Journal of Education and Science (ISSN 1812-125X)

Impact of Hydrogel and Potassium Soil Amendments on Physiological Processes and Mineral Content of Fenugreek Under Variable Drought Conditions

F. S. S. Al-taie [(1)]*, M. S. Faisal [(2)]

[1*2]Department of Biology, College of Education for Pure Science, University of Mosul, Mosul, Iraq

Article information

Article history:
Received: July 09, 2024
Revised: September 26, 2024
Accepted: November 26, 2024
Available online: January 01, 2025

Keywords:
Hydrogel
Potassium
Dehydration

Correspondence:
Farah Sobhy Saleh Al-taie
Farah_sobhy@uomosul.edu.iq

Abstract

The study was conducted in the Department of Biology / College of Education for Pure Sciences / University of Mosul , During the fall season to demonstrate the effect of exposing fenugreek plants *Trigonella foenum-graecum* L to different drought periods (10 ,20) day and reducing the negative effects of drought by treating the soil with different levels of potassium (0.1 and 0.15) g/kg soil and hydrogel (8 and 10) g/kg soil , The study showed that exposing fenugreek plants to two drought periods, especially the 20-day drought period, led to a significant decrease in the concentration of total chlorophyll and carotene in the leaf tissues of the fenugreek plant, reaching (0,338) and (0,115) mg/g wet weight, respectively, compared to the control treatment, While it was observed that treating the soil with hydrogel at levels (8) and (10) g/kg soil led to an increase in the concentration of total chlorophyll, while treatment with potassium at concentrations (0,1) and (0,15) g/kg soil led to an increase in the concentration of total chlorophyll, A significant increase in total chlorophyll concentration, which reached 0,405 and 0,419 mg/g fresh weight, respectively, On the contrary, it was observed that there was a significant increase in the percentage of evidence of damage in the leaf tissues of fenugreek plants exposed to the two periods of drought 10 and 20 day , reaching (29,044) and (32,472)% compared to the control treatment, while there was a significant decrease in the percentage of evidence of damage in the leaf tissues of plants growing in the treated soil, With the gel and potassium, especially at the two concentrations (10) gm/kg soil and (0,15) gm/kg soil, which amounted to (21,618) and (21,476)%, respectively, compared to plants not treated with hydrogel and potassium, Exposing the plants to periods of drought led to a significant decrease in With the concentration of both calcium and magnesium, however, treating the soil with levels of hydrogel and potassium led to a significant increase in the concentration of the two elements in the plant compared to the control treatment.

DOI: 10.33899/edusj.2024.151214.1474, ©Authors, 2025, College of Education for Pure Science, University of Mosul.
This is an open access article under the CC BY 4.0 license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1.المقدمة:

أصبحت ادارة المياه واحدة من اكثر القضايا المهمة التي تواجه جميع البلدان في المناطق الجافة والشبه الجافة في العالم ومن المتوقع ان يزيد الاستهلاك العالمي للمياه بنسبة (50) % في عام 2030 مما يؤدي الى نقص حاد في المياه، وفي الوقت الحاضر يستهلك القطاع الزراعي اكثر من 70% من المياه العذبة في معظم مناطق العالم مما يزيد من تفاقم مشكلة نقص المياه [1]. تتصارع معظم البلدان ولاسيما البلدان الواقعة في المناطق الجافة والشبه جافة على مسائل مهمة تتعلق بالإنتاج الزراعي والتي تؤثر على حياة الانسان نتيجة النمو السكاني السريع والموارد المائية المحدودة [2]، لذلك يتطلب انخفاض معدل سقوط الامطار وعدم انتظامها تطبيق ممارسات اكثر كفاءة لحفظ المياه ومن هذه الممارسات هو استخدام الهلام المائي [3] ، حيث يعد الهلام المائي (ISONEM, SOIL WATER TRAP) واحداً من الابتكارات المهمة في مجال الزراعة الحديثة كأحد المكونات الرئيسة لنمو النبات ،وقد استخدم الهلام المائي في الزراعة على مدى العقود الخمسة الماضية وهو فعال كمستودع لتخزين الماء ومجمع للمغذيات عند استخدامها في التربة [4]. ومن الاساليب الاخرى هو استخدام بعض المغذيات ومنها البوتاسيوم الذي يطلق عليها اسم

المغذي الشرطي وذلك لما له من دور مهم في النمو والتطور وزيادة في المحصول وفي عملية التمثيل الغذائي للنباتات ، كما ان لديه بعض الوظائف التنظيمية التفاعلية مع الجزيئات الحيوية الاخرى . وفي ظروف الجفاف الشديد فان البوتاسيوم يعمل على تنظيم فتح وغلق الثغور ويساعد النبات على التكيف مع هذه الظروف والحماية من الظروف اللاحيائية [5] . بسبب دوره في الحفاظ على التوازن الايوني والسلامة الخلوية والانشطة الانزيمية [6].

الحلبة (*Trigonella foenum-graecum* L.) من اكبر الفصائل النباتات الزهرية الشائعة والعائدة للعائلة البقولية (Fabaceae) وهي من اهم المحاصيل النباتية من الناحية الاقتصادية [7] .تتمتع الحلبة بخصائص مختلفة ومهمة باعتبارها نباتا طبيا وعطريا يتم استخدامها علاجا للعديد من الامراض التي عرفها الانسان حيث تم استخدامها بصورة كاملة لخفض نسبة الكوليسترول عبر زيادة افراز الاحماض الصفراوية والاملاح في البراز [8].

جاءت الدراسة الحالية بهدف بيان تأثير معاملة التربة بكل من البوتاسيوم والهلام وبمستويات مختلفة على التقليل من تأثير فترات الجفاف المختلفة على بعض العمليات الفسلجية والمحتوى المعدني لنبات الحلبة .

2. المواد وطرائق العمل :

اجري البحث في البيت السلكي والمختبرات التابعة لقسم علوم الحياة / كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة الموصل في الموسم 2022 – 2023 (فصل الخريف) لدراسة تأثير كل من الجفاف وبمدتين مختلفتين والهلام المائي بالمستويات (0,8,10) غم / كغم تربة وكبريتات البوتاسيوم بالتراكيز (0, 0.1, 0.15) غم/ كغم تربة في نمو نبات الحلبة النامية في ظروف طبيعية وظروف الجفاف من خلال تعريض النباتات للجفاف لمدة (10) ايام وباستخدام ميزان مختبري وتعريض المجموعة الثانية للجفاف لمدة 20 يوما , وقد تم الاعتماد في اختيار التراكيز على دراسات سابقة .

نفذت التجربة باستخدام أصص بلاستيكية ذات قطر (30) سم وارتفاع (30) سم وبسعة (5) كيلوغرام تربة / اصيص بعدها تمت معاملة التربة المزيجية بالهلام المائي Hydrogel نوع صناعي (ISONEM, SOIL WATER TRAP) وبالبوتاسيوم وبالتراكيز المذكورة انفا مع التداخلات لكلا المعاملتين وتم الوزن باستخدام ميزان ذو كفة واحدة ، تم زراعة بذور نباتات الحلبة وبواقع 10 بذور/أصيص ، ووزعت الأصيص على نحو عشوائي تحت ظروف البيت السلكي وزرعت نباتات الحلبة بتاريخ 2023/1/17 وبعد مرور 20 يوما من الزراعة تم تخفيف عدد البادرات إلى (5) بادرات / أصيص وتمت المحافظة على المحتوى الرطوبي للتربة عند السعة الحقلية (75%) طيلة فترة التجربة باستخدام الميزان . وبعد مرور 40 يوما من الزراعة عرضت مجموعة من النباتات الى مدة جفاف الأولى لمدة (10) أيام وتعريض المجموعة الثانية للجفاف ولمدة (20) يوم ثم إعادة السقي لكل المعاملات بشكل طبيعي هذا بالإضافة لمعاملة المقارنة. تم استخدام ثلاثة مكررات لكل معاملة لدراسة النمو وبعض الخصائص الفسيولوجية لنبات الحلبة وتم اجراء القياسات التالية:

1.2. الكلوروفيل:

تم تقدير الكلوروفيل الكلي والكاروتين في الأنسجة الورقية (ملغم/غم وزن رطب) في الأنسجة الورقية لنباتات الحلبة بحسب ما ورد في [9]، اذ تم اخذ الاوراق النباتية لكل نبات من كل معاملة ووضعت في اكياس خاصة لحين نقلها إلى المختبر ، ثم مباشرة تم اخذ 200 ملغم من الأوراق الرطبة ثم سحقت باستخدام هاون خزفي مع (20) مل من الأسيتون تركيز (80%) وفصل الراشح عن الراسب المتبقي بوساطة جهاز الطرد المركزي من نوع (EBA Hettich35) وبسرعة دوران 3000 دورة/دقيقة ، وتمت قراءة امتصاص الضوء للراشح على الأطوال الموجية (663 ، 645 و480) نانوميتر بوساطة جهاز المطياف الضوئي واستخدمت قوانين خاصة لحساب كمية الكلوروفيل الكلي والكاروتين.

2.2. تقدير درجة ثبات الأغشية السايتوبلازمية ونسبة تضررها (%):

قدرت درجة ثبات الأغشية السايتوبلازمية ونسبة دليل الضرر كما جاء في طريقة [10] إذ أخذت عينات مستطيلة الشكل من الأوراق النباتية بوزن (1) غم وغسلت بـ (10) مل من الماء المقطر ثلاث مرات ، ثم غمرت بـ (10) مل ماء مقطر وتركت مدة (24) ساعة تحت درجة حرارة مقدارها (10) م° وقيس التوصيل الكهربائي لرواشحها بجهاز (Electrolytic Conductivity Measuring) وتم تهيئة ثلاثة مكررات لكل معاملة ، بعد ذلك تم قتل الأنسجة الورقية والجذرية بوضعها في جهاز التعقيم (Autoclave) لمدة 15 دقيقة ، وبعد تبريدها إلى درجة حرارة (25) مْ ، أعيد قياس التوصيل الكهربائي لرواشحها ، وقدرت نسبة دليل الضرر بموجب معادلة [11]كما يأتي:

$$I = [1 – (1 – T1 / T2) / (1 – C1 / C2)] \times 100\ \%$$

I = تمثل نسبة دليل الضرر

C1 وC2 = تمثل قراءة التوصيل الكهربائي لمعاملة السيطرة قبل وبعد قتل الأنسجة الورقية على التوالي .

T1 و T2 = تمثل قراءة التوصيل الكهربائي للمعاملات قبل وبعد قتل الأنسجة الورقية على التوالي .

3.2. تقدير تراكيز العناصر المعدنية في اجزاء النبات (%) :

تم تقدير العناصر المعدنية في الأجزاء العليا (المجاميع الخضرية) . اذ أخذت العينات النباتية المجففة من المجاميع الخضرية لنبات الحلبة وطحنت بمطحنة خاصة واخذ (0.5) غم من كل عينة وهضمت بطريقة الهضم الرطب [12] وقدرت ايونات الكالسيوم Ca^{2+} والمغنيسيومMg^{2+} بالتسحيح مع الفيرسنت كما ورد في [13].

4.2.التحليل الإحصائيّ:

صممت التجارب باستخدام التصميم العشوائي الكامل Completely_ Randomized Design كتجربة عاملية وتمت المقارنة بين المتوسطات باستعمال اختبار دنكن متعدد المدى Duncans Multiple Range Test كما أورده [14] وعند مستوى احتمال (5%) .

3.النتائج والمناقشة:

1.3. الكلوروفيل الكلي :

يوضح الجدول (1) حصول انخفاض معنوي بتركيز الكلوروفيل الكلي نتيجة تعريض نباتات الحلبة الى فترات جفاف ولمدة (10) و(20) يوما وبلغت نسبة الانخفاض (16.00) و(23.50) % ان الانخفاض الحاصل بتركيز الكلوروفيل الكلي قد يعود لكون الجفاف احد عوامل الاجهاد غير الحيوي الرئيسية التي تعيق من نمو النباتات. ولتفسير هذا النتيجة بينت العديد من الدراسات وجود علاقة ترابطية بين نقص الماء في الأوراق ومحتوى الصبغات النباتية مثل كلوروفيل a و كلوروفيل b و الكلوروفيل الكلي مع تناقص رطوبة التربة، وقد يعزى سبب الانخفاض إلى حصول خلل في البناء الضوئي بسبب زيادة الجذور الحرة أو مركبات الأوكسجين التفاعلية (ROS) في البلاستيدات الخضراء، وهذا بدوره يؤدّي إلى تدمير جزيئات الكلوروفيل بسبب تأثيرات الإجهاد المائي [15].

في حين لوحظ ان معاملة التربة بالهلام عند المستويين (8) و(10) غم/كغم تربة ادى الى حصول زيادة معنوية قياسا مع معاملة المقارنة وبلغت نسبة الزيادة , 21.9) (15.2 % على التوالي وقد يعود الى ان الهلام المائي يجعل التربة هشة ويحصل النبات على نمو جيد وفي هذا المجال اوضح [16] ان الهلام المائي يساهم بزيادة نمو

النبات من خلال توفير بيئة غنية بالمغذيات واقصى قدر ممكن من الماء واطلاق بطيء للعناصر الغذائية وبالتالي زيادة قدرة النباتات من الاستفادة من هذه العناصر ولفترة اطول.

ومن ناحية تأثير اضافة البوتاسيوم فان مستوى الاضافة (0.1) و(0.15) غم /كغم تربة لم تظهر فروقات معنوية بينهما الا انهما تفوقا معنويا مقارنة مع معاملة المقارنة ،ان الزيادة الحاصلة بتركيز الكلوروفيل الكلي في الانسجة الورقية لنبات الحلبة نتيجة معاملة الترب التي تنمو فيها هذه النباتات بالبوتاسيوم قد يعود الى دور البوتاسيوم المهم في تنظيم الPH **P** في العصارة الخلوية من خلال الارتباط بالانيونات المعدنية والعضوية ، كذلك يلعب دورا مهما في تحمل النبات للجفاف فالنباتات المسمدة بالبوتاسيوم بكمية كافية تكون اكثر تحملا للجفاف ويكون فقدها للماء اقل [17] .

من حيث التداخل الثنائي (البوتاسيوم χ الهلام) فقد حصل انخفاض معنوي في النباتات النامية في تربة لم يتم اضافة البوتاسيوم والهلام فقط مقارنة مع المعاملات الثمانية الباقية .

اما من حيث تداخل (الهلام χ الجفاف) فان زيادة مستويات الهلام المائي قد قلل من التأثير السلبي مع زيادة فترة الجفاف .

وفيما يخص تداخل (البوتاسيوم χ الجفاف) فان اقل تركيز للكلوروفيل ظهر في النباتات المعرضة الى فترة جفاف (20) يوم والتي لم يضاف الى تربتها الهلام المائي (معاملة المقارنة).

في حين اظهرت نتائج التداخل الثلاثي (البوتاسيوم χ الهلام χ الجفاف) ان اعلى قيمة حصلت في النباتات غير المعرضة للجفاف والنامية في تربة اضيفت اليها بوتاسيوم بتركيز (0.1) غم/كغم تربة دون اضافة الهلام المائي.

جدول (1) تأثير اضافة مستويات مختلفة من البوتاسيوم والهلام في تركيز الكلوروفيل الكلي (ملغم /غم وزن طري) لنبات الحلبة المعرضة لفترات من الجفاف

المعاملات	الهلام غم/ كغم تربة	مدة الجفاف (يوم)			البوتاسيوم × الهلام	تأثير الهلام	تأثير البوتاسيوم
		0	10	20			
البوتاسيوم (0.0) غم/كغم تربة	0.0	0.267 gh	0.184 h	0.172 h	0.208 b		
	8	0.477 a-d	0.362 c-g	0.295 fgh	0.378 a		
	10	0.498 abc	0.372 b-g	0.308 e-h	0.393 a		
البوتاسيوم (0.1) غم/كغم تربة	0.0	0.538 a	0.372 b-g	0.303 e-h	0.404 a		
	8	0.406 a-g	0.379 b-g	0.387 b-g	0.391 a		
	10	0.405 a-g	0.451 a-d	0.408 a-g	0.421 a		
البوتاسيوم (0.15) غم/كغم تربة	0.0	0.519 ab	0.378 b-g	0.339 d-g	0.412 a		
	8	0.426 a-f	0.405 a-g	0.400 a-g	0.410 a		
	10	0.441 a-f	0.433 a-f	0.427 a-f	0.434 a		
الهلام × الجفاف	0.0	0.414 ab	0.306 cd	0.258 d		0.341 b	
	8	0.449 a	0.401 ab	0.366 bc		0.393 a	
	10	0.462 a	0.405 ab	0.389 ab		0.416 a	
البوتاسيوم × الجفاف	0.0	0.441 a	0.311 cd	0.271 d			0.326 b
	0.1	0.436 ab	0.282 abc	0.361 bc			0.405 a
	0.15	0.448 a	0.419 ab	0.381 abc			0.419 a
تأثير الجفاف		0.442 a	0.371 b	0.338 b			

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

2.3. الكاروتين:

تبين من نتائج الجدول (2) حدوث انخفاض معنوي بتركيز الكاروتين في اوراق نباتات الحلبة المعرضة للجفاف ولمدة (10) و(20) يوم اذ بلغت (0.120) و(0.115) ملغم /غم وزن طري على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة . ان الانخفاض في تركيز الكاروتين في الاوراق النباتية لنبات الحلبة قد يعود الى ان الجفاف يؤثر بشكل سلبي على الكاروتين وهذه النتائج تتفق مع [18] اذ لاحظت حصول انخفاض كبير في الصبغات النباتية مثل كلوروفيل a وb والكلي و الكاروتين . ذلك كون الجفاف يؤدي الى تقليل الرطوبة داخل التربة وبالتالي صعوبة امتصاص الماء الذي يحتوي على العناصر الغذائية خاصة عنصر المغنيسيوم [19] والذي له دور كبير بتكوين الصبغات النباتية.

اما بالنسبة لتأثير الهلام المائي فقد لوحظ عدم وجود فروق معنوية عند مستوى احتمال 0.5 % بتركيز الكاروتين في الاوراق النباتية لنباتات الحلبة المعاملة تربتها بالهلام المائي وبالمستويين (8) و(10) غم/ كغم تربة وبالبوتاسيوم بالتركيزين (0.1) و (0.15) غم/كغم تربة مقارنة بالنباتات غير المعاملة بالهلام المائي والبوتاسيوم . فيما يتعلق بتأثير تداخل البوتاسيوم والهلام فان اقل قيمة ظهرت في النباتات النامية في تربة لم يتم اضافة الهلام والبوتاسيوم مقارنة مع باقي المعاملات. ومن حيث تداخل الهلام مع الجفاف فان اعلى قيمة ظهرت (0.162) في النباتات غير المعرضة للجفاف والنامية في تربة اضيف اليها (10) غم/كغم تربة هلام مائي .

من ناحية تداخل البوتاسيوم مع الجفاف فان أعلى قيمة ظهرت في النباتات النامية في تربة لم يتم إضافة الهلام اليها وغير معرضة للجفاف (معاملة السيطرة).

من حيث التداخل الثلاثي (البوتاسيوم χ الهلام χ الجفاف) فقد حصل تفوق معنوي في النباتات غير المعرضة للجفاف النامية في ترب لم يتم اضافة الهلام مع اضافة البوتاسيوم بتركيز (0.15) غم /كغم تربة مقارنة مع المعاملة الست والعشرون الباقية.

جدول (2) اضافة مستويات مختلفة من البوتاسيوم والهلام في تركيز الكاروتين (ملغم /غم وزن طري) لنبات الحلبة المعرضة لفترات من الجفاف

المعاملات	الهلام غم / كغم تربة	مدة الجفاف (يوم) 0	10	20	البوتاسيوم × الهلام	تأثير الهلام	تأثير البوتاسيوم
البوتاسيوم (0.0) غم/كغم تربة	0.0	0.101 b	0.090 b	0.096 b	0.099 b		
	8	0.162 ab	0.111 b	0.100 b	0.124 ab		
	10	0.146 b	0.146 b	0.116 b	0.136 a		
البوتاسيوم (0.1) غم/كغم تربة	0.0	0.141 b	0.112 b	0.107 b	0.120 ab		
	8	0.129 b	0.121 b	0.119 b	0.123 ab		
	10	0.137 b	0.123 b	0.131 b	0.130 ab		
البوتاسيوم (0.15) غم/كغم تربة	0.0	0.211 a	0.116 b	0.117 b	0.148 a		
	8	0.137 b	0.131 b	0.120 b	0.129 ab		
	10	0.138 b	0.120 b	0.126 b	0.128 ab		
الهلام × الجفاف	0.0	0.136 ab	0.119 b	0.104 b		0.122 a	
	8	0.136 ab	0.119 b	0.119 b		0.126 a	
	10	0.162 a	0.122 b	0.121 b		0.131 a	
البوتاسيوم × الجفاف	0.0	0.151 a	0.109 b	0.107 b			0.120 a
	0.1	0.143 ab	0.121 ab	0.113 b			0.124 a
	0.15	0.140 ab	0.129 ab	0.124 ab			0.135 a
تأثير الجفاف		0.145 a	0.120 b	0.115 b			

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

4.3. ثبات الاغشية السايتوبلازمية % :

يوضح الجدول(3) حصول زيادة معنوية بنسبة دليل الضرر في اوراق نباتات الحلبة والمعرضة للجفاف ولمدة (10) و(20) يوم اذ بلغت نسبة الزيادة (69.2) و (89.2) % على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة ، وقد يعزى السبب في زيادة دليل الضرر في الاوراق النباتية الى دور الجفاف السلبي على ثبات الاغشية حيث يعمل الجفاف على قطع التوازن بين آليات الدفاع المضادة للأكسدة وانتاج انواع الاوكسجين (ROS) مما يسبب تراكمه وبالتالي يؤدي الى حصول خلل في تنظيم دهون وبروتينات غشاء الخلية [20].

جدول (3) اضافة مستويات مختلفة من البوتاسيوم والهلام في دليل الضرر (%) لنبات الحلبة المعرضة لفترات من الجفاف

المعاملات	**الهلام غم / كغم تربة**	**مدة الجفاف (يوم) 0**	**10**	**20**	**البوتاسيوم × الهلام**	**تأثير الهلام**	**تأثير البوتاسيوم**
البوتاسيوم (0.0) غم / كغم تربة	**0.0**	**18.900 ghi**	**53.020 b**	**71.700 a**	**47.873 a**		
	8	**13.510 hi**	**33.820 cde**	**35.000 c**	**27.443 b**		
	10	**12.790 i**	**23.000 c-i**	**32.540 c-f**	**22.777 bc**		
البوتاسيوم (0.1) غم / كغم تربة	**0.0**	**16.780 ghi**	**33.140 c-f**	**34.000 cd**	**27.973 b**		
	8	**20.990 e-i**	**24.200 c-i**	**23.120 c-i**	**22.770 bc**		
	10	**20.430 f-i**	**23.710 c-i**	**24.120 c-i**	**22.753 bc**		
البوتاسيوم (0.15) غم / كغم تربة	**0.0**	**17.930 ghi**	**26.570 c-g**	**26.000 c-h**	**23.500 bc**		
	8	**18.330 ghi**	**22.730 c-i**	**23.750 c-i**	**21.603 bc**		
	10	**14.740 ghi**	**21.210 d-i**	**22.020 d-i**	**19.323 c**		
الهلام × الجفاف	**0.0**	**15.067 e**	**36.613 b**	**46.413 a**		**33.116 a**	
	8	**19.400 de**	**27.017 c**	**27.080 c**		**23.939 b**	
	10	**17.000 e**	**23.503 cd**	**23.923 cd**		**21.618 b**	
البوتاسيوم × الجفاف	**0.0**	**17.870 d**	**37.577 b**	**43.900 a**			**32.698 a**
	0.1	**17.610 d**	**26.917 c**	**27.290 c**			**24.499 b**
	0.15	**15.980 d**	**22.640 cd**	**26.227 c**			**21.476 b**
تأثير الجفاف		**17.156 b**	**29.044 a**	**32.472 a**			

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود.

اما بالنسبة لتأثير الهلام المائي فقد لوحظ حصول انخفاض معنوي بنسبة دليل الضرر في الاوراق النباتية لنباتات الحلبة المعاملة تربتها بالهلام المائي وبالمستويين (8) و(10) غم/كغم تربة وبالبوتاسيوم عند المعاملة بالتركيزين (0.1) و(0.15) غم / كغم تربة مقارنة بالنباتات غير المعاملة بالهلام المائي والبوتاسيوم حيث بلغت النسب(23.939 و21.618) و (24.499 و21.476) % على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة ، ان الانخفاض بنسبة دليل الضرر في الانسجة الورقية لنباتات الحلبة المزروعة في ترب معاملة بالهلام المائي قد يعود الى أن الهلام المائي يعمل على تحسين خصائص التربة وزيادة قدرتها على الاحتفاظ بالماء وتعزيز احتباس الماء في التربة وبالتالي توفير جو ملائم لنمو الجذور [21].

فيما يخص التداخل بين الهلام والجفاف فقد لوحظ اعلى قيمة في النباتات المعرضة للجفاف لمدة (20) يوم والنامية في تربة لم يتم اضافة الهلام اليها .

اما بالنسبة لتأثير التداخل بين البوتاسيوم والجفاف فقد لوحظ ان نباتات الحلبة النامية بترب معاملة بالبوتاسيوم عند التركيز(0.1) و(0.15) غم/كغم تربة قلل من التأثير السلبي لزيادة فترات الجفاف . في حين اظهرت نتيجة التداخل الثنائي بين البوتاسيوم والهلام المائي فان اعلى قيمة ظهرت (47.8) في النباتات النامية في تربة لم يتم اضافة الهلام والبوتاسيوم في التربة. وقد اظهرت نتائج التداخل الثلاثي بين (الجفاف χ الهلام المائي χ البوتاسيوم) الى حصول انخفاض معنوي في نسبة دليل الضرر في الانسجة الورقية لنباتات الحلبة غير المعرضة للجفاف والمعاملة بالهلام المائي عند المستوى (10) غم/ كغم تربة فقط دون اضافة البوتاسيوم اذ سجلت اعلى نسبة انخفاض و بلغت (12.790) % مقارنة مع جميع المعاملات الباقية.

5.3. تركيز الكالسيوم (ملغم) في أنسجة المجاميع الخضرية:

اظهرت النتائج في الجدول (4) الى وجود انخفاض معنوي بتركيز الكالسيوم ، وذلك نتيجة تعرض نباتات الحلبة الى فترات جفاف مختلفة وكان الانخفاض الاكثر وضوحا هي عند تعريض النباتات الى مدة الجفاف الثانية (20) يوما بالمقارنة بمعاملة المقارنة بلغت نسبة الانخفاض (47.6) % ، وقد يعزى الانخفاض الحاصل بتركيز الكالسيوم الى ان الجفاف يعمل على التقليل من المحتوى المائي النسبي للنبات وبالتالي التقليل من امتصاص العناصر الغذائية . كما ان حالات نقص الماء في الغالب تؤدي الى التقليل من امكانية الوصول الى العناصر الغذائية في التربة بشكل عام وبالتالي تقلل من محتوى الايونات في الانسجة النباتية المختلفة [22] .

جدول (4) اضافة مستويات مختلفة من البوتاسيوم والهلام في تركيز الكالسيوم (ملغم / غم) في المجموع الخضري لنبات الحلبة المعرضة لفترات من الجفاف

المعاملات	الهلام غم / كغم تربة	مدة الجفاف (يوم)			البوتاسيوم × الهلام	تأثير الهلام	تأثير البوتاسيوم
		0	10	20			
البوتاسيوم (0.0) غم/كغم تربة	0.0	6.400 b-g	2.400 ij	2.000 j	3.600 e		
	8	9.000 abc	4.800 f-j	3.000 hij	5.600 cd		
	10	9.800 a	6.200 d-g	4.600 f-j	6.867 a-d		
البوتاسيوم (0.1) غم / كغم تربة	0.0	9.200 ab	4.000 g-j	3.000 hij	5.400 d		
	8	8.000 a-d	7.200 a-f	5.000 e-i	6.733 a-d		
	10	8.200 a-d	7.200 a-f	5.800 d-h	7.067 abc		
البوتاسيوم (0.15) غم/كغم تربة	0.0	9.800 a	3.600 g-j	4.400 f-j	5.933 bcd		
	8	8.600 a-d	7.000 a-f	6.400 b-g	7.333 ab		
	10	8.600 a-d	7.800 a-e	6.400 c-g	7.600 a		
الهلام × الجفاف	0.0	8.400 a	4.467 cd	3.200 d		4.978 b	
	8	8.467 a	6.133 b	4.600 bcd		6.556 a	
	10	9.000 a	6.133 b	5.733 bc		7.178 a	
البوتاسيوم × الجفاف	0.0	8.467 ab	3.333 e	3.133 e			5.356 b
	0.1	8.533 ab	6.333 c	4.800 d			6.499 a
	0.15	8.867 a	7.067 bc	5.600 cd			6.956 a
تأثير الجفاف		8.622 a	5.578 b	4.511 c			

المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

اما فيما يخص تأثير الهلام المائي والبوتاسيوم كلا على حدا فقد لوحظ حصول ارتفاع معنوي بتركيز الكالسيوم في النبات المعاملة بالهلام المائي والبوتاسيوم بالتراكيز المذكورة انفا حيث بلغت 6.556) و(7.178 و 6.499) و (6.956 على التوالي مقارنة مع معاملة المقارنة (5.356 , 4.978). وقد يعزى السبب الى دور الهلام المائي والبوتاسيوم المهم في نمو النبات اذ ان سبب الزيادة في نسبة الكالسيوم في المجاميع الخضرية قد يعود إلى أنَّ الهلام المائي يحتفظ بالماء والعناصر الغذائيّة لمُدة أطول ومن ثم زيادة امتصاص العناصر الغذائيّة ومن ضمنها الكالسيوم وهذا يتفق مع [23] بان الهلام المائي يعمل على تحسين امتصاص النبات للعناصر الغذائية بسبب شحنته السالبة في الحالة الرطبة والتي يمكن عن طريقها ان يمتص بعض الكتايونات في التربة وتزويدها للنبات بصورة تدريجية .اما فيما يخص البوتاسيوم فقد يعود الى دوره في رفع كفاءة النبات في امتصاص المغذيات وتحسين نمو النبات وزيادة الانتاجية وتحسين نوعيته [24] .

ولقد تبين من الجدول ان تداخل البوتاسيوم والهلام المائي ادى الى حصول زيادة معنوية بتركيز الكالسيوم في المجموع الخضري عند معاملة التربة بعنصر البوتاسيوم عند التركيز(0.15) والهلام المائي عند المستوى (10) غم/كغم تربة حيث بلغت (7.600) ملغم مقارنة مع المعاملات الثمانية الباقية.

في حين اظهرت نتائج التداخل بين الهلام المائي والجفاف بان زيادة مستويات الهلام المائي قلل من التأثير السلبي لزيادة فترات الجفاف في تركيز الكالسيوم .

وكذلك زيادة مستويات البوتاسيوم قللت من التأثير السلبي لزيادة فترات الجفاف في تركيز الكالسيوم نتيجة تداخل الجفاف مع البوتاسيوم . اما فيما يخص التداخل الثلاثي لكل من (الجفاف χ الهلام المائي χ البوتاسيوم) فقد لوحظ حصول انخفاض معنوي بتركيز البوتاسيوم لنباتات الحلبة المعرضة لفترات جفاف (20) يوما والنامية في تربة لم يتم اضافة الهلام والبوتاسيوم اليها .

6.3. تركيز المغنيسيوم (ملغم/غم) في أنسجة المجاميع الخضرية:

يوضح الجدول (5) التأثير السلبي لمُدَّتي الجفاف في تركيز المغنيسيوم ولاسيَّما مُدَّة الجفاف الثانية (20) يوم حيث بلغت نسبة الانخفاض (42.8) % بالمقارنة مع معاملة السيطرة ويمكن تفسير انخفاض التركيز مع تزايد فترات الجفاف يرجع الى التغيير في الجهد المائي نتيجة الشد المائي مما يؤثر في نفاذية الاغشية والطاقة التي تؤثر على نقل الايونات وبالتالي يحدث خلل في تزايد العنصر داخل انسجة النبات ، وقد يعود سبب ذلك الى غلق الثغور في الأوراق النباتية استجابة للإجهاد المائي [25]، ان الانخفاض في محتوى العناصر الغذائيّة يعود في المرتبة الأوَّلى إلى انخفاض مياه التربة الذي يقلل بشكل ملحوظ من المحتوى الماء النسبي ومن معدل النتح وبالتالي يقلل من معدلات تدفق العناصر في التربة وامتصاصها بواسطة الخلايا الجذرية المجهدة وكذلك قدرتها على الانتقال من خلال نسيج الخشب [26].

كما بينت النتائج الى وجود زيادة معنوية في تركيز البوتاسيوم مع زيادة مستويات الهلام وبلغت نسبة الزيادة (13.6 , 38.3) % على التوالي مقارنة مع معاملة المقارنة .

كذلك فان الزيادة في مستويات الهلام اظهرت زيادة معنوية في تركيز المغنيسيوم مع معاملة المقارنة وبلغت نسبة الزيادة (19.8 , 32.5) % على التوالي ، أَنَّ وجود الهلام المائي في التربة يعمل على الاحتفاظ بشكل فعال بمعظم المغذيات الذائبة في محلول التربة [27] ، اضافة لاعتباره من العوامل الرئيسة لزيادة الحامض الاميني (البرولين) الذي وظيفته تنظيم الازموزية كما انه يعمل بمثابة مخلب معدني او مضاد للأكسدة .

من ناحية التداخل الثنائي (البوتاسيوم و الهلام) فان اعلى قيمة ظهرت في النباتات النامية في تربة غير معاملة بالبوتاسيوم الا انها اضيف هلام بمستوى (10) غم/كغم تربة مقارنة مع باقي المعاملات .

من حيث تأثير الهلام و الجفاف فان زيادة مستويات الهلام قلل من التأثير السلبي لزيادة فترات الجفاف .

من نتائج تداخل البوتاسيوم و الجفاف فقد تميزت معنويا النباتات النامية في تربة البوتاسيوم (0.15) غم/كغم تربة وغير معرضة للجفاف بالمقارنة مع المعاملات الثمانية الباقية .

واخيرا من حيث التداخل الثلاثي (البوتاسيوم χ الهلام χ الجفاف) فان اقل تركيز تم الحصول في النباتات المعرضة لفترة الجفاف (20) يوما والنامية في تربة غير معاملة بالبوتاسيوم والهلام مقارنة مع جميع المعاملات .

جدول (5) اضافة مستويات مختلفة من البوتاسيوم والهلام في تركيز المغنيسيوم (ملغم/غم) في المجموع الخضري لنبات الحلبة المعرضة لفترات من الجفاف.
المعدلات ذات الاحرف المتشابهة لا تختلف معنويا عند مستوى احتمال (0.5) % حسب اختبار دنكن متعدد الحدود

المعاملات	الهلام غم/كغم تربة	مدة الجفاف (يوم)			البوتاسيوم ×الهلام	تأثير الهلام	تأثير البوتاسيوم
		0	8	15			
البوتاسيوم (0.0) غم/كغم تربة	0.0	0.600 cd	0.240 f	0.200 f	0.347 e		
	8	0.480 ab	0.360 ef	0.240 f	0.480 d		
	10	0.960 a	0.840 ab	0.480 de	0.760 a		
البوتاسيوم (0.1) غم/كغم تربة	0.0	0.960 a	0.360 ef	0.360ef	0.560 cd		
	8	0.720 bc	0.600 cd	0.600 cd	0.640 bc		
	10	0.840 ab	0.620 cd	0.640 bcd	0.700 ab		
البوتاسيوم (0.15) غم/كغم تربة	0.0	0.960 a	0.600 cd	0.480 de	0.680 ab		
	8	0.720 bc	0.720 bc	0.610 cd	0.683 ab		
	10	0.840 ab	0.720 bc	0.650 bcd	0.737 ab		
الهلام × الجفاف	0.0	0.800 a	0.480 c	0.307 d		0.529 c	
	8	0.840 a	0.527 c	0.533 c		0.601 b	
	10	0.840 a	0.680 b	0.580 bc		0.732 a	
البوتاسيوم × الجفاف	0.0	0.840 ab	0.400 ef	0.347 f			0.528 c
	0.1	0.760 bc	0.560 d	0.483 de			0.633 b
	0.15	0.880 a	0.727 c	0.590 d			0.700 a
تأثير الجفاف		0.827 a	0.562 b	0.473 c			

4. الاستنتاجات:

اتضح من نتائج الدراسة الحالية ان تعريض نباتات الحلبة لفترات جفاف مختلفة (10 و20) يوم ادى الى حصول انخفاض معنوي بتركيز الكلوروفيل الكلي والكاروتين والكالسيوم والمغنيسيوم ، كما لوحظ حصول انخفاض معنوي بنسبة دليل الضرر في الانسجة الورقية لنبات الحلبة. وان معاملة الترب بمستويات من البوتاسيوم والهلام بتراكيز مختلفة ادى الى التقليل من الاثار الضارة للجفاف اذ ادى المعاملة بهما الى حصول زيادة معنوية بصفات النمو المذكورة اعلاه اضافة الى تقليل تركيز دليل الضرر في الانسجة الورقية للنبات مقارنة بالنباتات المعرضة للجفاف .

5. الشكر والتقدير:

يعرب المؤلفون عن شكرهم لقسم علوم الحياة ، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق، لدعمه الباحثين وتوفير ما يلزم لتسهيل إكمال هذا العمل

6. المصادر:

[1] Y. Oladosu *et al.*, "Superabsorbent Polymer Hydrogels for Sustainable Agriculture: A Review," *Horticulturae*, vol. 8, no. 7, pp. 1–17, 2022, doi: 10.3390/horticulturae8070605.

[2] A. A. Albalasmeh, O. Mohawesh, M. A. Gharaibeh, A. G. Alghamdi, M. A. Alajlouni, and A. M. Alqudah, "Effect of hydrogel on corn growth, water use efficiency, and soil properties in a semi-arid region," *J. Saudi Soc. Agric. Sci.*, vol. 21, no. 8, pp. 518–524, 2022, doi: 10.1016/j.jssas.2022.03.001.

[3] S. D. Palanivelu *et al.*, "Hydrogel Application in Urban Farming: Potentials and Limitations—A Review," *Polymers (Basel).*, vol. 14, no. 13, 2022, doi: 10.3390/polym14132590.

[4] D. Sarmah and N. Karak, "Biodegradable superabsorbent hydrogel for water holding in soil and controlled-release fertilizer," *J. Appl. Polym. Sci.*, vol. 137, no. 13, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1002/app.48495.

[5] M. Hasanuzzaman *et al.*, "Potassium: A vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses," *Agronomy*, vol. 8, no. 3, 2018, doi: 10.3390/agronomy8030031.

[6] M. Giweta and E. Garedew, "Hydrogel-A promising technology for optimization of nutrients and water in agricultural and forest ecosystems," *Int. J. Environ. Sci. Nat. Resour.*, vol. 23, no. 4, pp. 106–111, 2020. DOI: 10.19080/IJESNR.2020.23.556116

[7] S. Acikbas "Herbs, Spices and Their Roles in Nutraceuticals and Functional Foods" .Siirt University . Faculty of Agriculture ,Department of Field Crops , Siirt ,Turkiye:155−171. 2022.

[8] S. Belge, R. Aher, S. Kadam, and S. Kharade, "Therapeutic Importance of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.): A Review," no. June, 2016.

[9] C. A. Jaleel, K. Jayakumar, Z. Chang-Xing, and M. M. Azooz, "Antioxidant potentials protect *Vigna radiata* (L.) Wilczek plants from soil cobalt stress and improve growth and pigment composition," *Plant Omics*, vol. 2, no. 3, pp. 120–126, 2009.

[10] H. Bandurska, "Implication of ABA and proline on cell membrane injury of water deficit stressed barley seedlings," *Acta Physiol. Plant.*, vol. 20, no. 4, pp. 375–381, 1998, doi: 10.1007/s11738-998-0023-3.

[11] C. Y. Sullivan, "Techniques for measuring plant drought stress," *Drought Inj. Resist. Crop.*, vol. 2, pp. 1–18, 1971.

[12] P. F. Pratt and H. D. Chapman, *Methods of Analysis for Soils, Plants and Water*. Univerisity of California, 1961.

[13] L. A. Richards, *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, no. 60. US Government Printing Office, 1954.

[14] S. H. Antar, "Statistical analysis in scientific research and SAS program," *Univ. Mosul Fac. Agric. For. B. House Print. Publ.*, 2010.

[15] M. Sh Sadak, M. T. Abdelhamid, and U. Schmidhalter, "Effect of foliar application of aminoacids on plant yield and some physiological parameters in bean plants irrigated with seawater," *Acta biológica Colomb.*, vol. 20, no. 1, pp. 141–152, 2015.

[16] M. Rizwan, S. R. Gilani, A. I. Durani, and S. Naseem, "Materials diversity of hydrogel: Synthesis, polymerization process and soil conditioning properties in agricultural field," *J. Adv. Res.*, vol. 33, pp. 15–40, 2021. DOI: 10.1016/j.jare.2021.03.007.

[17] A.-J. A. Jurdi AK , Tali G, "Effect of irrigation , potassium and hydrogel on some growth indicators of Sorani olive cultivar," *J. Al -Baath .Univ.edu*, vol. 45, no. 2, p. 143, 2023.

[18] S. Nasrin, S. Saha, H. H. Begum, and R. Samad, "Impacts of drought stress on growth, protein, proline, pigment content and antioxidant enzyme activities in rice (Oryza sativa L. var. BRRI dhan-24)," *Dhaka Univ. J. Biol. Sci.*, vol. 29, no. 1, pp. 117–123, 2020. doi: 10.3329/dujbs.v29i1.46537.

[19] K. A. Mohammed and M. S. Faisal, "Effect of various environmental factors and treatment with ascorbic acid on several physiological attributes in wheat (*Triticum aestivum* L.)," *Egypt. J. Bot.*, vol. 61, no. 3, pp. 891–899, 2021.

https://dx.doi.org/10.21608/ejbo.2021.82711.1715.

[20] I. Lalarukh *et al.*, "Integral effects of brassinosteroids and timber waste biochar enhances the drought tolerance capacity of wheat plant," *Sci. Rep.*, vol. 12, no. 1, p. 12842, 2022. doi: 10.1038/s41598-022-16866-0

[21] W. Abobatta, "Impact of hydrogel polymer in agricultural sector," *Adv. Agric. Environ. Sci. Open Access*, vol. 1, no. 2, pp. 59–64, 2018. DOI: 10.30881/aaeoa.00011.

[22] S. S. Bashir *et al.*, "Plant drought stress tolerance: Understanding its physiological, biochemical and molecular mechanisms," *Biotechnol. Biotechnol. Equip.*, vol. 35, no. 1, pp. 1912–1925, 2021. https://doi.org/10.1080/13102818.2021.2020161.

[23] S. Nassaj-Bokharaei, B. Motesharezedeh, H. Etesami, and E. Motamedi, "Effect of hydrogel composite reinforced with natural char nanoparticles on improvement of soil biological properties and the growth of water deficit-stressed tomato plant," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 223, p. 112576, 2021. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112576.

[24] A. E. Hamdy, S. Khalifa, and H. AbdEl-Aziz, "Hydrogel as a soil conditioner affecting the growth, yield, and fruit quality of 'Murcott'mandarin trees under arid and semi-arid lands," *Al-Azhar J. Agric. Res.*, vol. 45, no. 2, pp. 76–85, 2020. http://dx.doi.org/10.21608/ajar.2020.148791.

[25] M. Chieb and E. W. Gachomo, "The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses," *BMC Plant Biol.*, vol. 23, no. 1, p. 407, 2023. doi: 10.1186/s12870-023-04403-8.

[26] D. Wach and P. Skowron, "An overview of plant responses to the drought stress at morphological, physiological and biochemical levels," *Polish J. Agron.*, no. 50, pp. 25–34, 2022. doi: 10.26114/pja.iung.435.2022.04.

[27] S. Lenka, N. K. Lenka, A. B. Singh, B. Singh, and J. Raghuwanshi, "Global warming potential and greenhouse gas emission under different soil nutrient management practices in soybean–wheat system of central India," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 24, pp. 4603–4612, 2017. doi: 10.1007/s11356-016-8189-5.

تأثير اضافة مستويات مختلفة من الهلام المائي والبوتاسيوم الى التربة في بعض العمليات الفسلجية والمحتوى المعدني لنباتات الحلبة النامية تحت فترات جفاف مختلفة

فرح صبحي صالح الطائي[1] , محمد سعيد فيصل[2]

[1,2]قسم علوم الحياة، كلية التربية للعلوم الصرفة، جامعة الموصل، الموصل، العراق

الخلاصة

أجريت الدراسة في قسم علوم الحياة / كلية التربية للعلوم الصرفة / جامعة الموصل خلال فصل الخريف لبيان تأثير تعريض نباتات الحلبة الحلبة . *Trigonella foenum-graecum* L لفترات جفاف مختلفة (10 و20) يوم والتقليل من الاثار السلبية للجفاف من خلال معاملة التربة بمستويات مختلفة من البوتاسيوم (0.1 و0.15) غم / كغم تربة والهلام المائي (8 و10) غم / كغم تربة .

بينت الدراسة ان تعريض نباتات الحلبة الى فترتي الجفاف وخصوصا فترة الجفاف (20) يوما ادى الى حصول انخفاض معنوي بتركيز الكلوروفيل الكلي والكاروتين في الانسجة الورقية لنبات الحلبة اذ بلغت (0.338) و(0.115) ملغم /غم وزن رطب على التوالي مقارنة بمعاملة المقارنة. في حين لوحظ ان معاملة التربة بالهلام المائي Hydrogelعند المستويات (8) و (10) غم/كغم تربة أدت الى حصول زيادة بتركيز كل من الكلوروفيل الكلي ، في حين أدت المعاملة بالبوتاسيوم وعند التراكيز (0.1 و0.15) غم / كغم تربة ادى الى حصول زيادة معنوية بتركيز الكلوروفيل الكلي والذي بلغ (0.405 و0.419) ملغم/غم وزن طري على التوالي . وعلى العكس من ذلك لوحظ حصول زيادة معنوية بنسبة دليل الضرر في الانسجة الورقية لنبات الحلبة المعرضة الى فترتي الجفاف 10 و20 يوم اذ بلغت (29.044) و(32.472) % مقارنة بمعاملة المقارنة ، في حين حصل انخفاض معنوي بنسبة دليل الضرر في الانسجة الورقية للنباتات النامية في ترب معاملة بالهلام والبوتاسيوم وخاصة عند التركيزين (10)غم/كغم تربة و(0.15) غم/كغم تربة اذ بلغت (21.618) و(21.476)% على التوالي مقارنة بالنباتات غير المعاملة بالهلام المائي والبوتاسيوم .ادى تعريض النباتات الى فترات جفاف الى حصول انخفاض معنوي بتركيز كل من الكالسيوم والمغنيسيوم غير ان معاملة التربة بمستويات من الهلام المائي والبوتاسيوم ادى الى حصول زيادة معنوية بتركيز العنصرين في النبات مقارنة مع معاملة المقارنة.