S. (2012). The studying effect of drought stress on germination, Proline, sugar, lipid, protein and chlorophyll content in Purslane *Portulaca oleraceae* L. leaves. *Jouranal of Medicinal Plants. Res.*,6(9):1539-1547.

Raliya, R.; Saharan V.; Dimkpa C. and Biswas P. (2017). Nano fertilizer for precision and sustainable agriculture: current state and future perspectives. *Journal of agricultural and food chemistry,* 66(26): 6487-6503.

Ramírez, G.; Zavala M.; Pérez J. and Zamilpa A. (2012). In Vitro Screening of Medicinal Plants Used in Mexico as Antidiabetics with Glucosidase and Lipase Inhibitory Activities. *Evid. Based Complement. Alternat. Med.*7012.

Ray, S. D. (2011). Potential aspects of chitosan as pharmaceutical excipient. Acta Pol. Pharm, 68(5), 619-622.

Rejinolda, S.; Naira A.; Sabithaa M.; Chennazhia K.P.; Tamurab H.; Naira S.V.; and Jayakumar R. (2012). characterization and in vitro cytocompatibility studies of chitin Nano - gels for biomedical applications, Carbohydrate Polymers, (87) 943 – 949.

Rekso, G. T. (2005). Study on Irradiation of Chitosan for Growth promotor of Red chili (*Capsicum ammum*) plant. (Jakarta: Centre for Administration of Isotopes and Radiation Technology, National Nuclear Energy Agency).

Richards, L. A. (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils united states salinity laboratory staff VS. Dep. of Agric Hand book 60.

Richardson, I. B. K. R. (1978). Flowering plants of the world, ed. Heywood. Oxford University press, p. 249 - 250.

Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Prog. Polym. Sci.* 31 : 603–632.

Roco, M. C. (2003). Environmentally responsible development of nanotechnology. Environ. Sci.Technol.39: 106A-112A.

Rodziewicz, Paweł.; B. Swarcewicz; K. Chmielewska; A. Wojakowska and M. Stobiecki (2014). Influence of abiotic stresses on plant proteome and metabolome changes. *Acta Physiol Plant*. 36:1–19.

Ruttkay, N. B.; O. Krystofova; L. Nejdi and V. Adam (2017). Nanoparticles based on essential metals and their phytotoxicity, *International Journal Nano biotechnology* 15(1):1-19.

Salachna, P.; A. Byczyńska; I. Jeziorskaand and E. Udycz (2017). Plant growth of *Verbena bonariensis*,L. after chitosan, gellan gum or iota-carrageenan foliar applications. World Scientific News, 62:111-123.

Sarmento, B.; A. J. Ribeiro; F. Veiga; D. C. Ferreira and R. J. Neufeld (2007). Insulin-loaded nanoparticles are prepared by alginate ionotropic pre - gelation followed by chitosan polyelectrolyte complexion. *Journal Nano sci. Nano technol.* 7:2833 –2841.

SAS. (2012). Statistical Analysis System, User' Guide. Statistical. Version 9.1th ed. SAS. Inst. Inc. Cary. N.C. USA.

Schenk, M. K. and Barber S. A. (1980). Potassium and phosphorus uptake by corn genotypes grown in the field as influenced by root characteristics. Plant and Soil, 54:65 - 76.

Schuffelen, A. C. ; A. Euller and J. G. Vanschouenburg (1961). Quick tests for soil and plant analysis used by small laboratories. *Netherland Journal Agriculture Scenes* 9:2-16.

Scrinis, G. and Lyons K. (2007). the emerging Nano - corporate paradigm: nanotechnology and thetransformation of nature, food and agri-food systems. *Int Journal Soc Agric Food*. 15:22 – 44.

Shaheen, A .M.; Fatma A. R.; H. A. M. Habib and M. M. H.; Abd El–Baky (2010). nitrogen soil dressing and foliar spraying by sugar and amino acids as affected the growth, yield and its quality of onion plant. *Journal of American Science*. 6(8):420-427.

Shahidi, F.; J. K. V. Arachchi and Y. Jeon (1999). Food application of chitin and chitosans. *Trends in food Sci. and Technol*.10:37-51.

Shao, H. B.; L. Y. Chu; Abdul Jaleel Ch. and Zhao Ch. (2008). Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. *Journal Comptes Rendus Biologies*, (331)3: 215 - 225.

Shehata, S. A.; Z. F. Fawzy and H. R. El-Ramady (2012). Response of cucumber plants to foliar application of chitosan and yeast under greenhouse conditions. *Aust. Journal Basic and Appl. Sci.*, 6(4): 63-71.

Shi, S.; Wang W.; Liu L.; Wu S.; Wei Y. and Li W. (2013). Effect of chitosan / nano - silica coating on the physicochemical characteristics of longan fruit under ambient temperature. *Journal of Food Engineering*, 118(1): 125 - 131.

Shi, Z.; Neoh K. G.; Kang E. T. and Wang W.(2006). Antibacterial and mechanical properties of bone cement impregnated with chitosan nanoparticles. Biomaterials, 27(11): 2440-2449.

Shojaei, T. R.; Amran S.; Meisam T. and Hossein M. (2019). Applications of Nano - technology and Carbon Nanoparticles in Agriculture. PP: 247 – 277.

Siddique, M. R.; A. Hamid and M. S. Islam (2000). Drough stress effect on water relations of wheat . Bot. Ball. Acad. Sci. 4 : 35–39.

Siddiqui, M. H.; Mohamed H. W.; Mohammed F. and Abdulaziz A. A. (2014). Nano-silicon dioxide mitigates the adverse effects of salt stress on *Cucurbita pepo* L. *Environmental chemistry*. 33(11): 2429 – 2437.

Siddiqui, M. H.; Mohamed H. W.; Mohammad F. and Mutahhar Y. K. (2015). Role of Nanoparticles in Plants. Review, Nanotechnology and Plant Sciences pp19-35.

Silva, T. H., Alves, A.; Ferreira, B. M.; Oliveira, J. M.; Reys,L. L.; Ferreira,R. J. F.; Sousa, R. A.; Silva, S. S.; Mano, J. F. and Reis, R. L. .(2012). Materials of marine origin: a review on polymers and ceramics of biomedical interest. International Materials Reviews, 57(5): 276-306.

Singh, B.; Rawat J. S.; Gusain Y. S.; Khanduri V. P.; Riyal M. K. and Kumar P. (2021). Shoot position, cutting types and auxin treatments influence rooting response on *Tecoma stans*. Ornamental Horticulture. 27: 213-220.

Singh, P. K.; Chaturvedi V. K.; Bose B. (2010). Effects of salicylic acid on seedlings growth and nitrogen metabolism in Cucumber(*Cucummis sativus* L.). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry*. 6 (3): 102-133.

Skribanek, A. and Tomcsányi A. (2008). Predicting water stress tolerance of malting barley varieties with seedlings PEG-reactions. *Acta Biologica Szegediensis*, 52(1): 187-189.

Song, H.; Yuan W.; Jin P.; Wang W.; Wang X.; Yang L. and Zhang Y. (2016). Effects of chitosan / Nano - silica on postharvest quality and antioxidant capacity of loquat fruit during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*,119:41-48.

Spaccini, R. J. S. C.; C. A. Lgwe; P. Conte and A. Piccolo (2004). Carbohydrates and aggregation in low land Soil of Nigeria as in flounced by organic inputs. *Soil and Tillage Research* 75:161 – 172.

Suk, Y. O. (2004). Interaction of breed-by-chitosan supplementation on growth and feed efficiency at different supplementing ages in broiler chickens. Asian-Aust. *Journal Animal Sci*. 17(12):1705 - 1711.

Sultana, S.; M. d. Maniruzzaman Sikder; M. d. Sabbir Ahmmed; Aireen Sultana and Nuhu Alam (2015). Mycelial Growth and Biological Control Measures of *Botrytis cinerea* Isolated from Strawberry Fruit Rot Disease in Bangladesh. *Universal Journal of Microbiology Research*, 8(2):13-18.

Tan, H.; Ma R.; Lin C.; Liu Z.; and Tang T. (2013). Quaternized chitosan as an antimicrobial agent: antimicrobial activity, mechanism of action and biomedical applications in orthopedics. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(1): 1854-1869.

Tanou, G.; V. Ziogas and A. Molassiotis (2017). Foliar nutrition biostimulants and prime – like dynamics in fruit tree physiology: New Insightsonan old topic. Frontiers in plant science. 8(75):1-9.

Terán H. and Singh S. P. (2002). Comparison of Sources and Lines Selected for Drought Resistance in common Bean Published as Idaho Agric. Exp. Stn. Journal Article No. 01722, Univ. of Idaho, College of Agriculture and Life Sciences, Moscow, ID 83844. Crop Science 42(1): 64-70.

Thachuk R. J. H.; Rachi K. O. and Billingsleyed W. (1977). Calculation of the nitrogen to protein conversion factor in Husle nutritional standards and methods of evaluation for food legume breeders. *Intern. Develop. Res. Center. Ottawa* 78-82.

Tian, Z.; Wang J. W.; Li J. and Han B. (2021). Designing future crops: challenges and strategies for sustainable agriculture. *The Plant Journal*, 105(5), 1165-1178.

Tomás, M.; H. Medrano; A. Pou; J. M. Escalona; S. Martorell; M. Ribsa-Carbo and J. Flexas. (2012). Water-use efficiency in grapevine cultivar grown under controlled comditions: effects of water stress at the leaf and whole plant level. Australian *Journal of Grape and Wine Research*. 18 (2):164-172.

Toscano, S.; Antonio Fe. and Daniela R. (2019). Review, Response of Mediterranean Ornamental Plants to Drought Stress. Horticultural 5 – 6; doi:10.3390/horticulture 5010006.

Turner, N. C. (1979). Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: Mussell H, Staples RC (eds), Stress physiology in crop plants. Wiley, New York, pp 343–372.

Upadhyaya, L.; Singh J.; Agarwal V. and Tewari R. P. (2013). Biomedical applications of carboxymethyl chitosans. Carbohydrate Polymers, 91(1): 452-466.

Verma, S. (2016). Phytochemical and pharmacological review study on *Tecoma stans* Linn. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 4(5), 162-164.

Waleed, A. (2016). Amelioration of Growth and Crop performance of Cabbage by Chitosan Folir Spraying under Water Deficit Stress Conditions. Sciences. 6 (04): 1180-1192.

Wang, H.H.; Kou X.M.; Pei ZG; Xiao J.Q.; Shan X.Q.; Xing B.S. (2011). Physiological effects of magnetite (Fe3O4) nanoparticles on perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) and pumpkin (*Cucurbita mixta*) plants. Nano toxicology 5:30 – 42.

Wassie, W. A.; Andualem A. M.; Molla A. E.; Tarekegn Z. G.; Aragaw M. W. and Ayana M. T. (2023). Growth Physiological and Biochemical Responses of Ethiopian Red Pepper (*Capsicum annum* L.) Cultivars to Drought Stress. *The Scientific World Journal*.

Xia, W. S. (2003). Physiological activities of chitosan and its application in functional foods. *Journal of Chinese Institute of food Sci. and Technol.* 3(1):77- 81.

Xing, K.; Zhu X.; Peng X. and Qin S. (2015). Chitosan antimicrobial and eliciting properties for pest control in agriculture: A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35:569-588.

Yadav, S.; Modi P.; Dave A.; Vijapura A.; Patel D. and Patel M. (2020). Effect of abiotic stress on crops. *In Sustainable crop production***.** InTech Open: London, UK.

Yang, X.; Lu M.; Wang Y.; Liu Z. and Chen S. (2021). Response Mechanism of plant to Drought Stress. Horticulturae. 7, 50.

Yen, M. T.; Tseng, Y. H.; Li R. C.; Mau, J.L. (2007). Antioxidant properties of fungal chitosan from shiitake stipes. *LWT Food Sci. Technol.* 40: 255–261.

Yu, Y.; Zhang S.; Ren Y.; Li H.; Zhang X. and Di J. (2012). Jujube preservation using chitosan film with nano-silicon dioxide. *Journal of Food Engineering*, 113(3): 408 - 414.

Zeng, K.; Yuyan D.; Jian M. and Lili D. (2010). Induction of disease resistance and ROS metabolism in navel oranges by chitosan. *Scientia Horticulturae*,126(2): 223 – 228.

Zhang, M.; Gao B.; Chen J.; LiY (2015). Effects of graphene on seed germination and seedling Growth. *Journal Nanopart Res* 17:1 –8.

Zhu, Y.; Li D.; Belwal T.; Li L.; Chen H.; Xu T. and Luo Z. (2019). Effect of nano-SiOx / chitosan complex coating on the physicochemical characteristics and preservation performance of green tomato. Molecules. 24(24): 4552.

Zulfiqar, F.; Adnan Y.; Atif R.; Farakh M.; Mansoor H.; Nudrat A. A. and Zainul A. A. (2020). Morpho-aantomical adaptations of two *Tagetes erecta* L. Cultivars with contrasting response to drought stress. *Pak. Journal Botany*, 52(3): 801-810.

الملحق (1): عمليات تهيئة موقع الدراسة قبل البدء بتنفيذ الدراسة

الملحق (2): بعض القراءات الحقلية لقياس أقطار وارتفاع شتلات التيكوما قبل تنفيذ الدراسة.

الملحق (3): عملية أخذ النتائج النهائية (عملية قياس حجم وقطر الجذور لشتلات التيكوما).

الملحق (4): بعض القراءات المختبرية

الملحق (5): نماذج لشتلات التيكوما في نهاية الدراسة حسب العوامل المدروسة.

Abstract:

The study was conducted in the canopy covered with green saran with a shading rate of (50%) of the natural light intensity of the nursery of the Holy Shrine of Al-Hussainiya in Al-Hafiz area of Al-Hussainiya district for the period from the beginning of February to the month of October of 2022 to study the effect of normal and nano-chitosan on the seedlings of the Tecoma shrub *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth. at the age of (10 months) under the influence of different levels of water stress, where the first factor included the use of three levels of water stress by (50, 75 and 100%) of the field capacity value and the second factor was normal chitosan with three concentrations (0, 150 and 300 mg. L^{-1}), and the third factor was nano-chitosan with three concentrations (0, 150 and 300 mg. L^{-1}), thus, the experiment becomes factorial with three factors (3 x 3 x 3) and (27) factorial treatment. A complete randomized block design with three sectors was used, and thus the number of experimental units in the study is 81 experimental units, and each experimental unit consists of Five observations. The process of statistical data analysis was conducted for all the studied traits according to the design of the experiment using the SAS program for statistical analysis (2012). The averages of the treatments were compared statistically according to Dunkin's multiple range test.

The results of the single effect of water stress showed that the seedlings that were treated with a light water stress treatment by (100%) of the field capacity value were significantly superior in most of the studied vegetative, root and chemical growth characteristics, including the increase in the height of the seedlings, the number of leaves, the length, diameter and size of the root, the characteristic of the dry weight of the root system and the content relative moisture content of leaves, content of leaves of carbohydrates and total proteins, content of leaves of total chlorophyll, a and b, in addition to its content of nitrogen, phosphorus and potassium, and the activity of the catalase enzyme, while the lowest accumulation of proline was recorded in the seedlings that were treated with light water stress by (100%) of the value of the field capacity. The results of the single effect

of the normal and nano-chitosan biostimulant showed the superiority of the seedlings that were treated with the concentration (300 mg. L^{-1}) in most of the studied traits except for the stability of cell membranes compared to the control treatment whose seedlings recorded the lowest significant rate in all the studied traits.

The results of the bilateral interactions between water stress at a rate of (100%) of the field capacity value and normal chitosan concentration (300 mg. L^{-1}) showed significant superiority in most of the vegetative and root growth traits as well as the chemical traits, including the characteristic of increasing the height of seedlings at a rate of (67.77 cm), and the increase in the diameter of the stem at a rate of (2.455 mm), and the increase in the number of leaves at a rate of (19.11 leaves), as well as the increase in the number of branches at a rate of (2.77 branches), the length of the main root at a rate of (65.88 cm), and the diameter of the main root at a rate of (9.27 mm).) and root volume at a rate of (67.333 cm^3), dry weight of the root system at a rate of (14.666 g), relative moisture content at a rate of (84.47%), in addition to carbohydrates at a rate of (2.756 $mg.g^{-1}$) and total proteins at a rate of (15.21%) as well as The leaf content characteristic of total chlorophyll, a and b, with a rate of (1.782, 1.289, and 0.493 $mg.g^{-1}$ fresh weight), respectively, and the average leaf content of nitrogen, phosphorus, and potassium, respectively (2.435, 0.34, and 1.306%), and an activity rate the catalase enzyme reached (9.956 $units.g^{-1}.min$), and the leaf content of the amino acid Proline was (6.30%).

The results of the statistical analysis of the binary interaction coefficients between water stress at a rate of (100%) of the field capacity value and nano-chitosan concentration (300 $mg.L^{-1}$) showed a significant superiority in most of the vegetative and root characteristics, including the characteristic of an increase in the height of seedlings at a rate of (65.22 cm) and a characteristic of the increase in the number of leaves at a rate of (16.22 leaves) and the root volume at a rate of (65.333 cm^3) and the characteristic of relative moisture content at a rate of (84.23%), the results also showed a significant superiority in the content of Tecoma leaves of carbohydrates, at a rate of (2.797 $mg.g^{-1}$), and total proteins, at a rate of

(14.55%), as well as the leaf content of total chlorophyll, a, and b, at a rate of (1.836, 1.327, and 0.508 mg. g^{-1}), respectively, and the mean content of the leaves of nitrogen, phosphorus and potassium, respectively, was (2.330, 0.32, and 1.259%). The treatment of the binary interaction between normal and nano-chitosan had a significant effect on all the studied vegetative and root traits as well as the chemical characteristics, especially at the concentration (300 mg. L^{-1}) for each of the two compounds together compared to the control treatment, while the seedlings that were treated with normal chitosan excelled at a concentration (150 mg. L^{-1}) and nano-chitosan concentration (300 mg. L^{-1}) in the potassium content of the leaves of Tecoma seedlings with an increase rate of (9.12%) compared to the control treatment that gave a lower content.

The triple interaction treatment between the study factors achieved significant differences in most of the studied traits, as the water stress treatment (100%) of the field capacity value with normal and nano-chitosan concentration (300 mg. L^{-1}) recorded the highest significant rate of increase in seedling height and number of leaves, and the length of the main root and the content of the leaves of carbohydrates, total proteins, total chlorophyll and chlorophyll a, and the content of the leaves of the element nitrogen, phosphorus and potassium, while the treatment of the triple overlap between water stress by (100%) of the field capacity value with normal chitosan concentration (300 mg. L^{-1}) and nano-chitosan concentration (0 mg. L^{-1}) had a significant effect on the increase in stem diameter and leaf content of the amino acid Proline.

Republic of Iraq

Ministry of Higher Education and Scientific Research

University of Kerbala -College of Agriculture

Horticulture and Landscape Department

Title

Biostimulation of normal and nano-chitosan on some growth characteristics of Tecoma seedlings *Tecoma stans* (L.) Juss. Ex Kunth. under different levels of water stress

A Thesis Submitted to the Council of the College of Agriculture / University of Kerbala in Partial Fulfilment Requirements for the Master Degree in

Science in Agriculture / Horticulture and Landscape

Submitted By

Ahmed Hamza Hasan Al- Shireefy

Supervised by

Prof. Dr. Sabah Gazi Shareef Bajlan

2023 A.D **1444 A.H**