مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
مجلد 42 العدد 3(2026): 259-272

Damascus University Journal for Agricultural Sciences Vol 42-No.3 (2026): 259-272

تأثير الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك في بعض مؤشرات النمو وإنتاجية نبات الفليفلة الصنف البلدي

رنا أحمد الشحود[1]*

1-دكتورة في قسم علوم البستنة، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
rana.alshahoud@damascusuniversity.edu.sy

الملخص:

أجريت الدراسة على نبات الفليفلة الصنف البلدي في كلية الزراعة- جامعة دمشق- بهدف دراسة تأثير الرش الورقي بتراكيز مختلفة من خل الخشب (1، 2، 3 مل/ليتر) وحمض الهيومك بتركيز (1، 2، و3 مل/ليتر) في نمو وإنتاجية نبات الفليفلة على اعتبار أن الشاهد بدون رش.

بينت نتائج الدراسة أن الرش الورقي بخل الخشب أدى إلى تحسين جميع المؤشرات النمو المورفولوجية (ارتفاع النبات (سم)، عدد الأوراق (ورقة/النبات)، المساحة الورقية (سم2/النبات) ومؤشرات الإنتاجية (عدد الأزهار (زهرة/النبات)، عدد الثمار (ثمرة/النبات)، نسبة العقد %، متوسط وزن الثمرة (غ)، إنتاجية النبات كغ/النبات، حيث بلغ متوسط إنتاجية النبات (2.64 كغ/النبات)، بالمقارنة مع (1.85 كغ/النبات) في معاملات حمض الهيومك و(1.06 كغ/النبات) في الشاهد. كما تبين ازدياد محتوى الثمار من فيتامين C ونسبة المواد الصلبة الذائبة (TSS%) ونسبة المادة الجافة بالمقارنة مع معاملات الرش الورقي بحمض الهيومك والشاهد. بينما لم نلاحظ وجود فروق معنوية بين خل الخشب والهيومك مقارنةً بالشاهد من حيث محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، و A و B، حيث أدى تطبيق المعاملتين (2، و3 مل/ل) من خل الخشب والمعاملة (1 مل/ل) حمض الهيومك إلى زيادة معظم المؤشرات المدروسة بالمقارنة مع الشاهد.

الكلمات المفتاحية: الفليفلة، خل الخشب، حمض الهيومك، TSS% المواد الصلبة الذائبة، فيتامين C، الكلوروفيل.

تاريخ الإيداع: 2024/04/21
تاريخ القبول: 2024/07/02

حقوق النشر: جامعة دمشق - سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

The Effect of Foliar Spraying With Wood Vinegar And Humic Acid on Some growth indicators and productivity of Pepper Plants, The Local Variety.

Rana Ahmad ALShhooud[1*]
1-Teacher, Department of Horticulture Science, Faculty of Agriculture, DamascusUniversity.
rana.alshahoud@damascusuniversity.edu.sy

Received: 21/04/2024
Accepted: 02/07/2024

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a
CC BY- NC-SA

Abstract:

The study was conducted on the local pepper plant at the Faculty of Agriculture - Damascus University - with the aim of studying is the effect of foliar spraying with different concentrations of Wood vinegar (1, 2, 3) ml/liter and Humic acid at a concentration of (1, 2, and 3) ml/liter on The growth and productivity of pepper plants, considering that the control is without spraying.
The results of the study showed that foliar spraying with wood vinegar improved all morphological growth indicators (plant height (cm), number of leaves (leaf/plant), leaf area (cm2/plant)) and productivity indicators (number of flowers (flower/plant), number Fruits (fruit/plant), set percentage %, average fruit weight (g), plant productivity kg/plant, where the average plant productivity reached (2.64 kg/plant), compared to (1.85 kg/plant) in Humic acid treatments and (1.06 kg/plant) in the control. It was also shown that the fruit content of vitamin C, the percentage of soluble solids (TSS%) and the percentage of dry matter increased compared to the foliar spray treatments with Humic acid and the control.
While we did not notice any significant differences between wood vinegar and Humic acid compared to the control in terms of the leaves' content of total chlorophyll, A and B, the application of treatments (2 and 3 ml/l) of wood vinegar and treatment (1 ml/l) of Humic acid led to an increase in most The studied indicators compared with the control.

Keywords: Capsicum, Wood Vinegar, Humic Acid, TSS% Dissolved Solids, Vitamin C, Chlorophyll.

1-المقدمة والدراسة المرجعية:

يعد نبات الفليفلة من نباتات العائلة الباذنجانية Solanaceae وهو ثالث أهم المحاصيل الخضرية بعد البندورة والباذنجان، ينتمي إلى الجنس Capsicum والذي يضـم أكثر من 30 نوع، منها النوع C. annum، تعد المناطق الشـمالية من أمريكا الجنوبية والمناطق الجنوبية من أمريكا الشمالية الموطن الأصـلي لنبات الفليفلة ومنها انتقلت إلى المكسيك والتي زُرع فيها قبل 6000 عام (Thang، 2007، 149)، تأتي أهمية نبات الفليفلة من القيمة الغذائية للثمار وذلك لغناها ببعض المركبات الهامة مثل الأصـبغة النباتية (Villa- lutein, B-Carotene, B-cryptoxathin, eaxanthin, violaxanthin ,capsaicin, capsanthin , capsorubin) (Rivera و Ochoa-Alejo، 2020، 5573) ومركبات الـ Capsaicin المسؤول عن الطعم في الثمار (Al-Taey، 2018، 479) بالإضـافة إلى احتوائها على كربوهيدرات وبروتينات ونسبة قليلة من الدهون، وغناها بالعناصـر المعدنية (البوتاسيوم، الصـوديوم، الكالسـيوم، المغنيزيوم، والحديد، والفوسـفور)، كذلك مصـدر جيد لفيتامينات B6، A ومحتوى عالي من فيتامين C بنسـب (5 ملغ/100غ) (Ewulo وزملاؤه، 2008، 612)، كذلك مصدر لمضادات الأكسدة التي تحارب الأمراض السرطانية (Lee وزملاؤه، 2005، 341).

تتجه الزراعة الحديثة إلى استبعاد الاسمدة الكيميائية، ومنظمات النمو والمبيدات الكيميائية لما لها من تأثير سمي على صـحة الأنسان والحيوان والبيئة (Mehdizadeh وزملاؤه، 2022، 1) وتركز الابحاث والدراسات الحديثة على استخدام الأسمدة العضوية والمسـتخلصـات الطبيعية بهدف الحفاظ على البيئة والحصـول على منتج صـحي أمن على صـحة الإنسـان (Slomy وزملاؤه، 2019، 371).

ومن المركبات العضـوية المسـتخدمة حديثاً، خل الخشـب الذي يسـتخدم في الزراعة العضـوية رشـاً على النبات لتحسـين نموها وانتاجيتها، فهو مستخلص عضوي تم الحصول عليه عن طريق التكثيف وفصل الغاز الناتج أثناء الانحلال الحراري وتفحيم الكتلة الحيوية. وهو خليط من مختلف المواد العضـــوية (Mungkunkamchao وزملاؤه، 2013، 66)، وأهمها الأحماض والفينولات، وكذلك الألدهيدات والكيتونات والكحولات، الاسترات، والعناصر المعدنية مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم والحديد (Grewal وزملاؤه، 2018، 152).

حديثاً، تم استخدام خل الخشب كسماد ورقي ومنظم لنمو النبات في الزراعة والإنتاج (Mohan وزملاؤه، 2006، 848) وقد أظهرت الدراسـات البحثية السـابقة على بذور اللفت أن خل الخشـب له التأثير الأكثر وضـوحًا على نمو الجذور وزيادة مسـاحة الأوراق والإنتاج (Gu وزملاؤه، 2020، 453) فهو يؤثر كمضادات أكسدة طبيعية، بالإضافة إلى الأحماض العضوية والفينولات الموجودة في خل الخشب والتي تؤثر أيضًا في الأنشطة الفيزيولوجية للنباتات، يمكن أن تعزز نمو النبات وتعزيز مقاومة النبات بشكل فعال في ظل الظروف غير المواتية (الإجهادات) (Sun وزملاؤه، 2017، 547 & Dissatian وزملاؤه، 2018، 371).

ووجد أن خل الخشب له استخدامات عديدة في مجال الزراعة حيث يستخدم كمخصب للتربة فهو يسرع من نمو الجذور والسيقان والدرنات والأوراق، ويستخدم أيضاً في تحسين نمو وإنتاجية النباتات (Mungkunkamehao وزملاؤه، 2013، 66) وله دور كبيرة في مكافحة الأمراض في الزراعات العضـوية، حيث يعمل كدرع حماية من الآفات المختلفة الفطرية والحشـرية، فقد أظهرت الكثير من الدراســات أن لخل الخشــب أهمية في تخفيف أثر الإجهادات المختلفة ومن أهمها الإجهاد الملحي على النباتات المعاملة به بالإضافة إلى دوره الفعال في التخفيف من شدة إجهاد الأكسدة وتنشيط مضادات الأكسدة المختلفة مثل حمض البرولين وغيرها من مضـادات الأكسدة الهامة في النباتات المجهدة (Zhu وزملاؤه، 2021، 510)، فقد بينت الدراسات أنه عند الرش بخل الخشب مع الفحم على نبات الفليفلة الحلوة، لوحظ زيادة ارتفاع النبات ومحتوى الأوراق من اليخضـور ومعدل التمثيل الضـوئي وتحسن طول الثمرة وسماكتها ومحتواها من المواد الصلبة الذائبة وحمض الأسكوربيك (Jeong وزملاؤه، 2006، 44).

كما يمكن استخدام الأحماض الدبالية والتي يمكن تعريفها بأنها معقدات غروية ناتجة عن تفكك المادة العضوية بفعل الأحياء الدقيقة وتسمى بالذهب الأسود، وتشمل حمض الهيومك وحمض الفولفيك والهيومين والتي تم تصنيفهما على أساس قابلية الذوبان في الماء بدلالة درجة الحموضة، وتشكل هذه الأحماض حوالي 70% من نسبة المادة العضوية (Yildirim، 2007، 182) يمكن تطبيق حمض الهيومك كمحسن للتربة ويعالج نقص المياه في النباتات بسبب زيادتها محتوى الماء في الأوراق، وزيادة التمثيل الضوئي، والتمثيل الغذائي لمضاد الأكسدة ونشاط الإنزيمات وبالتالي تحسين تحمل النبات للإجهاد (ALshareef وزملاؤه، 2018، 428).

كما تحسن من تهوية التربة، وخواصها وقوامها وزيادة المقدرة على مقاومة الجفاف، وتؤثر تأثير كيميائي من خلال تشكيل معقدات مخلبية مع العناصر المغذية لتسهيل دخولها إلى النبات، لما تتميز به من قدرة عالية على التبادل الأيوني، وزيادة مستويات النتروجين في التربة، بالإضافة إلى دورها في تشجيع عمليات الانقسام الخلوي في النبات وتنشيط النمو وزيادة إنبات البذور ونموها (Atiyeh وزملاؤه، 2002، 7).

ووجد (Jan وزملاؤه، 2020، 461) أن تطبيق الرش الورقي بحمض الهيوميك بتركيز 50غ/ل على نبات الفليفلة أدى إلى زيادة عدد الأوراق، والأفرع، وارتفاع النبات، وعدد الثمار (57.50 ثمرة/النبات) وإنتاجية النبات (204.5غ)، والإنتاج الكلي (3.93 طن/هكتار).

2-مبررات وأهمية البحث:

هناك اتجاه متزايد لزراعة نبات الفليفلة بسبب ارتفاع الطلب عليه من قبل المستهلكين بالإضافة إلى تحقيق أرباح عالية والمكانة التي يحتلها محصول الفليفلة من حيث المساحة والإنتاج ولحساسية نمو النبات لمختلف العوامل المناخية والأرضية ونظراً للدراسات الحديثة التي تظهر بأن خصوبة التربة يهددها انخفاض في محتواها من المادة العضوية دعت هذه الأمور إلى استخدام المخصبات العضوية لما لها من دور في تنشيط النمو وزيادة الإنتاج وتحسين نوعيته، وطبيعتها الآمنة للإنسان والبيئة والحصول على منتج صديق للبيئة خالي من الملوثات والمواد التي تضر بالصحة فكان هدف البحث: هو دراسة تأثير المخصبات العضوية (حمض الهيومك، وخل الخشب) في نمو وإنتاجية نبات الفليفلة.

3-أهداف البحث:

يهدف البحث إلى دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في الصفات المورفولوجية والمؤشرات الإنتاجية لنبات الفليفلة، ودراسة أفضل تركيز بالنسبة للمعاملات المدروسة.

4- مواد وطرائق البحث:

1- **المادة النباتية:** تم اختيار المادة النباتية وهو الصنف البلدي لنبات الفليفلة الحلوة، يتميز بأنه نبات قوي ومتوسط الكثافة الورقية، والثمار مكعبة طولية، ويمتلك مجموع الجذري جيد، وهو صنف محسن لدى شركة غوطة الشام.

2- **موقع البحث:** نفذت التجربة في جامعة دمشق - كلية الزراعة في مزرعة أبي جرش سنة 2022.

3- **تنفيذ البحث:** تمت زراعة البذور بتاريخ 2022/4/15 في صواني الفلين المملوءة بالتورب الزراعي المعروف بقدرته على الاحتفاظ بالرطوبة في البيت البلاستيكي، حيث زرعت بذرة واحدة في كل حجرة، تم متابعة عمليات الخدمة الزراعية من ري ومكافحة وتسميد حتى الحصول على الشتول الجاهزة للنقل للأرض الدائمة. تم تجهيز الأرض للزراعة من حراثة وإضافة للسماد العضوي المتخمر ومن ثم تخطيط الأرض لخطوط أحادية، حيث يبعد كل خط عن الأخر 60 سم، وكل نبات عن الأخر 70 سم. ثم تم نقل الشتول وزراعتها ضمن الخطوط وتقديم كافة الخدمات الزراعية من تسميد وري ومكافحة.

4-**المعاملات المدروسة:** تم استخدام المواد التالية في التجربة:

✓ خل الخشب هو سماد عضوي سائل من أصل نباتي 100% يتميز باحتوائه على الكربون العضوي بنسبة عالية 11.2% مع الأحماض العضوية، تم تطبيقه رشاً بتركيز (1، 2، و3) مل/ل على النبات.

✓ حمض الهيومك هو سماد عضوي فيه 11% كربون عضوي و35% وزن/وزن جاف مادة عضوية 12% وزن/حجم بالمية للوزن الرطب أحماض دبالية بالإضافة إلى وجود عناصر معدنية كبرى وصغرى على شكل شوائب، تم تطبيقه رشاً على النبات بتركيز (1، 2، و3) مل/ل على اعتبار الشاهد بدون معاملة.

تم تطبيق المعاملات بمعدل رشة كل 15 يوم وكررت المعاملات بفاصل زمني 15 يوم لمدة ثلاثة أشهر. حيث بلغ عدد المكررات ثلاثة لكل معاملة واحتوى المكرر على ست نباتات.

5-التصميم التجريبي والتحليل الإحصائي:

صُممت التجربة بطريقة القطاعات العشوائية البسيطة، حيث بلغ عدد المعاملات سبع معاملات وفي كل معاملة ثلاثة مكررات وكل مكرر فيه ست نباتات فيصبح عدد النباتات في التجربة: 7 معاملات* 3 مكررات* 6 نباتات = 123 نبات.

وحُللت النتائج إحصائياً باستخدام برنامج التحليل الإحصائي (SPSS.v17) حيث تم مقارنة المتوسطات للمعاملات المدروسة باستخدام اختبار (Fisher Test) عند مستوى ثقة 5%.

6-المؤشرات المدروسة:

1- ارتفاع النبات (سم): تم قياس ارتفاع النبات من سطح التربة حتى أعلى قمة نامية للنبات باستخدام المتر، حيث أخذت القراءة بعد 75يوماً من التشتيل.

2-عدد الأوراق المتشكلة (ورقة/النبات): تم إحصاء عدد الأوراق خلال مرحلة الإزهار الأعظمي (بعد 75 يوم من التشتيل).

3-عدد الأفرع الجانبية (فرع/النبات): تم عدد الأفرع الجانبية بطريقة العد المباشر كمتوسط لخمسة نباتات اختيرت عشوائياً من كل مكرر.

4- المساحة الورقية (سم2/النبات): تم أخذ خمس أوراق محيطية مكتملة النمو من خمس نباتات من كل مكرر وأخذ لها صور بواسطة جهاز الماسح الضوئي scanner بعد وضعها على ورقة A4 التي تم عليها بتحديد خط بطول 10 سم ثم قيست المساحة الورقية عن طريق برنامج معالجة الصور View scion image وقدرت المساحة الورقية بواحدة (سم2/ورقة).

5- عدد الأزهار (زهرة/النبات): تم عد الأزهار المتشكلة على النباتات المزروعة بمعدل خمس نباتات لكل مكرر في كل معاملة بمعدل كل يومين مرة لمعرفة عدد الأزهار الجديدة.

6- عدد الثمار العاقدة (ثمرة/النبات): تم جني الثمار العاقدة كل أسبوع مرة لمعرفة عدد الثمار الناتجة.

7- نسبة العقد %: تم حساب نسبة العقد من خلال حساب نسبة الأزهار العاقدة من الأزهار المتشكلة على النبات.

8- متوسط وزن الثمرة (غ/الثمرة): تم حساب وزن الثمار بوزن ثمار كل نبات على حدة باستخدام ميزان الكتروني حساس، وحسب المتوسط على أساس (غ/ثمرة).

9- الإنتاجية (كغ/النبات): بوزن ثمار كل نبات على حدة باستخدام ميزان الكتروني حساس، وحسب المتوسط على أساس (غ/النبات).

10-محتوى الأوراق من الكلوروفيل: تم استخلاص الكلوروفيل باستخدام محلول الأستون 80 % وحساب محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي وكلوروفيل A، B باستخدام جهاز سبيكتروفوتوميتر حسب (Arnon، 1949) وفق المعادلات التالية:

$$\text{Chlorophyll a (mg/g FW)} = 12.7 * A\,663 - 2.69 * A\,645 * (V/W*1000)$$
$$\text{Chlorophyll b (mg/g FW)} = 22.9 * A\,645 - 4.68 * A\,663 * (V/W*1000)$$
$$\text{Total chlorophyll (mg/g FW)} = 20.2 * A\,645 + 8.02 * A\,663 * (V/W*1000)$$

حيث V: حجم المستخلص، W: وزن العينة النباتية.

11-محتوى الثمار من فيتامين C (ملغ/100غ وزن رطب): حُسبت باستخدام حجم معين من عصير الثمار والمعايرة باستخدام صبغة 2-6- Dichloro phenol indophenol.

12-نسبة المواد الصلبة الذائبة TSS%: تم أخذ ثمار نباتين من كل مكرر على حدى وبعد عصر هذه الثمار، أخذ (1) مل من العصير ووضع على العين المخصصة ضمن جهاز الريفراكتوميتر بعد معايرته بالماء المقطر ثم أخذت القراءة على أساس النسبة المئوية %.

13- نسبة المادة الجافة للثمار %: بطريقة ثبات الوزن بالتجفيف حيث تم اختيار عشرين ثمرة بشكل عشوائي من كل مكرر في مرحلة النضج الاستهلاكي، ليتم وزنها قبل التجفيف وبعده وعليه تم حساب نسبة المادة الجافة في الثمار.

7- النتائج والمناقشة:

أولاً: دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في مؤشرات النمو المورفولوجية لنبات الفليفلة:

أوضحت النتائج في الجدول (1) دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في مؤشرات النمو المورفولوجية لنبات الفليفلة، فقد بينت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بالنسبة لارتفاع النبات (سم) بين معاملات الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك بالمقارنة مع الشاهد، فقد بلغ متوسط ارتفاع النبات (85.61، و84.18 سم) على الترتيب بالمقارنة مع الشاهد (69.67 سم). ولوحظ أيضاً تفوق التركيزين (2، و3 مل/ل) خل خشب على الترتيب (89.50، 88.33 سم) بالمقارنة مع المعاملة (1مل/ل) التي بلغ فيها متوسط ارتفاع النبات (79 سم). في حين لوحظ أن افضل معاملة بالنسبة لحمض الهيومك كانت (1مل/ل) والتي بلغ فيها متوسط ارتفاع النبات (90.55 سم) مقارنة مع (2، و3 مل/ل) على الترتيب (81.83، و80.17 سم).

وأظهرت النتائج الجدول أيضاً تفوق معاملة الرش الورقي بخل الخشب من حيث عدد الأوراق والتي بلغت (413.83 ورقة/النبات) مقارنةً مع الشاهد (279.5 ورقة/النبات) ومعاملة الرش الورقي بحمض الهيومك (334.56 ورقة/النبات). وبينت النتائج ازدياد عدد الأوراق معنوياً عند الرش الورقي بخل الخشب بالتركيز (2 مل/ل) بمتوسط بلغ (433.33 ورقة/النبات) مقارنة مع باقي التراكيز (1، و3 مل/ل) على التوالي (395.5، و412.76 ورقة/النبات)، كذلك زيادة عدد الاوراق معنوياً إلى (358.67 ورقة/النبات) عند الرش بحمض الهيومك بتركيز (1 مل/ل) مقارنةً مع التركيزين (2، و3 مل/ل) على التوالي (328.76، و316.33 ورقة/النبات).

الجدول (1) دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في مؤشرات النمو المورفولوجية لنبات الفليفلة.

المعاملة	التراكيز	ارتفاع النبات (سم)	عدد الأوراق (ورقة/النبات)	عدد الأفرع الجانبية (فرع/النبات)	المساحة الورقية الكلية (سم2)
بدون معاملة	شاهد	69.67 B	279.50 C	8.17 B	2637.76 C
معامل بخل الخشب	1 ml/l	79.00 b	395.50 c	11.67 b	7877.50 c
	2 ml/l	89.50 a	433.33 a	13.83 a	9713.76 a
	3ml/	88.33 a	412.67 b	13.00 a	8296.47 b
	المتوسط	85.61 A	413.83 A	12.83 A	8629.24 A
معامل بحمض الهيومك	1 ml/l	90.55 a	358.67 a	12.17 a	4890.63 a
	2 ml/l	81.83 b	328.67 b	12.00 a	4689.25 b
	3 ml/l	80.17 b	316.33 b	11.67 a	3998.16 c
	المتوسط	84.18 A	334.56 B	11.94 A	4526.01 B
LSD 5%	بين المعاملات	5.85	15.76	1.33	135.87

*تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود وضمن المعاملة إلى وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة المدروسة. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود نفسه إلى وجود فروق معنوية بين الشاهد ومتوسط المعاملات (رش خل الخشب، رش حمض الهيومك). عند مستوى معنوية 0.05.

كما بينت النتائج ازياد عدد الأفرع الجانبية معنوياً عند الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك وبلغ متوسط عدد الأفرع المتشكلة على النبات (12.83، و11.94 فرع/النبات) مقارنةً مع الشاهد (8.17 فرع النبات). ولوحظ عدم وجود فروق معنوية بين التراكيز المستخدمة بالرش الورقي لحمض الهيومك (1، 2، و3 مل/ل) على التوالي (12.17، 12، و11.67 فرع/النبات)، في حين تفوق التركيزين (2، و3 مل/ل) من خل الخشب معنوياً بمتوسط عدد أفرع بلغ (13.83، 13 فرع/النبات) على التوالي مقارنةً (11.67 فرع/النبات) عند التركيز (1 مل/ل) خل خشب.

أما بالنسبة للمساحة الورقية فقد لوحظ زيادة واضحة وتفوق معنوي عند الرش الورقي بمعاملات خل الخشب، حيث بلغت (8629.24 سم2) مقارنةً مع الشاهد ومعاملة الرش بحمض الهيومك على التوالي (2637.76، و4526.01 سم2) ، وتبين تفوق التركيز(2 مل/ل) عند الرش بخل الخشب بمتوسط مساحة ورقية بلغ (9713.76 سم2) مقارنةً مع التركيزين (1، و3 مل/ل) (7877.50، و8296.47 سم2) على التوالي، ولوحظ أيضاً وجود فروق معنوية بين تراكيز حمض الهيومك المدروسة، وتفوق التركيز (1 مل/ل) معنوياً بمتوسط مساحة ورقية بلغ (4890.63 سم2) مقارنة مع التركيزين (2، و3 مل/ل) على التوالي (4689.25، و3998.16 سم2).

ثانياً: دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في مؤشرات الإنتاجية لنبات الفليفلة:

أوضحت النتائج في الجدول (2) نتائج تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في مؤشرات الإنتاجية لنبات الفليفلة، ومن خلال التحليل الإحصائي تبين وجود فروق معنوية بالنسبة لعدد الأزهار المتشكلة وتفوق معاملات الرش بخل الخشب معنوياً والتي بلغت (84.11 زهرة/النبات) مقارنةً مع الشاهد (54.07 زهرة/النبات) ومعاملة الرش بحمض الهيومك (75.31 زهرة/النبات)، وتظهر النتائج ارتفاع عدد الازهار عند التركيزين (1، 2 مل/ل) خل الخشب على التوالي (90.10، 83.12 زهرة/النبات) مقارنةً مع التركيز (3 مل/ل) التي بلغ (79.13 زهرة/النبات) مع عد وجود فروق معنوية بين التركيزين (2، و3 مل/ل). في حين تفوق التركيز (3 مل/ل) حمض هيومك معنوياً (79.17 زهرة /النبات) مقارنةً مع التركيزين (1، و2 مل/ل) على التوالي (70.67، و76.11 زهرة/النبات)، مع عدم وجود فروق معنوية بين التركيزين (2، و3 مل/ل).

ترافقت الزيادة المعنوية بعدد الأزهار المتشكلة عند الرش بخل الخشب بزيادة معنوية بعدد الثمار الناتجة مع زيادة معنوية بنسبة العقد والتي بلغت (76.49 %) ونتج عنها متوسط عدد ثمار عاقدة (64.18 ثمرة/ النبات) بالمقارنة مع نسبة العقد في الشاهد والتي بلغت (65.32 %) ونتج عنها متوسط عدد الثمار (35.32 ثمرة/النبات).

لوحظ وجود فروق معنوية بين المعاملة بخل الخشب وحمض الهيومك بالنسبة لعدد الثمار العاقدة والتي بلغت على التوالي (64.18، و54.11 ثمرة /النبات) مقارنةً مع الشاهد (35.32 ثمرة/النبات). وتشير النتائج إلى عدم وجود فروق معنوية بين التراكيز المدروسة سواء كانت المعاملة بخل الخشب أو حمض الهيومك بالنسبة لنسبة العقد وعدد الثمار العاقدة. وتظهر النتائج تفوق معنوي بمتوسط وزن الثمرة (غ) وإنتاجية النبات الواحد (كغ/النبات) عند الرش بخل الخشب مقارنةً مع الشاهد والمعاملة بحمض الهيومك، حيث بلغ متوسط وزن الثمرة (40.91غ/الثمرة) بمتوسط إنتاجية بلغ (2.64 كغ/النبات) عند الرش بخل الخشب، في حين انخفض متوسط وزن الثمرة إلى (30.12، و34.49 غ/الثمرة) على التوالي في ثمار الشاهد ومعاملة الرش بحمض الهيومك، وترافق ذلك مع انخفاض إنتاجية النبات والتي بلغت (10.06، و1.85 كغ/النبات) على التوالي في الشاهد والمعاملة بحمض الهيومك. ويوضح الجدول تفوق التركيز (2 مل/ل) معنوياً على بافي التراكيز في معاملة خل الخشب من حيث الإنتاج ومتوسط وزن الثمرة على التوالي (2.88 كغ/النبات) و(43.66غ/الثمرة). كما لوحظ تفوق التركيز (1 مل/ل) معنوياً عند على باقي التراكيز في معاملة الرش بحمض الهيومك من حيث إنتاجية النبات الواحد ومتوسط وزن الثمرة على التوالي (2.06) كغ/النبات و(39.32غ/الثمرة).

الجدول (2) دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في مؤشرات الإنتاجية لنبات الفليفلة.

المعاملة	التراكيز	عدد الأزهار زهرة/النبات	عدد الثمار ثمرة/النبات	نسبة العقد%	متوسط وزن الثمرة (غ)	الإنتاجية كغ/النبات
بدون معاملة	شاهد	54.07 C	35.32 C	65.32 B	30.12 B	1.06 C
معامل بخل الخشب	1 ml/l	90.10 a	64.55 a	71.64 a	37.89 b	2.45 c
	2 ml/l	83.12 ab	65.88 a	79.25 a	43.66 a	2.88 a
	3ml/	79.13 b	62.12 a	78.50 a	41.20 a	2.60 b
	المتوسط	.8411 A	64.18 A	76.49 A	40.91A	2.64 A
معامل بحمض الهيومك	1 ml/l	70.67 b	52.49 a	75.42 a	39.32 a	2.06 a
	2 ml/l	76.11 ab	54.18 a	71.45 a	32.53 b	1.76 b
	3 ml/l	79.17 a	55.66 a	69.69 a	31.62 b	1.75 b
	المتوسط	75.31 B	54.11 B	72.18 AB	34.49B	1.85 B
LSD 5%	بين المعاملات	8.37	8.40	10.75	5.33	0.15

*تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود وضمن المعاملة إلى وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة المدروسة. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود نفسه إلى وجود فروق معنوية بين الشاهد ومتوسط المعاملات (رش خل الخشب، رش حمض الهيومك). عند مستوى معنوية 0.05.

ثالثاً: دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في محتوى الأوراق من الكلوروفيل (ملغ/غ وزن رطب) لنبات الفليفلة:

أظهرت النتائج في الجدول (3) تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في محتوى الأوراق من الكلوروفيل (الكلي، A، B)، حيث بينت النتائج وجود فروق معنوية بالنسبة لمحتوى الأوراق من كلوروفيل A، فقد تفوق معاملات الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك على التوالي (0.409، و0.373 ملغ/غ وزن رطب) بالمقارنة مع الشاهد (0.072 ملغ/غ وزن رطب)، في حين كان التركيز (2 مل/ل) أفضل التراكيز بالنسبة لخل الخشب بمحتوى كلوروفيل A بلغ (0.460 ملغ/غ وزن رطب) بالمقارنة مع بافي التراكيز (1، و3مل/ل) على التوالي (0.359، 0.409 ملغ/غ وزن رطب)، أما بالنسبة لحمض الهيومك فقد كان التركيز (1 مل/ل) أفضل التراكيز بمتوسط محتوى كلوروفيل A بلغ (0.423 ملغ/غ وزن رطب) بالمقارنة مع التركيزين (2، و3 مل/ل) على التوالي (0.332، و0.366 ملغ/غ وزن رطب). كما بين الجدول عدم وجود فروق معنوية بالنسبة لمحتوى الأوراق من كلوروفيل B بين الشاهد ومعاملات الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك فقد بلغت بالمتوسط (0.333، 0.348، و0.321 ملغ/غ وزن رطب) على التوالي.

الجدول (3) تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي، وA، B (ملغ/غ وزن رطب) لنبات الفليفلة.

المعاملة	التراكيز	كلوروفيل A mg/g fw	كلوروفيل B mg/g fw	كلوروفيل كلي mg/g fw
بدون معاملة	شاهد	0.072 B	0.333 A	0.405 B
معامل بخل الخشب	1 ml/l	0.359 c	0.323 a	0.683 b
	2 ml/l	0.460 a	0.344 a	0.804 a
	3ml/	0.409 b	0.378 a	0.787 a
	المتوسط	0.409 A	0.348 A	0.758 A
معامل بحمض الهيومك	1 ml/l	0.423 a	0.352 a	0.775 a
	2 ml/l	0.332 b	0.296 a	0.627 c
	3 ml/l	0.366 b	0.313 a	0.679 b
	المتوسط	0.373 A	0.321 A	0.693 A
LSD 5%	بين المعاملات	0.052	0.041	0.095

*تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود وضمن المعاملة إلى وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة المدروسة. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود نفسه إلى وجود فروق معنوية بين الشاهد ومتوسط المعاملات (رش خل الخشب، رش حمض الهيومك). عند مستوى معنوية 0.05.

بينما لوحظ وجود فروق معنوية بالنسبة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي فقد تفوقت معاملات الرش بخل الخشب وحمض الهيومك معنوياً، وبلغت بالمتوسط (0.758، و0.693 ملغ/غ وزن رطب) على التوالي بالمقارنة مع الشاهد (0.405 ملغ/غ وزن رطب). وأدت التراكيز المرتفعة من خل الخشب (2، و3 مل/ل) إلى زيادة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي على التوالي (0.804، و0.787 ملغ/غ وزن رطب) مقارنة مع التركيز (1 مل/ل). كما تبين وجود فروق معنوية بين تراكيز حمض الهيومك وتفوق التركيز (1 مل/ل) بمحتوى بلغ (0.775 ملغ/غ وزن رطب) بالمقارنة مع التركيزين (2، و3 مل/ل) على التوالي (0.627، و0.679 ملغ/غ وزن رطب).

رابعاً: دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في محتوى الثمار من فيتامين C (ملغ/100غ)، ونسبة المواد الصلبة الذائبة (TSS%)، ونسبة المادة الجافة % في الثمار:

أظهرت النتائج في الجدول (4) وجود فروق معنوية بالنسبة لمحتوى الثمار من فيتامين C، فقد تفوقت معاملة الرش الورقي بخل الخشب في زيادة محتوى الثمار من فيتامين C معنوياً فبلغ (76.85 ملغ/100غ)، بالمقارنة مع الشاهد (56 ملغ/100غ) ومعاملة الرش بحمض الهيومك (71.26 ملغ/100غ). كما تبين النتائج وجود فروق معنوية بالنسبة لتركيز المواد الصلبة الذائبة في الثمار، فقد تفوقت معاملة الرش الورقي بخل الخشب معنوياً بمتوسط بلغ (4.83 %) مقارنةً مع الشاهد (3.13 %) والمعاملة بحمض الهيومك (3.99 %)، بالإضافة إلى تفوق التركيز (2 مل/ل) خل خشب بنسبة مواد صلبة بلغت (5.26 %) بالمقارنة مع باقي التراكيز. وتفوق التركيزين (1، و2 مل/ل) من حمض الهيومك بنسبة بلغت (4.31، و4.45 %) على التوالي بالمقارنة مع التركيز (3 مل/ل). وتبين من خلال الجدول أن الرش الورقي بخل الخشب أثر معنوياً بزيادة محتوى الثمار من نسبة المادة الجافة والتي بلغت (17.50%) بالمقارنة مع الشاهد (11.36 %) والمعاملة بحمض الهيومك (13.35 %).

الجدول (4) دراسة تأثير الرش الورقي بحمض الهيومك وخل الخشب في محتوى الثمار من فيتامين C (ملغ/100غ)، ونسبة المواد الصلبة الذائبة (TSS) %، ونسبة الثمار من المادة الجافة %.

المعاملة	التراكيز	محتوى الثمار من فيتامين C ملغ/100 غ	نسبة المواد الصلبة الذائبة %	نسبة المادة الجافة في الثمار%
بدون معاملة	شاهد	56.00 C	3.13 C	11.36 B
معامل بخل الخشب	1 ml/l	76.67 a	4.93 b	17.65 a
	2 ml/l	78.56 a	5.26 a	18.15 a
	3ml/	75.33a	4.30 c	16.80 a
	المتوسط	76.85 A	4.83 A	17.50 A
معامل بحمض الهيومك	1 ml/l	73.45 a	4.31 a	14.79 a
	2 ml/l	71.33 a	4.45 a	12.85 a
	3 ml/l	69.00 a	3.23 b	12.43 a
	المتوسط	71.26 B	3.99 B	13.35 B
LSD 5%	بين المعاملات	4.61	0.62	3.25

*تشير الأحرف الصغيرة المختلفة ضمن العمود وضمن المعاملة إلى وجود فروق معنوية بين التراكيز المختلفة المدروسة. وتدل الأحرف الكبيرة ضمن العمود نفسه إلى وجود فروق معنوية بين الشاهد ومتوسط المعاملات (رش خل الخشب، رش حمض الهيومك). عند مستوى معنوية 0.05.

8- المناقشة:

بينت نتائج الرش الورقي بخل الخشب بالتراكيز (1، 2، و3 مل/ل) وحمض الهيومك بالتراكيز (1، 2، و3 مل/ل) على نباتات الفليفلة تفوقاً معنوياً بالمقارنة مع نباتات الشاهد (غير معاملة)، كما لوحظ تفوق معاملات الرش الورقي بخل الخشب على معاملات الرش الورقي بحمض الهيومك وذلك في جميع مؤشرات النمو المورفولوجية والإنتاجية من حيث (عدد الاوراق، المساحة الورقية، عدد الأزهار والثمار، نسبة العقد، ومتوسط وزن الثمرة، والإنتاجية على النبات) كذلك ارتفاع محتوى الثمار من فيتامين C، ونسبة المواد الصلبة الذائبة TSS% ، نسبة المادة الجافة %، ولم يلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملات الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك من حيث ارتفاع النبات وعدد الأفرع وكذلك محتوى الأوراق من اليخضور وذلك بالمقارنة مع الشاهد.

ويعزى ذلك إلى احتواء خل الخشب على المركبات العضوية والتي تشمل الفينولات والأحماض العضوية والألدهيدات والكيتونات والكحولات، الاسترات، والعناصر الهامة مثل البوتاسيوم والكالسيوم والمغنيزيوم والحديد والتي لها تأثير على تعزيز النمو بالنبات (Zhu وزملاؤه، 2021، 510) حيث تمتلك المواد الفينولية والأحماض نشاط بيولوجي عالي (Mungkunkamchao وزملاؤه، 2013، 70) وأظهرت الأبحاث أن المواد الفينولية، وخاصة الفينولات ثنائية الهيدروجين والبولي فينول يمكن لها أن تعزز بشكل كبير نمو نباتات الفليفلة عند المستويات المنخفضة منها (Yan وزملاؤه، 2011، 58) وهذا يتفق مع نتائج (Zhai وزملاؤه، 2015، 1715) على نبات اللفت، حيث تعمل المواد الموجودة بخل الخشب على تعزيز النمو وزيادة تراكم المادة الجافة (Kulkarni وزملاؤه، 2007، 179) وهذا يفسر سبب زيادة جميع مؤشرات النمو المورفولوجية والتي انعكست ايجابياً على نمو النبات والإنتاجية.

ويمكن تفسير النتائج أيضاً بناءً على تأثير خل الخشب في التكيف الأسموزي من خلال المحافظة على الأنزيمات وتحقيق التوازن بين الكربون والنتروجين وتنظيم شامل للثغور، فهو ينسق مختلف العمليات الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية في النبات ويعزز بشكل شامل النمو الطبيعي وتراكم المادة الجافة من النباتات، وينظم ذلك من خلال زيادة كبيرة في محتوى البرولين، بالإضافة إلى السكريات العالية الذوبان والبروتينات القابلة للذوبان، فإنه يمكن أن يحسين نمو النبات (Zhu وزملاؤه، 2022، 2453).

يلعب الكلوروفيل دورًا حاسمًا في عملية التمثيل الضوئي والإنتاجية الإجمالية للنبات ومستواه في أوراق النبات يعكس قوة عملية التمثيل الضوئي (Fromme وزملاؤه، 2003، 40)، وقد أظهرت الدراسات أن خل الخشب يحتوي مستويات عالية من الأزوت والبوتاسيوم والكالسيوم ومركبات نشطة بيولوجيا (Ofoe وزملاؤه، 2022، 1650) في النبات يعد الأزوت مُعدِّلًا رئيسيًا للتخليق الحيوي للمركبات النيتروجينية بما في ذلك الكلوروفيل والبروتينات، ويعتبر عنصر البوتاسيوم أمرًا بالغ الأهمية في تنشيط الإنزيم وتنظيم الثغور والتمثيل الضوئي بينما يسهل الكالسيوم امتصاص العناصر الغذائية واستطالة الخلايا (Tripathi وزملاؤه، 2014، 197) ومن المعروف أيضاً احتواء خل الخشب على مستويات عالية من مادة البولي فينول، والتي تزيد من في محتوى الكلوروفيل في الاوراق كما في نبات الخس (Vannini وزملاؤه، 2021، 113)، ومن ثم يمكن أن تعزى الزيادة في محتوى الكلوروفيل مع تطبيق الرش الورقي بخل الخشب إلى زيادة المركبات النشطة بيولوجيًا الغنية التي يمكن أن تحفز امتصاص المغذيات الجذرية، وتقلل التنفس الضوئي الناجم عن الإجهاد التأكسدي، وتعزز التخليق الحيوي للكلوروفيل (Ofoe وزملاؤه، 2023، 17).

ويمكن تفسير الزيادة في عدد الثمار والإنتاجية العالية لنبات الفليفلة بسبب الزيادة في محتوى الاوراق من الكلوروفيل وهذا يدل على زيادة معدل عمليات النقل والتمثيل الغذائي لنواتج عمليات التركيب الضوئي والذي انعكس على زيادة عدد الثمار على الرغم من أن الآلية الدقيقة لزيادة الإنتاج بوساطة خل الخشب لا تزال قيد التحقيق إلا أنها يمكن أن تكون كذلك، وهذا يتفق مع نتائج (Benzon و Lee، 2016، 704) على نبات البندورة، وكذلك مع نتائج (Jeong وزملاؤه، 2006، 45) على نبات الفليفلة.

فقد وجد (Ofoe وزملاؤه، 2023، 20) وجود علاقة معنوية وارتباط بين وزن الثمرة الكلي وعدد الثمار بمحتوى الكلوروفيل A وB بالإضافة إلى دور المركبات النشطة الحيوية بيولوجيًا بما في ذلك الألكانات والفينولات، الاسترات والأحماض العضوية والكحولات الموجودة في خل الخشب، كما كشفت دراسة سابقة أن karrikins الموجود في خل الخشب يتصرف بشكل مشابه لعمل الهرمونات النباتية وتتفاعل مع الجبرلين والإيثيلين والسيتوكينين لتنظيم نمو النبات وإنتاجيته يشير هذا إلى أن خل الخشب ربما يكون قد حفز وتعاون مع وظائف الإنزيمات والهرمونات في زيادة إنتاجية النبات (Van Staden وزملاؤه، 2004، 654).

كما بينت الدراسة أن تطبيق خل الخشب أدى إلى تحسين جودة الثمار من خلال زيادة محتواها من المواد الصلبة الذائبة وفيتامين C ونسبة المادة الجافة، المركبات الذائبة الموزعة على الثمار تعتمد على العديد من العمليات الحيوية بما في ذلك معدل التمثيل الضوئي وامتصاص الكربوهيدرات والتمثيل الغذائي في العضو النباتي تحميل وتفريغ اللحاء (Liesche و Patrick، 2017، 6) ولذلك فمن المعقول أن نشير إلى زيادة محتوى المواد الصلبة الذائبة في الثمار والذي يمكن ربطه بأداء التمثيل الضوئي العالي للنباتات المعالجة بخل الخشب وهذا يتفق مع نتائج (Ofoe وزملاؤه، 2022، 1651) على البندورة ومع (Zulkarami وزملاؤه، 2011، 1508).

كما تتفق نتائجنا مع نتائج (Mungkunkamchao وزملاؤه، 2013، 66) على نبات البندورة حيث أدى تطبيق خل الخشب المخفف إلى زيادة المواد الصلبة الذائبة في الثمار، بالإضافة إلى دوره في زيادة الوزن الجاف للجذر والساق والأوراق، والوزن الجاف لإجمالي، وارتفاع النبات، ومساحة الورقة، ووزن الورقة المحددة في نبات اللفت مع تطبيق خل الخشب (Nibalvos و Nibalvos، 2021، 339) حيث لاحظ أيضاً أن خل الخشب يعزز نمو البراعم بدلاً من الجذور وهذا يفسر سبب زيادة عدد الثمار والأفرع على النبات وهذ يتفق مع (Zhu وزملاؤه، 2021، 510).

9- الاستنتاجات:

1- أدى تطبيق الرش الورقي بخل الخشب وحمض الهيومك على نبات الفليفلة إلى تحسين جميع المؤشرات المدروسة مقارنةً مع الشاهد.

2- بينت النتائج تفوق معاملات خل الخشب معنوياً على معاملات حمض الهيومك في جميع المؤشرات المدروسة.

3- حسنت معاملات الرش الورقي بخل الخشب بالتراكيز (2، و3 مل/ل) من معايير النمو المورفولوجية والفيزيولوجية لنبات الفليفلة.

4- ادى تطبيق التراكيز المخففة من حمض الهيومك (1 مل/ل) إلى تحسين جميع المؤشرات المدروسة مقارنةً مع الشاهد.

10- المقترحات:

1- ينصح برش نبات الفليفة بمستخلص خل الخشب بتركيز (2، و3 مل/ل) لدورها في تحسين مؤشرات النمو المورفولوجية والفيزيولوجية كماً ونوعاً.

2-ينصح برش خل الخشب كونها مادة عضوية صديقة للبيئة وذلك بهدف الحصول على منتج عضوي أمن للبيئة والصحة.

3-التوسع بدراسة تأثير خل الخشب وحمض الهيومك على نبات الفليفلة باستخدام تراكيز وأصناف مختلفة.

4- نقترح أيضاً تطبيق خل الخشب وحمض الهيومك بشكل سماد أرضي والمقارنة مع الرش الورقي.

التمويل:

هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل:(501100020595).

المراجع:

1. Alshareef, A.R., Elnakhlawy, F.S., and Ismail S.M. (2018). Enhanced Mungbean and Water Productivity Under Full Irrigation and Stress Using Humic Acid In Arid Regions. Legume Res, 41(3): 428-431.
2. Al-Taey, D.K.A. (2018). The Role of GA and Organic Matter to Reduce the Salinity Effect on Growth and Leaves Contents of Elements and Antioxidant in Pepper. Plant Archive. 18(1): 479-488.
3. Atiyeh, R.M., Lee, S., And Edwards, C.A. (2002). The Influence of Humic Acids Derived From Earthworm Processed Organic Wastes on Plant Growth. Bioresearch Technology, 84: 7-14.
4. Benzon, H. R. L. and Lee, S. C. (2016).Potential of wood vinegar in enhancing fruit yield and antioxidant capacity in tomato. Korean Journal of Plant Resources, 29, 704-711.
5. Dissatian, A., Sanitchon, J., Pongdontri, P., Jongrungklang, N. and Jothityangkoon, D. (2018). Potential of wood vinegar for enhancing seed germination of three upland rice varieties by suppressing malondialdehyde production. J. Agric. Sci, 40, 371–380.
6. Ewulo, B. S., Djeniyi, S. O. and Akanni, D. A. (2008). Effect of poultry manure on selected soil physical and chemical properties, growth and nutrient status of tomato. Afri. J. Agric. Res., 3 (9): 612- 616.
7. Fromme, P., Melkozernov, A., Jordan, P. And Krauss, N. (2003).Structure and Function of Photosystem I: Interaction With Its Soluble Electron Carriers And External Antenna Systems. FEBS Letters, 555, 40-44
8. Grewal, A., Abbey, L. and Gunupuru, L.R. (2018). Production prospects and potential application of pyroligneous acid in agriculture. J. Anal.Appl. Pyrolysis.135, 152–159.
9. Gu, S., Zhu, K., Geng, M., Jiang, X., Xu, Z. and Hu, L. (2020). The effect of foliar spraying of wood vinegar on the growth and development of rapeseed seedlings. Chin. J. Oil Crop Sci, 42, 453–460.
10. Jan, J.A., Nabi, G., Khan, M., Ahmad, S., Shah, P.S., Hussain S. and Sehrish. A. (2020). Foliar application of humic acid improves growth and yield of chilli (Capsicum annum L.) varieties. Pakistan Journal of Agricultural Research, 33(3): 461-472.
11. Jeong, C., Park, J., Lee, S. and Jo, T. (2006). Effect of wood vinegar and Charcoal on Growth and Quality of Sweet Pepper. Korean Journal of Horticultural science and technology. 24(2)44-64.
12. Kulkarni, M.G., Ascough, G.D. and Staden, J.V. (2007). Effect of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide onseedling growth of okra and tomato. Hort Sci, 42, 179–182
13. Lee, J.J., Crosby, K.M. Pike, L.M., Yoo, K.S. and Lescober, D.I. (2005). Impact of genetic and environmental variation of development of flavonoids and carotenoids in pepper (Capsicum spp.). Sci.Hort.,106:341-352.
14. Liesche, J. and Patrick, J. (2017). An update on phloem transport: a simple bulk flow under complex regulation. F1000Research 6.
15. Mehdizadeh, M., Mushtaq, W., Siddiqui, S. A., Al-Taey, D. K. A. and Tampubolon, K. (2022). Assessment of Phytotoxins Using Different Technologies. Current Applied Science andTechnology.22(4):1- 19.
16. Mohan, D., Pittman, C. and Steele, P. (2006). Pyrolysis of wood/biomass for bio-oil: A critical review. Energy Fuels, 20, 848–889.
17. Mungkunkamchao, T., Kesmala, T., Pimratch, S., Toomsan, B., Jothityangkoon, D. (2013). Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (Solanum lycopersicum L). Sci. Hortic.154, 66–72.
18. Nibalvos, A. V. and Nibalvos, C. H. T. (2021). Growth Effect of the Different Ratios of Wood Vinegar on Brassica juncea. American Journal of Agricultural Science, Engineering, and Technology, 5(2), 339-350.
19. Ofoe, R., Gunupuru, L. R. and Abbey, L. (2022). Metabolites, elemental profile and chemical activities of Pinus strobus high temperature-derived pyroligneous acid. Chemical and Biological Technologies in Agriculture., 9, 1-13.
20. Ofoe, R., Qin, D., Gunupuru, L. R., Thomas, R. H. and Abbey, L. (2023). Effect of Pyroligneous Acid on the Productivity and Nutritional Quality of Greenhouse Tomato. Plants 11, 1650.
21. Slomy, A.K., Jasman, A. K., Kadhim, F. J., Al-Taey, D.K.A. and Sahib. M. R. (2019). Study Impact of Some Biofactors on The Eggplant Solanum Melongena L. Vegetative Characteristics Under Glass Houses Conditions. Int. J. Agricult. Stat. Sci. Vol. 15 (1) :371-374.

22.Sun, R., Cheng, G., Li, Q., He, Y., Wang, Y., Lan, Y., Li, S., Zhu, Y., Song, W. and Zhang, X. (2017). Light-induced variation in phenolic compounds in cabernet sauvignon grape seeds (Vitis vinifera L.) involves extensive transcriptome reprogramming of biosynthetic enzymes transcription factors and phytohormonal regulators. Front. Plant Sci, 8, 547.
23.Thang, P.T.N. (2007). Ripening behavior of capsicum (capsicum annuum L.) fruit. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Unv. of Adelaide,South Australia.pp.149.
24.Tripathi, D. K., Singh, V. P., Chauhan, D. K., Prasad, S. M. and Dubey, N. K. (2014). Role of macronutrients in plant growth and acclimation: recent advances and future prospective. Improvement of crops in the era of climatic changes, 197-216.
25.Vannini, A., Moratelli, F., Monaci, F. and Loppi, S. (2021). Effects of wood distillate and soy lecithin on the photosynthetic performance and growth of lettuce (Lactuca sativa L.). SN Applied Sciences., 3, 113.
26.Van Staden, J., Jager, A. K., Light, M. E. and Burger, B. V. (2004). Isolation of the major germination cue from plantderived smoke. South African Journal of Botany, 70, 654-659.
27.Villa-Rivera, M. G and Ochoa-Alejo, N. (2020). Chili Pepper Carotenoids: Nutraceutical Properties and Mechanisms of Action. Molecules , 25(23), 5573.
28.Yan, Y., Lu, X., Li, L., Zheng, J., Pan, G. (2011).The composition of straw pyrolysis wood vinegar and its effect on the growth and quality of pepper. J. Nanjing Agric. Univ. 5, 58–62.
29.Yildirim, E. (2007). Foliar And Soil Fertilization of Humic Acid Effect Productivity and Quality of Tomato. Plant Soil Sci, 57 (2): 182- 186.
30.Zhai, M., Shi, G., Wang, Y., Mao, G., Wang, D. and Wang, Z. (2015). Chemical compositions and biological activities of pyroligneous acids from walnut shell. Bioresources, 10, 1715–1729.
31.Zhu, K., Gu, S., Liu, J., Luo, T., Khan, Z., Zhang, K., and Hu, L. (2021). Wood Vinegar as a Complex Growth Regulator Promotes the Growth, Yield, and Quality of Rapeseed. Agronomy, 11(3), 510.
32.Zhu, K., Liu, J., Luo, T., Zhang, K., Khan, Z., Zhou, Y., Cheng, T., Yuan, B., Peng, X. and Hu, L. (2022). Wood Vinegar Impact on the Growth and Low-Temperature Tolerance of Rapeseed Seedlings. Agronomy, 12, 2453.
33.Zulkarami, B., Ashrafuzzaman, M., Husni, M. O. and Ismail, M. R.(2011). Effect of pyroligneous acid on growth, yield and quality improvement of rockmelon in soilless culture. Australian Journal of Crop Science, 5, 1508-1514.