



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الزراعية

قسم علوم البستنة

تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في نمو وإنتاجية نبات الفريز

**Effect of treatment with zinc and auxin on growth and
productivity of strawberry plant**

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية - قسم علوم البستنة

إعداد

م. محمد خير الله العمر

إشراف

د. رولا بايرلي

أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة

كلية الزراعة - جامعة دمشق

قدمت هذه الرسالة استكمالاً لمتطلبات نيل درجة الماجستير في الهندسة الزراعية / اختصاص علوم البستنة من كلية الزراعة – جامعة دمشق.

This thesis has been submitted as partial fulfillment of the requirement for the degree of Master in Horticulture sciences at the Faculty of Agriculture, Damascus University.

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ 2020/8/24 وأجيزت.

أمام لجنة الحكم

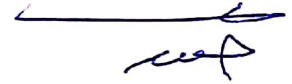
أ.د. محمد بطحه

أستاذ في قسم علوم البستنة / كلية الزراعة – جامعة دمشق (عضواً).



أ.د. حسان عبيد

أستاذ في قسم علوم البستنة / كلية الزراعة – جامعة دمشق (عضواً).



د. رولا بايرلي

أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة / كلية الزراعة – جامعة دمشق (عضواً مشرفاً).

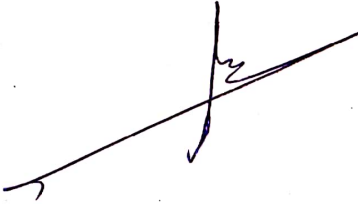


شهادة

نشهد بأن العمل المُقدم في هذه الرسالة هو نتيجة بحث علمي قام به المُرشح محمد خير الله العمر بإشراف الدكتورة رولا بايرلي، أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة في كلية الزراعة - جامعة دمشق، وإن أية مراجع أخرى ذكرت في هذا العمل موثقة في نص هذه الرسالة.

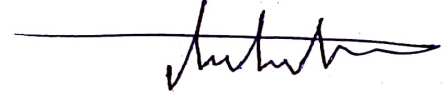
المشرف العلمي

د. رولا بايرلي



المُرشح

محمد خير الله العمر

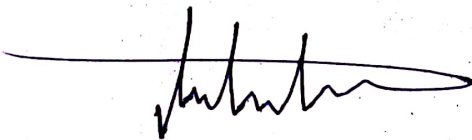


CERTIFICATION

We witness that the described work in this thesis is the result of scientific research conducted by the candidate **Mohamad Khir Allah Alomar**, under supervision of Doctor **Roula Bayerli**, Professor Assistant at the department of Horticulture sciences, Faculty of Agriculture, Damascus University, and any reference of other researchers work has been duly acknowledged in the text.

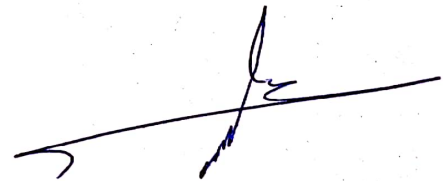
Candidate

Mohamad Khir Allah Alomar



Advisor

Dr. Roula Bayerli

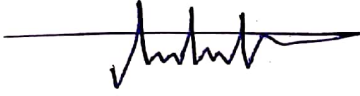


تصريح

أُصِرَّحُ بأنَّ هذا البحث " تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في نمو وإنتاجية نبات الفريز " لم يسبق أن قُبل للحصول على شهادة، ولا هو مُقدَّم حالياً للحصول على شهادة أخرى.

اسم المرشح

محمد خير الله العمر

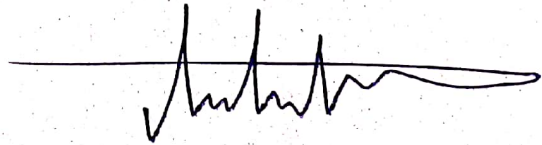


DECLARATION

This is to declare that, this work "**Effect of treatment with zinc and auxin on growth and productivity of strawberry plant**" has not been accepted for any degree yet, nor it is not submitted to any other degree.

Candidate name

Mohamad Khir Allah Alomar



كلمة شكر وتقدير

إلى كل من أشعل شمعة في درب علمي.. إلى من وقف على المنابر وأعطى من
حصيلة فكره لينير طريقي...

لمن زادتني فخراً بإشرافها على هذا البحث.. لمن كانت لي صديقة وأم وأخت..
لمن وقفت بجانبني وأتاحت لي علمها ووقتها بدون أي مقابل.. إليك أهدي كل
عبارات الشكر والامتنان..

مشرفتي الغالية الدكتورة رولا بايرلي

إلى الأساتذة الكرام في كلية الهندسة الزراعية وبشكل خاص أساتذة قسم
علوم البستنة وأعضاء لجنة الحكم لجهودهم المبذولة في إتمام هذا البحث..
الأستاذ الدكتور محمد بطحة والأستاذ الدكتور حسان عبيد

أتوجه بخالص الشكر والامتنان لكل من ساعدني وقام بتوجيهي ومد يد
العون لي في إخراج رسالتي هذه إلى حيز النور وأخص بالشكر..

الدكتور فهد بيسكي والدكتورة حنان شرابي

الفهرس

8	الملخص
9	Abstract
10	1. المقدمة
17	2. مبررات البحث وأهدافه
19	3. الدراسة المرجعية
20	3.1. تأثير المعاملة بعنصر الزنك في نمو نبات الفريز وإنتاجيته
28	3.2. تأثير المعاملة بالأوكسينات في نمو نبات الفريز وإنتاجيته
35	4. مواد وطرائق البحث
36	4.1. مكان تنفيذ البحث
36	4.2. المادة النباتية
37	4.3. وسط الزراعة وطريقة الزراعة
37	4.4. عمليات الخدمة
37	4.5. المعاملات
38	4.6. مواعيد الرش وأخذ القراءات
39	4.7. القراءات والتحليل
39	4.7.1. معايير النمو الخضري والإنتاجية
39	4.7.1.1. المساحة الورقية (سم ²)
39	4.7.1.2. طول النبات (سم)
39	4.7.1.3. عدد الأوراق (ورقة/نبات)
39	4.7.1.4. عدد التيجان (تاج/نبات)
39	4.7.1.5. عدد المدادات (مداد/نبات)
40	4.7.1.6. النسبة المئوية للعقد (%)
40	4.7.1.7. الإنتاجية (غ/نبات)
40	4.7.2. معايير جودة الثمار
40	4.7.2.1. المعايير المورفولوجية (الوزن (غ)، القطر (سم)، الطول (سم)) للثمار
40	4.7.2.2. المعايير الكيميائية (المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS %)، الحموضة القابلة للمعايرة (TA %)، فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب)) للثمار
41	4.7.3. المعايير الفيزيولوجية والكيميائية للأوراق
41	4.7.3.1. محتوى الماء النسبي (RWC %)
42	4.7.3.2. محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية (مغ/غ وزن رطب)
43	4.7.3.3. محتوى الأوراق من العناصر NPK (%)
44	4.8. تصميم التجربة والتحليل الإحصائي

5. النتائج والمناقشة

45

5.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في معايير النمو الخضري والإنتاجية لنبات الفريز

- 46 5.1.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط المساحة الورقية (سم²)
- 48 5.1.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط طول النبات (سم)
- 50 5.1.3. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد التيجان (تاج/نبات)
- 52 5.1.4. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد الأوراق (ورقة/نبات)
- 54 5.1.5. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد المدادات (مداد/نبات)
- 56 5.1.6. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط النسبة المئوية للعقد (%)
- 58 5.1.7. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط الإنتاجية (غ/نبات)

5.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في معايير جودة الثمار لنبات الفريز

- 60 5.2.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في المعايير المورفولوجية (الوزن (غ)، القطر (سم)، الطول (سم)) للثمار
- 60 5.2.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في المعايير الكيميائية (المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS %)، الحموضة القابلة للمعايرة (TA %)، فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب)) للثمار

5.3. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في المعايير الفيزيولوجية والكيميائية لأوراق نبات الفريز

- 66 5.3.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الماء النسبي (%)
- 66 5.3.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية (مغ/غ وزن رطب)
- 68 5.3.3. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الأوراق من العناصر N.P.K (%)

6. الاستنتاجات والمقترحات

6.1. الاستنتاجات

6.2. المقترحات

7. المراجع

7.1. المراجع العربية

7.2. المراجع الأجنبية

79

الملخص

نفذت التجربة في مزرعة أبي جرش في كلية الهندسة الزراعية بجامعة دمشق خلال موسمي 2018 و2019. بهدف دراسة تأثير تركيزين من كبريتات الزنك ($ZnSO_4$) (0.5 و 1 غ/ل) وتركيزين من الأوكسين (IAA) (25 و 50 ppm) والتفاعل بينهما في بعض صفات النمو الخضري والزهري والثمري لنبات الفريز صنف Festival. أظهرت النتائج التأثير الإيجابي للرش الورقي بالزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) في تحسين الخصائص الفيزيولوجية والنوعية لنبات الفريز. فقد تفوقت معاملة الخليط التي احتوت على الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 0.5 غ/ل والأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm على بقية المعاملات وعلى الشاهد في زيادة المساحة الورقية (150.89 سم^2) وطول النبات (26.13 سم) وعدد التيجان (2.8 تاج/نبات) وعدد الأوراق (33.4 ورقة/نبات) وعدد المدادات (14.22 مداد/نبات) ومحتوى الماء النسبي (92.37 %) ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل a والكاروتينات (3.64، 1.09 مغ/غ وزن رطب على التوالي) والفوسفور (0.52 %). بينما تفوقت معاملة الخليط التي احتوت على الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 1 غ/ل والأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm على بقية المعاملات وعلى الشاهد في زيادة النسبة المئوية للعقد (74.92 %) وإنتاجية النبات (231.41 غ/نبات) ومحتوى الأوراق من الأروت والبولتاسيوم (2.53، 1.77 % على التوالي) والكلوروفيل b (1.44 مغ/غ وزن رطب) ومتوسط وزن وطول الثمار (18.05 غ و 3.95 سم على التوالي) ومحتوى الثمار من فيتامين C (61.77 مغ/100 غ وزن رطب) وفي خفض الحموضة الكلية القابلة للمعايرة (TA) (0.58 %). وقد تبين أن المعاملة بالأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm هي الأفضل في تحسين محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) (11.56 %). كما تبين أن معاملة الخليط التي احتوت على الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 1 غ/ل والأوكسين (IAA) بتركيز 25 ppm هي الأفضل في تحسين قطر الثمار (3.37 سم).

الكلمات المفتاحية: الفريز، IAA، $ZnSO_4$.

Abstract

The experiment was carried out at Abi-Jarash farm- Faculty of Agriculture/ Damascus University during seasons 2018-2019 in order to study the effect of two concentrations zinc (ZnSO_4) (0.5, 1 g.l^{-1}) and two concentrations of auxin (IAA) (25, 50 ppm) on some vegetative growth, flowering and yield characteristics of strawberry cv. Festival. The results showed the positive effect of zinc (ZnSO_4) and auxin (IAA) foliar application on improving the physiological and quality parameters of the strawberry plant. However, the treatment with zinc (ZnSO_4) at 0.5 g.l^{-1} supplemented with auxin (IAA) at 50 ppm increased the leaf area (150.89 cm^2), plant height (26.13 cm), crowns number (2.8 crown/plant), leaves number (33.4 leave/plant), runners number (14.22 runner/plant), relative water content (92.37 %), leaf concentration of chlorophyll a and carotene (3.64, 1.09 mg/g fresh weight), phosphorus (0.52 %) comparing with other treatments and control. However, the treatment with zinc (ZnSO_4) at 1 g.l^{-1} supplemented with auxin (IAA) at 50 ppm increased percentage of flower set (74.92 %), plant yield (231.41 g/plant), leaf concentration of nitrogen and potassium (2.53, 1.75 % respectively), chlorophyll b (1.44 mg/g fresh weight), weight and fruits length (18.05 g and 3.95 cm respectively), the fruit concentration of vitamin C (61.77 mg/100 g fresh weight), in addition, reducing total acidity (TA) (0.58 %), comparing with other treatments and control. The results also exhibited that the treatment of auxin (IAA) at 50 ppm was the best treatment in improving of fruits concentration in total soluble solids (TSS) (11.56 %). However, the treatment with zinc (ZnSO_4) at 1 g.l^{-1} supplemented with auxin (IAA) at 25 ppm was the best treatment in improved, fruits diameter (3.37 cm).

KEYWORDS: Strawberry, IAA, ZnSO_4 .

1. المقدمة

Introduction

يتبع الفريز المملكة النباتية Plant Kingdom، رتبة Rosales، العائلة Rosaceae، تحت العائلة Rosaideae، الجنس *Fragaria*، النوع *Fragaria × ananassa*. ويعود منشأ النوع *Fragaria × ananassa* إلى التهجين بين نوعين من الفريز التشيلي *Fragaria × chiloensis* Duch والفيرجينى الأصل *Fragaria × virginiana* Duch (Davey و Pua)، 2007؛ Botersky وزملاؤه، 2004؛ Sergieve، 1984). فهذه النباتات لم تثمر ونتيجة التهجين بين النوعين السابقين نتج فريز ذو لحم سميك يشبه لب الأناناس ومن هنا جاءت التسمية *Fragaria × ananassa* Duch (Darrow، 1966).

تشير أغلب المصادر إلى أن الموطن الأصلي للفريز هو القارة الأمريكية، حيث تم إدخال النوعين توت الأرض الساحلي *Fragaria × chiloensis* Duch الذي وجد على طول شواطئ المحيط الهادي وعلى السواحل التشيلية وفي جزر هاواي، وتوت الأرض البري *Fragaria × virginiana* Duch الذي وجد في السهول المرتفعة الواقعة في الشمال الشرقي من القارة الأمريكية إلى أوروبا في بداية القرن الثامن عشر، ونتيجة لعمليات التهجين بينهما وعمليات التربية التي دامت 150 عاماً نشأ النوع الحالي *Fragaria × ananassa* Duch (Benne، 1983). وتنتشر زراعة الفريز بشكل تجاري في المناطق المعتدلة، وهناك أصناف يمكن زراعتها في مناخ شبه استوائي (Suga وزملاؤه، 2013). حيث ينتشر الفريز بشكل واسع في أوروبا، وينمو بشكله الطبيعي في الغابات ولاسيما في المواضع المشمسة، التي تتوفر فيها رطوبة كافية لنموه وتربة دبالية خصبة تمكنه من بناء مداداته فوقها وتسمح بتغلغه فيها. وتنتشر زراعته في أماكن كثيرة من العالم نظراً لقدرة نباتاته على التكيف مع مختلف الظروف المناخية المتوفرة من ضوء ورطوبة وتهوية (Benne، 1975). يزرع الفريز حالياً في أكثر من 63 دولة، وبلغت المساحات المزروعة به 241,109 هكتار (FAO، 2014). تأتي الولايات المتحدة الأمريكية في مقدمة

الدول المنتجة، حيث وصل إنتاجها حتى 1,366,850 طن في عام 2012 من إجمالي الإنتاج العالمي (4,516,810 طن)، تليها المكسيك (360,426 طن)، تركيا (353,173 طن)، إسبانيا (289,900 طن)، مصر (242,297 طن)، كوريا الجنوبية (192,140 طن)، اليابان (185,000 طن)، روسيا (174,000 طن)، ألمانيا (155,828 طن)، بولندا (150,151 طن) (FAO، 2012).

يشكل نبات الفريز حلقة متوسطة ما بين النباتات العشبية المعمرة والنباتات نصف الشجيرية التي تتجدد زراعتها سنوياً (Staudt، 1989). ينشأ المجموع الجذري للفريز من الساق الرئيسية للنبات (التاج) كما يتكون من الجذور الأساسية والثانوية، وهو ذو مجموع جذري ليفي سطحي ينتشر معظمه (50 - 90 %) في الطبقة العليا للتربة بعمق 15 سم من التربة وهذا ما يفسر حاجة النبات إلى الرطوبة الدائمة والعناصر الغذائية بالإضافة إلى ضعف مقاومة النبات للجفاف والبرودة (Galletta و Bringham، 1990). وينتج النبات الواحد نحو 20 - 35 جذراً وقد يصل إلى 100 جذر حيث يحافظ النبات على طبيعته المعمرة بإنتاج جذور باستمرار من قاعدة التاج (حسن، 2002). ساق النبات الرئيسية هي ساق قصيرة متخشبة مضغوطة (Stem) وتسمى بالتاج، تتوضع الأوراق عليها بشكل حلزوني كما تنتشط البراعم الموجودة في أباط الأوراق، وقد تتطور إلى فروع، تيجان، عناقيد زهرية أو مدادات أو تبقى خاملة، حيث يلاحظ تطور البراعم تحت ظروف النهار الطويل إلى فروع تاجية وتحت ظروف الليل القصير تتطور إلى مدادات (Runners) وهي عبارة عن ساق خيطي ذي عقد وسلاميات والتي تعطي عند تلامس العقد سطح التربة جذوراً تنتج نباتات جديدة تسمى نباتات المدادات التي تخرج من العقد الثانوية. ورقة الفريز مركبة وتتألف من ثلاث وريقات أو أكثر حسب الصنف وتكون محمولة على عنق طويل موصول بالتاج بواسطة غمد عند قاعدتها، الوريقة (Leaflet) بيضاوية إلى

مستديرة الشكل، منفرجة الزاوية، حوافها مسننة، جلدية المظهر، أما الجهة العليا للورقة فهي أكثر اخضراراً ولمعاناً من الجهة السفلى مرتبة بشكل حلزوني حول التاج (Zhao، 2007). يعطي نبات الفريز الكثير من النورات الزهرية خلال موسم النمو، حيث تتكون النورة الزهرية من سلسلة من التفرعات الثنائية التي تنتهي كل منها بزهرة مشككة بذلك العنقود الزهري (Anderson و Guttridge، 1982). حيث توجد الأزهار في نورات رأسيمية إما ثنائية الجنس (خنثى) كما في معظم أصناف الفريز أو وحيدة الجنس (أزهاراً مؤنثة أو أزهاراً مذكرة) ثنائية المسكن (حسن، 2002). ولكن معظم أصناف الفريز التجارية خصبة ذاتياً، إلا أن التلقيح الخلطي بوساطة الحشرات يزيد من نسبة العقد. الثمرة في نبات الفريز متجمعة (Aggregate) تتكون من التخت الزهري المتضخم، والثمرة الحقيقية فقيرة بسيطة غير متفتحة جدارها جلدي تحتوي على بذرة واحدة ومنغمسة في التخت اللحمي (Raab وزملاؤه، 2006؛ Hardenburg وزملاؤه، 2004).

يصنف الفريز من بين النباتات المعتدلة التي تحتاج إلى فترة برودة للسكون لإنتاج محصول متميز، لذا تتميز أكثر المناطق التي تنمو فيها نباتات الفريز بفترة برودة تدخل فيها النباتات في طور السكون أثناء الشتاء (Jahn و Dana، 1996). إذ يمنع تفتح البراعم الزهرية في الربيع إلا إذا تعرضت النباتات لعدد ساعات تراكمية كافية من البرودة التي تدفع النبات إلى الإزهار. تتميز نباتات الفريز بمرونة بيولوجية كبيرة، تساعد على التأقلم مع الظروف المناخية السائدة في مناطق الزراعة، إلا أن المناخ الأمثل لنمو الفريز هو الجو المعتدل المائل للبرودة (Larson، 1994؛ Klamkowski و Tredr، 2008). ويحتاج النبات خلال مرحلة النمو الخضري إلى جو دافئ وحرارة مرتفعة نسبياً (22 - 25 °م)، تساهم في تشكل أوراق جديدة. ويتناقص النمو الخضري مع انخفاض الحرارة، خاصة عند انخفاضها إلى 7 °م مما يؤدي إلى بطء عملية التمثيل الضوئي أو توقفها وتوقف اصطناع المواد الغذائية وتخزينها في الجذور اللحمية، في حين

تحتاج نباتات الفريز في مرحلة النمو الثمري إلى حرارة منخفضة نسبياً (14 - 16 °م)، ونهار قصير مما يساهم في تحفيز النباتات على الإزهار. ومن جهة أخرى فإن الحرارة الملائمة لنضج الثمار هي 17 - 20 °م نهاراً، و 1 - 12 °م ليلاً. ويزداد تركيز المواد العطرية في ثمار الفريز عند نموها في جو حرارته أقل من 15 °م (Avdeeva، 2003). يصنف الفريز من نباتات النهار القصير إلا أن نموه الخضري يكون محدوداً خلال فترة النهار القصير حيث يؤدي إلى إنتاج أقل وجودة ثمار منخفضة (Asrey وزملاؤه، 2004). كما يلاحظ أن قدرة النبات على الإثمار تكون محدودة تحت ظروف التظليل الشديد، يتأثر نمو نبات الفريز بشكل سلبي بالإضاءة الشمسية القوية لذلك يفضل زراعة الفريز في المواقع التي تسود فيها الإضاءة المنتشرة وليس أشعة الشمس المباشرة (Dennis وزملاؤه، 1970). كما بين Michel وزملاؤه (2006) دور تغيرات درجات الحرارة بين الليل والنهار، وكذلك عدد ساعات الإضاءة التي تتعرض لها النباتات، في إزهارها وعدد العناقيد الزهرية المتشكلة عليها وفي موعد الإزهار. كما يتطلب إنتاج الفريز توفر الرطوبة الجوية والأرضية بشكل مناسب. إن للرطوبة الأرضية تأثيراً كبيراً على نمو النبات نظراً لطبيعة نمو جذوره السطحية ويتأثر الإزهار وعقد الثمار وبالتالي الإنتاجية سلباً مع تدني الرطوبة في التربة أو الجو أو ارتفاع درجة الحرارة. كما أن زيادة الرطوبة عن الحد المناسب تؤدي إلى اختناق الجذور والتأثير سلباً في نمو وتطور النبات بشكل عام (Kempler وزملاؤه، 1991). تجود زراعته في تربة متباينة، إلا أن أفضلها التربة الطمية الرملية الخفيفة الخالية من الأملاح الضارة (Himelrick و Dozier، 1991). حيث يؤدي ارتفاع الملوحة إلى احتراق حواف الأوراق وموتها، ولذلك يتوجب أن تكون التربة جيدة الصرف والتهوية، هذا وتجود زراعة الفريز في التربة التي درجة حموضتها (pH) بين 5.5 - 6.5 (حسن، 2002).

يتميز الفريز بمظهره الجذاب ورائحته الزكية، ومذاقه اللذيذ وبمحتوها الغذائي العالي (Kumra وزملاؤه، 2018). وهو من الثمار الصغيرة ذات الأهمية الاقتصادية العالية ومن أكثرها استهلاكاً (Debnath وزملاؤه، 2012؛ Bhat وزملاؤه، 2005)، حيث تزايد الإنتاج منه فقد وصل الإنتاج العالمي لسنة 2009 إلى 4.178125 مليون طن مقارنة بسنة 2008 إذ بلغ 4.093737 مليون طن (Fayed، 2010)، أما أهميته الغذائية فتأتي من استخدام ثماره للاستهلاك الطازج ولعمل المربى والجيلي والعصائر وقد تضاف إلى المثلجات والكيك وغيرها من الصناعات (Jindal وزملاؤه، 2004). حيث تمتاز ثمار الفريز بقيمة غذائية كبيرة، إذ يحتوي كل 100 غ من الثمار الطازجة على مكونات غذائية بالنسب التالية مقدرة بالغرام: 84.5 ماء، 1.8 بروتين، 0.4 دهون، 11.2 كربوهيدرات (4 ألياف، 0.7 مواد بكتينية، 6.4 سكريات، 0.1 نشاء)، 1.28 أحماض عضوية، 0.4 رماد. إضافة إلى عناصر معدنية مقدرة بالـمغ: 23 فوسفور، 40 كالسيوم، 18 صوديوم، 161 بوتاسيوم، 18 مغنيزيوم. إضافة إلى بعض العناصر الصغرى مثل: الحديد، اليود، النحاس، الكوبالت، المنغنيز، الفلور، الزنك (Sochanisky وLeflandsky، 1999). أما أهميته الطبية والصحية فتأتي من دور الثمار في وقاية جسم الإنسان من الإصابة بالأمراض المزمنة كأمراض القلب والسرطان (Kandil وزملاؤه، 2010؛ Torronen وMaatta، 2002)، وحماية العين من مرض إعتام عدسة العين (Kader وWright، 1997). كما أن لعصير الفريز أهمية طبية خاصة، حيث يساعد في بناء الدم والشفاء من أمراض الكبد والمثانة، ويساعد في خفض نسبة حمض البول في الدم (Pahlow، 2004)، ويعزى له تأثير مضاد حيوي ضد الفيروس المسبب لمرض التيفوس (Frohn، 2007). حيث تحتوي ثمار الفريز على العديد من المركبات الهامة مثل حمض elligic المضاد للسرطان، بالإضافة لمركبات أخرى مثل foliate وphotochemical التي تشابه في عملها عمل حمض elligic

(Morgan، 2005). يعتبر الفريز مصدراً غنياً جداً بالمركبات النشطة بيولوجياً بالإضافة للعديد من المركبات الكيميائية مثل السكريات والأحماض والفيتامينات والمعادن حيث تعد ثمار الفريز مصدر جيد لفيتامين C (من 40 - 120 مغ/100غ من الثمرة) بما في ذلك فيتامين E و B و A والكاروتين وبعض المركبات الفينولية (Oszmianski و Wojdylo، 2009؛ Kanupriya، 2002). بالإضافة لإحتواء أوراقه على أحماض التانيك والفلافونات والبكتين والسكريز والفيتامينات (A,B,C) (Andrew، 1996).

2. مبررات البحث وأهدافه

Research Objectives

- يعد نبات الفريز من المحاصيل الهامة اقتصادياً على الصعيد المحلي والعالمي وهناك رغبة في التوسع في زراعته وتحسين إنتاجيته على مستوى القطر العربي السوري وفي العالم.
- كما يعد الفريز من أكثر محاصيل الفاكهة سرعةً بتجاوز أطواره الفينولوجية المختلفة مما يؤدي إلى وصوله إلى مرحلة الإزهار بشكل سريع لا يتناسب مع معدل نمو وتطور مجموعه الخضري بالشكل المثالي والذي يعد من أهم العوامل لتلبية حاجة النبات في مرحلة الإزهار وتطور الثمار، بالإضافة لكونه أحد النباتات التي تعاني من صغر مجموعه الخضري بشكل عام بالمقارنة مع كمية الثمار المتشكلة عليه الأمر الذي يتطلب توفير مجموع خضري كبير يعمل بشكل مباشر على تحسين الإنتاجية كماً ونوعاً.
- يعد أوكسين أندول حامض الخليك (IAA) من منظمات النمو التي لها دور مباشر في نمو النبات وإنتاجيته كماً ونوعاً، كما يعد عنصر الزنك من العناصر التي لها دور هام في نمو وتطور النبات حيث يؤثر بشكل مباشر في نمو وإزهار وعقد الثمار.
- ومن هنا جاء هدف هذا البحث في دراسة تأثير المعاملة بعنصر الزنك وأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) في تحسين نمو نبات الفريز وإنتاجيته.

3. الدراسة المرجعية

Literature Review

3.1. تأثير المعاملة بعنصر الزنك في نمو نبات الفريز وإنتاجيته:

تلعب التغذية الورقية دوراً هاماً في جودة وإنتاج الفريز (Sturm وزملاؤه، 2003). ويعد الزنك من المغذيات النباتية الدقيقة المشاركة في العديد من الوظائف الفيزيولوجية في النبات والذي يؤدي نقصه إلى قلة إنتاجية المحاصيل حيث يعد نقص الزنك من مشاكل نقص المغذيات الدقيقة الأكثر انتشاراً في النباتات (Hafeez وزملاؤه، 2013). وتقدر نسبة الترب الزراعية الصالحة للزراعة والتي تعاني من نقص عنصر الزنك نحو 50 % حول العالم (Sillanpaa، 1990؛ Sillanpaa، 1982). وتظهر أعراض نقص الزنك على الأوراق الجديدة، فتبدو قصيرة وصغيرة متطاولة في مجموعات وردية تخرج من زر واحد بدلاً من فروع، (ظاهرة التورد) (Chandler، 1995). كما يسبب نقص الزنك قصر المسافات بين العقد وخاصة في القمم النامية، وشحوب على الأوراق الفتية، ويقع صفراء بين العروق مع بقايا أجزاء خضراء حول العروق (Turner وBarkus، 1980)، كما تضعف قدرة النبات على تكوين البراعم الثمرية والثمار (Epstein وBloom، 2004). فسر Follett وزملاؤه (1995) تغير شكل الأوراق عند نقص عنصر الزنك، بعرقلة نمو الخلايا وتمايز النسيج بالإضافة إلى الانخفاض الواضح في شدة انقسام الخلايا. وبين كل من Mengel و Kirkby (2001) أن غياب عنصر الزنك أو عدم توفره بالمستويات المطلوبة في بيئة النبات يؤدي إلى خفض إنتاجية العديد من المحاصيل الزراعية. وكذلك إن أعراض نقص الزنك تظهر في أنواع مختلفة من الترب وإن جاهزية هذا العنصر في التربة تتأثر بعوامل عديدة. كما يتم تمييز نقص الزنك بسهولة عن طريق "الهالة" الخضراء التي تتطور على طول الحواف المسننة للأوراق الفتية غير الناضجة. ومع استمرار نمو الأوراق، تصبح الحواف ضيقة عند القاعدة وتبدو الأوراق في النهاية متطاولة ورفيعة في حالات

النقص شديد. كما يعد الاصفرار والتعرق الأخضر شائعاً أيضاً في نباتات الفريز التي تعاني من نقص الزنك (Ullio، 2010).

يعد عنصر الزنك من العناصر الضرورية للنبات حيث يلعب دوراً أساسياً في إنتاج وتنشيط الكلوروفيل وبناء الكربوهيدرات والبروتينات وفعالية الأنزيمات والأوكسجين (Kessel، 2006). كما تبين دور عنصر الزنك كمكون تركيبى وعامل مساعد ومنظم لمدى واسع من الأنزيمات المختلفة (Gupta و Srivastava، 1996؛ Ranji و Das، 2003؛ Bowler وزملاؤه، 1994). فقد تبين أن الزنك هو العنصر المعدني الوحيد الذي يدخل في المجموعات الأنزيمية الستة، فمن المعروف أن الزنك يشترك في تنشيط أكثر من 300 أنزيم لاسيما التي تتعلق بإنتاج الأحماض النووية في الخلية والبروتين، فهو من المكونات الهامة التي تدخل في تركيب العديد من البروتينات والأحماض النووية والأمينية والدهنية داخل النبات، كما لوحظ انخفاض في إنتاج الكربوهيدرات والبروتينات عند نقص عنصر الزنك في أنسجة النبات (Mousavi، 2011؛ Broadley وزملاؤه، 2007؛ Sawan وزملاؤه، 2008؛ Auld، 2001). كما بين Romheld و Loneragan (1982) الدور الهام لعنصر الزنك في العديد من العمليات الفيزيولوجية والكيميائية ودوره في بناء الأغشية الخلوية والاشتراك في العديد من وظائفها. كما يدخل في تكوين المركبات الفوسفورية العضوية وفي حال نقصه يزداد تراكم الفوسفات المعدنية، وعند النقص الحاد يختل تكوين اليخضور، وغالباً ما تظهر علامات نقص الزنك على الأشجار المثمرة في الترب الكلسية، ويزداد هذا النقص شدة عند التسميد الفوسفاتي فقط، كما يتعرق عند شدة نقصه تمثيل البروتينات في النبات حيث تتراكم المركبات الأزوتية وينخفض بشدة انقسام الخلايا مما يؤدي إلى تغيير شكل الأوراق ويتعرق نمو الخلايا وتمايز الأنسجة (Follet وزملاؤه، 1995؛ Tandon، 1995؛ Yagodin، 1989). كما للزنك دور هام في تصنيع الحامض

الأميني Tryptophan، ودوره في عملية تمثيل الأوكسين (IAA) وتأثيره في عملية الإخصاب وحماية البروتينات (Verma، 1997). وللزنك أيضاً دور مهم في تحسين جودة ونوعية الثمار عن طريق زيادة السكر وتقليل الحموضة (Abedy، 2001). كما بين Graham وزملاؤه (1992) ضرورة توفر عنصر الزنك لضمان نمو جذور النباتات في التربة بشكل جيد، أو لكي تعمل بشكل فعال.

للزنك دور هام في إنتاج حبوب لقاح سليمة وعالية الحيوية (Vallace و Falchuk، 1993؛ Motesharezade وزملاؤه، 2011). ودوره في نجاح عملية الإلقاح والعقد (Chvyl و Williams، 2006؛ Salisbury و Ross، 1992). فمن المعروف أن الزنك يعمل على تحفيز نمو أنبوب حبوب اللقاح من خلال دوره في تصنيع التريبتوفان (Chaplin و Westwood، 1980). حيث أظهرت العديد من الأبحاث، أن هناك ارتباط بين إنتاج الأزهار والمعاملة بالزنك (Laugale و Bite، 2006؛ Rutkowski وزملاؤه، 2006؛ Testoni وزملاؤه، 2006).

توصل Welch (1995) إلى دور محتمل لعنصر الزنك في مقاومة الاجهادات المختلفة في التربة، حيث بين ضرورة وجود عنصر الزنك في حالة أيونية حرة ضمن محلول التربة لكي تستطيع خلايا الجذور أن تعمل بشكل مثالي في ظروف الجفاف ودرجات الحرارة المنخفضة والملوحة العالية والمستويات العالية السامة من بعض العناصر كالبيورون والكاديوم وبعض أحياء التربة الضارة. كما له دور فعال في تنظيم بعض الجينات اللازمة لتحمل الاجهادات البيئية فضلاً عن أهميته في حماية الخلية من التأثير الضار لبعض تفاعلات الأوكسجين Reactive Oxygen Species (R.O.S) (Cakmak، 2000).

من جهة أخرى، أشارت الدراسات إلى أن الرش بعنصر الزنك يؤدي لتغيرات ليس فقط في معدل امتصاص ونقل الزنك فحسب، بل في معدل امتصاص ونقل بعض العناصر الكبرى

والصغرى أيضاً. حيث وجد Moreira و Fageria (2009) أن استعمال أربع مستويات من كبريتات الزنك بمعدل (0، 30، 60، 120 غ/نبات)، أثر في معدل نقل العناصر الغذائية الكبرى والصغرى على حد سواء. حيث كان معدل نقل العناصر الكبرى على الترتيب التنازلي التالي: بوتاسيوم، آزوت، كالسيوم، مغنيزيوم، فوسفور أما العناصر الصغرى فكان ترتيب معدل انتقالها من الأوراق إلى الثمار كالتالي: منغنيز، حديد، بورون، زنك، نحاس.

بين Kazemi (2014) أن معاملة نباتات الفريز بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 150 مغ.ل⁻¹ أعطت أعلى نسبة من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS)، والحموضة القابلة للمعايرة (TA)، كما أدت إلى زيادة محتوى الثمار من فيتامين C في نباتات الفريز المعاملة. ووجد Lolaei وزملاؤه (2012) أن معاملة نباتات الفريز بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 100 مغ.ل⁻¹ أعطت أعلى معدل لطول السويقات بمقدار 8.8 سم، كما وجد أن الرش الورقي بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) قبل الإزهار أدت إلى تحسين جودة ونوعية الثمار وإنتاجية النباتات المدروسة، كما حصل على أعلى نسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS)، بمتوسط 8.30 % في ثمار نباتات الفريز المدروسة من خلال المعاملة المشتركة بين مركبي الباكلوبيوترازول (30 مغ.ل⁻¹) وكبريتات الزنك (150 مغ.ل⁻¹)، وأعلى معدل للمساحة الورقية (42.2 سم)، من خلال معاملة التفاعل بين الباكلوبيوترازول (90 مغ.ل⁻¹) وكبريتات الزنك (100 مغ.ل⁻¹)، وأعلى نسبة مئوية للعقد (87.1 %) عند التفاعل بين الباكلوبيوترازول (90 مغ.ل⁻¹) وكبريتات الزنك (150 مغ.ل⁻¹). وفي دراسة أجريت لدراسة تأثير كل من البورون والزنك على نباتات الفريز تبين أن الحد الأقصى لعدد الثمار (26.3 ثمرة/نبات)، ووزن الثمرة (369.9 غ/نبات)، والنسبة المئوية للمواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) (7.3 %) والإنتاجية (10.6 طن/هكتار)، وعدد المدادات كان عند

المعاملة بعنصر الزنك في حين أن الحد الأدنى للمؤشرات السابقة الذكر تم الحصول عليه بمعاملة الشاهد (Rahman وزملاؤه، 2016).

بين Chaturvedi وزملاؤه (2005) أن استخدام كبريتات الحديدي (0.2 %) مع كبريتات الزنك (0.4 %) على نباتات الفريز أعطى أفضل إنتاجية للنبات بمقدار (133.82 و 140.47 غ/نبات على التوالي). وأعلى عدد من الأوراق (29.93، 23.24 ورقة/نبات على التوالي)، وأعلى ارتفاع (18.85، 18.28 سم على التوالي)، وأعلى عدد من الثمار (16.1، 16.88 ثمرة/نبات)، كما أدت إلى زيادة وزن الثمار (7.98، 8.12 غ) ومحتواها من فيتامين C (66.1، 65.94 مغ/100 غرام وزن رطب)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (9.42، 9.33 بريكس)، كما أدت المعاملة بكبريتات الزنك (0.4 %) إلى زيادة متوسط عدد المدادات المتكونة من النبات، بينما أدى التركيز المرتفع لكبريتات الزنك إلى زيادة العمر التخزيني للثمار (2.95 يوم) المخزنة في درجة حرارة الغرفة.

درس Mishra وزملاؤه (2016) تأثير الرش الورقي لثلاث مركبات (كبريتات الزنك، كبريتات الحديدي، حمض البوريك) في متوسط ارتفاع نباتات الفريز ووجد أن المعاملة بكبريتات الزنك (0.4 %) أعطت أعلى طول للنبات (17.93 سم)، تلاها المعاملة بكبريتات الحديدي (0.2 %) بمتوسط 17.82 سم، بينما أقل ارتفاع للنبات (15.14 سم) تم الحصول عليه عند المعاملة بـ حمض البوريك (0.1 %).

بين May و Pritts (1993) أهمية البورون والزنك والتفاعل بينهما في نمو وعدد الثمار العاقدة ووزن الثمرة الواحدة وإنتاجية نبات الفريز. وبين Mahnaz وزملاؤه (2010) أن معاملة نباتات الفريز بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) كمصدر لعنصر الزنك كان لها تأثير إيجابي في زيادة

المساحة الورقية، وطول وقطر السويقات، والإنتاجية، ومحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) والحموضة وفيتامين C.

بين Bakshi وزملاؤه (2013a) أن نباتات الفريز المعاملة بنسبة 0.6 % من $ZnSO_4$ أعطت أعلى وزن وطول وقطر وحجم للثمار (12 غ، 3.68 سم، 2.62 سم، 15.74 سم³ بالترتيب وعلى التوالي). وتأكيذاً لما سبق وجد Bakshi وزملاؤه (2013b) أن نباتات الفريز المعاملة بنسبة 0.4 % من كبريتات $ZnSO_4$ أعطت أعلى إنتاجية للنبات (158.90 غ)، وبمتوسط 10.06 غ للثمرة الواحدة وأعلى طول وقطر وحجم للثمار، كما أدت إلى إطالة حياة الثمار المخزنة بمقدار 2.49 يوم، وكذلك أدت هذه المعاملة إلى زيادة الحد الأقصى من المددات التي يمكن الحصول عليها بمقدار 2.62 مداد لكل نبات.

وجد Mehraj وزملاؤه (2015) أن تطبيق الرش الورقي على نباتات الفريز بكل من عنصري الزنك والبورون بمقدار 100 ppm لكل منهما، وذلك من خلال الرش الورقي في ثلاث مواعيد مختلفة أدى إلى الإزهار المبكر (72.7 يوم)، والنضج المبكر للثمار (97 يوم)، وزيادة عدد الأزهار المتشكلة على النبات (25.3 زهرة/نبات)، وعدد الثمار (23.3 ثمرة/نبات)، وطول وقطر ووزن الثمرة الواحدة (3.3 سم، 31.6 ملم، 15 غ على التوالي)، والإنتاجية (354.5 غ/نبات)، بالإضافة إلى تحسين محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) (11.3 %).

وجد Yadav وزملاؤه (2017) أن معاملة نبات الفريز بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) أعطت أعلى وزن طري للثمار بمتوسط 28.09 غ، وكذلك أعلى وزن جاف للثمار (2.05 غ).

وجد Dawood (2010) أن رش نباتات الفريز بتركيز 100 مغ.ل⁻¹ من عنصر الزنك أدى إلى حصول زيادة معنوية في متوسط مساحة الورقة، والوزن الجاف للأوراق، أما الرش بتركيز

50 مغ.ل⁻¹ من الزنك تسبب في زيادة معنوية في متوسط عدد التيجان وعدد الأزهار لكل نبات. كما لاحظ Lieten (2003) أن تسميد نباتات الفريز صنف Elsanta بعنصر الزنك أدى إلى زيادة معنوية في صفات النمو الخضري (المساحة الورقية، وارتفاع النبات).

كذلك بينت إحدى الدراسات أن تطبيق كبريتات الزنك ($ZnSO_4$) أدى إلى زيادة عدد الثمار وحجمها ونوعيتها كما أدى إلى تعزيز قدرة النبات لتكوين الأوراق الجديدة (Barker، 2006).

وجد Abdollahi وزملاؤه (2010) أن معاملة نباتات الفريز صنف Selva بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) (0، 100، 200 مغ.ل⁻¹) قبل الإزهار أدت إلى زيادة الإنتاجية بشكل عام وتحسين نوعية الثمار كما كان لها تأثير إيجابي في تحسين محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية، والحموضة وفيتامين C.

وبين Barwary وزملاؤه (2018) أن رش نباتات الفريز بحمض الجبريليك (GA_3) والزنك ($ZnSO_4$) خاصة عند استخدام التراكيز 300 مغ.ل⁻¹، 4 غ.ل⁻¹ على التوالي، أدى إلى تحسين معظم القراءات المدروسة (المساحة الورقية، الوزن الجاف، محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، عدد الثمار، ووزن الثمار، والإنتاجية بشكل عام، والمحتوى من المواد الصلبة الذائبة الكلية، ومحتوى الثمار من الأنثوسيانينات)، باستثناء الحموضة الكلية القابلة للمعايرة، وكانت الزيادة مرتبطة مع زيادة تركيز كل من GA_3 والزنك.

وجد Dixi و Gamdagin (1978) أن الرش الورقي بكبريتات الزنك ($ZnSO_4$) في شهري آذار ونيسان زاد من عصير الثمار ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) في أشجار البرتقال المدروسة. ينما وجد Dobrolyubskij وزملاؤه (1981) أن المعاملة بكبريتات الزنك تؤدي إلى زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) في ثمار الجوافة.

بين Singh (2006) أن الرش الورقي بكبريتات الزنك قبل الإزهار على أشجار الكرومة أدت إلى زيادة محتوى الزنك في قمم النمو مما أدى إلى عدم تطور أعراض نقص العنصر في النبات كما أدى إلى زيادة الغلة بنسبة 3 - 7 %.

استنتج Bonheure وWillson (1992) أن عملية الرش الورقي بعنصر الزنك على نبات البندورة فعالة جداً حيث أن النبات لا يتمكن من امتصاص الزنك من التربة بسهولة ولا يمكن تعويض النقص الحاصل عن طريق إضافته إلى التربة بينما أدت المعاملة بالزنك لتحسين معظم مؤشرات النمو الخضري والإنتاجية.

كما لاحظ Gurmani وزملاؤه (2012) أن إضافة الزنك إلى التربة للنباتات المزروعة بالبندورة قد حسن من نمو وحاصل ثمار البندورة تحت ظروف البيت الزجاجي.

3.2. تأثير المعاملة بالأوكسينات في نمو نبات الفريز وإنتاجيته:

تعد الهرمونات النباتية مركبات عضوية بعضاً منها ينتج طبيعياً بالنبات في خلايا محددة ويتم تأثيرها في نقاط بعيدة عن مناطق تكوينها لتنظيم مظاهر نمو النبات المختلفة (Kaya وزملاؤه، 2009). وقد أصبح بالإمكان إنتاج هذه المركبات صناعياً والمعاملة بها للتحكم بنمو النبات وتطوره (chen و Henson، 2001). كما أشارت عدة دراسات إلى دور منظمات النمو في معظم عمليات النمو النباتية، حيث أصبحت منظمات النمو النباتية تلعب دوراً هاماً في الزراعة كونها تتدخل في العديد من العمليات الفيزيولوجية التي بدورها تؤثر في الأزهار وعقد الثمار وبالتالي زيادة المحصول (Masny وزملاؤه، 2002؛ Batlang، 2008). ويعد الأوكسين (Auxin) أحد الهرمونات النباتية التي تؤدي دوراً رئيسياً في معظم العمليات الرئيسية في جميع مراحل نمو وتطور النبات (Bosco وزملاؤه، 2005). كما أن الأوكسينات تعمل على تنشيط العمليات الأساسية الحيوية في النبات، وللأوكسينات دور تحفيزي في حركة العصارة اللحاءية والمواد المصنعة مما يؤثر إيجاباً في النمو الخضري والزهري والثمري للنباتات (Devlin، 1975؛ Wilkins، 1984؛ Hopkins و Hünér، 2004). وتعد الأوكسينات المنتجة في المبايض المخصبة ضرورية جداً لنمو ثمار الفريز، وإن أية عوامل تؤثر في تصنيعها أو تحطيمها فسوف يستمر تأثيرها في جميع مراحل نمو الثمار وتطورها بما في ذلك نضجها وجودتها. ويعد أندول حامض الخليك (IAA) هو الأوكسين الرئيس الموجود في معظم النباتات (Novak وزملاؤه، 2012)، كما بين Vanstraelen و Benkov (2012) عدم حصول النمو من دون الأوكسين. ومن أهم التأثيرات الفيزيولوجية للأوكسينات الاستطالة الخلوية وزيادة حجم الخلايا ونموها وتشجيع انقسام واتساع الخلايا من خلال تأثيرها في عمل الأغشية ونمو جدر الخلايا النباتية وهيمنتها على السيادة القمية وتكوين الجذور والاستطالة (Desmet وزملاؤه،

(2007؛ Davis، 2004). فالأوكسين مطلوب لاستطالة الخلايا حيث أنه يشجع الاستطالة في القمم النامية ولكنه يمنعها في الجذر (Crosier وزملاؤه، 2000). وتعرف الأوكسينات الاصطناعية بأنها منظمات نمو نباتية لها دور فعال في العقد البكري للثمار وتحفيز عقد الثمار ونموها وتحسين جودة الثمار (Kataoka وزملاؤه، 2009). كما أشاد Westwood (1993) بالدور الكبير للأوكسينات الصناعية في نمو وتطور الثمار.

أشار Sasaki وزملاؤه (2005) إلى أن المعاملة بمزيج من الجبريلين والأوكسين يزيد من عدد الثمار العاقدة. كما لاحظ أبو زيد (2000) أن الأوكسينات تعمل على زيادة انقسام واستطالة خلايا الورقة وهذا ينعكس على مساحتها، إضافة إلى أن الأوراق المعاملة بالأوكسينات تصبح مركزاً لتجمع المواد الغذائية مما يساعد على زيادة الفعاليات الحيوية فيها ومن ثم زيادة نموها.

ذكر Moore (1989) أن الأوكسينات تعمل على تحفيز الطاقة الجينية المسؤولة عن النمو في النباتات. قام Velchev و Stoyanov (1976) برش الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 25، 50، 100 ppm على نبات الفريز صنف Gorella ولاحظوا أن الرش بتركيز 25 ppm من NAA أنتج أكبر عدد من الأوراق، في حين الرش بتركيز 100 ppm من NAA زاد من طول المدادات والمساحة الورقية للنبات. وكذلك استخدم Thakur وزملاؤه (1991) تراكيز مختلفة من الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) (5، 10، 20 ppm) في الأسبوع الأول من نيسان على الفريز صنف Tioga، فلاحظوا زيادة كبيرة في النمو الخضري بالمقارنة مع الشاهد. ودرس Mir وزملاؤه (2004) تأثير الرش الورقي بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز مختلفة (10، 15، 20، 25، 30، 35 ppm) على النمو والإنتاجية ونوعية ثمار الفريز صنف Sweet Charlie ولاحظوا زيادة في ارتفاع النبات، عدد الأوراق، والمساحة الورقية مع زيادة تركيز NAA المستخدمة.

أفاد Shan وزملاؤه (2007) أن الرش الورقي في فصل الخريف بالأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) بتركيز 50 ppm على نبات الفريز صنف French أدى إلى تحسين جودة الثمار وزيادة كبيرة في صافي عملية التركيب الضوئي وزيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b، وأن إضافة أندول حامض الخليك (IAA) بتركيز 50 ppm في أواخر الخريف أدى إلى زيادة معنوية في عدد الأزهار.

وجد Dawood (2010) أن الرش بالتركيزين 10 و 20 ppm على نبات الفريز صنف Hapil من كلا الأوكسينين أندول حامض الخليك (IAA) ونفتالين حامض الخليك (NAA) أدى إلى زيادة معنوية في جميع صفات النمو الخضري والثماري والحاصل الكلي وكانت الزيادة مرتبطة بشكل موجب مع زيادة التركيز المستخدم في معظم الصفات المدروسة، كما وجد أن الرش في الموعد الأول عند بدء النمو الخضري الجديد أدى إلى زيادة غير معنوية في جميع الصفات المدروسة باستثناء صفتي نسبة الأزهار العاقدة ومتوسط إنتاجية النبات الواحد حيث كانت الزيادة معنوية بالمقارنة مع تأثير موعد الرش الثاني (بعد شهر من الرش الأولى).

بين Komaratchi وزملاؤه (1981) أن التركيز المنخفض من الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) مطلوب لتحفيز نمو وتطور ثمار الفريز.

درس Xiao وزملاؤه (1998) تأثير الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) والبورون في نمو وتطور ثمار الفريز، حيث تم إجراء ثلاث رشات من الأوكسين NAA (قبل الإزهار، وفي مرحلة الإزهار الكامل، وفي مرحلة عقد الثمار) ولاحظ أن إضافة NAA بتركيز 100 ppm أدى إلى زيادة في الإنتاجية بنسبة 27.5 % بالمقارنة مع الشاهد. وبالمثل، سجل ارتفاع في إنتاجية الفريز صنف Camarosa عند المعاملة بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) (Aburayyan وزملاؤه، 2004).

كما أن تطبيق الرش الورقي على صنف الفريز Sweet Charlie بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 50 و 100 ppm أظهرت زيادة معنوية في عدد الأزهار وأفضل النتائج وجدت عند الرش بتركيز 100 ppm (Singh و Singh، 2005).

حصل Palei وزملاؤه (2016) على أعلى القيم من الخصائص الفيزيائية والكيميائية عند إضافة الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 50 ppm إلى نبات الفريز صنف Chandler كما أن إضافة NAA بتركيز 100 ppm أدى إلى زيادة معنوية في الإنتاجية بالمقارنة مع نباتات الشاهد غير المعاملة.

وبين Isam وزملاؤه (2012) أن نباتات الفريز صنف Camarose و Camaroga المعاملة بالأوكسين أندول حامض البيوتريك (IBA) بتركيز 50 مغ.ل⁻¹، أدى إلى زيادة في عدد التيجان وعدد المدادات والنباتات الجديدة (البنت).

بين Kaur وزملاؤه (2018) أن معاملة نباتات الفريز بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 30 ppm كانت أفضل المعاملات المطبقة لتحسين الخصائص الفيزيائية والكيميائية للثمار حيث أدت إلى الحصول على أعلى طول للثمار (3.5 سم)، وأكبر قطر (2.94 سم)، وأعلى نسبة من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) (7.22)، كما أدت هذه المعاملة إلى تقليل نسبة السكريات حتى 4.61 % وتقليل السكريات الكلية حتى 7.41 %. كما تبين أن معاملة نباتات الفريز صنف Tioga بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 400 ppm بالرش الورقي بعد 7 إلى 9 أيام من الإزهار الكامل أدت لإعطاء أعلى قيمة من المؤشرات المدروسة لكل من قطر الثمار ووزنها وحجمها (Techawongstein، 1989).

لوحظ من خلال التجارب التي أجراها Kumar وزملاؤه (2012) أن معاملة نباتات الفريز صنف Sweet Charlie بأربعة مستويات من الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) (0

و 20 و 30 و 40 مغ.ل⁻¹) أدت إلى استتالة التاج (14.68 ملم) عند المعاملة بالتركيز المرتفع من الأوكسين (40 مغ.ل⁻¹) بالمقارنة مع الشاهد (13.21 ملم). وذكر Bhautkar (1994) أن إضافة الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) إلى الفريز صنف Australia بعد 35 و 51 يوماً بعد الزراعة، كان لها تأثير كبير في زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) في الثمرة.

وجد Khunte وزملاؤه (2014) أن معاملة نباتات الفريز بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 200 ppm بالإضافة للتسميد بمخلفات الدواجن بمقدار 8.5 طن للهكتار أدت لإعطاء أعلى نسبة من عصير الثمار بمقدار 90.12 %.

بين Villarreal وزملاؤه (2009) أن الرش الورقي لنباتات الفريز بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) في بداية تكون الأزهار أدى إلى زيادة عدد الأزهار العاقدة بكرياً، كما أدى إلى تأخير نضج الثمار وزاد من تراكم الأنثوسيانين في الثمار، وتراكم البروتين (FaPG1).

وأوضح Saima وزملاؤه (2014) في دراسة على نباتات الفريز صنف Chandler أن الرش بالنفتالين حامض الخليك بثلاث تراكيز (0 و 25 و 50 و 75 مغ.ل⁻¹) أدى إلى زيادة استتالة التاج إذ أعطت أعلى المعدلات عند المعاملة بتركيز 50 مغ.ل⁻¹.

بين Alkhateeb وزملاؤه (2014) من خلال التجارب التي أجراها على نباتات الفريز بأن المعاملات التي شملت على الأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) هي الأفضل في تحسين جميع صفات النمو الخضري من بين ثلاثة أنواع من الأوكسينات ((أندول حامض الخليك (IAA)، ونفتالين حامض الخليك (NAA)، وأندول حامض البيوتريك (IBA))، وبثلاث تراكيز لكل منهم (0 و 0.3 و 0.6 و 0.9 مغ.ل⁻¹).

لاحظ كل من Poovaiah وVcluthambi (1985) أن استخدام الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) أدى إلى تحفيز النمو الخضري وتطور ثمار الفريز من خلال تأثيره التحفيزي في انقسام وتوسع الخلايا. كما بين Civello وزملاؤه (1999) أن الأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) يعد من العوامل الأساسية لتحفيز نمو وتطور ثمار الفريز خاصة عند استخدامه في المراحل المبكرة حيث تعمل على تحفيز النمو وتأخير شيخوخة الأزهار وتأخير نضج الثمار. قام Chaturved وChaubey (1982) بدراسة تأثير نوعين من الأوكسين (NAA، IAA) بتركيز 10، 20، 30 ppm على نباتات البندورة وتبين أن المعاملة بأندول حامض الخليك (IAA) بتركيز 20 ppm أدت إلى زيادة محتوى الثمار من حامض الأسكوربيك، بينما المعاملة بنفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 10 ppm أدت إلى زيادة النسبة المئوية للسكريات بالمقارنة مع الشاهد.

وبين Sasaki وزملاؤه (2005) أن الرش بمزيج من الجبريلين والأوكسين يزيد من عقد الثمار وعدد الثمار الطبيعية. بينما وجد Gemici وزملاؤه (2006) أن استخدام مركبات الأوكسين (4.CPA) و(B.NAA) يؤدي إلى زيادة في عقد الثمار وحجمها في نباتات البندورة وأن المعاملة بخليط من الأوكسين والجبريلينات لها دور فعال في زيادة كل من جودة الثمار والإنتاجية في نبات البندورة.

وأكد Sharma (2006) أن معاملة نباتات الباذنجان بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 40 مغ.ل⁻¹ أدى إلى زيادة طول النبات ومساحته الورقية وعدد أوراقه وقطر ساقه والكلوروفيل الكلي في الأوراق وعدد الثمار وطولها وقطرها وصلابتها وحاصل النبات الكلي وتقليل صبغة الأنثوسيانين في القشور. وكذلك وجد Modoran وزملاؤه (1982) أن رش

الأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) على صنفين من أشجار الكرز الحامض أدى إلى تحفيز النمو الخضري وزيادة نسبة الأزهار العاقدة وإنتاجية الشجرة الواحدة بالمقارنة مع الشاهد.

لاحظ Pandolfini وزملاؤه (2002) أن الأوكسين 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) يحتوي على مركب herbicidal property الذي يسبب تساقط البراعم الزهرية وقلة في العقد، وبنتيجة مماثلة توصل Gemici وزملاؤه (2006) إلى أن الرش بالأوكسين (2,4-D) بتركيز 10 ppm يسبب تساقط البراعم الزهرية مما يعطي عدد قليل من الثمار على النبات الواحد ولكن هذه المعاملة تزيد من وزن الثمرة، وتأكيداً لما سبق فقد أثبت Khan وزملاؤه (2006) أن المعاملة بالأوكسين (2,4-D) تعطي ثمار بوزن أعلى وحجم أكبر، وكنتيجة مماثلة لذلك وجد Anwar وزملاؤه (2010) أن الرش بـ 2,4-D زاد من محصول الثمار في البندورة نتيجة زيادة وزن الثمار. تميزت النباتات التي عوملت بمزيج من (4.CAP) و (GA3) بزيادة في نسبة العقد، وتكون ثمارها ذات قطر ووزن أعلى وتعطي عدد ثمار أكبر مقارنة مع النباتات التي تعاملت بالأوكسين (4.CAP) أو الجبريلين (GA3) لوحدها (Choudhury وزملاؤه، 2013).

كما يسبب رش أزهار البندورة بالأوكسين (2,4-D) والجبريلين (GA3) في درجات حرارة عالية تحت البيوت البلاستيكية قلة تساقط الأزهار وكذلك يزيد من عقد الثمار والإنتاج (Graham و Ballesteros، 2006).

بين Abbas و Ali (2013) أن معاملة نبات القرنفل بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 400 ppm زاد معنوياً من ارتفاع النبات وعدد الأوراق والوزن الجاف للنبات وزاد كذلك من قطر الزهرة وعدد بتلات الزهرة. بينما لاحظ Venkatesan و Mohideen (1994) أن إضافة الأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 20 - 50 ppm عند الإزهار ومرة أخرى بعد 45 و 90 يوماً، زاد إنتاج الثمار عند الرمان صنف Ganesh.

4. مواد وطرائق البحث

Materials & Methods

4.1. مكان تنفيذ البحث:

تم تنفيذ التجربة في البيت البلاستيكي في مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة - جامعة دمشق خلال العامين 2018 و2019. كما تم إجراء القراءات والقياسات والتحليلات الدورية ضمن المخابر التابعة لقسم علوم البستنة (مخبر التخزين) وقسم علوم التربة والهيئة العامة للتقانات الحيوية بكلية الزراعة في جامعة دمشق، وبعد تحضير وتنعيم التربة وإعدادها للزراعة تم أخذ عينات من تربة البيت وتحليلها كيميائياً (الجدول، 1).

الجدول (1): خصائص تربة موقع تنفيذ التجربة:

التحليل الميكانيكي للتربة (%)			PH معلق (2.5:1)	EC مستخلص 5:1	الكربونات الكلية	المادة العضوية	N الكلي	P ₂ O ₅ المتاح	K ₂ O المتاح	Zn الكلي
رمل	سلت	طين		ds.m ⁻¹	%			ppm		
29.8	30.95	39.95	8.10	0.45	50	2.8	0.14	170	250	65

4.2. المادة النباتية:

تمت الدراسة على نبات الفريز صنف Festival ويعود منشأ هذا الصنف إلى ولاية فلوريدا في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1995، من التهجين بين النوعين Rosa Linda و Osos Grande، كما يعد من نباتات النهار القصير، معتدل النمو، الثمار متوسطة الحجم، مخروطية الشكل (بيضوية)، اللون الخارجي للثمار أحمر داكن ولامع، بينما اللون الداخلي للثمار أحمر فاتح، ذات عنق طويل يجعل عملية القطاف أكثر كفاءة، كما تتميز بنسيج قوي ونكهة ممتازة، عريضة الحجم تناسب الصناديق البلاستيكية الخاصة بالتسويق (Chandler وزملاؤه، 2000؛ Whitaker وزملاؤه، 1997؛ Chandler وزملاؤه، 2012).

4.3. وسط الزراعة وطريقة الزراعة:

زرعت الشتلات على خطوط ضمن تربة البيت البلاستيكي مباشرة، وكانت المسافة بين الخط والأخر 80 سم وبين النباتات على الخط الواحد 40 سم.

4.4. عمليات الخدمة:

بعد زراعة الشتلات تم إجراء العمليات الزراعية الموصى بها خلال فترة التجربة من عمليات ري وتغشيب وتسميد حيث أضيف السماد المركب N:P:K (20:20:20) بمعدل 1 غ.ل⁻¹ قسمت على دفعتين أضيفت الدفعة الأولى بعد التشتيل بأسبوع والدفعة الثانية في بداية شهر آذار، وتم استخدام المبيد الفطري (بيلتانول) بمعدل 1 مل.ل⁻¹ مع ماء السقي بعد الشتل بأسبوعين ثم كررت العملية في بداية موسم النشاط في منتصف آذار، كما تم استخدام المبيد الحشري سيتار ماكس بمعدل 1 غ.ل⁻¹ بشكل دوري عند ملاحظة أي إصابة حشرية.

4.5. المعاملات:

– تم استخدام المواد التالية:

1. كبريتات الزنك ($ZnSO_4$)، كمصدر لعنصر الزنك، بتركيزين:

– $ZnSO_4$ بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹.

– $ZnSO_4$ بتركيز 1 غ.ل⁻¹.

2. أندول حامض الخليك (IAA)، بتركيزين:

– IAA بتركيز 25 ppm.

– IAA بتركيز 50 ppm.

– وكانت معاملات التجربة على النحو التالي:

- (1) نباتات الشاهد غير معاملة.
 - (2) المعاملة بالزنك $ZnSO_4$ بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹.
 - (3) المعاملة بالزنك $ZnSO_4$ بتركيز 1 غ.ل⁻¹.
 - (4) المعاملة بالأوكسين IAA بتركيز 25 ppm.
 - (5) المعاملة بالأوكسين IAA بتركيز 50 ppm.
 - (6) المعاملة بالزنك $ZnSO_4$ بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين IAA بتركيز 25 ppm.
 - (7) المعاملة بالزنك $ZnSO_4$ بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين IAA بتركيز 50 ppm.
 - (8) المعاملة بالزنك $ZnSO_4$ بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين IAA بتركيز 25 ppm.
 - (9) المعاملة بالزنك $ZnSO_4$ بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين IAA بتركيز 50 ppm.
- شملت التجربة على تسعة معاملات، كررت كل معاملة ثلاث مرات حيث كل مكرر يحوي 10 نباتات.

4.6. مواعيد الرش وأخذ القراءات:

- تم إجراء الرش في 4 مواعيد وذلك لكل معاملة كما يلي:
- الموعد الأول: أوج النمو الخضري.
 - الموعد الثاني: قبل تفتح الأزهار بأسبوع.
 - الموعد الثالث: أوج الإزهار.
 - الموعد الرابع: بداية العقد.
- تم إجراء القياسات والقراءات والتحاليل الدورية من بداية شهر أيار وحتى منتصف شهر تموز.

4.7. القراءات والتحاليل:

4.7.1. معايير النمو الخضري والإنتاجية:

4.7.1.1. المساحة الورقية (سم²):

تم أخذ خمس أوراق محيطية مكتملة النمو من خمسة نباتات من كل مكرر وبشكل عشوائي وأخذ لها صور بواسطة جهاز الماسح الضوئي Scanner بعد وضعها على ورقة A4 التي تم عليها تحديد خط بطول 10 سم ثم قيسست المساحة الورقية عن طريق برنامج معالجة الصور Image J وقدرت المساحة الورقية بوحدة سم².

4.7.1.2. طول النبات (سم):

تم حساب طول النبات بقياس أطوال الأوراق من سطح التربة حتى نهاية الورقة الوسطى لكل نبات ومنها تم الحصول على متوسط طول النبات.

4.7.1.3. عدد الأوراق (ورقة/نبات):

عن طريق حساب عدد الأوراق للنبات الواحد، بحيث تشكل كل خمسة نباتات مكرر وتحتوي كل معاملة على ثلاثة مكررات، ومنه تم حساب متوسط عدد الأوراق لكل معاملة.

4.7.1.4. عدد التيجان (تاج/نبات):

تم حساب عدد التيجان للنبات الواحد، بحيث تشكل كل خمسة نباتات مكرر وتحتوي كل معاملة على ثلاثة مكررات، ومنها تم الحصول على متوسط عدد التيجان لكل معاملة.

4.7.1.5. عدد المدادات (مداد/نبات):

عن طريق حساب عدد المدادات المتشكلة عن كل نبات على حدى، بحيث تشكل كل خمسة نباتات مكرر وتحتوي كل معاملة ثلاثة مكررات، ومنها تم الحصول على متوسط عدد المدادات في كل معاملة.

4.7.1.6. النسبة المئوية للعقد (%):

تمت بقسمة عدد الثمار العاقدة (المتبقية) على عدد الأزهار المتكونة لكل نبات ومنها متوسط النسبة المئوية للعقد.

4.7.1.7. الإنتاجية (غ/نبات):

عن طريق حساب الإنتاجية لكل مكرر على حدى، ومن ثم تمت قسمة الناتج على عدد النباتات المنتجة في كل مكرر، حيث أخذت بمعدل غ/نبات من ثمار الفريز التي تم حملها على النباتات في كل معاملة.

4.7.2. معايير جودة الثمار:

4.7.2.1. المعايير المورفولوجية (الوزن (غ)، القطر (سم)، الطول (سم)) للثمار:

- وزن الثمرة (غ):

تم وزن الثمار باستخدام ميزان الكتروني حساس ومن ثم تم حساب متوسط وزن الثمار لكل معاملة.

- قطر الثمرة (سم):

تم قياس أقطار الثمار التي تم قياس وزنها لكل مكرر أيضاً، وتم قياس القطر باستخدام البياكوليس من أكبر قطر للثمرة ومنه تم حساب متوسط قطر الثمرة لكل معاملة.

- طول الثمرة (سم):

جرى القياس على الثمار التي تم تقدير وزنها وقطرها حيث تم قياس أطوالها باستخدام مسطرة مدرجة وحساب متوسطات الأطوال للمكررات ومن ثم لكل معاملة.

4.7.2.2. المعايير الكيميائية (المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS %)، الحموضة القابلة

للمعايرة (TA %)، فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب)) للثمار:

- محتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS %):

تم القياس باستخدام جهاز الرفراكتوميتر الرقمي.

- محتوى الثمار من الحموضة القابلة للمعايرة (TA %):

تم أخذ 5 مل من راسح عصير الثمار لكل مكرر على حدة وخفف إلى 100 مل باستخدام الماء المقطر ثم تمت معايرته بمحلول ماءات الصوديوم لتصبح درجة الحموضة 8.1 وحسبت نسبة الحموضة القابلة للمعايرة من خلال المعادلة التالية:

$$\text{TA (\%)} = \frac{\text{المستهلك من NaOH} \times 0.0064 \times 100}{\text{حجم العصير المأخوذ للمعايرة}}$$

0.0064: وهو عامل مكافئ لحمض الستريك السائد في ثمار الفريز ويسمى حمض الليمون (Citric acid) (Celso وزملاؤه، 2002).

- محتوى الثمار من فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب):

تم تقدير فيتامين C باستخدام حامض الأوكزاليك (2 %) كمحلول حافظ مع استخدام صبغة 2,6-Dichloropenol indophenol إذ أن حامض الأسكوربيك وحده قادر على اختزال هذه الصبغة وتحولها من اللون الأزرق في الوسط القاعدي إلى اللون الوردي في الوسط الحامضي (Ranganna، 1977).

4.7.3. المعايير الفيزيولوجية والكيميائية للأوراق:

4.7.3.1. محتوى الماء النسبي (RWC %):

أخذت الورقتان الثانية والثالثة كاملتا الاستطالة ومن خمسة نباتات (مكررات) من كل معاملة، وسجل مباشرة وزنها الرطب (WF)، ثم وضعت الأوراق ضمن أوعية مملوءة بالماء المقطر لمدة 24 ساعة، ثم أخذت بعدها الأوراق وجففت بلطف بورقة ترشيح لإزالة قطرات الماء العالقة على سطوحها، وسجل الوزن الرطب المشبع (WS)، ثم وضعت تلك الأوراق في ورق سلوفان ونقلت

إلى مجفف درجة حرارته (105) درجة مئوية للحصول على الوزن الجاف الثابت (WD).
وحسب استناداً لذلك محتوى الماء النسبي وفق المعادلة الآتية:

$$RWC (\%) = \frac{WF - WD}{WS - WD} \times 100$$

علماء أن: WF: الوزن الرطب للأوراق. WD: الوزن الجاف للأوراق. WS: الوزن الرطب المشبع للأوراق. (Barrs و Weatherley، 1962).

4.7.3.2. محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية (مغ/غ وزن رطب):

تم قياس تركيز الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية بحسب طريقة Siddappa و Beerh (1959) وفق ما يلي:

- أخذ 1 غ من مسحوق العينات المجمدة والمطحونة في الآزوت السائل (3 مكررات لكل معاملة و 5 نبات في المكرر) وتم مجانستها في 4 مل من الأسيتون 80 %.
- فصل المستخلص في جهاز الطرد المركزي (Hettich, UNIVERSAL 320R) على سرعة 10000 دورة لمدة 10 دقائق.
- قيسست درجة الامتصاصية في جهاز قياس الطيف الضوئي، عند طولي الموجتين 645 و 662 نانومتر لتقدير تركيز الكلوروفيل a و b، وعند طول الموجة 470 نانومتر لتقدير تركيز الكاروتينات الكلية، وقدر محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية حسب المعادلات التالية:

$$Chl\ a (\mu g.mL^{-1}) = 11.24 A_{662} - 2.04 A_{645}.$$

$$Chl\ b (\mu g.mL^{-1}) = 20.13 A_{645} - 4.19 A_{662}.$$

$$Caro (\mu g.mL^{-1}) = (1000 A_{470} - 190 Chl\ a - 63.14 Chl\ b) / 214.$$

4.7.3.3. محتوى الأوراق من العناصر NPK (%):

- محتوى الأوراق من الأزوت (N %):

هضمت العينات بطريقة الهضم الرطب بوزن 0.5 غ من العينة النباتية الجافة والمطحونة والمنخولة وتم وضعها في أنبوب الهضم الخاص بجهاز الهضم، ثم أضيف 10 مل من حمض الكبريت المركز على دفتين لتجنب الفوران، ومن ثم أضيف 1 غ من مساعد الهضم السيلينيوم (كبريتات الصوديوم، وكبريتات النحاس) حيث يعمل كمنشط للتفاعل، مع القيام بتحريك الخليط حتى تتربط المادة، ثم وضعت الأنابيب على جهاز الهضم وضبط على حرارة 150 م° لمدة نصف ساعة ثم 380 م° لمدة 3 ساعات، ثم أخرجت الأنابيب من جهاز الهضم وتركت حتى تبرد، ويجب أن يكون لون العينة شفاف أو أصفر فاتح، ثم نفرغ محتوى الأنبوب في دورق سعة 100 مل ويغسل جيداً بالماء المقطر ويكمل الحجم حتى 100 مل. وبهذه الطريقة نكون قد عملنا على تحويل أشكال الأزوت إلى أمونيوم (كبريتات الأمونيوم) عن طريق معاملة العينة النباتية بحمض الكبريت المركز مع السيلينيوم (كمنشط للتفاعل) (Jackson, 1985). ومن ثم تم تقدير الأزوت الكلي في النبات بطريقة كلداهل (Kjeldahl, 1883).

- محتوى الأوراق من البوتاسيوم (K %):

تم تحضير العينات عن طريق أخذ 1 غ من المسحوق الجاف للأوراق ورمد بالمرمدة (550 م°) مدة أربع ساعات حتى زوال اللون الأسود للرماد. تمت إضافة 5 مل من حمض كلور الماء (25 %) للعينة المرمدة وأكمل الحجم بالماء المقطر إلى 50 مل. وضعت العينات في حمام مائي على درجة حرارة 90 م° مدة نصف ساعة، ثم تم ترشيح المستخلص باستخدام ورق ترشيح. تم الاحتفاظ بالرشاحة في البراد لتقدير البوتاسيوم والفسفور. ومن ثم باستخدام جهاز المطياف باللهب تم تقدير البوتاسيوم وفق طريقة Tendon (1993).

- محتوى الأوراق من الفوسفور (P %):

تم تحضير العينة كما ذكرنا سابقاً في تحضير البوتاسيوم، ومن ثم باستخدام جهاز المطياف الضوئي تم تقدير الفوسفور وفق طريقة Jones وزملاؤه (1991).

4.8. تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

تم تصميم التجربة وفق التصميم العشوائي البسيط، ومن ثم تم تحليل النتائج باستخدام برنامج التحاليل الإحصائية (XL- state) ومقارنة المتوسطات حسب اختبار Fisher وحساب أقل فرق معنوي (LSD) على مستوى ثقة 95 %.

5. النتائج والمناقشة

Results & Discussion

5.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في معايير النمو الخضري والإنتاجية لنبات الفريز:

5.1.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط المساحة الورقية (سم²):

توضح النتائج في الجدول (2) تأثير المعاملات بالزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) والتفاعل بينهما في المساحة الورقية لنبات الفريز. أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة المساحة الورقية بالمقارنة مع الشاهد. لوحظت أكبر مساحة ورقية (150.89 سم²) عند معاملة التفاعل بين كبريتات الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (81.19 سم²). لم تؤثر المعاملة بالزنك بتركيزه المنخفض أو بالأوكسين بتركيزه المنخفض معنوياً في زيادة المساحة الورقية بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملات التفاعل بين الزنك والأوكسين.

تتفق النتائج التي توصلنا إليها مع ما وجدته Lieten (2003) عند معاملة نباتات الفريز صنف Elstanta بعنصر الزنك في دوره بزيادة المساحة الورقية، ومع ما وجدته Stoyanov و Velchev (1976) عند الرش بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) على نبات الفريز صنف Gorella في زيادة متوسط المساحة الورقية. حيث تتأثر مساحة الورقة بشكل كبير بنقص عنصر الزنك وهذا يتفق مع Christensen (2005) الذي أشار إلى أن نقص عنصر الزنك يؤدي إلى ظاهرة الورقة الصغيرة (Little leaf) التي تتجلى بحجم ورقة صغير ونقص في مساحتها واصفرارها، وبالتالي التقليل من قدرتها على القيام بعملية التمثيل الضوئي بالإضافة لدوره الفعال في بناء الأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) والبلاستيديات الخضراء. بينما قد تعزى الزيادة في متوسط المساحة الورقية نتيجة الرش الورقي بالأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) إلى ارتفاع تركيزه في أنسجة الورقة فضلاً عن دوره الفيزيولوجي الهام في تحفيز عمليات

انقسام وتوسع واستطالة الخلايا النباتية من جهة وتنشيط وظائف الأغشية الخلوية وعمل الأنزيمات وحركة العصارة اللحائية من جهة أخرى، هذا بالإضافة لدوره في تحفيز تكوين الأحماض العضوية والبروتينات في الخلايا النباتية وبالتالي زيادة حجم خلايا الورقة واستطالتها وبالتالي زيادة متوسط المساحة الورقية (Wilkins، 1984؛ Hopkins و Hünér، 2004).

الجدول (2): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط المساحة الورقية (سم²) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	المساحة الورقية (سم ²)
الشاهد	الشاهد	81.19 ^c
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	92.71 ^{bc}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	132.71 ^{ab}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	103.24 ^{abc}
	IAA = 50 ppm	135.08 ^{ab}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	139.59 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	150.89 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	146.06 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	143.45 ^a
LSD _{0.05}		47.96

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.1.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط طول النبات (سم):

تبين نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (3) زيادة طول النبات بشكل تدريجي عند استخدام الزنك ($ZnSO_4$) بمفرده والأوكسين (IAA) بمفرده مع زيادة التراكيز المستخدمة بالمقارنة مع الشاهد. كانت أفضل المعاملات هي معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm حيث أعطت أعلى طول للنبات (26.13 سم)، تلاها على التوالي وبدون وجود فروق معنوية معاملة التفاعل التي احتوت على الزنك والأوكسين بتركيزهما المرتفع ومعاملة التفاعل بالزنك بتركيزه المرتفع مع الأوكسين بتركيزه المنخفض والمعاملة بالزنك مع الأوكسين بتركيزهما المنخفض بالمقارنة مع باقي المعاملات وبالمقارنة مع الشاهد (16.84 سم).

تتفق النتائج التي تم التوصل إليها مع Mishra وزملاؤه (2016) عند المعاملة بالزنك على نبات الفريز في دوره بزيادة متوسط طول النبات ولربما تعزى هذه الزيادة الحاصلة في متوسط طول النبات نتيجة المعاملة بكبريتات الزنك لدور الزنك في بناء الأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) الذي يعد الهرمون الطبيعي الأول الذي يعمل بشكل أساسي على تحفيز السيادة القمية للنبات من خلال دوره الهام في عمليات الانقسام والاستطالة الخلوية (Hopkins و Hünér، 2004؛ Hasegawa وزملاؤه، 2000)، حيث إن غياب هذا الحمض يؤدي إلى تقزم نمو النبات والعكس صحيح (Buchanan وزملاؤه، 2000). فضلاً عن دوره في بناء النشاء والبلاستيدات الخضراء ودوره في المساعدة على امتصاص الماء وبذلك يمنع تقزم النبات. بينما قد تفسر الزيادة في متوسط طول النبات عند المعاملة بالأوكسين أندول حامض الخليك (IAA)، إلى زيادة تركيز الأوكسين الداخلي في النبات والذي يؤدي دوراً هاماً في تحفيز بناء الحامض النووي RNA والبروتين، فضلاً عن دوره الهام في انقسام الخلايا واستطالتها وذلك من خلال تأثيره في عمل الأغشية ونمو جدر الخلايا النباتية هذا بالإضافة لدوره المباشر في السيادة القمية حيث يعمل

على تحفيز انقسام خلايا أنسجة المرستيم القمي وبالتالي زيادة ارتفاع النبات (Desmet وزملاؤه، 2007؛ Davis، 2004؛ Taiz و Zeiger، 2010). وهذا يتفق مع ما وجدته Mir وزملاؤه (2004) عند المعاملة بالأوكسين على نباتات صنف الفريز Sweet Charlie في زيادة متوسط طول النبات.

الجدول (3): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط طول النبات (سم) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	طول النبات (سم)
الشاهد	الشاهد	16.84 ^d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	18.88 ^{dc}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	20.80 ^{bc}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	21.10 ^{bc}
	IAA = 50 ppm	24.13 ^{ab}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	23 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	26.13 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	23.26 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	25.04 ^a
LSD _{0.05}		3.56

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.1.3. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد التيجان (تاج/نبات):

أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة عدد التيجان بالمقارنة مع الشاهد (الجدول، 4). من جهة أخرى، تفوقت معاملة التفاعل بين الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm في إعطاء أكبر عدد للتيجان (2.80 تاج/نبات) بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (1.21 تاج/نبات). لم يؤثر استخدام الزنك بمفرده بالتركيز المنخفض (0.5 غ.ل⁻¹) أو المعاملة بالأوكسين بمفرده بالتركيز المنخفض (25 ppm) معنوياً في زيادة عدد التيجان بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملات التفاعل بين الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA).

تتفق النتائج التي توصلنا إليها مع ما وجدته Isam وزملاؤه (2012) عند معاملة نباتات الفريز صنف Camarose و Camaroga بالأوكسين أندول حامض البيوتريك (IBA) بتركيز 50 مغ.ل⁻¹ في زيادة متوسط عدد التيجان. ولربما تعزى الزيادة في متوسط عدد التيجان خلال النتائج التي توصلنا إليها نتيجة الرش بعنصر الزنك والأوكسين (IAA) إلى دور الزنك في اصطناع الأوكسين أندول حامض الخليك (IAA)، كما أن الرش بالأوكسين يؤدي إلى زيادة تركيز الأوكسين الداخلي (IAA) الذي يعمل بشكل مباشر على زيادة استطالة الساق (التاج الرئيسية) من خلال دوره في الانقسام والاستطالة الخلوية وزيادة حجم الخلايا (Desmet وزملاؤه، 2007؛ Davis، 2004). وبالتالي زيادة عدد البراعم المتكونة عليه والتي قد تتطور تحت ظروف النهار الطويل إلى تيجان جديدة. أو قد تعود الزيادة في عدد التيجان إلى أن عملية الرش الورقي بمعاملات الأوكسين (IAA) أدت إلى زيادة كمية الأوكسين (الأوكسين الداخلي) في البراعم الجانبية نتيجة الرش الخارجي على البشرة والأوراق، كما أن زيادة الأوكسين الداخلي في البراعم الجانبية قد يكون له دور في خفض كمية حامض الأبسيسك (ABA) في النباتات

وبذلك يسهم في زيادة تحفيز نمو البراعم الجانبية والتي من الممكن أن تتطور لتعطي أفرع تاجية جديدة، وهذا يتفق مع ما وجدته Ozga و Reinecke (2003) بأن ارتفاع مستوى ABA يثبط نمو البراعم الجانبية في بعض النباتات.

الجدول (4): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد التيجان (تاج/نبات) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	عدد التيجان (تاج/نبات)
الشاهد	الشاهد	1.21 ^d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	1.60 ^{cd}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	2.13 ^{abc}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	1.93 ^{bcd}
	IAA = 50 ppm	2.20 ^{abc}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	2.26 ^{abc}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	2.80 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	2.46 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	2.40 ^{ab}
LSD _{0.05}		0.70

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.1.4. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد الأوراق (ورقة/نبات):

أدت المعاملة بالأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) بمفرده إلى زيادة معنوية في عدد الأوراق بالمقارنة مع الشاهد الذي أعطى أقل عدد للأوراق (21.35 ورقة/نبات) (الجدول، 5). من جهة أخرى، أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة عدد الأوراق بالمقارنة مع الشاهد. لم يؤثر الرش الورقي بالمعاملات التي احتوت على الزنك بمفرده بالتركيز المنخفض (0.5 غ.ل¹) والمرتفع (1 غ.ل¹) في زيادة عدد الأوراق معنوياً بالمقارنة مع الشاهد. كما لوحظ تفوق معاملة التفاعل بين الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 0.5 غ.ل¹ + الأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm إلى زيادة عدد الأوراق (33.4 ورقة/نبات) بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد. تتفق النتائج التي توصلنا إليها مع ما وجدته Chaturvedi وزملاؤه (2005) عند استخدام كبريتات الزنك (0.4 %) على نباتات الفريز حيث أعطت أعلى معدل من عدد الأوراق، ومع ما وجدته كل من Stoyanov و Velchev (1976) عند الرش بالأوكسين (NAA) بأن الرش بتركيز 25 ppm من NAA أنتج أكبر عدد من الأوراق لدى نبات الفريز صنف Gorella. وقد تعزى الزيادة في عدد الأوراق نتيجة الرش بالزنك إلى دوره الهام في تكوين الأحماض الأمينية ومركبات الطاقة فضلاً عن دوره في تصنيع التريبتوفان والذي يعد طليعة اصطناع الأوكسين أندول حمض الخل (IAA) ومنع أكسدته (Hopkins و Hünér، 2004؛ Hasegawa وزملاؤه، 2000)، كما أن الرش بالأوكسين (IAA) يؤدي إلى زيادة تركيز الأوكسين الداخلي (IAA) وللأوكسين دور فيزيولوجي هام في تحفيز عمليات انقسام وتوسع واستطالة الخلايا النباتية وتحفيز تكوين الأحماض العضوية والبروتينات في الخلايا النباتية (Wilkins، 1984؛ Hopkins و Hünér، 2004)، فضلاً عن دور الأوكسين في خفض حامض الأبسيسيك (ABA) في البراعم، جميع ما تقدم من الأدوار الفيزيولوجية لكل من الأوكسين والزنك تعمل

بشكل مباشر على تطور المجموع الخضري واستطالة النبات وزيادة ارتفاعه وبالتالي زيادة عدد البراعم المتكونة على الساق التي من الممكن أن تتطور إلى أوراق أو تيجان جديدة (Isam وزملاؤه، 2012) بحيث من الممكن أن تتطور البراعم الموجودة على الساق الرئيسة للنبات وكذلك البراعم الموجودة على التيجان الجديدة لتعطي أوراق جديدة.

الجدول (5): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد الأوراق (ورقة/نبات) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	عدد الأوراق (ورقة/نبات)
الشاهد	الشاهد	21.35 ^d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	24.33 ^{cd}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	26.93 ^{bcd}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	28.20 ^{abc}
	IAA = 50 ppm	30.80 ^{ab}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	29.26 ^{bcd}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	33.40 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	31.73 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	32.20 ^{ab}
LSD _{0.05}		5.85

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.1.5. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد المدادات (مداد/نبات):

توضح النتائج في الجدول (6) تأثير المعاملات بالزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA)

والتفاعل بينهما في متوسط عدد المدادات الجديدة المتشكلة من كل نبات.

أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة عدد المدادات بالمقارنة مع الشاهد. كما لوحظ أعلى عدد للمدادات (14.22 مداد/نبات) عند معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm بالمقارنة مع باقي المعاملات وبالمقارنة مع الشاهد (5.75 مداد/نبات). كما لم يؤثر استخدام الزنك بمفرده بتركيزه (0.5، 1 غ.ل⁻¹) أو الأوكسين بمفرده بتركيزه (25، 50 ppm) في حدوث زيادة معنوية في عدد المدادات بالمقارنة مع الشاهد.

تتفق النتائج التي توصلنا إليها مع ما وجدته Chaturvedi وزملاؤه (2005) من زيادة عدد المدادات المتكونة عن نباتات الفريز المعاملة بكبريتات الزنك (0.4 %). ومع ما وجدته Isam وزملاؤه (2012) في زيادة عدد المدادات لدى نباتات صنف الفريز Camarose و Camaroga المعاملة بتركيز 50 مغ.ل⁻¹ عند الرش بالأوكسين أندول حامض البيوتريك (IBA). وربما قد تعزى الزيادة في عدد المدادات عند الرش بعنصر الزنك والأوكسين سواء في المعاملات التي احتوت عليهما بشكل منفرد أو بمعاملات التفاعل إلى دورهما الفيزيولوجي الهام في تحسين معايير النمو الخضري (المساحة الورقية وعدد الأوراق وارتفاع النبات وعدد التيجان) (Lieten، 2003؛ Thakur وزملاؤه 1991). جميع ما سبق يؤدي إلى زيادة عدد التفرعات (الرئد runner stolon) الناتجة عن زيادة البراعم المتكونة على الساق الرئيسية نتيجة لزيادة ارتفاع النبات ودور الأوكسين في خفض حامض الأبسيسك (ABA) الذي يعيق تفتح البراعم الجانبية، أو بسبب زيادة عدد البراعم المتكونة في أباط التيجان الجديدة المتشكلة فضلاً عن دور الزنك

والأوكسين في زيادة طول هذه الرئد وزيادة عدد العقد والسلاميات المتكونة عليها وبالتالي زيادة عدد المدادات.

الجدول (6): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط عدد المدادات (مداد/نبات) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	عدد المدادات (مداد/نبات)
الشاهد	الشاهد	5.75 ^e
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	6.66 ^e
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	7.22 ^e
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	7.55 ^{de}
	IAA = 50 ppm	8.55 ^{cde}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	10.55 ^{bcd}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	14.22 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	11.55 ^{abc}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	12.11 ^{ab}
LSD _{0.05}		3.19

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.1.6. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط النسبة المئوية للعقد (%):

بغض النظر عن المعاملات المدروسة فقد أدت معاملات الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) والتفاعل بينهما إلى زيادة النسبة المئوية للعقد معنوياً بالمقارنة مع الشاهد (الجدول، 7). لوحظ أن معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm أدت إلى إعطاء أعلى نسبة مئوية للعقد (74.92 %) بالمقارنة مع باقي المعاملات وبالمقارنة مع الشاهد (48.99 %). من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملات التفاعل بين الزنك والأوكسين.

أدت معاملي الزنك بمفرده ومعاملي الأوكسين بمفرده إلى زيادة النسبة المئوية للعقد معنوياً بالمقارنة مع الشاهد، بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بينها.

قد تفسر الزيادة في النسبة المئوية للعقد نتيجة المعاملة بالزنك إلى دوره في زيادة عدد الأزهار الجديدة المتشكلة على النبات (Mehraj وزملاؤه، 2015) بالإضافة إلى دوره في إنتاج حبوب لقاح سليمة وعالية الحيوية (Vallace و Falchuk، 1993). ودوره في نجاح عملية الإلقاح والعقد (Ross و Salisbury، 1992). فضلاً عن دوره في نمو واستطالة أنبوبة حبوب اللقاح من خلال دوره في تصنيع التريبتوفان وبالتالي زيادة عدد الثمار العاقدة ومنه زيادة النسبة المئوية للعقد وهذا يتفق مع ما وجدته Chaturvedi وزملاؤه (2005) عند المعاملة بالزنك. كذلك تتفق هذه النتائج مع ما وجدته Villarreal وزملاؤه (2009) عند معاملة نباتات الفريز بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) في زيادة النسبة المئوية للعقد وربما يعزى ذلك لدور الأوكسين الهام في تحفيز عملية الإزهار وزيادة عدد الأزهار (Shan وزملاؤه، 2007) ودوره في تكوين الثمار البكرية (Kataoka وزملاؤه، 2009)، بالإضافة لدوره الهام في تنظيم عملية الإزهار

والعقد وإطالة فترة الإزهار من جهة أخرى، فضلاً عن دوره في التأثير على المورثة التي تحفز الفلورجين، بالإضافة لدوره في إنبات حبوب اللقاح واستطالة الأنبوبة اللقاحية وبالتالي التأثير بشكل إيجابي في زيادة النسبة المئوية للعقد.

الجدول (7): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط النسبة المئوية للعقد (%) لنبات الفريز:

النسبة المئوية للعقد (%)	التركيز	المعاملة
48.99 ^d	الشاهد	الشاهد
58.72 ^c	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	الزنك (ZnSO ₄)
63.40 ^{bc}	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	
59.43 ^c	IAA = 25 ppm	الأوكسين (IAA)
66.56 ^{abc}	IAA = 50 ppm	
65.85 ^{abc}	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)
68.61 ^{ab}	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	
70.86 ^{ab}	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	
74.92 ^a	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	
9.16	LSD _{0.05}	

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.1.7. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط الإنتاجية (غ/نبات):

أدت معاملات الزنك ($ZnSO_4$) بمفرده والأوكسين (IAA) بمفرده إلى زيادة الإنتاجية معنوياً في نباتات الفريز المعاملة بالمقارنة مع الشاهد (الجدول، 8).

لوحظ أعلى إنتاجية عند استخدام معاملات التفاعل بين الأوكسين بالتركيز المرتفع (50 ppm) وبغض النظر عن تراكيز الزنك المستخدمة (0.5 و 1 غ.ل⁻¹) (227.98، 231.41 غ/نبات على التوالي) وبدون وجود فروق معنوية بينهما. كما أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة الإنتاجية معنوياً بالمقارنة مع الشاهد (123.17 غ/نبات). من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملة الزنك بمفرده بتركيزه المرتفع (1 غ.ل⁻¹) والأوكسين بمفرده بتركيزه المرتفع (50 ppm).

تتفق النتائج التي توصلنا إليها في زيادة الإنتاجية عند المعاملة بالزنك بمفرده أو كمعاملات تفاعل مع ما وجده Chaturvedi وزملاؤه (2005) ومع ما وجده Lolaei وزملاؤه (2012) عند معاملة نبات الفريز بعنصر الزنك. ومع ما وجده Palei وزملاؤه (2016) الذي حصل على أعلى إنتاجية لنباتات الفريز صنف Chandler عند إضافة NAA بتركيز 100 ppm بالمقارنة مع نباتات الشاهد غير المعاملة، وربما يعزى ذلك لدور الزنك والأوكسين أندول حامض الخليك (IAA) في تحسين النسبة المئوية للعقد وبالتالي زيادة عدد الثمار العاقدة على النبات (Salisbury و Ross، 1992؛ Villarreal وزملاؤه، 2009). من جهة أخرى، فإن للزنك والأوكسين دور هام في تحفيز النمو الخضري (Lieten، 2003؛ Thakur وزملاؤه 1991) الأمر الذي ينتج عنه زيادة في عدد النورات الزهرية الناتجة عن دورهما الفيزيولوجي الهام في زيادة عدد البزاعم التي من الممكن أن تتطور إلى نورات زهرية جديدة. فضلاً عن دور الزنك في

زيادة عدد الأزهار (Shan وزملاؤه، 2007) بالإضافة لدورهما الهام في تطور ثمار الفريز وزيادة حجمها ووزنها (Rahman وزملاؤه، 2016؛ Kaur وزملاؤه 2018). من جهة أخرى، فإن للأوكسين دور هام في تطوير الثمار البكرية (Kataoka وزملاؤه، 2009). الأمر الذي يفسر الزيادة في إنتاجية النبات عند جميع معاملات التجربة.

الجدول (8): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في الإنتاجية (غ/نبات) لنبات الفريز :

المعاملة	التركيز	الإنتاجية (غ/نبات)
الشاهد	الشاهد	123.17 ^f
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	155.28 ^e
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	199.28 ^c
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	190.56 ^d
	IAA = 50 ppm	205.47 ^c
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	206.27 ^{bc}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	227.98 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	214.06 ^b
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	231.41 ^a
LSD _{0.05}		8.48

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في معايير جودة الثمار لنبات الفريز:

5.2.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في المعايير المورفولوجية (الوزن (غ)، القطر (سم)، الطول (سم)) للثمار:

توضح نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (9) تأثير معاملات الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) والتفاعل بينهما في متوسط وزن (غ)، قطر (سم)، طول (سم) ثمار الفريز. بالنسبة لمتوسط وزن الثمرة تبين أن جميع المعاملات المدروسة أدت إلى زيادة وزن الثمرة بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى، لوحظ أكبر متوسط لوزن الثمرة (18.05 غ) عند معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (10.99 غ). بينما لم يؤثر استخدام الزنك بمفرده والأوكسين بمفرده بتركيزهما (0.5 غ.ل⁻¹، 25 ppm على التوالي) معنوياً في زيادة متوسط وزن الثمرة بالمقارنة مع الشاهد.

فيما يتعلق بمتوسط قطر الثمرة أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة معنوية بالمقارنة مع الشاهد. كما تفوقت معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 25 ppm في إعطاء أعلى قطر للثمرة (3.37 سم) بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (2.31 سم). كما أدت معاملات الزنك بمفرده بتركيزه (المرتفع والمنخفض) والأوكسين بمفرده بتركيزه (المرتفع والمنخفض) إلى زيادة قطر الثمار معنوياً بالمقارنة مع الشاهد وبدون وجود فروق معنوية بينها، من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملات التفاعل بين الزنك والأوكسين.

بالنسبة لمتوسط طول الثمرة لم يؤثر استخدام الزنك بمفرده والأوكسين بمفرده بتركيزهما المنخفض (0.5 غ.ل⁻¹، 25 ppm) معنوياً في زيادة متوسط طول الثمرة بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى، أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة متوسط طول الثمرة بالمقارنة مع

الشاهد (2.94 سم)، وكانت أفضل معاملة هي معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm (3.95 سم).

قد تفسر الزيادة في متوسط وزن وطول وقطر ثمار الفريز نتيجة المعاملة بالزنك إلى دوره الفيزيولوجي الهام كعامل مساعد في بناء الكلوروفيل وعملية التمثيل الضوئي مما يؤدي إلى زيادة تكوين المواد العضوية في الخلية ودوره كمكون تركيبى وعامل مساعد ومنظم لمدى واسع من الأنزيمات المختلفة (Ranji و Das، 2003). بالإضافة لأهميته في حماية البروتينات من فقدان حيويتها وفي تصنيع الحامض الأميني Tryptophan (Verma، 1997)، وكذلك دوره في تحسين النمو الخضري وانتقال نواتج هذه العملية من مصدر التكوين الأوراق إلى المستودع الثمار (Mengel و Kirkby، 2001). وهذا يتفق مع ما وجدته Kazemi (2014) ومع ما وجدته Bakshi وزملاؤه (2013a) عند معاملة نباتات الفريز بكبريتات الزنك. من جهة أخرى، قد يفسر التأثير الإيجابي لمعاملات الأوكسين في تحسين معايير الثمرة المورفولوجية إلى دوره الهام في تنشيط فعل الأنزيمات والتفاعلات الحيوية والأسموزية للخلايا النباتية (Hopkins و Hüner، 2004؛ Wilkins، 1984)، فضلاً عن دوره الهام في عمليات الانقسام والاستطالة الخلوية، كما أثبتت العديد من الدراسات أن الرش بالأوكسينات بعد عملية الإلقاح يؤدي إلى زيادة تركيز الأوكسين في جدار المبيض الأمر الذي يؤدي إلى تهيج خلايا المبيض فتبدأ بالانقسام لتكون الثمرة دون حدوث عملية الإلقاح وبالتالي تكوين ما يسمى الثمار البكرية (Kataoka وزملاؤه، 2009)، وبالتالي فإن عمليات الرش بالأوكسين تؤدي لزيادة كمية الأوكسين الداخلي في الثمرة وبالتالي زيادة عمليات الانقسام الخلوي وزيادة حجم الخلايا في الثمار ومنه زيادة وزن وقطر وطول الثمار بالإضافة لدور الأوكسين في إعطاء نباتات ذات مجموع خضري جيد وذات كفاءة تمثيلية عالية وبالتالي فائض من المدخرات الغذائية يوجهها النبات إلى الأعضاء الإدخارية

(الثمار) في الفريز مما ينعكس إيجاباً على نوعية وجودة الثمار (وزن، قطر، طول الثمرة)، وهذا يتماشى مع ما وجدته Techawongstein (1989) عند معاملة نباتات الفريز صنف Tioga بالأوكسين الذي أدى لإعطاء أعلى قيمة من المؤشرات المدروسة.

الجدول (9): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط وزن الثمرة (غ) وقطرها (سم) وطولها (سم) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	وزن الثمرة (غ)	قطر الثمرة (سم)	طول الثمرة (سم)
الشاهد	الشاهد	10.99 ^c	2.31 ^c	2.94 ^d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	12.97 ^{bc}	2.8 ^b	3.19 ^{cd}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	15.76 ^{ab}	2.98 ^{ab}	3.69 ^{abc}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	13.25 ^{bc}	2.78 ^b	3.23 ^{bcd}
	IAA = 50 ppm	15.34 ^{ab}	2.92 ^{ab}	3.72 ^{ab}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	16.34 ^{ab}	3.07 ^{ab}	3.56 ^{abc}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	16.64 ^{ab}	3.1 ^{ab}	3.59 ^{abc}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	17.19 ^{ab}	3.37 ^a	3.87 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	18.05 ^a	3.29 ^a	3.95 ^a
LSD _{0.05}				
		4.24	0.45	0.50

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.2.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في المعايير الكيميائية (المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS

(%)، الحموضة القابلة للمعايرة (TA (%، فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب)) للثمار:

توضح نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (10) تأثير معاملات الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) والتفاعل بينهما في متوسط المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS (%، الحموضة القابلة للمعايرة (TA (%، فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب) لثمار نبات الفريز.

فيما يتعلق بمحتوى الثمار من المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) توضح النتائج ازدياد تدريجي في المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) نتيجة الزيادة التدريجية في معدلات الأوكسين (IAA) سواء أضيف بمفرده أو بالتفاعل مع الزنك ($ZnSO_4$). من جهة أخرى، تبين أن استخدام الأوكسين (IAA) بمفرده بالتركيز المرتفع (50 ppm) أدى إلى زيادة المواد الصلبة الذائبة الكلية (11.56 %) بالمقارنة مع باقي المعاملات المدروسة ومع الشاهد (9.35 %).

أما ما يتعلق بمحتوى الثمار من الحموضة القابلة للمعايرة لوحظت أعلى نسبة للحموضة القابلة للمعايرة (TA) (0.67 %) في معاملة الشاهد. من جهة أخرى، لوحظ أن الانخفاض التدريجي والمعنوي في نسبة الحموضة القابلة للمعايرة (TA) لوحظ نتيجة الازدياد التدريجي في تراكيز الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) سواء عند استخدامهما بشكل منفرد أو من خلال التفاعل بينهما وكانت أقل قيمة (0.58 %) عند معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد.

فيما يتعلق بمحتوى الثمار من فيتامين C توضح نتائج التحليل الإحصائي تأثير المعاملات المختلفة تحت الدراسة في محتوى الثمار من فيتامين C. لم يؤثر استخدام الزنك ($ZnSO_4$) بمفرده أو الأوكسين (IAA) بمفرده معنوياً في زيادة محتوى الثمار من فيتامين C بالمقارنة مع

الشاهد. ومن جهة أخرى، لوحظ أعلى محتوى للثمار من فيتامين C (61.77 مغ/100 غ وزن رطب) عند معاملة التفاعل بين الزنك ($ZnSO_4$) بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (54.33 %).

تتفق النتائج التي توصلنا إليها في زيادة محتوى الثمار المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) وفيتامين C وخفض الحموضة القابلة للمعايرة (TA) مع ما وجدته كل من Kazemi (2014) وMahnaz وزملاؤه (2010) عند معاملة نباتات الفريز بكبريتات الزنك. ولربما تعزى لدور الزنك الهام في نشاط العديد من أنزيمات مضادات الأكسدة، بالإضافة لارتباط الزنك بشكل كبير باستقلاب الكربوهيدرات (Broadley وزملاؤه، 2007). ودوره في زيادة السكر وتقليل الحموضة (Abedy، 2001). ودوره في بناء النشاء واصطناع وانتقال الكربوهيدرات فضلاً عن دوره في تنظيم استهلاك السكر وارتباطه، كما أنه يزيد من الاصطناع الحيوي للفيتامينات مثل حمض الأسكوربيك والثيامين بالإضافة لدوره الهام في تبادل الكربوهيدرات بالإضافة لدور عنصر الزنك الهام في تحسين هذه المؤشرات (Kazemi، 2014). من جهة أخرى، قد يفسر التأثير الإيجابي للأوكسين (IAA) في تحسين المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) وفيتامين C وخفض الحموضة القابلة للمعايرة (TA) إلى دوره الفيزيولوجي في نمو وتطور المجموع الخضري وبالتالي فائض من المركبات والمدخرات الغذائية يوجهها النبات إلى الثمار، بالإضافة لدوره الفعال بتنظيم مستويات الإيتلين الداخلي في الثمار والذي يعد أحد أهم المركبات المسؤولة عن تنظيم نضج الثمار من خلال التحكم بمكونات الثمرة الكيميائية وكذلك دوره الهام في تنشيط فعل الأنزيمات والتفاعلات الحيوية والأسموزية للخلايا النباتية (Hopkins وHüner، 2004؛ Wilkins، 1984). وبالتالي التأثير بشكل إيجابي في مؤشرات جودة الثمار الكيميائية وهذا يتماشى مع ما

وجده Kaur وزملاؤه (2018) عند معاملة نباتات الفريز بالأوكسين نفتالين حامض الخليك (NAA) بتركيز 30 ppm.

الجدول (10): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط المواد الصلبة الذائبة الكلية (TSS) (%) والحموضة القابلة للمعايرة (TA %) وفيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	المواد الصلبة الذائبة الكلية (% TSS)	الحموضة القابلة للمعايرة (% TA)	فيتامين C (مغ/100 غ وزن رطب)
الشاهد	الشاهد	9.35 ^c	0.67 ^a	54.33 ^{dc}
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	9.76 ^c	0.66 ^a	53.55 ^d
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	10.70 ^{ab}	0.61 ^{abc}	57.33 ^{bc}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	10.73 ^{ab}	0.64 ^{ab}	56.88 ^{bc}
	IAA = 50 ppm	11.56 ^a	0.62 ^{abc}	57.4 ^{bc}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) والأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	10.26 ^{bc}	0.59 ^{bc}	59.33 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	10.76 ^{ab}	0.60 ^{abc}	59.55 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	10.86 ^{ab}	0.59 ^{bc}	60.66 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	11.13 ^{ab}	0.58 ^c	61.77 ^a
LSD _{0.05}				
3.05 0.06 0.90				

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.3. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في المعايير الفيزيولوجية والكيميائية لأوراق نبات الفريز:

5.3.1. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الماء النسبي (%):

بغض النظر عن المعاملات المدروسة فقد أدت معاملات الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) والتفاعل بينهما إلى زيادة محتوى الماء النسبي في الأوراق بالمقارنة مع الشاهد في (الجدول، 11). من جهة أخرى، كانت أفضل المعاملات هي معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm حيث أعطت أكبر محتوى من الماء النسبي (92.37 % بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (82.64 %)). بينما لم يؤثر استخدام الزنك بمفرده بتركيزه المنخفض والمرتفع (0.5، 1 غ.ل⁻¹ على التوالي) والأوكسين بتركيزه المنخفض (25 ppm) معنوياً في زيادة محتوى الماء النسبي بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملات التفاعل التي احتوت على الزنك والأوكسين.

زيادة محتوى الماء النسبي عند المعاملة بعنصر الزنك والأوكسين في المعاملات التي احتوت عليهما بشكل مفرد أو كخليط قد تعزى من جهة لدور عنصر الزنك الهام في تنظيم الثغور والحفاظ على توازن الأيونات في أنظمة النبات ودوره في تقليل الاجتهادات الحيوية ولاحوية ولاسيما الاجهاد المائي (Moghadam وزملاؤه، 2013؛ Borrell وزملاؤه، 2008)، بالإضافة لدوره في زيادة معدل امتصاص الماء، وهذا يتفق مع وجده Munirah وزملاؤه (2015) عند معاملة نباتات الذرة بعنصر الزنك فقد زاد محتوى الماء النسبي في النبات عند جميع تراكيز الزنك المستخدمة بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى قد تؤثر الأوكسينات في الأنزيمات المكونة لجدر الخلايا النباتية ولا سيما أنزيم السليوليز الذي بدوره يضعف أنظمة الألياف بالإضافة لدوره في تحلل وبناء مكونات الجدر الخلوية من خلال تنشيط ضخ أيون الهيدروجين (البروتونات)

وتخفيض pH الخلية الأمر الذي يسبب زيادة حموضة الجدار الخلوي ومن ثم زيادة ليونته إذ يؤدي ذلك إلى تغير العلاقات المائية للنبات ولا سيما ضغط الامتلاء والضغط الأسموزي مما يسبب تدفق الماء إلى الخلية وزيادة اتساعها (Taiz و Zeiger، 2010).

الجدول (11): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الماء النسبي (%) في أوراق نبات الفريز:

المعاملة	التركيز	محتوى الماء النسبي (%)
الشاهد	الشاهد	82.64 ^d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	82.95 ^d
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	83.41 ^d
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	85.31 ^{cd}
	IAA = 50 ppm	88.11 ^{bc}
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	87.99 ^{bc}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	92.37 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	89.62 ^{ab}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	91.32 ^{ab}
LSD 0.05		3.91

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.3.2. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b

والكاروتينات الكلية (مغ/غ وزن رطب):

توضح نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (12) تأثير معاملات الزنك ($ZnSO_4$) بمفرده والأوكسين (IAA) بمفرده ومعاملات التفاعل بينهما على محتوى أوراق نباتات الفريز من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية لدى نباتات الفريز.

فيما يتعلق بمحتوى الأوراق من الكلوروفيل a تظهر نتائج التحليل الإحصائي أن معاملات الزنك أو الأوكسين والتفاعل بينهما أدت إلى زيادة الكلوروفيل a بالمقارنة مع الشاهد. من جهة أخرى، تبين أن استخدام التفاعل بين الزنك بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm أدى إلى إعطاء أعلى قيمة للكلوروفيل a (3.64 مغ/غ وزن رطب) بالمقارنة مع جميع المعاملات المدروسة وبالمقارنة مع الشاهد (2 مغ/غ وزن رطب). بينما لم يؤثر استخدام الزنك بمفرده أو الأوكسين بمفرده بالإضافة لمعاملة التفاعل التي احتوت على الزنك والأوكسين بتركيزهما المنخفض ومعاملة التفاعل بين الزنك بتركيزه المرتفع والأوكسين بتركيزه المنخفض معنوياً في زيادة الكلوروفيل a بالمقارنة مع الشاهد، كما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بينها.

بالنسبة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل b لوحظ أن تركيز الكلوروفيل b قد انخفض بتأثير المعاملة بالأوكسين بمفرده عند التركيز 25 ppm بدون وجود فروق معنوية بينهما. بينما لوحظ أعلى تراكم للكلوروفيل b (1.44 مغ/غ وزن رطب) كان نتيجة المعاملة بأعلى تركيز من الزنك (1 غ.ل⁻¹) مع أعلى تركيز من الأوكسين (50 ppm) وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات وبالمقارنة مع الشاهد (0.75 مغ/غ وزن رطب). من جهة أخرى، لم يؤثر استخدام معاملات الزنك بمفرده أو الأوكسين بمفرده معنوياً في زيادة الكلوروفيل b.

أما محتوى الأوراق من الكاروتينات الكلية فقد تبين أن جميع المعاملات المدروسة أدت إلى زيادة الكاروتينات بالمقارنة مع الشاهد (0.61 مغ/غ وزن رطب)، وكانت أفضل معاملة هي معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm حيث أعطت أكبر نسبة من الكاروتينات (1.09 مغ/غ وزن رطب) وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد.

يعد الكلوروفيل (a و b) صبغات أساسية تمتص الطاقة الشمسية من أجل تحويلها إلى طاقة كيميائية مخزنة (Foyer وزملاؤه، 1982؛ Montestith، 1972)، وقد تفسر الزيادة في الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية لدور الزنك الهام في تكوين الأحماض الأمينية والكربوهيدرات ومركبات الطاقة المهمة في بناء الكلوروفيل فضلاً عن أهميته في بناء RNA اللازمة في اصطناع البروتين وتحفيز الأنزيمات التي تشارك في العمليات البيولوجية لتشكل الكلوروفيل (Havlin وزملاؤه، 2005)، وهذا بالإضافة إلى الدور الذي يؤديه الزنك في زيادة نسبة الكلوروفيل وتنشيط عملية التركيب الضوئي عن طريق دوره في تنشيط عمليات الأكسدة والاختزال (Focus، 2003). الأمر الذي يفسر الزيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية عند المعاملات التي احتوت على الزنك بشكل منفرد ومعاملات التفاعل مع الأوكسين وهذا يتفق مع ما وجدته Barwary وزملاؤه (2018) عند رش نباتات الفريز بالزنك بتركيز 4 غ.ل⁻¹. وقد تفسر الزيادة الحاصلة في الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية في النباتات المعاملة بالأوكسين بمفرده أو بمعاملات التفاعل مع الزنك إلى دور الأوكسينات الهام في تحفيز الطاقة الجينية المسؤولة عن عمليات النمو والتطور في النبات (Moore، 1989).

بالإضافة لدور الأوكسينات الهام في اصطناع البروتين ودوره في زيادة معدل النفاذية الخلوية للبروتونات والأيونات الأخرى (Rossignol وزملاؤه، 1990). فضلاً عن دوره في تحفيز النمو الخضري حيث يزداد محتوى الكلوروفيل مع زيادة مساحة الورقة (Stoyanov و Velchev،

(1976)، وهذا يتوافق مع ما وجدته Shan وزملاؤه (2007) عند الرش الورقي في فصل الخريف بالأوكسين (IAA) بتركيز 50 ppm على نبات الفريز صنف French فقد أدى إلى زيادة كبيرة في صافي عملية التركيب الضوئي وزيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b.

الجدول (12): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكاروتينات الكلية (مغ/غ وزن رطب) في نبات الفريز:

المعاملة	التركيز	الكلوروفيل a (مغ/غ)	الكلوروفيل b (مغ/غ)	الكاروتينات (مغ/غ)
الشاهد	الشاهد	2 ^c	0.75 ^{bc}	0.61 ^d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	2.08 ^c	0.77 ^{bc}	0.70 ^{cd}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	3.04 ^{abc}	1.03 ^{ab}	0.85 ^{bcd}
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	2.18 ^c	0.36 ^c	0.84 ^{bcd}
	IAA = 50 ppm	2.40 ^{bc}	0.90 ^b	0.74 ^{cd}
التفاعل بين الزنك و الأوكسين (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	2.57 ^{bc}	0.96 ^b	0.82 ^{bcd}
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	3.64 ^a	1.40 ^a	1.09 ^a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	2.87 ^{abc}	1.13 ^{ab}	0.88 ^{abc}
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	3.42 ^{ab}	1.44 ^a	1.02 ^{ab}
LSD _{0.05}				
		1.06	0.44	0.23

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

5.3.3. تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الأوراق من العناصر

N.P.K (%) :

توضح نتائج التحليل الإحصائي في الجدول (13) تأثير معاملات الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) ومعاملات التفاعل بينهما على محتوى الأوراق من الأزوت (% N) والفوسفور (% P) والبوتاسيوم (% K) في نبات الفريز.

فقد لوحظ انخفاض محتوى الأوراق من الأزوت (% N) عند المعاملة بالزنك بمفرده بالتركيز 0.5 غ.ل⁻¹. بينما لوحظ أعلى تركيز للأزوت (2.53 %) عند المعاملة بأعلى تركيز من الزنك (1 غ.ل⁻¹) مع أعلى تركيز من الأوكسين (50 ppm) وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (2.1 %). من جهة أخرى، لم يلاحظ وجود فروق معنوية عند استخدام معاملات الزنك بمفرده أو الأوكسين بمفرده أو معاملات التفاعل بينهما في زيادة محتوى الأوراق من الأزوت بالمقارنة مع الشاهد أو بالمقارنة فيما بينها.

فيما يتعلق بمحتوى الأوراق من الفوسفور (% P) تظهر النتائج أن معاملات الزنك بمفرده أو الأوكسين بمفرده لم تؤثر معنوياً في زيادة نسبة الفوسفور بالمقارنة مع الشاهد (0.32 %). كانت أفضل معاملة معنوياً هي معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 0.5 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm حيث أعطت أعلى نسبة من الفوسفور (0.52 %) بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد، تلاها معاملات التفاعل بين الزنك والأوكسين وبدون وجود فروق معنوية بينها.

أما محتوى الأوراق من البوتاسيوم (% K) فقد أدت جميع المعاملات المدروسة إلى زيادة محتوى الأوراق من البوتاسيوم بالمقارنة مع الشاهد (الجدول، 13). من جهة أخرى، تفوقت معاملة التفاعل بين الزنك بتركيز 1 غ.ل⁻¹ + الأوكسين بتركيز 50 ppm في زيادة البوتاسيوم (1.77 %) بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد (1.25 %).

قد تفسر الزيادة في محتوى الأوراق من العناصر الكبرى (N.P.K) نتيجة المعاملة بالزنك والأوكسين إلى دورهما في تحسين النمو الخضري، وكذلك دعمت العديد من الدراسات أهمية عنصر الزنك في امتصاص ونقل أيونات المعادن الأخرى من قبل النبات، فقد لوحظ انخفاض كفاءة الجذور في استخراج الأيونات من محلول العناصر المعدنية وتوقف فعالية ATPase والذي يعد وسيطاً مثالياً للنقل الفعال لمثل هذه الأيونات في نباتات الذرة *Zea.mays* التي تنمو في ظروف يقل فيها عنصر الزنك لعدة أيام (Pollard وزملاؤه، 1977). ويمكن أن تعزى زيادة تركيز عنصر الآزوت في الأوراق إلى زيادة فعالية التمثيل الضوئي نتيجة زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل وزيادة المساحة الورقية وهذا يتفق مع ما أشار إليه العديد من الباحثين (Patel وChadha، 2002؛ Hunter وزملاؤه، 1994)، وقد يفسر انخفاض محتوى الأوراق من الفوسفور عند المعاملة بعنصر الزنك بمفرده بتركيزه المنخفض والمرتفع إلى التضاد بين الفوسفور والزنك (Kozma وزملاؤه، 1980). وكذلك فقد أشار Filella وزملاؤه (1995) إلى أن الكلوروفيل قد يعطي تقدير غير مباشر للحالة المعدنية للشجيرات، حيث أن معظم الآزوت الموجود في الورقة يكون مندمج في الكلوروفيل وقد أشرنا فيما سبق إلى دور عنصر الزنك والأوكسين الإيجابي في بناء الكلوروفيل. بالإضافة لدور الأوكسين (IAA) التحفيزي في حركة العصارة اللحاءية والمواد المصنعة وفي تنشيط فعل الأنزيمات والتفاعلات الحيوية والأسموزية للخلايا النباتية (Wilkins، 1984). بالإضافة إلى أن منظم النمو يعمل على خفض الأسموزية في الأوراق مما يساعد على امتصاص الماء والعناصر المعدنية، ومن المعروف أن الأوكسين له دور مهم جداً في استقلاب ال RNA واصطناع البروتين وذلك عن طريق اصطناع mRNA جديد، بالإضافة لدوره غير المباشر في تحريض نشاط أنزيمات ال ATPase في الجذر الخلوية

وهذه الأنزيمات مسؤولة عن نقل أيون H^+ , OH^- فضلاً عن دوره في زيادة معدل النفاذية الخلوية للبروتونات والأيونات الأخرى، ومن ثم التبادل الأيوني (Rossignol وزملاؤه، 1990).

الجدول (13): تأثير المعاملة بالزنك والأوكسين في متوسط محتوى الأوراق من العناصر N.P.K (%) لنبات الفريز:

المعاملة	التركيز	الأزوت (% N)	الفوسفور (% P)	البوتاسيوم (% K)
الشاهد	الشاهد	2.1 ab	0.32 cde	1.25 d
الزنك (ZnSO ₄)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹	1.92 b	0.3 e	1.33 dc
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹	2.24 ab	0.31 de	1.48 bc
الأوكسين (IAA)	IAA = 25 ppm	2.12 ab	0.41 bcd	1.74 a
	IAA = 50 ppm	2.38 a	0.43 abc	1.71 a
التفاعل بين الزنك (ZnSO ₄) و الأوكسين (IAA)	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	2.29 ab	0.49 ab	1.59 ab
	ZnSO ₄ = 0.5 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	2.31 ab	0.52 a	1.6 ab
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 25 ppm	2.22 ab	0.51 ab	1.75 a
	ZnSO ₄ = 1 g.l ⁻¹ + IAA = 50 ppm	2.53 a	0.5 ab	1.77 a
LSD _{0.05}				
		0.46	0.10	0.2

تشير الأحرف المختلفة إلى وجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى معنوية 95 %.

6. الاستنتاجات والمقترحات

Conclusions & Suggestions

6.1. الاستنتاجات:

- 1- يؤدي استخدام الرش الورقي بعنصر الزنك ($ZnSO_4$) والأوكسين (IAA) إلى تحسين جميع معايير النمو الخضري والإنتاجية عند نباتات الفريز المعاملة.
- 2- تفوقت معاملة التفاعل التي احتوت على الزنك بالتركيز المنخفض 0.5 غ.ل⁻¹ والأوكسين بالتركيز المرتفع 50 ppm في زيادة المساحة الورقية، طول النبات، عدد الأوراق، عدد التيجان، عدد المدادات، الكلوروفيل a، الكاروتينات، الفوسفور، محتوى الماء النسبي.
- 3- تفوقت معاملة التفاعل التي احتوت على أعلى تركيز من الزنك 1 غ.ل⁻¹ وأعلى تركيز من الأوكسين 50 ppm في زيادة الإنتاجية، فيتامين C، الحموضة القابلة للمعايرة، وزن الثمرة، طول الثمرة، الكلوروفيل b، الكاروتينات، الأزوت، البوتاسيوم.
- 4- لوحظ الدور الهام لعنصر الزنك والأوكسين في خفض الحموضة القابلة للمعايرة حتى (0.58 %)، وتحسين محتوى الثمار من فيتامين C بزيادة وصلت حتى (61.77 مغ/100 غ وزن رطب)، والمواد الصلبة الذائبة الكلية (11.56 %) مما ينعكس إيجاباً على جودتها ونوعيتها.

6.2. المقترحات:

- 1- ننصح برش نباتات الفريز بالزنك (ZnSO_4) بتركيز 1 غ.ل⁻¹ لتحسين نمو وإنتاجية النبات، وذلك لصعوبة الحصول على هذا العنصر من خلال التربة من جهة، ولانخفاض تكلفته من جهة أخرى في حال رشه على الأوراق.
- 2- بغض النظر عن التركيزين المستخدمين في البحث ينصح بالرش بالزنك (ZnSO_4) مع الأوكسين (IAA) كخليط لإعطائهما دوراً أفضل بتحسين معايير النمو الخضري والفيزيولوجية والإنتاجية كماً ونوعاً بالمقارنة مع استخدام الزنك (ZnSO_4) بمفرده والأوكسين (IAA) بمفرده وبالمقارنة مع الشاهد.
- 3- التوسع بدراسة تأثير الزنك (ZnSO_4) والأوكسين (IAA) على نبات الفريز باستخدام تراكيز وأصناف مختلفة.

7. المراجع

References

7.1. المراجع العربية:

- أبو زيد، الشحات نصر. 2000. الهرمونات النباتية والتطبيقات الزراعية. الدار العربية للنشر والتوزيع، الطبعة الثانية، القاهرة، مصر.
- حسن، أحمد عبد المنعم. 2002. إنتاج الفريز، سلسلة محاصيل الخضر، تكنولوجيا الإنتاج والممارسات الزراعية المتطورة. الدار العربية للنشر والتوزيع، الطبعة الأولى، القاهرة، مصر.

7.2. المراجع الأجنبية:

- Abbas, J. A. and Ali, J. H. 2013.** Effect of media and Naphthalene acetic acid on rooting, growth and flowering of Carnation (*Dianthus caryophyllus* L). J. Agric. Sci., 10(3): 399-409.
- Abdollahi, M., Eshghi, S. and Tafazoli, E. 2010.** Interaction of paclobutrazol, boron and zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Selva). J. Biol. Environ. Sci., 4(11): 67-75.
- Abedy, A. 2001.** Effects of zinc sulfate and citric acid spray on fruit characteristics of tomato cultivar 'Urbana'. MSc. Thesis. Shiraz University. Iranian.
- Aburayyan, A., Nazer, I. and Qudeimat, E. 2004.** Effects of some fruit setting induction means on yield and fruit quality of strawberry grown under plastic house in the Jordan Valley. Dirasat Agricultural Sciences, 31(3): 296-301.
- Alkhateeb, A. A., Solliman, M. E., Mohasseb, H. A. A. and Shehata, W. F. 2014.** The role of hormones auxins in the IN-VITRO root formation of chandler strawberry (*Fragaria* × *ananssa* Duch). Int. J. Acad Res., 6(4): 225-230.
- Anderson, H. M. and Guttridge, C. G. 1982.** Strawberry truss morphology and the fate of higher-order flower buds. Crop Research, 22: 105-122.
- Andrew, C. 1996.** Encyclopedia Of Medicinal Plants. Paris, France.
- Anwar, W., Aziz, T., Naveed, F. and Sahi, S. T. 2010.** Foliar applied 2, 4-dichlorophenoxy acetic acid improved tomato growth and yield. Soil and Environment, 29(1): 77-81.

- Asrey, R., Jain, R. K. and Singh, R. 2004.** Effect of pre-harvest chemical treatment on shelf life of Chandler strawberry (*Fragaria x ananassa*). Indian J. Agri. Sci., 74(9): 485-487.
- Auld, D. S. 2001.** Zinc coordination sphere in biochemical zinc sites. Biometals, 14: 271-313.
- Avdeeva, Z. A. 2003.** Evaluation of new varieties of strawberry. Horticulture journal, 10: 112-116.
- Bakshi, P., Jasroyia, A., Wali, V. K., Sharma, A. and Bakshi, M. 2013a.** Influence of pre-harvest application of calcium and micro-nutrients on growth, yield, quality and shelf-life of strawberry cv. Chandler. Indian Journal of Agricultural Sciences, 83(8): 831-835.
- Bakshi, P., Jasroyia, A., Wali, V. K., Sharma, A., Bakshi, M. and Kumar, R. 2013b.** Pre-harvest application of iron and zinc influences growth, yield, quality and runner production of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. Chandler. Indian Journal of Agricultural Sciences, 83(6): 0-0.
- Barker, A. V. 2006.** Nickel. In: (eds.) Barker, A.V. and Pilbeam, D. J. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press.
- Barrs, M. W. and Weatherley, S. R. 1962.** Salinity in irrigated agriculture. Irrigation of Agricultural Crops, Amer. Soc. Agron. Monograph., 30: 1089-1142.
- Barwary, N. I., Nabi, H. S. and Atrushy, S. M. 2018.** Effect of Foliar Application of GA3 and Zinc on Growth, Yield and Quality of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. Tioga. Kufa Journal for Agricultural Science, 10(3): 1-15.

- Batlang, U. 2008.** Benzyl adenine plus gibberellins (GA4+7) increase fruit size and yield in greenhouse-grown hot pepper (*Capsicum annuum* L.). J. Biol. Sci., 8: 659-662.
- Beerh, O. P. and Siddappa, G. S. 1959.** A rapid spectrophotometric method for the detection and estimation of adulterants in tomato ketchup. Food Technology, 13: 414-418.
- Benne, R. 1975.** Industriemäßige Erdbeer-produktion. VEB. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- Benne, R. 1983.** Erdbeere, Rationell produzieren. VEB. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin.
- Bhat, A., Sharma, R. M., Singh, A. K. and Massodi, F. A. 2005.** Performance of strawberry (*Fragaria x ananassa*) cultivars under Jammu subtropics. Progressive Hortic., 37(1): 163-165.
- Bhautkar, M. Y. 1994.** Effects of growth regulators on the growth and yield of strawberry. Journal of Maharashtra Agricultural Universities, 19(2): 295-296.
- Bonheure, D. and Willson, K. C. 1992.** Mineral nutrition and fertilizers. In: Willson, K. C. and Clifford, M. N., Eds. Tea cultivation to consumption. Chapman and Hall, Pp, 269-330.
- Borrell, A. K, Jordan, D., Mullet, J., Klein, P., Klein R., Nguyen, H., Rosenow, D., Hammer, G., Douglas, A. and Henzell, B. 2008.** Discovering stay-green drought tolerance genes in sorghum: a multidisciplinary approach. 14th Australian Agronomy Conference, Adelaide, Australia Borrell.
- Bosco, C. D., Alexander, D., Xing, L., Nina, W., Atiana, R., Margitta, E., Stefan, E., Jan, E., Ivan, A. P., Benedetto, R., Heberle, B. and**

- Callis, J. 2005.** Figure, shoots, roots and fruits. The effect of auxin on plant growth. *Nature Journal*, 435: 436-437.
- Botersky, E. N., Brakharove, V. N. and Rodenof, B. A. 2004.** Strawberry. Ed finix, 94.
- Bowler, C., Vancamp, W., Vanmontagu, M., Inzé, D. and Asada, K. 1994.** Superoxide dismutase in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 13(3): 199-218.
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I. and Lux, A. 2007.** Zinc in plants. *New phytologist*, 173(4): 677-702.
- Buchanan, B. B., Gruissem, W. and Jones, R. L. 2000.** Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Amer. Soc. Plant Physiologists, Rockville, MD.
- Cakmak, I. 2000.** Tansley Review No. 111 Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *The New Phytologist*, 146(2): 185-205.
- Celso, L. M., Alessandra, L. A., Waldir, A. M. and Washington, L. 2002.** 1-Methylcyclopropene delays tomato fruit ripening. *Horticultura Brasileira*, 20(4), 659-663.
- Chandler, C. K., Legard, D. E. and Sims, C. A. 1997.** Rosa Linda'Strawberry. *HortScience*, 32(6): 1134-1135.
- Chandler, C. K., Legard, D. E., Dunigan, D. D., Crocker, T. E. and Sims, C. A. 2000.** Strawberry festival 'strawberry. *HortScience*, 35(7): 1366-1367.
- Chandler, S. 1995.** The nutritional value of bananas. In: Bananas and Plantains. Gowen, S. (ed). Chapman & Hall, London, Pp, 468-480.

- Chaplin, M. H. and Westwood, M. N. 1980.** Relationship of nutritional factors to fruit set. *Journal of Plant Nutrition*, 2(4): 477-505.
- Chaturvedi, O. P., Singh, A. K., Tripathi, V. K. and Dixit, A. K. 2005.** Effect of zinc and iron on growth, yield and quality of strawberry cv. Chandler. *Acta Hort.*, 696: 237-240.
- Chaubey, L. K. and chatuarved, D. N. 1982.** Effect of growth regulators on the quality of tomato fruits. *Sou. Ind. Hort.*, 35(2): 303-306.
- Chen, J. T. and Hemson, P. 2001.** Summer tomato production using fruit-setting hormones. AVRDC International Cooperators' Guide, AVRDC pub, 1-511.
- Choudhury, S., Islam, N., Sarkar, M. D. and Ali, M. A. 2013.** Growth and yield Sammer Tamatoes Influenced by plant Regulators. *International Journal of Sustainable Agriculture*, 5(1): 25-28.
- Christensen, P. 2005.** Foliar fertilization in vine mineral nutrient management programs. *American Society of Enology and Viticulture*, Davis, CA. Pp, 83-90
- Chvyl, N. A. and Williams, C. M. J. 2006.** Effect of molybdenum foliar sprays on yield, berry size, seed formation, and petiolar nutrient composition of "Merlot" Grapevines. *Journal of Plant Nutrition*, 24 (11): 1891-1916.
- Civello, P. M., Powell, A. L., Sabehat, A. and Bennett, A. B. 1999.** An expansin gene expressed in ripening strawberry fruit. *Plant Physiology*, 121(4): 1273-1279.
- Crosier, A., Kamiya, Y., Bishop, G. and Yokota, Y. 2000.** Biosynthesis of hormones and Selicitor molecules. In: Buchanan, B. B., Gruissem,

W. and Jones, R. L. (eds.). Biochemistry and molecular biology of plants, Rockville, USA: American Society of Plant Physiologists. Pp, 850-901.

Darrow, G. M. 1966. The strawberry History Breeding and physiology, Holt, Rinehart and Winston, New York (USA).

Davis, P. J. 2004. The plant hormones: their nature, occurrence and functions. In: Davis, P. J. (ed.). Plant Hormones. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. Pp, 1–15.

Dawood, Z. A. 2010. Effect of foliar spray of zinc and liquorice root extract on some vegetative and flowering growth parameters of two strawberry varieties (*fragaria x ananassa* duch). Mesopotamia journal of agriculture, 38: 151-152.

Dawood, Z. A. 2010. Effect of indole acetic acid and naphthlene acetic acid on growth and yield of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch) cv. HAPIL. Mesopotamia Journal of Agriculture, 38(2): 53-62.

Debnath, S. C., Siow, Y. L., Petkau, J., An, D. and Bykova, N. V. 2012. Molecular markers and antioxidant activity in berry crops: Genetic diversity analysis. Canadian journal of plant science, 92(6): 1121-1133.

Dennis, J. R. F. G., Lipecki, J. and Kiang, C. L. 1970. Effects of photoperiod and other factors upon flowering and runner development of three strawberry cultivare. Journal of the American Society of Horticultural Science, 95: 750-4.

Desmet, I., Tetsumura, T., Derybel, B., Dittfrey, N. F., Laplaze, L., Casimiro, I. and Inzé, D. 2007. Auxin-dependent regulation of lateral root positioning in the basal meristem of Arabidopsis. Development, 134(4): 681-690.

- Devlin, R. M .1975.** Plant Physiology. third Edition. Van, D. Nostrand Company. New York.
- Dixi, C. X. and Gamdagin, R. 1978.** Effect of foliar application of zinc and iron chlorsis and yield of Kinnow. Pro. Hort. Sci., 10(1): 13-19.
- Dobrolyubskij, O. K., Strakhov, V. G. and Tanurkov, G. R. 1981.** Effect of microfertilizers on yield and quality of grape in Ukrainian south. Agrokhimiya (USSR).
- Epstein, E. and Bloom, A. J. 2004.** Mineral nutrition of plants: principles & perspectives, (2nd Ed.). Eds. Lavoisier. Pp, 400.
- FAO, 2012.** Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT. 2012. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- FAO, 2014.** FAOSTAT Agricultural statistics database. <http://www.FAO.org>.
- Fayed, T. A. 2010.** Optimizing yield, fruit quality and nutration status of Roghiani olives grown in Libia using som organic extracts. Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants, 2(2): 63-78.
- Filella, I., Serrano, L., Serra, J. and Penuelas, J. 1995.** Evaluating wheat nitrogen status with canopy reflectance indices and discriminant analysis. Crop Science, 35(5): 1400-1405.
- Focus, F. 2003.** The Importance of Micronutrients in the Region and Benefits of including them in Fertilizers. Agrochemicals Report, 111(1): 15-22.
- Follett, R. H., Murphi, L. and Donahue, R. 1995.** Micronutrients in Fertilizers and soil Amendment O. M. Univer. Press. Pp, 393-574.

- Foyer, C., Leegood, R. and Walker, D. 1982.** What limits photosynthesis? *Nature*, 25: 298-326.
- Frohn, B. 2007.** Lexikon der Heilpflanzen, Weltbild Buchverlag: Augsburg, 537-538.
- Galletta, G. J. and Bringham, R. S. 1990.** Strawberry management. In: Gene, J. G. and David, H., Eds. Small fruit crop management. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, Pp, 96-97.
- Gemici, M., Bengü, T. and Kit, T. 2006.** Effects of 2, 4-D and 4-CPA on yield and quality of the tomato, (*Lycopersicon esculentum* Miller). *Journal of the Faculty of Science*, 29: 24-32.
- Graham, H. D. and Ballesteros, M. 2006.** Effect of plant growth regulators on plant nutrients. *J. Food Sci.*, 45(3): 502-505.
- Graham, R. D., Ascher, J. S. and Hynes, J. S. 1992.** Selecting zinc-efficient cereal genotypes for soils low in zinc status. *Plant and Soil*, 146: 241-250.
- Gurmani, A. R., Khan, S. U., Andaleep, R., Waseem, K. and Khan, A. 2012.** Soil application of Zinc improves growth and yield of Tomato. *Inter.J. of Agric. And Bio.*, 14(1): 91-96.
- Hafeez, B., Khanif, Y. M. and Saleem, M. 2013.** Role of zinc in plant nutrition-a review. *American journal of experimental Agriculture*, 3(2): 374-391.
- Hardenburg, R. E., Watada, A. E. and Wang, C. Y. 2004.** The commercial storage fruits, vegetables, and florist stocks. United State Department Of Agriculture. agriculture handbook no., 66. strawberry, pp, 418-420.

- Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K. and Bohnert, H. J. 2000.** Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 51: 463-499.
- Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L. and Nelson, W. L. 2005.** Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management (No. 631.422/H388). New Jersey: Pearson prentice hall.
- Himelrick, D. G. and Dozier. W. A. 1991.** Soil fumigation and soil solarization in strawberry production. *Adv. Strawberry Prod.*, 10: 12-28.
- Hopkins, W. G. and Hüner, N. P. A. 2004.** Introduction to Plant Physiology, 3rd Edition. John Wiley and sons. Inc. 111 River street, Hoboken, NJ, 07030. USA.
- Hunter, J. J., Skrivan, R. and Ruffner, H. P. 1994.** Diurnal and seasonal physiological changes in leaves of *Vitis vinifera* L.: CO₂ assimilation rates, sugar levels and sucrolytic enzyme activity. *Vitis*, 33(4): 189-195.
- Isam, A., Zain, H., Aziz, A., Zain, A. M. and Wan, A. Y. 2012.** The influence of exogenous hormone on the flowering and fruiting of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch). *Journal of Biology Agriculture and Healthcare*, 2(4): 46-52.
- Jackson, M. L. 1985.** Soil Chemical Analysis-Advanced Course, 2nd edn. M.L. Jackson, Madison, WI.
- Jahn, O. L. and Dana, M. N. 1996.** Dormancy and growth of the strawberry plant. In *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, (89): 322-330.

- Jindal, K. K., Shama, R. C. and Rehalia, A. S. 2004.** Mulching influences plant growth and albinism disorder in strawberry under subtropical climate. *Acta Hort.*, 662: 187-191.
- Jones, J. B., Wolf, B. and Mills, H. A. 1991.** Methods of Elemental Analysis (Chapter 4) pp27-38. In: *Plant Analysis Handbook*. Micro Macro Publishing, Inc. 183 Paradise Blvd., Suite 108, Athens, Georgia.
- Kandil, E. A., Fawzi, M. I. F. M. and Shahin, F. M. 2010.** The effect of some slow release nitrogen fertilizers on growth, nutrient status and fruiting of "Mit Ghamr" peach trees. *Journal of American Science*, 6(12): 195-201.
- Kanupriya, 2002.** Crop scan (Strawberry). *Agriculture today*, 4: 8-49.
- Kataoka, K., Yashiro, Y., Habu, T., Sunamoto, K. and Kitajima, A. 2009.** The addition of gibberellic acid to auxin solutions increases sugar accumulation and sink strength in developing auxin-induced parthenocarpic tomato fruits. *Scientia Horticulturae*, 123(2): 228-233.
- Kaur, B., Kaur, A. and Kaur, K. 2018.** Influence of various growth regulators and cacl2 on yield and quality in strawberry cv. Chandler. *American Journal of Research*, 8: 4-14.
- Kaya, C., Tuna, A. L. and Yokas, I. 2009.** The role of plant hormone in plants under salinity stress. In: Ashraf, M., Ozturk, M. A. and Athar, H. R., EDS. *Salinity and water stress: improving crop efficiency. Tasks for vegetation sciences*, 34(44): 45-49.
- Kazemi, M. 2014.** Influence of foliar application of iron, calcium and zinc sulfate on vegetative growth and reproductive characteristics of strawberry cv. 'Pajaro'. *Trakia Journal of Sciences*, 12(1): 21-26.

- Kempler, C., Vanzinderenbakker, E., Shaw, K. and Newnham, A. 1991.** An evaluation of the nutrient film technique for growing strawberries in greenhouse environment. The 21st Century Gardener, 5(6): 28-38.
- Kessel, C. 2006.** Strawberry Diagnostic workshops: Nutrition. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Khan, M. M. A., Gautam, C., Mohammad, F., Siddiqui, M. H., Naeem, M. and Khan, M. N. 2006.** Effect of gibberellic acid spray on performance of tomato. Turkish Journal of Biology, 30(1): 11-16.
- Khunte, S. D., Kumar, A., Kumar, V., Singh, S. and Saravanan, S. 2014.** Effect of plant growth regulators and organic manure on physico-chemical properties of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler. International Journal of Scientific Research and Education, 2(7): 1424-1435.
- Kjeldahl, C. 1883.** A new method for the determination of nitrogen in organic matter. Z Anal Chem, 22, 366.
- Klamkowski, K. and Treder, W. 2008.** Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, 16: 179-188.
- Komaratchi, R., Narayanan, K. M. W. and Poovaiah, B. W. 1981.** Demonstration of auxin binding to strawberry fruit membranes. Plant Physiology, 68: 1289-1293.
- Kozma, P., Toth, M. and Suranyi, K. 1980.** Effet de la fumure phosphorique sur la teneur en zinc de la plantation dans le sol carbonate sableux entre le Danube et la Tisza 5th Coll.intern. Contr. Nutr, Pl cult, 608-613.

- Kumar, R., Sharma, N., Jamwal, M., Sharma, R. M., Singh, D. B. and Parmar, A. M. 2012.** Production and Economic studies of PBRs treated strawberry (*Fragaria x Ananassa* Duch) cv. Sweet Charlie. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science, 12(12): 1543-1547.
- Kumra, R., Reena, S. S., Bakshi, P., Kumar, A., Singh, M. and Kumar, V. 2018.** Influence of plant growth regulators on strawberry. International Journal of Chemical Studies, 6(1): 1236-1239.
- Larson, K. D. 1994.** Strawberry. In: Schaffer, B. and Andersen. P. C., EDS. Handbook of Environmental Physiology of Fruit Crops. Vol. I. Temperate Crops, Boca Raton, FL: CRC Press, Pp, 271-297.
- Laugale, V. and Bite A. 2006.** Fresh and processing quality of different strawberry cultivars for Latvia, Acta Horticultura, 708: 333–336.
- Lieten, F. 2003.** Zinc Nutrition of strawberries grown on Rock wool. Acta Hort., 866(1): 1133-1136.
- Liu, D. J., Chen, J. Y. and Lu, W. J. 2011.** Expression and regulation of the early auxin-responsive Aux/IAA genes during strawberry fruit development. Molecular biology reports, 38(2): 1187-1193.
- Lolaei, A., Rezaei, M. A., Raad, M. K. and Kaviani, B. 2012.** Effect of paclobutrazol and sulfate zinc on vegetative growth, yield and fruit quality of strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch. cv. Camarosa). Annals of Biological Research, 3(10): 4657-4662.
- Ludwick, L. 2000.** Fertilizing for quality. Regional news letter. Potash and Phosphate institute (PPI), Canada.
- Mahnaz, A., Saeid, E. and Enayat, T. 2010.** Interaction of paclobutrazol, boron and zinc on vegetative growth, yield and fruit

- quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch. cv. Selva). Journal of Biology and Environment Science, 4: 67-75.
- Masny, A., Zurawicz, E. and Basak, A. 2002.** Super influence of 'Betokson' (BNOA) and other growth regulators on yield and quality in strawberry. Acta Horticulturae, 567: 467-470.
- May, G. M. and Pritts, M. P. 1993.** Phosphorus, Zinc, and Boron Influence Yield Components in Earliglow 'Strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science, 118(1): 43-49.
- Mehraj, H., Hussain, M. S., Parvin, S., Roni, M. Z. K. and Jamal-Uddin, A. F. M. 2015.** Response of repeated foliar application of boron-zinc on strawberry. Int. J. Expt. Agric., 5(1): 21-24.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001.** Principles of plant Nutrition, 5th edition 15BN 0-7973-7150-x.
- Michel, J. V., Sonsteby, A. and Grimstad, S. O. 2006.** Influences of day and night temperatures on flowering of (*Fragaria x Ananassa* Duch.), cvs. Korona and Elsanta, at different photoperiods. Scientia Horticultureae, 112(2): 200-206.
- Mir, M. M., Barche, S. and Singh, D. B. 2004.** Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Sweet Charlie. Applied Biological Research, 6(1/2): 48-51.
- Mishra, A. K., Kumar, S., Verma, S., Dubey, S. K. and Dubey, A. K. 2016.** Effect of zinc sulphate, boric acid and iron sulphate on vegetative growth, yield and quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Chandler. The Bioscan An International Quarterly journal of life science, 11(4): 2222-2225.

- Miyazawa, Y., Nakajima, N., Abe, T., Sakai, A., Fujioka, S., Kawano, S., Kuroiwa, T. and Yoshida, S. 2003.** Activation of cell proliferation by brassinolide application in tobacco BY-2 cells: effects of brassinolide on cell multiplication, cell-cycle-related gene expression, and organellar DNA contents. *Journal of experimental botany*, 54(393): 2669-2678.
- Modoran, L., Pattantyus, k. and Iluta, I. 1982.** Effect of treatments with chemical substances on nectar secretion, pollen germination and stimulation of fruit set in the sour cherry cultivars Crisana and Mocanesti. *Plant Growth Regulators Abstracts*, 8(2).
- Moghadam, H. R. T., Zahedi, H. and Ashkiani, A. 2013.** Effect of zinc foliar application on auxin and gibberellin hormones and catalase and superoxide dismutase enzyme activity of corn (*Zea mays* L) under water stress. *Maydica*, 58(34), 218-223.
- Montestith, J. L. 1972.** Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *J. Appl. Ecol.*, 9: 744-766.
- Moore, T. C. 1989.** *Biochemistry and physiology of plant Hormones*, 2nd Edition Springer-Verlag, New York, Inc.
- Moreira, A. and Fageria, N. K. 2009.** Yield, Uptake, and Retranslocation of Nutrients in Banana Plants Cultivated in Upland Soil of Central Amazonian. *Journal of Plant Nutrition*, 32 (3): 443-457.
- Morgan, L. 2005.** Hydroponic strawberry production. (NZ) LTD, Pp, 120.
- Motesharezade, B., Malakuty, M. J. and Nakhoda, B. 2011.** Effects of N, ZnSO₄ and B sprays on photochemical efficiency of sweet cherry. *Hort. Newsletter*, 12: 106-111.

- Mousavi, S. R. 2011.** Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Australian J. Bas. Appli. Sci.*, 5(9): 1503-1509.
- Munirah, N., Khairi, M., Nozulaidi, M. and Jahan, M. 2015.** The effects of zinc application on physiology and production of corn plants. *Australian journal of basic and applied sciences*, 9(2), 362-367.
- Novak, O., Hényková, E., Sairanen, I., Kowalczyk, M., Pospíšil, T. and Ljung, K. 2012.** Tissue-specific profiling of the *Arabidopsis thaliana* auxin metabolome. *The Plant Journal*, 72(3): 523-536.
- Oszmianski, J. and Wojdyło, A. 2009.** Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of strawberry puree, clear, and cloudy juices. *European Food Research and Technology*, 228(4): 623-631.
- Ozga, J. A. and Reinecke, D. M. 2003.** Hormonal interactions in fruit development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 22(1): 73-81.
- Pahlow, M. 2004.** *Das grosseBuch der Heilpflanzen*, Weltbild Verlag: Augsburg, 123-125.
- Palei, S., Das, A. K., Sahoo, A. K., Dash, D. K. and Swain, S. 2016.** Influence of plant growth regulators on strawberry (*Fragaria x ananassa*) cv. Chandler under Odisha condition. *International Journal of Recent Scientific Research*, 7(4): 9945-9948.
- Pandolfini, T., Rotino, G. L., Camerini, S., Defez, R. and Spena, A. 2002.** Optimisation of transgene action at the post-transcriptional level: high quality parthenocarpic fruits in industrial tomatoes. *BMC biotechnology*, 2(1): 1.
- Patel, V. B. and Chadha, K. L. 2002.** Effect of sampling time on the petiole nutrient composition in grape (*Vitisvinifera* L.) *Indian J. Hort.*, 59(4): 349-354.

- Pollard, A. S., Parr, A. J. and Loughman, B. C. 1977.** Boron in relation to membrane function in higher plants. *J. Exp. Bot.*, 28: 831–841.
- Poovaiah, B. W. and Veluthambi, K. 1985.** Auxin-regulated invertase Activity in strawberry fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 110(2): 258-261.
- Pua, E. C. and Davey, M. R. 2007.** Biotechnology in agriculture and forestry. *Transgenic crops*, V. Springer Berlin Heidelberg, 60: 309-328.
- Raab, T., López-Ráez, J. A., Klein, D., Caballero, J. L., Moyano, E., Schwab, W. and Muñoz-Blanco, J. 2006.** FaQR, required for the biosynthesis of the strawberry flavor compound 4-hydroxy-2, 5-dimethyl-3 (2H) - furanone, encodes an enone oxidoreductase. *The Plant Cell*, 18(4): 1023-1037.
- Rahman, M. M., Sahadat, M., Rahul, S., Roni, M. Z. K. and Uddin, J. 2016.** Effect of Pre-harvest B and Zn Spray on Yield and Quality of Strawberry. *Int. J. Bus. Soc. Sci. Res.*, 5(1): 41-46.
- Ranganna, S. 1977.** Manual of analysis fruits and vegetables. Tara-McGraw Hill, New Delhi, 1-3.
- Ranji, G. and Das, P. 2003.** Effect of metal toxicity on plant growth and metabolism: 1- Zinc. *Agronomic*, 23: 3-11.
- Romheld, V. and Loneragan, J. F. 1982.** Zinc in membrane function and its role in phosphorus toxicity. in *A.Scife Plant Nutrition. Proceeding of the Ninth International Plant Nuterition Colloquium*, Warwick University, England. Pp, 710.
- Rossignol, M., Santoni, V., Szponarski, W. and Vansuyt, G. 1990.** Differential sensitivity to auxin at the plasma membrane level. In *Progress in plant cellular and molecular biology* Springer, Dordrecht. (pp. 498-503).

- Rutkowski, P. K., Kruczynska, D. E. and Zurawicz, E. 2006.** Quality and shelf life of strawberry cultivars in Poland. *Acta Horticultura*, 708: 329–332.
- Saima, Z., Sharma, A., Umar, I. and Wali, V. K. 2014.** Effect of plant bioregulators on vegetative growth, yield and quality of strawberry c. Chandler. *Academic Journals*, 9(22): 1694-1699.
- Salisbury, F. B. and Ross, C. W. 1992.** Plant physiology 4th edition. Wadsworth Publishing Company. California. USA.
- Sasaki, H., Yano, T. and Yamasaki, A. 2005.** Reduction of high temperature inhibition in tomato fruit set by plant growth regulators. *Japan Agricultural Research Quarterly.*, 39(2): 135-138.
- Sawan, Z. M., Mahmoud, M. H. and El-Guibali, A. H. 2008.** Influence of potassium fertilization and foliar application of zinc and phosphorus on growth, yield components, yield and fiber properties of Egyptian cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Journal of Plant Ecology*, 1(4): 259-270.
- Sergieva, 1984.** Fruit production guide. Kollos, Moskow, Russian, Ed: 320.
- Shan, S., Liu, G., Li, S. and Miao, P. 2007.** Effect of IAA, GA3 and 6-BA applied in autumn on plant quality of strawberry. *Journal of Fruit Science*, 24(4): 545-548.
- Sharma, A. K. R. 2006.** Effect of plant growth regulator on yield and morphological traits Brinjal (*Solanum melongena* L). *Agric. Sci. Digest Karnal.*, 12(4): 219-220.
- Sharma, V. P. and Sharma, R. R. 2004.** The Strawberry. Indian Council of agricultural Research, New Delhi.

- Sillanpaa, M. 1982.** Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study. FAO soils bulletin 48. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Sillanpaa, M. 1990.** Micronutrient assessment at the country level: a global study. FAO soils bulletin 63. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Singh, A. and Singh, J. N. 2005.** Flowering fruiting and yield responses to plant bio-regulators of strawberry cv. Sweet Charlie. *Environment and Ecology*, 23(4): 714-716.
- Singh, S. 2006.** Grapevine nutrition. Agronomist-Yandilla Park-South Australia.
- Sochanisky and Leflandsky. 1999.** Encyclopedia of food Nutrition. Dom Niva, Moskow, Russian, (1): 791.
- Srivastava, P. C. and Gupta, U. C. 1996.** Essential Trace Elements in Crop Production. In: Srivastava, P. C. and, Gupta, U. C., Eds. Trace Elements in Crop Production. New Delhi, India: Oxford and IBH Publishing Cop. Pvt. Ltd., Pp, 73-173.
- Staudt, G. 1989.** The species of *Fragaria*, their taxonomy and geographical distribution. *Acta Hort.*, 265: 28.
- Stoyanov, S. and Velchev, V. 1976.** Effect of some auxin type growth regulators on the vegetative behaviour of strawberry plants cv. Gorella. *Ovoshcharstvo*, 56: 43-45.
- Sturm, K., Koron, D. and Stampar, F. 2003.** The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food chemistry*, 83(3): 417-422.

- Suga, H., Hirayama, Y., Suzuki, T., Kageyama, K. and Hyakumachi, M. 2013.** Development of PCR primers to identify *Fusarium oxysporum* f. sp. *Fragariae*. *Plant Dis.*, 97(5): 619-625.
- Taiz, L. and Zeiger, D. 2010.** *Plant Physiology*. Fourth Edition. Sinauer Associates Inc., Publishers Sunderland., MA., USA. pp: 782.
- Tandon, C. Y. 1995.** Microelements in soil, Crops and Fertilizers; A Sourcebook-cum-Directory, FDCO New Delhi, Pp, 62-93.
- Techawongstein, S. 1989.** The effect of NAA on fruit quality of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. Tioga. *Kaen Kaset Khon Kaen Agriculture Journal*, 17(1): 30-35.
- Tendon, H. L. S. 1993.** Methods of analysis of soils, plants, waters and fertilizers. Fertilization development and consultation organization, New Delhi. India. 2 edition, Pp, 138.
- Testoni A, Lovati F. and Nuzzi, M. 2006.** Evaluation of postharvest quality of strawberries in Italy. *Acta Horticultura*, 708: 355–358.
- Thakur, A. S., Jindal, K. K. and Sud, A. 1991.** Effect of growth substances on vegetative growth, yield and quality parameters in strawberry. *Indian Journal of Horticulture*, 48(4): 286-290.
- Torronen, R. and Maatta. K. 2002.** Bioactive substances and health benefits of strawberries. *Acta Horticulturae*, 576: 797-803.
- Turner, D. W. and Barkus, B. 1980.** Plant growth and dry-matter production of the ‘Williams’ banana in relation to supply of potassium, magnesium and manganese in sand culture. *Scientia Horticulturae*, 12(1): 27-45.

- Ullio, L. 2010.** Strawberry fertiliser guide. State of New South Wales through Department of Industry and Investment (Industry & Investment NSW). Primefact, 941: 1-9.
- Vallace, B. L. and Falchuk, K. L. 1993.** The biochemical basis of zinc physiology. *Physiological reviews*, 73(1): 79-118.
- Vanstraelen, M. and Benkov, G. E. 2012.** Hormonal interactions in the regulation of plant development. *Annual Review of Cell and Developmental Biology*, 10: 463-487.
- Verma, D. P. 1997.** Balanced fertilisation for sustainable productivity of tea. *Fertilizer News*, 42(4): 113-125.
- Villarreal, N. M., Martinez, G. A. and Marcos, C. P. 2009.** Influence of plant growth regulators on polygalacturonase expression in strawberry fruit. *Plant Science*, 176(6): 749-757.
- Welch, R. M. 1995.** Micronutrient nutrition of plants. *Critical reviews of plant science*, 14: 49–82.
- Westwood, M. N. 1993.** Temperate Zone Pomology. W.H. Freeman and Company, San Francisco. Pp, 282.
- Whitaker, V. M., Santos, B. M. and Peres, N. A. 2012.** University of Florida strawberry cultivars. University of Florida IFAS Extension HS1199, 1-4.
- Wilkins, M. B. 1984.** Advanced Plant Physiology. Pitman publishing Limited, 128 Long Acre, London WC2E 9AN. U.K.
- Wright, K. P. and Kader, A. A. 1997.** Effect of slicing and controlled-atmosphere storage on the ascorbate content and quality of strawberries and persimmons. *Postharvest Biology and Technology*, 10(1): 39-48.

- Xiao, Y., Huang, J. C. and Li, H. B. 1998.** Study on the effect of NAA and boron on the fruit growth and development of strawberry. South China Fruits, 27(4): 35-36.
- Yadav, I., Singh, J., Meena, B., Singh, P., Meena, S., Neware, S. and Patidar, D. K. 2017.** Strawberry yield and yield attributes after application of plant growth regulators and micronutrients on cv. Winter dawn. Chemical Science Review and Letters, 6(21): 589-594.
- Yagodin, B. A. 1989.** Microfertilizer; in Agrochemistry, red. 2ed Moscow. (in Russ), Pp, 320-346.
- Zhao, Y. 2007.** Berry Fruit. print in the United States of America on acide-free paper, Pp, 430.