الجمهورية العربية السورية
جامعة دمشق
كلية الهندسة الزراعية
قسم علوم البستنة

دراسة تأثير الرش ببعض المركبات الكيميائية في تحمل شجرة الكرز الحلو للصقيع الربيعي

رسالة أعدت لنيل درجة الماجستير في علوم البستنة

إعداد

م.نادر أحمد عبيد

إشراف

الدكتور محمد بطحه

أستاذ في قسم علوم البستنة

كلية الهندسة الزراعية ـ جامعة دمشق

٢٠٢٤

الفهرس

١- الفصل الأول: الجزء التمهيدي.....١

١-١- المقدمة.....٢

١-٢- مشكلة البحث.....٤

١-٣- تساؤلات البحث.....٤

١-٤- فرضيات البحث.....٥

١-٥- مسلمات البحث.....٥

١-٦- أهداف البحث.....٥

١-٧- أهمية البحث.....٦

١-٨- محدوديات البحث.....٦

١-٩- مبررات البحث.....٦

٢- الفصل الثاني: الدراسة المرجعية.....٧

٢-١- تأثير الصقيع في النباتات.....١٠

٢-٢- دور البوتاسيوم في تحمل شجرة الكرز لظروف الصقيع.....١٤

٢-٣- دور مركبات النحاس في تحمل شجرة الكرز لظروف الصقيع.....١٦

٢-٤- دور الايثيفون في تحمل شجرة الكرز لظروف الصقيع.....١٩

٣- الفصل الثالث: مواد البحث وطرائقه.....٢٣

٣-١- مكان وزمان تنفيذ البحث.....٢٤

٣-٢- المادة النباتية.....٢٥

٣-٣- المعطيات المناخية لموقعي الدراسة.....٢٥

٣-٣-١- المعطيات المناخية للموقع الأول.....٢٥

٣-٣-٢- المعطيات المناخية للموقع الثاني.....٢٧
٣-٤- المعاملات.....٢٩
٣-٥- المؤشرات المدروسة.....٣٠
٣-٥-١- المؤشرات المتعلقة بالأزهار.....٣٠
٣-٥-٢- المؤشرات الإنتاجية.....٣٠
٣-٥-٣- التحليل الكيميائي لمكونات الثمار.....٣١
٣-٦- تصميم البحث والتحليل الإحصائي.....٣١
٤- الفصل الرابع: النتائج والمناقشة.....٣٢
٤-١- المؤشرات المتعلقة بالأزهار.....٣٣
٤-١-١- تأثير المعاملات المدروسة في موعد الإزهار.....٣٣
٤-١-٢- تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الأزهار العاقدة.....٣٥
٤-١-3- تأثير المعاملات المدروسة في **نسبة الثمار الناضجة**.....٣٧
٤-١-٤- تأثير المعاملات المدروسة في نسبة العقد المتساقط.....٣٩
٤-٢- دراسة المؤشرات الانتاجية.....٤١
٤-٢-١- تأثير المعاملات المدروسة في إنتاجية الشجرة.....٤١
٤-٢-٢- تأثير المعاملات المدروسة في متوسط وزن الثمرة.....٤٣
٤-٣- التحليل الكيميائي لمكونات الثمار.....٤٥
٤-٣-١- تأثير المعاملات المدروسة في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في ثمار الكرز.....٤٥
٤-٣-٢- تأثير المعاملات المدروسة في نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في ثمار الكرز.....٤٧
مناقشة النتائج.....٤٩
٥- الفصل الخامس: الاستنتاجات والمقترحات.....٥٢
٦- الفصل السادس: المراجع.....٥٤

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
١	درجات الحرارة الربيعية الحرجة لمراحل تطور البرعم الزهري عند شجرة الكرز الحلو	١٣
٢	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في موعد الإزهار (يوم)**	٣٤
٣	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة الأزهار العاقدة (%)**	٣٦
٤	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة الثمار الناضجة (%)**	٣٨
٥	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة العقد المتساقط (%)**	٤٠
٦	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في انتاجية الشجرة (كغ)**	٤٢
٧	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في متوسط وزن الثمرة (غ)**	٤٤
٨	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الكرز (%)**	٤٦
٩	**تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في ثمار الكرز (%)**	٤٨

فهرس الأشكال

رقم الجدول	العنوان	رقم الصفحة
١	درجات الحرارة والرطوبة النسبية السائدة في الموقع الأول خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٢/١٢/١٦ حتى ٢٠٢٣/٥/١٩	٢٥
٢	درجات الحرارة السائدة في الموقع الأول خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٣/٤/٢٥ حتى ٢٠٢٣/٥/٥	٢٦
٣	درجات الحرارة والرطوبة النسبية السائدة في الموقع الثاني خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٢/١٢/١٦ حتى ٢٠٢٣/٥/١٩	٢٧
٤	درجات الحرارة السائدة في الموقع الثاني خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٣/٤/٢٥ حتى ٢٠٢٣/٥/٥	٢٨

الملخص

نُفذ البحث في حقلي كرز خاصين في جرود بلدة رأس المعرة بمحافظة ريف دمشق والمختبرات التابعة لكلية الزراعة، جامعة دمشق على موسم عام ٢٠٢٢-٢٠٢٣، بهدف دراسة تأثير الرش الورقي بمحلول سلفات البوتاسيوم (٣ غ/ل) ورش الايثيفون (١٠٠، ٢٥٠، ٤٠٠ ملغ/ل) وهيدروكسيد النحاس (٣ غ/ل) والتفاعل فيما بينهم في زيادة تحمل شجرة الكرز صنف Bing للصقيع الربيعي. ساهمت معاملة الرش بالإيثيفون مفرداً أو مجتمعاً مع باقي المعاملات في تأخير الإزهار، وازداد عدد أيام تأخير الإزهار مع ازياد التركيز المستخدم من الايثيفون. أعطت معاملة رش الايثيفون بتركيز ٤٠٠ ملغ/ل واجتماع معاملتي الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل والرش بمحلول سلفات البوتاسيوم أفضل القيم من حيث نسبة العقد (٣١.٣٩، ٢٩.٠٦ % على التوالي، وكانت في الشاهد ٥.٨٣٪)، ومن حيث نسبة الثمار الناضجة (١٦.٨٢، ١٦.٧١ % على التوالي، وكانت في الشاهد ٢.٦٤ %)، ومن حيث انتاجية الشجرة (٥.٣٢، ٥.٥٨ كغ/شجرة على التوالي، وكانت في الشاهد ٠.٣٧ كغ/شجرة). في حين سجلت المعاملتين السابقتين أقل نسبة للعقد المتساقط (٨٣.١٧، ٨٣.٢٩ % على التوالي، وكانت في الشاهد ٩٧.٣٥ %)، بينما أعطت معاملة الرش الورقي بمحلول سلفات البوتاسيوم واجتماع معاملتي رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل والرش الورقي بسلفات البوتاسيوم واجتماع المعاملات الثلاث معاً أفضل قيمة لمتوسط وزن الثمار (٨.٦٠، ٨.٥٣، ٨.٦٤ غ على التوالي) مقارنة مع الشاهد (٧.٨٥ غ). من جهة أخرى أعطت معاملة الرش الورقي بسلفات البوتاسيوم واجتماع معاملتي رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل والرش الورقي بسلفات البوتاسيوم أقل نسبة للأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الكرز (١.٨٢١، ١.٨٢٠ % على التوالي) مقارنة مع الشاهد (١.٨٧٨ %)، في حين لم يوجد فروق معنوية بين المعاملات من حيث محتوى عصير ثمار الكرز من المواد الصلبة الذائبة الكلية TSS.

الكلمات المفتاحية: شجرة الكرز، الصقيع الربيعي، البوتاسيوم، النحاس، الايثيفون.

الفصل الأول

الجزء التمهيدي

١-١- المقدمة:

تحتل شجرة الكرز مكانة هامة بين أشجار الفاكهة المعتدلة في جميع أنحاء العالم (Kumar *et al*., 2020)، ويتبع الكرز الحلو المملكة النباتية Plant Kingdom، رتبة Rosales، العائلة Rosaceae، تحت العائلة Prunoidcac، الجنس *Cerasus*، النوع *Cerasus Avium*، ويوجد نحو ١٥٠ نوعاً من الكرز (Dzhangaliev *et al*., 2020). اقترح Kappel وزملاؤه (٢٠١١) أن الكرز الحلو نشأ في منطقة جنوب جبال القوقاز.

شهد إنتاج الكرز نمواً ملحوظاً في السنوات الماضية في أنحاء العالم، إذ زاد إنتاج الكرز بنسبة ٣٧٪ منذ عام ٢٠٠٠ (حيث كان الإنتاج العالمي في العام ٢٠٠٠ بحدود ١.٩٠ مليون طن ووصل في العام ٢٠٢٠ الى ٢.٦١ مليون طن)، ويرجع ذلك الى كون المزارعين يخصصون المزيد من الموارد لإنتاج الكرز، كما يعد اهتمام المستهلك المتزايد به أحد المحركات الأساسية لهذه الزيادات في الانتاج (Vignati *et al*., 2022).

يُعرَّف مصطلح "الصقيع" بأنه الحالة التي تصبح فيها درجة حرارة الهواء ٠ درجة مئوية أو أقل (Usha et al., 2015). وتستخدم هذا المصطلح على نطاق واسع لوصف الظاهرة الجوية التي تحدث عندما تتعرض المحاصيل والنباتات للإصابة بالتجمد. يمكن التمييز ما بين ثلاثة أنواع من الصقيع بحسب طريقة نشوئها: الصقيع الناتج عن الإشعاعات والذي يحدث بتأثير الهواء البارد وفي رياح هادئة في الليالي الخالية من الغيوم (الصقيع الشعاعي)، الصقيع الناتج عن الهواء الجوي والذي ينتج عن انخفاض شديد في درجة حرارة الهواء الى ما تحت الصفر المئوي، الصقيع الذي تحدثه الرياح الباردة جداً (الصقيع الريحي) (عبيد، ٢٠٠٦).

تعد شجرة الكرز من بين أشجار الفاكهة المبكرة الإزهار في الربيع ضمن المناطق الباردة التي تنتشر فيها الشجرة، ومن ثم فهي شديدة التأثر بالصقيع الربيعي المتأخر (Matzneller *et al*., 2016). ويشكل الصقيع الربيعي خطراً على إنتاج الكرز في بعض الأماكن في العالم، بدءاً من المناطق المناخية المعتدلة وحتى المناطق

المناخية الباردة، حيث يسبب انخفاض الحرارة في الربيع بعد درجات الحرارة المرتفعة في أواخر الشتاء وأوائل الربيع خسائر اقتصادية كبيرة (Demirsoy *et al*., 2022)، كما يتسبب الصقيع الربيعي –خاصة في الكرز– بخسائر كبيرة أكثر من أي مخاطر حيوية وبيئية أخرى (Chmielewski *et al*., 2018). وهو أحد الاجهادات البيئية الرئيسية التي تحد من التوزيع الجغرافي والنمو والإنتاجية لأشجار الفاكهة المعتدلة (Yu and Lee, 2020)، بل ويعد العامل الأكثر أهمية في تحديد توزيع الأنواع النباتية على الأرض، على الرغم من الجهود البحثية العديدة المكرسة للحد من أضراره (Rodrigo, 2000).

يستخدم العديد من الطرائق للتخفيف من أضرار الصقيع كالمواقد أو المراوح أو الري الرذاذي (Blanc, 1969)، أو الاهتمام بتغذية النبات (Waraich *et al*., 2012)، أو تأخير إزهاره (Raúl *et al*., 2011).

يعد البوتاسيوم (K) من أهم العناصر المعدنية للنباتات، وهو عنصر أساسي يؤثر في معظم العمليات البيوكيميائية والفيزيولوجية التي تؤثر في نمو النبات (Wang *et al.,* 2013). وضروري في عملية التمثيل الضوئي، ونقل المواد الناتجة عن التمثيل الضوئي، وتنشيط الإنزيمات في ظل ظروف الإجهاد (Waraich *et al*., 2012). وللبوتاسيوم أهمية خاصة في زيادة تحمل الإجهادات البيئية ومنها اجهاد الحرارة المنخفضة والصقيع (Saadati *et al.,* 2021; Karimi, 2017; Wang *et al.,* 2013).

يعد النحاس (Cu) من العناصر الغذائية الأساسية للنبات ويشارك في العديد من العمليات الفيزيولوجية (Braz, 2005). كما أن المركبات المحتوية على النحاس تعد من أوائل المواد الكيميائية المستخدمة لمكافحة أمراض النبات، ولا تزال تعد من المواد الكيميائية الرئيسية لمكافحة البكتريا المسببة للأمراض (Lindow *et al*., 1995). وتلعب بعض المركبات الحاوية على النحاس دوراً في التخفيف من أضرار الصقيع من خلال التخلص من البكتريا النشطة لنواة الجليد INA (Ice Nucleation Active) (Dawashi and Shokrollahi, 1999).

يعد الايثيفون "Ethephon" (2–chloroethylphosphonic acid) أحد منظمات النمو النباتية الصناعية، وتنسب آثاره بشكل عام إلى الايثلين (Pahwa *et al.*, 2015). والايثلين يلعب دورا هاما وأساسيا في تحرض السكون (Suttle, 1998)، ويؤدي استخدام الإيثيفون المطلق للايتلين الى تأخير الإزهار ويزيد من تحمل البراعم للبرودة إذا تم استخدامه في أوائل الخريف (Gianfagna *et al.*, 1989)، وخاصة أن تحمل النباتات للبرودة والتأقلم معها يعتمد بشكل كبير على عمق السكون والذي تم تحسينه من خلال تطبيقات الإيثيفون (Liu *et al.*, 2021).

١–٣– مشكلة البحث:

تعاني أشجار الفاكهة عموماً وشجرة الكرز خصوصاً من موجات الصقيع الربيعي والتي تتزامن في معظم الأحيان مع الأطوار الفينولوجية الحساسة للظروف البيئية، حيث أن انخفاض الحرارة في الربيع يسبب خسائر اقتصادية كبيرة. كما يتسبب الصقيع الربيعي في الكرز بخسائر كبيرة أكثر من أي اجهاد حيوي أو بيئي آخر، ما يسبب تلف الأعضاء التكاثرية في الشجرة وبالتالي قلة المحصول أو انعدامه في بعض السنوات.

١–٣– تساؤلات البحث:

–هل الاهتمام بتغذية شجرة الكرز بعنصر البوتاسيوم يمكن أن يساهم في خفض أضرار الصقيع الربيعي؟

–هل استخدام المركبات النحاسية يمكن أن يخفف من أضرار الصقيع الربيعي؟

–هل يساهم التطبيق الخريفي للايثيفون بغية تأخير موعد إزهار شجرة الكرز في تجنب تعرضها لخطر الصقيع الربيعي؟

–هل يمكن التوصل الى استراتيجية شاملة يمكن من خلالها خفض أضرار الصقيع على النباتات؟

١-٤- فرضيات البحث:

-يفترض أن ضعف تغذية النبات بالعناصر المعدنية يزيد من ضرر درجات الحرارة المنخفضة، وعليه يفترض أن تقديم التغذية المعدنية الكافية وخصوصاً بعنصر البوتاسيوم يزيد من تركيز العصير الخلوي في النبات ومن ثم خفض نقطة تجمده مما يؤدي الى التقليل من أضرار الصقيع الربيعي.

-يفترض أن استخدام المركبات النحاسية للتخلص من نويات تشكل الجليد التي تعد الأساس لتشكل البلوريات الثلجية يقلل من فرص تشكل الجليد ومن ثم زيادة تحمل النبات لانخفاض درجات الحرارة.

-يفترض أن تطبيق الايثيفون في الخريف بغية تأخير موعد الإزهار يزيد من احتمال تفادي تعرض الأزهار والعقد الصغير للصقيع الربيعي.

١-٥- مسلمات البحث:

-يسبب الصقيع الربيعي خسائر كبيرة في المحصول الثمري لأشجار الفاكهة ومنها الكرز.

-تؤدي التغذية المعدنية الكافية الى تحسين قوة الأشجار وما يترتب على ذلك من آثار إيجابية في زيادة تحمل النبات للإجهادات البيئة والحيوية.

-يؤدي استخدام مركبات النحاس الى تقليل فرص تشكل بلورات الجليد لتأثيرها على محفزات تشكل الجليد البكتيرية على سطح النبات وبالتالي تقليل أضرار الصقيع.

-يؤدي تأخير موعد الإزهار في الأشجار الى احتمالية التقليل من مخاطر الصقيع الربيعي.

١-٦- أهداف البحث:

-دراسة تأثير الرش بسلفات البوتاسيوم ومركبات النحاس في التخفيف من ضرر الصقيع الربيعي في شجرة الكرز وتحسين النمو والانتاجية.

-دراسة تأثير الايثيفون في تأخير موعد إزهار شجرة الكرز وتحسين الانتاجية.

1-7- أهمية البحث:

تأتي أهمية هذا البحث من كونه يدرس تأثير العديد من الاستراتيجيات التي يمكن من خلالها التخفيف من أضرار الصقيع الربيعي والذي أضحى في السنوات الأخيرة يتسبب بخسائر اقتصادية كبيرة لمزارعي الكرز نتيجة تزامن حدوث موجات الصقيع مع الاطوار الفينولوجية الحساسة لشجرة الكرز (الإزهار والعقد).

1-8- محدوديات البحث:

أ- الحدود المكانية:

نُفذ البحث في جرود بلدة رأس المعرة التابعة لمحافظة ريف دمشق في حقلين من أشجار الكرز. وتم أخذ القراءات والقياسات والتحاليل ضمن مخابر كلية الهندسة الزراعية – جامعة دمشق.

ب- الحدود الزمانية:

تم اجراء البحث خلال العامين ٢٠٢٢ و٢٠٢٣ بغية دراسة تأثيرها على محصول العام ٢٠٢٣.

1-9- مبررات البحث:

تعد شجرة الكرز من أشجار الفاكهة المهمة اقتصادياً في سورية، نظراً لتأقلمها الجيد مع البيئة المحلية، ولزراعتها في الأماكن المرتفعة والجبلية حيث لا تنجح فيها زراعة أنواع أخرى من الأشجار المثمرة، بالإضافة الى انخفاض تكاليف عمليات خدمتها مقارنة مع بقية أشجار الفاكهة. ولكن تكرار موجات الصقيع الربيعي المتأخرة تؤدي الى قلة الإنتاج وانعدامه أحياناً، ويتسبب ذلك بخسائر كبيرة للمزارعين وعدم استفادة الاقتصاد الوطني من عوائد تصدير الإنتاج. ولذلك كان لابد من العمل على إيجاد الاستراتيجيات المناسبة للتخفيف والحد من أضرار الصقيع على النبات.

الفصل الثاني

الدراسة المرجعية

٢- الدراسة المرجعية:

الكرز شجرة متساقطة الأوراق، تظهر أشجار الكرز الصغيرة سيادة قمية قوية مع جذع مستقيم وتاج مخروطي، يصبح مستديرًا إلى غير منتظم في الأشجار الكبيرة، زهرة الكرز خنثى، حيث تحتوي كل من الأعضاء التكاثرية الأنثوية والذكرية، ويبلغ قطر كل زهرة نحو ٢.٥ سم، ولها خمس بتلات محاطة بخمسة كؤوس خضراء، ومدقة واحدة مستقيمة بها مبيض، وبويضتان، و٣٠ سداة (Scott *et al.*, 2004).

إن رحيق أزهار الكرز الحلو غني بالسكريات (من ٢٨٪ إلى ٥٥٪ سكر)، وأكثرها وفرة الفركتوز والجلوكوز والسكروز، وهي عوامل جاذبة للحشرات والنحل من أجل التلقيح (Akšic *et al.*, 2020). ومن المعروف أن التلقيح بواسطة الحشرات في الكرز الحلو مهم لإنتاج محصول اقتصادي، وتعد الحشرات الملقحة إلى جانب الظروف البيئية، من أهم العوامل التي تحدد الإنتاجية (Eeraerts *et al.*, 2020). وتعود أهمية التلقيح الخلطي بواسطة الحشرات الى كون معظم أصناف الكرز الحلو تظهر عدم التوافق الذاتي (SI)، وهي خاصية تنطوي على تثبيط نمو أنبوبة حبوب اللقاح ضمن الصنف الواحد، ويتم التحكم فيها وراثياً بواسطة أليلية متعددة المواضع (Sebolt and Iezzoni, 2009; Wiersma *et al.*, 2001). وإن أصناف الكرز الحلو العقيمة ذاتياً (SI) تنتج عدداً قليلا من الثمار من خلال التلقيح الذاتي، مع العلم أن العقم الذاتي في أصناف الكرز له مستويات مختلفة (Lech *et al.*, 2008).

تتفتح الأزهار في الكرز لمدة تتراوح بين ثلاثة الى خمسة أيام وتكون المياسم جاهزة للتلقيح في هذا الوقت، تبدأ المتك بالانفتاح بعد وقت قصير من تفتّح الزهرة ويستمر حتى اليوم الثاني (Srivastava and Singh, 1970). يستغرق نمو أنبوبة حبوب اللقاح من الميسم الى قاعدة النمط من يومين إلى ثلاثة أيام، بينما يحدث الإخصاب بعد ستة إلى ثمانية أيام من التلقيح (Kron and Husband, 2006; Ughini and Roversi, 1996). وقد حدد Roversi وUghini (١٩٩٨) أن التلقيح الفعال يستغرق ما بين ٤ و٥ أيام، ولكن في بعض الظروف يمكن أن يستمر التلقيح الفعال لمدة تصل إلى ١٣ يومًا.

تعد ثمار الكرز الحلو من ثمار الفاكهة اللذيذة والمفيدة في النظام الغذائي للإنسان، حيث تحتوي على العناصر الغذائية المهمة والمكونات الغذائية النشطة بيولوجياً، كما وتحتوي على الفيتامينات والمعادن والكاروتينات والألياف الغذائية الأساسية، بالإضافة الى احتوائها على مكونات غذائية نشطة بيولوجيًا تدعم فوائده الصحية الوقائية المحتملة (Faienza *et al.*, 2020). تحتوي ثمار الكرز الحلو على كمية معتدلة من الكربوهيدرات، وخاصة السكريات البسيطة (مثل الجلوكوز والفركتوز والسكروز والسوربيتول) .هذه المكونات مسؤولة عن الحلاوة، في حين أن الحموضة ترجع في المقام الأول إلى وجود الأحماض العضوية (مثل حمض الماليك والستريك والسكسينيك واللاكتيك والأكساليك) (Serradilla *et al.*, 2011). تعد ثمار الكرز الحلو مصدرًا للفيتامينات، وخاصة فيتامين C والمعادن، مثل البوتاسيوم والفوسفور والكالسيوم والمغنيسيوم (Schmitz-Eiberger and Blanke, 2012). بالإضافة الى غناها بالمركبات الفينولية الغذائية، بما في ذلك الأحماض الفينولية (أحماض الهيدروكسيسيناميك) والفلافونويدات (الأنثوسيانين والفلافان ٣-أولس والفلافونول)، وكلاهما يلعبان دورًا مهمًا في الوقاية من العديد من الأمراض المزمنة المرتبطة بالإجهاد التأكسدي (Picariello *et al.*, 2016)، ولذلك فإن دراسة نشاط مضادات الأكسدة في الكرز الحلو تكتسب اهتمامًا متزايدًا، باعتبارها مؤشر رئيس في جودة الفاكهة (Harakotr *et al.*, 2014). يساهم محتوى الألياف في الكرز الحلو في الخصائص المعززة للصحة (McCune *et al.*, 2010). وهو أيضًا غني بالميلاتونين، والذي قد يعمل كعامل مضاد للأكسدة، قادر على الحماية من الإجهاد التأكسدي (Xia *et al.*, 2020).

للكرز خصائص مضادة للسرطان والوقاية من أمراض القلب والأوعية الدموية والسكري (Kelley *et al.*, 2018). في الآونة الأخيرة تم دراسة الخصائص المضادة للسرطان لمستخلص الكرز الحلو على خلايا البروستاتا البشرية، ووجد بأن مستخلص الكرز الحلو قلل من صلاحية خطوط الخلايا الورمية وغير الورمية (Silva *et al*, 2019). ووجد أن تناول الكرز في حالات النقرس المؤكدة يمكن أن يؤدي إلى تقليل تكرار نوبات النقرس (Zhang *et al.*, 2012)، ولذلك يرتبط تناول الكرز بانخفاض خطر الإصابة بنوبات النقرس. كما يمتلك الكرز الحلو أيضًا

نشاطًا مضادًا للميكروبات في الدفاع ضد مسببات الأمراض مثل البكتيريا إيجابية الجرام وسالبة الجرام والمبيضات البيضاء (Wang *et al.*, 2017).

بيّن حامد وآخرون (٢٠٠٦) أنّ الأراضي الصفراء المتوسطة التي تتميز بصرف وتهوية جيدين من أنسب الأراضي لزراعة شجرة الكرز، ولا تنجح زراعة الشجرة في الأراضي الثقيلة الرطبة سيئة الصرف كونها تعمل على موت الجذيرات النشطة وإصابة الأشجار بالتصمغ.

يزرع الكرز عادة في المناطق ذات المناخات الباردة على ارتفاع نحو ١٦٠٠ إلى ٢٧٠٠ متر فوق مستوى سطح البحر ويتطلب ساعات برودة (تكون فيها درجات الحرارة أقل من ٧.٢ْم) بين ١٠٠٠ إلى ١٥٠٠ ساعة خلال فصل الشتاء لكسر طور الراحة (Kumar *et al.*, 2020). وتتحمل شجرة الكرز انخفاض الحرارة شتاءً حتى الدرجة -٢٤ْم الى -٢٨ْم، ويلاحظ موت قسم كبير من البراعم خاصة الزهرية منها وهي في طور الراحة إذا تعرضت لدرجة حرارة -٢٤ْم لفترة تتجاوز ٣-٥ أيام (حامد وآخرون، ٢٠٠٦).

بلغت مساحات الكرز المزروعة في سورية نحو ٣٠٦٥٨ هكتار، منها ٣٣٠٢ هكتار مروي و٢٧٣٥٦ بعل. وبلغ متوسط انتاج السنوات العشر الأخيرة نحو ٦١٧٠٧ طن. تتركز المساحات المزروعة من الكرز في محافظة ريف دمشق (21103 هكتار) وتليها محافظة ادلب (5738 هكتار) ثم القنيطرة (1036 هكتار) (المجموعة الإحصائية الزراعية، ٢٠٢٢).

٢-١- تأثير الصقيع في النباتات:

تشير كلمة صقيع أو "Frost" إلى تكون بلورات الجليد على الأسطح، إما عن طريق تجمد قطرات الندى أو نتيجة تحول البخار إلى جليد (Blanc *et al.*, 1963)،

يمكن أن تتعرض أشجار الفاكهة لخطر الصقيع قبل السكون في الخريف، أو خلال السكون في منتصف الشتاء، أو في أثناء وبعد كسر طور سكون البراعم في الربيع. تؤثر درجات الحرارة المنخفضة في المناطق الباردة خلال الخريف والشتاء في أنسجة الخشب واللحاء والجذور والبراعم، ويمكن أن تؤدي إلى موت الأشجار (Palonen and Buszard, 1997). أما في مناطق المناخ المعتدل تكون الخسائر الناتجة عن الصقيع في أثناء الإزهار أكثر تأثيراً من الخسائر الناجمة عن درجات الحرارة المنخفضة في الشتاء (Rodrigo, 2000)، ومن ثم فإن الأضرار الأكثر خطورة تحدث في البراعم والأزهار والثمار النامية. ونادرًا ما تؤدي درجات الحرارة المنخفضة في هذه المناطق إلى موت الأشجار، لكنها يمكن أن تحد من إنتاج أشجار الفاكهة (Westwood, 1993).

إن أضرار الصقيع تحدث بشكل رئيسي بسبب تشكل الجليد وليس بسبب درجات الحرارة المنخفضة في حد ذاتها، ويعتمد مصير الخلية بعد حدوث الصقيع على مكان تكوّن بلورات الجليد (Mazur, 1969). اقترح Levitt (١٩٨٠) أن الخلايا تموت تدريجياً نتيجة لنمو الكتلة الجليدية خارج الخلية، ونتيجة لذلك سوف ينتقل الماء من داخل الخلايا وتمر عبر أغشية الخلايا شبه النفوذة وتتراكم على بلورات الجليد خارج الخلايا، ومع سحب وانتزاع الماء من داخل الخلايا، يزيد تركيز المذاب ويقلل من فرص التجميد. ولكن مع استمرار الجليد في النمو، تصبح الخلايا أكثر جفافاً وتموت في النهاية بسبب الجفاف.

بينما يرى باحثون آخرون أنه مع انخفاض درجة الحرارة، تنمو بلورات الجليد خارج الخلية مع سحب الماء السائل من البروتوبلازم غير المتجمد، وفي النهاية تتشكل بلورات الجليد داخل الخلايا وتسبب موتها (Arora, 2018; Guy, 2003; Pearce, 2001). إذاً فالآلية الشائعة لتأثير الصقيع في الخلايا تتضمن تجفيف الخلايا في أثناء تشكل الجليد خارج الخلايا وتمزيق الغشاء نتيجة تكوين بلورات الجليد (Arora, 2018; Moran *et al.*, 2011; Yamazaki *et al.*, 2009; Steponkus, 1984).

لوحظ بعد التعرض للصقيع الربيعي وجود إصابات مختلفة في الأزهار خلال تفتح البراعم الزهرية وفي مرحلة الإزهار، يتضمن ذلك فصل الطبقة الخارجية عن اللب بواسطة طبقة من الجليد (Rogers, 1952; Simons and

Doll, 1976)، وتلف الأزهار (Simons *et al.*, 1970; Olson and Steeves, 1983)، وفشل تلقيح البويضات (Simons, 1969; Williams, 1970)، والعديد من الأضرار الأخرى.

تختلف القدرة على تحمّل درجات الحرارة المنخفضة في ظل الظروف الطبيعية بشكل كبير بين أنواع أشجار الفاكهة والأصناف والأنسجة، ويعتمد مدى ضرر الصقيع في الأشجار على معدّل انخفاض درجة الحرارة، ودرجة الحرارة الدنيا التي تم الوصول إليها، ومدة استمرار الصقيع (Yu and Lee, 2020). ولدرجات الحرارة في الأيام السابقة والتغيرات في درجات الحرارة على المدى القصير تأثيرها الهام في مدى ضرر الصقيع في النبات (Proebsting and Mills, 1978; Lu and Rieger, 1993; Westwood, 1993)، فالظروف الدافئة قبل حدوث الصقيع قد تزيد من قابلية التأثر بالصقيع بدرجة أكبر وقد تؤدي درجات الحرارة الباردة إلى تقليلها (Proebsting and Mills, 1978; Lu and Rieger, 1993). أضف الى ذلك دور الظروف المناخية الأخرى مثل سرعة الرياح والرطوبة النسبية وتغطية السماء بالغيوم (Perry, 1998). وتعتمد درجة الحرارة التي تتضرر عندها البراعم والأزهار على مرحلة التطور (Iezzoni and Hamilton, 1985)، حيث إنَّ ضرر التجميد يحدث غالباً في فترة الانقسام الشديد للخلايا (Simons, 1969). كما ويعتمد بقاء الأزهار أو الثمار بعد الصقيع على مقدار الضرر الذي يلحق بالأنسجة الحية، وقدرة الخلايا السليمة المتبقية على مواصلة النمو، فعندما يموت عدد محدود من الخلايا، يمكن أن يكون التعافي سريعاً (Modlibowska, 1962).

في دراسة أجراها Malchev و Savchovska (٢٠٢٠) على أشجار الكرز تبيّن أهمية الاطوار الفينولوجية لتطور أزهار الكرز عند التعرض لدرجات الحرارة المنخفضة، حيث أن الاطوار الفينولوجية الأولى (مرحلة انتفاخ البراعم، مرحلة الجانب الأخضر) يكون تأثير درجات الحرارة المنخفضة فيها أضعف من المراحل اللاحقة، ووجد بأنَّ قيم درجات الحرارة المنخفضة التي يتعرض لها البرعم لها أهميتها ولكن للمدة ولعدد مرات التكرار ولموقع البراعم الزهرية على الشجرة تأثيرها الهام أيضاً.

وبين Longstroth (٢٠٠٤) في بحث أجراه لمعرفة درجات الحرارة الربيعية الحرجة لكل مرحلة من مراحل تطور البرعم الزهري عند شجرة الكرز الحلو (الجدول ١).

الجدول (١): درجات الحرارة الربيعية الحرجة لمراحل تطور البرعم الزهري عند شجرة الكرز الحلو

	انتفاخ البراعم	البرعم الأخضر	الرأس الأخضر	العنقود الزهري المغلق	تفتح العنقود الزهري	البرعم الأبيض	بداية الإزهار	أوج الإزهار	العقد
درجة الحرارة الحرجة*	−5.0	−5.0	−3.9	−2.2	−2.2	−1.7	−1.7	−1.7	−1.1
موت ١٠٪	−8.3	−5.6	−3.9	−3.3	−2.8	−2.8	−2.2	−2.2	−2.2
موت ٩٠٪	−15.0	−12.8	−10.0	−8.3	−6.1	−4.4	−3.9	−3.9	−3.9

درجة الحرارة الحرجة: هي أقل درجة حرارة يمكن تحمّلها لمدة ٣٠ دقيقة دون ضرر.

تتنوع الاستراتيجيات والممارسات التي يمكن استخدامها للتخفيف من أضرار الصقيع، والممارسات الحالية المتّبعة تتضمن زراعة النباتات الحساسة في المواقع التي لا تتعرض للصقيع (Blanc, 1969)، أو استخدام الأصناف الأكثر تحملاً في المناطق التي تزداد فيها مخاطر الصقيع الربيعي (Malchev and Savchovska, 2020). وتستخدم العديد من الطرق الفيزيائية لمنع الصقيع مثل استخدام المراوح والسخانات والري الرذاذي، ويمكن لهذه الأساليب أن تحمي النباتات من أضرار الصقيع عندما تكون درجات حرارة الهواء المحيطة بالنبات أعلى من −٣ درجة مئوية (Blanc, 1969). أضف الى ذلك استخدام العديد من المواد الكيميائية لهذا الغرض مثل استخدام النحاس كمبيد (Lindow, 1983) واستخدام التسميد (Waraich *et al.*, 2012) واللجوء الى تأخير إزهار النباتات المتوقع تعرضها للصقيع (Shefferson, 2009).

٢-٢- دور البوتاسيوم في تحمل شجرة الكرز للصقيع:

تلعب التغذية المعدنية للنباتات دورًا مهمًا في زيادة تحمل الاجهادات البيئية (Marschner, 1995). وتعد من أفضل الاستراتيجيات لتقليل الإجهاد الحراري في النبات، حيث يساهم استخدام المغذيات النباتية في زيادة تحمل انخفاض درجات الحرارة (Waraich *et al.*, 2012). والبوتاسيوم (K) هو من أهم هذه المغذيات، وهو عنصر أساسي وضروري للعمليات الفيزيولوجية المختلفة مثل التمثيل الضوئي، ونقل المواد الناتجة عن التمثيل الضوئي، وتنشيط الإنزيمات في ظل ظروف الإجهاد (Waraich *et al.*, 2012). وتخليق البروتين، وتنظيم التناضح، وحركة الثغور، ونقل الطاقة، وتوازن الكاتيون والأنيون، وتحمل الإجهاد (Marschner, 2012) ويعتمد أكثر من ٦٠ إنزيمًا على البوتاسيوم لتنشيطهم داخل النبات، ويساهم في مساعدة النباتات ضد ظروف الإجهاد اللاأحيائي في البيئة (Johnson *et la.,* 2022). ومن المعروف مدى أهمية التسميد بالبوتاسيوم في تكوين انتاج النباتات وتحسين جودته، ونتيجة لذلك زاد استهلاك البوتاس بشكل كبير في معظم مناطق العالم (Pettigrew, 2008). يعد الحفاظ على التغذية المثالية بالبوتاسيوم أمراً ضرورياً لمقاومة النبات للإجهادات الحيوية وغير الحيوية، كما أنَّ التسميد المتوازن بالبوتاسيوم مع العناصر الغذائية الأخرى ضروري لاستدامة نمو المحاصيل وإنتاجيتها وجودتها، بالإضافة الى تأثيره في صحة النبات والتقليل من المخاطر البيئية (Wang *et al.,* 2013)، حيث أدّى احتواء أنسجة النباتات على تراكيز عالية من البوتاسيوم إلى تقليل أضرار التبريد وزيادة تحمل التجميد، ما أدّى في النهاية إلى زيادة إنتاج المحصول (Kant and Kafkafi, 2002). وقد تم استخدام البوتاسيوم لتجنب حدوث أضرار البرد في عدد من المحاصيل البستانية (Wang *et al.,* 2013 ; Karimi, 2017).

بينت الدراسات أن التراكيز العالية من البوتاسيوم يمكن أن تحمي من التجمد عن طريق خفض درجة التجمد لمحلول الخلية النباتية، بالإضافة الى دوره في تنشيط الإنزيمات التي تشارك في تنظيم تحمل الصقيع (Kant and Kafkafi, 2002). وأشارت أبحاث أخرى الى أن الضرر الأكبر للصقيع في النباتات التي تعاني من نقص

البوتاسيوم مرتبط بنقص الماء الناجم عن تثبيط امتصاص الماء بسبب البرد، وكذلك نتيجة الجفاف الخلوي الناجم عن التجميد (Zhu, 2001).

كما بيّنت بعض الأبحاث أن النباتات التي تتعرض لإجهاد التجمد تفقد الماء غير المتجانس بسبب تشكّل الجليد مما يسبب التعرض للجفاف، وإن التغذية الكافية من البوتاسيوم تساهم بضبط الحركة الاسموزية وتقلل الجفاف الخلوي الناجم عن التجميد (Wang *et al.,* 2013)، وأكدت العديد من التجارب الحقلية الأخرى على محاصيل مختلفة أنّ التغذية الكافية من البوتاسيوم يمكن أن تحمي من أضرار الصقيع بالآلية نفسها (Oosterhuis *et al.,* 2013).

تساهم زيادة الكربوهيدرات الذائبة والناتجة عن معاملة النبات بالبوتاسيوم في زيادة تحمّل النبات للصقيع ويقلل من فرص حدوث بلورات الجليد، حيث بيّنت الأبحاث ارتباط محتوى الكربوهيدرات في النبات بتحمل البرودة ويبدو أنّ لها وظائف عديدة بما في ذلك الحماية من التجميد للمكونات الخلوية (Alden and Hermann, 1971; Flinn and Ashworth, 1995)، وإعاقة تطور بلورات الجليد (Parker, 1963). بالإضافة الى أنّ تراكم الكربوهيدرات القابلة للذوبان يزيد من تركيز المحلول السيتوبلاسمي ويقلل من نقطة تجمد عصارة الخلية (Morin *et al.,* 2007). وأشار Karimi وErshadi (٢٠١٥) الى أن الكربوهيدرات القابلة للذوبان المتراكمة في النباتات يمكن اعتبارها كمركبات واقية للخلايا، مما يؤدي إلى تجنب أو إبطاء تكوين بلورات الجليد ويمكن في النهاية زيادة التحمل للبرودة.

في دراسة أجراها Babak و Mohammadali (٢٠٢٠) على أشجار اللوز تم خلالها استخدام أربع معاملات من K2SO4 (٠ ، ١ ، ٢ ، و ٤٪) وتم رش المحاليل الغذائية على الأشجار مرتين (مرحلة انتفاخ البراعم ومرحلة الطرف الأخضر)، وتم تعريض براعم الزهور خلال مرحلة أوج الإزهار لثلاث درجات حرارة مختلفة لاختبار التجميد (٠ ، −٢ و ٤ درجة مئوية) ، وتم تقييم بعض التغييرات الفيزيوكيميائية ذات الصلة. وُجد أن رش محاليل

سلفات البوتاسيوم (K2SO4) خاصة التركيز ٤٪ أدت إلى تقليل إصابة الأزهار بالتجمّد، وتقليل بيروكسيد الهيدروجين (H2O2)، وتراكيز مالونديالديهيد (MDA) للأزهار بعد اختبارات التجميد مقارنة بالشاهد، كما زادت المعاملة بمحاليل K2SO4 خاصة التركيز ٤٪ بشكل ملحوظ من الكربوهيدرات الذائبة ومحتويات البروتينات الذائبة والمركبات الفينولية الكلية وبرولين الأزهار.

وفي بحث أجراه Karimi (٢٠١٧) على العنب لدراسة تأثير الرش الورقي لكبريتات البوتاسيوم (٠، ١، ٢ و ٣٪) على بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية التي من شأنها زيادة تحمل أشجار العنب للصقيع، تم تنفيذ المعاملات بمعدل ثلاث رشات خلال مراحل نمو العنقود الثمري. حسنت معاملات الرش بالبوتاسيوم من مؤشرات جودة الثمار، نتج عن معاملة العنب بسلفات البوتاسيوم (K2SO4) زيادة أعلى في حمض الأبسيسيك ، وإجمالي الفينول ، والسكريات الذائبة ،مما ساهم بزيادة تحمل انخفاض درجات الحرارة.

وفي دراسة قام بها Saadati وزملاؤه (٢٠٢١) على الزيتون كان الهدف الرئيسي منها دراسة التأثيرات المحتملة للتطبيق الورقي لكبريتات البوتاسيوم K2SO4 (٠، ٠.٥، ١، ٢٪) على تحمل الصقيع، وتم في هذا البحث تقييم بعض التغيرات الفسيولوجية والكيميائية الحيوية. تم رش كل تركيز من المعاملات ثلاث مرات. أدى تطبيق المعاملات، خاصة عند التركيز ٢٪، إلى زيادات عالية في تركيز الكربوهيدرات والبرولين والبروتين والفينول الكلي ونشاط إنزيم مضادات الأكسدة، وكذلك النسبة بين الأحماض الدهنية غير المشبعة والأحماض الدهنية المشبعة (UFA/SFA).

٢-٣- دور مركبات النحاس في تحمل شجرة الكرز لظروف الصقيع:

يعد النحاس (Cu) من المغذيات الأساسية والهامة لجميع الكائنات الحية بما في ذلك النباتات ويعمل كعامل مساعد للعديد من الإنزيمات المشاركة في التنفس وبروتينات نقل الإلكترون (Sommer, 1931). ويشارك النحاس

في العديد من العمليات الفيزيولوجية (Braz, 2005). كما ويعد أحد مكونات الانزيمات (Festa and Thiele, 2011). وبالإضافة الى دوره الهام في التنفس وتخليق البروتين، فإنه يشارك في امتصاص العناصر الغذائية والماء، وفي تخليق اللجنين، وفي تصلب جدار الخلية وفي زيادة مقاومة النبات لمسببات الأمراض (Sundin *et al*., 2016).

وعلى الرغم من الأدوار الفيزيولوجية العديدة التي يؤديها النحاس، الا أنه يعد مبيد واسع الطيف عند استخدامه بتراكيز عالية بسبب تفاعله مع الأحماض النووية، وتعطيل مواقع الإنزيم النشطة، والتداخل مع نظام نقل الطاقة، وأخيرًا اختلال سلامة أغشية الخلايا (Fleming and Trevors, 1989). وله نشاط في تثبيط الفطريات والبكتيريا بسبب أيونات النحاس (++Cu) المنطلقة في الماء (Yruela, 2005)، حيث يتم امتصاص أيونات النحاس بواسطة الفطريات والبكتيريا أثناء النمو وتتراكم حتى يصبح التركيز قاتلاً للخلايا (Somers, 2008).

إن المركبات المحتوية على النحاس تعد من أوائل المواد الكيميائية المستخدمة لمكافحة أمراض النبات، ولا تزال تعد المواد الكيميائية الرئيسية لمكافحة البكتريا المسببة للأمراض (Lindow *et al*., 1995). وأثبتت الأبحاث العديدة دور النحاس في التخفيف من أعداد البكتريا النشطة لنواة الجليد INAB (Ice Nucleation Active Bacteria) (Lindow *et al*,. 1978).

تعد INAB من نوى الجليد غير متجانسة، وتتسبب في تكوين الجليد عند درجات حرارة عالية تصل من صفر إلى −٢ درجة مئوية (Deininger *et al*., 1987). في حين أن المصادر الأخرى لنوى الجليد غير المتجانسة مثل جزيئات المعادن وخاصة يوديد الفضة تعمل على تكوين الجليد النووي في درجات حرارة أقل من −٨ درجة مئوية إلى −١٥ درجة مئوية فقط (Vonnegut, 1949; Zettlemoyer *et al*., 1961). كما أن معظم المواد العضوية وغير العضوية مثل جزيئات الغبار لا تنتج الجليد إلا في درجات حرارة أقل من −١٠ درجة مئوية إلى −١٥ درجة مئوية (Mason, 1960). وقد تم تأكيد دور البكتريا INA في تسريع تشكيل بلورات الجليد بالتجارب

التي تم من خلالها تعريض النباتات المعقمة نسبيًا والمزروعة في بيت زجاجي –أي بغياب البكتيريا النشطة نواة الجليد (INA)– إلى درجات حرارة منخفضة تصل إلى –٧ درجة مئوية لعدة ساعات دون تعرض النباتات لأي ضرر واضح ودون تكوين جليد داخلي (Anderson *et al.*, 1982; Lester *et al.*, 1977; Lindow *et al.*, 1982). كما لوحظ وجود ارتباط بين انخفاض حجم التجمعات البكتيرية INA وانخفاض أضرار الصقيع في الأجزاء الزهرية في اللوز (Lindow and Connell, 1984) والإجاص (Lindow *et al.*, 1996).

على الرغم من كون العديد من أيونات المعادن والمركبات العضوية والمضادات الحيوية سامة لبكتيريا INA، إلا أنه يتم استخدام مركبات النحاس والستربتوميسين فقط لمكافحة هذه البكتريا على النباتات (Lindow, 1995).

وجد Simeonidou (١٩٩٤) أن هيدروكسيد النحاس يقلل من البكتيريا INA وبالتالي يوفر الحماية من الصقيع ومسببات الأمراض البكتيرية. وقد تم استخدام مركبات النحاس بنجاح لتقليل ضرر الصقيع الناتج عن البكتريا P.Syringae (Lindow, 1983).

وبحسب Mittelstadt (١٩٩٦) فقد تم تقليل الأضرار التي لحقت بأزهار أشجار الفاكهة بشكل كبير عند استخدام عوامل مضادة للنواة مثل هيدروكسيد النحاس وأملاح الأمونيوم.

بين Dawashi و Shokrollahi (١٩٩٩) أن استخدام مركبات النحاس على اللوز كان لها تأثير إيجابي على المحصول وقللت من أضرار الصقيع الربيعي.

وجد Lindow و Connell (١٩٨٤) في دراسة أجرياها على اللوز أن براعم الأشجار المعاملة بهيدروكسيد النحاس على فترات ٧ أيام بدءًا من تفتح البراعم،٤ بتركيز ٤.٨ غ/ل حصل فيها أقل قدر من الضرر الناتج عن الصقيع عند الدرجة –٣ درجة مئوية، ولوحظ أن أنسجة الأشجار المعاملة بهيدروكسيد النحاس كانت تحمل أقل عدد من نوى الجليد.

وعلى الرغم من تعدد الدراسات التي تبين ارتباط رش مبيدات البكتريا في التخفيف من أضرار الصقيع، الا أن بعض الدراسات بينت وجود نتائج مختلطة عند استخدام المبيدات للحماية من الصقيع نظرًا لوجود مصادر غير بكتيرية لنواة الجليد، ولعدم القدرة على قتل بكتيريا نواة الجليد تمامًا في الحقول (Snyder and Melo-Abreu, 2005).

٢-٤- دور الايثيفون في تحمل شجرة الكرز لظروف الصقيع:

عادة ما يكون تحمل الأنواع الخشبية للبرودة قليلاً خلال موسم النمو، ولكن الدخول بطور السكون في الخريف يؤدي إلى عدد من التغييرات التي تمكّن النبات من تحمل درجات الحرارة المنخفضة (Powell, 1987). خلال أواخر الشتاء، تؤدي التغيرات الفيزيولوجية إلى كسر السكون (Faust *et al.,* 1997). وتفقد البراعم الزهرية تحمل البرد تدريجياً (Ashworth and Wisniewski, 1991). تؤدي إطالة فترة السكون من خلال استخدام منظمات النمو إلى تأخير تفتح الأزهار وبالتالي التخفيف من أضرار الصقيع الربيعي والذي يتفاقم بسبب تغير المناخ العالمي (Crisosto *et al*., 1990; Liu *et al*., 2022).

يعد الايثيفون "Ethephon" (2-chloroethylphosphonic acid) أحد منظمات النمو النباتية الصناعية والذي يخضع للتحلل البيولوجي الكيميائي عند درجة حموضة أكبر من ٤.١ في سيتوبلاسم الخلية النباتية ليطلق الإيثلين، وتنسب آثاره بشكل عام إلى الإيثلين (Pahwa *et al*., 2015). ووجد من خلال الدراسات أن الايثلين يلعب دورا هاما وأساسيا في تحرض السكون، حيث أدى تطبيق مضاد الإيثلين ٢، ٥-نوربورنادين (2, 5-norbornadiene) (NBD) إلى تسريع كسر طور السكون في درنات البطاطا الدقيقة وزيادة الانبات المبكر (Suttle, 1998). وبناء عليه فإن استخدام الإيثيفون المطلق للايتلين يؤخر الإزهار ويزيد من تحمل البراعم للبرودة إذا تم استخدامه في أوائل الخريف (Gianfagna *et al*., 1989)، وخاصة أن تحمل النباتات للبرودة والتأقلم معها

يعتمد بشكل كبير على عمق السكون والذي تم تحسينه من خلال تطبيقات الإيثيفون (Liu *et al.*, 2021). بالإضافة الى أن الإيثيفون ساهم في حماية أشجار الخوخ من الصقيع (Durner and Gianfagna, 1991). وسجلت الأبحاث العديدة دور الإيثيفون في تأخير إزهار أشجار الخوخ (Crisosto *et al.*, 1990)، والكرز الحلو (Proebsting and Mills, 1976) واللوز (Raúl *et al.*, 2011).

يمكن تفسير تأخير الإزهار الناجم عن استخدام الايثيفون بأنه قد يكون نتيجة لاستجابة النبات للإجهاد (Liu and Sherif, 2019)، فإذا تم استشعار الايثيفون الخارجي من قبل النباتات على أنه إجهاد، فإن إطالة فترة السكون وتأخير الإزهار سيحمي النباتات المعمرة ويبقيها على قيد الحياة في الظروف غير المناسبة (Shefferson, 2009). بينما اقترح Durner وGianfagna (١٩٩١) بأن الإيثيفون يعمل على إطالة سكون البراعم الزهرية وتأخير الإزهار عن طريق زيادة متطلبات التبريد.

يرى بعض الباحثين أن الايثيفون قد يؤثر في فينولوجيا الإزهار من خلال تعديل العديد من الأمور الهامة التي تتحكم في سكون البراعم، والتي تتبع لزيادة نشاط انتاج أنواع الأوكسجين التفاعلية (ROS)، وتغيير في مستويات مضادات الأكسدة (مثل H2O2)، والتأثير في استقلاب الكربوهيدرات (خفض مستويات السكروز والجلوكوز بشكل ملحوظ وزيادة مستويات النشا في طور السكون) (Islam *et al.*, 2021). وبحسب نتائج بعض الدراسات الحديثة فإن الايثيفون أثار استجابات الإجهاد في أثناء فترة السكون، مما أدى إلى تأخير العمليات الحيوية المتعلقة بانقسام الخلايا والنقل بين الخلايا، والتي تعد ضرورية لتطور الأعضاء الزهرية، بالإضافة الى أن الايثلين أعاق المسارات المتعلقة بمضادات الأكسدة وتكوين جدار الخلية في طور السكون البيئي، وكل ذلك مرتبط ارتباطاً وثيقاً بإطلاق السكون واندفاع البراعم (Liu *et al.*, 2022). وبالنتيجة فإن هذا التأخير في الإزهار سيؤدي إلى تقليل مخاطر الصقيع الربيعي، والذي يتفاقم بسبب تغير المناخ العالمي.

تم ربط زيادة تحمل البراعم الزهرية للبرودة عند استخدام الإيثيفون على أشجار الخوخ بزيادة محتوى السوربيتول والسكروز في المدقة في أثناء إزالة التأقلم (Durner and Gianfagna, 1991).

إن فعالية الإيثيفون تعتمد إلى حد كبير على التركيز وتوقيت التطبيق، ويعد توقيت التطبيق حرجًا على وجه التحديد، حيث إن فعالية الايثيفون تقتصر على مرحلة ما قبل السكون، حيث لوحظ حدوث تساقط للبراعم الزهرية عند تطبيق المعاملة بالإيثيفون بعد حصول النبات على الكمية الكافية من ساعات البرودة (CR)(Durner and Gianfagna, 1991)، بالإضافة الى أن موعد الإزهار لم يتأثر عندما تم تطبيق الإيثيفون في أثناء فترة السكون (Raúl *et al.*, 2011). وبشكل عام فإن التطبيق المبكر للايثيفون وبتركيز أعلى يكون أكثر فعالية

وجد Crisosto وآخرون (١٩٩٠) في إحدى التجارب أنه عند تطبيق الإيثيفون في مرحلة سقوط الأوراق في الخريف بنسبة ١٠٪، فإن ٢٥٠ و٥٠٠ جزء بالمليون من الإيثيفون يؤخر الإزهار في الخوخ (*Prunus domestica*) بمقدار ١٣ و ١٦ يومًا على التوالي، في حين لوحظ تأخر في التفتح لمدة ٥ و٧ أيام فقط عند تطبيق الإيثيفون في مرحلة سقوط الأوراق بنسبة ٥٠٪.

بيّن Turnbull وآخرون (١٩٩٩) الفعالية الأعلى للإيثيفون المطبق في مرحلة سقوط ١٠٪ من الأوراق مقارنة مع المراحل اللاحقة تُعزى الى كون الأوراق هي الموقع الأساسي لامتصاص الإيثيفون الذي يتحلل بالماء بسرعة بعد دخول الخلايا الورقية لإطلاق الإيثيلين.

وجد Gianfagna وآخرون (١٩٨٩) في دراسة أجراها على الخوخ أن استخدام الإيثيفون في الخريف يزيد من تحمل البرودة لدى البراعم الساكنة بالإضافة إلى تأخير موعد الإزهار. حيث أدى الصقيع البالغ −٣.٣ درجة مئوية خلال فترة انتفاخ البراعم إلى خسارة ٣٤٪ في البراعم غير المعاملة، ولكن تم تسجيل ٨٪ فقط من الخسارة للبراعم المعاملة بالإيثيفون. بالإضافة الى ذلك، نجا ٣٠−٤٠٪ من البراعم المعاملة بالإيثيفون في درجة حرارة

منخفضة تصل إلى −٢٣ درجة مئوية في منتصف الشتاء، بينما بقي ١٠٪ فقط من البراعم غير المعاملة على قيد الحياة.

أشار Liu وSherif (٢٠١٩) بأنه على الرغم من المزايا العديدة لتطبيق الايثيفون في الخريف إلا أنّ استخدامه غالباً ما يؤدي الى اصابة النبات بالعديد من الأضرار مثل التصمغ واصفرار الأوراق وانفصالها، بالإضافة الى أن طول الفترة الزمنية بين تطبيق الايثيفون واستجابة تأخير الإزهار يقلل الثقة من اعتماده كوسيلة لتجنب الصقيع.

الفصل الثالث

مواد البحث وطرائقه

٣- مواد البحث وطرائقه:

٣-١- مكان وزمان تنفيذ البحث:

نُفّذ البحث في جرود بلدة رأس المعرة–ريف دمشق، في حقلين من أشجار الكرز، يقع الحقل الأول على ارتفاع ٢٠٤٥ متر عن سطح البحر ويقع الحقل الثاني على ارتفاع ٢١٤٠ متر عن سطح البحر. تم تنفيذ البحث خلال العامين ٢٠٢٢ و٢٠٢٣.

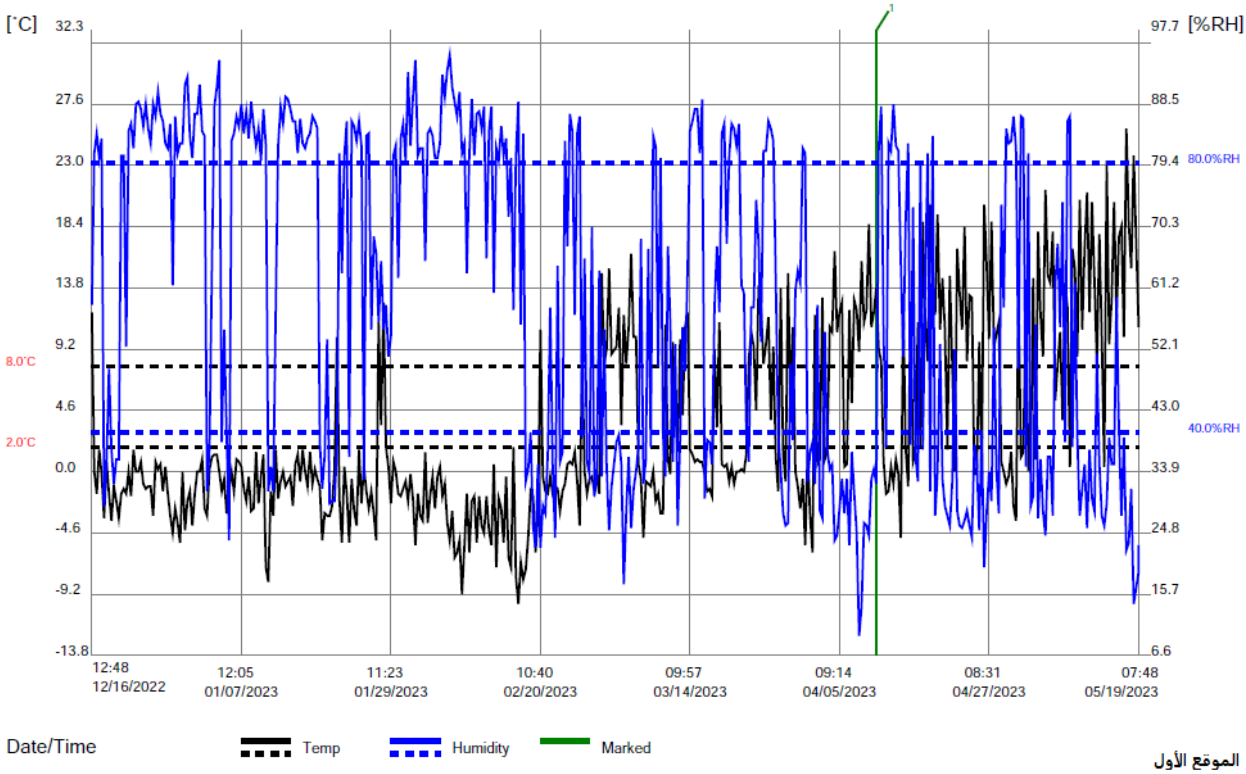
٣-٢- المادة النباتية:

أجري البحث على أشجار الكرز الحلو (*P.avium* L.) صنف Bing مطعم على الأصل محلب، في طور الإثمار المليء بعمر ٣٣ سنة في الموقع الأول وبعمر ٣٧ في الموقع الثاني، وأشجار كل موقع متقاربة فيما بينها من حيث النمو والشكل، ومزروعة على أبعاد ٧×٧م. ويعد الصنف Bing الأكثر أهمية من الناحية الاقتصادية والتصديرية لدى المزارعين، وذلك لصفاته الإنتاجية والنوعية المتميزة، وتحمله للتعبئة والنقل، وصلاحيته للتخزين.

٣-٣- المعطيات المناخية لموقعي الدراسة:

٣-٣-١- المعطيات المناخية للموقع الأول:

يوضح الشكل (١) درجات الحرارة والرطوبة النسبية السائدة في الموقع الأول خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٢/١٢/١٦ حتى ٢٠٢٣/٥/١٩.



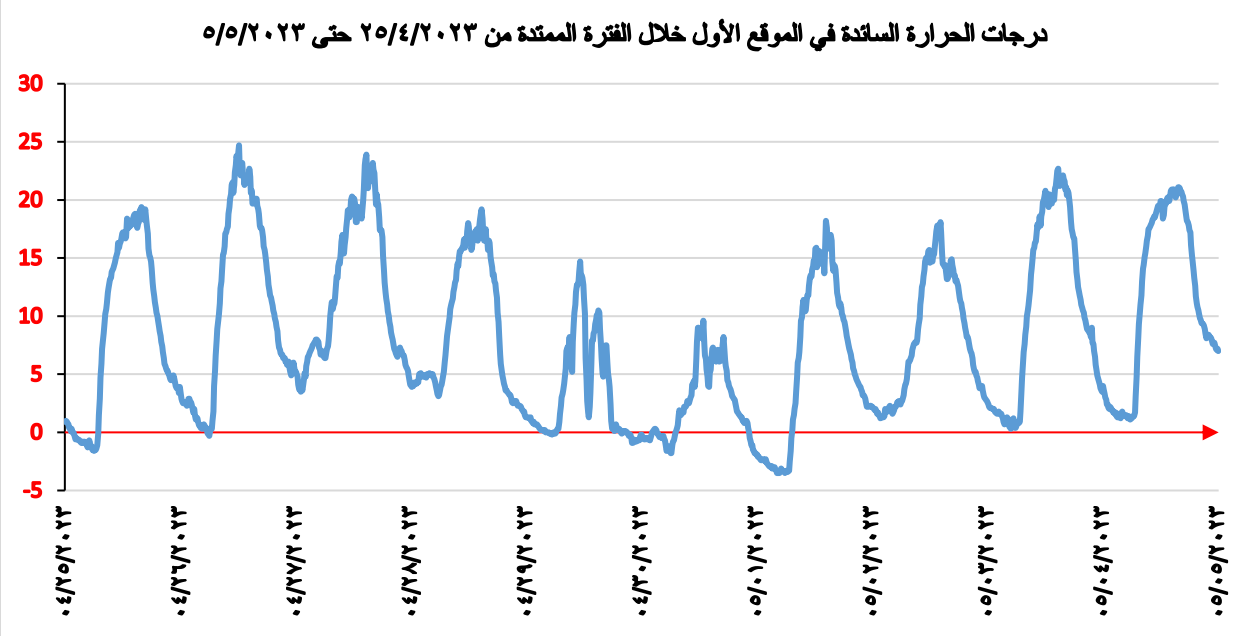
الشكل (١): درجات الحرارة والرطوبة النسبية السائدة في الموقع الأول خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٢/١٢/١٦ حتى ٢٠٢٣/٥/١٩

حدث تساقط للثلوج بتاريخ ٢٩ نيسان ومن ثم انخفضت درجة الحرارة الى ما دون الصفر المئوي عند مساء ٢٩ نيسان واستمرت درجات الحرارة دون الصفر قرابة الخمس ساعات بين الدرجة ٠ والدرجة -١، لتعاود الحرارة للهبوط

دون الصفر مع ابتداء صباح اليوم ٣٠نيسان واستمرت لمدة ٤ ساعات وكانت أدنى درجة حرارة خلالها -١.٨ درجة مئوية.

وفي مساء يوم ٣٠ نيسان عاودت درجات الحرارة للانخفاض بشكل تدريجي ولتهبط الى ما دون الصفر، واستمر الانخفاض في الحرارة دون الصفر هذه المرة قرابة الـ ٩ ساعات متواصلة وبلغت أدنى درجة حرارة خلالها -٣.٥ درجة مئوية (وبقيت الحرارة أدنى من الدرجة -٣ قرابة ٤ ساعات متواصلة).

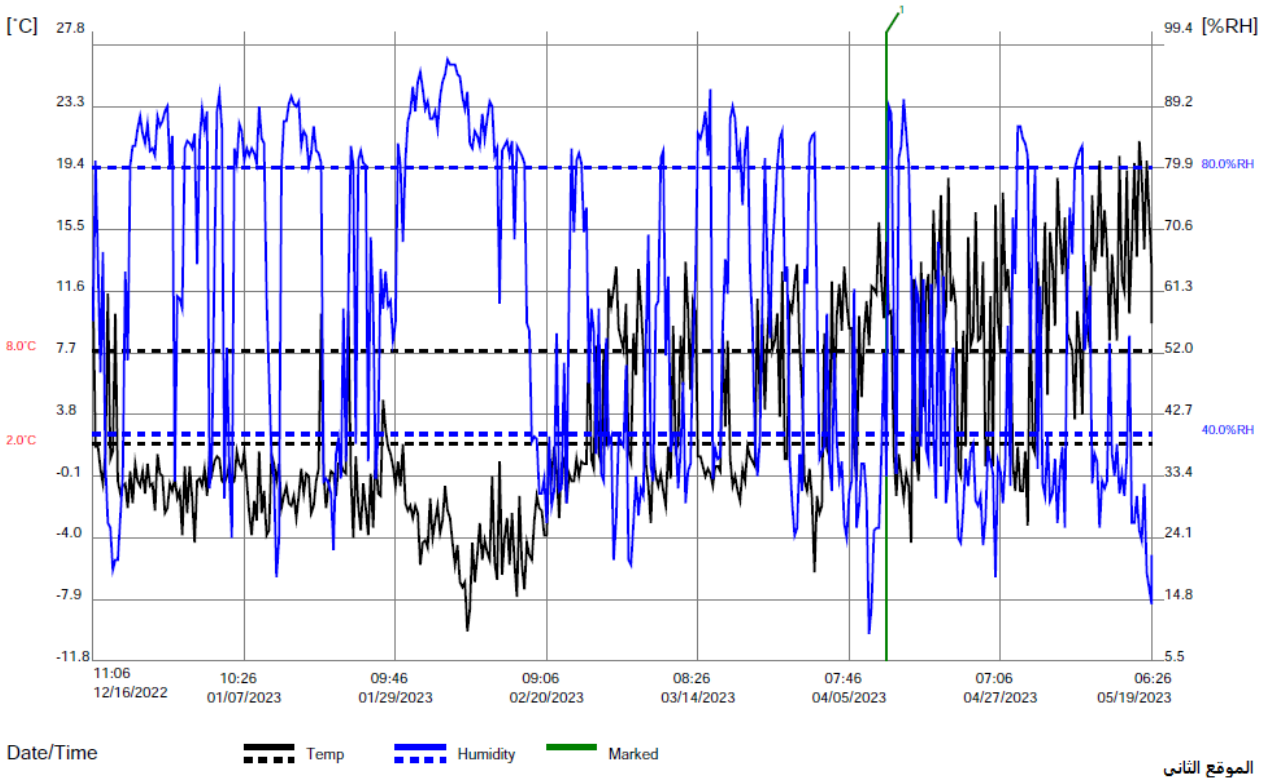
ويبين الشكل (٢) درجات الحرارة السائدة في الموقع الأول من تاريخ ٢٠٢٣/٤/٢٥ وحتى تاريخ ٢٠٢٣/٥/٥:



الشكل (٢): درجات الحرارة السائدة في الموقع الأول خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٣/٤/٢٥ حتى ٢٠٢٣/٥/٥

٣-٣-٢- المعطيات المناخية للموقع الثاني:

يوضح الشكل (٣) درجات الحرارة والرطوبة النسبية السائدة في الموقع الثاني خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٢/١٢/١٦ حتى ٢٠٢٣/٥/١٩.

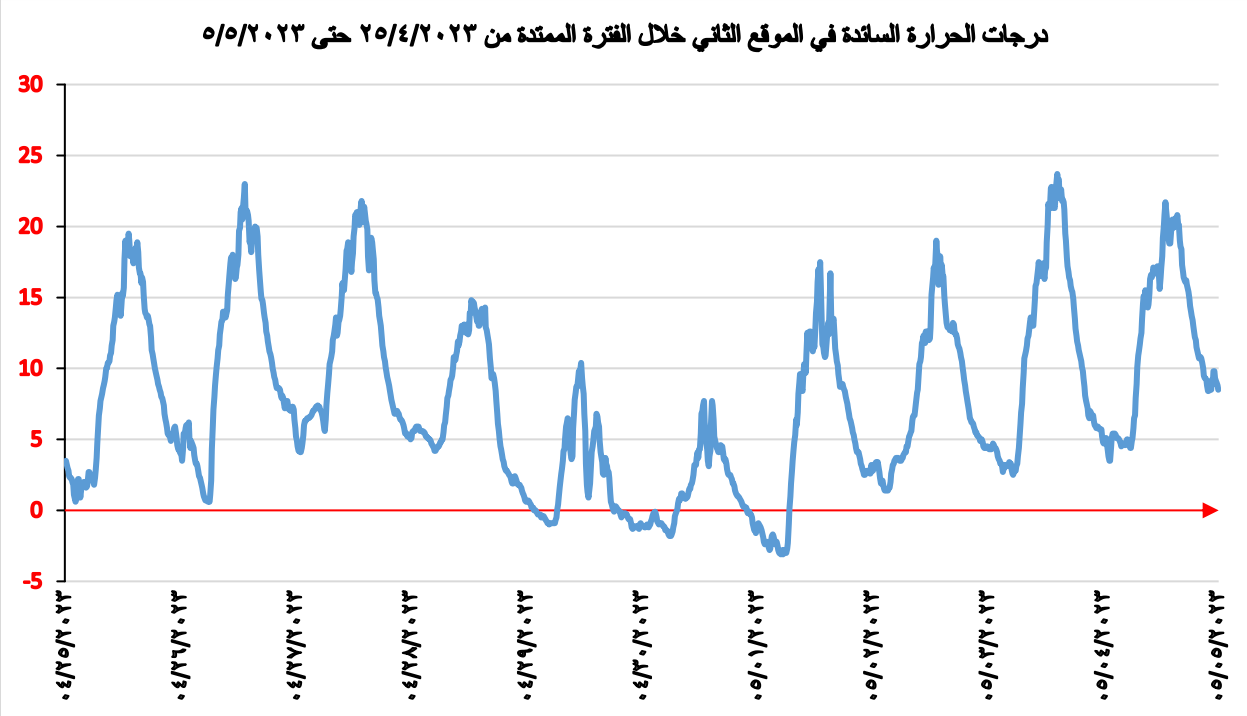


الشكل (٣): درجات الحرارة والرطوبة النسبية السائدة في الموقع الثاني خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٢/١٢/١٦ حتى ٢٠٢٣/٥/١٩

حدث تساقط للثلوج بتاريخ ٢٩ نيسان وبدأت درجات الحرارة بالانخفاض التدريجي لتصل الى ما دون الصفر مئوي وذلك بعد بضع ساعات من بدء تساقط الثلج واستمر بقاء درجة الحرارة دون الصفر بحدود ١٢ ساعة (وذلك من عصر ٢٩ نيسان وحتى فجر ٣٠ نيسان) وكانت أدنى درجة حرارة خلال هذه الفترة بحدود -١.٨ درجة مئوية.

وفي مساء يوم ٣٠ نيسان عاودت درجات الحرارة للانخفاض بشكل تدريجي لتهبط الى ما دون الصفر، واستمر الانخفاض في الحرارة دون الصفر هذه المرة قرابة الـ ٩ ساعات متواصلة وبلغت أدنى درجة حرارة خلالها -٣.١ درجة مئوية (وبقيت الحرارة عند الدرجة -٣ قرابة ساعتين متواصلتين).

ويبين الشكل (٤) درجات الحرارة السائدة في الموقع الثاني من تاريخ ٢٠٢٣/٤/٢٥ وحتى تاريخ ٢٠٢٣/٥/٥:



الشكل (٤): درجات الحرارة السائدة في الموقع الثاني خلال الفترة الممتدة من ٢٠٢٣/٤/٢٥ حتى ٢٠٢٣/٥/٥

٣-٤- المعاملات:

تم تطبيق المعاملات التالية على الأشجار المدروسة:

١) **C (Control)**: الشاهد.

٢) **Eth_{100}**: الرش بالايثيفون (٤٨٪) تركيز ١٠٠ ملغ/ل لمرة واحدة فقط، وذلك في مرحلة سقوط ١٠٪ من الأوراق في الخريف.

٣) **Eth_{250}**: الرش بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل لمرة واحدة فقط، وذلك في مرحلة سقوط ١٠٪ من الأوراق في الخريف.

٤) **Eth_{400}**: الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل لمرة واحدة فقط، وذلك في مرحلة سقوط ١٠٪ من الأوراق في الخريف.

٥) **K**: الرش الورقي بمحلول سلفات البوتاسيوم تركيز ٣ غ/ل ثلاث مرات خلال صيف موسم النمو السابق بفارق ٢٠ يوم بين الرشة والأخرى.

٦) **Cu**: الرش الورقي بمحلول هيدروكسيد النحاس تركيز ٣ غ/ل مرتين خلال فترة سكون النبات (آذار، نيسان).

٧) **K+Eth_{250}**: التداخل بين معاملة الرش بمحلول سلفات البوتاسيوم ومعاملة الرش بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل.

٨) **K+Cu**: التداخل بين معاملة الرش بمحلول سلفات البوتاسيوم (تركيز ٣ غ/ل) ومعاملة الرش بمحلول هيدروكسيد النحاس (تركيز ٣ غ/ل).

٩) **Eth_{250}+Cu**: التداخل بين معاملة الرش بالايثيفون (تركيز ٢٥٠ ملغ/ل) ومعاملة الرش بمحلول هيدروكسيد النحاس (تركيز ٣ غ/ل).

١٠) **K+Eth_{250}+Cu**: التداخل بين معاملة الرش بمحلول سلفات البوتاسيوم (تركيز ٣ غ/ل) ومعاملة الرش بالايثيفون (تركيز ٢٥٠ ملغ/ل) ومعاملة الرش بمحلول هيدروكسيد النحاس (تركيز ٣ غ/ل).

٣-٥- المؤشرات المدروسة:

٣-٥-١- مؤشرات الإزهار، وتشمل:

- **موعد الإزهار:**

تم تحديد موعد إزهار المعاملات اعتماداً على موعد وصول الأشجار الى مرحلة الإزهار الكامل، ومقارنة موعد إزهار أشجار كل معاملة مع موعد إزهار أشجار الشاهد.

- **النسبة المئوية للأزهار العاقدة (%):**

وذلك من خلال تحديد ٥ باقات زهرية على كل شجرة من أشجار الدراسة، وحساب عدد الأزهار العاقدة نسبة الى عدد الأزهار الإجمالي في الباقات المدروسة.

- **النسبة المئوية للثمار الناضجة (%):**

وذلك من خلال حساب عدد الأزهار في كل باقة من الباقات الزهرية التي تم تحديدها وحساب عدد الثمار المتبقية منها حتى النضج، ومن ثم تطبيق المعادلة التالية:

$$\text{النسبة المئوية للثمار الناضجة} = \frac{\text{عدد الثمار المتبقية حتى النضج} \times 100}{\text{عدد الأزهار العاقدة}}$$

- **النسبة المئوية للعقد المتساقط (%):**

وذلك من خلال حساب عدد العقد المتساقط من كل باقة من الباقات الزهرية التي تم تحديدها، نسبة الى عدد الأزهار العاقدة.

٣-٥-٢- المؤشرات الانتاجية، وتشمل:

- **الانتاجية (كغ):**

تم تقدير الإنتاجية بالكيلوغرام / شجرة.

- **متوسط وزن الثمرة (غ):**

متوسط وزن الثمرة (غ)= وزن الثمار الكلي/عدد الثمار

٣-٥-٣- المؤشرات الكيميائية، ويشمل:

- **المواد الصلبة الذائبة الكلية Total Soluble Solids (TSS):**

بواسطة جهاز الرفراكتومتر، وذلك بعصر ثمار كل معاملة ومن ثم أخذ ١-٢ نقطة من العصير ووضعها في المكان المخصص على الجهاز لأخذ القراءة مباشرة بالنسبة المئوية.

- **تقدير نسبة الحموضة القابلة للمعايرة Titratable Acidity (TA):**

وذلك بمعايرة العصير بماءات الصوديوم NaOH 0.1 نظامي من خلال أخذ 5 مل من العصير، وإضافة 100 مل ماء مقطر ثم معايرتها بجهاز تقدير الحموضة (pH)، حتى ثبات قراءة الجهاز عند الرقم 8.2 (Cristso, 2003) وحسبت نسبة الحموضة القابلة للمعايرة وفق المعادلة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للحموضة} = \frac{\text{الحجم المستهلك من NaOH} \times 0.1 \times 0.067 \times 100}{\text{حجم العصير المأخوذ للمعايرة}}$$

٣-٦- تصميم البحث والتحليل الإحصائي:

صُممت التجربة الحقلية وفق التصميم العشوائي الكامل (RCBD)، واشتملت التجربة على الآتي:

١٠ معاملات × ٣ مكررات × ١ شجرة في كل مكرر × ٢ موقع = ٦٠ شجرة.

وتم تحليل النتائج بواسطة البرنامج الإحصائي XL-STAT (2016) لمقارنة المتوسطات حسب اختبار Fisher وحساب أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى ثقة ٩٥%.

الفصـل الرابـع

النتـائج والمناقشـــة

٤-النتائج والمناقشة:

٤-١- مؤشرات الأزهار:

٤-١-١- موعد الإزهار:

توضح النتائج في الجدول (٢) تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها في موعد الإزهار.

أدى استخدام الايثيفون سواء بشكل مفرد أو بالتفاعل مع باقي المعاملات الى تأخير موعد إزهار الأشجار بالمقارنة مع موعد إزهار أشجار الشاهد وأشجار المعاملات الأخرى.

لوحظ أن تأخير الإزهار يتناسب طرداً مع زيادة تركيز الايثيفون المستخدم، حيث كان لاستخدام التركيز ٤٠٠ ملغ/ل من الايثيفون الأثر الأكبر في تأخير الإزهار، فقد ساهم بتأخير موعد الإزهار بمقدار ٤ أيام مقارنة بالشاهد، بينما كان مقدار التأخير في التركيزين ١٠٠، ٢٥٠، ملغ/ل: ١، ٢ يوم على التوالي بالمقارنة بموعد إزهار الشاهد.

صادفت مرحلة أوج الإزهار لأشجار الشاهد ولأشجار المعاملات التي لم يدخل فيها الايثيفون (الرش يسلفات البوتاسيوم منفردا، والرش بهيدروكسيد النحاس منفرداً، وتفاعل الرش بسلفات البوتاسيوم + الرش بهيدروكسيد النحاس) مع تاريخ ٢٩ نيسان (في كلا الموقعين)، بينما كان أوج الإزهار لمعاملات الايثيفون تركيز ١٠٠ ملغ/ل بتاريخ ٣٠ نيسان، أما المعاملة بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل سواء كانت مفردة أو متفاعلة مع باقي المعاملات فقد كان أوج إزهارها بتاريخ ١ أيار، في حين كان أوج إزهار معاملة الايثيفون ٤٠٠ ملغ/ل بتاريخ ٣ أيار.

الجدول (٢): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في موعد الإزهار (يوم)

المعاملة	موعد الازهار		عدد أيام التأخير مقارنة بالشاهد (يوم)	
	موقع١	موقع٢	موقع١	موقع٢
C	٢٩ نيسان	٢٩ نيسان	---	---
Eth_{100}	٣٠ نيسان	٣٠ نيسان	1	1
Eth_{250}	١ أيار	١ أيار	2	2
Eth_{400}	٣ أيار	٣ أيار	4	4
K	٢٩ نيسان	٢٩ نيسان	0	0
Cu	٢٨ نيسان	٢٩ نيسان	-1	0
K+Cu	١ أيار	١ أيار	٢	٢
$K+Eth_{250}$	١ أيار	١ أيار	2	2
$Eth_{250}+Cu$	٣٠ نيسان	١ أيار	1	2
$K+Eth_{250}+Cu$	١ أيار	١ أيار	2	2

٤-١-٢- نسبة الأزهار العاقدة:

تبين النتائج في الجدول (٣) تأثير الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها في نسبة الأزهار العاقدة على شجرة الكرز.

لوحظ من نتائج التحليل الاحصائي تفوقاً معنوياً في نسبة الأزهار العاقدة عند معاملة رش الايثيفون بتركيز ٤٠٠ ملغ/ل ومعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم على باقي المعاملات (٣١.٣٩٪، ٢٩.٠٦٪ على التوالي)، تلاها تفوق معنوي لمعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم + الرش بهيدروكسيد النحاس ومعاملة رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل (٢٠.٤١٪، ١٩.٤١٪ على التوالي) على باقي المعاملات ومن ضمنها الشاهد (٥.٨٣٪). بينما تم تسجيل أقل نسبة للأزهار العاقدة (٢.٥٦٪) في النباتات المعاملة بهيدروكسيد النحاس منفرداً.

بينت نتائج التحليل الإحصائي عدم وجود فروق معنوية بين موقعي التجربة الأول والثاني (١٥.٦٢٪، ١٤.٦٤٪ على التوالي).

أما التفاعل بين الموقع والمعاملات فقد أشار الى وجود اختلافات معنوية، حيث سُجلت أعلى نسبة للأزهار العاقدة في الأشجار المعاملة بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل الموقع الأول (٣٤.٢٤٪)، تلتها وبدون فروق معنوية معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الررش بسلفات البوتاسيوم في الموقع الأول (٢٦.٥٢٪)، وكانت أقل نسبة للعقد في معاملة الشاهد ومعاملة الرش بسلفات البوتاسيوم منفرداً في كِلا الموقعين (مع عدم وجود فروق معنوية بينها)، في حين كانت أقل نسبة للأزهار العاقدة في الأشجار المعاملة بهيدروكسيد النحاس منفرداً في الموقع الثاني (١.٣٢٪).

الجدول (٣): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة الأزهار العاقدة (%)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	4.79 ^{ijk}	6.87 ^{ij}	**5.83 ^{D}**
Eth_{100}	15.92 ^{fg}	12.26 ^{gh}	**14.09 ^{C}**
Eth_{250}	19.74 ^{def}	19.09 ^{def}	**19.41 ^{B}**
Eth_{400}	34.24 ^{a}	28.55 ^{bc}	**31.39 ^{A}**
K	8.64 ^{hi}	7.77 ^{i}	**8.20 ^{D}**
Cu	3.81 ^{jk}	1.32 ^{k}	**2.56 ^{E}**
K+Cu	4.84 ^{ijk}	6.60 ^{ij}	**5.72 ^{DE}**
$K+Eth_{250}$	31.61 ^{ab}	26.52 ^{c}	**29.06 ^{A}**
$Eth_{250}+Cu$	12.62 ^{g}	16.61 ^{ef}	**14.61 ^{C}**
$K+Eth_{250}+Cu$	19.98 ^{de}	20.84 ^{d}	**20.41 ^{B}**
متوسط	**15.619 ^{A}**	**14.643 ^{A}**	
	موقع	معاملات	تفاعل
LSD (5%)	5.1	3.2	4

تشير الأحرف المختلفة لوجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة ٩٥٪.

٤-١-٣- نسبة الثمار الناضجة:

بينت النتائج الواردة في الجدول (٤) تأثير الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها في نسبة الثمار الناضجة، حيث لوحظ وجود تفوق معنوي في نسبة الثمار الناضجة عند معاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم، ومعاملة الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل مقارنة مع باقي المعاملات (١٦.٧١٪، ١٦.٨٢٪ على التوالي مع عدم وجود فروق معنوية فيما بينها)، تلاها تفوق معنوي لمعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم مع الرش بهيدروكسيد النحاس و معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل ومعاملة الرش بالايثيفون تركيز ١٠٠ ملغ/ل على باقي المعاملات ومن ضمنها الشاهد (١١.٩٦٪، ١٢.٧٧٪، ١١.١٣ على التوالي). لوحظت أقل نسبة للثمار الناضجة في معاملة الرش بهيدروكسيد النحاس منفرداً، ومعاملة تفاعل الرش بسلفات البوتاسيوم + الرش بهيدروكسيد النحاس (٠.٠٪ في كلا المعاملتين).

وحسب نتائج التحليل الإحصائي تبين وجود فروق معنوية بين موقعي التجربة في نسبة الثمار الناضجة (٦.٦٧٪، ١٠.١٧٪ في الموقع الأول والموقع الثاني على التوالي).

أما التفاعل بين الموقع والمعاملات فقد أشار الى وجود فروق معنوية، حيث كانت أعلى نسبة للثمار الناضجة عند الأشجار المعاملة بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم في الموقع الثاني (١٩.٧٢٪)، تلتها مباشرة معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل في الموقع الثاني (١٩.١٨٪) مع وجود فروق معنوية فيما بينهما، في حين كانت أقل نسبة في معاملة الرش بهيدروكسيد النحاس منفرداً في الموقعين الأول والثاني وفي معاملة تفاعل الرش بهيدروكسيد النحاس + الرش بسلفات البوتاسيوم في كلا الموقعين بالإضافة الى الشاهد في الموقع الأول فقط (حيث كانت ٠.٠٪ في كل المعاملات السابقة).

الجدول (٤): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة الثمار الناضجة (%)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	0.00 ^{i}	5.28 ^{g}	**2.64 ^{D}**
Eth_{100}	9.76 ^{f}	12.50 ^{d}	**11.13 ^{B}**
Eth_{250}	10.64 ^{ef}	14.89 ^{e}	**12.77 ^{B}**
Eth_{400}	14.47 ^{c}	19.18 ^{b}	**16.82 ^{A}**
K	5 ^{g}	5.56 ^{g}	**5.28 ^{CD}**
Cu	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	**0.000 ^{E}**
K+Cu	0.00 ^{i}	0.00 ^{i}	**0.000 ^{E}**
K+Eth_{250}	13.7 ^{c}	19.72 ^{a}	**16.71 ^{A}**
Eth_{250}+Cu	4 ^{h}	9.76 ^{f}	**6.88 ^{C}**
K+Eth_{250}+Cu	9.1 ^{f}	14.82 ^{c}	**11.96 ^{B}**
متوسط	**6.67 ^{B}**	**10.17 ^{A}**	
LSD (5%)	**موقع**	**معاملات**	**تفاعل**
	٣.٢٦١	2.699	1.104

تشير الأحرف المختلفة لوجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة ٩٥٪.

٤-١-٤- نسبة العقد المتساقط (%):

تشير النتائج الواردة في الجدول (٥) الى تأثير الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها في نسبة العقد المتساقط، حيث أظهرت النتائج حدوث انخفاض في نسبة العقد المتساقط عند معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل ومعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم مقارنة مع باقي المعاملات (٨٣.١٧٪، ٨٣.٢٩٧٪ على التوالي)، تلاها تفوق معنوي لمعاملة الرش بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل ولمعاملة الرش بالايثيفون تركيز ١٠٠ ملغ/ل ومعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + رش سلفات البوتاسيوم + رش هيدروكسيد النحاس على باقي المعاملات ومن ضمنها الشاهد (٨٧.٢٣٪، ٨٨.٨٧٪، ٨٨.٠٤٪ على التوالي). لوحظت أقل نسبة للأزهار الواصلة الى مرحلة النضج الكامل في معاملة رش هيدروكسيد النحاس منفرداً، ومعاملة تفاعل رش سلفات البوتاسيوم + رش هيدروكسيد النحاس (٠.٠٪ في كلا المعاملتين).

وحسب نتائج التحليل الإحصائي تبين وجود فروق معنوية بين موقعي التجربة في نسبة العقد المتساقط، حيث كانت نسبة التساقط في الموقع الأول أعلى من الموقع الثاني (٩٣.٣٣٪، ٨٩.٨٣٪ على التوالي).

أما التفاعل بين الموقع والمعاملات فقد أشار الى وجود فروق معنوية، حيث كانت أقل نسبة عقد متساقط عند الأشجار المعاملة بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم في الموقع الثاني (٨٠.٢٨٪)، تلتها مباشرة معاملة مع وجود فروق معنوية بينهما معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل في الموقع الثاني (٨٠.٨٢٪)، في حين كانت أعلى نسبة للعقد المتساقط في معاملة الرش بهيدروكسيد النحاس منفرداً في الموقعين الأول والثاني وفي معاملة تفاعل رش هيدروكسيد النحاس + رش سلفات البوتاسيوم في كلا الموقعين بالإضافة الى الشاهد في الموقع الأول فقط (حيث كانت نسبة العقد المتساقط ١٠٠٪ في كل المعاملات السابقة).

الجدول (٥): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة العقد المتساقط (%)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	100 ^{a}	94.7 ^{d}	**97.35** ^{B}
Eth_{100}	90.24 ^{f}	87.5 ^{h}	**88.87** ^{D}
Eth_{250}	89.36 ^{g}	85.11 ^{k}	**87.23** ^{D}
Eth_{400}	85.53 j	80.82 ^{l}	**83.17** ^{E}
K	95 ^{c}	94.44 ^{d}	**94.72** ^{BC}
Cu	100 ^{a}	100 ^{a}	**100** ^{A}
K+Cu	100 ^{a}	100 ^{a}	**100** ^{A}
K+Eth_{250}	86.30 ^{i}	80.28 ^{m}	**83.29** ^{E}
Eth_{250}+Cu	96 ^{b}	90.24 ^{f}	**93.12** ^{C}
K+Eth_{250}+Cu	90.90 ^{e}	85.18 ^{k}	**88.04** ^{D}
متوسط	**93.33** ^{A}	**89.83** ^{B}	
LSD (5%)	**موقع**	**معاملات**	**تفاعل**
	3.259	2.729	0.221

تشير الأحرف المختلفة لوجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة ٩٥٪.

٤-٢-دراسة المؤشرات الانتاجية، وتشمل:

٤-٢-١- الانتاجية:

يبين الجدول رقم (٦) تأثير الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها في إنتاجية شجرة الكرز.

لم يؤثر استخدام معاملات الرش بسلفات البوتاسيوم والرش بهيدروكسيد النحاس بشكل إفرادي ومعاملة تفاعل رش سلفات البوتاسيوم + هيدروكسيد النحاس في زيادة انتاج شجرة الكرز معنوياً بالمقارنة مع الشاهد (٠.٣٧ كغ).

إن استخدام التركيز الأعلى من الايثيفون (٤٠٠ ملغ/ل) واستخدام معاملة الرش بالايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم قد أعطت أفضل انتاج عند معاملة أشجار الكرز بها (٥.٣٢ كغ/شجرة، ٥.٥٨ كغ/شجرة على التوالي). تلاها تفوق معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٢٥٠ ملغ/ل ومعاملة تفاعل الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم + الرش بهيدروكسيد النحاس على باقي المعاملات وبفروق معنوية (٣.١٦ كغ/شجرة، ٣.٠٦ كغ/شجرة على التوالي).

لم يلاحظ وجود فروق معنوية بحسب نتائج التحليل الإحصائي فيما يخص الإنتاج بين موقعي التجربة الأول والثاني (١.٨ كغ، ٢.٦ كغ على التوالي).

أما التفاعل بين الموقع والمعاملات فقد أشار الى وجود فروق معنوية، حيث كان أعلى انتاج عند الأشجار في معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل ومعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم في الموقع الثاني مع عدم وجود فروق معنوية بينهما (٥.٨٦ كغ، ٦.١٤ كغ على التوالي)، تلتها معاملة الرش بالايثيفون تركيز ٤٠٠ ملغ/ل ومعاملة تفاعل رش الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل مع الرش بسلفات البوتاسيوم في الموقع الأول (٤.٨ كغ، ٥ كغ على التوالي) مع وجود فروق معنوية بينهما، وكان أقل انتاج في معاملات الشاهد

و الرش بهيدروكسيد النحاس والرش بسلفات البوتاسيوم بشكل منفرد في كلا الموقعين وفي معاملة تفاعل الرش بسلفات البوتاسيوم مع الرش بهيدروكسيد النحاس في الموقع الأول فقط (مع عدم وجود فروق معنوية بين ما سبق)

الجدول (٦): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في انتاجية الشجرة (كغ)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	0.12 ^{g}	0.57 ^{g}	**0.37** ^{D}
Eth_{100}	1.58 ^{ef}	1.68 ^{e}	**1.62** ^{C}
Eth_{250}	2.52 ^{d}	3.79 ^{c}	**3.155** ^{B}
Eth_{400}	4.79 ^{b}	5.86 ^{a}	**5.32** ^{A}
K	0.51 ^{g}	0.77 ^{g}	**0.64** ^{D}
Cu	0.14 ^{g}	0.5 ^{g}	**0.32** ^{D}
K+Cu	0.21 ^{g}	0.6 ^{gl}	**0.41** ^{D}
K+Eth_{250}	5.03 ^{b}	6.14 ^{a}	**5.58** ^{A}
Eth_{250}+Cu	0.83 ^{fg}	2.19 ^{de}	**1.51** ^{C}
K+Eth_{250}+Cu	2.15 ^{de}	3.97 ^{c}	**3.06** ^{B}
متوسط	**1.790** ^{A}	**2.609** ^{A}	
LSD (5%)	**موقع**	**معاملات**	**تفاعل**
	1.044	0.806	0.784

٤-٢-٢- متوسط وزن الثمرة:

توضح النتائج في الجدول (٧) متوسط وزن ثمار شجرة الكرز بعد تطبيق معاملات الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها.

تفوقت معاملة الرش بسلفات البوتاسيوم منفرداً ومعاملة تفاعل الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم ومعاملة تفاعل الايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم مع الرش بهيدروكسيد النحاس على باقي المعاملات، مع عدم وجود فروق معنوية بينها وبين معاملات الايثيفون منفرداً وبكافة تراكيزه (١٠٠، ٢٥٠، ٤٠٠ ملغ/ل).

بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية بين موقعي الدراسة بمتوسط وزن الثمار، حيث كان متوسط وزن الثمار في الموقع الثاني أعلى من الموقع الأول (٨.٥٧ غ، ٧.٨٧ غ على التوالي).

وأشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود فروق معنوية للتفاعل بين الموقع والمعاملات، حيث لوحظ تفوق معاملة الرش بالبوتاسيوم مفرداً في الموقع الثاني (٨.٩٣ غ)، في حين لوحظ أن أقل متوسط وزن للثمرة كان في المعاملة بهيدروكسيد النحاس منفرداً في الموقع الأول (٧.٣٦ غ).

الجدول (٧): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في متوسط وزن الثمرة (غ)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	7.54 ^{p}	8.17 ^{j}	**7.85** ^{BC}
Eth_{100}	7.92 ^{l}	8.62 ^{f}	**8.27** ^{AB}
Eth_{250}	7.87 ^{m}	8.80 ^{d}	**8.33** ^{AB}
Eth_{400}	7.83 ^{n}	8.77 ^{e}	**8.30** ^{AB}
K	8.27 ^{h}	8.93 ^{a}	**8.60** ^{A}
Cu	7.36 ^{q}	8.20 ^{i}	**7.78** ^{C}
K+Cu	7.54 ^{p}	8.36 ^{g}	**7.95** ^{BC}
$K+Eth_{250}$	8.20 ^{i}	8.86 ^{c}	**8.53** ^{A}
Eth_{250}+Cu	7.80 ^{o}	8.12 ^{k}	**7.96** ^{BC}
$K+Eth_{250}$+Cu	8.38 ^{g}	8.90 ^{b}	**8.64** ^{A}
متوسط	**7.87** ^{B}	**8.57** ^{A}	
LSD (5%)	موقع	معاملات	تفاعل
	0.167	0.466	0.022

تشير الأحرف المختلفة لوجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة ٩٥٪.

٤-٣- المؤشرات الكيميائية، ويشمل:

٤-٣-١- نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الكرز:

تبين النتائج في الجدول (٨) تأثير الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الكرز.

بينت نتائج التحليل الاحصائي عدم وجود فروق معنوية بين المعاملات المستخدمة عند مستوى ثقة ٩٥٪.

في حين أظهرت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروق معنوية بين موقعي التجربة الأول والثاني (٢٦.٤٧٪، ٢٣.٥٦٪ على التوالي).

أما التفاعل بين الموقع والمعاملات فقد أشار الى وجود اختلافات معنوية، حيث سُجلت أعلى نسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الأشجار المعاملة بالايثيفون ٢٥٠ ملغ/ل + سلفات البوتاسيوم + هيدروكسيد النحاس في الموقع الأول (٢٦.٨٪)، وكانت أقل نسبة للمواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار أشجار الشاهد والأشجار المعاملة بهيدروكسيد النحاس منفرداً في الموقع الثاني.

الجدول (٨): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية في عصير ثمار الكرز (%)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	26.2 ^{ef}	23.3 ^{i}	**24.75 ^{A}**
Eth_{100}	26.4 ^{de}	23.5 ^{h}	**24.95 ^{A}**
Eth_{250}	26.5 ^{cd}	23.5 ^{h}	**25 ^{A}**
Eth_{400}	26.5 ^{cd}	23.6 ^{h}	**25.05 ^{A}**
K	26.7 ^{ab}	23.8 ^{g}	**25.25 ^{A}**
Cu	26.1 ^{f}	23.3 ^{i}	**24.7 ^{A}**
K+Cu	26.4 ^{de}	23.6 ^{h}	**25 ^{A}**
K+Eth_{250}	26.6 ^{bc}	23.6 ^{h}	**25.1 ^{A}**
Eth_{250}+Cu	26.5 ^{cd}	23.6 ^{h}	**25.05 ^{A}**
K+Eth_{250}+Cu	26.8 ^{a}	23.8 ^{g}	**25.3 ^{A}**
متوسط	**26.47 ^{A}**	**23.56 ^{B}**	
LSD (5%)	**موقع**	**معاملات**	**تفاعل**
	0.104	1.871	0.165

تشير الأحرف المختلفة لوجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة ٩٥٪.

٤-٣-٢- نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الكرز:

توضح النتائج في الجدول (٩) نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الكرز بعد تطبيق معاملات الرش بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون والتفاعل فيما بينها.

كانت نسبة الأحماض القابلة للمعايرة مرتفعة في عصير ثمار أشجار الشاهد والأشجار المعاملة بهيدروكسيد النحاس (١.٨٧٨٪، ١.٨٧٧٪ على التوالي) مع عدم وجود فروق معنوية بينهما وبين باقي المعاملات.

بينت نتائج التحليل الاحصائي وجود فروق معنوية بين موقعي الدراسة في نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير الثمار، حيث كان متوسط نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الموقع الأول أعلى من الموقع الثاني (١.٨٦٣٪، ١.٨٢٥٪ على التوالي).

وأشارت نتائج التحليل الاحصائي الى وجود فروق معنوية بالنسبة للتفاعل بين الموقع والمعاملات، حيث لوحظت أعلى نسبة للأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الأشجار المعاملة بهيدروكسيد النحاس منفرداً في الموقع الأول (1.911%)، في حين لوحظ أن أقل نسبة للأحماض القابلة للمعايرة كانت في عصير ثمار الأشجار المعاملة بسلفات البوتاسيوم منفرداً في الموقع الثاني (1.807%).

الجدول (٩): تأثير المعاملة بسلفات البوتاسيوم وهيدروكسيد النحاس والايثيفون في نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الكرز (%)

المعاملة	موقع١	موقع٢	متوسط
C	1.908 ^{b}	1.849 ^{g}	**1.878 ^{A}**
Eth_{100}	1.886 ^{c}	1.832 ^{j}	**1.859 ^{AB}**
Eth_{250}	1.862 ^{d}	1.828 ^{k}	**1.845 ^{BC}**
Eth_{400}	1.856 ^{e}	1.815 ^{n}	**1.835 ^{BC}**
K	1.836 ^{i}	1.807 ^{p}	**1.821 ^{C}**
Cu	1.911 ^{a}	1.843 ^{h}	**1.877 ^{A}**
K+Cu	1.843 ^{h}	1.836 ^{i}	**1.839 ^{BC}**
$K+Eth_{250}$	1.832 ^{j}	1.809 ^{o}	**1.82 ^{C}**
$Eth_{250}+Cu$	1.851 ^{f}	1.823 ^{l}	**1.837 ^{BC}**
$K+Eth_{250}+Cu$	1.849 ^{g}	1.81 ^{m}	**1.829 ^{BC}**
متوسط	**1.863 ^{A}**	**1.825 ^{B}**	
LSD (5%)	موقع	معاملات	تفاعل
	0.011	0.026	0.002

تشير الأحرف المختلفة لوجود فروق معنوية بين المعاملات عند مستوى ثقة ٩٥٪.

المناقشة:

قد يُفسر تأخر الإزهار في الأشجار المعاملة بالايثيفون في الخريف الى دوره في تحريض السكون (Suttle, 1998) حيث أن النبات يستشعر الايثيفون الخارجي على أنه إجهاد، والذي يؤدي بدوره إلى تأخير العمليات الحيوية المتعلقة بانقسام الخلايا والنقل بين الخلايا، والتي تعد ضرورية لتطور الأعضاء الزهرية (Liu *et al.*, 2022)، فضلاً عن دوره في زيادة متطلبات التبريد (Durner and Gianfagna, 1991)، وبالتالي فإن رش الايثيفون على الأشجار في الخريف يؤدي لتأخير تفتح الأزهار.

يُعزى التأثير المعنوي لمعاملات الرش بالتراكيز العالية من الايثيفون ومعاملات التفاعل التي احتوت على التفاعل بين الايثيفون والبوتاسيوم في تحسين نسبة العقد، وزيادة نسبة الثمار الناضجة، وزيادة الإنتاج، الى دور التطبيق الخريفي للايثيفون في إطالة فترة السكون والذي يؤدي الى زيادة تحمل البراعم للبرودة وخفض نسبة التالف منها تحت تأثير الصقيع الربيعي (Gianfagna *et al.*, 1989) والى دوره في زيادة تحمل البراعم للبرودة والتأقلم معها من خلال زيادة عمق السكون (Liu *et al.*, 2021)، الأمر الذي يساهم في خفض ضرر الصقيع على البراعم والأزهار، بالإضافة الى أن إطالة فترة السكون وتأخير الإزهار يزيد من احتمال هروب الأزهار والعقد الصغير من الصقيع المتأخر وتجنب تعرضها لأضراره.

بالإضافة الى ذلك فإن تفاعل معاملة الايثيفون مع البوتاسيوم يساهم في ابراز الدور الهام للبوتاسيوم في التخفيف من أضرار الصقيع، حيث أن للبوتاسيوم دور هام في مساعدة النباتات ضد ظروف الإجهاد اللاأحيائي في البيئة (Johnson *et al.*, 2022)، كما أن التراكيز العالية من البوتاسيوم داخل النبات يمكن أن تحمي من التجمد عن طريق خفض نقطة التجمد لمحلول الخلية النباتية، بالإضافة الى دوره في تنشيط الإنزيمات التي تشارك في تنظيم تحمل الصقيع (Kant and Kafkafi, 2002)، وإن التغذية الكافية بالبوتاسيوم تساهم بضبط الحركة الاسموزية

وتقلل الجفاف الخلوي الناجم عن التجميد (Wang *et al.,* 2013)، فضلاً عن الدور الهام الذي يلعبه البوتاسيوم في تحسين تحمل النبات للتجميد عن طريق زيادة تراكم بعض المركبات مثل الكربوهيدرات الذائبة، والبرولين، والبروتين، ومحتوى الفينول الكلي (Saadati *et al.,* 2021).

يعود سبب انخفاض الانتاجية في جميع المعاملات (حيث سُجل أعلى انتاج ٦.١٤ كغ في معاملة الرش بالايثيفون بتركيز ٢٥٠ ملغ/ل + الرش بسلفات البوتاسيوم) الى أن موقعي التجربة تعرضا لموجة صقيع ربيعي متأخرة حدثت خلال مراحل الإزهار. وحسب دراسة Longstroth (٢٠٠٤) فإن درجة الحرارة الحرجة بالنسبة للكرز في مرحلتي بداية وأوج الإزهار (أي أقل درجة حرارة يمكن تحمّلها لمدة ٣٠ دقيقة دون ضرر) هي -١.٧ درجة مئوية، في المقابل فإن درجة الحرارة في موقعي التجربة وصلت الى -٣ درجة مئوية لمدة تتجاوز الساعتين، واستمر انخفاض الحرارة دون الصفر حوال٩ ساعات متواصلة (الأشكال ٢ و٤).

يُفسر التأثير المعنوي لمعاملة البوتاسيوم ومعاملات التفاعل التي احتوت على البوتاسيوم في زيادة متوسط وزن ثمار الكرز الى دور البوتاسيوم في تنظيم العديد من الوظائف الحيوية مثل انتقال البروتينات والسكريات، وتوازن الماء في النباتات، والحفاظ على ضغط الانتباج في الخلايا، وتطور الجذور، وتحسين جودة الثمار عن طريق الحفاظ على نسبة السكر إلى الحموضة المرغوبة، ونضج الثمار والعديد من العمليات الأخرى (Kumar *et al.*, 2006)، وقد أكد Yener و Altuntaş (٢٠٢٠) أن التسميد بالبوتاسيوم يزيد من حجم الثمار ووزنها في الكرز الحلو المزروع في تركيا.

يمكن أن يُعزى التفوق المعنوي للموقع الثاني على الموقع الأول في متوسط وزن الثمار الى كون تضاريس الموقع الثاني تجعله يتوسط أحد الأودية والذي تتجمع فيه الثلوج بكميات كبيرة، وعلى العكس فإن تضاريس الموقع الأول تجعله أقل تجميعاً للثلوج والأمطار، مما يجعل المحتوى المائي في تربة الموقع الثاني والتغذية المائية فيها أعلى

من الموقع الأول، وإن زيادة التغذية المائية (زيادة رطوبة التربة) تساهم في تحسين وزن وحجم الثمرة (Eid *et al.,* 2021)، كون الأشجار تعتمد على الأمطار الهاطلة فقط في تأمين حاجتها من الماء خلال أشهر النمو.

كما أن تفوق ثمار الموقع الأول على الموقع الثاني من حيث نسبة المواد الصلبة الذائبة الكلية ونسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير الثمار يمكن أن يُعزى أيضاً الى الاختلاف في تضاريس الموقعين والذي يؤثر بدوره في المحتوى المائي في التربة حيث يكون في الموقع الأول أقل من الموقع الثاني، وقلة التغذية المائية ينتج عنها زيادة نسبة المواد الصلبة الذائبة والأحماض العضوية (Nahar et al., 2011)، في حين أن زيادة التغذية المائية ينتج عنها انخفاض في المواد الصلبة الذائبة الكلية والأحماض الكلية (Eid et al., 2021).

الفصـل الخامس

الاستنتاجات والمقترحات

٥-١- الاستنتاجات:

١. يؤدي تطبيق الايثيفون على أشجار الكرز في مرحلة تساقط ١٠٪ من الأوراق الى تأخير الإزهار مما ينتج عنه تجنب تعرض الأزهار للصقيع، وبالتالي زيادة انتاجية الأشجار من وحدة المساحة.

٢. تؤدي التراكيز المرتفعة من الايثيفون والتي لا تقل عن ٤٠٠ ملغ/لتر الى زيادة تأخير موعد الإزهار في أشجار الكرز مما يقلل من الأضرار الناتجة عن موجات الصقيع الربيعي المتأخر، وانعكاس هذا التأخير بشكل ايجابي على الانتاج.

٣. يؤدي رش أشجار الكرز بمحلول من الايثيفون وسلفات البوتاسيوم الى زيادة تحمل الأزهار والعقد الصغير لانخفاض درجات الحرارة وبالتالي زيادة الانتاج وتحسين المردود.

٤. يساهم الرش الورقي بمحلول سلفات البوتاسيوم في زيادة متوسط وزن الثمار في أشجار الكرز.

٥. يؤثر رش هيدروكسيد النحاس بتركيز ٣غ/ل على البراعم الزهرية لأشجار الكرز في مراحل تفتحها سلباً على المؤشرات المتعلقة بالأزهار والمؤشرات الإنتاجية و**نسبة الأحماض القابلة للمعايرة في عصير ثمار الكرز.**

٥-٢- المقترحات:

١. ضرورة رش الأشجار المزروعة في المناطق التي تعاني من موجات الصقيع الربيعي بمركبات الايثيفون وسلفات البوتاسيوم.

٢. استخدام تراكيز من الايثيفون لا تقل عن ٤٠٠ ملغ/لتر عند تساقط ١٠٪ من الأوراق لرفع كفاءة الأشجار في تحمل ظروف الشتاء القاسية.

٣. عدم رش هيدروكسيد النحاس على أشجار الكرز في مراحل تفتح البراعم الزهرية بسبب تأثيرها السلبي على الأزهار والانتاجية ومؤشرات جودة الثمار.

الفصـل السادس

المراجع

٦- المراجع:

٦-١- المراجع العربية:

١. عبيد، حسان. (٢٠٠٦). إمكانية خفض أضرار الصقيع على صنف التفاح غولدن ديليشس Golden Delicious باستخدام فيتامين E (α-توكوفيرول) والغليسيرين. *مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية*. ٢٢ (١): ٥١-٦٤.

٢. حامد، فيصل؛ العيسى، عماد؛ بطحه، محمد. (٢٠٠٦). إنتاج الفاكهة. منشورات جامعة دمشق.

٦-٢- المراجع الأجنبية:

Akšic´, M.F.; Colic´, S.; Meland, M. and Natic´, M. (2020). Sugar and polyphenolic diversity in floral nectar of cherry. *Springer International Publishing*, 755–773.

Alden, J. and Hermann, R.K. (1971). Aspects of the cold-hardiness mechanism in plants. *Bot. Rev*., 37, 37-117.

Anderson, J.A.; Buchanan, D.W.; Stall, R.E. and Hall, C.B. (1982). Frost injury of tender plants increased by Pseudomonas syringae van Hall. *J. Am. Soc. Hortic. Sci*, 107, 123-125.

Anderson, J.L. and Seeley, S.D. (1993). Bloom delay in deciduous fruits. *Hort. Rev.*, 15, 97-144.

Apel, K. and Hirt, H. (2004). Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress, and signal transduction. *Ann. Rev. Plant Physiol*., 55, 373–39

Arora, R. (2018). Mechanism of freeze-thaw injury and recovery: a cool retrospective and warming up to new ideas. *Plant Sci*., 270, 301–313.

Ashworth, E.N. and Wisniewski, M.E. (1991). Response of fruit tree tissues to freezing temperatures. *Hortscience* 26, 501-504.

Babak, V. and Mohammadali, N.S. (2020). Enhancement of frost tolerance of almond flowers using potassium. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 2822-2832.

Blanc, M.L. (1969). Protection against frost damage. World Meteorol. Org. Tech. Note 51. Geneva.

Blanc, M.L.; Geslin, H.; Holzberg, I.A. and Mason, B. (1963). Protection against frost damage. *WMO, Technical Note,* No. 51. Geneva, Switzerland. 62p.

Braz. J. (2005). Copper in plants. *Plant Physiol*., 17(1),

Burke, M.J.; Gusta, L.V.; Quamme, H.A.; Weiser, C.J. and Li, P.H. (1976). Freezing and injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol*., 27, 507-528.

Burke, M.J.; Gusta, L.V.; Quamme, H.A.; Weiser, C.J. and Li, P.H. (1976). Freezing and injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 27, 507-528

Byrne, D.H. (1986). Mechanisms of spring freeze injury avoidance in peach. *Hortscience*, 21, 1235-1236.

Cakmak, I. (2005) The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168, 521–530.

Chmielewski, F.M.; Götz, K.P.; Weber, K.C.; and Moryson, S. (2018). Climate change and spring frost damages for sweet cherries in Germany. *International journal of biometeorology*, 62(2), 217-228.

Crisosto, C.H.; Miller A.N.; Lombard, P.B. and Robbins S. (1990). Effect of fall ethephon applications on bloom delay, flowering, and fruiting of peach and prune. *HortScience*, 25, 426-428.

Dawashi, A. and Shokrollahi, G. (1999). Effect of using copper oxychloride on almond trees. Proceeding of First Iranian Almond Symposium. Shahrekord. Iran. 19.

Deininger, C.A.; Mueller, G.M. and Wolber, P.K. (1987) Immunological characterization of ice nucleation proteins from *Pseudomonas syringae*, *Pseudomonas fluorescens*, and *Erwinia herbicola*. *J. Bacteriol*, 170, 669-675.

Demirsoy, H.; Demirsoy, L.; and Lang, G.A. (2022). Research on spring frost damage in cherries. *Hort. Sci*., 49, 89–94.

Devi, B.S.R.; Kim, Y.J.; Selvi, S.K.; Gayathri, S.; Altanzul, K.; Parvin, S.; Yang, D.U.; Lee, O.R.; Lee, S. and Yang, D.C. (2012). Influence of potassium nitrate on antioxidant level and secondary metabolite genes under cold stress in *Panax ginseng. Russ. J. Plant Physiol*., 59, 318–325.

Durner, E.F. and Gianfagna, T.J. (1991). Ethephon prolongs dormancy and enhances supercooling in peach flower buds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 116, 500-506.

Dzhangaliev, A.D.; Salova, T.N. and Turekhanova, P.M. (2002). The wild fruit and nut plants of Kazakhstan. *Kazakhstan Academy of Science*, 3, 2007.

Eeraerts, M.; Borremans, L.; Smagghe, G. and Meeus, I. (2020). A growers' perspective on crop pollination and measures to manage the pollination service of wild pollinators in sweet cherry cultivation. *Insects*, 11, 372.

Eid, T.A.; F, I. Abou Grah, F.I. and S. M. Hussein, S.M. (2013). EFFECT OF SOIL MOISTURE REGIMES AND POTASSIUM APPLICATION ON GROWTH, YIELD AND FRUIT QUALITY OF "CANINO" APRICOT (Prunus armeniaca L.). J. Plant Production, 4(4), 621–640.

Faienza, M.F.; Corbo, F.; Carocci, A.; Catalano, A.; Clodoveo, M.L.; Grano, M.; Wang, D.Q.H.; D'Amato, G.; Muraglia, M.; Franchini, C.; Brunetti, G. and Portincasa, P. (2020). Novel insights in health-promoting properties of sweet cherries. *J. Funct Foods*, 69, 103945.

Faust, M. and Surányi, D. (1997). Origin and dissemination of cherry. Hortic. Rev., 19, 263–317.

Faust, M., Erez, A., Rowland, L.J., Wang, S.Y., & Norman, H. A. (1997). Bud dormancy in perennial fruit trees: physiological basis for dormancy induction, maintenance and release. *Hortscience*, 32, 623-629.

Festa, R.A. and Thiele, D.J. (2011). Copper: an Essential Metal in Biology, *Curr Biol*, 8(21), 877- 883.

Fleming C.A. and Trevors J.T. (1989) Copper toxicity and chemistry in the environment: a review. *Water Air Soil Pollut*, 44, 143–158

Flinn, C.L. and Ashworth, E.N. (1995). The relationship between carbohydrates and flower bud hardiness among three Forsythia taxa. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 120, 607-613.

Foyer, C.H. and Noctor, G. (2003). Redox sensing and signalling associated with reactive oxygen in chloroplasts, peroxisomes and mitochondria. *Physiol. Plant*, 119, 355–364.

Friesen, L.J. and Stushnoff, C. (1985). Spring frost injury relative to phenophase bud development in Saskatoon berry. *Hortscience*, 20, 744-746.

Gianfagna, T.; Durner, E. and Teiger, G.S. (1989). Reducing low temperature injury to peach flower buds with ethephon. *Acta. Hortic.*, 239, 203-206.

Guajardo, V.; Solís, S.; Sagredo, B.; Gainza, F.; Muñoz, C.; Gasic, K. and Hinrichsen, P. (2015). Construction of high density sweet cherry (Prunus avium L.) linkage maps using microsatellite markers and SNPs detected by genotyping-by-sequencing (GBS). *PLOS ONE*, 10(5), e0127750.

Guy, C.L. (2003). Freezing tolerance of plants: current understanding and selected emerging concepts. *Can. J. Bot.*, 81, 1216–1223.

Hakerlerler, H., Oktay, M., Eryüce, N., & Yagmur, B. (1997). Efect of potassium sources on the chilling tolerance of some vegetable seedlings grown in hot beds. In: Johnston AE (ed) Food security in the WANA region, the essential need for balanced fertilization. International Potash Institute, Basel, pp 317–327

Harakotr, B.; Suriharn, B.; Tangwongchai, R.; Scott, M.P., and Lertrat, K. (2014). Anthocyanins 508 and antioxidant activity in coloured waxy corn at different maturation stages. *Journal of Functional Foods*, 9, 109-118.

Head, G.C. (1959). Some effects of temperature on the frost resistance of apple flowers. *J. Hort. Sci.*, 34, 1-6.

Holzschuh, A.; Dudenhöffer, J.H.; and Tscharntke, T. (٢٠١٢). Landscapes with wild bee habitats enhance pollination, fruit set and yield of sweet cherry. *Biol. Conserv*., 153, 101–107.

Iezzoni, A.F. and Hamilton, R.L. (1985). Differences in spring floral bud development among sour cherry cultivars. *HortScience*, 20, 915–916.

Islam, M.T.; Liu, J. and Sherif, S.M. (2021) Ethephon-mediated bloom delay in peach is associated with alterations in reactive oxygen species, antioxidants, and carbohydrate metabolism during dormancy. *Front. Plant Sci.*, 12, 765357.

Johnson, R., Vishwakarma, K., Hossen, M. S., Kumar, V., Shackira, A. M., Puthur, J. T., Abdi, G., Sarraf, M., & Hasanuzzaman, M. (2022). Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. *Plant Physiol. Biochem*., 1, 56-69.

Kant, S. and Kafkafi, U. (2002). Potassium and Abiotic Stresses in Plants. In: Pasricha, N. S., Bansal, S. K., editors. Potassium for Sustainable Crop Production. Potash Institute of India; Gurgaon, India, 233–251.

Kappel, F.; Granger, A.; Hrotkó, K.; Schuster, M. (2012). Cherry. Fruit Breeding, 8: 459–504.

Karimi, R. (2017). Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. *Sci. Hortic.*, 215, 184–194.

Karimi, R. and Ershadi, A. (2015). Role of exogenous abscisic acid in adapting of 'Sultana' grapevine to low temperature stress. *Acta. Physiol. Plant*., 37, 15.

Kelley, D.S.; Adkins, Y. and Laugero, K.D. (2018). A review of the health benefits of cherries. *Nutrients*, 10(3), 368.

Kron, P. and Husband, B.C. (2006). The effects of pollen diversity on plant reproduction: Insights from apple. *Sex. Plant Reprod.*, 19, 125–131.

Kumar, A.; Sharma, V. and Thakur, M. (2020). In vitro rooting and hardening of clonal cherry rootstock Gisela 5 (Prunus cerasus × Prunus canescens). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 90(5), 1032–1035.

Kumar, A.R.; Kumar, N. and Kavino, M. (2006). Role of Potassium in Fruit Crops - A Review. Agricultural Reviews, 27(4), 284-291.

Lech, W.; Małodobry, M.; Dziedzic, E.; Bieniasz, M. and Doniec, S. (2008). Biology of sweet cherry flowering. *J. Fruit Ornam. Plant Res*., 16, 1890199.

Lester, D.T.; Lindow, S.E. and Upper, C.D. (1977). Freezing injury and shoot elongation in balsam fir. *Can. J. For. Res*, 7, 584-88.

Levitt, J. (1980). Responses of Plants to Environmental Stresses, Vol. 1 (2nd ed). New York NY: Academic Press. 497p.

Lindow, S. E. (1995). Control of epiphytic ice nucleation-active bacteria for management of plant frost injury. In Biological Ice Nucleation and Its Applications; Lee, R. E., Jr., Warren, G. J., Gusta, L. V., Eds.; APS Press: St. Paul, MN, 239-256.

Lindow, S.E. (1983). Methods of preventing frost injury caused by epiphytic ice nucleation active bacteria. *Plant Disease*, 67, 327-333.

Lindow, S.E. and Connell, J.H. (1984). Reduction of frost injury to almond by control of ice nucleation active bacteria. *J. Am. Soc. Hort. Sci*, 109, 48-53.

Lindow, S.E., (1983). The role of bacterial ice nucleation in frost injury to plants. *Ann. Rev. Phytopathol*, 21, 363-384.

Lindow, S.E.; Arny, D.C. and Upper, C.D. (1982). Bacterial ice nucleation: a factor in frost injury to plants. Plant Physiol, 70, 1084-1089.

Lindow, S.E.; Arny, D.C.; Barchet, W.R. and Upper, C.D. (1978) Bacterial ice nucleation inhibitors and reduction of frost damage to plants (Abstract). *Phytopathology News*, 12, 138.

Lindow, S.E.; McGourty, G. and Elkins, R. (1996). Interactions of antibioticswith Pseudomonas fluorescens strain A506 in the control of fire blight and frost injury to pear. *Phytopathology*, 86, 841-848.

Liu, J. and Sherif S.M. (2019). Combating Spring Frost With Ethylene. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1408.

Liu, J.; Islam, M.T.; Sapkota, S.; Ravindran, P.; Kumar, P.P.; Artlip, T.S. and Sherif, S. M. (2021). Ethylene-mediated modulation of bud phenology, cold hardiness, and hormone biosynthesis in peach (Prunus persica). *Plants*, 10, 1266.

Liu, J.; Islam, M.T.; Laliberte, S.; Haak, D.C. and Sherif, S.M. (2022). Fall Applications of Ethephon Modulates Gene Networks Controlling Bud Development during Dormancy in Peach (Prunus Persica). *Int. J. Mol. Sci.*, 18, 6801.

Longstroth, M. (2004). Critical spring temperatures for tree fruit and small fruit bud stages. District Ext. Hortuculture Agent, MSU Extension

Lu, S. and Rieger, M. (1993). Effect of temperature preconditioning on ovary freezing tolerance of fully opened peach flowers. *J. Hort. Sci.*, 68, 343-347

Malchev, S. and Savchovska, S. (2020). Vulnerability of sweet cherry cultivars to continuous periods of spring frosts in Plovdiv, Bulgaria. *Agricultural Science and Technology*, 12(4), 348-352.

Marschner P. Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rd ed. *Academic Press*, London, UK: 2012. pp. 178–189.

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of higher plants, 2nd edn. *Academic Press*, New York.

Mason, B.J. (1960). Ice-nucleating properties of clay minerals and stony meteorites. *Q. J. R. Meteorol. Soc*, 84, 553-556.

Matzneller, P.; Götz, K.P. and Chmielewski, F.M. (2016). Spring frost vulnerability of sweet cherries under controlled conditions. *International Journal of Biometeorology*, 60, 123–130

Mazur, P. (1969). Freezing injury in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol*., 20, 419-448.

McCune, L.M.; Kubota, C.; Stendell-Hollis, N.R. and Thomson, C.A. (2010). Cherries and health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 51, 1–12.

Mittelstadt, H. (1996). Reduction of frost damage to fruit tree blossoms and corn plants by bactericides. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 30, 191-199.

Modlibowska, I. (1957). Le probleÁme des geleÂes printanieÁres et la culture fruitieÁre. *87 CongreÂs Pomologuique International*, 83-112.

Modlibowska, I. (1962a). Frost damage and recovery in plant tissues. Proceedings of the XVIII Int. *Hort. Cong*., 180-189.

Moran, R.E.; Sun, Y.; Geng, F.; Zhang, D. and Fazio, G. (2011). Cold temperature tolerance of trunk and root tissues in one- and two-year old apple rootstocks. *HortScience,* 46, 1460–1464.

Morin, X.; Ameglio, T.; Ahas, R.; Kurz-Besson, C.; Lanta, V.; Lebourgeois, F.; Miglietta, F. and Chuine, I. (2007). Variation in cold hardiness and carbohydrate concentration from dormancy induction to bud burst among provenances of three European oak species. *Tree Physiol.*, 27, 817–825.

Nahar, K.; Ullah, S.M. and Islam, N. (2011). Osmotic adjustment and quality response of five tomato cultivars (Lycopersicon esculentum Mill.) following water deficit stress under subtropical climate. Asian J. Plant Sci., 10(2), 153-157.

Olien, C.R. (1967). Freezing stresses and survival. *Ann. Rev. Plant Physiol*., 18, 387-408.

Olson, R.A. and Steeves, T.A. (1983). Frost damage in fowers and immature fruits of Amelanchier alnifolia Nutt (Maloideae). *Can. J. Plant Sci.*, 63, 461-466.

Oosterhuis, D.M., Loka, D.A. and Raper, T.B. (2013). Potassium and stress alleviation: Physiological functions and management of cotton. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 176, 331–343.

Pahwa, K. and Ghai, N. (2015). Effect of ethylene on physiological and biochemical parameters in different crop plants - A review. *J. Nat. Appl. Sci*, 7, 1064-1069.

Palonen, P. and Buszard, D. (1997). Current state of cold hardiness research on fruit crops. *Can. J. Plant Sci*., 77, 399-420.

Parker, J. (1963). Cold resistance in woody plants. *Bot. Rev*., 229, 124-201.

Pearce, R.S. (2001). Plant freezing and damage. *Ann. Bot*., 87, 417–424.

Perry, K.B. (1998). Basics of frost and freeze protection for horticultural crops. *HortTechnology*, 8, 10-15.

Pettigrew, W.T. (2008). Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiol. Plantarum*., 133, 670–681.

Picariello, G.; Vito V.D.; Ferranti, P.; Paolucci, M. and Volpe, M.G. (2016). Species-and cultivar-dependent traits of Prunus avium and Prunus cerasus polyphenols. *Journal of Food Composition and Analysis*, 45, 50-57.

Powell, L.E. (1987). Hormonal aspects of bud and seed dormancy in temperate-zone woody plants. *Hortscience*, 22, 845-850.

Proebsting, E.L. and Mills, H.H. (1976). Ethephon Increases Cold Hardiness of Sweet Cherry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 101, 31-33.

Proebsting, E.L. and Mills, H.H. (1978a). A synoptic analysis of peach and cherry flower bud hardiness. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 103, 842-845.

Raúl, L.G.C.; Gerardo, M.D.; Rubén, M.D. and Fabián R.C. (2011). Effect of Ethephon on Almond Bloom Delay, Yield, and Nut Quality under Warm Climate Conditions in Northwestern Mexico. *Chilean journal of agricultural research,* 71, 34-38.

Rieger, M. (1989). Freeze protection for horticultural crops. *Hort. Rev*., 11, 45-109.

Rodrig, j. (2000). Spring frosts in deciduous fruit trees - morphological damage and ower hardiness. *Scientia Horticulturae*, 85, 155-173

Rodrigo, J. (2000). Spring frosts in deciduous fruit trees - morphological damage and fower hardiness. *Scientia Horticulturae*, 85, 155-173.

Rogers, W.S. (1952). Some aspects of spring frost damage to fruit and its control. *XIII Int. Hort. Cong*., 2, 941-946.

Roversi, A. and Ughini, V. (1998). How long should the period for a successful pollination of sweet cherry be?. *Acta Hortic*., 468, 615–620.

Saadati, S.; Baninasab, B.; Mobli, M. and Gholami, M. (2021). Foliar application of potassium to improve the freezing tolerance of olive leaves by increasing some osmolite compounds and antioxidant activity. *Scientia Horticulturae*, 276, 109765

Schmitz-Eiberger, M. and Blanke, M. (2012). Bioactive components in forced sweet cherry fruit (Prunus avium L.), antioxidative capacity and allergenic potential as dependent on cultivation under cover. *LWT-Journal of Food Science and Technology*, 46, 388-392.

Scott, R.J.; Spielman, M. and Dickinson, H.G. (2004). Stamen structure and function. *Plant Cell*, 16, 46-60.

Sebolt, A.M. and Iezzoni, A.F. (2009). Utilization of the S-locus as a genetic marker in cherry to differentiate among different pollen donors. *HortScience*., 44, 1542–1546.

Serradilla, M.J.; Lozano, M.; Bernalte, M.J.; Ayuso, M.C.; López-Corrales, M. and González-Gómez, D. (2011). Physicochemical and bioactive properties evolution during ripening of Ambrunés' sweet cherry cultivar. *LWT-Journal of Food Science and Technology*, 44, 199-205.

Shefferson, R.P. (2009). The evolutionary ecology of vegetative dormancy in mature herbaceous perennial plants. *Journal of Ecology*, 97, 1000-1009.

Silva, G.R.; Vaz, C.V.; Catalão, B.; Ferreira, S.; Cardoso, H.J. and Duarte, A.P. (2019). Sweet cherry extract targets the hallmarks of cancer in prostate cells: Diminished viability, increased apoptosis and suppressed glycolytic metabolism. *Nutrition and Cancer*, 1–15.

Simeonidou, M. (1994). 'Ice nucleation in *Citrus sinensis*.' (Centre International de Hautes Etudes Agron: Greece)

Simons, R.K. (1969). Tissue response of young developing apple fruits to freeze injury. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 94, 376-382.

Simons, R.K., and Doll, C.C. (1976). Morphological and anatomical response of apples to a late spring frost in relation to stage of fruit development. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 101, 315-320.

Simons, R.K.; Hewetson, F.N. and Chu, M.C. (1970). Fruit tissue injury by frost to `York Imperial' apples. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 95, 821-827.

Snyder, R.L. and Melo-Abreu, J.P.D. (2005). Frost protection: fundamentals, practice, and economics, Vol. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Somers, E. (2008). Uptake of copper by fungal cells. Annals of Applied. *Biology* 51(3), 425-437.

Sommer, A.L. (1931) Copper as an essential for plant growth. *Plant Physiol* 6, 339-345.

Srivastava, R.C. and Singh, I. (1970). Floral biology, fruit-set, fruit-drop and physicochemical characters of sweet-cherry (*Prunus avium L.*). *Indian J. Agric. Sci.*, 40, 400–420.

Steponkus, P. L. (1984). Role of the plasma membrane in freezing injury and cold acclimation. *Ann. Rev. Plant Physiol*., 35, 543-584.

StoÈsser, R. and Anvari, S.F. (1982). On the senescence of ovules in cherries. *Sci. Hort.*, 16, 29-38.

Strang, J.G., Lombard, P.B., Westwood, M.N. and Weiser, C.J. (1980). Effect of duration and rate of freezing and tissue hydration of 'Barlett' pear buds, flowers, and small fruits. *J. Am. Soc. Hort. Sci*., 105, 102-107.

Sundin, G.W.; Castiblanco, L.F.; Yuan, X.; Zeng, Q. and Yang, C.H (2016). Bacterial disease management: challenges, experience, innovation and future prospects, Challenges in Bacterial Molecular Plant Pathology. Molecular Plant Pathology. 17(9). 1506-1518.

Suttle, J.C. (1998). Involvement of ethylene in potato microtuber dormancy. *Plant Physiol*, 118, 843-848.

Turnbull, C. G. N., Sinclair, E. R., Anderson, K. L., Nissen, R. J., Shorter, A. J., Lanham, T.E. (١٩٩٩). Routes of Ethephon Uptake in Pineapple (Ananas comosus) and Reasons for Failure of Flower Induction. *J. Plant Growth Regul.*, 18, 145–152.

Ughini, V. and Roversi, A. (1996) Investigations on sweet cherry effective pollination period. *Acta Hortic*., 410, 423–426.

Usha, K.; Thakre, M.; Goswami, A.K.; and Deepak, G.N. (2015). Fundamental of Fruit production, Division of Fruits and Horticultural Technology, *Indian Agricultural Research Institute,* New Delhi.

ValizadehKaji, B. and Sedghi, M.N. (2020). Enhancement of frost tolerance of almond flowers using potassium. *Journal of Plant Nutrition*, 43, 2822-2832.

Vonnegut, B. (1949). Nucleation of supercooled water clouds by silver iodide smokes. *Chem. Rev*, 44, 277-89.

Wang, J.; Liu, W.; Zhu, D.; Hong, P.; Zhang, S.; Xiao, S.; Tan, Y.; Chen, X.; Xu, L.; Zong, X.; Zhang, L.; Wei, H.; Yuan, X. and Liu, Q. (2020). Chromosome-scale genome assembly of sweet cherry (Prunus avium L.) cv. Tieton obtained using long-read and Hi-C sequencing. *Horticulture Research*, 7, 122.

Wang, M.; Jiang, N.; Wang, Y.; Jiang, D. and Feng, X. (2017). Characterization of phenolic compounds from early and late ripening sweet cherries and their antioxidant and antifungal activities. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 65, 5413–5420.

Wang, M.; Zheng, Q.; Shen, Q. and Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *Int. J. Mol. Sci.,* 14, 7370–7390.

Waraich, E.A.; Ahmad, R.; Halim, A. and Aziz, T. (2012). Alleviation of temperature stress by nutrient management in crop plants: a review. *J. Soil Sci. Plant Nutr.,* 12, 221–244.

Weiser, C.J. (1970). Cold resistance and injury in woody plants. *Science*, 169, 1269-1277.

Westwood, M.N. (1993). Temperate-zone Pomology: Physiology and Culture. Timber Press, Portland.

Wiersma, P.A.; Wu, Z.; Zhou, L.; Hampson, C. and Kappel F. (2001) Identification of new self-incompatibility alleles in sweet cherry (*Prunus avium* L.) and clarification of incompatibility groups by PCR and sequencing analysis. *Theor. Appl. Genet.*, 102, 700-708.

Williams, R.R., (1970). Factors affecting pollination in fruit trees. In: Luckwill, L.C., Cutting, C.V. (Eds.), Physiology of Tree Crops. Academic Press, 193-207.

Xia, H.; Shen, Y.; Shen, T.; Wang, X.; Zhang, X.; Hu, P. and Liang, D. (2020). Melatonin accumulation in sweet cherry and its influence on fruit quality and antioxidant properties. *Molecules*, 25(3), 753.

Xiong, L.M.; Schumaker, K.S. and Zhu, J.K. (2002) Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *Plant Cell.*, 14, 165–183.

Yamazaki, T.; Kawamura, Y. and Uemura, M. (2009). Extracellular freezing-induced mechanical stress and surface area regulation on the plasma membrane in cold-acclimated plant cells. *Plant Signal Behav,* 4, 231–233.

Yener, H. and Altuntaş, Ö. (2020). Effects of potassium fertilization on leaf nutrient content and quality attributes of sweet cherry fruits (*Prunus Avium* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 44(1), 1-12

Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1), 145-156

Yu, D.J. and Lee, H.J. (2020). Evaluation of freezing injury in temperate fruit trees. *Hortic. Environ. Biotechnol.*, 61, 787–794.

Zettlemoyer, A.C.; Tcheurekdjian, N. and Chessick, J.J. (1961). Surface properties of silver iodide. *Nature*, 192, 653.

Zhang, Y.; Neogi, T.; Chen, C.; Chaisson, C.; Hunter, D.J. and Choi, H.K. (2012). Cherry consumption and decreased risk of recurrent gout attacks. *Arthritis Rheumus*, 64, 4004-4011.

Zhu, J.K. (2001). Cell signaling under salt, water and cold stresses. *Plant Biol*., 4, 401–406.

Abstract

The research was carried out in two private cherry fields in the outskirts of Ras al-Ma'arra town in Rif Dimashq Governorate and the laboratories of the Faculty of Agriculture, Damascus University, during the 2023 season, with the aim of studying the effect of foliar spraying with potassium sulphate solution (3 g/L), ethephon spraying (100, 250, 400 mg/L) and copper hydroxide (3 g/L) and their interaction in increasing the tolerance of Bing cherry trees to spring frost. Spraying with ethephon alone or in combination with other treatments contributed to delaying flowering, and the number of days of flowering delay increased with increasing the concentration of ethephon used. The treatment of spraying ethephon at a concentration of 400 mg/L and the combination of the two treatments of ethephon at a concentration of 250 mg/L and spraying with potassium sulphate solution gave the best values in terms of the percentage of fruit set (31.39, 29.06% respectively, and it was 5.83% in the control), and in terms of the percentage of flowers set and reaching the maturity stage (16.73, 17% respectively, and it was 2.66% in the control), and in terms of tree productivity (5.32, 5.58 kg/tree respectively, and it was 0.37 kg/tree in the control). While the previous two treatments recorded the lowest percentage of fallen fruit set (83.47, 83.27% respectively), it was 97.52% in the control, while the foliar spray treatment with potassium sulfate solution and the combination of the two treatments of ethephon spraying at a concentration of 250 mg/L and the foliar spray with potassium sulfate and the combination of the three treatments together gave the best value for the average fruit weight (8.60, 8.53, 8.64 g respectively) compared to the control (7.85 g). On the other hand, the foliar spray treatment with potassium sulfate and the combination of the two treatments of ethephon spraying at a concentration of 250 mg/L and the foliar spray with potassium sulfate gave the lowest percentage of titratable acids in cherry juice (1.821, 1.820% respectively) compared to the control (1.878%), while there were no significant differences between the treatments in terms of the cherry juice content of total soluble solids (TSS).

Keywords: Creases avium, Spring frost, potassium, Ethephon, Copper.

University of Damascus

Faculty of Agriculture

Department of Horticulture

Study the spraying effect of some chemical compounds in bearing sweet cherry tree for spring frost

By

Nader Obaid

Supervisor

Muhammad Batt'ha

Professor in the Department of Horticultural Sciences

2024