مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية
المجلد 41 العدد 3 (2025): 329 - 342

Damascus University Journal of Agricultural Sciences
Vo 41 No.3 (2025): 329 - 342

تأثير الرش الورقي بالبوتاسيوم والكالسيوم في الاستجابات الفيزيولوجية والقيمة النسبية للتحمل لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد المائي

سوار رؤوف زهر الدين[1] **رولا محمد سعيد بايرلي[2]**

بسام العطا الله[3]

[1] طالبة ماجستير، قسم البساتين، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، تعمل في مخبر البروتينات والفيزيولوجيا ، مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.
sewarzd1996@sewar.zaheraldeen@damascusuniversity.edu.sy

[2] أستاذ مساعد في قسم علوم البستنة، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق، سورية .

[3] باحث رئيس، مخبر البروتينات والفيزيولوجيا، مركز البحوث العلمية الزراعية بالسويداء، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، سورية.

الملخص:

نُفّذ البحث في محطة بحوث عرى/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية في عام 2021 بهدف دراسة تأثير الرش الورقي المشترك بالبوتاسيوم والكالسيوم في المؤشرات الفيزيولوجية والقيمة النسبية للتحمل لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد المائي. تمّت الزراعة تحت ثلاثة مستويات مختلفة من الري (60-80-100% من السعة الحقلية)، واستُخدم الرش الورقي المشترك بمركبات البوتاسيوم (0– 1– 2 غ/ ل) والكالسيوم (0– 0.5– 1 غ/ ل). أظهرت النتائج أنّ الزيادة التدريجية في مستويات الجفاف أدّت إلى انخفاض تدريجي في معظم المؤشرات الفيزيولوجية (محتوى الماء النسبي والسكريات والبرولين)، وزيادة تدريجية في العجز المائي ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل. كما أدّت معاملة الرش الورقي بالبوتاسيوم والكالسيوم إلى تحسين جميع المؤشرات تحت ظروف الإجهاد المائي بالمقارنة مع النباتات غير المعاملة، وأظهرت نتائج التفاعل بين معاملات السعة الحقلية ومعاملات الرش الورقي في السعة الحقلية 100% عدم وجود فروق معنوية بالنسبة لمحتوى الماء النسبي والعجز المائي، بينما في السعة الحقلية 80 و60% كانت المعاملة K (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ل) متفوقة معنوياً على الشاهد في محتوى الماء النسبي (86.71%) و(86.61%) ومحتوى البرولين (439.8 ميكرومول/غ) و(464.4 ميكرومول/غ) على التوالي، كذلك كانت كل المعاملات متفوقة معنوياً على الشاهد بالنسبة لمحتوى الأوراق من السكريات والبرولين في السعة الحقلية 80 و60%. أما بالنسبة للكلوروفيل، أعطت المعاملة K(2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) في السعة الحقلية 60% تفوقاً معنوياً على الشاهد في محتوى الأوراق من الكلوروفيل a (1.09ميكروغرام/ مغ) والكلوروفيل b (0.31 ميكروغرام/ مغ) والكلوروفيل الكلي (1.41 ميكروغرام/ مغ). لذلك كان للرش الورقي بالبوتاسيوم والكالسيوم تأثيراً معنوياً على معظم المؤشرات الفيزيولوجية لنبات الخس المعرّض للإجهاد المائي.

الكلمات المفتاحية: الإجهاد المائي، الخس، البوتاسيوم، الكالسيوم، الكلوروفيل.

تاريخ الايداع: 2/19 /2023
تاريخ القبول3/12 /2023

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

Effect of foliar spray with potassium and calcium on the physiological response and relative value of stability of lettuce plant under drought stress conditions

Sewar Raoof Zaheraldeen[1*] Roula- M -Saeed Bayerli[2] Bassam Al Atalah[3]

[*1]Master student, Horticulture department, Faculty of Agricultural Engineering,Damascus University, working in Laboratory of Proteins and Physiology , Sewida Research Center, General commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Syria.

[2] Assistant Doctor, Horticulture department, Faculty of Agricultural Engineering, Damascus University, Syria.

[3]Main Researcher, of Proteins and Physiology, Sewida Research Center, GCSAR,Syria.

Received:19 /2 /2023
Accepted: 12 /3 /2023

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

Abstract:

This research was carried out in Erah Research Station/ Sewida Agricultural Research Center/ General Commission for Scientific Agricultural Research/ Syria in 2021. The aim of this research was studying the effect of combined foliar spraying with potassium (K) and calcium (Ca) on physiological characteristics and relative value of stability of lettuce plants under drought conditions. The cultivation was achieved under three different levels of irrigation (60-80-100% of the field capacity), and three concentrations of combined foliar spraying with potassium (0-1-2 mg/l) and calcium (0-0.5-1mg/l) compounds were applied. The results showed that the gradual increase in drought level led to a gradual decrease in most physiological indicators(relative water content and content of carbohydrate and proline), and a gradual increase in water deficit and chlorophyll content in leaves. In addition, the treatment of foliar spray with potassium and calcium led to improve all indicators compared to the untreated plants under drought levels. Also the result of interaction between drought level and spraying did not show any differences in the irrigation level 100% for relative water content and water deficit, while in the irrigation level 80% and 60%, the treatment k(2 g/l)+ ca (0.5 g/l) led to significant increase in relative water content (86.71%) and (86.61%) and the content of proline (439.8 µM /g) and (464.4 µM /g) respectively compared to the control. In the irrigation level 80% and 60% all of treatments was significant compared to the control for the content of carbohydrate and proline. While in the irrigation 60%, the treatment k(2 g/l)+ ca (0.5 g/l) was significant for chlorophyll a (1.09 µg /mg) and b (0.31 µg /mg) and total chlorophyll (1.41 µg /mg) compared to the control. So, foliar application with potassium and calcium had a significant effect on physiological indicators for lettuce plants under drought stress.

Keywords: Water Stress, Lettuce, Potassium, Calcium, Chlorophyll.

المقدمة :

يُعد الخس (Lactuca sativa L.) أحد أهم نباتات الفصيلة النجمية Asteraceae ، وهو نبات حولي، ويُزرع على نطاق واسع في جميع القارات ولاسيما المناطق المعتدلة وشبه الاستوائية (Kalloo et al., 2021, 1)، بلغت المساحة المزروعة بالخس في سورية 2250 هكتار بإنتاجية 46188 طن (إحصائيات وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، 2020)، ويتميز الخس بقيمة غذائية عالية، حيث يُصنّف من النباتات الغنية بالحديد والألياف والفيتامينات وخاصةً فيتامين A وC، ويحتوي على بعض مضادات الأكسدة كالفينوليك أسيد والكاروتينات (Kim et al , 2016, 19)، كما يُعد الخس مهدئاً للأعصاب نظراً لاحتوائه على مادة اللاكتوكاريوم (Lactucarium)، بالإضافة لأنه مرطباً للمعدة ويستخدم في تسكين الآلام، وإزالة الأورام والالتهابات الجلدية (عطا، 2014، 3).

إنّ التغيرات المناخية العالمية واختلال التوازن البيئي جعلت من نقص الماء مشكلة بيئيّة خطيرة تواجه البشرية جمعاء، وأصبحت تنمية الإنتاج الزراعي عملية مقيدةً في ظل نقص المصادر المائية (Yang et al., 2021, 1)، لذلك يعاني القطّاع الزراعي والمزارعون من خسائر كبيرة في الإنتاج بسبب التأثيرات الناتجة عن الجفاف، حيث يُعد الجفاف من أكثر الإجهادات اللاحيوية المؤثرة في إنتاجية النباتات في جميع أنحاء العالم، إذ أنه يؤدي إلى تخفيض نمو النبات، ويؤثر سلباً على عملية التركيب الضوئي، ومحتوى الكلوروفيل ومحتوى الماء النسبي (Nowsherwan et al., 2018, 2)، كما يسبب الجفاف تغيرات مدمرة للعمليات الفيزيولوجية والاستقلابية داخل النبات ويغير من تركيبه المورفولوجي والتشريحي. (Bijalwan et al., 2022, 1).

يُعد الرش الورقي بالعناصر السمادية كالبوتاسيوم والكالسيوم طريقةً سهلة التطبيق، وذات تأثير فعّال ومنخفضة التكلفة في معالجة الجفاف (Khani et al., 2020, 12)، وقد تم استخدام الرش الورقي لهذه العناصر على نطاق واسع في الزراعة لتعزيز نمو وإنتاجية العديد من الخضراوات تحت ظروف الجفاف وخاصة الخضر الورقية مثل الخس، حيث يُعد البوتاسيوم عنصراً أساسياً في نمو النبات ويؤثر على العمليات الفيزيولوجية والبيوكيميائية داخله (Wang et al., 2013, 7370)، وله دور في نمو النبات فهو يساهم في عملية اصطناع البروتين واستقلاب الكربوهيدرات، وتنشيط العديد من الأنزيمات، وكذلك رفع كفاءة عملية التركيب الضوئي وتنظيم عملية فتح وإغلاق الثغور (Hasanuzzaman et al., 2018, 1)، ويعمل أيضاً على تنظيم الجهد الأسموزي للخلايا النباتية، ومحتوى الكلوروفيل، وانقسام الخلايا، بالإضافة إلى مقاومة النبات للإجهادات (Hussain et al., 2011, 622)، وبالأهمية نفسها يؤدي عنصر الكالسيوم دوراً هاماً في نمو النبات وتطوره، ويُعد عنصراً مهماً في تكوين بنية وجدر الخلايا، وكذلك دوره الكبير في تنظيم حالة الماء داخل النبات، وتحسين محتوى أصبغة التمثيل الضوئي والتوازن الغذائي، وزيادة نشاط الأنظمة المضادة للأكسدة (Kurtyka et al., 2008, 55)، بالإضافة إلى تنشيط العديد من الأنزيمات، وتنظيم حالة النبات استجابةً للظروف البيئية غير الملائمة مثل الجفاف والحرارة والبرودة والملوحة (El Habbasha and Ibrahim, 2015, 196).

أدّى استخدام الرش الورقي بنترات البوتاسيوم بتركيز 1 غ /ل وبمعدل ثلاث رشات إلى زيادة معنوية في نمو الخس وإنتاجيته ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل والمواد الصلبة الذائبة(الديراوي، 2016، 536)، كما تبين التأثير المعنوي للرش الورقي بمادة بيكربونات البوتاسيوم بتركيز 10 ميلي مول (1 غ/ل)على الريحان الحلو في زيادة محتوى الكلوروفيل والوزن الرطب والجاف ومحتوى الفينولات ونشاط الانزيمات المضادة للأكسدة وذلك تحت ظروف الإجهاد المائي (Burbulis et al., 2022, 1716).

كذلك أدّى الرش الورقي بالبوتاسيوم على السبانخ بالتركيز 0.138 غ/ كغ إلى تأثير معنوي في نمو النبات حيث زاد محتوى الكلوروفيل a بنسبة (72.7%) و الكلوروفيلb بنسبة (115.7%)، والكلوروفيل الكلي بنسبة(88.4%)، بينما أدّى الجفاف إلى تأثير سلبي (Gilani et al., 2020, 1)، وحقق تطبيق الرش الورقي بالبوتاسيوم على نبات الذرة بتركيز 2 غ/ ل زيادة في بعض صفات النمو، وزيادة في المحتوى الماء النسبي بنسبة 10%، وزيادة نسبة الكلوروفيل الكلي بنسبة 9%، والبرولين بنسبة 12% تحت ظروف الإجهاد المائي (Wasaya et al., 2021, 1)، بالإضافة لذلك فقد أدّى استخدام البوتاسيوم على هجينين من عباد الشمس بالتراكيز 0.5 و 1 غ/ ل إلى تحسين نشاط التمثيل الضوئي، والعلاقات المائية داخل النبات (Hussain et al., 2016, 1805)،

ومن جهة أخرى قد تبين أن استخدام البوتاسيوم كسماد ورقي على نبات الشوندر السكري بالتراكيز 0.01، 0.02، 0.04، 0.08 غ/ كغ تحت ظروف الإجهاد المائي نتج عنه زيادة في محتوى الماء النسبي للأوراق وخفّض من تلف الأغشية، كما قلل بشكل خاص من إنتاج مضادات الأكسدة (Aksu and Altay, 2020, 1092)، وحقّق استخدام الرش الورقي بالبوتاسيوم بالتركيزين 3.6 و5.4 غ/ ل على الفول السوداني تأثيراً معنوياً في بعض المؤشرات الإنتاجية، كما حسّن البوتاسيوم من سلوك النبات وتحمله للجفاف من خلال دوره في تقليل التخفيض في المؤشرات الإنتاجية المدروسة في معاملات الإجهاد مقارنة مع الشاهد (مهنا وآخرون، 2021، 11).

أدى تطبيق الرش الورقي بالكالسيوم (لاكتات الكالسيوم) على الخس المعرّض للجفاف بالتركيز 1.5غ/ ل إلى زيادة نشاط مضادات الأكسدة(الكاتلاز والبيروكسيداز)، وزيادة كفاءة استخدام الماء نتيجة مساهمة الكالسيوم في الحفاظ على حالة الماء في الأوراق (Khani et al., 2020, 11)، بالإضافة لذلك فقد قُيم تأثير الرش الورقي بكلوريد الكالسيوم على الخس بالتركيز 20 ميلي مول (1.48 غ/ ل) تحت الظروف غير المجهدة، وبينت النتائج التأثير الإيجابي للكالسيوم على النمو والإنتاجية والمعايير الفيزيولوجية، حيث سبب زيادة في مؤشرات النمو الخضري للنبات ومحتوى النبات من الكلوروفيل والكاروتينات (Youssef et al., 2017, 1)، أدى الرش الورقي بكلوريد الكالسيوم بالتركيزين 5 و10 ميلي مول (0.37 و0.74 غ/ ل) إلى زيادة في بعض مؤشرات النمو والإنتاجية للفليفلة الحلوة تحت ظروف الجفاف، وبالمقابل لم يُلاحظ أية فروق معنوية في محتوى الكلوروفيل والكاروتينات، ونسبة الكلوروفيل إلى الكاروتينات (Manaf et al., 2017, 335)، وأدّى الرش الورقي بالكالسيوم إلى زيادة في ارتفاع النبات والمساحة الورقية ومحتوى الكلوروفيل و الكربوهيدرات في الشوندر السكري تحت ظروف الجفاف (Hosseini et al., 2019)، كذلك حقق تطبيق الرش الورقي بالكالسيوم بالتركيز 0.05 غ/ ل زيادة في الغلّة ونسبة البرولين والكربوهيدرات في نبات الذرة تحت ظروف الجفاف (Abbas et al., 2021)، ومن جهة أخرى تبين أن الرش الورقي بالكالسيوم على نبات الذرة تحت ظروف الإجهاد المائي له نتائج إيجابية، حيث حسن بشكل كبير من نمو النبات، والماء المتاح والتمثيل الضوئي، وتراكم السكريات الذائبة الكلية، كما أدى التركيز الأمثل 0.04 غ/ ل للكالسيوم إلى زيادة الغلة تحت ظروف الجفاف (Naeem et al., 2017, 1).

نتيجةً لازدياد خطر الجفاف على نمو وإنتاجية النباتات ذات الأهمية الاقتصادية، ونظراً لقلة مصادر الماء في السنوات الاخيرة، ولأهمية استخدام الرش الورقي المشترك بالبوتاسيوم والكالسيوم في زيادة تحمل النبات للإجهاد المائي، هدفت هذه الدراسة إلى تقييم الرش الورقي بهذه العناصر فيزيولوجياً على نبات الخس المعرّض للجفاف.

مواد البحث وطرائقه:

المادة النباتية

استُخدم في هذه الدراسة صنف الخس البلدي (Lactusa sativa .L)، حيث تم الحصول على بذوره من البحوث العلمية الزراعية، وتم تشتيلها في مشتل خاص، يمتاز بأوراقه البيضاوية أو المستطيلة الشكل، والتفاف الأوراق حول البرعم الطرفي لتشكل رأساً أخضر.

موقع الدراسة:

نُفذت الدراسة في محطة بحوث عرى/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية خلال العام 2021.

تقع المحطة على خط طول 36.34 وخط عرض 32.37، وعلى ارتفاع 1066 م عن سطح البحر، وهي في منطقة الاستقرار الثانية وذات معدل هطول مطري سنوي 250 ملم، ويشير الجدول (1) إلى التحليل الكيميائي للتربة:

الجدول رقم (1): التحليل الكيميائي للتربة

درجة ال PH	الناقلية الكهربائية(ديسي سيمنز/ م)	كربونات الكالسيوم(%)	المادة العضوية(%)	الآزوت(%)	البوتاسيوم(PPM)	الفوسفور(PPM)	الرمل(%)	السلت(%)	الطين(%)
7.71	0.21	2.48	2.007	0.155	630	14.8	24	60	16

طريقة الزراعة:

تمّ تجهيز التربة للزراعة، حيث تمت حراثتها وعزقها وتسويتها، وإضافة السماد المعدني حسب تحليل التربة، وحسب المنصوح به من قبل دائرة الموارد الأرضية/ مركز البحوث العلمية الزراعية في السويداء/ الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية/ سورية، بواقع 115 كغ/ هكتار من السماد المعدني المتوازن (20، 20، 20). كما تمت زراعة البذور بتاريخ 2021/8/1 في مشتل خاص، ونُقلت إلى الحقل بعمر شهر واحد بتاريخ 2021/9/10 عندما شكلت 4- 5 أوراق وبطول 10 سم، وزرعت النباتات في خطوط المسافة بينها 40 سم، وبين النباتات على الخط الواحد 40 سم. وتم الري بالتنقيط بمعدل تصريف 4 ل/ سا لكل نقاطة.

المعاملات المدروسة

تمت زراعة النباتات في الحقل تحت ثلاثة مستويات للري 100 و80 و60% من السعة الحقلية، التي قُدرت حسب الطريقة الوزنية (Sutcliffe, 1968)، مع تطبيق معاملات الرش الورقي المشترك بسلفات البوتاسيوم (0- 1- 2 غ/ ل) وكربونات الكالسيوم (0- 0.5- 1 غ/ ل)، بعد التشتيل بعشرة أيام، وعندما شكل النبات 7- 8 أوراق بمعدل 3 رشات وبفارق زمني 10 أيام بين كل رشة وأخرى. وفق ما يلي:

1. معاملة الشاهد (غير معامل).
2. المعاملة بسلفات البوتاسيوم (1غ/ل) وكربونات الكالسيوم (0.5غ/ل).
3. المعاملة بسلفات البوتاسيوم (1غ/ل) وكربونات الكالسيوم (1غ/ل).
4. المعاملة بسلفات البوتاسيوم (2غ/ل) وكربونات الكالسيوم (0.5غ/ل).
5. المعاملة بسلفات البوتاسيوم (2غ/ل) وكربونات الكالسيوم (1غ/ل).

وذلك مع كل مستوى من مستويات الجفاف الثلاثة المدروسة. بلغ عدد المعاملات 15 معاملة حيث كررت كل معاملة 3 مرات، وكل مكرر يحوي 10 نباتات.

المؤشرات المدروسة:

قِيست المؤشرات المدروسة كافة على ثلاثة نباتات مختارة عشوائياً من كل مكرر.

1-محتوى الماء النسبي (%):

تم تقدير محتوى الماء النسبي وفق Smart (1974) من خلال تسجيل الوزن الرطب للأقراص النباتية، ثم تُركت مغمورة بالماء المقطر في أطباق بتري لمدة أربع وعشرون ساعة، ثم سُجّل الوزن الرطب المشبع، بعد ذلك جُففت الأقراص النباتية في الفرن على درجة حرارة 80 لمدة 24 ساعة(Youssef et al., 2017, 3) ثم حُسب محتوى الماء النسبي كما يلي:

$$\text{محتوى الماء النسبي}\% = \left(\frac{\text{الوزن الرطب} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الرطب المشبع} - \text{الوزن الجاف}}\right) X\ 100$$

2-العجز المائي (%):

قُدّر العجز المائي للأوراق حسب Turner (1981) وفق العلاقة التالية:

$$\text{العجز المائي}\% = \left(\frac{\text{الوزن المشبع الكامل} - \text{الوزن الرطب}}{\text{الوزن المشبع الكامل} - \text{الوزن الجاف}}\right)\ X\ 100$$

3- محتوى الكلوروفيل (ميكروغرام/ مغ):

حُددت صبغات الكلوروفيل a والكلوروفيل b باستخدام المطياف الضوئي حسب Arnon وزملاؤه (1949). حيث تم وزن العينات النباتية وإضافة 20 مل من الأسيتون85% بعد ذلك قيست الكثافة البصرية للمحلول الناتج على طولي موجة 645، 663 نانومتر بعد معايرة الجهاز على 85% أسيتون. ثم حسب محتوى الكلوروفيل كما يلي:

كلوروفيل a = (12.7 X 663OD – 2.7 X 645OD) X (حجم الأسيتون المضاف)/ (1000 X وزن العينة النباتية).

كلوروفيل b = (22.9 X 645OD – 4.68 X 663OD) X (حجم الأسيتون المضاف)/ (1000 X وزن العينة النباتية).

لكلوروفيل الكلي= (20.2 X 645OD) + (8.02 X 663OD) X (حجم الأسيتون المضاف)/ (1000 X وزن العينة النباتية).

4- محتوى البرولين (ميكرومول/ غ):

قُدرت كمية البرولين في العينات النباتية وفقاً لطريقة Bates وزملاؤه (1973)، حيث تم استخلاص البرولين باستخدام السالفوساليسيليك 3%، وبعد الترشيح تم الخلط مع محلول النينهيدرين (2.5%)، وحُضنت العينات على الدرجة 95 لمدة ساعة، ثم تم إيقاف التفاعل بوضعها في حمام ثلجي، ثم أضيف التولوين، واستخدمت عدة تراكيز من البرولين النقي للحصول على المنحنى القياسي، ثم قيست الكثافة البصرية باستخدام جهاز المطياف الضوئي (Spectrophotometer) على طول موجة 520 نانومتر، وتم أخيراً التعبير عن كمية البرولين بوحدة ميكرومول /غ مادة جافة.

5- محتوى السكريات (%):

حُددت كمية السكريات باستخدام طريقة الفينول وحمض الكبريت (Dubois et al., 1956)، حيث تم وزن 200 ملغ من المادة النباتية الجافة، وأضيف لها ماء المقطر بمعدل 6.5 مرة (حجم/ وزن)، ومزجت بشكل جيد، ثم ثُفلت العينات لمدة 10 دقائق وبسرعة 10000 دورة، وتم سحب السائل الرائق، وأُضيف له 500 ميكروليتر من الفينول (5%) و2.5 مل من حمض الكبريت المركز، ثم قِيست الكثافة البصرية على طول موجة 490 نانومتر، واحتوت العينة القياسية (Standard) على 500 ميكروليتر من محلول الغلوكوز 4.5%، وعينة الشاهد (Blank) على 500 ميكروليتر ماء مقطر.

$$\text{نسبة السكريات\%} = \frac{\text{قيمة امتصاصية العينةالنباتية}}{\text{قيمة امتصاصية العينة القياسية}} \times 4.5045$$

6- القيمة النسبية لتحمل الجفاف (%):

تمّ حساب النسبة المئوية لتحمل الجفاف في كل مؤشر من المؤشرات السابقة حسب طريقة Murshed وزملاؤه (2015) وفق العلاقة:

$$\text{القيمة النسبية لتحمل الجفاف\%} = \frac{\text{القيمة في معاملة الجفاف}}{\text{القيمة في معاملة الشاهد}} \times 100$$

تصميم التجربة والتحليل الإحصائي:

صُممت التجربة وفق تصميم القطع المنشقة، حيث وُزعت معاملات الري على القطع الرئيسة، ومعاملات الرش على القطع الثانوية، وشملت 15 معاملة كررت كل معاملة 3 مرات. كل مكرر يحوي 9 نباتات. حُللت البيانات باستخدام برنامج الـ GenStat النسخة 12، وتحليل التباين ثنائي الاتجاه، واستُخدم اختبار أقل فرق معنوي للمقارنة بين المتوسطات على مستوى معنوية 5%.

النتائج والمناقشة:

1- محتوى الماء النسبي ونسبة العجز المائي:

يبين الجدول (2) تأثير الرش الورقي المشترك بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم على بعض العلاقات المائية لنبات الخس تحت ظروف الجفاف، حيث أدّى الانخفاض التدريجي في مستويات الري إلى انخفاض في محتوى الماء النسبي، وزيادة تدريجية في

العجز المائي، كما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات في السعة 100 % في كلا المؤشرين، وفي السعة الحقلية 80% أدّت المعاملة بالـK (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) إلى زيادة معنوية في محتوى الماء النسبي والتحمل حيث أعطت أعلى قيمة (86.71%) وذلك بالمقارنة مع الشاهد الذي أعطى أقل قيمة (72.32%)،أمّا في السعة الحقلية 60% كانت كل المعاملات متفوقة معنوياً على الشاهد وأعطت المعاملة بالـ K (2غ/ ل) وCa (0.5 غ/ ل) أعلى قيمة نسبية للتحمل.

وبالنسبة للعجز المائي، أعطت المعاملة بالـ K (2غ/ ل) وCa (0.5 غ/ ل) في السعات الحقلية 80 و60% أدنى قيمة للعجز المائي (13.29%) و(13.39%)، على التوالي، كما أعطت المعاملة K (1غ/ ل) وCa (1غ/ ل) أفضل قيمة للتحمل في السعة 80%، بينما سجل الشاهد أفضل قيمة للتحمل في السعة 60%.

يُعزى السبب في تناقص محتوى الماء النسبي في الأوراق إلى تراجع كمية الماء الممتصة من قبل المجموع الجذري على الرغم من فقدان الماء بالنتح، وبالتالي فإنّ كمية الماء المفقودة أكبر من الكمية الممتصة فيقل جهد الامتلاء (عرب، 2022، 55)، وبالمقابل يعد البوتاسيوم عنصراً مهماً للحفاظ على الضغط الاسموزي داخل الخلايا، وأيضاً يعمل على تنشيط العديد من الأنزيمات التي تنظم كفاءة الماء والتوازن المائي داخل النبات ويساعد على قفل الثغور في ظروف الإجهاد فتكون النباتات أسرع في استجابتها لغلق الثغور وبالتالي الحفاظ على محتوى الماء النسبي في الأوراق (Sinivasarao et al., 2009)، وبشكل مشابه للبوتاسيوم فإن الكالسيوم يمنع الضرر الناتج عن الجفاف ويحافظ على الضغط الاسموزي ومحتوى الماء داخل النبات (Akhtar et al., 2022, 16).

بيّنت نتائج مشابهة التأثير المفيد لاستخدام الرش الورقي بكلوريد الكالسيوم على الخس والذي أدّى غلى زيادة محتوى الماء النسبي في الأوراق مقارنة مع النباتات غير المعاملة (Youssef et al., 2017, 1)، كما قُيم الرش الورقي بلاكتات الكالسيوم على نبات الخس الذي أدّى إلى الحفاظ على محتوى الماء النسبي والعلاقات المائية داخل النبات، وبالمقابل فقد أدّى الجفاف إلى تخفيض هذه المؤشرات من قبل (Khani et al., 2020,11)، وكذلك تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Wasaya وزملاؤه (2021, 1) حيث وجد أن تطبيق الرش الورقي بالبوتاسيوم على نبات الذرة خفف من آثار الجفاف على النبات وزاد من محتوى الماء النسبي داخل النبات.

الجدول رقم (2): تأثير الرش الورقي المشترك بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم في محتوى الماء النسبي والعجز المائي لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد المائي.

المعاملات		المؤشرات الفيزيولوجية			
السعة الحقلية%	Ca + K غ / ل	المحتوى المائي النسبي%	القيمة النسبية للتحمل%	العجز المائي%	القيمة النسبية للتحمل%
100	(0 غ/ ل) K+ (0 غ/ ل) Ca(الشاهد)	79.54^{abcd}		20.46^{bcde}	
	(1 غ/ ل)K+(0.5غ/ ل) Ca	81.23^{abcd}		18.77^{bcde}	
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	86.29^{ab}		13.71^{de}	
	(2 غ/ ل) K+(0.5غ/ ل) Ca	88.67^{a}		11.33^{e}	
	(2 غ/ ل) K+(1 غ/ ل)Ca	83.60^{abc}		16.40^{cde}	
80	(0غ/ ل)K+ (0غ/ ل) Ca(الشاهد)	72.32^{d}	(2) 90.92	27.68^{b}	(4) 135.29
	(1 غ/ ل)K+ (0.5 غ/ ل) Ca	72.86^{d}	(4) 89.69	27.14^{b}	(3) 144.59
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	74.58^{cd}	(5) 86.43	25.42^{bc}	185.41 (1)
	(2 غ/ ل) K+(0.5 غ/ ل) Ca	86.71^{a}	(1) 97.79	13.29^{e}	(5) 117.29
	(2غ/ ل) K+(1 غ/ ل)Ca	75.73^{cd}	(3) 90.59	24.27^{bc}	(2) 150.91
60	(0غ/ ل)K+ (0غ/ ل) Ca(الشاهد)	50.25^{e}	(5) 63.17	49.75^{a}	(1) 243.16
	(1غ/ ل) K+ (0.5غ/ ل) Ca	76.57^{cd}	(2) 94.26	23.43^{bc}	(4) 124.82
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	80.13^{abcd}	(3) 92.86	19.87^{bcde}	(2) 144.93
	(2 غ/ ل) K+(0.5 غ/ ل) Ca	86.61^{ab}	(1) 97.68	13.39^{de}	(5) 118.18
	(2غ/ ل) K+ (1 غ/ ل) Ca	77.24^{bcd}	(4) 92.39	22.76^{bcd}	(3) 138.78
	$^{0.05}$LSD	9.46		9.46	
	%CV	7.2		25.9	

تشير الحروف المختلفة في العامود الواحد إلى وجود فروقات معنوية على مستوى معنوية5 %. وتشير الأرقام بين الأقواس إلى ترتيب المعاملات بالنسبة لمؤشر القيمة النسبية للتحمل

2- محتوى البرولين والسكريات:

لُوحظ من الجدول (3) تأثير الرش الورقي المشترك بالبوتاسيوم والكالسيوم على محتوى البرولين والسكريات في نبات الخس تحت السعات الحقلية المختلفة. في السعة الحقلية 100% كانت معاملة الشاهد متفوقة معنوياً على باقي المعاملات في محتوى البرولين حيث سجلت (513.4ميكرومول/ غ)، كما تبين زيادة في نسبة البرولين في السعتين 80 و60% باستخدام الرش الورقي، ففي السعة الحقلية 80% أعطت المعاملة بالـ K (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) تفوقاً معنوياً للبرولين (439.8 ميكرومول/ غ) وذلك بالمقارنة مع باقي المعاملات ومع الشاهد الذي أعطى أقل قيمة (134.6 ميكرومول/ غ)، وأعطت ذات المعاملة أعلى قيمة للتحمل (206.77%). بينما في السعة الحقلية 60% تفوقت المعاملتين بالـK (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) و K (1 غ/ ل) و (1 Caغ/ ل) معنوياً على بقية المعاملات من ضمنها الشاهد، كما أعطت المعاملة بالـ K(1 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) أعلى قيمة للتحمل.

قد يعود السبب في زيادة إنتاج البرولين إلى أنّ إجهاد الجفاف يؤدي إلى تحفيز أنزيمات تحلل البروتينات وإنتاج الأحماض ومنها البرولين الذي يحافظ على انتباج الخلايا بتخفيض كمونها الحلولي، ومن جهة أخرى فإنّ للبرولين دوراً مهماً في استقرار وثبات الأغشية الخلوية وزيادة قابلية الخلايا على سحب الماء والمغذيات من وسط النمو (Amini and Ehsanpour, 2005, 207)، كما أنّ التركيز المرتفع للبرولين يحافظ على توازن الماء في النبات ويحميه من الضرر الناتج عن الإجهاد عن طريق التخلص من أنواع الأكسجين التفاعلية (Reactive Oxygen Species) في النبات (Akhtar et al., 2022, 16)، وبالمقابل يوجد علاقة إيجابية بين زيادة تركيز البرولين وتطبيق الرش الورقي بالبوتاسيوم على النبات إذ أنه يحفز تخليق البرولين (Aksu and Altay, 2020, 1092)، كذلك فإن زيادة تركيز الكالسيوم من 0.5 إلى 1غ/ ل في معاملة الـ K (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) ومعاملة K (2 غ/ ل) وCa (1غ/ ل) في السعة الحقلية 80 و60% أدى إلى تقليل نسبة البرولين، وقد يعزى السبب في ذلك إلى أنّ الكالسيوم يعمل على تخليق بروتين زوال البرولين والتقليل من أنزيم تصنيعه (Manaf et al, 2017, 345)،بينت نتائج مشابهة التأثير المعنوي للرش الورقي بالبوتاسيوم على البرولين في نبات الخس(Shin et al, 2021, 1)، والكزبرة (Elhindi et al., 2016, 63)، والتبغ (Rad and Hajiboland, 2017, 121) تحت سعات حقلية مختلفة.

من جهة أخرى لوحظ ازدياد في محتوى النبات من السكريات باستخدام الرش الورقي وبازدياد مستويات الجفاف، ففي السعة الحقلية 100% أدّت المعاملة بالـK (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) إلى زيادة معنوية في نسبة السكريات في الأوراق حيث بلغت (35.88%) وذلك بالمقارنة مع الشاهد الذي سجل أقل قيمة (33.44%) بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات الأخرى، وفي السعات80 و60% كانت كل المعاملات متفوقة معنوياً على الشاهد كما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بينها. في السعة الحقلية 80%سجلت المعاملة بالـK (1 غ/ ل) وCa (1غ/ ل) أعلى قيمة للتحمل، بينما في السعة الحقلية 60% أعطت المعاملة بالـK (2 غ/ ل) وCa (1غ/ ل) أعلى قيمة. ومن جهة أخرى لُوحظ انخفاض لمحتوى السكريات بانخفاض تركيز الكالسيوم مقارنةً مع التركيز المرتفع منه أي معاملة الـK(2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) ومعاملة الـ K(2 غ/ ل) وCa (1غ/ ل) وذلك في السعات الحقلية 100 و80%.

يعزى السبب في ذلك لأن زيادة تركيز الكالسيوم يسبب تنشيط الأوكزالات، وبالتالي خفض محتوى السكريات وانتقالها، وخفض امتصاص العناصر الأخرى (Hall, 1977)، كما يعود السبب في زيادة نسبة السكريات في النبات المعرض للجفاف إلى دور السكريات المهم في الحفاظ على ضغط الانتباج داخل الخلايا، وتعمل على حماية التفاعلات التي تشكل أنزيمات لزيادة تحمل النبات للإجهاد، وكذلك دور البوتاسيوم والكالسيوم في النبات، حيث يساهم البوتاسيوم في عملية التمثيل الضوئي وانتقال نواتجه (Sardans and Penuelas, 2021, 1)، كما يعمل الكالسيوم على تحسين محتوى أصبغة التمثيل الضوئي والتوازن الغذائي (Kurtyka et al., 2008, 55)، وبالتالي فإن رفع كفاءة عملية التمثيل الضوئي تؤدي إلى زيادة في نسبة السكريات في النبات، تتفق هذه النتائج مع Manaf وزملاؤه (2017, 335) الذي بين أنّ تطبيق الرش الورقي بالبوتاسيوم أدّى إلى زيادة في نسبة البرولين

والسكريات في نبات الفليفلة الحلوة تحت سعات حقلية مختلفة، وكذلك مع (Aksu and Altay 2020, 1092) الذي وجد أن للبوتاسيوم دوراً في زيادة نسبة السكريات في نبات الشوندر السكري المعرض للجفاف.

الجدول رقم (3): تأثير الرش الورقي بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم في محتوى البرولين والسكريات لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد المائي

المعاملات		المؤشرات الفيزيولوجية			
السعة الحقلية%	Ca + K غ / ل	البرولين ميكرومول/غ	القيمة النسبية للتحمل%	السكريات%	القيمة النسبية للتحمل%
100	(0 غ/ ل) K+ (0 غ/ ل) Ca(الشاهد)	513.4[a]		33.44[de]	
	(1 غ/ ل)K+(0.5غ/ ل) Ca	128.9[ef]		34.97[cd]	
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	191.5[de]		35.51[abc]	
	(2 غ/ ل) K+(0.5غ/ ل) Ca	212.7[cde]		35.88[abc]	
	(2 غ/ ل) K+(1 غ/ ل)Ca	271.3[bcd]		34.48[cde]	
80	(0غ/ ل)K+ (0غ/ ل) Ca(الشاهد)	134.6[ef]	(5) 26.22	32.96[e]	(5) 98.56
	(1 غ/ ل)K+ (0.5 غ/ ل) Ca	246.2[bcd]	(2) 191.01	35.91[abc]	(4) 102.69
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	298.3[bc]	(3) 155.77	36.95[ab]	(1) 104.05
	(2 غ/ ل) K+(0.5 غ/ ل) Ca	439.8[a]	(1) 206.77	37.33[a]	(2) 104.04
	(2 غ/ ل) K+(1 غ/ ل)Ca	284.7[bc]	(4) 104.94	35.47[abc]	(3) 102.87
60	(0غ/ ل)K+ (0غ/ ل) Ca(الشاهد)	97.4[f]	(5) 18.97	30.33[f]	(5) 90.69
	(1غ/ ل) K+ (0.5غ/ ل) Ca	328.3[b]	(1) 254.69	34.92[cd]	(2) 99.85
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	438.2[a]	(2) 228.82	35.44[abc]	(3) 99.80
	(2 غ/ ل) K+(0.5 غ/ ل) Ca	464.4[a]	(3) 218.33	35.22[bcd]	(4) 98.16
	(2غ/ ل) K+ (1غ/ ل) Ca	287.2[bc]	(4) 105.86	35.93[abc]	(1) 104.20
	$^{0.05}$LSD	91.42		1.93	
	%CV	18.9		3.3	

تشير الحروف المختلفة في العامود الواحد إلى وجود فروقات معنوية على مستوى معنوية5 %. وتشير الأرقام بين الأقواس إلى ترتيب المعاملات بالنسبة لمؤشر القيمة النسبية للتحمل

3- محتوى الكلوروفيل:

يبين الجدول (4) تأثير الرش الورقي بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم على محتوى الكلوروفيل، حيث تبين زيادة في محتوى الكلوروفيل باستخدام الرش الورقي تحت السعات الحقلية المختلفة. ففي السعة الحقلية 100% أعطت المعاملة بالـ K (1 غ/ ل) و Ca (0.5غ/ ل) تفوقاً معنوياً على الشاهد بالنسبة لمحتوى الأوراق من الكلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي حيث سجل (0.98ميكروغرام/ مغ) و(0.29ميكروغرام/ مغ) و(1.27ميكروغرام/ مغ)، على التوالي، بينما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات الأخرى. أمّا في السعة 80% لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات بالنسبة لكل المؤشرات. وفي السعة الحقلية 60% كانت المعاملة بالـ K (2 غ/ ل) و Ca (0.5غ/ ل) متفوقة معنوياً على الشاهد حيث سجلت (1.09ميكروغرام/ مغ) و(0.31ميكروغرام/ مغ) و(1.41ميكروغرام/ مغ) في الكلوروفيل a و b والكلوروفيل الكلي على التوالي وذلك بالمقارنة مع الشاهد الذي أعطى أقل القيم، كما لم يلاحظ وجود فروق معنوية بين المعاملات الأخرى. ومن جهة أخرى أعطت معاملة الشاهد أعلى قيمة للتحمل في السعة الحقلية 80% بينما أعطت المعاملة بالـ K (2 غ/ ل) و Ca (0.5غ/ ل) في السعة الحقلية 60% أعلى قيمة وذلك بالنسبة للكلوروفيل a. وأعطت المعاملة بالـK (2 غ/ ل) و Ca (1غ/ ل) أعلى قيمة للتحمل في السعة 80% و60% وذلك بالنسبة للكلوروفيل b، كما أعطت معاملة الشاهد أعلى قيمة نسبية للتحمل في السعة 80% والمعاملة بالـK (2 غ/ ل) و Ca (1غ/ ل) في السعة 60% وذلك بالنسبة للكلوروفيل الكلي.

يعزى السبب في زيادة نسبة الكلوروفيل تحت ظروف الجفاف بأنّ الجفاف قد يؤدي إلى تغيرات في محتوى الكلوروفيل ومركباته بسبب تثبيط عملية التمثيل الضوئي في النبات وتضررها (Sankar et al., 2008, 127). بينما يؤدي البوتاسيوم دوراً مهماً في التأثير على الهرمونات المحفزة لتكوين الكلوروفيل في الورقة وزيادة محتواها، ومن هذه الهرمونات السايتوكينينات الضروري لنشوء الكلوروبلاست أثناء نمو الورقة وتطورها (الوائلي، 2018، 32). وكذلك للكالسيوم دوراً مهماً في تحسين كفاءة عملية التمثيل الضوئي وتحسين محتوى الأصبغة والكلوروفيل (Kurtyka et al., 2008, 55). وجد Gilani وزملاؤه (2020, 1) تأثيراً معنوياً

باستخدام البوتاسيوم كرش ورقي على السبانخ والذي أدّى إلى زيادة في محتوى الأوراق من الكلوروفيل، كما تتفق هذه النتائج مع دراسة Youssef وزملاؤه (2017, 1) الذي بين التأثير الإيجابي للكالسيوم على الخس، حيث سبب التركيز 20 ميلي مول زيادة في النمو الخضري للنبات ومحتوى النبات من الكلوروفيل تحت ظروف الجفاف. ومن جهة أخرى لم يُلاحظ أية فروق معنوية في محتوى الكلوروفيل والكاروتينات، ونسبة الكلوروفيل إلى الكاروتينات عند تطبيق الرش الورقي بكلوريد الكالسيوم على نبات الفليفلة الحلوة (Manaf et al., 2017, 335)، كذلك تتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه Wasaya وزملاؤه (2021, 1) حيث أدى تطبيق الرش الورقي بالبوتاسيوم على نبات الذرة بتركيز 2% إلى زيادة في محتوى الماء النسبي بنسبة 10%، وزيادة نسبة الكلوروفيل الكلي بنسبة 9%.

الجدول رقم (4): تأثير الرش الورقي المشترك بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم في محتوى الكلوروفيل a والكلوروفيلb والكلوروفيل الكلي لنبات الخس تحت ظروف الإجهاد المائي

المعاملات		المؤشرات الفيزيولوجية					
السعة الحقلية%	Ca + K غ / ل	الكلوروفيل a ميكروغرام/ مع	القيمة النسبية للتحمل%	الكلوروفيل b ميكروغرام/ مغ	القيمة النسبية للتحمل%	الكلوروفيل الكلي ميكروغرام/ مغ	القيمة النسبية للتحمل%
100	(0 غ/ ل) +K (0 غ/ ل) Ca(الشاهد)	0.46^{e}		0.16^{d}		0.62^{e}	
	(1 غ/ ل)K+(0.5غ/ ل) Ca	0.98^{ab}		0.29^{ab}		1.27^{ab}	
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل) Ca	0.79^{bcd}		0.22^{abcd}		1.02^{bcd}	
	(2 غ/ ل) K+(0.5غ/ ل) Ca	0.68^{cde}		0.22^{bcd}		0.92^{cde}	
	(2 غ/ ل) K+(1 غ/ ل)Ca	0.60^{de}		0.18^{cd}		0.78^{de}	
80	(0غ/ ل)K+ (0غ/ ل) Ca(الشاهد)	0.66^{de}	(1)142.56	0.19^{cd}	(2)123.02	0.86^{de}	(1)137.50
	(1 غ/ ل)K+ (0.5 غ/ ل) Ca	0.82^{bcd}	(5)84.08	0.23^{abcd}	(5)82.80	1.06^{bcd}	(5)83.74
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	0.79^{bcd}	(4)99.75	0.25^{abc}	(4)107.11	1.04^{bcd}	(4)101.46
	(2 غ/ ل) K+(0.5 غ/ ل) Ca	0.84^{bcd}	(3)120.30	0.24^{abc}	(3)110.70	1.09^{bcd}	(3)117.89
	(2 غ/ ل) K+(1 غ/ ل)Ca	0.78^{bcd}	(2)130.27	0.23^{abcd}	(1)128.15	1.02^{bcd}	(2)129.75
60	(0غ/ ل)K+ (0غ/ ل) Ca(الشاهد)	0.65^{de}	(3)140.64	0.22^{bcd}	(3)137.18	0.87^{de}	(3)139.58
	(1غ/ ل) K+ (0.5غ/ ل) Ca	0.78^{bcd}	(5)79.56	0.23^{abcd}	(5)81.83	1.01^{bcd}	(5)80.03
	(1 غ/ ل)K+(1 غ/ ل)Ca	0.98^{ab}	(4)124.06	0.29^{ab}	(4)127.91	1.28^{ab}	(4)124.97
	(2 غ/ ل) K+(0.5 غ/ ل) Ca	1.09^{a}	(1)157.38	0.31^{a}	(2)138.63	1.41^{a}	(2)152.71
	(2غ/ ل) K+ (1غ/ ل) Ca	0.94^{abc}	(2)156.90	0.26^{abc}	(1)141.23	1.20^{abc}	(1)153.25
$^{0.05}$LSD		0.25		0.08		0.31	
%CV		18.7		20.7		17.8	

تشير الحروف المختلفة في العامود الواحد إلى وجود فروقات معنوية على مستوى معنوية5 %. وتشير الأرقام بين الأقواس إلى ترتيب المعاملات بالنسبة لمؤشر القيمة النسبية للتحمل

الاستنتاجات:

- تناقصت معظم المؤشرات الفزيولوجية (محتوى الماء النسبي والسكريات والبرولين) في النباتات غير المعاملة بازدياد ظروف الجفاف، بينما كان للرش الورقي المشترك بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم تأثيراً معنوياً في معظم المؤشرات المدروسة.
- أدّى استخدام الرش الورقي المشترك بالمعاملة K (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) في السعة الحقلية 80 و60% إلى تفوق معنوي في معظم المؤشرات الفيزيولوجية بالمقارنة مع الشاهد.
- بالنسبة لمؤشر القيمة النسبية للتحمل أعطت المعاملة K (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) أفضل القيم معنوي في معظم المؤشرات الفيزيولوجية المدروسة.

التوصيات:

استخدام الرش الورقي بمركبات البوتاسيوم والكالسيوم لتخفيف الأثر السلبي الناتج عن ظروف الجفاف، حيث أدّى استخدام التركيز K (2 غ/ ل) وCa (0.5غ/ ل) في السعات الحقلية 80 و60% للحصول على أفضل النتائج في معظم المؤشرات الفيزيولوجية المدروسة.

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

References:

1. الديراوي، خيون. (2016). تأثير الرش بنترات البوتاسيوم وعدد الرشات في نمو وحاصل نبات الخس(Lactusa sativa L.) المزروع في جنوب العراق. مجلة البصرة للعلوم الزراعية. 29(2): 536-544.
2. الوائلي، حسن. (2018). تأثير التغذية الورقي بالبوتاسيوم والبورون في نمو وحاصل ونوعية محصول زهر الشمس(Helianthus annus L.). رسالة ماجستير. المحاصيل الحقلية. كلية الزراعة. جامعة المثنى. العراق. 1- 56.
3. عطا، جمعة.(2014). زراعة وانتاج الخس.Centerpivot . الرابط http://kenanaonline.com/users/centerpivot/posts/607559.
4. مهنا، أحمد، فادي، عبّاس، ومرح، عرب. (2021). تأثير الرش الورقي بالبوتاسيوم على إنتاجية الفول السوداني تحت ظروف الإجهاد المائي. مجلة جامعة البعث للأبحاث العلمية الزراعية، مجلد: 43. عدد 19.ص-ص: 1-155. حمص: سورية.
5. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2020). قسم الإحصاء، مديرية الإحصاء والتخطيط، دمشق، سورية.
6. Abbas, M.; Abdel-lattif, H.; and Shahba, M. (2021). Ameliorative effects of calcium sprays on yield and grain nutritional composition of maize (Zea maize L.) cultivars under drought stress. Agricultural.11:1-13.
7. Akhtar, N.; Ilyas, N.; Arshad, M.; Meraj, T. A.; Hefft, D. I.; Jan, B. L.; and Ahmed, P. (2022). The impact of calcium ,potassium , and boron application on the growth and yield characteristics of durum wheat under drought conditions. Agronomy. 12: 1-21. https://doi.org/10.3390/agronomy12081917
8. Aksu, G.; and Altay, H. (2020). The Effects of Potassium Applications on Drought Stress in Sugar Beet. Sugar Tech. 22(6): 1092–1102.
9. Amini, F.; and Ehsanpour, A. A. (2005). Soluble proteins , carbohydrates and Na/ K changes in Two tomato (lycopersicom esculentum M.). cultivars under in vitro salt stress. American Journal of Biochemistry and Biotechnology. 1(4): 204-208.
10. Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in isolated chloroplast: Polyphenol oxidase in (Beta Vulgaris). Plant Physiology. 14: 1-15. https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1.
11. Bates, L. S.; Waldren, R. P.; and Teare, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant Soil 39, 205–207 (1973). https://doi.org/10.1007/BF00018060.
12. Bijalwan, P.; Sharma, M.; and Kaushik, P. (2022). Review Of the effects Of Droght stress on Plants: A Systematic Approch.. Doi: 10.20944/ preprints202202.0014.v1.1-22.
13. Burbulis, N.; Blinstrubiene, A.; Baltusnikiene, A.; and Deveikyte, J. (2022). Foliar spraying with potassium bicarbonate reduces the negative impact of drought stress on sweet basil(Ocimum basilicum L.). J. Plants.11(13):1716-1730.
14. Dubois, M. K. Gilles. J. Hamilton. P. Rebers, and F. Smith. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28:350–356.
15. El Habbasha, S. F.; and Ibrahim, F. M. (2015). Calcium: Physiological function, Deficiency and absorption. International Journal Of ChemTech Research. 8(12): 169-202.
16. Elhindi, K. M.; El-Hendawy, S.; Abdel-salam, E.; Schmidbalter, U.; Rehman, S. U.; and Hassan, A. (2016). Foliar application of potassium nitrate affects the growth and photosynthesis in coriander(Coriander sativum L.) plants under salinity. Progress in nutrition.18(1): 63-73.
17. Gilani, M.; Danish, S.; Ahmed, N.; Rahi, A. A.; Akrem, A.; Younis, U., Irshad, I. and Iqbal, R. K. (2020). Mitigation of drought stress in spinach using individual and combined applications of salicylic acid and potassium. Pak. J. Bot, 52(5): 1505-1513.
18. Hall, D. A. (1977). Some effect of varied calcium nutrition on growth and composition of tomato plants. Plants and Soil. 48: 198-211.

19. Hasanuzzaman, M.; Bhuyan, B.; Nahar, K.; Hossain, S.; Al-Mahmud, J.; Hossen, S.; Masud, A. A. C; Muhmita; and Fujita, M.(2018). Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. Agronomy.31(8): 1-29.
20. Hosseini, S. A.; Rethore, E.; Pluchon, S.; Ali. N.; Billiot, B.; and Yvin, J. C. (2019). Calcium application enhances drought stress tolerance in sugar beet and promotes plant biomass and beetroot sucrose concentration. International Journal of Molecular Sciences.20:1-22.
21. Hussain, F.; Malik, A. U.;Huji, M. A.; and Malghani, A. L. (2011). Growth and Yield response of two Cultivars of Mung bean (Vigna radiata L.) to different potassium levels. J. of Animal and Plant Science. 21 (3): 622-625. Pakistan: Punjab.
22. Hussain, R. A. ; Ashraf, M. Y. ; Rashid , A ; Waraich, E. A. ; and Hussain, M. (2016). Foliar nitrogen and potassium applications improve activities and water relations in sunflower under moisture deficit condition. Pak. J. Bot., 48(5): 1805-1811. Pakistan Botanical Society.
23. Kalloo, G.; Parthasathy, v.; Karmakar, P.; Singh, B. K.; and Bhattacharjee, T. (2021). Lettuce-Vegetable crops. Daya bublishing house, division of Astral international Pvt. Ltd., New Delhi.
24. Khani, A.; Barzegar, T.; Nikbakht,J.; and Ghahremani, Z. (2020). Effect of foliar spray of calcium lactate on the growth, yield and biochemical attribute of lettuce (Lactuca sativa L.)under water deficit stress. Adv.Hort.Sci, 34(1): 11-24. DOI: 10.13128/ahsc8252.
25. Kim, M. J.; Moon, Y.; Tou, J. C.; and Mou, B. (2016). Nutritional valu, Bioactive compounds and health benefits of lettuce(Lactuca sativa L.). Journal of Food Composition and Analysis.49: 19-34.
26. Kurtyka, R.; Małkowski, E.; Kita, A.; and Karcz, W. (2008). Effect of Calcium and Cadmium on growth and accumulation of Cadmium, Calcium, Potassium and Sodium in maize seedlings. Polish. J. Environ. Stud. 17(1): 51-56.
27. Manaf, H. H.; Ashour, H. M.; and El-Hamady, M. M. (2017). Impact of calcium chloride on resistance drought and Blossom –end rot in sweet pepper(Capsicum annuum L.) plants. Middle East Journal of Applied Sciences.7(2): 335-348. Bader: Egypt.
28. Murshed, R., Najla, S., Albiski, F., Kassem, I., Jbour, M and Al-Said, H. (2015). Using Growth Parameters for In-vitro Screening of Potato Varieties Tolerant to Salt Stress. J. Agr. Sci. Tech. 17: 483-494.
29. Naeem, M.; Naeem, M. S.; Ahmad, R.; Ihsan, M. Z.; Ashraf, M.Y.; Hussain, Y.; and Fahad, S. (2017). Foliar calcium spray confers drought stress tolerance in maize via modulation of plant growth,water relation,proline content and hydrogen peroxide activity. Archives of Agronomy and Soil Scince.64(1):116-131.
30. Nowsherwan; shabbier, G.; Malik, S. L.; ilyas, M.; Iqbal, M. S.; and Musa, M. (2018). Effect of drought stress on different physiological traits in bread wheat. SAArC J. Agri.(16)1:1-6.
31. Rad, S. B.; and Hajiboland, R. (2017). Foliar of potassium applications in drought stress tabbaco(Nicotiana rustica L.) plants: comparison of root with foliar application. Annals of Agricultural Science.62: 121-130.
32. Sankar, B.; Abdul Jaleel, C.; Manivannan, P.; Kishorekumar, A.; Somasundaram, R.; and Panneerselvam, R. (2008). Relative efficacy of water use in five varieties of (Abelmoschus esculentus L.) moench. Under water limited conditions. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces. 62(1): 125-129.
33. Sardans, J.; and Penuelas, J. (2021). Potassium control of plant functions: Ecological and Agricultural Implications. Plants. 10(419): 1-31.
34. Shin, Y. K.; Bhandari, S. R.; Jo, J. S.; Song, J. W.; and Lee, J.G. (2021). Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, Phytochemical contents, and antioxidant activities in lettuce seedlings. Horticulturae.7(238):1-16.
35. Sinivasarao, C.; Vittal, K. P. R.; Batic, F.; and Venkatiswarlu, B. (2009).Role of potassium in water stress management in Dry land agriculture.
36. Smart, R.; and Bingham, G. E.(1974). Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol. (53): 258- 260.
37. Sutcliffe, J.(1968). Plants and water. Studies in biology no. 14. 2nd. pp81.
38. Turner, N. C. (1981). Techniques and experimental approaches for the measurement of plant water status. Plant and Soil, 58: 339-366.
39. Wang, M.; Zheng, Q.; Shen, q.; and Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences. 14(4):7370-7390.

40. Wasaya, A.; Affan, M.; Yasir, T. A.; Rehman, A. U.; Mubeen, K.; Rehman, H. U.; Ali, M.; Nawaz, F.; Galal, A.; Iqbal, M. A.; Islam, M. S.; El-Sharnouby, M.; Rahman, M. H. U.; and EL- Sabagh, A. (2021). Foliar Potassium Sulfate Application Improved Photosynthetic Characteristics,Water Relations and Seedling Growth of Drought-Stressed Maize. Atmosphere.12(6): 1-13. Rawalpindi: Pakistan.
41. Yang, X.; Lu, M.; Wang, Y.; Wang, Y.; Liu, Z.; Chen, S. (2021). Response Meshanism Of Plants to Drought Stress. Horticultural. 7(50): 1-36.
42. Youssef, S. M. S.; Abuelazm, N.; Elhady, S. A.; and El-shinawy, M. (2017). Foliar application with salicylic acid and calcium chloride enhanced growth and productivity of lettuce (Lactuca sativa).Egyptian Journal of Horticulture .44(1): 1-16. Egypt.