

تخفيض أثر الصقيع على الأشجار المثمرة باستخدام المراوح المحورية

بلال مسرابي¹، أ.د. علي خلوف²

¹طالب ماجستير هندسة ميكانيك مواع - جامعة دمشق.

²أستاذ في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - قسم هندسة الميكانيك العام - جامعة دمشق.

الملخص

يتضمن هذا البحث العديد من النقاط الهامة، حيث يبدأ بتوضيح ظاهرة الصقيع والآثار الضارة لها وما ينتج عنها من خسائر مادية واقتصادية تنعكس سلباً على الاقتصاد الوطني، ثم تناول البحث الطرق المستخدمة لمكافحة هذه الظاهرة، مع اقتراح طريقة لمكافحة هذه الظاهرة تتمثل باستخدام المروحة المحورية المائلة، حيث يعود سبب اختيار المروحة المحورية للقيام بهذه المهمة هو الحاجة إلى مروحة ذات غزارة عالية وبمرودود عالي بغض النظر عن الضغط الذي تولده هذه المروحة، واختيرت المروحة المائلة لسلبية المراوح الأفقية في مكافحة الصقيع. وقد وضحت آلية عمل المنظومة اعتماداً على درجات الحرارة المسجلة ودرجة الحرارة الحرجة للأزهار، مع إدراج مثال تطبيقي لاختيار المروحة المناسبة ودرست تأثير زاوية ميل المروحة وارتفاع البرج على المسافة والمساحة التي تغطيها المروحة وعلى غزارة المروحة واستطاعتها.

الكلمات المفتاحية: مروحة محورية، الصقيع، مكافحة الصقيع.

تاريخ الإيداع: 2022/8/3

تاريخ القبول: 2022/10/5



حقوق النشر: جامعة دمشق - سورية، يحتفظ

المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

Reducing the Effect of Frost on Fruit Trees Using Axial Fans

Bilal misrabi¹, Dr. Ali Khallouf²

¹Master student, Department of General Mechanics, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University.

²Associate Professor, Department of General Mechanics, Faculty of Mechanical & Electrical Engineering, Damascus University.

Abstract

This research includes many important points, as it begins by clarifying the phenomenon of frost and its harmful effects and the resulting material and economic losses that are negatively reflected on the national economy. The reason for choosing the axial fan to do this task is the need for a fan with a high intensity and high efficiency, regardless of the pressure generated by this fan, and the inclined fan was chosen to passively the horizontal fans in the fight against frost. The mechanism of the system's work was explained depending on the recorded temperatures and the critical temperature of the flowers, with the inclusion of an applied example for choosing the appropriate fan, and the effect of the angle of inclination of the fan and the height of the tower on the distance and area covered by the fan and on the abundance and ability of the fan.

Key Words: Axial Fan, Frost, Defrost.

Received: 3/8/2022
Accepted: 5/10/2022



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

1. مقدمة:

يتأثر الإنتاج الزراعي في الجمهورية العربية السورية سنوياً بموجات الصقيع الذي يؤدي في بعض السنوات وخاصة في المناطق الداخلية والجبليّة إلى القضاء على المزروعات وخاصة الخضراوات والأشجار المثمرة وتقدر الخسائر على مستوى القطر بمئات الملايين من الليرات السورية لذا كان لا بد من البحث عن طرق لوقاية النباتات من الصقيع للحفاظ على الثروة الوطنية.

يعرف الصقيع بأنه الظاهرة التي تحدث عندما تنخفض درجة حرارة الهواء إلى أقل من درجة حرارة نقطة الندى مؤدية إلى تكاثف بخار الماء المحمول في الهواء على شكل بلورات ثلجية تسمى بالصقيع، يحدث الصقيع بشكل أساسي في فصل الربيع.

استخدمت المراوح كإحدى طرق مكافحة الصقيع، ولهذه المراوح أشكال وطرق استخدام متنوعة تعتمد بمعظمها إما على دفع الهواء من طبقات الجو العليا ذات درجات الحرارة المرتفعة نسبياً إلى الأسفل أو على إحداث تداخل في المنطقة القريبة من الأرض من قبل المروحة ما يؤدي بالتالي لرفع درجة حرارة الهواء بالقرب من المزروعات.

إن سبب اختيارنا للمروحة المحورية المائلة للقيام بهذه المهمة هو حاجتنا إلى مروحة ذات غزارة عالية وبمردود عالي بغض النظر عن الضغط الذي تولده هذه المروحة.

2. أهمية البحث:

وتأتي أهمية البحث في إمكانية الحفاظ على أكبر قدر ممكن من المحاصيل الزراعية في المناطق التي تتعرض لظاهرة الصقيع باستخدام المراوح المحورية المائلة.

3. هدف البحث:

يهدف البحث لدراسة تخفيض أثر الصقيع الذي يصيب الأشجار المثمرة باستخدام المراوح المحورية المائلة من خلال

دفع الهواء من الطبقات العليا ذات درجة الحرارة المرتفعة نسبياً باتجاه المناطق الأكثر برودة حول الأشجار ودراسة تأثير ميلان زاوية المروحة على اختيار المروحة.

4. دراسات مرجعية لطرق مكافحة الصقيع:

وهي عبارة عن إجراءات وقائية تساعد على الوقاية من الصقيع أو تحد من شدته، حيث أن مختلف طرق الوقاية تسعى لحفظ الحرارة حول النباتات فوق عتبة مقاومته. يعود تاريخ مقاومة ظاهرة الصقيع إلى زمن بعيد فقد نصح المزارعون قديماً بإشعال بقايا تقليم الأشجار والأعشاب لتقليل هذه الظاهرة. من الطرق الحديثة المتبعة:

الدراسة المرجعية الأولى: طريقة استخدام السخانات**العاملة على الوقود [1]:**

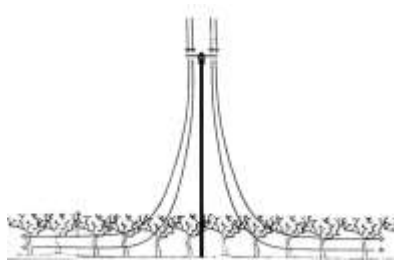
قام الدكتور ريتشارد إل سنايدر في جامعة كاليفورنيا بدراسة تأثير تغير درجة حرارة حقل تفاح مساحته 1 هكتار باستخدام طريقة السخانات العاملة على الوقود التقليدي وبالاستناد إلى المعايير المعتمدة لدى منظمة الفاو العالمية. تبين من خلال الدراسة أن هذه الطريقة تحتاج إلى كمية كبيرة من الطاقة الحرارية عوضاً عن الخسارة الحرارية بالإشعاع أثناء ليلة الصقيع وتساوي تقريباً (5 million KJ/hr.ha) بالتالي تكون الاستطاعة الحرارية المطلوبة هي (1386.63 Kw/hr) حيث نلاحظ ارتفاع تكلفة التشغيل الساعي لهذه الطريقة لذا يفضل استخدامها كطريقة داعمة لطرق أخرى عند الحاجة فقط بالإضافة إلى أنها ملوثة للبيئة.

➤ ميزات هذه الطريقة:

1. السخانات المستخدمة صغير الحجم فيمكن توزيعها بسهولة بين الأشجار
2. تعتبر هذه الطريقة ممتازة في حالة الحقول صغيرة المساحة.
3. الكلفة التأسيسية لهذه الطريقة منخفضة

➤ سلبيات هذه الطريقة:

1. يمكن أن تتسبب هذه الطريقة في حريق يصيب المزروعات.
 2. طريقة غير مجدية دوماً حيث ترفع درجة حرارة الوسط المحيط بالنبات $3 \div 2$ °C لذا تستخدم في كثير من الأحيان كطريقة داعمة لطريقة أخرى في حالات الصقيع الشديد.
 3. أثبت أن هذه الطريقة تنخفض فعاليتها عند اشتداد سرعة الرياح.
 4. كلفة التشغيل في هذه الطريقة مرتفعة نوعاً ما وخاصة عند استخدام الوقود السائل.
- الدراسة المرجعية الثانية: طريقة تزييد الماء:**
- مبدأ هذه الطريقة يعتمد على تزييد الماء من أعلى الأشجار أو من أسفلها حيث إن فاعلية الرش من الأعلى أكثر من الرش من الأسفل، إذ يبدأ الرش فوق الأشجار في فترة انخفاض درجة حرارة الهواء إلى الصفر المنوي واقتربها من درجة الحرارة الحدية للنبات، ويقوم الرذاذ برفع درجة الحرارة حول الأشجار بحوالي $3 \div 5$ درجة مئوية.
- أجريت دراسة من قبل المهندس علاء الأسدي في جامعة دمشق 2010 [2] لاستخدام طريقة تزييد الماء كإحدى طرق مكافحة الصقيع حيث تبين من خلال الدراسة أن هذه الطريقة اقتصادية من حيث كلفة التشغيل التي تنحصر في تشغيل مضخة الشبكة لان منظومة تسخين المياه تعمل على الطاقة الشمسية.
- مميزات هذه الطريقة:**
1. كلفة التشغيل الخاصة بهذه الطريقة منخفضة بالمقارنة مع الطرق الأخرى ويمكن استخدام مصدر حراري متجدد لهذه الطريقة بتسخين المياه بواسطة الطاقة الشمسية المجانية مثلاً.
 2. لا تسبب هذه لطريقة أي تأثير سلبي على المزروعات.
3. هذه الطريقة صديقة للبيئة فلا يوجد فيها أي عوادم أو نواتج احتراق سلبية التأثير.
 4. إمكانية استخدام هذه الطريقة في الحقول كبيرة المساحة.
 5. سهولة تأمين المصادر المائية وخاصة أن مجال استخدامها في المناطق الزراعية.
 6. ترفع درجة حرارة الوسط المحيط بحدود 3 - 5 درجات أما حالات الصقيع الشديد جداً فيمكن دعمها بسخانات الوقود أبطريقة أخرى.
- **سليبات هذه الطريقة:**
1. الكلفة التأسيسية قد تكون مرتفعة نوعاً ما.
 2. تحتاج إلى عمليات صيانة دورية بسيطة لأجزاء دائرة التزييد وإلى عملية تنظيف الفلاتر.
- الدراسة المرجعية الثالثة: طريقة الطائرات المروحية [3]:**
- تم إجراء دراسة في معهد ولاية بافاريا للزراعة والبستنة في المانيا بعام 2014 حيث تم اختيار 14 هكتار مزروعة بالكرم في منطقة ميننشوليف في المانيا، وهي عرضة للصقيع باستخدام طريقة الطائرة المروحية لتخفيف أثر الصقيع حيث أشارت الدراسة:
- أن هذه الطريقة يمكن أن ترفع درجة حرارة الحقل من $3 \div 2$ °C
- وأن هذه الطريقة مكلفة وبحاجة إلى طرق داعمة أخرى.
5. **الأسس النظرية لآلية عمل المراوح المحورية المقترحة:**
- عبارة عن دوارة إما متوضعة داخل هيكل اسطواني، أو بدون هيكل كما في الشكل (1) والذي يبين بعض أنواع الدورات، تتركب الدوارة في كثير من المراوح المحورية مباشرة



الشكل (2) المروحة العمودية [5]

إن السبب المذكور أعلاه دعانا إلى اقتراح استخدام المراوح المحورية المائلة.

المروحة المائلة المقترحة في البحث: حيث يكون محور

هذه المروحة مائلاً عن الأفق بزاوية معينة وذلك حسب طبيعة الأرض ونوع المحصول، كما يوجد نظام دوران للمروحة نفس النوع السابق. كما يبين الشكل (3) نموذج توضيحي لهذه المروحة وهي تتألف من الأجزاء التالية:

جسم الآلة: وهو الجزء الذي يركب في أعلى البرج ويتألف

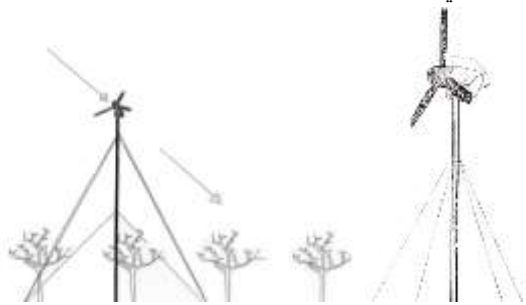
من ريشتان أو ثلاثة ريش بالإضافة إلى أجزاء تثبيت ونقل الحركة ومحرك تحريضي ثلاثي الطور.

البرج: وهو من النوع الأسطواني القابل للتركيب في الحقل

بشكل سهل على ارتفاع يتراوح (9÷15) متر.

لوحة التشغيل الكهربائية: وهي نظام القيادة الكهربائية

للمروحة حيث يعمل هذا النظام بشكل تلقائي عند انخفاض درجة الحرارة إلى الحد الخطر. تحتاج المروحة إلى مصدر طاقة كهربائي باستطاعة محددة.



الشكل (3) المروحة المائلة المقترحة في البحث (عمل الباحث)

6. دراسة التيارات الإيزوترمية المتولدة عن

المروحة [5]:

على عمود المحرك الكهربائي الذي يركب داخل الهيكل

الأسطواني في مجرى الهواء [4].

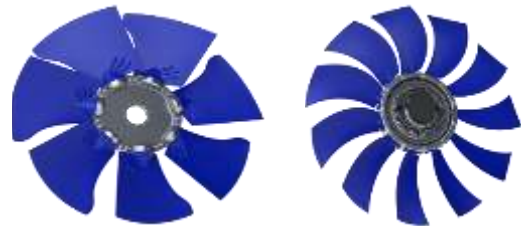
يجري الهواء عند دوران الدوارة فيمر بين الريش بشكل

موازي لمحور الدوران ثم يخرج بشكل مواز لمحور الدوران

ويبين الشكل (1) أشكال الدورات المستخدمة.

المراوح المستخدمة في مكافحة الصقيع لها عدة أشكال

تصنع عادة الريش من ألياف زجاجية مقواة بالبوليستر:



الشكل (1) بعض أنواع الدورات المستخدمة في المراوح المحورية

المروحة الأفقية [5]: هي المروحة التي يكون محورها

موزياً لخط الأفق حيث تدور هذه المروحة حول نفسها من

أجل تغطية الحقل، تكون جدوى الرياح المتولدة عن المروحة

الأفقية ضعيفة وذلك بسبب الضياعات الحاصلة الناتجة عن

الارتفاع العالي للبرج بالتالي نسعى لزيادة فعالية المروحة

باستخدام وسيلة أخرى بالتوازي مع المروحة مثل الدخان في

حالة الانخفاض الشديد لدرجة الحرارة.

أما المروحة العمودية [5]: ويكون فيها محور المروحة

عمودياً على خط الأفق وتتميز هذه المروحة بفعاليتها العالية

من أجل المساحات الصغيرة فقط كما أنها لا تحتاج إلى آلية

دوران حول نفسها. يبين الشكل (2) نموذج توضيحي لهذه

المروحة، إن سيئة المراوح العمودية هي احتمال سقوط الأزهار

على الأشجار القريبة وكذلك ضعف تأثيرها على الأشجار البعيدة

عن محور دورانها لذلك يجب دراسة المروحة بشكل مفصل.

يمكن أن توفر آلية المراوح المحورية الحماية من الصقيع عن طريق زيادة كثافة تدفق الحرارة إلى أسفل التي تعمل على تفتيت الطبقات الحدية فوق الأشجار. لا تنتج المراوح أية حرارة محسوسة، لكنها تعيد توزع الحرارة المحسوسة الموجودة في الهواء.

هناك عدة عوامل تحدد شروط بدء عمل منظومة المراوح المحورية وهي (درجة حرارة الهواء - سرعة الرياح - درجة حرارة نقطة الندى - مرحلة نمو البراعم). [5]

من أهم العناصر اللازمة لعمل المنظومة هو تحديد درجة حرارة بدء عمل نظام التشغيل حيث يعتمد توقيت تشغيل المنظومة على درجة الحرارة الحرجة ودرجة حرارة نقطة الندى. الخطوة الأولى علينا تحديد درجة الحرارة الحرجة للزهرة في الحقل المدروس وفي حالتنا أزهار التفاح.

حيث تعرف درجة الحرارة الحرجة للنباتات بأنها درجة الحرارة التي تستطيع براعم الأزهار أو الثمار أن تتحملها لمدة 30 دقيقة بدون أن يصيبها أي ضرر أو تلف، وفيه يمكن أن يبدأ نظام عمل مكافحة الصقيع عند الاقتراب من هذه الدرجة. وتعتمد قيمة درجة الحرارة الحرجة على عدة عوامل:

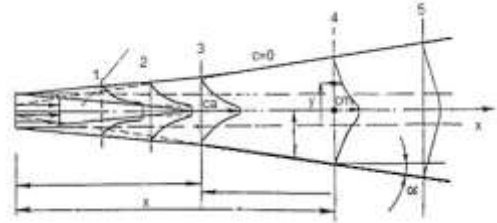
- شكل النبات.
- مرحلة النمو وأطوار النمو.
- حجم ولون النبات.

يوضح الجدول (1) القيمة الحدية لدرجة الحرارة والتي يمكن أن تقتل 10% من براعم الأزهار أو يمكن أن تؤدي إلى قتل 90% من البراعم وذلك لأشجار التفاح. حيث من المجدي أخذ قيمة مناسبة لدرجة الحرارة الحرجة (لتجنب قتل براعم أزهار التفاح) تشمل جميع الأطوار بحيث نتفادى عامل السرعة والتأخر في ظهور الأطوار.

الجدول (1) درجة الحرارة الحرجة لكل طور من أطوار نمو أزهار التفاح [6]	90%	10%
المرحلة	-17.6	-11.9
قمة فضية		

درسنا التيارات المتناظرة محورياً والخارجة من الفتحات الدائرية ولنفرض أن الهواء يخرج من فتحة دائرية من المروحة بسرعة C_a إلى الهواء الساكن، نعتبر درجة حرارة التيار والهواء الساكن واحدة أي أن التيار إيزوترمي ونعتبر حقل السرعة عند خروجه شبه منتظم.

المخطط المبسط لهذا التيار المضطرب مبين بالشكل (4) حيث نلاحظ من هذا الشكل أن هناك جزأين رئيسيين الجزء البدائي والجزء الأساسي.



الشكل (4) مخطط السرعة لتيار هوائي خارج من فتحة دائرية نتيجة للأبحاث التجريبية استنتجت علاقة بينت بأن بروفيل السرعة اللابعدية c_a/c_m في نقطة محددة يتعلق فقط بالإحداثيات اللابعدية y/x أي:

$$\frac{c_a}{c_m} = f(D/X) \quad (1)$$

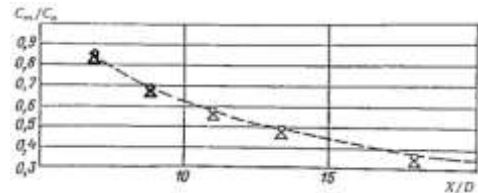
حيث:

c_a : سرعة الهواء المحورية الخارج من المروحة [m/s]

c_m : سرعة الهواء على بعد مسافة X

D: قطر المروحة [m]

نتائج هذه العلاقة مبينة على الشكل (5).



الشكل (5) العلاقة بين السرعة النسبية والطول النسبي [5]

7. تشغيل المنظومة:

قمة خضراء	-7.5	-15.7
نصف خضراء	-5.6	-11.7
العنقود المغلق	-3.9	-7.9
بداية التلون	-2.8	-5.9
تلون كامل	-2.7	-4.6
بداية الإزهار	-2.2	-3.9
إزهار كامل	-2.9	-4.7
بعد الإزهار	-1.9	-3.0

تتخفض درجة حرارة الهواء الخارجية لتصبح مساوية لدرجة نقطة الندى مما يؤدي إلى التسبب بخطر الصقيع للأشجار. ولأمان نضيف درجة حرارة مئوية كاملة لكي نضمن أن تعمل المنظومة قبل حدوث الصقيع

أما الجدول (3) يبين المعلومات المناخية المسجلة من محطة سرغايا التابعة للمديرية العامة للأرصاد الجوية [8] وهذه المعلومات عبارة عن درجة الحرارة الجافة والرطوبة النسبية لشهر آذار لعام 2020 والذي يبين الحالات التي ستعمل بها هذه المنظومة مع أخذ درجة حرارة واحدة كعامل أمان لبدء التشغيل.

الخطوة الثانية تحديد درجة حرارة نقطة الندى: والتي تحدد من مخطط السايكومترى بمعرفة درجة حرارة الهواء الجافة والرطوبة النسبية واللذان يمكن الحصول عليهما من المعلومات المناخية المسجلة للمنطقة المدروسة.

بمعرفة درجة حرارة نقطة الندى ودرجة الحرارة الحرجة يستفاد من الجدول (2) لتحديد توقيت تشغيل المنظومة.

إن النظام يجب أن يعمل عندما درجة حرارة الهواء الجافة أصغر من درجة حرارة بدء عمل تشغيل المنظومة، لأنه في حال تشغيل المنظومة عند درجة الحرارة نقطة الندى للهواء قد

الجدول (2) درجة حرارة تشغيل منظومة مكافحة الصقيع [7]

درجة الحرارة الحرجة	مجال درجة حرارة نقطة الندى			درجة حرارة عمل نظام التشغيل
c°	c°			c°
0	-16.1	إلى	-12.2	7.2
	-12.2	إلى	-8.8	6.1
	-8.8	إلى	-6.1	5.0
	-6.1	إلى	-4.4	3.9
	-4.4	إلى	-2.2	2.8
	-2.2	إلى	-0.6	1.7
	-0.6	إلى	0.0	0.6
-1.1	-17.8	إلى	-12.8	5.6
	-12.8	إلى	-9.4	4.4
	-9.4	إلى	-6.7	3.3
	-6.7	إلى	-4.4	2.2
	-4.4	إلى	-2.8	1.1
	-2.8	إلى	-1.1	0
-2.3	-17.8	إلى	-13.3	3.9
	-13.3	إلى	-10.0	2.8
	-10.0	إلى	-7.2	1.7
	-7.2	إلى	-5.0	0.6
	-5.0	إلى	-2.8	-0.6
	-2.8	إلى	-2.2	-1.7

المرتفعة، وذلك يكون هناك بعض الأيام دافئة في أوقات من المفترض أن يتكون فيه باردة والعكس صحيح. قد تظهر أيام باردة في أوقات يفترض بأن تكون دافئة مما قد يؤدي إلى سرعة أو تأخر في ظهور بعض أطوار زهرة التفاح. لتصميم الحقل مع نظام مكافحة الصقيع سنتبع الخطوات التالية:

1 - تحديد طريقة توزيع الأشجار: [9]

تعتبر عملية تصميم الأشجار مهمة جداً لارتباطها الوثيق بتصميم توزيع منظومة المراوح في الحقل وباقي ملحقات المنظومة. المسافة الموصى بها بين كل شجرة وبين كل صف عادةً 5m. [9]

2 - تحديد مساحة الحقل وأبعاده وعدد الأشجار:

ليكن لدينا حقل بمساحة A وباعتبار أن المسافة بين الأشجار وفق طريقة مربعة متساوية وتساوي 5m فإن مساحة المربع الواحد تساوي $25 m^2$ ، تتوضع الأشجار على رؤوس هذه المربعات، يتم تحديد عدد المربعات التي تغطي الحقل وفقاً لشكل الأرض.

8. تصميم النظام المقترح لمكافحة الصقيع

لحقل تفاح في منطقة سرغايا:

تعتبر مناطق جنوب شرق آسيا الموطن الأصلي للتفاح الذي بدوره يزرع في كثير من مناطق العالم ومنها روسيا وأمريكا وفرنسا والصين وإنكلترا بالإضافة إلى دول البحر الأبيض المتوسط وغيرها من الدول ذات المناخ المعتدل أو البارد شتاءً، وتختلف أصناف التفاح اختلافاً كبيراً في مدى احتياجاتها من البرودة اللازمة خلال فصل الشتاء حتى تخرج الأشجار من طور راحتها (طور السكون) وتنمو بصورة طبيعية عندما يحل الدفء في الربيع.

يبدأ إزهار التفاح في سوريا في شهري آذار ونيسان [9]، أما الإثمار فيبدأ بعد مرور 4-5 سنوات من زراعة شجرة التفاح. ويزداد المحصول تدريجياً بزيادة عمر الشجرة حتى تصل إلى عمر 10 سنوات عندها نحصل على الإنتاج لشجرة التفاح، وتجمع عادة الثمار بعد اكتمال نموها بشكل كامل. ومن المعلوم أن سوريا تقع في منطقة تتعرض أحياناً لتقلبات مناخية في فصلي الربيع والخريف وخاصة المناطق

الجدول (3) المعلومات المناخية المسجلة من محطة سرغايا وحالة عمل المنظومة لشهر آذار [8]

عمل المنظومة	درجة الحرارة التي يجب أن تعمل عليها المنظومة		t_{cr}	t_{dp}	rh	t_{ab}	شهر آذار 2020
	عامل أمان	c°					
تعمل	0.4	-0.6	-2.3	-4	97	-3.6	1
تعمل	0.4	-0.6	-2.3	-4.4	95	-3.8	2
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.2	96	-0.7	3
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-0.9	97	-0.5	4
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-2.5	92	-1.5	5
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	0.7	77	4.4	6
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.6	75	2.2	7
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	4	72	8.8	8
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-0.2	82	2.5	9
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-0.8	97	-0.4	10
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.5	96	-1	11
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-2	90	-0.7	12

الجدول (3) المعلومات المناخية المسجلة من محطة سرغايا وحالة عمل المنظومة لشهر آذار [8]							
عمل المنظومة	درجة الحرارة التي يجب أن تعمل عليها المنظومة		t_{cr}	t_{dp}	rh	t_{db}	شهر آذار 2020 اليوم
	عامل أمان	c°	c°	c°	%	c°	
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.5	80	1.4	13
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	0.9	96	1.8	14
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	0.1	94	1	15
تعمل	1.6	0.6	-2.3	-5.6	94	-3.4	16
تعمل	2.7	1.7	-2.3	-7.9	83	-5.8	17
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.6	83	1.2	18
تعمل	1.6	0.6	-2.3	-5.8	80	-3.8	19
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	0.6	84	1.3	20
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.6	95	-1	21
تعمل	0.4	-0.6	-2.3	-6	83	-3.8	22
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	0.4	96	1	23
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-0.5	93	0	24
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-1.9	93	-1	25
تعمل	0.4	-0.6	-2.3	-3.5	94	-2.8	26
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-2.1	96	-1.6	27
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-0.2	96	0.3	28
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-2.3	90	-1	29
تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-2.7	92	-1.7	30
لا تعمل	-0.7	-1.7	-2.3	-2	85	0	31

t_{db} : درجة الحرارة الجافة.
 rh : الرطوبة النسبية.
 t_{dp} : درجة حرارة نقطة الندى.

\emptyset : زاوية ميل محور المروحة عن الأفق.

3 - تحديد مواصفات المروحة:

يتضمن تحديد مواصفات المروحة حساب غزرتها

وإستطاعتها، وقطرها ومواصفات الريش.

1. نوجد أولاً إحدائيات توضع المروحة والذي يتضمن

المسافة الأفقية بين الشجرة والبرج والتي تغطيها المروحة دون

استعمال آلية الدوران (y) والمسافة بين مركز المروحة وأبعد

شجرة (x)، أما الزاوية بين الأفق ومحور المروحة \emptyset فتأخذ

قيمة من $20^\circ \div 10^\circ$ حيث تتعلق بمخروط الهواء الذي

سيغطي الحقل، أما ارتفاع البرج H فإنه يتبع لتغير طبقة

الانقلاب الحراري ويتراوح بين 8 ÷ 12 م. [10] وذلك من

العلاقات التمثيلية التالية:

$$Y = \tan(90 - \emptyset) \cdot H \quad (1)$$

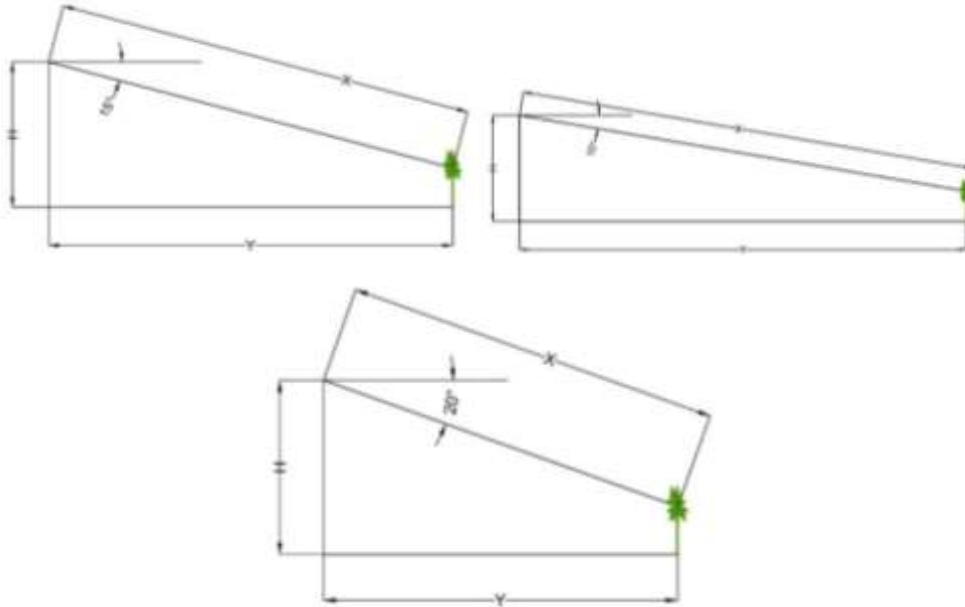
$$x^2 = H^2 + Y^2 \rightarrow x = \sqrt{H^2 + Y^2} \quad (2)$$

- من أجل تغطية كامل الحقل بمخروط المزج يتم تدوير المروحة حول نفسها باستخدام نظام تدوير ذاتي باستخدام محرك أحادي الطور 220 v حيث يقوم بتدوير المروحة حول نفسها مرة كل أربع دقائق وبالتالي فإن المروحة ستغطي مساحة دائرية بنصف قطر Y.

2. لحساب سرعة الهواء اللازمة الخارج من المروحة يلزم معرفة السرعة الحدية التي تتحملها الزهرة والتي تساوي بحالة زهرة التفاح $C_m = 4.5 [m/s]$ ، وتؤخذ قيمة نسبة سرعة الهواء الواصل إلى الزهرة إلى سرعة الهواء الخارج من المروحة α ($\alpha = 0.35 \div 0.9$) وفقاً للمرجع [5] والتي يعبر عنها بالعلاقة:

$$C_a = C_m / \alpha \quad (3)$$

3. نوجد النسبة ($\tau = X/D$) من الشكل (5) بدلالة (α). حيث D قطر دوار المروحة.



الشكل (6) المسافة بين المروحة والأشجار ولعدة زوايا مقترحة

بفرض وجود حقل تفاح بمساحة $5000 m^2$ مربع الشكل أبعاده $70 \times 70 m$ يعتمد الطريقة الرباعية لتوزيع الأشجار، بالتالي سيكون في الحقل 14 مربع بالاتجاه الطولي و 14 مربع بالاتجاه العرضي بعدد أشجار إجمالي 168 شجرة، كما هو مبين في الشكل (7) في يوم السادس عشر من آذار فإن درجة الحرارة الجافة تساوي إلى $-3.4^\circ C$ والرطوبة النسبية 94% بالعودة إلى المخطط البسايكومتري نجد أن درجة حرارة نقطة الندى تساوي إلى $-5.6^\circ C$ ، بالعودة إلى الجدول (1) فإن درجة الحرارة الحرجة للتفاح في بداية الإزهار تساوي $-2.0^\circ C$ ، ومن الجدول (2) وبدلالة درجة حرارة نقطة الندى ودرجة الحرارة الحرجة نجد أن درجة الحرارة الجافة التي يجب أن تبدأ عندها المنظومة بالعمل تساوي إلى $+0.6^\circ C$ وبأخذ معامل أمان قدره درجة مئوية واحدة فإن المنظومة ستعمل عندما تكون درجة الحرارة الجافة تساوي إلى $1.6^\circ C$ ، بالمقارنة بين درجة الحرارة الجافة في يوم 16 آذار ودرجة حرارة بدء

4. من العلاقة الأخيرة نوجد قطر المروحة D بدلالة X

$$D = X/\tau \quad (4)$$

5. نوجد الغزارة L التي تعطيها المروحة من العلاقة:

$$L = \frac{\pi D^2}{4} \cdot Ca \cdot (1 - U^2) \quad (5)$$

حيث U نسبة قطر الباعة إلى القطر الخارجي للمروحة.

6. نحسب الاستطاعة N على محور المحرك الكهربائي

من العلاقة:

$$N = \frac{P_t \cdot L}{1000 \eta_m \cdot \eta_f} \quad (6)$$

حيث t الضغط النظري الذي تولده المروحة، η_m

المردود الميكانيكي لجملة النقل، و η_f مردود المروحة. [5]

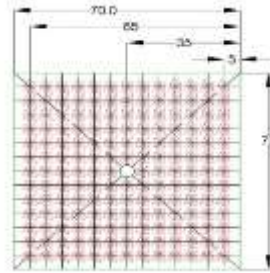
ويعطى P الضغط الفعلي الذي تولده المروحة بالعلاقة:

$$P = P_t/\eta_p \quad (7)$$

9. مثال تطبيقي لحقل تفاح:

حيث اخترنا قيمة 15° وارتفاع البرج $H = 9 [m]$ ، وسنعمد نسبة $\alpha = 0.4$ كما سنفرض أن $U = 0.2$ وأن مردود المروحة ومردود المحرك يساويان إلى $\eta_f = 0.9$ ، $m = 0.94$

عمل المنظومة نجد أنه $-3.4 > 1.6$ ، بالتالي يجب أن تعمل المنظومة في هذا اليوم. لتصميم المروحة سنفرض أن المروحة تتوضع في مركز الحقل ويميل محورها عن الأفق إما بزاوية $10^\circ, 15^\circ, 20^\circ$



الشكل (7) توزيع الأشجار في الدراسة الحالية

بالتعويض بالعلاقات نجد أن:

$$\alpha = 0.4$$

$$Y = 33.6 [m]$$

$$X = 34.77 [m]$$

$$C_a = 7.5 [m/s]$$

$$\tau = 17$$

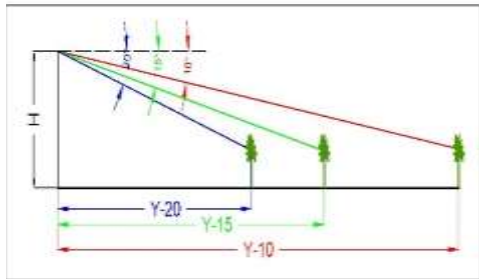
$$D = 2 [m]$$

$$L = 23.66 [m^3/s]$$

$$P_t = 200 [Pa]$$

$$N_E = 5 [kW]$$

هنا نلاحظ أنه كلما زادت زاوية ميل المروحة تقل المساحة التي تغطيها المروحة.



نسبة C_m/C_a

المسافة الأفقية بين محور المروحة وأبعد شجرة

المسافة التي تغطيها المروحة

سرعة الهواء الخارج من المروحة

قطر المروحة

غزارة المروحة

الضغط الفعلي

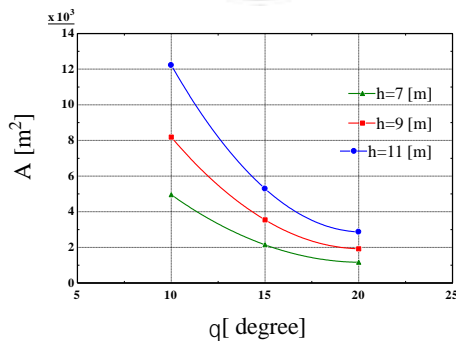
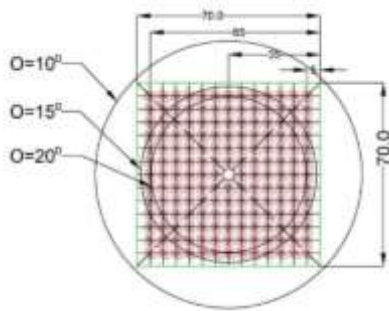
الاستطاعة الكهربائية

12. تأثير زاوية ميل محور المروحة على

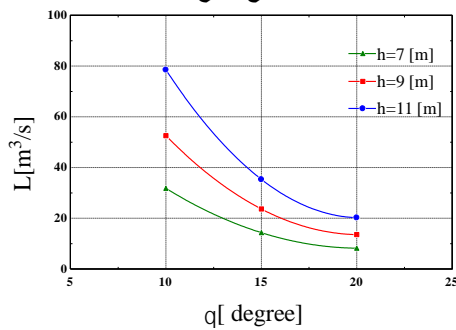
مواصفات المروحة:

يؤدي اختلاف زاوية ميل محور المروحة إلى اختلاف المسافة الأفقية التي تغطيها المروحة، وباعتبار أن المروحة سوف تدور حول محورها فإنها ستغطي مساحة دائرية نصف قطرها Y حيث يبين الشكل

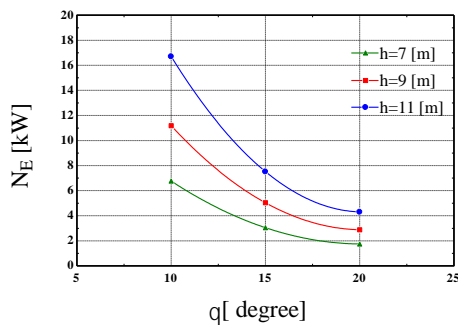
(8) المسافة التي تغطيها المروحة لعدة زوايا وأما الشكل (9) فيبين المساحة التي تغطيها المروحة لعدة زوايا (10,15,20)



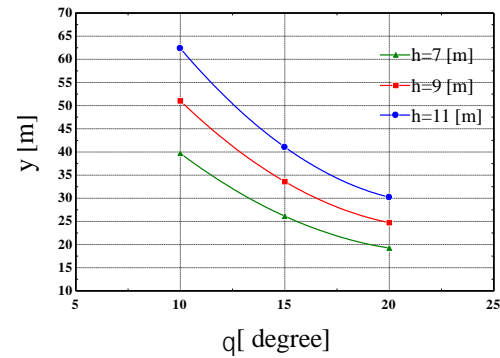
الشكل (9) المساحة التي تغطيها المروحة وفق زاوية ميل محورها وارتفاع البرج



الشكل (10) العلاقة بين زاوية الميل وارتفاع المروحة على غزارة الهواء



الشكل (11) العلاقة بين زاوية الميل وارتفاع المروحة على استطاعتها



الشكل (8) المسافة التي تغطيها المروحة وفق زاوية ميل محورها وارتفاع البرج

أما الأشكال (11,10) تبين تأثير زاوية ميل المروحة وارتفاع المروحة على غزارة الهواء واستطاعة المروحة. نلاحظ من الأشكال أنه كلما زادت زاوية ميل المروحة تقل غزارتها واستطاعتها، وعند زاوية ميل محددة فإن زيادة ارتفاع البرج يؤدي لزيادة كل من غزارة المروحة واستطاعتها.

13. الكلفة الاستثمارية لاستخدام المراوح

المحورية المائلة المقترحة:

يتألف نظام مكافحة الصقيع باستخدام المراوح من برج مع المروحة بالإضافة لأجهزة التحكم والقياس، كما يمكن أن يضاف لهذه التجهيزات نظام تشغيل باستخدام الخلايا الشمسية والذي يتألف من الألواح والبطاريات والملحقات. وهي موضحة في الجدول (4) حيث تبين معنا في الدراسة أن استطاعة محرك المروحة المطلوب تساوي إلى 5 كيلو واط يضاف إليها استطاعة محرك تدوير البرج ومقدارها 1 kW، تعمل المنظومة لخمس ساعات يومياً لمدة 16 يوماً في شهري آذار ونيسان.

4. يمكن استخدام طريقة المراوح لمكافحة الصقيع لحماية البراعم الزهرية سواء كانت تنمو على أشجار مرتفعة أو في حالة المزروعات الأرضية.
5. عند زاوية محددة كلما زاد ارتفاع البرج تزداد المسافة التي تغطيها المروحة.
6. كلما زادت زاوية ميل المروحة نقل غزارتها واستطاعتها.
7. عند زاوية ميل محددة تؤدي زيادة ارتفاع البرج يؤدي لزيادة كل من غزارة المروحة واستطاعتها.

15. التوصيات:

1. توصية وزارة الزراعة بتطوير طرق جديدة عملية لحماية كافة المزروعات وإيجاد حلول مناسبة لمكافحة الصقيع والتغلب عليه.
2. يراعى أن يتم دراسة مناطق أخرى والأخذ بعين الاعتبار تغيير تضاريس المنطقة المزروعة في حال كانت غير مستوية.
3. بحالة استخدام أكثر من مروحة يوصى بدراسة توضع مكان المراوح ضمن الحقل بحيث لا يحصل تداخل للهواء القادم من كل مروحة.
4. يراعى دراسة كل نوع من أنواع الأشجار المثمرة على حدا وذلك لوجود شروط خاصة بكل نوع ما يؤدي لاختلاف مواصفات المنظومة من نوع لأخر.

لتحديد فترة استرداد رأس المال محسوبة سنة 2022 فإن حقل بمساحة 5دونم من التفاح بحيث عمر الشجرة 12 سنة فما فوق وأن كل شجرة تحمل 80 kg تقريباً من التفاح وباعتبار أن عدد الأشجار 168 شجرة فيكون الإنتاجية الكلية للحقل هو تقريباً 16.8 طن، وباعتبار أن ثمن 1 كغ من التفاح هو 1200 ليرة سورية فاستثمار الحقل كاملاً يعطي 20,160,000 ليرة سورية. بحال حدوث الصقيع فإن خسارة الفلاح تعادل هذا الرقم.

وبالتالي تكون فترة استرداد رأس المال بحالة استخدام نظام طاقة شمسية أو باستخدام مولدة كهربائية أقل من عام واحد. علماً أنه في حال استخدام نظام طاقة شمسية أو مجموعة توليد لمكافحة الصقيع فإن هذين النظامين يمكن استثمارهما لمجالات أخرى كربي الحقل وهذا بالتالي يؤدي إلى فوائد استثمارية إضافية وبالتالي تقليل فترة استرداد رأس المال.

14. نتائج البحث:

- يمكننا استنتاج عدة نقاط من البحث وهي:
1. أي ضرر بالمزروعات نتيجة الصقيع يؤدي إلى تأثير غير نافع على الاقتصاد الوطني بما يؤدي إلى ارتفاع أسعار الثمار والفواكه.
 2. لقد بينا من خلال دراستنا أهمية مكافحة الصقيع وجدوى مكافحته
 3. إن طريقة مكافحة الصقيع باستخدام المراوح المائلة المقترحة تعتبر صديقة للبيئة ولا تسبب أي ضرر للمزروعات.

الجدول (4) الجدوى الاقتصادية بالليرة السورية مقدرة سنة 2022			
مولدة كهربائية		بحالة استخدام نظام طاقة متجددة	
الكلفة التأسيسية		الكلفة التأسيسية	
2,000,000	المروحة المحورية	2,000,000	المروحة المحورية
1,500,000	البرج المعدني	1,500,000	البرج المعدني
1,000,000	نظام التحكم والقياس	1,000,000	نظام التحكم والقياس
1,000,000	محرك مروحة أحادي الطور	1,000,000	محرك مروحة أحادي الطور
4,000,000	مولدة استطاعة 6 kW	11,880,000	ألواح شمسية عدد 10 استطاعة 540 واط
-	-	5,000,000	البطاريات عدد 4 انبوية A200
-	-	3,200,000	انفيرتر 5000 واط

-	-	2,800,000	ملحقات (الواح تثبيت مع كابلات)
9,500,000	الكلفة الإجمالية	16,500,000	الكلفة الإجمالية
	كلف استثمارية		كلف استثمارية
500,000	استهلاك المازوت 2 لتر/ سا	لا يوجد	استطاعة كهربائية
			الكلفة الإجمالية
10,000,00 0 ل.س		16,500,000 ل.س	

الرموز المستخدمة في البحث

الرمز	الدليل	الرمز	الوحدة	الدليل	الرمز
L	الغزارة	C	m^3/s	السرعة	m/s
N	الاستطاعة	t	kW	درجة الحرارة	$^{\circ}C$
P_t	الضغط	D	kPa	قطر المروحة	m
A	مساحة	X, Y	m^2	المسافة	m
H	ارتفاع البرج	U	m	نصف قطر الباعة	-

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

المراجع References

1. Snyder, Richard L., and JP de Melo-Abreu. "Frost protection: fundamentals, practice and economics. Volume 1." Frost protection: fundamentals, practice and economics 1 (2005): 1-240.
2. م. علاء الأسدي، (2010) تخفيض أثر الصقيع على الأشجار المثمرة باستخدام شبكة التريذ بالماء» رسالة ماجستير، جامعة دمشق.
3. Hu, Yongguang, et al. "Review of air disturbance technology for plant frost protection." International Journal of Agricultural and Biological Engineering 11.3 (2018): 21-28.
4. د.علي خلوف، كتاب آلات الجريان، منشورات جامعة دمشق.
5. Cherkasskii, V. M. "Pumps, fans, compressors." Jenergoatomizdat, Moscow (1984).
6. م. أمينة حج قنبر، شجرة التفاح، (كيف نعتني بها من الزراعة وحتى تخزين الثمار)، شبكة المعرفة الريفية 2010.
7. علي عباس، الصقيع والتبؤ بحدوثه ومقاومته، منشورات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، رقم النشرة 445، 2001.
8. معلومات من الأرصاد الجوية 2020.
9. وزارة الزراعة السورية، مجلة الزراعة، العدد الخامس والعشرون، 2008، ص 22.
10. وزارة الزراعة، النظم الطليعية 2012.