# The Effect of potassium fertilization on growth and potassium recovery efficiency in soft wheat (*Triticum aestivum* L.)

**Bushra Alajoze*** 
**Dr. Ghiath Alloush****
**Dr. Leila Habib*****
**Dr. Bassel Mouhalla******

**(Received 10 / 4 / 2025. Accepted 9 / 2 /2026)**

## □ ABSTRACT □

A pot experiment was conducted in a greenhouse at Lattakia University during 2023\2024 using *Triticum aestivum* L. c.v. Sham 10, to study the effects of different potassium levels on growth and potassium recovery in wheat. The experiment was laid out in a randomized complete block design replicated three times. The experiment included 7 levels of potassium fertilization 50% K2O (K0=0, K1=25, K2=50, K3=100, K4=150, K5=200, K6=250 mg K\ Kg soil) as potassium sulfate (50% K2O).

The increase in potassium fertilization led to an increase in straw yield which ranged between 12 to 16.2 ton/ha, the lowest yield was in the control treatment while the highest was in K250 treatment.

The results also showed a significant increase in grain yield with the increase of potassium fertilizer addition. The highest value found in K200 treatment (12.7 ton/ha), constitutes a rate of increase 38.7% compared to the control (9.2 ton/ha).

The calculation of potassium recovery efficiency (RE%) showed a high value of (183.4%) in the K25 treatment. This value decreased with increasing level of potassium fertilizer to reach its lowest value in K250 treatment (61.67%).

**Key words:** Soft wheat, potassium fertilization, straw yield, Grain yield, Potassium recovery efficiency

**Copyright** **:**Latakia University journal (formerly Tishreen) -Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

* **PHD student- Faculty of Agricultural Engineering- Lattakia University(formerly Tishreen) - Lattakia- Syria bushra.alajoze@lattakia-univ.edu.sy**
** **Professor - Faculty of Agricultural Engineering – Lattakia University (formerly Tishreen) - Lattakia- Syria ghiathalloush@latakia-univ.edu.sy**
*** **Professor - Faculty of Agricultural Engineering – Lattakia University(formerly Tishreen) - Lattakia- Syria .leilahabib@latakia-univ.edu.sy**
**** **Assistant Professor - Faculty of Agricultural Engineering – Lattakia University(formerly Tishreen) - Lattakia- Syria - bassel.mhalla@latakia-univ.edu.sy**

# تأثير التسميد بالبوتاسيوم في النمو وكفاءة استرداد البوتاسيوم في نبات القمح الطري (*Triticum aestivum* L.)

**بشرى العجوز***

**د. غياث علوش****

**د. ليلى حبيب*****

**د. باسل محلا******

**(تاريخ الإيداع 10 / 4 / 2025. قبل للنشر في 9 / 2 / 2026)**

## ملخّص

تم إجراء تجربة أصص في موقع جامعة اللاذقية في العام 2023-2024، لدراسة تأثير إضافة معدلات مختلفة من البوتاسيوم في نمو وكفاءة استرداد البوتاسيوم من قبل نبات القمح الطري صنف شام 10، تم تصميم التجربة اعتماداً على نظام القطاعات العشوائية الكاملة بواقع 3 مكررات لكل معاملة، تضمنت التجربة 7 معاملات (مستويات) من التسميد البوتاسي (K0=0, K1=25, K2=50, K3=100, K4=150, K5=200, K6=250 mg K\ Kg soil) على صورة كبريتات البوتاسيوم 50%K2O.

أشارت النتائج إلى زيادة معنوية في وزن القش بشكل خطي مع زيادة معدلات السماد البوتاسي المضافة وتراوحت الأوزان بين 12 و16.2 طن/ هكتار حيث كان أقل وزن للقش في معاملة الشاهد وأعلاها في المعاملة K6. كما وتشير النتائج إلى زيادة معنوية في وزن الحبوب بالمقارنة مع الشاهد مع زيادة معدلات السماد البوتاسي المضافة وكانت أفضل ما يمكن في المعاملة K5 بمتوسط 12.7 طن/هكتار بزيادة مقدارها 38.7% عن الشاهد (9.2 طن/هكتار). وكانت قيمة كفاءة الاسترداد (RE, %) أعلى ما يمكن في المعاملة K1 (183.4%)، وانخفضت مع زيادة معدلات التسميد بالبوتاسيوم وسجلت أقل كفاءة في المعاملة K6 (61.67%).

**الكلمات المفتاحية:** القمح الطري، التسميد البوتاسي، غلة القش، الغلة الحبية، كفاءة استرداد البوتاسيوم.

**حقوق النشر** : مجلة جامعة اللاذقية ( تشرين سابقاً)- سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY-NC-SA 04

* طالبة دكتوراه - كلية الهندسة الزراعية- جامعة اللاذقية( تشرين سابقاً)- اللاذقية- سوريا Bushra.alajoze@lattakia-univ.edu.sy

** أستاذ - كلية الهندسة الزراعية- جامعة اللاذقية( تشرين سابقاً) -اللاذقية- سوريا ghiathalloush@latakia-univ.edu.sy

*** أستاذ - كلية الهندسة الزراعية- جامعة اللاذقية( تشرين سابقاً) -اللاذقية- سوريا leilahabib@latakia-univ.edu.sy

**** مدرس - كلية الهندسة الزراعية-جامعة اللاذقية( تشرين سابقاً) -اللاذقية- سوريا bassel.mhalla@latakia-univ.edu.sy

## مقدمة:

يحتل محصول القمح في الجمهورية العربية السورية المرتبة الأولى من حيث المساحة المزروعة وكميات الإنتاج بين المحاصيل الزراعية الحبية، حيث تبلغ المساحة المزروعة بالقمح والتي تم حصادها في الموسم الزراعي 2021/2020 بحوالي 787000 هكتار بإنتاج يقدر بنحو 1.05 مليون طن، وهو أقل بكثير من إنتاج سوريا خلال الفترة الممتدة بين عامي 2002–2011 والبالغة 4.1 مليون طن [11].

كانت سورية من الدول المصدرة للقمح، لكن ومنذ عام 2011 حتى الآن تقلصت المساحات المزروعة بالمحاصيل الزراعية بشكل عام وبالقمح بشكل خاص. ولهذا الأمر أهمية كبيرة خاصة أن سوريا تحتاج قرابة 2.5 مليون طن من القمح لتغطية احتياجاتها المحلية، وحالياً يتم استيراد الجزء الأكبر منه مما يكلّف خزينة الدولة مبالغ مالية كبيرة. ولذلك فمن الضروري البحث عن طرائق تساهم في زيادة إنتاجية وحدة المساحة لتغطية الطلب المحلي على القمح.

يعد القمح الطري من النباتات التي تنمو خلال فصل الشتاء وتعتمد إنتاجية المحصول على خصائص الصنف الوراثية والخصائص البيئية وتفاعلها مع بعضها البعض [15]. ويمتص القمح العناصر الغذائية اللازمة له من التربة إذ أن الكمية الممتصة تتوقف على صلاحية العنصر للامتصاص ومرحلة نمو وتطور النبات.

تقترح هيئة البحوث العلمية الزراعية أن يتم تسميد محصول القمح في منطقة الاستقرار الأولى بإضافة 96 كغ/N هكتار وحدة آزوت صافية وتعادل 208 كغ يوريا /هكتار أو 320 كغ نترات أمونيوم 30% للهكتار، أما السماد الفوسفاتي فيضاف بمقدار 38 كغ $P_2O_5$ /هكتار وهي تعادل 82 كغ سوبر فوسفات ثلاثي/هكتار، في حين يضاف السماد البوتاسي بمعدل 35 كغ $K_2O$/هكتار وبما يعادل 70 كغ سلفات البوتاسيوم 50% [17].

يعتبر البوتاسيوم أحد العناصر الغذائية التي تدعم الإنتاج وتحدد جودة المحصول النهائي، ويستطيع القيام بذلك دون أن يدخل في تركيب النبات الكيميائي أو البنية الجزيئية الخلوية حيث يتواجد كأيون حر فقط، مما يجعل من الصعب ربطه بمسارات استقلابية محددة كحال باقي العناصر الكبرى. كما يساعد نصف القطر الأيوني الكبير للبوتاسيوم على تقليل التداخلات التي يحدثها في الوظائف البيولوجية ضمن السيتوبلازم [22].

أدت الزراعة المستمرة واستخدام أنماط جينية عالية الإنتاجية إلى تقليل محتوى التربة من البوتاسيوم، مما يؤثر في إنتاجية وجودة النباتات الراقية. بينت الدراسة التقييمية التي أجراها [1] على أكثر من 300 حقل في فرنسا، أن إضافة البوتاسيوم قد أدت إلى زيادة إنتاج محاصيل الحبوب عندما كان تركيز البوتاسيوم المتبادل في التربة أقل من 80 مغ/كغ، بينما كانت استجابة النباتات للتسميد البوتاسي محدودة عند زراعتها في ترب متوسطة القوام ذات تركيز بوتاسيوم متبادل أعلى من 160 مغ/كغ تربة. وفي دراسة أجراها Khan وآخرون [29] لإظهار تأثير البوتاسيوم على نباتي الأرز والقمح فقد لاحظوا أن إضافة 60 كغ بوتاسيوم/هـ أدت إلى تحسين عوامل الإنتاجية، وبالتالي إنتاجية كلا المحصولين بزيادة مقدارها 50 و13% على التوالي مقارنة مع الشاهد. كما لعب البوتاسيوم دوراً مهماً في زيادة محصول الأرز، على الرغم من توفر العناصر الغذائية الأخرى، إلا أن زيادة المحصول بدون البوتاسيوم لم تكن كبيرة جداً [31]. وأظهر Duan وآخرون [38] زيادة في إنتاجية محصول القمح بنحو 17.6% عند تطبيق سماد NPK مقارنةً بـ NP فقط. وذكر Raza وآخرون [24] أن البوتاسيوم زاد من طول السنبلة وعدد السنيبلات لكل سنبلة وعدد الحبوب في السنبلة ومحصول الحبوب للقمح بنسب تصل إلى 21.8 و23.27 و39.24 و30.77% للمؤشرات المذكورة على التوالي بالمقارنة مع الشاهد في ظل ظروف الجفاف.

لقد سجل القمح أعلى إنتاجية عند مستوى 60 و200 كغ $K_2O$/هـ و50 كغ $K_2SO_4$/هـ على التوالي في دراسات أجريت في باكستان والمملكة العربية السعودية والهند [19]. كما أدى تطبيق البوتاسيوم إلى زيادة في الإنتاجية الحبية والكتلة الحيوية للقمح المزروع في الصين، وتراوحت معدلات الاستجابة الإيجابية بين 42.4–69.7% [4]. كما أشارت الدراسة التي أجراها [36] إلى دور التسميد بـ KCl في زيادة طول ومساحة الأوراق في نبات القمح وتعزيز معدل التمثيل الضوئي لورقة العلم وعدد الإشطاءات الكلية والمنتجة للنبات حتى مستوى 75 كغ KCl/هـ. كما وجد [2] أن تطبيق جرعة بوتاسية مقدارها 100 كغ $K_2O$/هـ أدت إلى تحسين محتوى الحبوب من البروتين والهيدروكربونات وزيادة الإنتاجية الحبية بمقدار 600 كغ/هـ مما يعني زيادة مقدارها 6 كغ حبوب لكل كيلوغرام سماد بوتاسي مضاف $K_2O$.

كما يعتبر البوتاسيوم مسؤولاً عن تحسين جودة المحصول، ولذلك يُطلق عليه العديد من العلماء اسم "عنصر الجودة" حيث أظهر [32] أن نسبة البروتين في حبوب الذرة (*Zea mays* L.) كانت أعلى عند تطبيق سماد NPK متوازن، ومع ذلك فقد انخفضت نسبة البروتين وجودة الحبوب عند تطبيق سماد NP فقط. وتشير العديد من الدراسات إلى دور البوتاسيوم في تحفيز النمو المبكر للنبات [26]، وتحسين إنتاجية وجودة المحصول وذلك بسبب دوره الأساسي في انتقال الكربوهيدرات واستقلابها وعملية التمثيل الضوئي، حيث يؤدي نقص البوتاسيوم إلى انخفاض عدد الأوراق وحجمها، وبالتالي تقليل مساحة المسطح الأخضر، وتقليل معدل التمثيل الضوئي بسبب دوره في تنظيم عمل الثغور، وبالتالي موازنة دخول غاز ثاني أوكسيد الكربون وخروج بخار الماء وتنشيط أنزيم ATP synthase ، الذي يتحفز بوجود مستويات بوتاسيوم مثالية. كذلك له دور في تنشيط العمل الأنزيمي لاختزال النترات وتصنيع النشاء، اللذان يخلقان توازناً بين إنتاج كل من البروتين والكربوهيدرات، وبالتالي في حالة نقص البوتاسيوم يتعطل تكوين البروتين والنشاء حتى عندما يكون هناك إمداد وفير من الآزوت. كذلك يلعب البوتاسيوم دوراً في نظام النقل ضمن النبات، وبالتالي يعيق نقصه نقل $Ca^{2+}$ و$Mg^{2+}$ و$NO3^{-}$ و$PO4^{3-}$ وهرمونات النبات والإنزيمات [9،23].

## أهمية البحث وأهدافه:

يعتبر محصول القمح من أهم محاصيل الحبوب المزروعة في الجمهورية العربية السورية، لارتباطه بتحقيق الأمن الغذائي، وتتعرض زراعته إلى العديد من التحديات: منها انخفاض الإنتاجية بسبب قلة التسميد. ونظراً للدور الرئيس الذي يلعبه عنصر البوتاسيوم وندرة استخدامه في البرامج السمادية، كان لا بد من إجراء بحث يهدف إلى دراسة استجابة نبات القمح صنف شام 10 (*Triticum aestivum* L. c.v. Sham 10) للتسميد بمستويات متدرجة من البوتاسيوم، وتأثيرها في بعض معايير النمو والإنتاجية وكفاءة استرداد البوتاسيوم المضاف.

## طرائق البحث ومواده:

### مواد التجربة:

### 1. التربة المستخدمة:

تم جمع التربة من الطبقة السطحية (0–20 سم) لحقل في مبقرة فيديو– محافظة اللاذقية، وهي تربة رملية طينية لومية. تم نخلها عبر منخل أقطار فتحاته 5 سم للتخلص من الأعشاب والحصى. ثم جففت هوائياً في بيت

بلاستيكي تابع لمشتل كلية الهندسة الزراعية- جامعة اللاذقية، ووضعت في أكياس حتى موعد الزراعة. تم إجراء بعض التحاليل المخبرية على التربة قبل الزراعة لتحديد أهم خصائصها الفيزيائية والكيميائية [21]، يوضحها الجدول 1.

**جدول (1): بعض الخواص الفيزيائية والخصوبية للتربة المستخدمة**

| تحليل ميكانيكي (%) | | | pH 2.5:1 | EC (mS/cm) 2.5:1 | $CaCO_3$- كلية (%) | OM (%) | N (%) | CEC ملي مكافئ/100غ | العناصر المتاحة مغ/كغ تربة | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| رمل | سلت | طين | | | | | | | Olsen-P | K | Ca |
| 51.6 | 14.6 | 33.7 | 7.1 | 0.28 | 2.9 | 1.71 | 0.15 | 33.24 | 7.73 | 67.6 | 98.7 |
| رملي طيني لومي | | | | | | | | | | | |

**2. المادة النباتية:**

تم الحصول على بذار القمح الطري (*Triticum aestivum* L.) صنف شام 10 من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية وهو من الأصناف السورية (متوسط إنتاج 8 طن/هـ مروي).

**3. تصميم التجربة:**

نفذت التجربة خلال الموسم الزراعي 2023-2024 في مشتل جامعة اللاذقية. وتضمنت التجربة سبع مستويات للسماد البوتاسي (K0=0, K1=25, K2=50, K3=100, K4=150, K5=200, K6=250 mg K\ Kg soil)، والتي تعادل مستويات التسميد (0 - 29.5 - 59 - 118 - 177 - 236 - 295 كغK/هـ)، باعتبار أن مساحة الاصيص 0.0254 $م^2$، والكثافة الظاهرية للتربة 1.25 غ/ $سم^3$، ووزن التربة في الأصيص 3 كغ. لكل معاملة ثلاث مكررات فيكون العدد الإجمالي 21 أصيصاً.

**4. التسميد:**

**التسميد الآزوتي:** تلقت جميع المعاملات تسميداً آزوتياً بمعدل 400 كغ يوريا/هـ (تعادل 2.2 غ/أصيص) على صورة يوريا (46% N)، موزعة على ثلاث دفعات: 25% خلطت مع التربة عند الزراعة، و50% أضيفت في مرحلة الإشطاء (2023/12/18)، و25% في مرحلة استطالة الساق وطرد السنابل (2024/1/22)، حيث تمت الإضافات خلال موسم النمو عن طريق حل اليوريا مع ماء الري وسقاية التربة من الأعلى لضمان التوزيع المتجانس للسماد على كامل سطح التربة.

**التسميد الفوسفاتي:** أضيفت الجرعة السمادية الفوسفاتية دفعة واحدة عند الزراعة على هيئة سوبر فوسفات ثلاثية (TSP, $P_2O_5$= 46%) وذلك بمقدار 0.374 غ/أصيص الأمر، الذي يرفع تركيز الفوسفور بمقدار 25 مغ P/كغ، وهي تعادل 147 كغ TSP/هـ.

**التسميد البوتاسي:** أضيف دفعة واحدة على هيئة سماد سلفات البوتاسيوم ($K_2O$= 50%) عند الزراعة بالخلط مع تربة الأصيص، وبمستويات متدرجة 0-250 مع K/كغ تربة كما هو موضح في تصميم التجربة.

**5. الزراعة والعناية بالتجربة:**

تمت الزراعة بتاريخ 2023\11\16 عن طريق وضع 12 بذرة على عمق 1سم في كل أصيص (قطره 18.5سم، عمقه 17 سم). وزعت الأصص عشوائياً على طاولات في بيت بلاستيكي في مشتل جامعة اللاذقية، تم الري بالخاصة الشعرية عن طريق وضع الماء في صحون أسفل الأصص حتى بلوغه السطح العلوي للتربة. تم

التفريد الى 9 نباتات بالأصيص والتي تعادل معدل بذار 120 كغ/هكتار معتمدين بذلك على تعداد الحبوب بوحدة الوزن (غ) ومساحة الأصيص. تم ري الأصص بين 1–3 مرات أسبوعياً حسب الحاجة ومراحل تطور النبات بماء الصنبور، وذلك بإضافة الماء من الأسفل من خلال الصحون حتى بلوغ الماء السطح العلوي للتربة في كل مرة، استمرت عمليات الري حتى انتهاء مرحلة ملء الحبوب حيث تم البدء بفطم النباتات عن الماء تدريجياً وصولاً لمرحلة النضج الفيزيولوجي الكامل. أزيلت الأعشاب يدوياً كلما اقتضت الحاجة. تم رش التجربة وقائياً بمبيد حشري ديلتامثرين (3 و14/ آذار 2024)، ولم تظهر أعراض للإصابة الفطرية على النباتات خلال فترة التجربة.

**6. الحصاد:**

تم الحصاد يدوياً بتاريخ 6\4\2024 وذلك بقص النباتات عند مستوى سطح التربة وتم قياس المؤشرات التالية:

1. وزن القش في الأصيص.
2. وزن الحبوب في الأصيص.
3. وزن الجذور.

**7. التحاليل المخبرية:**

جففت عينات القش والحبوب والجذور في الفرن على درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة 48 ساعة أو حتى ثبات الوزن. ثم طحنت وهضمت هضماً جافاً بالترميد لتقدير محتواها من البوتاسيوم باستخدام جهاز اللهب [21].

**8. الحسابات والتحليل الإحصائي:**

تم حساب كفاءة الاسترداد للبوتاسيوم (Recovery Efficiency RE%) والتي تعبر عن قدرة الصنف على امتصاص البوتاسيوم المضاف للتربة من قبل النبات [40].

RE% = [ K المزاح في الحبوب والقش والجذور في معاملة التسميد البوتاسي /المعدل السمادي المضاف] × 100

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) بحسب مصادر التباين (معدل التسميد بالبوتاسيوم والمكررات). كما تم فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي SAS [33].

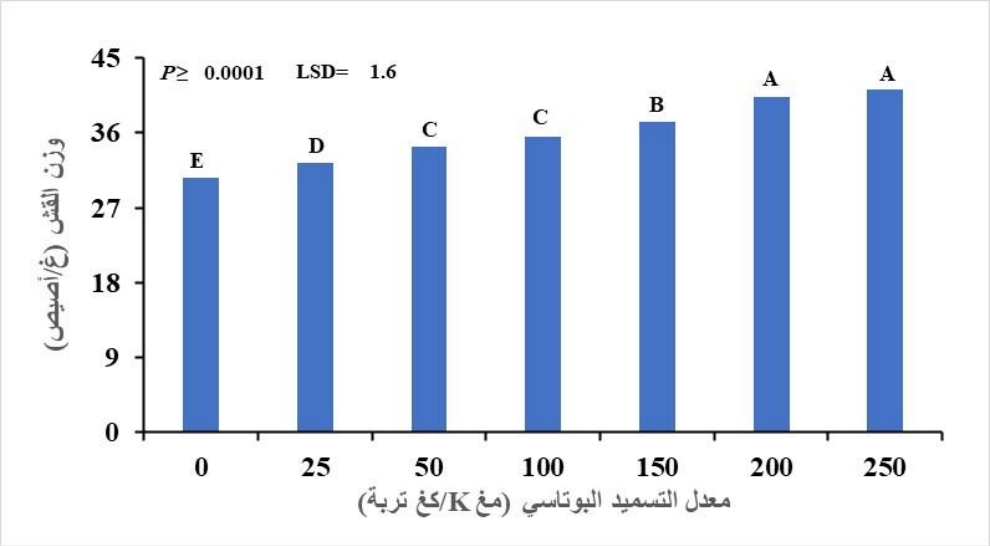
## النتائج والمناقشة:

**1. تأثير التسميد بالبوتاسيوم في وزن القش (غ/أصيص):**

تشير النتائج الموضحة في الشكل 1، إلى زيادة خطية في وزن القش مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي المستخدمة ($y=0.7104x+11.316/ R^2 = 0.9913$).

تفوقت جميع المعاملات على الشاهد وحققت المعاملتان K5 وK6 أعلى متوسطات (40.3 و41.2 غ/أصيص) بزيادة مقدارها 31.5 و34.5% على التوالي مقارنة مع الشاهد (30.6 غ/أصيص)، كما حققت المعاملة K4 37.4 غ/أصيص بزيادة مقدارها 22.2% عن الشاهد، بينما كان وزن القش في المعاملتين K2 وK3 هو 34.3 و35.6 غ/أصيص بزيادة مقدارها 12 و16.22% على التوالي مقارنة مع الشاهد، أما المعاملة K1 فقد حققت 32.4 غ/أصيص بزيادة مقدارها 6% مقارنة مع الشاهد. قد يعود ذلك إلى دور البوتاسيوم في زيادة امتصاص شوارد النيتروجين والفوسفور والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنيسيوم [39]. حيث أشار [7] إلى أن الامتصاص السريع لشوارد النترات يعتمد على وجود كمية كافية من البوتاسيوم في محلول التربة، كذلك يعمل البوتاسيوم كمرافق

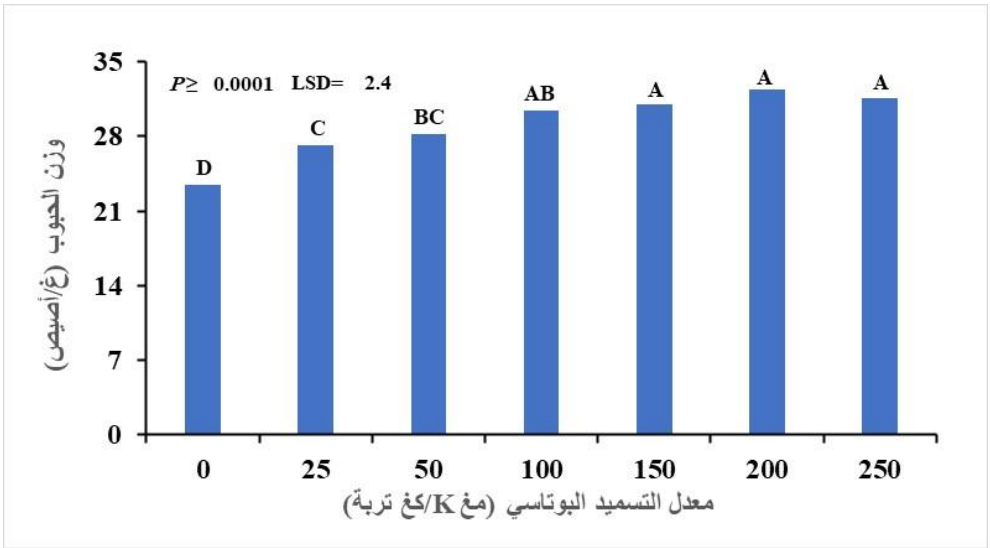
لشوارد النترات الصاعدة مع النسغ الناقص نحو الأوراق، إضافة إلى دوره في تنشيط عمل أنزيم إرجاع النترات. وبالتالي زيادة معدلات تشكيل البروتين، الذي بدوره يستخدم في عمليات البناء، ويساهم في زيادة تراكم المادة الجافة، وبالتالي زيادة وزن القش.




**الشكل (1): تأثير معدل التسميد بالبوتاسيوم في وزن القش (غ/أصيص) لنباتات القمح الطري (شام 10).**

**2. تأثير التسميد بالبوتاسيوم في وزن الحبوب (غ/أصيص):**

يعتبر وزن الحبوب مؤشراً على تراكم المادة الجافة، والتي تتعلق بشكل مباشر بالتوازن الحاصل بين تشكل البروتين والكربوهيدرات الذي يلعب البوتاسيوم دوراً هاماً فيه كما ذكر سابقاً [9،23]. إضافة إلى دور البوتاسيوم في زيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي، وبالتالي زيادة كمية المادة الجافة المنتجة خلال فترة امتلاء الحبوب [14]، وتحسين تمثيل العناصر الغذائية وتسهيل نقلها وتخزينها في الحبوب [35].




**الشكل (2): تأثير معدل التسميد بالبوتاسيوم في وزن الحبوب (غ/أصيص) لنباتات القمح الطري (شام 10).**

تشير النتائج الموضحة في الشكل رقم (3) إلى زيادة معنوية في وزن الحبوب بالمقارنة مع الشاهد، إذ كانت أفضل زيادة في وزن الحبوب في المعاملة K5 (32.45 غ/أصيص)، والتي تعادل (12.8 طن/هـ) بزيادة مقدارها

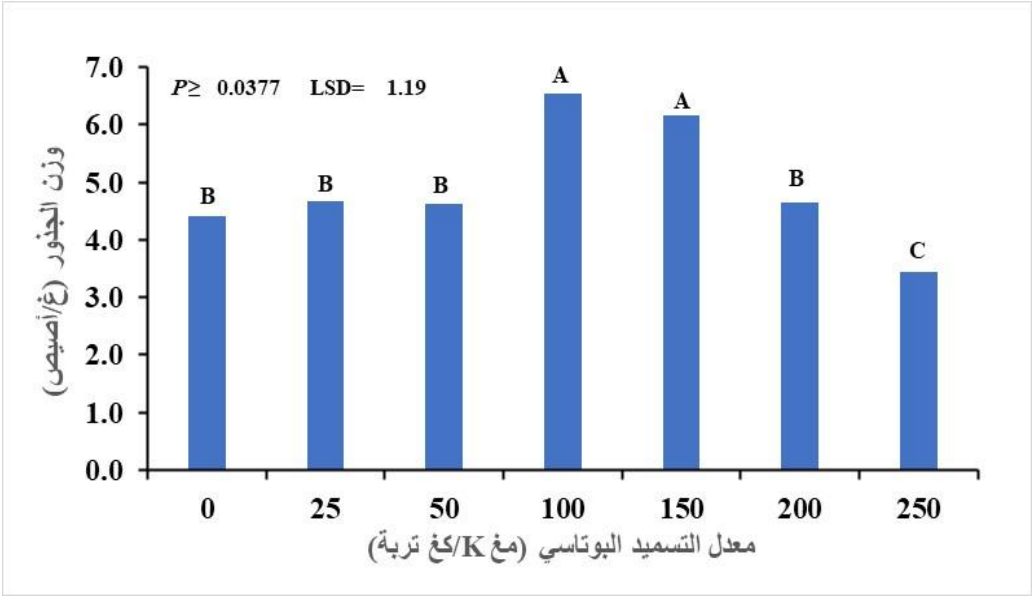
38.7% عن الشاهد الذي حقق 23.4 غ/أصيص. (يعادل 9.2 طن/هـ) وأشارت نتائج التحليل الإحصائي إلى عدم وجود فروقات معنوية بينها وبين المعاملات K3 وK4 وK6 التي حققت متوسطات 30.39 و31 و31.6 غ/أصيص (تعادل 11.9، 12.2، 12.8 طن/هـ) بزيادة معنوية 30 و32.6 و35.1% على التوالي مقارنة مع الشاهد، أما بالنسبة للمعاملة K2 فقد حققت متوسطاً قدره 28.2 غ/أصيص (11.09 طن/هـ) بزيادة معنوية قدرها 20.5% مقارنة مع الشاهد، مع عدم وجود فروق معنوية بينها وبين المعاملة K100، في حين حققت المعاملة K1 أقل متوسط لوزن الحبوب (27.2 غ/أصيص) بزيادة 16% بالمقارنة مع الشاهد.

**3. تأثير التسميد بالبوتاسيوم في وزن الجذور (غ/أصيص):**

يعد الجذر مسؤولاً عن امتصاص العناصر الغذائية، وبالتالي يكون له تأثير كبير على نمو المحصول، وقد يتعرض النبات خلال مراحل نموه إلى العديد من الضغوط الحيوية وغير الحيوية، مما يدفع بالنبات إلى اتخاذ عدة إجراءات لمواجهتها من ضمنها تعديل النظام الجذري [27]، يمكن أن يؤدي نقص البوتاسيوم إلى تقليل نشاط الإنزيمات وخاصة تلك المرتبطة باستقلاب النيتروجين مما يؤثر على تخليق وتراكم المادة النباتية الجافة [30،37، 8]. ووجد [28] أن نقص البوتاسيوم يعيق نقل منتجات عملية التمثيل الضوئي من الأوراق إلى الجذور مسبباً انخفاض تراكم المادة الجافة في الجذور.

كما وجد [20] أن لوجود الكالسيوم والصوديوم دوراً مهماً في تخفيف أعراض نقص البوتاسيوم على النبات من خلال تنظيم الضغط الأسموزي للخلايا واستقرار بنيتها الخلوية. ويمكن اعتبار ما سبق آليات قصيرة المدى تساعد النبات على تحفيز النشاط الجذري والتحكم في امتصاص العناصر الغذائية [27].

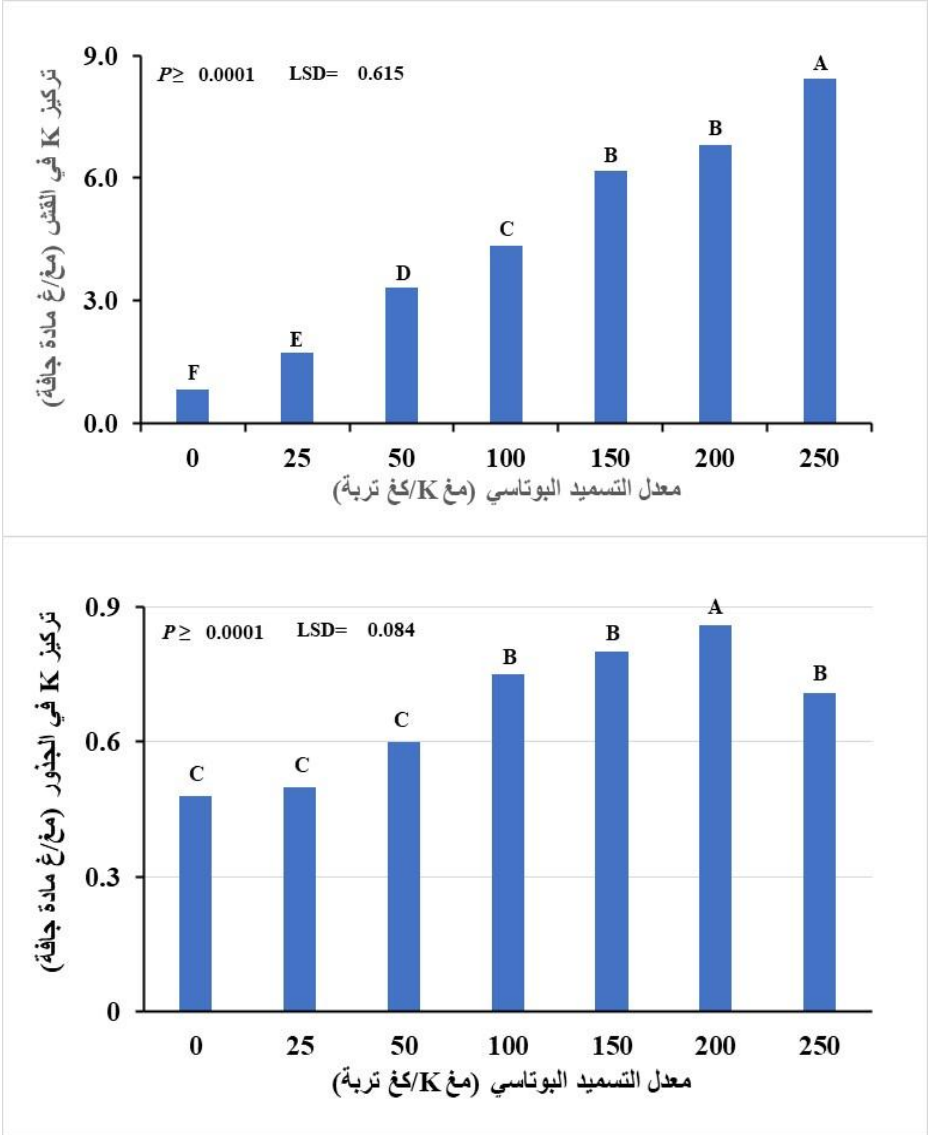
في هذه التجربة تفوق وزن جذور المعاملتان K3 وK4 على باقي المعاملات حيث حققتا متوسط 6.5 و6.2 غ/أصيص بزيادة مقدارها 48 و39.4% على التوالي مقارنة مع الشاهد الذي حقق وزن 4.4 غ/أصيص والذي بدوره لم يختلف معنوياً عن المعاملات K2 وK3 وK5 التي حققت 3.7 و4.6 و4.7 غ/أصيص على التوالي مع ملاحظة أن أقل وزن للجذور كان في المعاملة K6 (3.5 غ/أصيص)، كما هو موضح في الشكل رقم (2).

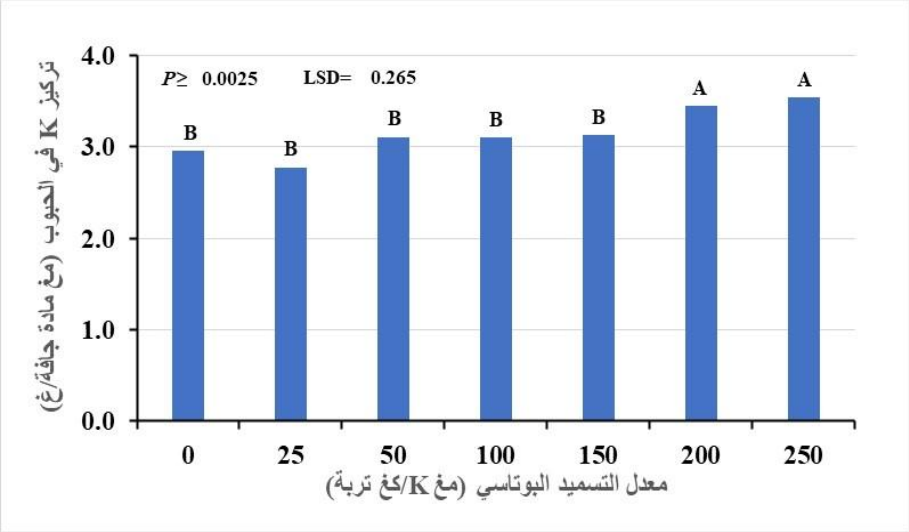



**الشكل (3): تأثير معدل التسميد بالبوتاسيوم في وزن الجذور (غ/أصيص) لنباتات القمح الطري (شام 10).**

**4. تأثير التسميد بالبوتاسيوم في تركيز البوتاسيوم في أجزاء النبات المختلفة:**

أظهرت النتائج المبينة في الشكل رقم (4) أن تركيز البوتاسيوم في القش كان يزداد بشكل خطي مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي، حيث بلغت قيمة معامل التحديد ($y=1.2625x-0.5599 \setminus R^2=0.9893$). وكانت أفضل ما يمكن في المعاملة K6 بمتوسط 8.4 مغ/غ مادة جافة، مقارنة مع الشاهد الذي حقق 0.8 مغ/غ مادة جافة بزيادة معنوية مقدارها 897.7%. بينما حققت المعاملتان K4 وK5 6.2 و6.8 مغ/غ مادة جافة، بزيادة معنوية مقدارها 631.7 و692.8% على التوالي مقارنة مع الشاهد.






**الشكل (4): تأثير معدل التسميد البوتاسي في تركيز البوتاسيوم في الأجزاء المختلفة لنباتات القمح الطري (شام 10).**

أما في الجذور، فلم يكن هنالك فروقات معنوية في تركيز البوتاسيوم ما بين المعاملات K0 وK1 وK2 والتي حققت متوسطات 0.48 و0.5 و0.6 مغ/غ مادة جافة على الترتيب، بينما كان التركيز أفضل ما يمكن في جذور المعاملة K5 التي حققت متوسطاً قدره 0.86 مغ/غ مادة جافة، وبزيادة معنوية مقدارها 79.16% مقارنة مع الشاهد. كما لم يكن هناك فروقات معنوية في تركيز البوتاسيوم في جذور المعاملات K3 وK4 وK6، التي حققت 0.75 و0.8 و0.86 مغ/غ مادة جافة وبمعدلات 56.25 و66.66 و79.16% على الترتيب مقارنة مع الشاهد.

أما فيما يتعلق بتركيز البوتاسيوم في الحبوب فقد ظهرت الفروق المعنوية فقط في المعاملتين K5 وK6 التي حققت 3.45 و3.54 مغ/غ مادة جافة، وبزيادة مقدارها 16.55 و19.59% على الترتيب، مقارنة مع الشاهد الذي حقق متوسط 2.96 مغ/غ مادة جافة. بينما لم يكن هناك فروقات معنوية بين الشاهد وكل من المعاملات K1 وK2 وK3 وK4 التي حققت 2.87 و3.1 و3.11 و3.13 مغ/غ مادة جافة. هذا يتوافق مع ما وجده [3] حيث زاد تركيز البوتاسيوم في حبوب القمح والقش بشكل ملحوظ مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي مقارنة مع الشاهد، بسبب انخفاض تركيز البوتاسيوم الذائب في محلول التربة، وبالتالي انخفاض امتصاصه.

**5. تأثير التسميد بالبوتاسيوم في محتوى الأجزاء النباتية من البوتاسيوم:**

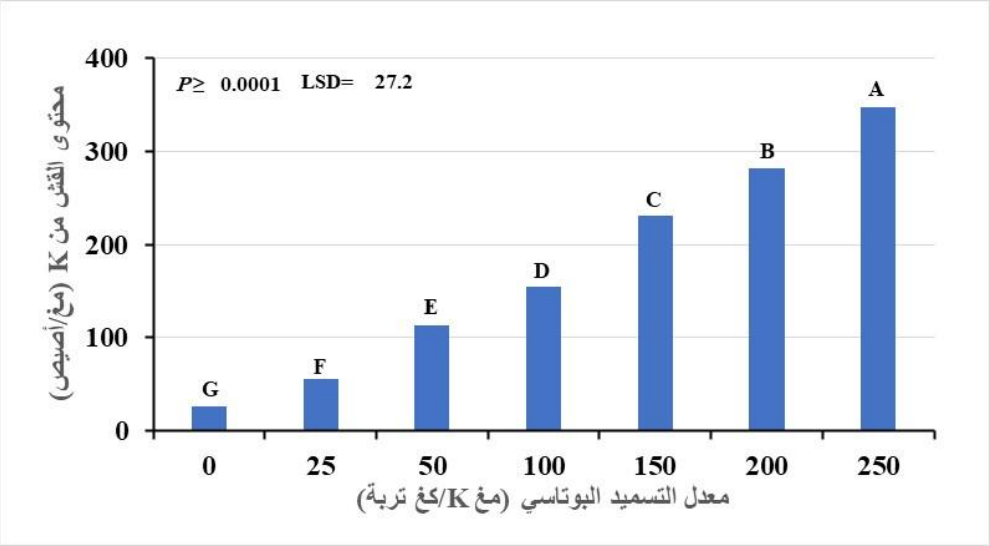
أظهرت النتائج في الشكل 5، أن محتوى البوتاسيوم في القش ازداد بشكل خطي مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي المستخدمة ($y=54.759x-46.076\ \backslash\ R^2=0.9904$) وكان أعلى ما يمكن في المعاملة K6 (347.11 مغ K/أصيص) بزيادة مقدارها (1242.2%) مقارنة مع الشاهد (25.86 مغ K/أصيص). أما بالنسبة لباقي المعاملات K1 وK2 وK3 وK4 وK5 فقد كان محتواها 55.91، 113.85، 154.8، 231.23، 273.47 مغ K/أصيص وبزيادة معنوية مقدارها 116.2، 340.2، 499، 794، 990% على التوالي.

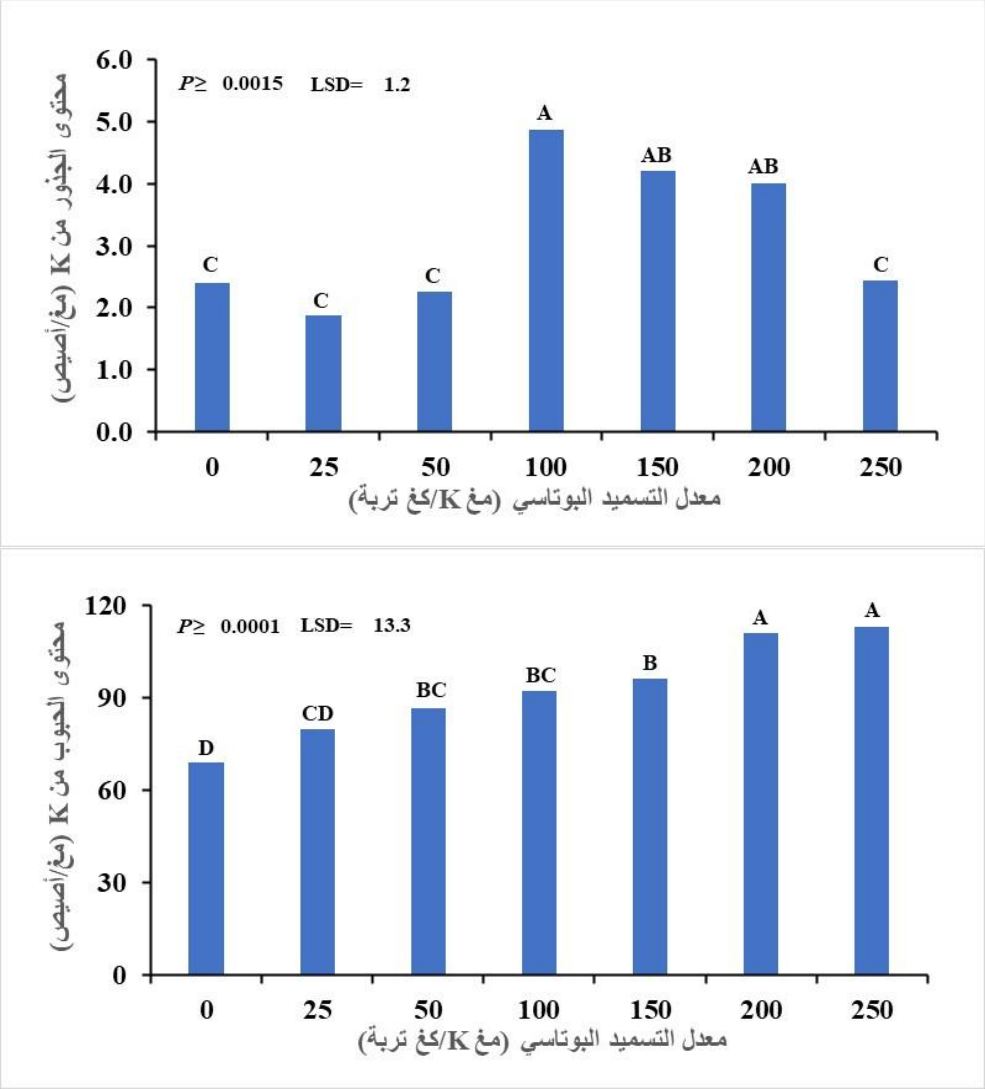
أما فيما يتعلق بمحتوى الحبوب من البوتاسيوم أيضاً كان هناك علاقة خطية بين المتغيرين ($y=7.2775x+63.561\ \backslash\ R^2=0.9748$) فقد تفوقت جميع المعاملات على الشاهد مع عدم وجود فروق معنوية بين المعاملتين K5 وK6 اللتان تفوقتا معنوياً على باقي المعاملات (111.21 و113 مغ/أصيص على التوالي). لاحظ [7] اتجاهاً تصاعدياً لمعدلات امتصاص الحبوب والقش للبوتاسيوم مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي.

تشير الدراسة التي أجراها [12] إلى زيادة 70–140٪ من محتوى البوتاسيوم في القش، وبنسبة 50–154٪ في الحبوب، مقارنة بالشاهد في المعاملات التي تلقت 25–50–75–100 كغ K2O/هـ. وذكر [13] أن إضافة البوتاسيوم تؤدي إلى زيادة مستوياته في أنسجة النبات وحوالي 80 إلى 90٪ من البوتاسيوم الذي تمتصه النباتات يوجد في القش حيث يحتاج القمح ومحاصيل الحبوب الأخرى البوتاسيوم بكميات مماثلة أو تزيد عن حاجته للآزوت في بعض الأحيان. من المهم هنا ذكر نتيجة [27] حيث بينوا أن أعلى امتصاص للبوتاسيوم في جميع أنواع المحاصيل الحبية هي في الفترة التي تسبق إنتاج المادة الجافة ثم انخفض محتوى النبات من البوتاسيوم مع نضج الحبوب ليتم فقدانه بشكل كامل من النبات.

بالنسبة لمحتوى الجذور من البوتاسيوم فقد ازداد أيضاً مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي وكان أفضل ما يمكن في جذور المعاملة K3 بزيادة مقدارها 103% مقارنة بالشاهد مع عدم وجود فروقات معنوية بينها وبين المعاملتين K4 وK5 ومن الملاحظ تماثل محتوى البوتاسيوم في جذور المعاملة K6 والشاهد (2.4 مغ/أصيص) (شكل5).

وفقاً لـ [4] فمن الممكن للبوتاسيوم أن ينتقل بسهولة من الأوراق والقش ليعود إلى التربة من خلال النظام الجذري في مراحل لاحقة من النمو وهذا ما يفسر انخفاض محتوى النبات من البوتاسيوم عند النضج بينما يحدث تراكم للبوتاسوم طول عمر النبات حتى النضج الفسيولوجي، إن التناوب بين هاتين العمليتين قد يساعد في تفسير أنماط التراكم المختلفة للبوتاسيوم في النبات. كما ذكر [27] أن نقص البوتاسيوم أدى إلى تقليل محتوى البوتاسيوم بشكل ملحوظ في المجموع الخضري والجذور للسلالات المتجانسة، وتراكمه في المجموع الخضري على حساب المجموع الجذري.






**الشكل (5): تأثير معدل التسميد بالبوتاسيوم في محتوى الأجزاء المختلفة من البوتاسيوم لنباتات القمح الطري (شام 10).**

**6. تأثير التسميد بالبوتاسيوم في كفاءة الاسترداد للبوتاسيوم المضاف (Recovery Efficiency RE):**

تعبر كفاءة الاسترداد عن قدرة الصنف على امتصاص البوتاسيوم المضاف للتربة من قبل النبات، وبالتالي تعتبر العامل الأكثر تأثيراً في كفاءة الاستفادة من البوتاسيوم في ظروف انخفاض مستوى البوتاسيوم في محلول التربة [15]. وعلى اعتبار أن جذور القمح ذات سعة تبادل كاتيونية منخفضة (23 ميلليمكافئ/ 100 غ جذور جافة) ذلك يحد من قدرتها على امتصاص البوتاسيوم [18].

يشير الجدول 2، إلى أن الإزاحة العظمى للبوتاسيوم كانت في القش وبأن المعاملة K6 قد أزاحت أعلى كمية من البوتاسيوم من الأصيص. وهنا تشير نسبة الاسترداد 100% إلى أن نباتات القمح في المعاملة قد امتصت جميع البوتاسيوم المضاف، وعندما تزيد النسبة عن 100% فهذا يعني أن نباتات المعاملة قد امتصت كل البوتاسيوم المضاف وجزءاً من بوتاسيوم التربة، وهذا ما بدا واضحاً في معاملتي التسميد 25 و 50 مغ K/كغ تربة.

كانت قيم كفاءة الاسترداد أعلى ما يمكن في المعاملة K25 (RE=%183.4) وبفرق معنوي عن باقي المعاملات، وتناقصت تدريجياً مع زيادة معدل التسميد بالبوتاسيوم، وكانت أقل كفاءة استرداد في المعاملة

K6 (RE=%61.67)، هذا يتوافق مع ما وصل إليه [7] حيث انخفضت كفاءة استرداد البوتاسيوم مع زيادة معدلات التسميد البوتاسي وكانت أعلى ما يمكن عند مستوى التسميد الأول الذي يعادل 30 كغ $K_2O$/هـ. كما أشار [25] إلى نتيجة مماثلة حيث انخفضت قيمة RE بزيادة معدلات النيتروجين والبوتاسيوم المستخدمة. كذلك أشار [34] إلى تأثر كفاءة استرداد محصول القمح البوتاسيوم بشكل كبير نتيجة التفاعل بين معدلات الأسمدة الآزوتيه والبوتاسيوم. قد يعود ذلك إلى أن الإضافات السمادية كانت أعلى من معدلات امتصاص البوتاسيوم من قبل الجذور، وليس بسبب انخفاض قدرة الجذور على امتصاص العنصر. حيث أن قدرة النبات على امتصاص العنصر ترتبط بالعديد من العوامل، ومن بينها تركيز العنصر ضمن النبات، فعند ارتفاع تركيز العنصر في الوسط يرتفع تركيزه في النسيج النباتي، فتقل كفاءة الامتصاص رغم توافر العنصر في وسط النمو، بينما يؤدي انخفاض تركيزه في التربة إلى تحفيز النبات على بناء مجموع جذري كثيف يزيد حجم التربة المستغل من قبل الجذور [16].

**جدول (2): البوتاسيوم المزاح في الأجزاء المختلفة لنباتات القمح وكفاءة استرداد البوتاسيوم (% RE)**

| K–مضاف مغ K/أصيص | K مزاح في الأجزاء النباتية المختلفة (مغ/أصيص) | | | K– مزاح كلي (ممتص) مغ/أصيص | RE % |
|---|---|---|---|---|---|
| | القش | الحبوب | الجذور | | |
| | | | | | |
| 0 | $25.86^{G}$ | $69.25^{D}$ | $2.40^{DC}$ | $97.51^{F}$ | |
| 75 | $55.91^{F}$ | $79.75^{DC}$ | $1.87^{D}$ | $137.53^{E}$ | $183.40^{A}$ |
| 150 | $113.85^{E}$ | $86.70^{BC}$ | $2.25^{DC}$ | $202.80^{D}$ | $135.50^{B}$ |
| 300 | $154.80^{D}$ | $92.49^{BC}$ | $4.87^{A}$ | $252.16^{C}$ | $84.05^{C}$ |
| 450 | $231.23^{C}$ | $96.30^{B}$ | $4.20^{AB}$ | $331.73^{B}$ | $73.90^{CD}$ |
| 600 | $273.47^{B}$ | $111.21^{A}$ | $4.00^{AB}$ | $388.68^{B}$ | $64.70^{E}$ |
| 750 | $347.11^{A}$ | $113.00^{A}$ | $2.44^{DC}$ | $462.55^{A}$ | $61.67^{DE}$ |
| | | | | | |
| LSD0.05 | 27.22 | 13.29 | 1.20 | 30.35 | 13.66 |
| | $P \leq F$ | | | | |
| | 0.0001 | 0.0001 | 0.0015 | 0.0001 | 0.0001 |

## الاستنتاجات والتوصيات:

**الاستنتاجات:**

1. كان لإضافة 200 كغK/هـ (K5) أفضل تأثير على وزن الحبوب الناتج بزيادة مقدارها 38.7% مقارنة مع الشاهد، دون وجود فرق معنوي بينها وبين المعاملات K3، K4 وK6.
2. أدت إضافة 200 كغK/هـ (K5) إلى زيادة وزن للقش بمقدار 41.5% مقارنة مع الشاهد.
3. أدت زيادة معدلات التسميد البوتاسي المضافة إلى زيادة تركيز البوتاسيوم في الأجزاء النباتية لكل من الجذور والقش والحبوب.
4. كانت أفضل كفاءة استرداد للبوتاسيوم بوجود 25 كغK/هـ (K1) بمقدار 183.40%.

**التوصيات:**

إجراء دراسة حقلية حول تأثير إضافة البوتاسيوم على نمو وإنتاجية نبات القمح، ولكن انطلاقاً من هذه التجربة يفضل إضافة 100 كغ K/هـ، لأنها أعطت إنتاجية حبية عالية مع الحفاظ على بوتاسيوم التربة دون استنزاف.

## References:

[1] A. Loué, Réponse à la fumure potassique en fonction de la nature de la culture et du niveau potassique des sols, dans les essais permanents., 1979.

[2] A. Messaoudi, F. Labdelli, N.Y. Rebouh, M. Djerbaoui, D. E. Kucher, S. Hadjout, and M. Latati, Investigating the Potassium Fertilization Effect on Morphological and Agrophysiological Indicators of Durum Wheat under Mediterranean Rain-Fed Conditions. Agriculture, 13(6), 1142. 2023.

[3] A. Saifullah, M. Ranjha, M. Yaseen, and M.F. Akhtar, Response of wheat to potassium fertilization under field conditions. Pak. J. Agric. Sci, 39(4), 269-272. 2002.

[4] A. Zhan, C. Zou, Y. Ye, Z. Liu, Z. Cui, and X. Chen, Estimating on-farm wheat yield response to potassium and potassium uptake requirement in China. Field Crops Research, 191, 13-19. 2016.

[5] A.I. Khan, A.A. Munsif, F. He, L. Khan, A. Ullah, and J. Ligeng, Optimizing rates and application time of potassium fertilizer for improving growth, grain nutrients content and yield of wheat crop. Open Agriculture, 4(1), 500-508. 2019

[6] A.L. Rahmatullah, R.A. Aziz, T.M.A. Maqsood, and, M. Ashraf, Differential potassium requirement and its substitution by sodium in cotton genotypes. Pak J Agric Sci, 43(3/4), 108-113. 2006.

[7] Brhane. M. H. and K. Teka, Optimum potassium fertilization level for growth, yield and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum) in Vertisols of Northern Ethiopia. Cogent Food & Agriculture, 3(1), 1347022. 2017

[8] C.X. Qu, C. Liu, Y.G. Ze, X.L. Gong, M.M. Hong, L. Wang, and F.S. Hong, Inhibition of Nitrogen and Photosynthetic Carbon Assimilation of Maize Seedlings by Exposure to a Combination of Salt Stress and Potassium-Deficient Stress. Biological Trace Element Research, 144, 1159-1174. 2011.

[9] D. Prasad, R. Singh, and A. Singh, Management of sheath blight of rice with integrated nutrients. Indian Phytol. 63, 11–15. 2010.

[10] D.D. Lakudzal, Potassium response in some Malawi soils. Int Lett Chem Phys Astron. 8(2):175–81. 2013.

[11] FAO. 2021. Special report: 2021 FAO Crop and Food Supply Assessment Mission to the Syrian Arab Republic – December 2021. Rome.

[12] G. Kubar, K. Talpur, M. Kandhro, S. Khashkhali, M. Nizamani, M. Kubar, K. Kubar, and A. Kubar, Effect of potassium (K+) on growth, yield components and macronutrient accumulation in Wheat crop. Pure Appl. Biol., 8(1): 248-255. 2019.

[13] G. L. Terman, S. E. Allen, and B. N. Bradford, Nutrient Dilution Antagonism effects in corn and snap beans in relation to rate and source of applied potassium. Soil Science Society of America Journal, 39(4), 680-685. 1975.

[14] G.A. Alloush, A.S. Al-Hafe, Response of Some Syrian Bread Wheat Cultivars to Nitrogen Fertilization: Growth and Productivity. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies -Biological Sciences Series Vol. (37) No. (3), 2015

[15] G.A. Alloush, B. Omran, Response of Bread wheat to potassium nutrition: some growth, productivity and efficiency parameters, Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (04) No. (5) 8402. 2018

[16] G.A. Alloush, **S**. Qoubailie, A.S. Al-Hafe, The Effect of nitrogen Fertilization and Potassium Humate on Growth and Nitrogen Utilization Efficiencies of Soft Wheat (Sham 10) under the Costal Conditions. Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Biological Sciences Series Vol. (44) No. (3), 2022

[17] General Authority for Agricultural Scientific Research, Wheat is a strategic crop and a source of food and income. Agricultural Extension Directorate.2009

[18] H. Marschner, Mineral nutrition of higher plants, Academic Press, London, U.K. 1995.

[19] H.B. Gebreslassie, Effect of potassium fertilizer on crop production. Journal of Natural Sciences Research, 6(7), 81-86. 2016.

[20] J. Daliparthy, A. V. Barker, and S. S. Mondal, Potassium fractions with other nutrients in crops: a review focusing on the tropics. Journal of plant nutrition, 17(11), 1859-1886. 1994.

[21] J. Ryan, G. Estefan, and A. Rashid, Soil and plant analysis: Laboratory Manual. ICARDA, NARC, 172 pp. 2001.

[22] J. Sardans, and J. Peñuelas, Potassium control of plant functions: Ecological and agricultural implications. Plants, 10(2), 419. 2021.

[23] M. Hasanuzzaman, B. Borhannuddin, K. Nahar, S. Hossain, J. Al-mahmud, S. Hossen, A. Masud, and M. Fujita, Potassium: A Vital Regulator of Plant Responses and Tolerance to Abiotic Stresses. Agronomy, 8, 31. 2018.

[24] M.A.S. Raza, M.F. Saleem, G.M. Shah, I.H. Khan, Raza, A. Exogenous application of glycinebetaine and potassium for improving water relations and grain yield of wheat under drought. J. Soil Sci. Plant Nutr. 14, 348–364. 2014.

[25] N. h. Jackson, Evaluation of nitrogen and potassium interactions in corn. Iowa State University. 2018

[26] P. Marschner, Mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. London: Academic Press; p. 178–89. 2012.

[27] Q. Du X. Zhao, C. Jiang, X. Wang, Y. Han, J. Wang, and H. Yu, Effect of potassium deficiency on root growth and nutrient uptake in maize (Zea mays L.). Agricultural Sciences, 8(11), 1263-1277. 2017.

[28] R. Hell, and R.R. Mendel, Cell Biology of Metals and Nutrients. Springer Ebooks, 17, 209-246.https://doi.org/10.1007/978-3-642-10613-2. 2010.

[29] R. Khan, A.R. Gurmani, A.H. Gurmani, and M.S. Zia, Effect of potassium application on crop yields under wheat-rice system. Sarhad J. Agric. 23, 277–279. 2007.

[30] S. Kanai, and K. Fujita, Depression of Sink Activity Precedes the Inhibition of Biomass Production in Tomato Plants Subjected to Potassium Deficiency Stress. Journal of Experimental Botany, 58, 2917-2928. 2007.

[31] S. Uddin, M.A.R. Sarkar, and M.M. Rahman, Effect of nitrogen and potassium on yield of dry direct seeded rice cv. Nerica 1 in Aus season. Int. J. Agron. Plant Prod. 4, 69–75. 2013.

[32] S. Yang, L. Fengmin, S.S. Malhi, P. Wang, D. Suo, and J. Wang, Long-term fertilization efforts on crop yield and nitrate nitrogen accumulation in soil in northwestern China. Agron. J. 96, 1039–1049. 2004.

[33] SAS Institute, SAS user's guide: Statistics. SAS Inst., Cary, NC. 1999.

[34] T. Godebo, F. Laekemariam, and G. Loha, Nutrient uptake, use efficiency and productivity of bread wheat (Triticum aestivum L.) as affected by nitrogen and potassium fertilizer in Keddida Gamela Woreda, Southern Ethiopia. Environmental Systems Research, 10(1), 12. 2021.

[35] T. Longkumer, and T. Abraham, Productivity and Quality of Wheat (Triticum aestivum L.) as Influenced by Different Levels of Potassium and Nitrogen Fertilization. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2018. ISSN: 2319-7706 Volume 7 Number 08

[36] T. Tesfaye, F. Laekemariam, and A. Habte, Response of bread wheat (Triticum aestivum L.) to potassium (K) and blended NPS fertilizer rates in the nitisols of Southern Ethiopia. Applied and Environmental Soil Science, 2021

[37] X.G. Wang, X.H. Zhao, C.J. Jiang, C.H. Li, S. Cong, D. Wu, Y.Q. Chen, H.Q. Yu, and C.Y. Wang, Effects of Potassium Deficiency on Photosynthesis and Photoprotection Mechanisms in Soybean (Glycine max (L.) Merr.). Journal of Integrative Agriculture, 14, 856-863. 2015

[38] Y. Duan, X. Shi, S. Li, X. Sun, and X. He, Nitrogen use efficiency as affected by phosphorus and potassium in long-term rice and wheat. J. Integr. Agric.13, 588–596. 2014.

[39] Y. Misskire, T. Mamo, AM. Taddesse, and U. Yermiyahu, The effect of potassium on yield, nutrient uptake and efficiency of tef (Eragrostis tef Zucc. Trotter) on vertisols of north Western Ethiopian Highlands. J Plant Nutr 42:307–322. 2019.

[40] A. Dobermann. Nutrient use efficiency–measurement and management. (2007)