دراسة تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في بعض مؤشرات نمو وإنتاجية نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص

م. عبدالرزاق النجار[1] أ.د. عبدالله العيسى [2] د. محمود الحمدان[3]

الملخص

تم تنفيذ تجربة في مركز البحوث العلمية الزراعية في حمص الذي يقع على بعد /6/ كم شمال مدينة حمص خلال الموسم الزراعي 2023-2024؛ وذلك لدراسة بعض المؤشرات المورفوفيزيولوجية والإنتاجية لنبات البازلاء تحت تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في الموسم الأول للبحث وذلك خلال فترة النضج الكامل؛ تم تحديد متوسط طول النبات، ومتوسط لوزن الرطب والجاف للنبات، وعدد القرون، والوزن الجاف للبذور، ومتوسط الإنتاجية، وتمت المقارنة بين معاملات التجربة بحساب قيمة أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى معنوية (5%).

أظهرت النتائج التأثير الإيجابي لمعاملة نبات البازلاء بمستحضر الكتيوزان بنوعيه العادي والنانوي؛ حيث أدى استخدام الكيتوزان إلى زيادة معنوية في معظم المؤشرات المدروسة وخاصة عند استخدام النوع النانوي منه؛ فقد تفوقت المعاملتان اللتان استخدم فيهما الكيتوزان النانوي بمعدل 150% (CHN150%) و 100% (CHN100%) من التوصية السمادية لمركز البحوث العلمية الزراعية بحمص معنوياً في مؤشر ارتفاع النبات على بقية المعاملات وعلى الشاهد؛ وبلغت قيمتهما (80.77 سم) و (76.20 سم) على التوالي وبزيادة بلغت (45 و37 %) على الترتيب مقارنة مع الشاهد، وسجلت أعلى إنتاجية لنبات البازلاء في معاملة الكيتوزان النانوي CHN100% ووصلت إلى (473.7 كغ/دنم)، وبزيادة كبيرة بلغت 409% مقارنة مع الشاهد، في حين كانت أقل إنتاجية للنبات (103 كغ/دنم) في معاملة الكيتوزان العادي CHO50%، حيث بلغت الزيادة 10.7% مقارنة مع الشاهد، وبشكل عام تفوقت جميع المعاملات بمعنوية عالية على نبات الشاهد في جميع المؤشرات المدروسة، مع ملاحظة وجود فروق معنوية فيما بينها وتفوق معاملات الكيتوزان النانوي على نظيرتها العادية بمعنوية كبيرة.

بينت النتائج أيضاً أن المعاملة بالكيتوزان النانوي بتركيز (100% و 150%) أعطى أفضل النتائج بالنسبة لمعظم المؤشرات المدروسة (النمو الخضري والإنتاجية) وازدادت مؤشرات نمو النبات والإنتاجية مع زيادة تركيز الكيتوزان بنوعيه النانوي والعادي.

(1) طالب دكتوراه في قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الهندسة الزراعية – جامعة حمص.

(2) أستاذ في قسم التربة واستصلاح الأراضي – كلية الهندسة الزراعية – جامعة حمص.

(3) مدير بحوث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث حمص.

الكلمات المفتاحية: الكيتوزان، كيتوزان نانوي، كيتوزان عادي، نمو، الإنتاجية، البازلاء.

"A Study on the Effect of Using Nano-Chitosan and Conventional Chitosan on Some Growth and Productivity Indicators of Pea Plants Cultivated

Abdulrazak Alnajjar [1] Abdulla Al-Issa[2] Mahmoud Alhamdan[3]

Abstract

Conducted at Homs Agricultural Scientific Research Center (6 km north of Homs) in 2023, this study assessed the effects of nano- and conventional chitosan on pea plant morphology and productivity at full maturity. The study aimed to investigate certain morphological and productivity indicators of pea plants in response to the application of nano-chitosan and conventional chitosan at three concentrations (50%, 100%, and 150% of the recommended fertilization rate). This constituted the first season of the research, with measurements taken at full maturity stage. The parameters recorded included average plant height, average fresh and dry plant weight, number of pods, dry seed weight, and average yield. Treatments were compared via the Least Significant Difference (L.S.D) test at a 5% significance level ($p < 0.05$).

The results revealed that all chitosan treatments significantly outperformed the control ($p < 0.05$). Chitosan application led to a significant increase in most studied indicators, particularly when the nano-form was used. Nano-chitosan at concentrations of 100% (CHN100%) and 150% (CHN150%) yielded the most superior results among all treatments. Plant height values for these treatments reached 76.20 cm and 80.77 cm, respectively representing increases of 37% and 45% compared to the control. The maximum yield was recorded for the nano-chitosan CHN100% treatment, reaching 473.7 kg/dunam, a substantial increase of 409% compared to the control. In contrast, the lowest yield (103 kg/dunam) was observed in the conventional chitosan CHO50% treatment, which showed only a 10.7% increase over the control. Overall, all treatments significantly outperformed the control across all measured indicators. Significant differences were also noted among the treatments themselves, with higher doses of nano-chitosan excelling over their conventional counterparts in all vegetative growth and productivity indicator

The results further indicated that treatment with nano-chitosan at concentrations of 100% and 150% yielded the best outcomes for most studied indicators. Plant growth parameters and productivity increased with rising concentrations of both nano and conventional chitosan.

(3) Director of Research, General Commission for Scientific Agricultural Research, Homs Research Center.

Keywords: Chitosan, Nano-chitosan, Normal chitosan, Growth, Productivity, Pea plants.

1- المقدمة والدراسة المرجعية:

إن الاستخدام العشوائي وغير المدروس لعناصر الإنتاج من أسمدة ومبيدات كيماوية والإسراف فيها تؤدي إلى تدهور خصائص التربة، وبالتالي انخفاض إنتاجيتها لذا تنصب الجهود باستمرار إلى إيجاد طرائق مختلفة للتخفيف من الآثار الضارة للأسمدة الكيماوية التقليدية على البيئة، فيمكن للأسمدة من الجيل التالي القابلة للتحلل البيولوجي والصديقة للبيئة والمستمدة من مصادر الطاقة المتجددة أن تكون الحل، مما يسمح بتحسين كفاءة استخدام المغذيات وتقليل الأثر البيئي لها (Pichyangkura and Chadchawan, 2015).

أثبتت أسمدة النانو فاعلية كبيرة في تحسين الإنتاجية وتوفير عوامل السلامة والأمان وبالتالي الحصول على إنتاجية عالية من المحاصيل الزراعية المختلفة، حيث يتم إنتاج أسمدة نانوية صديقة للبيئة وذات جدوى اقتصادية وذات كفاءة عالية في الامتصاص والتي تعد رديفاً فعالاً للأسمدة الكيماوية، حيث تحقق العديد من المزايا منها قلة تكلفة الإنتاج وهي أقل استهلاكاً للطاقة كما تمتاز بثباتها العالي تحت الظروف المختلفة مما يزيد القدرة على تخزينها لفترات أطول (El-Saadony *et al.*, 2021)، ونتيجة آلية عمل أسمدة النانو في تحويل المركب من الصورة العادية الكبيرة الى صورة النانو متناهية الصغر فإن الخواص الكيميائية والفيزيائية تتغير، وبالتالي تزداد مساحة سطح التفاعل فيزداد نشاط التفاعل لهذه المركبات مما يزيد من قدرتها على الامتصاص مع توفير كميات كبيرة من هذه المركبات في الحالة العادية وبالتالي الحصول على إنتاجية عالية من المحاصيل الزراعية المختلفة (Javed *et al.*, 2017)، ومن هذه الأسمدة النانوية الكيتوزان النانوي.

يتكون الكيتوزان من مادة الكيتين التي تعد سلسلة من الكربوهيدرات، وتستخرج من الهيكل الخارجي لبعض الكائنات البحرية والصدفيات والمحار والأسماك الصدفية البحرية (Sharif *et al.*, 2018). تتواجد مادة الكيتوزان على شكل رقائق بيضاء مائلة للصفرة، والتي يمكن تحويلها إلى مسحوق (El-Hefian *et al.*,2014)، وبالتالي فهو مادة آمنة ورخيصة ومن السهل الحصول على مركباته، وهي تشبه في التركيب مادة السيللوز في الألياف النباتية (Sharif *et al.*, 2018) حيث تطحن هذه المواد الصدفية والقشريات مع بعضها البعض، ثم تخضع لعملية كيميائية مبسطة يتم فيها انتزاع مادة الأسيتيل De-Acetyaltion وعندها تصبح التركيبة الأساسية للكيتوزان جاهزة (Elieh-Ali-Komi and Hamblin, 2016). وبذلك تحمل مادة الكيتوزان شحنات موجبة من الأمونيوم وبالتالي تعمل كالمغناطيس حيث تقوم بجذب جزيئات أي مادة بجانبها أو بقربها من الممكن أن تحمل شحنات سالبة مثل الدهون (Kato *et al.*, 2003).

ويوضح الجدول التالي محتوى الكيتوزان من الالعناصر المغذية (الكبرى والصغرى):

جدول رقم (1) يبين محتوى الكيتوزان من العناصر الكبرى والصغرى

العنصر	النسبة المئوية
الأكسجين	**30 - 35%**
الهيدروجين	**6 - 8%**
النتروجين	**6.0 - 8.5%**
الفوسفور	**0.01 - 0.1%**
الكربون	**40 - 45%**
البوتاسيوم	**< 0.1%**
الكالسيوم	**0.1 - 0.5%**

المغنيسيوم	0.1 – 0.5%
الكبريت	0.1 – 0.3%
الحديد	0.005 – 0.02%
الزنك	0.001 – 0.01%
المنغنيز	0.0005 – 0.005%
الموليبدينوم	< 0.0001%
البورون	0.0001 – 0.001%

(Mohamed, S. (El Hadrami, A., et al. 2022), (Kumar, S., et al. 2021), A., et al. 2021).

توسعت البحوث الزراعية المتعلقة بالمواد النانوية كالكيتوزان خلال العقد الماضي، مما يدل على فائدتها في تعزيز الإنتاج الزراعي ليس فقط كمعززات مناعية نباتية، ولكن أيضًا من خلال إيصال المغذيات بشكل بطيء ومراقب ومستهدف إلى النباتات (Pichyangkura and Chadchawan, 2015).

يعزى تأثير الكيتوزان إلى إمكانية تنشيطه لأنزيمات استقلاب البروتين وهي (nitrate reductase, glutamine synthetase ,protease) وتحسين نقل الأزوت من الأوراق، وتأثيره على الضغط الأسموزي للخلايا، ومنع تراكم الجذور الحرة من خلال تنشيط الأنزيمات المضادة للأكسدة، مما يعزز من نمو النبات (Saavedra *et al*, 2016)، إلى جانب ذلك تم استخدام الكيتوزان كعنصر سمادي وقد أظهر فعالية كبيرة عند استخدامه مع الأسمدة الصناعية الأخرى دون التأثير على التركيبة الميكروبيولوجية للتربة (ELAmerany *et al*.,2020)، كما يسهم الكيتوزان في إنتاج بعض الهرمونات النباتية المسؤولة عن النمو، ويحسن أداء النظام الجذري مما يزيد من امتصاص العناصر المعدنية في محيط الجذور، إضافة لدوره في تعزيز عمل الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تعمل على تحسين وزيادة جاهزية بعض العناصر المغذية للنباتات

في التربة (Nge *et al*, 2006; Menard *et al*, 2004)، وتشير بعض الأبحاث القليلة بهذا الصدد إلى أن استخدام الكيتين والكيتوزان له تأثيرات مفيدة على تحسين الخواص الكيميائية والفيزيائية والحيوية للتربة، وعلى إمداد العناصر الغذائية وبالتالي زيادة نمو المحاصيل وتعزيز وفرة الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تستخدم هذه المواد كمصدر قيم للطاقة والنتروجين والكربون، كما يعملان على تقليل وجود النيماتودا ومسببات الأمراض (Oranusi, 1985).

يتميز الكيتوزان بقدرته العالية على ادمصاص الأملاح من التربة أو مياه الري مما يرفع من كفاءة وقدرة الجذور على الامتصاص وخاصة خلال فترات الإجهاد من درجات الحرارة العالية أو المنخفضة والتقليل من أثار الملوحة علي النبات وقد أثبت الكيتوزان فعاليته في تحسين الخواص الفيزيولوجية للنباتات (Lin *et al*., 2005)، وتؤثر المعاملة بالكيتوزان بشكل إيجابي على مواصفات محاصيل الخضار، حيث أدت معاملة البندورة بالكيتوزان، إلى ارتفاع محتوى الثمار من المركبات الفينولية وزيادة تركيز الفيتوالكسينات وزيادة وزن الثمار وفي الإنتاجية (Jail *et al*., 2014).

أوضح Mondal وآخرون (2016) أن رش نباتات البندورة بالكيتوزان في مراحل النمو الأولى أدى إلى زيادة في ارتفاع النبات وعدد الثمار على النبات ومتوسط وزن الثمرة والمحصول الكلي، وأشارت نتائج Parvin وآخرون (2017) أن رش نباتات البندورة باستخدام ثلاث معدلات للكيتوزان: الشاهد–60 p.p.m–100 p.p.m أدى إلى زيادة طول النباتات المعاملة وعدد الأزهار على النبات، وكان أعلى معدل زيادة عند استخدام الكيتوزان بتركيز 100 p.p.m، كما وجد Khalifa & Hasaneen (2018) أن التراكيز المنخفضة من النانوكيتوزان (0.0625)% و (0.125)% زادت النشاط الانقسامي للخلايا الجذرية.

يعمل الكيتوزان كناقل ذكي للعناصر الغذائية، مما يحفز انقسام الخلايا، لكن التركيز العالي منه يسبب إجهاداً للنبات، وبالتالي يوصى باستخدامه بتراكيز منخفضة للحصول على نتائج إيجابية

دون ضرر (Khalifa & Hasaneen, 2018)، وقد تمنع جسيمات النانوكيتوزان تبادل الأكسجين أو تمتص المياه بشكل مفرط مما يمنع الإنبات، وبالتالي يفضل عدم استخدامه على نبات البازلاء في مرحلة الإنبات (Nakasato *et al.,* 2017). وأوصى Patel *et al* (2020) باستخدام الكيتوزان في الزراعة العضوية.

أدى معاملة بذور وأوراق نبات البازلاء بمحاليل من الكيتوزان بتركيزات مختلفة: 200، 250، 300 جزء في المليون إلى تحسن نسبة الإنبات، وزاد ارتفاع النبات، وعدد الأوراق مقارنة بالشاهد، وزاد محتوى الكلوروفيل والسكريات وفيتامين C مما يعزز صحة النبات، كما تم تسجيل زيادة ملحوظة في عدد الأزهار والقرون، وبالتالي زيادة وزن البذور لكل قرن، مما أدى إلى زيادة غلة البذور (Zakiullah *et al.*, 2019).

من جهة أخرى تُعد البازلاء من المحاصيل المهمة التي تزرع في مناطق مختلفة، وتعاني في المناطق الجافة من انخفاض في الإنتاجية بسبب الإجهاد المائي والظروف البيئية الصعبة، ويعدّ البازلاء من المحاصيل المهمة للمحافظة على خصوبة التربة وتحسين خواصها وإغنائها بالمواد العضوية والعناصر الغذائية، خاصة الآزوت اللازم لنمو نباتات المحاصيل المختلفة (بوراس،2005).

بلغت مجموع المساحة المزروعة من البازلاء في سوريا عام 2023 (3315 هكتار) بإنتاجية (4185 طن) وكانت المردودية (1262 كغ/هكتار)، وفي محافظة حمص بلغت المساحة المزروعة (311 هكتار) بإنتاجية (876 طن) ومردودية (2820 كغ/هكتار) (المجموعة الإحصائية الزراعية، 2023).

2- أهمية البحث:

ما يزال استخدام الجسيمات النانوية القائمة على المعادن في المجال الزراعي، أمراً مشكوكاً فيه، بسبب المخاوف المتعلقة بالسمية البيئية المحتملة، لذا من المهم البحث عن مركبات نانوية

صديقة للبيئة، ذات الأساس الطبيعي، وذلك للمزايا العديدة التي تتمتع بها، بما في ذلك (التوافق الحيوي، وقابلية التحلل البيولوجي، والسلامة البيئية) ويأتي الكيتوزان النانوي بالمرتبة الأولى من بين هذه المركبات، ونتيجة ازدياد الطلب على المحاصيل الزراعية، وتقلص المساحات الزراعية بسبب التغيرات المناخية، وما يلحقه الاستخدام المكثف للسماد الكيميائي من تلوث للتربة، وقلة مصادر الطاقة اللازمة لتصنيع الأسمدة الكيميائية، وتكاليفها الباهظة، فقد برز الاهتمام باستخدام أسمدة أكثر جدوى اقتصادية، وربما يعد الكيتوزان من بين تلك المركبات المرشحة لذلك، وتم اختيار موضوع الدراسة نظراً لقلة الدراسات عنه، ولأن القشريات البحرية متوفرة بكميات وافرة رخيصة الثمن، وبالتالي التخلص منها بطريقة ذات أثر بيئي مستدام كمخصبات زراعية، ولهذا هدف البحث إلى دراسة تأثير استخدام الكيتوزان العادي والنانوي في نمو وإنتاجية محصول البازلاء المزروع في محافظة حمص.

3- مواد وطرائق البحث:

تم تنفيذ الدراسة في مركز البحوث العلمية الزراعية في حمص في الموسم الزراعي 2023، الذي يقع على بعد /6/ كم شمال مدينة حمص، ويرتفع /497/م عن سطح البحر، ويمتد على خط طول 36.74°، وعلى خط عرض 34.75° بمساحة إجمالية 20 هـ، يتميز المناخ في موقع البحث بأنه مناخ متوسطي. معتدل الحرارة. متوسط سرعة الرياح. تهطل فيه الأمطار في فصل الشتاء، ويصل معدل هطول الأمطار إلى/439/مم. ويوضح الجدول (2)، بعض المعطيات المناخية لموقع تنفيذ الدراسة حسب (المحطة المناخية الموجودة في مركز بحوث حمص، 2023).

جدول (2) المعطيات المناخية لموسم (2023–2024) لمكان تنفيذ البحث

الشهر	العام	متوسط درجة الحرارة العظمى مْ	متوسط درجة الحرارة الصغرى مْ	كمية الهطول المطري (ملم)
تشرين الثاني	2023	19.30	6.8	21
كانون الأول	2023	12.8	3.6	74.2
كانون الثاني	2024	12.1	2.1	91.1
شباط	2024	14	2.8	75.5
آذار	2024	18	5.5	54.2
نيسان	2024	23.3	9.2	31.9
أيار	2024	28.4	13.5	13.2
حزيران	2024	31.7	17.7	2.2
تموز	2024	33.5	20.6	0.4
آب	2024	33.8	20.9	0
أيلول	2024	32.3	18.1	0
تشرين الأول	2024	27.9	13.1	0

العمليات الزراعية:

تمت زراعة بذور البازلاء من الصنف Utrillo بتاريخ 2022/12/5 بمعدل 1–2 بذرة في الجورة، وهو صنف معتمد تم الحصول عليه من مركز البحوث العلمية الزراعية بحمص، ثم تم التفريد إلى نبات واحد بعد أسبوعين من الزراعة، حيث تمت حراثة أرض التجربة حراثتين متعامدتين بواسطة المحراث المطرحي القلاب بعمق 30 سم، ثم تنعيمها بواسطة كاليفاتور، وتم إضافة الدفعة

الأولى (نصف الكمية) من السماد الآزوتي البالغة 10 كغ /دونم يوريا (46%) والأسمدة الفوسفاتية على شكل سوبر فوسفات P_2o_5 (46%) بمعدل 3 كغ/ دونم، والسماد البوتاسي على شكل سلفات البوتاسيوم K_2o (50%) بمعدل 8 كغ/ دونم (El-Sayed *et al.*, 2022). وتمت إضافة الدفعة الثانية من السماد الآزوتي قبل الإزهار، تم تسوية الأرض وتقسيمها إلى وحدات تجريبية بأبعاد 6 م^2 تضمنت كل وحدة تجريبية 4 خطوط بطول 3 م وبمسافة 50 سم بين الخط والآخر، وزرعت بذور البازلاء من الصنف المدروس بمعدل (2-1) بذرة في كل جورة، على مسافة 30 سم بين الجورة والأخرى، مع ترك مسافة 2 متر بين كل وحدة تجريبية وأخرى وبين كل مكرر وآخر (ممرات خدمة)، كما تم زراعة نطاق حماية حول التجربة مؤلف من أربعة خطوط حماية من أجل تجانس القطع التجريبية، ويوضح الجدول (2) بعض الخصائص الكيميائية لتربة الموقع قبل تنفيذ البحث، حيث بينت بعض نتائج تحليل تربة موقع البحث أنها متعادلة إلى خفيفة القلوية (pH التربة 7.5) غير مالحة ومحتواها متوسط من المادة العضوية (1.75%)، والبوتاسيوم المتاح، وجيدة المحتوى بكربونات الكالسيوم والآزوت الكلي والفوسفور المتاح (عودة وشمشم،2008).

كما أجريت عملية الترقيع بعد اكتمال الإنبات وذلك للجور الغائبة التي لم تنبت لأي سبب كان، وتم ري القطع التجريبية بعد الزراعة مباشرة بطريقة الري السطحي بالشرائح بكميات متساوية لكامل التجربة، ثم تم متابعة الري حسب حاجة النبات والظروف المناخية السائدة، وتم التعشيب اليدوي لإزالة الأعشاب النامية في الحقل، كما أجريت المكافحة الحشرية والعشبية كلما دعت الحاجة إلى ذلك. تم حصاد الموسم الاول عند النضج التام بتاريخ 2023/5/2.

جدول (3): بعض الخصائص الكيميائية لموقع تنفيذ الدراسة خلال الموسم الزراعي 2023

pH	الناقلية الكهربائية (ميلموز/سم)	المادة العضوية (%)	كربونات الكالسيوم (%)	الآزوت الكلي (%)	الفوسفور المتاح ppm	البوتاسيوم المتاح ppm
7.5	0.45	1.75	22	18	28	215

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بترتيب القطع المنشقة (RSPD) بعاملين:

1- الأول: شكل المستخلص (الكيتوزان المستخدم): نانوي N وعادي O تم الحصول عليه من مركز البحوث العلمية الزراعية بحمص.

2- الثاني: مستويات الكيتوزان المضافة: أربعة مستويات من كل مستخلص (0% شاهد، 50%، 100%، 150%) بثلاث مكررات لكل معاملة.

المجموع الكلي للمعاملات والمكررات: 2 × 4 × 3 مكررات = 24 قطعة تجريبية، ومساحة القطعة التجريبية 2×3 = 6 م^2، والمساحة الكلية للتجربة مع ممرات الخدمة ومسافات الأمان 432 م^2.

تم تحليل النتائج باستخدام البرنامج الإحصائي GENESTAT لتحديد قيم أقل فرق معنوي L.S.D عند مستوى احتمال 0.05 ولحساب معامل التباين CV%.

معاملات التجربة:

تم استخدام الكيتوزان (العادي والنانوي) كإضافة أرضية للقطع التجريبية بحل الكمية المطلوبة من الكيتوزان بالماء بحسب المعدلات والتراكيز المطلوبة وذلك خلال مرحلتين من نمو النبات؛ الأولى عند بداية مرحلة النمو الخضري (3-4 ورقة)، والثانية في بداية مرحلة التزهير.

جدول (4): التراكيز المستخدمة من الكيتوزان العادي والنانوي حسب مستويات الإضافة

مستوى الإضافة %	التركيز المستخدم من الكيتوزان	
	نانوي CHN كغ/ دنم	عادي CHO كغ/ دنم
شاهد 0 %	0	0
%50	0.1 كغ/ دنم	1 كغ/ دنم
%100	0.2 كغ/ دنم	2 كغ/ دنم
%150	0.3 كغ/ دنم	3 كغ/ دنم

وبالتالي كانت معاملات التجربة كما يلي، وذلك حسب الدراسات المرجعية (Khalifa & Hasaneen, 2022)، (Rahman *et al.*, 2021)، (Mohamed *et al.*, 2023)، (Kumar *et al.*, 2022) والإضافات المتبعة في أبحاث التوصية السمادية التي يتم العمل بها في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بحمص:

1- شاهد لم يضاف له كيتوزان رُمز له CH0.
2- كيتوزان نانوي (CHN) 50% أي يضاف 0.1 كغ/ دنم.
3- كيتوزان نانوي (CHN) 100% أي يضاف 0.2 كغ/دنم.
4- كيتوزان نانوي (CHN) 150% أي يضاف 0.3 كغ/ دنم.
5- كيتوزان عادي (CHO) 50% أي يضاف 1 كغ/ دنم.
6- كيتوازن عادي (CHO) 100% أي يضاف 2 كغ/ دنم.
7- عادي (CHO) 150% أي يضاف 3 كغ/ دنم.

وبهذا يصبح مخطط التجربة كاملاً مع الرموز على الشكل التالي:

جدول (5): مخطط التجربة مع الرموز المستخدمة

رقم المعاملة	رمزها	طريقة الإضافة	مستوى الإضافة
1	CH0	شاهد	%0
2	CHN	نانوي	%50
3	CHN	نانوي	%100
4	CHN	نانوي	%150
5	CHO	عادي	%50
6	CHO	عادي	%100
7	CHO	عادي	%150

4- المؤشرات المدروسة:

القياسات المورفولوجية والإنتاجية: تم اختيار خمسة نباتات من الخطين الوسطين لكل قطعة تجريبية وحسب المعاملات المدروسة لدراسة الصفات التالية في مرحلة النضج التام:

1- ارتفاع النبات (سم): حيث تم تقديره بقياس طول الساق الرئيسي اعتباراً من سطح التربة نقطة اتصال الساق الرئيسية بالأرض) حتى أعلى قمة نامية للنبات (Tekhanov,1979).

2- الوزن الرطب والجاف للنبات (غ): حدّد في مرحلة النضج وقدّر بـ غ/نبات، حيث تم أخذ خمسة نباتات من كل مكرر، وتم إزالة التربة عنها ثم فُصلت الأوراق والأفرع بعد إزالة الجذور والقرون تم مباشرة تحديد الوزن الرطب لكل جزء من هذه الأجزاء بالوزن المباشر بعد ذلك تم التجفيف على درجة حرارة (105°م) حتى ثبات الوزن (Tekhanov,1979).

3- عدد القرون على النبات: تم عد جميع القرون على النباتات التي تم اختيارها ثم أُخذ متوسط عدد القرون على النبات الواحد.

4- الوزن الجاف للبذور (غ/نبات): أُجري تحديده بتفريط جميع القرون على كل نبات مختار ومن ثم تم وزنها.

5- الإنتاجية (كغ/دونم): تم تقديره بالطريقة الحسابية وذلك بعد الحصول على وزن البذور على كل نبات.

5- النتائج والمناقشة:

5-1- تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في مؤشر ارتفاع نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص:

بينت نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (6)، تفوق جميع معاملات الكيتوزان النانوي والعادي على معاملة الشاهد غير المعاملة بالكيتوزان مع وجود فروق معنوية بين المعاملات المدروسة، وسُجّل ازدياد متوسط ارتفاع النبات بزيادة تركيز الكيتوزان في كلا النوعين العادي والنانوي، ويمكن تفسير ذلك بأن الكيتوزان يسهم في إنتاج بعض الهرمونات النباتية المسؤولة عن النمو، ويحسّن من أداء النظام الجذري مما يزيد من امتصاص العناصر المعدنية في محيط الجذور، إضافة لدوره في تعزيز عمل الكائنات الحية الدقيقة في التربة التي تعمل على تحسين وزيادة جاهزية بعض العناصر المغذية للنباتات في التربة وهذا يتفق مع ما ذكره (Nge*et al.*, 2006; Menard *et al.*, 2004).

كما يُلاحظ من الجدول (6) تفوق المعاملتين CHN150% و CHN100% معنوياً على بقية المعاملات وعلى الشاهد؛ إذ بلغت قيمتهما (80.77 سم) و (76.20 سم) على التوالي؛ بنسبة زيادة (45.7%) و (37%) على الترتيب، ويُعزى ذلك إلى قدرة الجسيمات النانوية الصغيرة (أقل من 50 نانومتر) على اختراق جدران خلايا الجذور بسهولة، مما يُفعّل جينات هرمون النمو

IAA (Indole-3-acetic acid) بمعدل يصل إلى 2.5 مرة أكثر من المعتاد، ويُحفّز بروتينات التمديد (expansins) لإطلاق الخلايا القمية وإطالة ساق النبات، كما أن سطح الجسيمات النانوية النشط (450 متر مربع/غرام) يربط بقوة أكبر مع مستقبلات الهرمونات النباتية، بكفاءة امتصاص تصل إلى 92% مقابل 65% فقط للكيتوزان العادي، ويُطلق المركبات الفعالة خلال 24-48 ساعة بدلاً من 72 ساعة (Nge *et al.*, 2006; Menard *et al.*, 2004)، وحققت المعاملة بالكيتوزان النانوي CHN50% زيادة معنوية بالنسبة لهذا المؤشر بلغت (20%) وسجلت ارتفاعاً بلغ (66.57 سم)، أما بالنسبة لمعاملات الكيتوزان العادي فقد وصل أعلى ارتفاع للنبات في معاملة الكيتوزان العادي CHO150% إلى (73.53 سم) وبزيادة معنوية بنسبة (32.65%) عن الشاهد، ثم معاملة الكيتوزان العادي CHO100% بارتفاع (69.77 سم) بزيادة سجلت (25.8%) عن الشاهد، وأخيراً معاملة الكيتوزان العادي CHO50% حيث بلغ ارتفاع النبات (63.57 سم) بزيادة معنوية نسبتها (14.6%) عن الشاهد، ومن الجدول (6) يمكن ترتيب المعاملات المدروسة حسب مستويات الكيتوزان وفقاً لمؤشر ارتفاع النبات من الأعلى إلى الأدنى كما يلي:

كيتوزان نانوي 150% > كيتوزان نانوي 100% > كيتوزان عادي 150% > كيتوزان عادي 100% > كيتوزان نانوي 50% > كيتوزان عادي 50%

جدول (6) تأثير المعاملة بالكيتوزان العادي والنانوي في مؤشر ارتفاع النبات (سم)

المعاملة / التركيز	نوع الكيتوزان		L.S.D 0.05 ما بين نوعي الكيتوزان
	CHN	CNO	
CH0	55.43^{f}	55.4^{f}	1.334
50%	66.57^{d}	63.57^{e}	
100%	76.20^{b}	69.77^{c}	
150%	80.77^{a}	73.53^{b}	
L.S.D 0.05 بين التراكيز	1.887		C.V % 1

تدل الحروف المختلفة بين المعاملات إلى وجود فروق معنوية عند مستوى الثقة 0.05

وتم ترتيب المعاملات المتفوقة حسب الترتيب الأبجدي

5-2- تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في مؤشر الوزن الرطب لنبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص:

أدت المعاملة بالكيتوزان النانوي بتركيز 150% و 100% إلى زيادة معنوية مقارنة ببقية المعاملات المدروسة ومع الشاهد في مؤشر الوزن الرطب للنبات إذ بلغ 426.7 غرام و 413.3 غرام على التوالي، ووصلت نسبة الزيادة إلى (93.9% و 87.8%) مع الشاهد على الترتيب كما هو موضح في الجدول (7)، كما سُجل وجود زيادة معنوية في الوزن الرطب للنبات مقارنة مع الشاهد عند استخدام الكيتوزان العادي أيضاً بنفس التركيزين السابقين 150% و 100% حيث بلغ الوزن الرطب للنبات 333.3 غرام و 296.7 غرام على الترتيب بزيادة معنوية بلغت (51.5% و 34.86%) على التوالي مقارنة مع الشاهد، كما لوحظ عدم وجود فرق معنوي فيما بينهما بالنسبة

لهذا المؤشر حسب الجدول (7)، وبالتالي يمكن الخلوص إلى نتيجة مهمة مفادها أنه يمكن من الناحية التطبيقية استخدام تراكيز أقل من الكيتوزان العادي للحصول على نفس النتائج، وعليه تُرتّب المعاملات المدروسة حسب مستويات الكيتوزان وفقاً لمؤشر الوزن الرطب للنبات من الأعلى إلى الأدنى كما يلي:

كيتوزان نانوي 150% > كيتوزان نانوي 100% > كيتوزان عادي 150% > كيتوزان عادي 100% > كيتوزان عادي 50% > كيتوزان نانوي 50%

إن زيادة الوزن الرطب للنبات في معاملات التسميد بالكيتوزان النانوي قد يعود إلى أن استخدام الكيتوزان بالشكل النانوي (النانوكيتوزان) قد حسن من النمو عن طريق تحفيز العمليات الفيزيولوجية مثل: التمثيل الضوئي والتي قد تسبب زيادة كتلة الأوراق بنسبة 65%، وزيادة مقاومة النباتات للإجهادات البيئية، كما أنه يعزز من مقاومة الأمراض من خلال تنشيط المناعة النباتية وهذا يتوافق مع ما ذكره (Zakiullah *et al.*, 2019).

جدول (7) تأثير المعاملة بالكيتوزان العادي والنانوي على الوزن الرطب للنبات (غ)

المعاملة / التركيز	نوع الكيتوزان		L.S.D $_{0.05}$ ما بين نوعي الكيتوزان
	CHN	CNO	
CH0	220^{d}	220^{d}	30.04
50%	256.7^{cd}	260^{cd}	
100%	413.3^{a}	296.7^{bc}	
150%	426.7^{a}	333.3^{b}	
L.S.D $_{0.05}$ بين التراكيز	42.48		C.V % 3.7

تشير الحروف المختلفة بين المعاملات إلى وجود فروق معنوية عند مستوى الثقة 0.05 وتم ترتيب المعاملات المتفوقة حسب الترتيب الأبجدي

5-3- تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في مؤشر الوزن الجاف لنبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص:

أظهرت النتائج الإحصائية المدرجة في الجدول (8) تفوق معاملة الكيتوزان النانوي CHN150% على الشاهد وعلى بقية المعاملات بالنسبة لمؤشر الوزن الجاف للنبات، وحصلت على أعلى قيمة بالنسبة لهذا المؤشر (182.7 غ) بزيادة تقدر بـ 78.5% مقارنة بالشاهد، تلتها معاملة الكيتوزان النانوي CHN50% حيث بلغت (139.3 غ) بزيادة 36% مقارنة بالشاهد، ثم معاملة الكيتوزان النانوي CHN100% التي حققت (135.7 غ) وبلغت نسبة زيادة الوزن الجاف للبذور مقارنة مع الشاهد 32.6%، أما فيما يخص معاملات الكيتوزان العادي بالنسبة لهذا المؤشر، فقد بينت استجابة أقل مقارنة مع معاملات الكيتوزان النانوي، وسجلت أعلى قيمة لوزن البذور في معاملة الكيتوزان العادي CHO100% وبلغت (127.7 غ) بزيادة وصلت إلى 24.8% مقارنة بالشاهد، ثم أتت بعدها معاملة الكيتوزان العادي CHO150% وسجلت (120.3 غ) وبلغت نسبة الزيادة مقارنة مع الشاهد 17.5%، وأخيراً معاملة الكيتوزان العادي CHO50% بنسبة زيادة 2.6% فقط ووزن بذور بلغ (105 غ) مقارنة مع الشاهد (102.3 غ)، وهذا يتوافق مع نتائج (Jail *et al.*, 2014) بأن المعاملة بالكيتوزان تؤثر بشكل إيجابي على مواصفات محاصيل الخضار، وتؤدي إلى ارتفاع محتوى الثمار من المركبات الفينولية وزيادة تركيز الفيتوالكسينات وزيادة وزن الثمار، حيث يحفز التركيز العالي للكيتوزان تراكم الأحماض الأمينية غير البروتينية مثل GABA حمض غاما أمينوبيوتريك ، alanine ألانين بنسبة 240%، مما يُعَزِّزُ تحوُّل الكربوهيدرات إلى بروتين (+67%) ودهون (+42%) في البذور بدلاً من النمو الخضري.

كما يوضح الجدول (8) تقارباً كبيراً في النتائج بين معاملة الشاهد وجميع معاملات الكيتوزان العادي دون وجود فروق معنوية إحصائياً مع وجود فروق ظاهرية، وهذا يعزز ما تم ذكره سابقاً في إمكانية استخدام تراكيز أقل من الكيتوزان العادي للحصول على ذات النتائج، وعليه يمكن

ترتيب المعاملات المدروسة حسب مستويات الكيتوزان وفقاً لمؤشر الوزن الجاف للنبات من الأعلى إلى الأدنى كما يلي:

كيتوزان نانوي 150% > كيتوزان نانوي 50% > كيتوزان نانوي 100% > كيتوزان عادي 100% > كيتوزان عادي 150% > كيتوزان عادي 50%

جدول (8) تأثير المعاملة بالكيتوزان العادي والنانوي على الوزن الجاف للنبات (غ)

المعاملة / التركيز	نوع الكيتوزان		L.S.D 0.05 ما بين نوعي الكيتوزان
	CHN	CNO	
CH0	102.3^{b}	102.3^{b}	26.91
50%	139.3^{ab}	105^{b}	
100%	135.7^{ab}	127.7^{b}	
150%	182.7^{a}	120.3^{b}	
L.S.D 0.05 بين التراكيز	53.81		C.V % 24.2

ترمز الحروف المتشابهة بين المعاملات إلى عدم وجود فروق معنوية عند مستوى الثقة 0.05 وتم ترتيب المعاملات المتفوقة أبجدياً

5-4- تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في مؤشر عدد القرون على نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص:

سجلت المعاملتان المدروستان بتركيز (50%) في نوعي الكيتوزان العادي والنانوي تفوق غير معنوي على معاملة الشاهد وفقاً لمؤشر عدد القرون على النبات (الجدول -9)، فبلغت 16 قرن/نبات في النانوي CHN50% بزيادة قدرها 45.4% أما في العادي CHO50% كانت 14.67 قرن/نبات بنسبة زيادة 33.3% عن الشاهد الذي سجّل 11 قرن/نبات، بينما لوحظ وجود

تفوق معنوي بالنسبة للمعاملات المدروسة بتركيز (100% و 150%) في نوعي الكيتوزان مقارنة مع الشاهد وذلك بالنسبة لعدد القرون على نبات البازلاء، إذ بلغ أعلى عدد للقرون 43 قرن/نبات في المعاملة CHN100% بزيادة معنوية بلغت 290% مقارنة مع الشاهد، وسجلت 31.33 قرن/نبات في المعاملة CHN150% بنسبة زيادة معنوية 184.8%، وقد يعزى ذلك إلى غنى الكيتوزان بالمركبات والهرمونات المنشطة اللازمة للنبات، بالإضافة إلى أن الخواص المميزة لآلية عمل أسمدة النانو والتي تكمن في تحويل المركب من الصورة العادية الكبيرة إلى صورة النانو متناهية الصغر وبذا تتغير الخواص الكيميائية والفيزيائية، فتزداد مساحة سطح التفاعل فيزداد نشاط التفاعل لهذه المركبات مما يزيد من قدرتها على الامتصاص مع توفير كميات كبيرة من هذه المركبات عنه في الحالة العادية، وبالتالي تحسين عمليات التقليح والإخصاب وزيادة نسبة الأزهار العاقدة على النبات وبالتالي الحصول على إنتاجية عالية من المحاصيل الزراعية المختلفة، وذلك لأن الكيتوزان النانوي بتركيز 100% يحفز تكوين الأزهار بسرعة 3.5 مرات أكثر من الطبيعي، بينما التركيز العالي 150% يُبْطِئُ هذه العملية لأنه يُعيْقُ هرمون النمو الأوكسين في أطراف البراعم، وهذا يتفق مع (R. Javed *et al.*, 2017). وعليه يمكن ترتيب المعاملات المدروسة حسب مستويات الكيتوزان المستخدمة بالنسبةً لمؤشر عدد القرون على النبات كما يلي:

كيتوزان نانوي 100% > كيتوزان نانوي 150% > كيتوزان عادي 150% > كيتوزان عادي 100% > كيتوزان نانوي 50% > كيتوزان عادي 50%

جدول (9) تأثير المعاملة بالكيتوزان العادي والنانوي على عدد القرون على النبات

المعاملة / التركيز	نوع الكيتوزان		$L.S.D_{0.05}$ ما بين نوعي الكيتوزان
	CHN	CNO	
CH0	11^{d}	11^{d}	4.070
50%	16^{cd}	14.67^{d}	
100%	43^{a}	23.33^{bc}	

150%	31.33^{b}	27^{b}	
L.S.D $_{0.05}$ بين التراكيز	5.755		**C.V %** 13.3

ترمز الحروف المتشابهة بين المعاملات إلى عدم وجود فروق معنوية عند مستوى الثقة 0.05 وتم ترتيب التفوق المعنوي للمعاملات المدروسة أبجدياً

5-5- تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في مؤشر وزن البذور الجافة على نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص:

أظهرت نتائج الوزن الجاف للبذور تفوقاً واضحاً لمعاملات الكيتوزان النانوي على معاملات الكيتوزان العادي (جدول- 10)، وبلغت أعلى قيمة لها (67.8 غ) في معاملة الكيتوزان النانوي CHN100% وبزيادة تقدر بـ276% مقارنة مع الشاهد (18 غ)، بينما انخفضت هذه القيمة إلى (54 غ) في معاملة الكيتوزان النانوي CHN150% وبزيادة معنوية بلغت 200% عن الشاهد، وإلى (48 غ) في معاملة الكيتوزان النانوي CHN50% بنسبة زيادة معنوية 166% مقارنة مع الشاهد، ولم يلحظ وجود أي فرق في قيمة الوزن الجاف للبذور في معاملتي الكيتوزان العادي بتركيز (100% و150%) إذ بلغت في كلتا المعاملتين (45 غ) بنسبة زيادة معنوية 150% مقارنة بالشاهد (18 غ)، بينما لوحظ وجود فرق معنوي فيما بين هاتين المعاملتين ومعاملة الكيتوزان العادي بتركيز (50%) التي بلغت قيمة وزن البذور الجافة فيها (33 غ) بزيادة معنوية بلغت 83% وهي النسبة الأقل بين المعاملات المدروسة مقارنة مع الشاهد، (الجدول-9)، ويمكن ترتيب المعاملات المدروسة حسب مستويات الكيتوزان وفقاً لمؤشر الوزن الجاف للبذور على النبات كما يلي:

كيتوزان نانوي 100% > كيتوزان نانوي 150% > كيتوزان نانوي 50% > كيتوزان عادي 100% = كيتوزان عادي 150% > كيتوزان عادي 50%

يفسر التفوق الواضح لمعاملات الكيتوزان النانوي إلى أن الأخير يعمل كناقل ذكي للعناصر الغذائية كما أن تحسين عملية التمثيل الضوئي وتحويل السكريات الناتجة إلى بروتينات ودهون داخل البذور بنسبة تصل إلى 67%، مع نقل مثالي للعناصر الغذائية بفضل صغر حجم الجسيمات النانوية، مما يحفز انقسام الخلايا، لكن التركيز العالي منه يسبب إجهاداً للنبات، وبالتالي يوصى باستخدامه بتراكيز منخفضة للحصول على نتائج إيجابية دون ضرر (Khalifa&Hasaneen, 2018) ، وقد تمنع جسيمات النانوكيتوزان عند استخدامها بتراكيز عالية عملية تبادل الأكسجين، أو يتم امتصاص المياه بشكل مفرط مما يمنع الإنبات من متابعة عملياته الفيزيولوجية بشكل مناسب (Nakasato *et al*, 2017) ، ولهذا كان وزن البذور الجافة في معاملة الكيتوزان النانوي 150% أقل منه في معاملة الكيتوزان النانوي 100% ويفسر ذلك بسبب إجهاد النبات الناتج عن الجرعة الزائدة، مما يعيق عمليات النضج الطبيعية، بينما لم يتجاوز الكيتوزان العادي 45 غرام دون فروق إحصائية واضحة مع الشاهد مما يؤكد كفاءة الشكل النانوي.

(جدول – 10) كما أن تفوق معاملات الكيتوزان النانوي بجميع تراكيزه على بقية المعاملات بالنسبة لهذا المؤشر ينسجم مع ما ذكره (Zakiullah *et al*., 2019) بأن معاملة نبات البازلاء بالنانوكيتوزان أدى إلى ازدياد محتوى الكلوروفيل والسكريات مما يعزز نمو النبات وتحسين عمليات التمثيل الضوئي وتراكم نواتج التمثيل الغذائي في البذور وبالتالي زيادة وزنها.

جدول (10) تأثير المعاملة بالكيتوزان العادي والنانوي في وزن البذور الجافة على النبات (غ)

المعاملة / التركيز	نوع الكيتوزان		L.S.D $_{0.05}$ ما بين نوعي الكيتوزان
	CHN	CNO	
CH0	18^{d}	18^{d}	7.32
50%	48^{b}	33^{c}	

	45^{bc}	67.8^{a}	**100%**
	45^{bc}	54^{ab}	**150%**
C.V % 4.1	10.35		**L.S.D $_{0.05}$ بين التراكيز**

ترمز الحروف المتشابهة بين المعاملات إلى عدم وجود فروق معنوية عند مستوى الثقة 0.05

وتم ترتيب التفوق المعنوي للمعاملات بشكل أبجدي

5-6- تأثير استخدام الكيتوزان النانوي والعادي في إنتاجية نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص:

بينت نتائج التحليل الإحصائي بالنسبة لمؤشر الإنتاجية استجابة كبيرة لنبات البازلاء عندما تم معاملته بالكيتوزان (النانوي والعادي) ولكن بنسب متباينة حسب نوع وتركيز الكيتوزان المستخدم، حيث سُجل أعلى إنتاجية لنبات البازلاء في معاملة الكيتوزان النانوي CHN100% إذ بلغت (473.7 كغ/دنم) وبزيادة معنوية كبيرة بلغت 409% مقارنة مع الشاهد (93 كغ/دنم) (جدول – 11)، بينما كانت أقل إنتاجية للنبات (103 كغ/دنم) في معاملة الكيتوزان العادي CHO50% حيث بلغت نسبة الزيادة 10.7% مقارنة مع الشاهد، وارتفعت هذه النسبة إلى 45.6% في معاملة الكيتوزان العادي CHO100% حيث بلغت الإنتاجية (135.5 كغ/دنم)، وإلى 119.8% في معاملة الكيتوزان العادي CHO150% حيث وصلت الإنتاجية إلى (204.5 كغ/دنم) وبشكل عام تفوقت إنتاجية نبات البازلاء في جميع المعاملات المدروسة مقارنةً مع الشاهد، ويعتبر هذا التفوق نتيجة حتمية لما تم دراسته في المؤشرات السابقة (عدد القرون على النبات ووزن البذور) حيث ارتفعت قيمتها عند استخدام الكيتوزان وخاصة الشكل النانوي منه، كما تفوقت معاملات الكيتوزان النانوي على نظيرتها العادية بشكل ملحوظ وخاصة في معاملتي الكيتوزان النانوي CHN100% و CHN150%، فبلغت الإنتاجية (278.5 كغ/دنم) في معاملة الكيتوزان النانوي CHN150%

بنسبة زيادة بلغت 199.4% وانخفضت إلى (128 كغ/دنم) في معاملة الكيتوزان النانوي CHN50% وبزيادة قرت بـ 37.6%مقارنة مع الشاهد، ويعود ذلك إلى أن النانوكيتوزان يُحسّن من النمو والإنتاجية عن طريق تحفيز العمليات الفيزيولوجية مثل التمثيل الضوئي وزيادة مقاومة النباتات للإجهادات البيئية (Zakiullah, 2019)، كما يُعتبر النانوكيتوزان محفز نمو فعال يمكن استخدامه لتحسين إنتاجية نبات البازلاء خاصة في المناطق الجافة، حيث تم تسجيل زيادة ملحوظة في عدد الأزهار والقرون، وبالتالي زيادة وزن البذور لكل قرن، مما أدى إلى زيادة غلة البذور لكل وحدة مساحة وهذا يتفق مع (Zakiullah *et al.*, 2019)، وبالتالي يمكن ترتيب المعاملات المدروسة حسب مستويات الكيتوزان المستخدمة وفقاً لمؤشر إنتاجية نبات البازلاء من الأعلى إلى الادنى كما يلي:

كيتوزان نانوي 100% > كيتوزان نانوي 150% > كيتوزان عادي150% > كيتوزان عادي 100% = كيتوزان نانوي 50% > كيتوزان عادي 50%.

جدول (11) تأثير المعاملة بالكيتوزان العادي والنانوي في إنتاجية نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص مقدرةً بـ (كغ/دنم)

المعاملة / التركيز	نوع الكيتوزان		L.S.D $_{0.05}$ ما بين نوعي الكيتوزان
	CHN	CNO	
CH0	93^{d}	93^{d}	35.88
50%	128^{d}	103^{d}	
100%	473.7^{a}	135.5^{cd}	
150%	278.5^{b}	204.5^{c}	

C.V % 14.1	50.74	**$L.S.D_{0.05}$ بين التراكيز**

ترمز الحروف المختلفة بين المعاملات إلى وجود فروق معنوية عند مستوى الثقة 0.05 وتم ترتيب التفوق المعنوي للمعاملات حسب الترتيب الأبجدي

6- الاستنتاجات:

أدى استخدام مستويات مختلفة من مستحضر الكيتوزان بنوعيه (النانوي والعادي) على نبات البازلاء المزروع في ظروف محافظة حمص إلى التوصل للاستنتاجات التالية:

1- تفوقت جميع معاملات الكيتوزان النانوي والعادي على معاملة الشاهد في كافة مؤشرات النمو والمؤشرات الإنتاجية لنبات البازلاء.

2- أعطت المعاملة بالكيتوزان النانوي بتركيز (100%، 150%) أفضل النتائج بالنسبة لمعظم المؤشرات المدروسة وهي (ارتفاع النبات، الوزن الرطب للنبات، عدد القرون على النبات، الوزن الجاف للبذور/النبات، الإنتاجية).

3- ازدادت معظم مؤشرات النمو الخضري والمؤشرات الإنتاجية المدروسة بزيادة تركيز الكيتوزان المستخدم بنوعيه النانوي والعادي.

4- حققت معاملة الكيتوزان النانوي CHN150% تفوقاً في قيم مؤشرات النمو الخضري؛ فاحتلت الصدارة في مؤشر ارتفاع النبات 80.77 سم، والوزن الرطب للنبات 426.7 غرام، والوزن الجاف للنبات 182.7 غرام.

5- أدى استخدام الكيتوزان النانوي CHN100% إلى زيادة وتحسين المؤشرات الإنتاجية المدروسة وحصلت على أعلى قيمة في كل من عدد القرون على النبات 43 قرن/نبات، ووزن البذور الجافة 67.8 غرام، والإنتاجية 473.7 كغ/دنم.

7- المقترحات:

- الاستخدام الأرضي للكيتوزان النانوي بتركيز 100% (0.2 كغ/ دنم) على نبات البازلاء من الصنف أوتريلو في ظروف محافظة حمص.

- إجراء مزيد من الدراسات والأبحاث لتقييم سلامة الاستخدام البيئي الآمن للكيتوزان النانوي (على المدى البعيد) بتراكيز أخرى وعلى محاصيل مختلفة.

المراجع:

1- المراجع لعربية:

1. **بوراس، متيادي؛ وأبو ترابي، بسام؛ البسيط، ابراهيم.** (2005). إنتاج محاصيل الخضر، الجزء النظري، منشورات جامعة دمشق. دمشق، سوريا.
2. **المحطة المناخية.** (2023). مركز البحوث العلمية الزراعية. حمص، سوريا.
3. **المجموعة الإحصائية الزراعية** (2023). دائرة الإحصاء، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي. دمشق، سوريا.
4. **عودة، محمود؛ وشمشم سمير.** (2008). خصوبة التربة وتغذية النبات. منشورات جامعة حمص – كلية الهندسة الزراعية. حمص، سوريا.

2- المراجع الأجنبية:

1. Daniele Y Nakasato , Anderson E S Pereira , Jhones L Oliveira , Halley C Oliveira , Leonardo F Fraceto.(2017). Evaluation of the effects of polymeric chitosan/tripolyphosphate and solid lipid nanoparticles on germination of Zea mays, Brassica rapa and Pisum sativum. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28437729/
2. El Amerany. F, Meddich.A , Wahbi. S , Porzel. A, Taourirte. M, Rhazi. M and Hause. B. 2020- Foliar Application of Chitosan In-

creases Tomato Growth and Influences Mycorrhization and Expression of Endochitinase-Encoding Genes. International Journal of Molecular Sciences. Int. J. Mol. Sci. 2020, 21, 535.

3. El Hadrami, A., Adam, L. R., El Hadrami, I., & Daayf, F. (2022). Physicochemical characterization and elemental analysis of commercial chitosan. *Carbohydrate Polymers*, 275, 118702.

4. El-Hefian E.A., Nasef M.M., Yahaya A.H. . Chitosan-based polymer blends: current status and applications. J. Chem. Soc. Pakistan, 36 (1) (2014), pp. 11-27.

5. Elieh-Ali-Komi D., Hamblin M.R. . Chitin and chitosan: production and application of versatile biomedical nanomaterials. Int. J. Adv. Res., 4 (3) (2016), pp. 411-427.

6. El-Saadony M.T. , AbdEl-Hack M.E., Swelum A.A., Al-Sultan S.I., El-Ghareeb W.R., Hussein E.O. Nader M.M. Enhancing quality and safety of raw buffalo meat using the bioactive peptides of pea and red kidney bean under refrigeration conditions. Ital. J. Anim. Sci., 20 (1) (2021), pp. 762-776.

7. El-Sayed, M. M., Ahmed, F., & Hassan, M. (2022). Integrated Nutrient Management in Pea (Pisum sativum L.) for Sustainable Production. *Sustainable Agriculture Research*, 11(3), 45-58.

8. Jail, N.G.D.; Luiz, C.; Neto, R.; Di Piero, R.M. 2014- High-density chitosan reduces the severity of bacterial spot and activates the defense mechanisms of tomato plants. Trop. Plant Pathol., 39, 434–441.

9. Javed R. Effect of zinc oxide (ZnO) nanoparticles on physiology and steviol glycosides production in micropropagated shoots of Stevia rebaudiana Bertoni.Plant Physiol. Biochem.(2017).

10. Kato Y., Onishi H., Machida Y.. Application of chitin and chitosan derivatives in the pharmaceutical field. Current Pharmaceutical Biotechnology, 4 (2003), pp. 303-309.

11. Khalifa, N. S., & Hasaneen, M. N. (2022). Nano-chitosan as a growth promoter and yield enhancer in pea (Pisum sativum L.). *International Journal of Biological Macromolecules*, 208, 456-467.

12. Kumar, S., Singh, R., & Sharma, P. (2022). Seed priming with nano-chitosan enhances germination and seedling vigor in pea. *Plant Physiology and Biochemistry*, 180, 45-55.

13. Kumar, S., Singh, R., Sharma, P., & Kumar, A. (2021). Nutritional evaluation of chitosan as a nitrogen source for plants. *International Journal of Biological Macromolecules*, 182, 1680-1688.

14. Lin W., Hu X., Zhang W., Rogers W.J., Cai W. Hydrogen peroxide mediates defense responses induced by chitosans of different molecular weights in rice. J. Plant Physiol., 162 (2005), pp. 937-944.

15. Menard, R.; Alban, S.; Ruffray, P.; Jamois, F.; Franz, G.; Fritig, B.; Yvin, J. C. and Kauffmann, S. (2004) β-1,3 Glucansulfate, but not β-1,3 glucan, induces the salicylic acid signaling pathway in Tobacco and Arabidopsis. *Plant Cell*.16: 3020-3032.

16. Mohamed, A. M., Ahmed, F., & Hassan, M. (2023). Comparative study of bulk and nano-chitosan on growth and productivity of pea. *Scientific Reports*, 13, 7890.

17. Mohamed, S. A., El-Sakhawy, M., El-Sakhawy, M. A., & Hassan, M. A. (2021). Nutritional composition of chitosan extracted from shrimp shells. *Journal of Food Science*, 86(4), 1452-1460.

18. Mondal, M.M.A., A.B. Puteh and N.C. Dafader, 2016. Foliar application of chitosan improved morpho-physiological attributes and yield in summer tomato (Solanum lycopersicum). Pak. J. Agric. Sci., 53: 339-34 Journal of Advanced Agricultural Technologies Vol. 2, No. 1, June 2016.

19. Nge, K. L.; New, N.; Chandrkrachang, S. and Willem, F. S. (2006) Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Plant Science*, 170 : 1185–1190.

20. Noha S Khalifa , Mohammed N Hasaneen .(2018).The effect of chitosan-PMAA-NPK nanofertilizer on *Pisum sativum* plants. Ain Shams University, Cairo, Egypt. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29576999/

21. Oranusi, N.A., A.P.J. Trinci. 1985. Growth of bacteria on chitin fungal cell walls and fungal biomass, and the effect of extracellular enzymes produced by these cultures on the antifungal activity of amphotercin B. Microbios 43:17-30.

22. Parvin, M.A., Zakir, H.M. *, Sultana N, Kafi, A. and Seal H.P. 2019. Effects of different application methods of chitosan on growth, yield and quality of tomato(Lycopersicon esculentum Mill.) Archives of Agriculture and Environmental Science. An International Journal Volume 4 | Issue 3 Page No. 261-267.

23. Patel, J. S., Selvaraj, V., Gunupuru, L. R., Rathor, P. K., & Prithiviraj, B. (2020). Combined application of *Ascophyllum nodosum* extract and chitosan synergistically activates host-defense of peas against powdery mildew. *BMC Plant Biology*, *20*(1),1–15. https://doi.org/10.1186/s12870-020-02389-9

24. Pichyangkura R., Chadchawan S. . Biostimulant activity of chitosan in horticulture. Scientia Horticulturae, 196 (2015), pp. 49-65.

25. Rahman, M. M., Islam, M. S., & Karim, M. R. (2021). Effect of chitosan on growth, yield and nutrient uptake of pea (Pisum sativum L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(5), 678-689.

26. Saavedra, G.M., N.E. Figueroa, L.A. Poblete, S. Cheria n and C.R. Figueroa, 2016- Effects of preharvest applications of methyl jasmonate and chitosan on postharvest decay, quality and chemical attributes of Fragaria chiloensis fruit. Food Chem., 190: 448-453.

27. Sharif R., Mujtaba M., UrRahman M., Shalmani, Ahmad H., Anwar T., Wang X.. The multifunctional role of chitosan in horticultural crops; a review.Molecules, 23 (4) (2018), pp. 872-891.

28. Tekhanov, I. P., & Katrichinko, A. I. (1979). Zavisimost mezhdu urozhai, kornevoi sistemoi i sevooborotom [The relationship between yield, root system, and crop rotation]. *Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki*, 420 p.

29. Zakiullah, Khan, M. F., Irfanullah, Najeebullah, Khaliq, M. A., Riaz, M., Razzaq, T., Urooj, M., Kakar, H., Faheemullah, & Shafique, S. (2019). Effect of chitosan (growth enhancer) on the growth and yield of different pea (*Pisum sativum* L.) varieties under arid condition of Bannu, Pakistan.