

تصميم ونمذجة مرش آلي عمودي لرش أشجار البساتين

د. محمد غانم*

د. عدنان أحمد**

شذى حسن عيسى***

(تاريخ الإيداع ٢٠٢٥/٢/٢٦ . قُبل للنشر في ٢٠٢٥/٥/١٥)

□ ملخص □

إن رشاشات البساتين التقليدية يصعب فيها التحكم بعملية الرش بما يتناسب مع أشكال تيجان أشجار البساتين المختلفة، بالإضافة إلى وجود ضياعات واستهلاك كبير للمبيدات نتيجة للتداخل بين مخاريط الرش، ومن أجل تحسين الأداء التشغيلي والتصميمي لرشاشات البساتين هدف البحث إلى تصميم ونمذجة مرش آلي عمودي يتكون من قاعدة فولاذية تحمل خزان مثبت عليها مسند ارتفاعه (2 m)، يثبت عليه سير جنزير تتحرك عليه عتلة طولها (2 m) إلى الأعلى والأسفل، تأخذ حركتها من محرك، ويثبت على العتلة ذراع رش طوله (1 m) يحمل فوهة مخروطية، يرتبط بمحرك يمكن من خلاله التحكم ببعد الفوهة عن تاج الشجرة، كما ويتحرك يمينا ويسارا ضمن مجرى يأخذ حركته من محرك لضمان تغطية كامل الشجرة، مما يحسن كفاءة عملية الرش، ويوفر مرونة أكبر في عملية الرش. وقد بينت نتائج النمذجة أن معدل التدفق للفوهة يزداد بزيادة زاوية الرش، ليسجل القيمة (0.16L/sec) عند زاوية رش (14°) والقيمة (0.34L/sec) عند زاوية (28°)، كما أنه يزداد بزيادة ضغط الرش ليسجل القيمة (0.16L/sec) عند ضغط (1 bar) والقيمة (0.34L/sec) عند ضغط (5 bar)، ويتناسب طرذاً مع عمق تاج الشجرة ليسجل القيمة (0.14L/sec) عند عمق (0.2m) والقيمة (0.34L/sec) عند عمق (2 m) وتؤكد هذه النتائج على ضرورة الموازنة بين الأثر البيئي والفعالية البيولوجية لمرشات البساتين.

الكلمات المفتاحية: نمذجة، مرش بساتين، فوهة الرش، ضغط الرش.

* أستاذ، قسم المكننة الزراعية، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، سورية.

** أستاذ مساعد، قسم المكننة الزراعية، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، سورية.

*** طالبة دراسات عليا (دكتوراه)، قسم المكننة الزراعية، كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، سورية.

Design and modeling of a vertical automatic sprinkler for spraying orchard trees

Dr. Mouhammad Ghanem *

Dr. Adnan Ahmad**

Shaza Hasan Issa***

(Received 26/2/2025 . Accepted 15/5/2025)

□ ABSTRACT □

Traditional orchard sprayers are difficult to control the spraying process in a way that suits the shapes of the different orchard tree crowns, in addition to the losses and high consumption of pesticides due to the interference between the spray cones. In order to improve the operational and design performance of orchard sprayers, a vertical automatic sprayer was designed and modeled. It consists of a steel base carrying a tank and support with a height of (2m) fixed to it. A chain is fixed on it on which a lever moves up and down, taking its movement from a motor and a spray arm with a length of (1m) is fixed on the lever, carrying a cone nozzle linked to a motor that can be used to control the distance of the nozzle from the surface of the tree crown. It also moves right and left within a channel that takes its movement from a motor to ensure complete coverage of the tree, which improves the efficiency of the spraying process and provides greater flexibility in the spraying process. The modeling results showed that the flow rate of the nozzle increases with increasing the spray angle to record a value of (0.16L/sec) at a spray angle of (14°) and a value of (0.34L/sec) at an angle of (28°). It also increases with increasing the spray pressure to record the value (0.16L/sec) at a pressure of (1 bar) and the value (0.34L/sec) at a pressure of (5 bar), and is directly proportional to the depth of the tree crown to record the value (0.14L/sec) at a depth of (0.2 m) and the value (0.34L/sec) at a depth of (2 m) These results emphasize the need to balance the environmental impact and biological effectiveness of orchard sprays.

key words: modeling, orchard sprayer, spray nozzle, spray pressure.

*Professor, Department of Mechanical Agricultural Machinery, Faculty of Technical Engineering. Tartous University. Tartous. Syria.

**Assistant Professor, Department of Mechanical Agricultural Machinery, Faculty of Technical Engineering. Tartous University. Tartous. Syria

*** Postgraduate Student, Department of Mechanical Agricultural Machinery, Faculty Of Technical Engineering. Tartous University. Tartous. Syria.

المقدمة:

إن عمليات مكافحة استخدام المبيدات أمر لا بد منه لتحقيق كفاءة عالية في الإنتاج الزراعي من حيث الكمية والنوعية، وتتعدد طرق مكافحة استخدام هذه المبيدات، وتعتبر طريقة مكافحة بالرش من أقدم وأكثر عمليات مكافحة الكيمائية انتشاراً، إذ أنها تغطي حوالي ٧٠% من مجمل مساحات الإنتاج الزراعي المعاملة بالمبيدات الكيمائية، ويعود سبب انتشار طريقة مكافحة بالرش لما تتمتع به من مزايا، حيث تستعمل المبيد إما على صورة محلول أو مستحلب أو معلق وبتركيز مختلفة، ويصل إلى سطوح النباتات على شكل جزيئات أو قطرات صغيرة تعلق بالسطح النباتي بشكل جيد ، مما يساعد على إطالة مدة فعالية المبيد، وهذا يساعد في زيادة الغلة والحصول على منتجات ذات جودة أعلى في الحدائق والمشاتل والبساتين (غانم وآخرون، 1993).

ويتم استخدام المرشات النافسة لرش الأشجار الضخمة، أو يتم استخدام مرشات مكونة من موزع رئيسي أفقي يكون دوماً أعلى من النبات، ويركب على هذا الموزع على مسافات ثابتة أنابيب شاقولية تركيب عليها المبعثرات، وبالتالي لا تتكيف هذه الأنواع من المرشات مع أشكال تيجان الأشجار المختلفة في مراحلها العمرية المختلفة، مما يؤدي إلى هدر كبير في المبيدات، بالإضافة إلى تلوث بيئي خطير (غانم، وآخرون، 1993).

وقد أجريت دراسات وأبحاث عديدة للمرشات تناولت دراسة حالات مختلفة، حيث قام (Khot, et. al., 2012) بتطوير آلة رش مدعومة بالهواء للتحكم في الهواء الخارج من آلة الرش مما يساعد القطرات على اختراق الأوراق والفروع، في حين أن هناك أشجار تتطلب حجماً أقل من الهواء لتقليل انجراف الرذاذ المحتمل، مما أدى إلى محدودية استخدام هكذا أنواع من المرشات كونها تتطلب أنواعاً خاصة من الأشجار، لكنها قللت من معدل استهلاك المبيد بنسبة تصل إلى (71%) في مزارع الكروم. وطور (Martin, et. al., 2017) نظام محوري لرش المبيدات والماء في البساتين والحقول، وبينت النتائج أن هذا النظام يوفر من استهلاك المبيدات بنسبة تصل إلى (85%) كما يقلل من تلف المحاصيل الزراعية، وقام (Li, et. al., 2018) بتصميم وتجربة آلة رش البساتين ذات معدل لمتغير بالاعتماد على الليزر (أجهزة استشعار المساحة) ، وأظهرت النتائج أنه في المتوسط تم تطبيق (46%) أقل من محلول الرش في بساتين التفاح مقارنة بالتطبيقات التقليدية. كما وطور (Hong, et. al., 2018) نموذج متكامل لديناميكيات الموائع الحسابية للتنبؤ بإزالة قطرات رش المبيدات المنبعثة من رشاش عمودي لرش أشجار البساتين، وترسبها على تيجان الأشجار، وترسبها غير المستهدف وانجرافها الجوي في بستان تفاح . واستُخدمت قياسات ترسب القطرات وانجرافها في البستان نفسه للتحقق من صحة محاكاة النموذج كما وُجد توافق جيد بين تركيزات الرش المقاسة والتي تمت نمذجتها داخل تيجان الأشجار والخسائر غير المستهدفة (الترسب الأرضي والانجراف الجوي) مع أخطاء نسبية إجمالية بلغت (22.1%, 40.6%) على التوالي، في ثلاث مراحل نمو، مع زيادة كثافة أوراق الأشجار، زاد ترسب الرش داخل مظلات الأشجار من (8.5%-65.8%)، وانخفض الانجراف الجوي والترسب الأرضي من (25.8%) إلى (7%) و(47.8%) إلى (21.2%) على التوالي .

درس (Wang, et. al., 2021) تأثير نوع الفوهة في أداء مرشات البساتين، حيث تم استخدام نوعين من الفوهات المسطحة المروحية والمخروطية، وبينت النتائج أن الفوهات المسطحة نعطي تغطية أفضل وتوزيعاً موحداً على تاج الشجرة بأكمله من الفوهة المخروطية في بساتين التفاح. كما أجرى (Nasreen, et. al., 2024) تحليل شامل لمعايير التصميم والتشغيل لمعدات وقاية النباتات مع التركيز على عوامل ضغط التشغيل، نوع الفوهة،

كثافة الموائع، اللزوجة باستخدام برنامج محاكاة وقد بينت نتائج الدراسة أن الفوهة المسطحة المروحية تعطي معدل رش (0.223-0.25 4L/min) عند مجال ضغط (1-3 bar)، والفوهة المخروطية (0.222-0.359 L/min) عند مجال ضغط (1-3 bar)، كمان كان ارتفاع الرش للفوهة المسطحة المروحية (0.254-0.385 m) وللمخروطية (0.372-0.558m) مع زيادة الضغط، كما أن حجم قطرات الرش انخفض مع زيادة الضغط للفوهة المسطحة المروحية من (284 mc) إلى (263 mc)، وللفوهة المخروطية من (336 mc) إلى (278 mc) كما أن زاوية الرش ازدادت للفوهتين بزيادة الضغط للفوهتين المسطحة المروحية والمخروطية. ويتبين من هذه الدراسات أنها لم تراعي تأقلم أو تكيف آلة الرش مع مراحل النمو المختلفة للأشجار، حيث يعمل هذا التكيف على زيادة فعالية المكافحة وتقليل الهدر من سائل الرش.

مشكلة البحث وأهميته:

خلال فترات النمو المختلفة للشجرة يتغير حجم تاج الشجرة وكثافته، مما يتطلب تحسين أداء التشغيل لآلات رش البساتين بما يتناسب مع هذا التغير لتاج الشجرة، حيث أن رشاشات البساتين التقليدية المستخدمة يصعب فيها التحكم بعملية الرش بما يتناسب مع شكل تاج الشجرة خلال فترات نموها المختلفة، بالإضافة إلى الهدر نتيجة التداخل بين مخاريط الرش واختلاف أحجام الأشجار، مما يقلل من كفاءة عملية الرش، كما أن التحكم الآلي في رشاشات البساتين مثل استخدام أجهزة الاستشعار هي طرق مكلفة مادياً، وتحتاج لحقول مزرعة بشكل منتظم، وهذا قليل في البساتين المحلية، ومن هنا جاءت أهمية البحث بتصميم مرش آلي عمودي لرش الأشجار المثمرة يمكن فيه التحكم بعملية الرش، بما يناسب اختلاف أحجام تيجان الأشجار، ويمكن استخدامه في الحقول المنتظمة وغير منتظمة الزراعة، مما يسهل من عملية الرش ويحسن من كفاءتها، وهذا يقلل من هدر المبيدات ويزيد من الكفاءة الإنتاجية لعملية الرش.

أهداف البحث:

هدف البحث إلى تصميم ونمذجة مرش آلي عمودي لرش أشجار البساتين، حيث تم في البداية وضع التصميم النهائي للمرش الآلي، ثم تصميم الأجزاء المكونة لهذا المرش، كما حسبت إجهادات الشد والقص التي يتعرض لها التصميم، وهما الإجهادان الأهم كون المرش المصمم محمول على الجرار ويجب المحافظة عليه دون انقلاب، ويثبت عليه عتلة تحمل كتلة يصل وزنها إلى (3 Kg) لذلك كان لابد التحقق من متانة التصميم، وتم نمذجة التصميم للمرش الآلي من حيث نمذجة علاقة معدل تدفق الفوهة مع زاوية الرش وضغط الرش وعمق تاج الشجرة (عمق الرش)، كون معدل تدفق الفوهة الأمثل يتعلق بزاوية الرش وضغط الرش وعمق الرش المطلوب (Wang, et. al., 2021) ونمذجة العلاقة بين زاوية الرش (angle (degree)) وعمق تاج الشجرة (عمق الرش).

الدراسة التصميمية:

تم تصميم المرش الآلي العمودي لمعاملة أشجار البساتين باستخدام برنامج (Solid works)، كما يبين الشكل (1)، وصنع المرش من قاعدة فولاذية مثبت عليها مسند يحمل عتلة تتحرك عليها فوهة الرش يمينا ويساراً ضمن مجرى، ويثبت على المسند جنزير تتحرك عليه العتلة إلى الأعلى والأسفل، بالإضافة إلى صندوق للتحكم بحركات المرش الثلاث يرتبط مع المحركات الثلاثة، والجدول (1) يبين خصائص المعدن المستخدم.

ويتكون المرش من الأجزاء التالية:

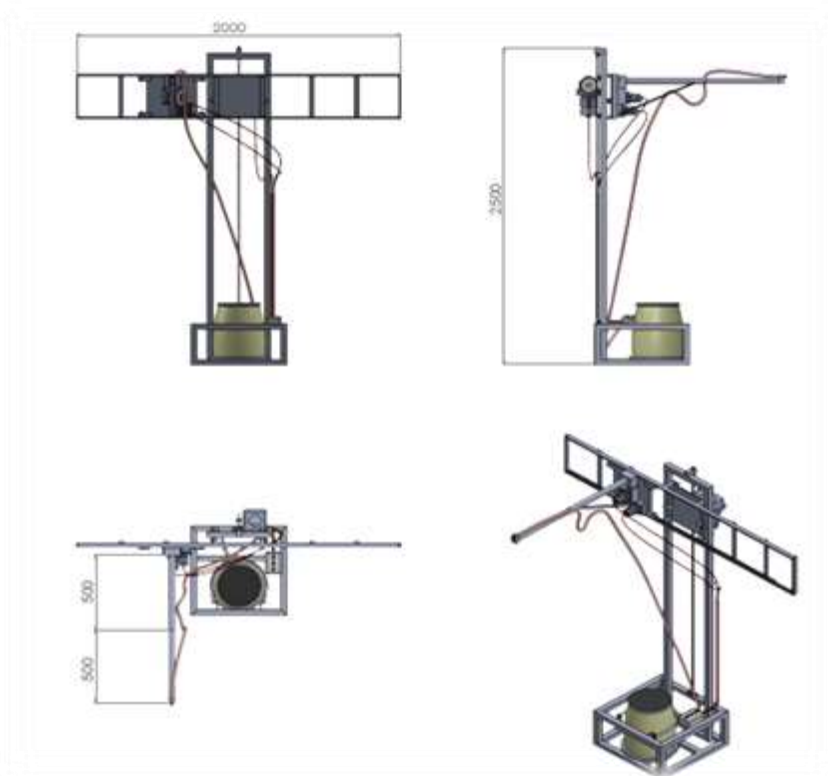
1- الخزان: وهو مصنوع من البلاستيك (pvc) المقاوم لمختلف سوائل الرش وللعوامل الجوية (حرارة، رطوبة) (الجدول 2) ، حيث شكل مقطع الجزء العلوي للخزان أسطواناني والجزء السفلي مستوي. تم حساب حجم الخزان من العلاقة (1) التالية (غانم وآخرون، 1993):

$$V = 0.785ld^2 \quad (1)$$

حيث أن:

L: طول الجزء الأسطواناني من الخزان (m).

d: قطر الجزء الأسطواناني من الخزان (m).



الشكل (1): مرش آلي عمودي

الجدول (1): خصائص المعدن (الفولاذ الصلب) المستخدم في صناعة المرش

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2.100000031 e*11	N/m ²
Poisson's Ratio	0.28	N/A
Shear Modulus	7.9 e*10	N/m ²
Mass Density	7800	Kg/m ³
Tensile Strength	360000000	N/m ²
Veld Strength	235000000	N/m ²
Thermal Expansion Coefficient	1.1 e*05	/K
Thermal Conductivity	14	W/(m.k)
Specific Heat	440	J/(kg.k)

الجدول (2): خصائص البلاستيك المستخدم

Property	Value	Units
Elastic Modulus	2410000000	N/m ²
Poisson's Ratio	0.3825	N/A
Shear Modulus	866700000	N/m ²
Mass Density	1300	Kg/m ³
Tensile Strength	40700000	N/m ²
Thermal Conductivity	0.147	W/(m.k)
Specific Heat	1355	J/(kg.k)

2- **الخلاط:** يعمل على تجانس سائل الرش داخل الخزان لأن مكونات سائل الرش تتفصل عن بعضها فيعمل الخلاط على خلط سائل الرش ويتكون من قرص مصدر حركته يدوياً مركب على ارتفاع (5cm) من السطح السفلي للخزان.

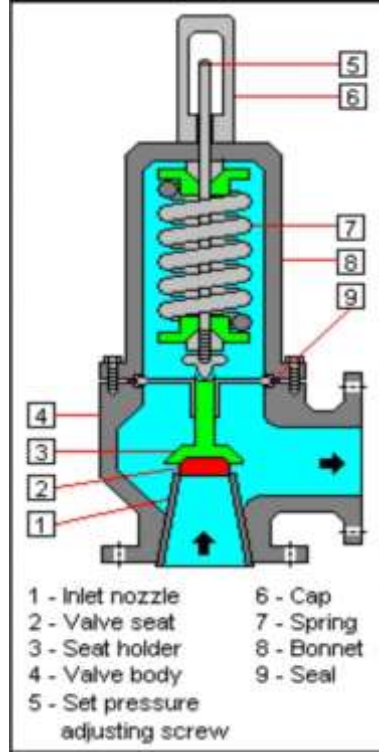
3- **المضخة:** تعمل على تحويل العزم الدوراني لمصدر القدرة إلى ضغط يقوم بتصريف سائل الرش، بإكسابه طاقة حركية، لإيصاله إلى الأسطح المعاملة، واستخدمت مضخة مكبسية تصريفها يصل حتى (30L/min) كما يوضح الشكل (3)



الشكل (2) مضخة مكبسية

4- **جهاز التحكم بمعدل الرش:** يقوم بتحديد معدل الرش باستخدام منظم الضغط، ومنظم التصريف، حيث أن منظم الضغط هو صمام نابضي يركب على أنبوبة الدفع (الضغط) الخارجة من المضخة، ويعمل على الحفاظ على ضغط ثابت للسائل ضمن أنابيب الضغط مهما تغيرت سرعة المضخة، ومنظم التصريف يقوم بالمحافظة على كمية الرش المطلوبة عند تغير ضغط المضخة.

5- **صمام أمان الضغط العالي:** يحمي الآلة من الانفجار عند تعرضها لضغوط عالية. ويركب بعد المضخة مباشرةً على أنابيب الدفع كما يوضح الشكل (3)



الشكل (3) مقطع في صمام أمان الضغط العالي

6- أنبوب الرش: مكون من البلاستيك ينقل سائل الرش من الخزان إلى الفوهة، ويجب أن يتحمل الأنبوب الضغط، وأن يناسب مقاسه نوع الرش، ومعدله كما يوضح الشكل (4) ، ويحسب قطر الأنبوب من المعادلة (2) التالية (غانم وآخرون، 1993):

$$d = \sqrt{\frac{q \cdot 4 \cdot l \cdot \mu}{\pi \cdot \Delta p}} \quad (2)$$

حيث أن: q: تدفق السائل (m³/sec).

l: طول الأنبوب (m).

μ: لزوجة السائل (pas.sec).

Δp: فرق الضغط في الأنبوب (pas)

7- ذراع الرش: مصنوع من الفولاذ الصلب طوله (1 m) يتحرك إلى الأمام والخلف يأخذ حركته من

محرك، يحمل فوهة الرش ويتحكم ببعدها عن سطح تاج الشجرة كما يوضح الشكل (5)



الشكل (4)، (5) أنبوب الرش، ذراع الرش

8- فوهة الرش: فوهة من النوع المخروطي كما يوضح الشكل (6) تعمل على بعثرة سائل الرش إلى جزيئات، يندفع منها سائل الرش على شكل مخروط رش تحت ضغط هيدروليكي من المضخة فيكتسب حركة مخروطية تحافظ على كمية تصريف سائل الرش بحسب الضغط المطلوب حيث أن الفوهات من النوع المخروطي هي الأكثر استخداماً في مرشات البساتين (Wang, et. al., 2021)، (Nasreen, et. al., 2024) ويحسب معدل تصريف الفوهة من العلاقة (3) التالية (Li, et. al., 2018):

$$q = 60 * h * wi * pi * vf * u \quad (3)$$

حيث أن:

h: متوسط الارتفاع الذي تغطيه الفوهة من الشجرة (m).

wi: عرض تاج الشجرة (m).

pi: كثافة (عرض) تاج الشجرة (m).

vf: سرعة الرش (m/sec).

u: المحلول المطبق لكل وحدة محصول (l/min).

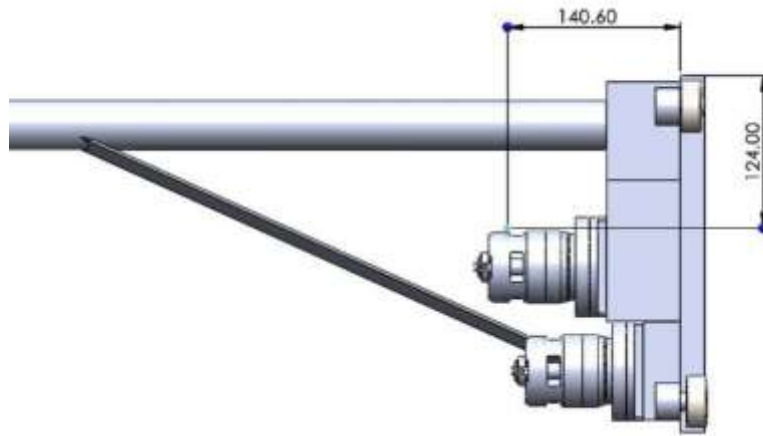


الشكل (6) فوهة مخروطية

دراسة الإجهادات:

لا بد من دراسة القوى والإجهادات التي يتعرض لها التصميم، لذلك تم دراسة الإجهادات باستخدام برنامج solid works، وتسجيل النتائج التالية:

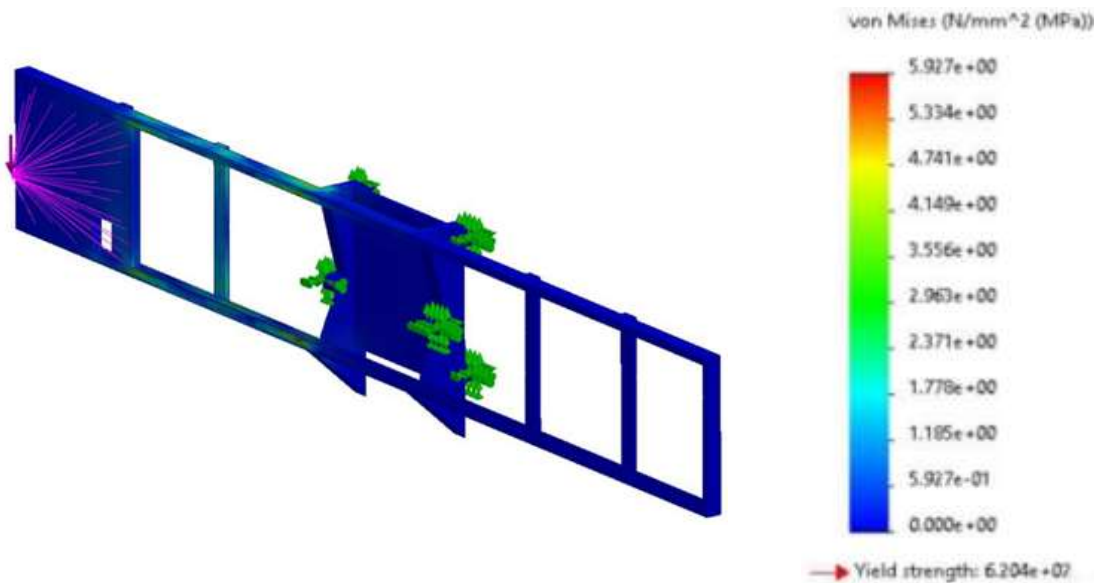
إجهاد القص: يصل وزن الكتلة التي تحملها العتلة إلى (3kg) لذلك كان لابد من دراسة قيم إجهاد القص الذي تتعرض له العتلة للتحقق من متانة التصميم، تم تحديد أبعاد مركز ثقل الكتلة المحمولة على العتلة باستخدام البرنامج كما يوضح الشكل (7).



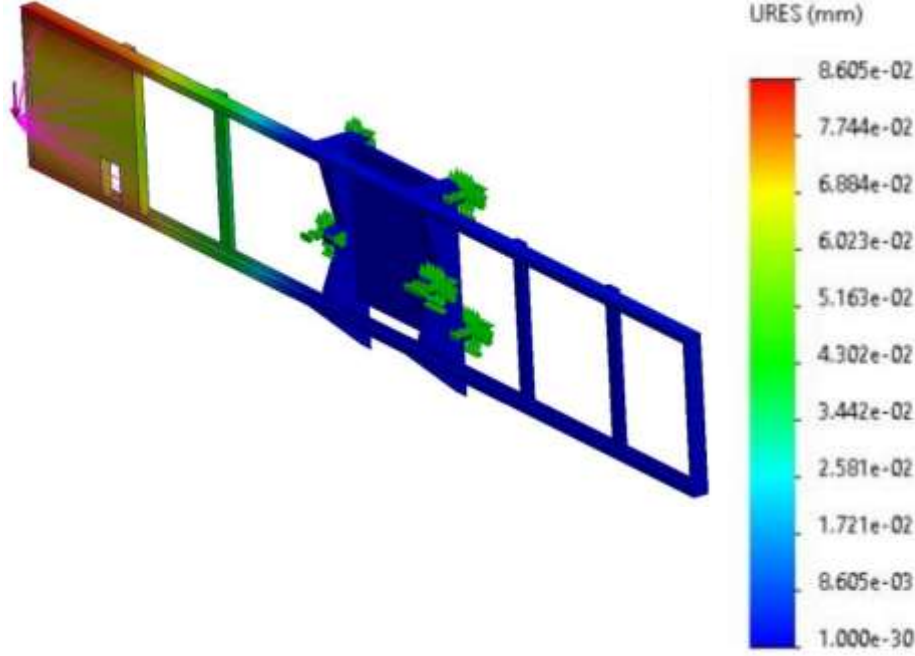
الشكل (7): أبعاد مركز ثقل الكتلة

وتم تطبيق قوة مقدارها (30N) في مركز ثقل الكتلة ودراسة قيم إجهادات القص التي تتعرض لها العتلة لنجد أن كل قيم إجهادات القص أقل من قيمة أقصى قيمة إجهاد تتعرض له العتلة ($6.204e^{+02}$ N/mm²) نتيجة للقوة التي طبقتها ، مما يعني أن التصميم آمن، كما يوضح الشكل (8).

الشكل (8) قيم إجهاد القص



كما تم دراسة قيم الإزاحة (mm) التي تتعرض لها العتلة عند تطبيق قوة مقدارها (30N) في مركز ثقل الكتلة وتسجيل النتائج التالية، كما يوضح الشكل (9).



الشكل (9): قيم الإزاحة

إجهاد الشد: تقطر المعدات والآلات الزراعية مع الجرارات بواسطة عمود الإدارة الخلفي وتصل استطاعة الجرار المستخدم إلى (75kw)، ويحمل آلات يصل وزنها إلى (150kg)، كما إن وزن المرش المصنع (85kg)، مما يعني أن الجرار يستطيع أن يحمل المرش المصمم بأمان بدون أن يتعرض للانقلاب، ويمكن حساب قوة الشد من العلاقة (4) التالية حسن، (1978):

$$f = (m * g) + (m * ma) \quad (4)$$

حيث أن:

m: كتلة المرش المصمم (kg).

g: تسارع الجاذبية الأرضية (m.sec²).

ma: تسارع الكتلة (m.sec²).

وكانت قيمة قوة الشد المطلوبة (918.85N).

نتائج النمذجة:

1- نمذجة علاقة معدل تدفق الفوهة (علاقة 5) لدراسة علاقة معدل تدفق الفوهة مع (زاوية الرش، ضغط

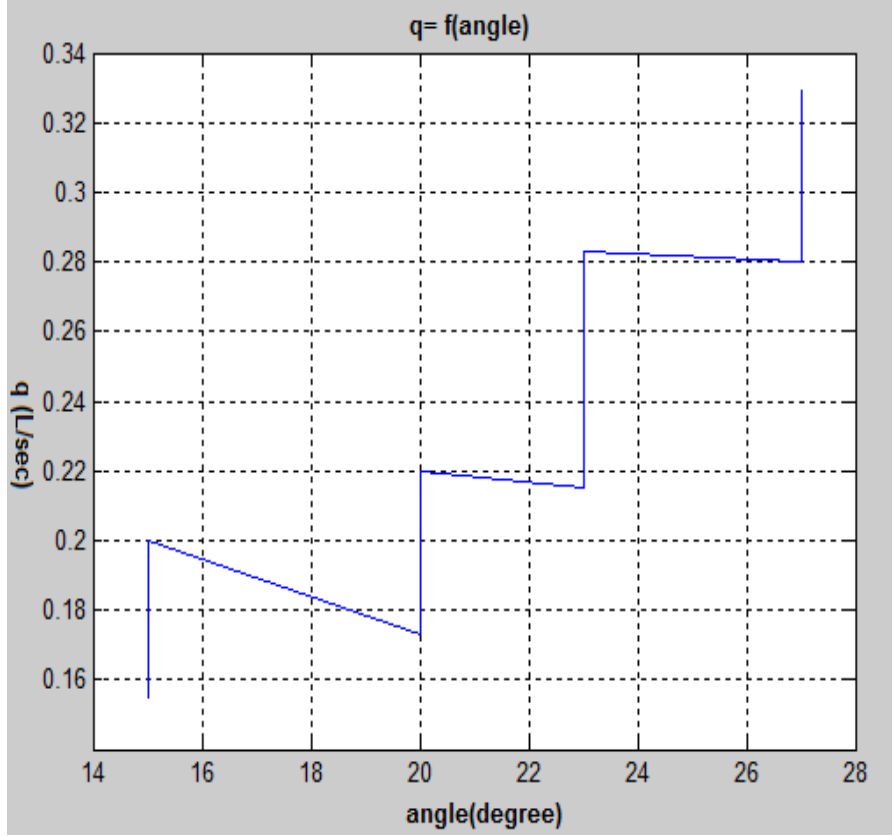
الرش) (معلا وجراد، 1988)

$$q = 0.06\mu s \sqrt{2 * g * p} \quad (5)$$

تم نمذجة العلاقة باستخدام برنامج الماتلاب ليعطي المخطط البياني (1) الذي يعطي العلاقة بين زاوية

الرش angle (degree) ومعدل تدفق الفوهة (q L/sec).

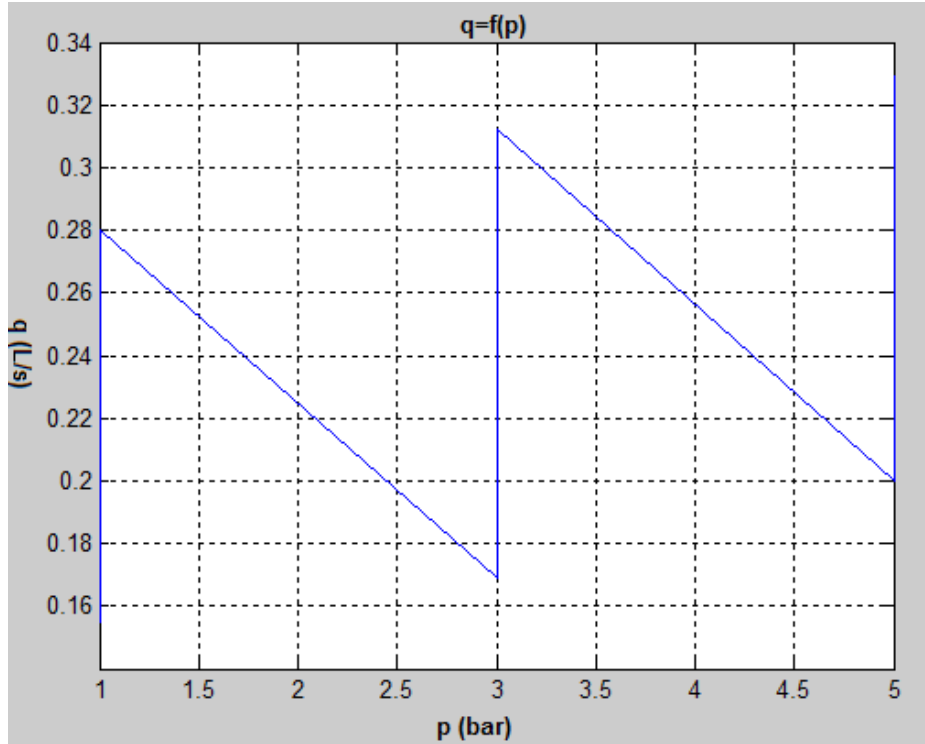
ومن المخطط (1) نجد أن قيمة معدل تدفق الفوهة يزداد بزيادة زاوية الرش، حيث يسجل القيمة (0.16 L/sec) عند فوهة بزاوية رش (14°)، والقيمة (0.34 L/sec) عند زاوية رش (28°) وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحث (Nasreen, et. al., 2024).



المخطط البياني (1): علاقة معدل تدفق الفوهة مع زاوية الرش

والمخطط البياني (2) يعطي العلاقة بين معدل تدفق الفوهة (q L/sec) وضغط الرش (p bar).

ومن المخطط نجد أن معدل تصريف الفوهة يزداد بزيادة ضغط الرش، حيث يسجل القيمة (0.16 L/sec) عند ضغط (1 bar)، والقيمة (0.30 L/sec) عند ضغط (3 bar)، والقيمة (0.34 L/sec) عند ضغط (5 bar) وهذا ما أكد عليه الباحثان (Li, et. al., 2018)، (Nasreen, et. al., 2024)، وهذا يؤكد بأن ضغط الرش يتناسب طردياً مع زيادة معدل تصريف الفوهة خلال واحدة الزمن والذي يتعلّق بشكل مباشر بقيمة الضغط المطبق، وعليه نجد بأن الضغط هو أحد البارامترات الأساسية التي يجب أخذها بعين الاعتبار والذي يتحكم بمعدل التصريف (معدل الرش)، وبناءً على ذلك يتم اختيار قيمة الضغط المناسب بعد إجراء النمذجة وإسقاط النتائج لاحقاً على أرض الواقع ومطابقتها.

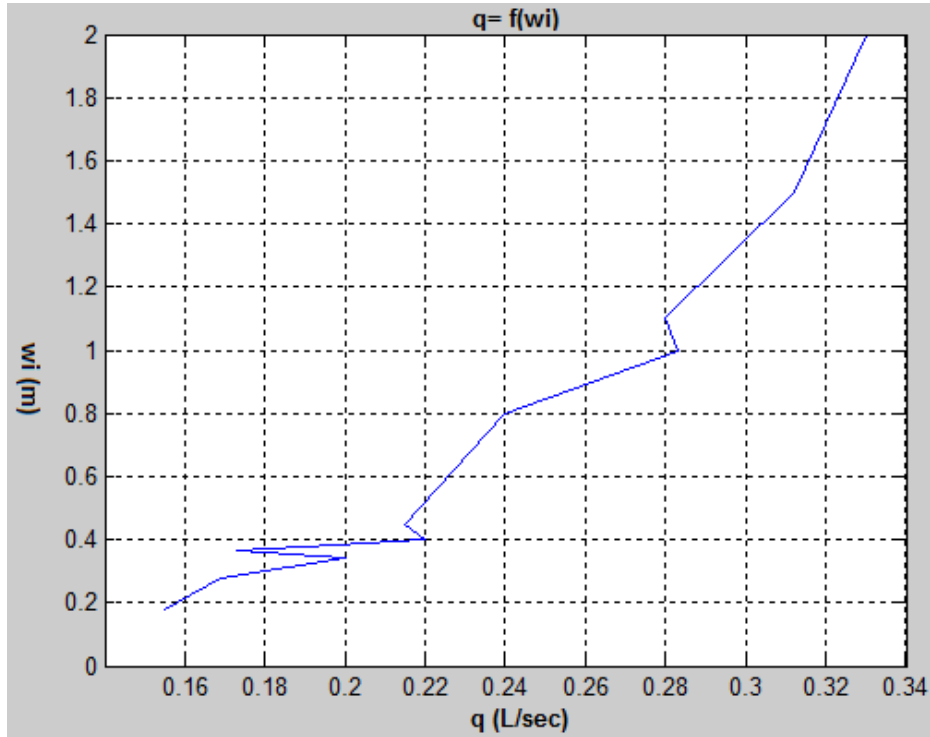


المخطط البياني (2): علاقة معدل تدفق الفوهة مع ضغط الرش

2- نمذجة العلاقة (6) ودراسة العلاقة بين معدل تدفق الفوهة (q L/sec) وعمق تاج الشجرة (w_i m)

$$q = 60 * h * w_i * \pi * u * v \quad (6)$$

والحصول على المخطط البياني (3) الذي يعطي العلاقة بين معدل تدفق الفوهة وعمق الشجرة.



المخطط البياني (3): العلاقة بين معدل تدفق الفوهة وعمق الشجرة.

ومن المخطط البياني نجد أن معدل التدفق للفوهة يزداد بزيادة عمق الشجرة، ليسجل قيمة (0.16 L/sec) عند عمق (0.2 m)، والقيمة (0.28 L/sec) عند عمق (1 m) والقيمة (0.34 L/sec) عند عمق (2 m) وهذا ما أشار إليه الباحث (Hong, et. al., 2018).

3- نمذجة العلاقة (7) لدراسة العلاقة بين زاوية الرش (angle (degree)) وعمق تاج الشجرة (عمق الرش) (wi m).

$$\tan\varphi = \frac{h}{2*(c+wi)} \quad (7)$$

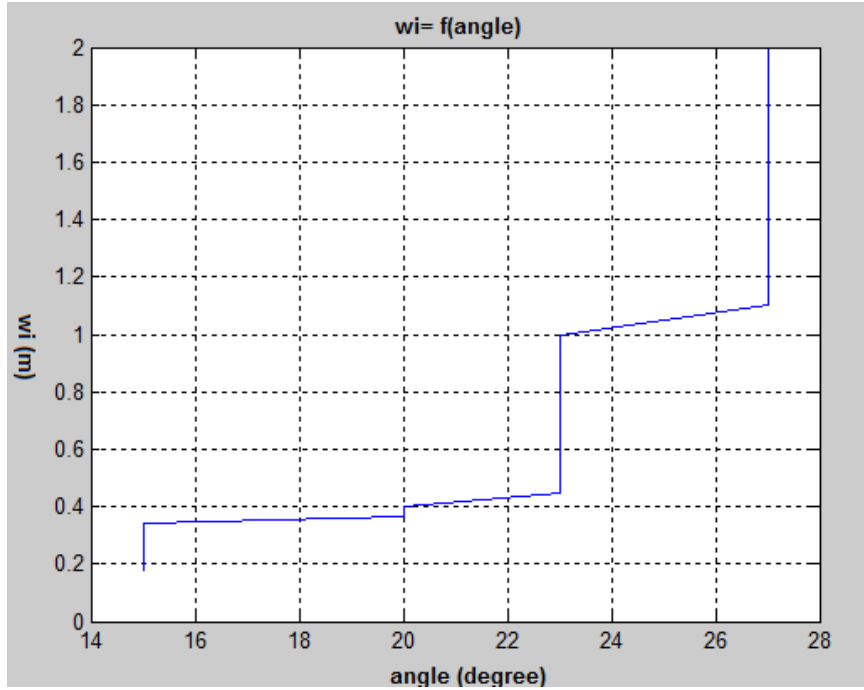
حيث أن:

h: متوسط الارتفاع الذي تغطيه الفوهة من الشجرة (m).

c: بعد الفوهة عن سطح الشجرة (m).

wi: عرض تاج الشجرة (m).

والمخطط البياني (4) يوضح العلاقة بين زاوية الرش وعمق تاج الشجرة.



المخطط البياني (4): العلاقة بين زاوية الرش وعمق تاج الشجرة.

ومن المخطط نجد أنه بزيادة زاوية الرش نصل لأعماق رش أكبر ليسجل القيمة (2 m) عند فوهة بزاوية رش (28°)، والقيمة (0.2m) عند زاوية رش (15°) وهذا ما أشار إليه الباحثان (Hong, et. al., 2018)، (Nasreen, et. al., 2024)

الاستنتاجات

- أتاح هذا التصميم إمكانية التحكم بعملية الرش بما يلائم أشكال تيجان الأشجار المختلفة
- بلغت أقصى قيمة لإجهاد القص ($6.204e^{+02}$ N/mm²) ولقوة الشد المطلوبة (918.85N).
- قل التداخل بين مخاريط الرش عند استخدام أكثر من مبعثر.
- قل استهلاك سائل الرش وزادت الكفاءة الاقتصادية لعملية الرش.

المقترحات والتوصيات

تطوير تصميم المرش بحيث يمكن العمل به باستخدام أنظمة المعلومات بحيث نتمكن من تعديل كمية وسرعة واتجاه مبيدات الآفات التي يتم رشها في حقول البساتين باختلاف أشكال وأحجام وكثافة الأوراق، بالتالي يقل استهلاك المبيدات والتلوث البيئي والصحي، كما تقل الأيدي العاملة مما يؤدي لتحسين العائد الاقتصادي، وزيادة كفاءة الإنتاج لعملية الرش.

المراجع

المراجع الأجنبية:

1. Khot, L. R., Ehsani, R., Albrigo, G., Larbi, P. A., Landers, A., Campoy, J., & Wellington, C. (2012). *Air-assisted sprayer adapted for precision horticulture: Spray patterns and deposition assessments in small-sized citrus canopies. Biosystems Engineering, 113*(1), 76-85.
2. Martin, D., Kranz, W., Smith, T., Irmak, S., Burr, C., & Yoder, R. (2017). *Center pivot irrigation handbook (ec3017)*.
3. Li, L., He, X., Song, J., Liu, Y., Zeng, A., Liu, Y., ... & Liu, Z. (2018). Design and experiment of variable rate orchard sprayer based on laser scanning sensor. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 11*(1), 101-108.
4. Hong, S. W., Zhao, L., & Zhu, H. (2018). CFD simulation of pesticide spray from air-assisted sprayers in an apple orchard: Tree deposition and off-target losses. *Atmospheric Environment, 175*, 109-119
5. Wang, C., Herbst, A., Zeng, A., Wongsuk, S., Qiao, B., Qi, P., ... & He, X. (2021). *Assessment of spray deposition, drift and mass balance from unmanned aerial vehicle sprayer using an artificial vineyard. Science of The Total Environment, 777*, 146181.
6. Nasreen, S., Kumar, A., & Singh, T. P. (2024). Performance Characterization of Spray Nozzles Based on CFD Simulation. *Indian Journal of Ecology, 51*(2), 401-409.

المراجع العربية:

٧. غانم، محمد؛ منصور، محمد؛ جراد، سمير؛ ميهوب، علي. (1993). *آلات المكافحة، جامعة تشرين - كلية الزراعة.*
٨. حسن، عبد الحميد. (1978). *مكننة زراعية - مديرية الكتب والمطبوعات في جامعة دمشق - دمشق.*
٩. معلا، شعبان؛ جراد، سمير. (1988). *المكننة الزراعية - مديرية الكتب والمطبوعات - جامعة تشرين - اللاذقية.*