



تأثير التسميد الفوسفاتي في أهم معايير الإنتاجية ومؤشرات الكفاءة لأربعة أصناف من القمح الطري السوري (*Triticum aestivum* L.) المزروعة في تربة كلسية

The Effect of Phosphate Fertilization on Some Important Productivity and Efficiencies Traits in Four Cultivars of Syrian Soft Wheat (*Triticum aestivum* L.) Grown on Calcareous Soil

د. هزارة حبيب⁽³⁾ د. أسامة حتى⁽³⁾ د. غياث علوش⁽²⁾ م. لجين خليل⁽¹⁾
 Eng. Lujain Khalil⁽¹⁾ Dr. Ghiath Alloush⁽²⁾ Dr. Osama Hatta⁽³⁾ Dr. Hazzar Habib⁽³⁾

lujainkhalil98@gmail.com

<https://doi.org/10.66805/AAE-19.1.001018>

Received 23 July 2024; Accepted 28 October 2024

- (1) طالبة ماجستير، قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة اللاذقية، سورية.
 (1) Master's Student, Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Latakia University, Syria.
- (2) قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة اللاذقية، سورية.
 (2) Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Latakia University, Syria
- (3) الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، مركز بحوث اللاذقية، سورية.
 (3) General Commission for Scientific Agricultural Research (GCSAR), Latakia Research Center, Syria.

الملخص

نفذت تجربة أصص خلال الموسم الزراعي 2022-2023 في بيت بلاستيكي في جامعة اللاذقية، بهدف دراسة استجابة أربعة أصناف من القمح الطري السوري (*Triticum aestivum* L.) وهي: (شام 4 - شام 6 - شام 8 - شام 10) لمستويات متزايدة من التسميد الفوسفاتي (0 - 10 - 20 - 30 - 40 مغ P/كغ تربة)، التي تعادل (0 - 25 - 50 - 75 - 100 كغ P/هـ). تضمنت التجربة 20 معاملة بثلاثة مكررات، وزعت الأصص وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. زُرعت أصناف القمح في تربة كلسية منخفضة المحتوى من الفوسفور. بكثافة زراعية (9 نباتات/أصيص) التي تعادل كثافة (120 كغ/هـ). حُسبت الإنتاجية من القش والحبوب والزيادة النسبية لكل منهما، إضافةً إلى حساب معامل الحصاد وامتصاص الفوسفور. تفوق الصنف شام 8 بشكل واضح في الغلة الحبية حيث بلغت 17 طن/هـ عند أعلى معدل إضافة من التسميد الفوسفاتي (100 كغ P/هـ) مقارنة ببقية الأصناف عند معدل التسميد نفسه مما انعكس على جميع معايير الكفاءة المدروسة، حيث بلغت قيمة الكفاءة الزراعية AE للصنف شام 8 عند أعلى معدل 100 كغ P/هـ 140.8 وهي أعلى قيمة مقارنة مع باقي الأصناف، تفوق الصنف شام 10 في إنتاجيته من الغلة البيولوجية 25 طن/هـ عند المعدل 100 كغ P/هـ مقارنة بباقي الأصناف، وهذا ما انعكس على قيمة الكفاءة الفيزيولوجية PE حيث بلغت 727، ولم تتعد كفاءة الاستفادة من الفوسفور 22.7% في الأصناف الأربعة المدروسة. الكلمات المفتاحية: القمح الطري (*Triticum aestivum* L.)، التسميد الفوسفاتي، تربة كلسية، كفاءة امتصاص الفوسفور.

Abstract

A greenhouse pot experiment was conducted in the growing season 2022-2023 at Tishreen University campus to investigate the response of four Syrian varieties of soft wheat (Sham4, Sham6, Sham8, Sham10) to increasing levels of phosphorus fertilization (0, 10, 20, 30, 40 mg P/kg) which correspond to (0, 25, 50, 75, 100 kg P/ha). The experiment consisted of 20 treatments with three replicates. Pots were arranged in a randomized block design. Wheat varieties were sown in a calcareous soil with low available phosphorus content. The rate of Seeding was (9 plants/pot), correspond to planting density of 120 kg/ha. Productivity of grain and straw yields, relative grain yield (RGYI), relative straw yield (RSYI), harvest index (HI), some efficiency parameters related to growth and productivity were calculated, and P uptake was measured. The higher grain yield (17 tons/ha) was recorded for Sham 8 at P application rate (100 kg P/ha) compared with other varieties with the same level of P application. This influenced positively all efficiency parameters. Agronomic Efficiency (AE) was highest in Sham 8 (140.8 kg grain/kg of P applied) at the level 100 kg P/ha. The variety Sham10 had a higher biological yield (25 ton/ha) at 100 kg P/ ha compared to all varieties. This led for the physiological efficiency (PE) to increase to (727 kg grain increased/kg of P absorbed). Phosphorus utilization efficiency (PUE) did not exceeded 22.7% in the four varieties.

Keywords: Soft Wheat (*Triticum aestivum* L.), Calcareous Soil, Phosphate Fertilization, PUE.

المقدمة

يعد الفوسفور من العناصر الغذائية الأساسية للنبات، بالتالي يعدّ عاملاً حاسماً في نمو النبات ومحددًا لإنتاجية المحاصيل (Weeks and Hettiarachchi, 2019)، ويعود ذلك إلى دوره المهم في العديد من الوظائف الفيزيولوجية للنبات مثل التمثيل الضوئي، انقسام الخلايا وتطورها، انتقال الكربوهيدرات داخل النبات (Devau *et al.*, 2011)، إضافةً إلى دوره المباشر في تكوين (ATP, ADP) والمرافقات الأنزيمية (NADP, NADPH, NADH, FAD) ومشاركة النروجين في تشكيل (RNA, DNA) والفوسفوليبيدات (Mosali *et al.*, 2006). وتعد الأسمدة الفوسفاتية ضرورية لإنتاج المحاصيل وتحقيق الأمن الغذائي، هذا على الرغم من أن معدل الاستفادة من الفوسفور المضاف لا تتعدى 20-30% وذلك بسبب ضعف حركة الفوسفور في التربة وسهولة تثبيته فيها (Reis *et al.*, 2022). يُثبت الفوسفور في الترب الحامضية بواسطة أكاسيد الحديد والألمنيوم، بينما يُثبت في الترب الكلسية بواسطة كربونات الكالسيوم فتتخفف ذوبانية الفوسفور بسبب انخفاض شوارد الهيدروجين وسيادة شوارد الهيدروكسيد (Ibriki *et al.*, 2005). ونتيجة لذلك، تُضاف كميات فائضة من الأسمدة الفوسفاتية للترب الزراعية حيث يتعرض الفوسفور الذي لا تمتصه النباتات للانغسال أو الانجراف مع غرويات التربة ليتركز في المسطحات المائية محدثاً ظاهرة الإثراء الغذائي مما يلحق أضراراً بالنظم البيئية (Zak *et al.*, 2018).

يعد القمح الركيزة الأساسية لاستقرار أي بلد وتحقيق أمنه الغذائي فهو الغذاء الرئيس لأكثر من 40 دولة في العالم (Hasanuzzaman *et al.*, 2019)، ويوفر أكثر من 50% من السعرات الحرارية لسكان العالم (Elsahookie *et al.*, 2021)، ويشكل

القمح الطري النسبة الأكبر من الإنتاج العالمي للقمح كونه يستخدم في صناعة الخبز (Ferrer *et al.*, 2006)، بينما يستخدم القمح القاسي في صناعة البسكويت والمعكرونة (Habernicht *et al.*, 2002). لقد بلغت المساحة المزروعة في سوريا بالقمح 1.35 مليون هكتار، منها 44.8% مزروعة بالقمح الطري وبغلة 1939 كغ/هـ (المجموعة الإحصائية السورية، 2020).

يعد نقص الفوسفور أحد العوامل المحددة في إنتاج القمح، فقد أشارت العديد من الدراسات إلى زيادة في الغلة الحبية، البيولوجية، ارتفاع طول النبات وعدد الإسطاعات مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي وصولاً إلى عتبة محددة (Bashir *et al.*, 2015; Izhar *et al.*, 2020). كما تتعلق إنتاجية القمح بالصف المزرع وكفاءة استخدامه للفوسفور حيث تعد من الأمور الحاسمة في تحسين إنتاجية القمح، ومن الممكن تحسين كفاءة الاستخدام من خلال التحكم بالشكل السمادي المضاف وموعد وطريقة الإضافة (Alam *et al.*, 2003)، لذلك أجريت العديد من الدراسات لانتخاب الصنف الأفضل، طريقة الإضافة المثلى، والتركيز الأمثل. ففي تجربة حقلية على مدار عامين لمقارنة كل من الكفاءة الزراعية للفوسفور (Phosphorous Agronomic Efficiency=PAE)، كفاءة امتصاص الفوسفور (P Uptake efficiency=PUE)، والمواصفات الجذرية والفيزيولوجية والمورفولوجية لصفين من القمح الشتوي (KN92 و SJZ8) ومدى استجابتهما لستة معدلات من التسميد الفوسفاتي في تربة كلسية، بينت النتائج استجابة كلا الصنفين لمعدلات الفوسفور المضافة دون تباين في معدل النمو والإنتاجية عند عتبة 100 كغ P/هـ. بينما تباين الصنفان في كيفية تحقيق الإنتاجية والكفاءة، حيث تمكن الصنف KN92 من تعديل جذوره مورفولوجياً مما أدى إلى تفوقه في الكمية الكلية الممتصة من P في المجموع الخضري، فانعكس ذلك سلباً على كفاءة امتصاص الفوسفور PUE للإنتاج الحبي. بينما الصنف SJZ8 فقد تمكن من زيادة النشاط الفيزيولوجي للجذور. استنتج الباحثون بأن كفاءة امتصاص الفوسفور تخضع للتحكم الوراثي في جميع معدلات الفوسفور المضافة إلى نبات القمح، وذلك عن طريق اعتماد الأصناف على استراتيجيات مختلفة كالتعديل المورفولوجي والفيزيولوجي للجذور (Deng *et al.*, 2018). كما أكدت دراسة (Al-Murshidy ET AL., 2022) تأثير الصنف المدروس في معايير النمو والاستجابة للتسميد الفوسفاتي، حيث عُزِي الأمر أيضاً إلى هيمنة التركيب الوراثي في تأثيره على درجة الاستفادة من الفوسفور الذي اختلفت معه الاستراتيجيات المتبعة من قبل الأصناف، وهذه الاستراتيجيات مرتبطة بـ 1- بنية النظام الجذري مثل كثافة الجذور، الفروع الجانبية التي تمكن النبات من زيادة امتصاص الفوسفور من التربة (Jia *et al.*, 2018; Sun *et al.*, 2018; Wang *et al.*, 2019)، 2- زيادة إفراز الجذور للبروتونات والأنيونات العضوية والأنزيمات التي تزيد من ذوبان الفوسفور في التربة (Pang *et al.*, 2018; Robles-Aguilar *et al.*, 2019؛)، 3- التفاعلات الحيوية في التربة تزيد من حجم التربة التي تستطيع النباتات الاستفادة من الفوسفور الموجود فيها (Yang *et al.*, 2012; Zhang *et al.*, 2018). بالتالي يجب إيجاد أصناف كفوءة في استخدام الفوسفور لإنتاج غلة عالية مع إضافات فوسفاتية قليلة نسبياً للتوفير في تكاليف الإضافات السمادية.

أهمية البحث وأهدافه: تندر زراعة القمح الطري في المنطقة الساحلية رغم أنها تتصف بإنتاجية عالية. من هنا تكمن أهمية هذه الدراسة في تحديد الصنف الأفضل كفاءة في الاستفادة من السماد الفوسفاتي وتحقيق أفضل إنتاجية في ظروف المنطقة الساحلية. حيث يهدف البحث إلى:

- دراسة تأثير التسميد الفوسفاتي في معايير إنتاجية أصناف القمح الطري (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10).
- دراسة تأثير التسميد الفوسفاتي في معايير الكفاءة.

مواد وطرائق البحث

1- مواد التجربة

1-1- التربة

جمعت التربة من محطة بحوث دبا التابعة لمحطة بحوث ستخيرس من الطبقة السطحية 0 - 20 سم، وهي تربة سلتية لومية. أزيلت البقايا النباتية والحصى منها، وجرى تنخيلها من خلال منخل ذو فتحات 2 مم. ثم جففت هوائياً في البيت البلاستيكي في مشتل جامعة اللاذقية ووضعت في أكياس لحين توزيعها في الأخص والزراعة. كما أجريت التحاليل المخبرية على التربة قبل الزراعة لتحديد أهم خصائصها الفيزيائية والكيميائية (Ryan *et al.*, 2001)، ويوضحها الجدول (1).

الجدول 1. أهم الخصائص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة

P (مغ/كغ)	CaCO ₃ (%)		N- كلي (%)	OM (%)	EC ds/cm معلق مائي (1:2.5)	pH معلق مائي (1:2.5)	التوزيع الحبيبي (%)		
	متاح	فعالة					كلية	رمل	سلت
4.9	17.8	46	0.1	2.8	0.25	8.03	20	35	45
الكاتيونات (مغ/كغ تربة)									
Mg ⁺			Ca ⁺		K ⁺			NH ₄ ⁺	CEC
متاح			متاح		متاح			متاح	غ/م ¹⁰⁰
684			3000		102			6.8	22

التربة طينية ذات pH قاعدي جيدة المحتوى بالأزوت الكلي والمادة العضوية والكالسيوم والمغنيزيوم المتاحين، إلا أنها فقيرة المحتوى بالبوتاسيوم والفوسفور.

2-1- المادة النباتية

استُخدمت أربعة أصناف من القمح الطري السوري (*Triticum aestivum* L.) وهي (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)، جرى الحصول عليها من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية.

2- تصميم التجربة

نفذت التجربة خلال الموسم الزراعي 2022-2023 في مشتل جامعة اللاذقية. تضمنت التجربة خمسة مستويات من التسميد الفوسفاتي (0 - 25 - 50 - 75 - 100 كغ P/هـ)، التي تعادل تراكيز الفوسفور في التربة (0 - 10 - 20 - 30 - 40 مغ P/كغ)، باعتبار أن مساحة الأصبص 0.0269 م²، والكثافة الظاهرية للتربة 1.25 غ/سم³، ووزن التربة في الأصبص 3 كغ. كما تضمنت استخدام أربعة أصناف من القمح الطري السوري، وبالتالي كان عدد المعاملات في كل صنف قمح خمس معاملات، وبثلاثة مكررات فيكون العدد الإجمالي للأصبص 60 أصبصاً.

3- إجراءات التجربة

1-3- تحضير التجربة للزراعة

زُرعت في أصص بلاستيكية سوداء قطرها 18.5 سم، وعمق 20 سم، ملئت بـ 3 كغ تربة. ثم وضعت حبوب القمح على عمق 1 سم من سطح التربة بمعدل 12 حبة للأصيص. وزُعت الأصص عشوائياً على طاولات في البيت البلاستيكي في مشتل جامعة اللاذقية، جرى ري الأصص من الأسفل في صحنون حتى بلوغ الماء إلى السطح العلوي للتربة بالخاصة الشعرية. زرعت بتاريخ 2023/12/11، تم التفريد إلى 9 نباتات بالأصيص التي تعادل معدل بذار 120 كغ/هـ معتمدين بذلك على تعداد الحبوب بوحدة الوزن (غ) ومساحة الأصيص.

2-3- التسميد وعمليات الخدمة

1-2-3- التسميد

- التسميد الأزوتي: تلقت جميع المعاملات تسميداً آزوتياً بمعدل 400 كغ N/هـ على صورة يوريا (46% N)، موزعة على أربع دفعات: 25% من الجرعة عند الزراعة بشكل متجانس في تربة الأصيص، 25% من الجرعة في مرحلة الإشطاء، و25% في مرحلة استطالة الساق، و25% في مرحلة طرد السنابل، وجرت جميع الإضافات على شكل يوريا مضافة من الأعلى مع ماء الري.

- التسميد البوتاسي: أضيفت دفعة واحدة على هيئة محلول لمركب ملحي (K_2SO_4) عند الزراعة موزعة على تربة الأصيص، وذلك لرفع تركيز البوتاسيوم المتاح في تربة الأصيص إلى 180 مغ K/كغ تربة (مع مراعاة كمية البوتاسيوم المضافة خلال التسميد الفوسفاتي).

- جرى تسميد جميع أصص التجربة بسلفات المغنيزيوم بمعدل 90 مغ Mg للأصيص كل 15 يوم (30 مغ Mg/كغ تربة) بدءاً من مرحلة الإشطاء وحتى مرحلة ملء الحبوب تجنباً لحدوث نقص المغنيزيوم. كما رشّت النباتات بمحلول يحوي العناصر الصغرى كل 15 يوم محضرة تبعاً لمحلول Long Ashton (Hewitt, 1966).

- التسميد الفوسفاتي: أضيفت الجرعة السمادية الفوسفاتية دفعة واحدة على هيئة محلول لمركب ملحي (KH_2PO_4) عند الزراعة موزعة على تربة الأصيص وذلك بحسب كل معاملة (0 إلى 40 مغ P/كغ تربة).

2-2-3- الري

جرى ري الأصص بين 1-3 مرات أسبوعياً بحسب الحاجة ومراحل تطور النبات بماء الصنبور، وذلك بإضافة الماء من الأسفل من خلال الصحنون حتى بلوغ الماء السطح العلوي لتربة الأصيص في كل مرة، ويستثنى من ذلك عند إضافة السماد حيث جرى الري من الأعلى. استمرت عمليات الري حتى انتهاء عملية ملء الحبوب حيث بُدئ بفضام النباتات عن الماء تدريجياً وصولاً لمرحلة النضج الفيزيولوجي الكامل.

2-2-3- التعشيب

أزيلت الأعشاب يدوياً من الأصص كلما اقتضت الحاجة.

4-2-3 المكافحة

جرى رش النباتات وقائياً خلال فترة التجربة بمبيد حشري ديسيس (مرتين)، ولم تظهر أية أعراض للأمراض الفطرية على النباتات خلال فترة التجربة.

3-3- إجراءات الحصاد

جرى الحصاد لجميع الأصناف بتاريخ 2023/4/28 ماعدا صنف شام 10 جرى حصاده بتاريخ 2023/5/4 نتيجة تأخره في الإنبات، بالتالي تأخر في الوصول إلى مرحلة النضج الفيزيولوجي الكامل عن بقية الأصناف، وذلك بقص النبات عند مستوى سطح التربة. سُجلت قيم معايير النمو والإنتاجية (عدد الإشطاءات، ارتفاع السوق، وزن القش، وزن وعدد الحبوب في السنابل).

4-3 التحاليل المخبرية

جففت عينات القش والحبوب في الفرن على درجة حرارة 70 درجة مئوية لمدة 48 ساعة على الأقل. سُجلت أوزانها الجافة، ثم طحنت وهضمت هضماً جافاً بالترמיד لتقدير الفوسفور فيها (Ryan *et al.*, 2001).

4- الحسابات

- حساب غلة الحبوب طن/ه = (وزن الحبوب الجافة في الأصبص/الكثافة النباتية) × 1000/10000

- حساب الغلة البيولوجية طن/ه = (وزن المجموع الخضري الجاف في الأصبص/الكثافة النباتية) × 1000/10000

- حساب معامل الحصاد (HI):

$$HI (\%) = (\text{وزن الغلة الحبية} / \text{وزن الغلة البيولوجية}) \times 100$$

معايير الكفاءة والإنتاجية: تم حسابها وفق (Dobermann, 2007):

- الزيادة النسبية في القش (HRGR): هي عبارة عن النسبة المئوية للزيادة الحاصلة في إنتاج المادة النباتية الجافة في معاملة التسميد الأعلى مقارنةً بإنتاج المادة النباتية الجافة في معاملة الشاهد.

$$HRGR (\%) = \left[\frac{\text{الغلة البيولوجية في معاملة P} - \text{الغلة البيولوجية في معاملة P0}}{\text{الغلة البيولوجية في معاملة P0}} \right] \times 100$$

- الزيادة النسبية في الغلة الحبية (GRGR): هي عبارة عن النسبة المئوية للزيادة الحاصلة في غلة الحبوب في معاملة التسميد الأعلى مقارنةً بغلة الحبوب في معاملة الشاهد.

$$GRGR (\%) = \left[\frac{\text{الغلة الحبية في معاملة P} - \text{الغلة الحبية في معاملة P0}}{\text{الغلة الحبية في معاملة P0}} \right] \times 100$$

- معامل الإنتاجية الجزئي (PP): تعبر عن الغلة المنتجة من كل وحدة فوسفور مضافة إلى التربة.

$$PP = \frac{\text{الغلة الحبية}}{\text{المعدل السمادي المضاف}}$$

- الكفاءة الزراعية (AE): تمثل الزيادة في الغلة الحبية من كل كيلو غرام السماد الفوسفاتي المضاف.

$$AE = [\text{الغلة الحبية في معاملة التسميد (كغ/هـ)} - \text{الغلة الحبية في معاملة الشاهد (كغ/هـ)}] / \text{المعدل السمادي (كغ/هـ)}$$

- الكفاءة الفيزيولوجية (PE): تقدر بوحدة الكيلوغرام من الزيادة في الغلة الحبية لكل كيلو غرام من عنصر الفوسفور الممتص.

$$PE = (\text{غلة الحبوب في المعاملة السمادية} - \text{غلة الحبوب في معاملة الشاهد}) / \text{الفوسفور المزاح لمجموع الحبوب والقش}$$

- كفاءة استخدام الفوسفور (PUE): تعتمد على مقارنة كمية الفوسفور المزاحة في نباتات الشاهد مع كمية الفوسفور المزاحة في المعاملة السمادية عند كل مستوى.

$$PUE \% = \{ [\text{المزاح في النباتات المسمدة (كغ/P هـ)} - \text{المزاح في نباتات الشاهد (كغ/P هـ)}] / \text{المعدل السمادي المضاف (كغ/P هـ)} \} \times 100$$

5- التحليل الإحصائي

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) بحسب مصادر التباين (الصنف VAR ومعدل التسميد الفوسفاتي TSP والتأثير المتداخل بينهما TSP x VAR. كما حسبت المتوسطات وتم تحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي SAS (SAS Institute, 1999).

النتائج والمناقشة

أولاً: تأثير التسميد الفوسفاتي على الإنتاجية ومعامل الحصاد

الإنتاجية البيولوجية (الإنتاجية من القش)

ازدادت الغلة البيولوجية في أصناف القمح الطرية المدروسة بدءاً من معدل الإضافة الأول في الأصناف (شام 4- شام 6 - شام 8 - شام 10) حيث كانت في معاملة الشاهد تقارب (6194 - 6763 - 5298 - 5236) كغ/هـ لتزداد عند مستوى التسميد الأول 25 كغ P/هـ إلى (10340 - 11523 - 10749 - 12059) كغ/هـ (الجدول 2)، تستمر هذه الزيادة بشكل معنوي مع زيادة معدل الفوسفور المضاف لتصل عند أعلى معدل إضافة 100 كغ P/هـ إلى (20698 - 21453 - 20524 - 25256 كغ/هـ)، وهي زيادة بمعدل (234.2% - 217.2% - 287.4% - 382.3%) مقارنة بالشاهد في الأصناف (شام 4 - شام 6 - شام 8 - شام 10) على التوالي. كما نلاحظ تفوق الصنف شام 10 على بقية الأصناف المدروسة في استجابتها للتسميد الفوسفاتي في جميع المعدلات المدروسة، وتعود هذه الزيادة إلى زيادة في عدد الإسطوانات المنتجة وغير المنتجة وزيادة في طول الساق عند الإضافات المتزايدة من التسميد الفوسفاتي (علوش وزملاؤه، 2024). تتوافق هذه النتائج مع نتائج (Izhar *et al.*, 2020)، فقد ازدادت الغلة البيولوجية بزيادة معدل التسميد الفوسفاتي وصولاً إلى أعلى معدل إضافة 112.5 كغ P₂O₅ / هـ حيث بلغت 7.2 طن/هـ.

الجدول 2. تأثير التسميد الفوسفاتي في الغلة البيولوجية لأصناف القمح الطرية (شام4، شام6، شام8، شام10) كغ/هـ

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ/Pهـ)						الصنف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	0	
<i>P</i> : VAR= 0.0001 TSP= 0.0001 VAR* TSP= 0.0001						
795.1	20698.2 ^A	19144.4 ^B	15809.7 ^C	10339.9 ^D	6194.3 ^E	شام 4
1965.5	21453.1 ^A	18146.3 ^B	17629.8 ^B	11522.8 ^C	6762.5 ^D	شام 6
1388.8	20523.6 ^A	18559.1 ^B	16082.7 ^C	10749.3 ^D	5297.9 ^E	شام 8
1409.2	25255.9 ^A	22014.4 ^B	18610.2 ^C	12059.1 ^D	5236.2 ^E	شام 10
1389 = LSD _{VARxTSP}	997.2	2245.1	2357.6	1683.5	846.1	LSD _{0.05}

قيم *P* هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصنف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP).

المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقياً غير مختلفة معنوياً بحسب قيمة الـ LSD_{0.05}.

الإنتاجية من الحبوب

تعد إنتاجية الحبوب أهم سمة في زراعة القمح فهو يزرع من أجل حبوبه، بالتالي تؤدي الزيادة في إنتاجية الحبوب زيادة في الربح. لقد أبدت أصناف القمح المدروسة استجابة عالية المعنوية في إنتاجية الغلة الحبية مترافقة مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي بدءاً من معدل الإضافة الأول 25 كغ/Pهـ بمعدل إنتاج (5326، 6742، 6033، 5300 كغ/هـ) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)، على التوالي (الجدول 3). وتشير تلك الاستجابة السريعة إلى حاجة القمح بجميع أصنافه المدروسة لعنصر الفوسفور في هذه التربة الكلسية الفقيرة أساساً بعنصر الفوسفور.

استمرت الزيادة في الغلة الحبية في الأصناف المدروسة بشكل معنوي مع زيادة معدل الإضافة وصولاً إلى أعلى معدل تسميدي 100 كغ/Pهـ. حيث بلغت الإنتاجية في الأصناف شام 4، شام 6، شام 8، شام 10 (16459، 16680، 17101، 14489 كغ/هـ) على التوالي. لقد تباينت الأصناف في الإنتاجية وتفاوتت الصنف شام 8 على بقية الأصناف حيث كانت إنتاجيته 17101 كغ/هـ عند معدل الإضافة 100 كغ/Pهـ، بينما كانت الإنتاجية في الصنفين شام 4 وشام 6 (16459 - 16680) كغ/هـ على التوالي، أما إنتاجية الصنف شام 10 كانت أقل من باقي الأصناف عند نفس المعدل لتبلغ 14489 كغ/هـ أشارت العديد من الدراسات إلى أن هذه التباينات تعود إلى القدرة الوراثية الكامنة للصنف على زيادة الغلة من خلال الاستفادة من الأسمدة المضافة (Abbas *et al.*, 2024).

أشارت نتائج تجربة حقلية لمعدلات متزايدة من التسميد الفوسفاتي على نبات القمح الطري إلى أن أعلى إنتاجية من الغلة الحبية بلغت 4.17 طن/هـ عند المعدل 100 كغ/Pهـ ولم يسجل أي زيادة في الغلة الحبية عند إضافة معدلات فوسفور أعلى (Bashir *et al.*, 2015). وفي دراسة أخرى وصلت إنتاجية الغلة الحبية إلى 4.5 طن/هـ عند المعدل 90 كغ/P₂O₅ (Modhvadia *et al.*, 2023) وعُزيت هذه الزيادة إلى دور الفوسفور في تطوير المجموع الجذري وتحسين تثبيت النتروجين وإتاحته للنبات وهذا يخلق ظروفاً ملائمة في الرايزوسفير تساعد على زيادة الإنتاجية.

الجدول 3. تأثير التسميد الفوسفاتي في الإنتاجية الحبية لأصناف القمح الطرية (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) كغ/هـ

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ/هـ)						الصف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	0	
VAR= 0.0001 TSP= 0.0001 VAR* TSP= 0.0260						
1660.9	16459.4 ^A	13017.8 ^B	10078.9 ^C	5325.9 ^D	3025.8 ^E	شام 4
876.0	16680.1 ^A	12602.3 ^B	10808.6 ^C	6742.0 ^D	2941.6 ^E	شام 6
666.2	17101.0 ^A	14428.3 ^B	9520.2 ^C	6033.1 ^D	2823.9 ^E	شام 8
1727.5	14488.9 ^A	12437.0 ^B	8919.9 ^C	5300.3 ^D	1801.9 ^E	شام 10
1153.4= LSD _{VARxTSP}	1237.7	1490	1290.6	1253.9	742.2	LSD _{0.05}

قيم P هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP).

المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقيًا غير مختلفة معنويًا بحسب قيمة الـ LSD_{0.05}.

معامل الحصاد HI

يعد معامل الحصاد مؤشراً على مدى قدرة الصف في توظيف الموارد المتاحة خلال مرحلة النمو في تشكيل الحبوب على حساب المجموع الخضري (Unkovich *et al.*, 2010). في تجربتنا، أدت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة قيم معامل الحصاد للأصناف الأربعة المدروسة، وكانت القيم عند الشاهد (32.7، 30.4، 34.8، 25.5%) (الجدول 4)، ثم ازدادت بشكل معنوي بزيادة معدل الإضافة وصولاً للعتبة 75 كغ/هـ لتبلغ القيم (40.4، 41.0، 43.8، 36.1%) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) على التوالي، استمرت قيم معامل الحصاد بالزيادة لكن بشكل غير معنوي. نلاحظ تفوق الصف شام 8 على بقية الأصناف في قيمة معامل الحصاد عند أعلى معدل إضافة 100 كغ/هـ لتبلغ 45.4% وهذا يعود إلى زيادة الغلة الحبية لدى هذا الصف مقارنة ببقية الأصناف.

الجدول 4. تأثير التسميد الفوسفاتي في معامل الحصاد (%) لأصناف القمح الطرية (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ/هـ)						الصف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	0	
VAR= 0.0001 TSP= 0.0001 VAR* TSP= NS						
5.0	44.3 ^A	40.4 ^{AB}	38.9 ^{BC}	34.0 ^{CD}	32.7 ^D	شام 4
5.5	43.7 ^A	41.0 ^{AB}	38.1 ^B	36.9 ^B	30.4 ^C	شام 6
2.7	45.4 ^A	43.8 ^A	37.2 ^B	36.0 ^B	34.8 ^B	شام 8
3.4	36.4 ^A	36.1 ^A	32.3 ^B	30.5 ^B	25.5 ^C	شام 10
3.97= LSD _{VARxTSP}	2.6	2.4	2.7	6.4	7.8	LSD _{0.05}

قيم P هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP).

المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقيًا غير مختلفة معنويًا بحسب قيمة الـ LSD_{0.05}.

لقد أشارت نتائج (Ali *et al.*, 2020) إلى زيادة قيم معامل الحصاد بزيادة معدلات التسميد الفوسفاتي وصولاً إلى معدل 90 كغ P/هـ لتبلغ 60.3%، ثم تنخفض قيمة معامل الحصاد بعد هذا المعدل. وهذا ما أكدته دراسة أجريت على استجابة صنفين من القمح الطري Siran-2010 وAtta-Habib لمعدلات متزايدة من التسميد الفوسفاتي حيث ازداد معامل الحصاد بزيادة معدل الإضافة وصولاً إلى معدل 90 كغ P/هـ، ولتستمر الزيادة لكن بشكل غير معنوي، كما لوحظ تفوق الصنف Siran-2010 على الصنف Atta-Habib وهذا يعود إلى الاختلاف في التركيب الوراثي للأصناف (Anwar *et al.*, 2016).

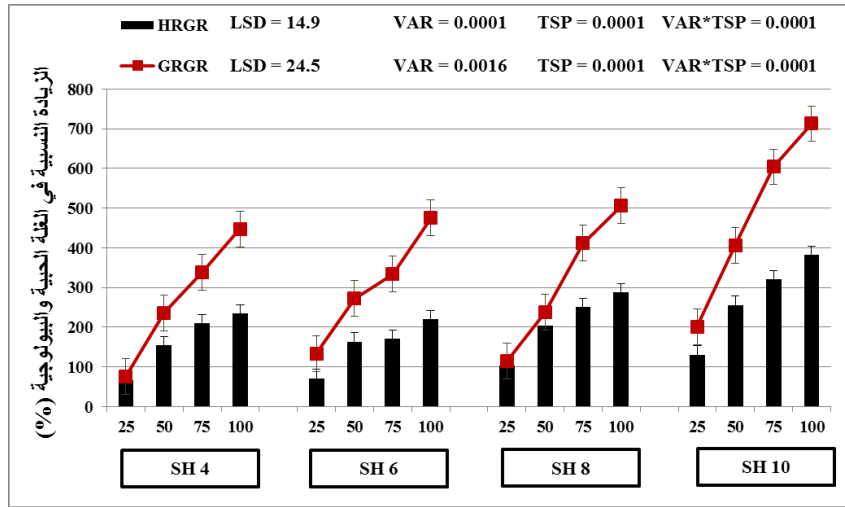
ثانياً: الزيادة النسبية من المحصول البيولوجي HRGR والغلة الحبية GRGR

تتعلق نتائج الزيادة النسبية في المحصول البيولوجي HRGR بشكل أساسي بالوزن الجاف للمجاميع الخضرية الناتجة، وترتبط بشكل وثيق بحجم المجموع الجذري للنبات. بالتالي فهي تتأثر بمعدلات التسميد الفوسفاتي ومراكمة الكربوهيدرات في النباتات التي ستؤدي إلى زيادة عدد الإسطوانات الناتجة وارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي وغيرها من المعايير التي تحدد نمو النبات (Weigelt and Jolliffe, 2003). وهذا ما أكدته نتائج تحليل التباين بوجود تأثير عالي المعنوية نتيجة لإضافة الفوسفور ($P=0.0001$)، وكذلك لوحظ وجود اختلاف معنوي في الزيادة النسبية في الغلة البيولوجية تبعاً للصنف المدروس ($VAR=0.0001$)، فانعكس ذلك الأثر بشكل معنوي على التداخل بين العاملين المدروسين $P*VAR$ (الشكل 1).

لم يكن هنالك تباينات واضحة في نتائج الزيادة النسبية لـ HRGR في الصنفين شام 4، شام 6 من حيث معدل الزيادة عند كل معدل فوسفور مضاف وتراوحت بين (67% و72%) عند التسميد بـ 25 مغ P/كغ تربة مقارنة بالشاهد، وارتفعت إلى (235% و220%) عند معدل 100 كغ P/هـ في الصنفين شام 4 وشام 6 على التوالي. لوحظ استجابة أفضل لـ HRGR في الصنف شام 8 والتي ارتفعت إلى حوالي 288% عند معدل التسميد بـ 100 كغ P/هـ مقارنة بالشاهد. كما بينت النتائج تفوق الصنف شام 1 على بقية الأصناف في الزيادة النسبية للمحصول البيولوجي عند مستوى التسميد الأول (25 كغ P/هـ) لتبلغ 131% مقارنة بالشاهد بدون إضافة الفوسفور إلى الصنف ذاته، لترتفع نسبة هذه الزيادة مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي المضافة فتصبح عند عتبة التسميد 100 كغ P/هـ حوالي 387%، أي أن المحصول البيولوجي في شام 10 عند تلك العتبة أعلى بقرابة أربعة أضعاف مقارنة بمعاملة الشاهد.

لقد سلكت الزيادة النسبية في الغلة الحبية GRGR المنحى ذاته لتكون أعلى زيادة لها في الصنف شام 10 (201%) عند معدل التسميد الأول 25 كغ P/هـ مقارنة بالشاهد للصنف ذاته، فقد كانت الغلة الحبية في معاملة الشاهد للصنف شام 10 منخفضة معنوياً مقارنة بباقي الأصناف (الجدول 3). بينما كانت الزيادة GRGR في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8) عند نفس مستوى التسميد (76%، 133%، 114%). لقد ارتفع معدل الزيادة النسبية مع زيادة مستوى التسميد لتصبح عند معدل 100 كغ P/هـ حوالي (448%، 476%، 506%، 713%) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) على التوالي.

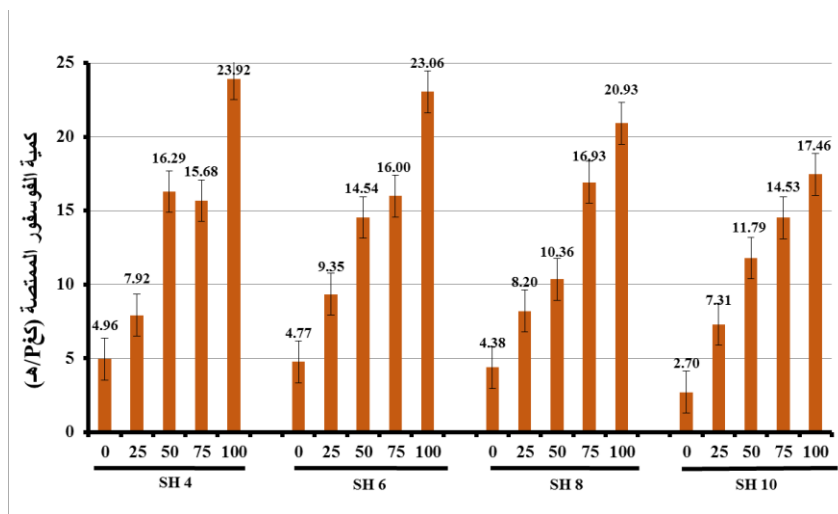
اللافت بالأمر هو المنحنى الشبه خطي في معدل الزيادة لـ GRGR المترافق مع زيادة كمية الفوسفور المضافة للتربة لجميع أصناف القمح المدروسة، ولا نعلم فيما إن كان سيستمر منحى تلك العلاقة فيما لو كانت معدلات التسميد الفوسفاتي أعلى من 100 كغ P/هـ تربة في التربة الكلسية.



الشكل 1. تأثير التسميد الفوسفاتي على الزيادة النسبية في المحصول البيولوجي والغلة الحبية في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)

ثالثاً: تأثير التسميد الفوسفاتي في امتصاص الفوسفور

يعبر الفوسفور الممتص عن كمية الفوسفور المزاحة في الحبوب والقش والجذور عند كل معدل فوسفور مضاف من خلال معرفة كمية الفوسفور الممتصة. يبين الشكل (2) كمية الفوسفور المزاحة في كل صنف من الأصناف المدروسة (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10). كانت كمية الفوسفور الممتصة في معاملة الشاهد (0، 4.4، 4.8، 5.0) كغ P/هـ وازدادت بزيادة معدل الإضافة ليصبح عند أعلى معدل سمادي مضاف 100 كغ P/هـ (23.9، 20.0، 23.1، 17.5) كغ P/هـ للأصناف الأربعة المدروسة (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) على التوالي. وجد (Arshad *et al.*, 2016) أن أعلى كمية ممتصة من الفوسفور كانت عند أعلى معدل سمادي مضاف 135 كغ P₂O₅/هـ وهذا يتوافق مع نتائج (Izhar *et al.*, 2020) حيث زادت كمية الفوسفور الكلية الممتصة بزيادة كمية الفوسفور المضافة لتبلغ 24.3 كغ/هـ عند أعلى معدل سمادي مضاف 112.5 كغ P₂O₅/هـ كما أشارت دراسة أخرى إلى زيادة معنوية في امتصاص القمح للفوسفور بزيادة معدل التسميد المضاف وباختلاف مصدر الفوسفور (Khan *et al.*, 2012).



الشكل 2. تأثير التسميد الفوسفاتي في كمية الفوسفور الممتصة في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) (كغ P/هـ)

رابعاً: تأثير التسميد الفوسفاتي في معايير الكفاءة من الفوسفور

معامل الإنتاجية الجزئي (PP)

يعبر معامل الإنتاجية الجزئي PP عن قدرة المحصول على إنتاج الغلة الحبية من السماد المضاف، بالتالي فإن انخفاض استجابة المحصول لزيادة التسميد الفوسفاتي سينعكس على قيمة معامل الإنتاجية الجزئي، الذي سيؤدي انخفاضاً في قيمته. عادة ما يكون النبات شره جداً لعنصر الفوسفور وأكثر قدرة على الاستفادة منه وتمثيله لإنتاج الغلة الحبية عند معدل منخفض من الإضافة السمادية، وتنخفض PP مع زيادة معدلات التسميد. وهذا ما أشار إليه (Kai *et al.*, 2012) في تجربتهم بزيادة معدل الإضافة الفوسفاتية انخفض معامل الإنتاجية الجزئي.

توافق ذلك مع نتائج التجربة (الجدول 4)، حيث لوحظ أن أعلى قيمة ل PP عند معدل التسميد الأول 25 كغ P/هـ (213.0، 269.7، 241.3، 212.0 كغ غلة حبية/كغ P مضاف) ثم انخفضت تدريجياً في جميع الأصناف مع زيادة معدل الإضافة من الفوسفور لتصل عند معدل التسميد الأعلى 100 كغ P/هـ إلى (164.6، 166.8، 171.0، 144.9 كغ غلة حبية/كغ P مضاف) في الأصناف الأربعة المدروسة (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) على التوالي، توضح هذه النتائج زيادة في قيمة معامل الإنتاجية PP للصنفين شام 6 وشام 8 عن باقي الأصناف باستخدام 25 كغ P/هـ، ومع زيادة معدل التسميد انخفض معامل PP بشكل معنوي في الصنفين شام 6 وشام 8 إلى (166.8 و 171 كغ غلة حبية/كغ P مضاف) على التوالي.

الجدول 5. تأثير التسميد الفوسفاتي في معامل الإنتاجية الجزئي (كغ غلة حبية/كغ P مضاف) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ P/هـ)					الصف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	
VAR= 0.0003 TSP = 0.0001 VAR* TSP= 0.0289					
41.6	164.6 ^B	173.6 ^{AB}	201.6 ^{AB}	213.0 ^A	شام 4
19.0	166.8 ^C	168.0 ^C	216.2 ^B	269.7 ^A	شام 6
16.2	171.0 ^C	192.4 ^B	190.4 ^B	241.3 ^A	شام 8
37.0	144.9 ^B	165.8 ^B	178.4 ^{AB}	212.0 ^A	شام 10
25.9= LSD _{VARxTSP}	12.4	19.9	25.8	50.2	LSD _{0.05}

قيم P هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP).

المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقياً غير مختلفة معنوياً بحسب قيمة ال LSD0.05.

الكفاءة الزراعية: (AE)

إن الكفاءة الزراعية هي انعكاس مباشر لكفاءة النبات على استرداد الفوسفور والكفاءة الفيزيولوجية، بالتالي فإن تفاعل هذين العاملين سيلقي بظلاله على قيم الكفاءة الزراعية. تحسب الكفاءة الزراعية للغلة الحبية على أساس الزيادة في الغلة الحبية من كل كغ سماد TSP مضاف للتربة.

كانت مصادر التباين في مؤشر الكفاءة الزراعية معنوية لكل من الصنف ومعدل التسميد وانعكس ذلك على التداخل بينهما. في الصنف شام 10 كانت أقل قيمة للكفاءة الزراعية عند معدلات الإضافة المنخفضة مقارنة ببقية الأصناف، وبقية القيمة منخفضة بالرغم من زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي. بينما في الصنف شام 6 كانت قيمة الكفاءة الزراعية مرتفعة بالرغم من معدلات التسميد الفوسفاتي المنخفض فكانت 148 كغ من الغلة الحبية لكل كيلوغرام مضاف من السماد عند معدل الإضافة الأول 25 كغ P/هـ.

ويبين الجدول (6) أن أقل قيمة للكفاءة الزراعية كانت عند عتبة التسميد الأولى 25 كغ P/هـ (92.0، 148.7، 120.3، 91.0) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) على التوالي، لترتفع قيم الكفاءة الزراعية بشكل معنوي مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي وتكون أعلى ما يمكن عند المعدل 100 كغ P/هـ على التوالي (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10). لقد تفوق الصنفين شام 6 وشام 8 على بقية الأصناف المدروسة في قيمة الكفاءة الزراعية، ويعزى الأمر إلى قدرة هذين الصنفين على مراكمة المادة الجافة ضمن الحبوب مع زيادة معدلات الإضافة الفوسفاتية. لقد أفادت نتائج (Bashir *et al.*, 2015) أن قيم الكفاءة الزراعية تزداد بزيادة معدل التسميد الفوسفاتي لتكون أقل قيمة لها عند أول معدل إضافة وأعلى قيمة عند المعدل 100 كغ P₂O₅/هـ، وتنخفض قيمتها بعد هذا المعدل.

الجدول 6. تأثير التسميد الفوسفاتي في الكفاءة الزراعية (كغ غلة حبية/كغ P مضاف) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ P/هـ)					الصنف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	
VAR= 0.0001 TSP= 0.0001 VAR* TSP= 0.0001					
41.6	134.3 ^A	133.2 ^{AB}	141.1 ^A	92.0 ^B	شام 4
19.0	136.5 ^{BC}	127.7 ^C	155.7 ^A	148.7 ^{AB}	شام 6
16.1	140.8 ^{AB}	152.0 ^A	129.9 ^{BC}	120.3 ^C	شام 8
37.0	114.6 ^A	125.5 ^A	117.9 ^A	91.0 ^A	شام 10
26.0= LSD _{VARxTSP}	13.4	19.8	28.8	50.2	LSD _{0.05}

قيم P هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصنف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP).

المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقياً غير مختلفة معنوياً بحسب قيمة الـ LSD_{0.05}

تأثير التسميد الفوسفاتي في الكفاءة الفيزيولوجية (PE)

تشير الكفاءة الفيزيولوجية إلى الكفاءة في إنتاج الكتلة الحيوية وهي تعبر عن قدرة النبات على تحويل الفوسفور الممتص من السماد المضاف إلى المادة الجافة ومن ثم إلى الغلة الحبية من خلال توزيع المادة الجافة إلى الحبوب خلال مرحلة امتلاء الحبوب (Moll *et al.*, 1982).

تباينت قيم الكفاءة الفيزيولوجية في أصناف القمح المدروسة (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) فكانت قيم PE (الزيادة في الغلة الحبية لكل كغ P ممتص من قبل النبات) عند المعدل الأول 25 كغ P/هـ (283.9، 406.3، 387.1، 476.7)

لتزداد بشكل معنوي بزيادة التسميد الفوسفاتي وبفروق معنوية وصولاً إلى عتبة التسميد 75 كغ P/هـ لتتوقف هذه الفروقات المعنوية عند هذا المعدل بتفوق الصنف شام 10 على بقية الأصناف المدروسة (الجدول 7)، حيث كانت القيم عند 75 كغ P/هـ (635.9، 603.4، 683.4، 733.5) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10) على التوالي.

الجدول 7. تأثير التسميد الفوسفاتي في الكفاءة الفيزيولوجية (كغ غلة حبيبة/كغ P ممتص من قبل النبات) في الأصناف (شام 4، شام 6، شام 8، شام 10)

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ P/هـ)					الصنف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	
VAR= 0.0001 TSP= 0.0001 VAR* TSP= NS					
149.7	566.2 ^{AB}	635.9 ^A	472.2 ^B	283.9 ^C	شام 4
42.4	595.9 ^A	603.4 ^A	540.5 ^B	406.3 ^C	شام 6
81.1	682.3 ^A	683.4 ^A	642.2 ^A	387.1 ^B	شام 8
132.7	727.6 ^A	733.5 ^A	606.7 ^{AB}	476.7 ^B	شام 10
96.7 = LSD _{VARxTSP}	100.86	57.04	144.7	107.4	LSD _{0.05}

قيم P هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصنف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP).

المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقياً غير مختلفة معنوياً بحسب قيمة الـ LSD_{0.05}

كفاءة استخدام الفوسفور (PUE)

يعد تقدير كفاءة الاستفادة من الفوسفور مدخلاً مهماً لتقييم مصير الإضافات الفوسفاتية ودورها في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية، وهي تعبر عن قدرة النبات على توظيف الفوسفور المتاح له خلال مراحل النمو وانعكاس ذلك على الإنتاجية كمّاً ونوعاً.

تعرف كفاءة استخدام الفوسفور بأنها كمية الفوسفور المزاحة في القش والحبوب من السماد المضاف، وهي تعبر عن كفاءة الصنف في استخدام الفوسفور الممتص، فالامتصاص هو نتيجة العلاقة التابعية للتأثير المتبادل بين ديناميكية الامتصاص والنمو، وبالتالي كفاءة الامتصاص. لقد أدت زيادة معدلات الإضافة الفوسفاتية في الصنف شام 4 إلى زيادة في كفاءة الاستخدام الفوسفور PUE وتراوحت بين 11.9% و19%. عند المعدلين 25 و100 كغ P/هـ على التوالي، ويمكن أن تعزى هذه الزيادة إلى حدوث تغيرات مورفولوجية في الجذر من خلال زيادة نسبة الجذور الرفيعة والشعيرات الجذرية التي تعدّ أكثر كفاءة في امتصاص الماء والعناصر الغذائية، بالتالي زيادة القدرة الإنتاجية للنبات (Lynch, 2019). بينما الصنف شام 10 فقد اتخذ منحنى مغاير عن بقية الأصناف المدروسة حيث انخفضت كفاءة الاستخدام بزيادة معدل التسميد الفوسفاتي المضاف من 18.4% عند المعدل الأول 25 كغ P/هـ إلى 14.8% عند المعدل الأعلى 100 كغ P/هـ، قد يعود هذا لانخفاض حاجة النبات من الفوسفور في الصنف شام 10 بزيادة معدل التسميد مقارنة بالمعدل الأول الذي تكون حاجته عنده مرتفعة، في ظل قيم الفوسفور المتاح المنخفضة في التربة المدروسة.

الجدول 8. تأثير التسميد الفوسفاتي في كفاءة استخدام الفوسفور (%) في الأصناف (شام4، شام6، شام8، شام10)

معدل التسميد الفوسفاتي (كغ/Pهـ)					الصنف
LSD _{0.05}	100	75	50	25	
VAR= 0.3407 TSP= 0.2854 VAR* TSP= 0.0407					
13.5	19.0 ^A	14.3 ^A	22.7 ^A	11.9 ^A	شام 4
2.0	18.3 ^A	15.0 ^B	19.5 ^A	18.3 ^A	شام 6
2.3	16.5 ^A	16.7 ^A	12.0 ^B	15.3 ^A	شام 8
4.7	14.8 ^A	15.8 ^A	18.2 ^A	18.4 ^A	شام 10
6.0 = LSD _{VARxTSP}	3.6	2.7	11.7	6.0	LSD _{0.05}

قيم P هي لتحليل التباين العام ANOVA لمصادر التباين الناتجة عن الصنف (VAR)، ومعدل التسميد الفوسفاتي (TSP)، والتأثير المتداخل بينهما (VAR*TSP). المتوسطات ذات الأحرف المتشابهة أفقيًا غير مختلفة معنويًا بحسب قيمة ال LSD0.05.

أكدت دراسة (AL-Murshidy *et al.*, 2022) أن كفاءة استخدام الفوسفور قد زادت بزيادة معدلات التسميد لتكون أعلى قيمة لها عند أعلى معدل سمادي مضاف 90 كغ P/هـ، كما لوحظ وجود تباين بين أصناف القمح المدروسة في كفاءتها لاستخدام الفوسفور إذ تفوق الصنف Iba99 على الصنف Jad عند معدلات التسميد المتزايدة وهذا يعود إلى الاختلاف في التركيب الوراثي للصنف.

الاستنتاجات

- تفوق الزيادة النسبية للغللة الحبية لدى جميع الأصناف المدروسة عن الزيادة النسبية لإنتاج الغللة البيولوجية، وزيادة معامل الحصاد بزيادة معدل التسميد.
- تفوق الصنف شام 10 على بقية الأصناف المدروسة في قيمة الكفاءة الفيزيولوجية عند المعدل 100 كغ P/هـ لتبلغ 727، بينما تفوق الصنف شام 8 على بقية الأصناف المدروسة في قيمة الكفاءة الزراعية عند المعدل 100 كغ P/هـ لتبلغ 571.
- تراوحت قيمة كفاءة الاستفادة من الفوسفور (11.9% - 22.7%).

المراجع

- علوش، غياث، أسامة حتى، هزار حبيب ولجين خليل. (2024). استجابة أصناف من الأقماع الطرية السورية للتسميد الفوسفاتي: معايير النمو والإنتاجية. مجلة جامعة اللاذقية لسلسلة العلوم البيولوجية. 46(3): 211-230.
- المجموعة الإحصائية الزراعية. (2020). جرى تحميله من الموقع <http://moaar.gov.sy/category/>
- Abbas, M., M. Irfan., J. A. Shah., N. A. Sial and N. Depar. (2024). Enhancing phosphorus use efficiency in wheat grown on alkaline calcareous soils. Eurasian Journal of Soil Science, 13(1): 79-88.
- Alam, S. M., Shah, S. A., & Akhtar, M. (2003). Varietal differences in wheat yield and phosphorus use efficiency influenced by method of phosphorus application. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 25(2), 175-181.

- Ali, A., Asif, M., Adnan, M., Azizi, M., Hayyat, M. S., Saleem, M. W., Hanif, M. S., Javed, M. A., Hassan, W., & Ali, S. M. (2020). Effect of different levels of phosphorus on growth, yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Botany Studies*, 5(3), 64-68.
- Al-Murshidy, H. Y. J., & Al-Ansari, A. M. S. (2022). Response of wheat (*Triticum aestivum* L.) grown in calcareous soils to Nano-phosphate and triple super phosphate fertilizers. *Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 9, 1-8.
- Anwar, S., Israeel, B. I., Khan, S., Faraz, M., Ali, N., Hussain, S., & Anjum, M. M. (2016). Nitrogen and phosphorus fertilization of improved varieties for enhancing yield and yield components of wheat. *Pure and Applied Biology (PAB)*, 5(4), 727-737.
- Arshad, M., Adnan, M., Ali, A., Khan, A., Khan, F., Khan, A., Kamal, M., Alam, M., Ullah, H., Saleem, A., Hussain, A., & Shahwar, D. (2016). Integrated effect of phosphorous and zinc on wheat quality and soil properties. *Advances in Environmental Biology*, 10(2), 40-45.
- Bashir, S., Anwar, S., Ahmad, B., Sarfraz, Q., Khatk, W., & Islam, M. (2015). Response of wheat crop to phosphorus levels and application methods. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(9), 151-155.
- Deng, Y., Teng, W., Tong, Y. P., Chen, X. P., & Zou, C. Q. (2018). Phosphorus efficiency mechanisms of two wheat cultivars as affected by a range of phosphorus levels in the field. *Frontiers in Plant Science*, 9, Article 1614.
- Devau, N., Hinsinger, P., Le Cadre, E., Colomb, B., & Gérard, F. (2011). Fertilization and pH effects on processes and mechanisms controlling dissolved inorganic phosphorus in soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(10), 2980-2996.
- Dobermann, A. (2007). Nutrient use efficiency—measurement and management. *Agronomy & Horticulture*, 28.
- Elsahookie, M. M., Cheyed, S. H., & Dawood, A. (2021). Characteristics of whole wheat grain bread quality. *Systematic Reviews in Pharmacy*, 12(1), 593-597.
- Ferrer, D., Weisz, R., Heiniger, R., Murphy, J. P., & Pate, M. H. (2006). Delayed harvest effect on soft red winter wheat in the southeastern USA. *Agronomy Journal*, 98(3), 588-595.
- Habernicht, D. K., Berg, J. E., Carlson, G. R., Wichman, D. M., Kushnak, G. D., & Kephart, K. D. (2002). Pan bread and raw Chinese noodle qualities in hard winter wheat genotypes grown in water-limited environments. *Crop Science*, 42(5), 1396-1403.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Hossain, M. A. (2019). *Wheat production in changing environments*. Springer.

- Hewitt, E. J. (1966). Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition (Technical Communication No. 22). Commonwealth Bureau of Horticulture and Plantation Crops.
- Ibrikci, H., Ryan, J., Ulger, A. C., Buyuk, G., Cakir, B., Korkmaz, K., & Konuskan, O. (2005). Maintenance of phosphorus fertilizer and residual phosphorus effect on corn production. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 72, 279-286.
- Izhar, S. M., Adnan, M., Fahad, S., Wahid, F., Khan, A., Yue, Z., & Datta, R. (2020). Application of single superphosphate with humic acid improves the growth, yield and phosphorus uptake of wheat (*Triticum aestivum* L.) in calcareous soil. *Agronomy*, 10(9), Article 1224.
- Jia, X. C., Liu, P., & Lynch, J. P. (2018). Greater lateral root branching density in maize improves phosphorus acquisition from low phosphorus soil. *Journal of Experimental Botany*, 69(20), 4961–4970.
- Kai, Z., Yan, L. C., Qing, J. Z., Lian, H. L., Hian, F. C., Shan, G. W., & Xin, P. Y. (2012). Responses of phosphorus use efficiency, grain yield, and quality to phosphorus application amount of weak-gluten wheat. *Journal of Integrative Agriculture*, 11(7), 1103-1110.
- Khan, B. M., Lone, I. M., & Ulla, R. (2012). Effect of phosphatic fertilizers on chemical composition and total phosphorus uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Agricultural Science, Research and Technology in Extension and Education Systems (IJASRT in EESs)*, 2(1), 37-42.
- Lynch, J. P. (2019). Root phenotypes for improved nutrient capture: An underexploited opportunity for global agriculture. *New Phytologist*, 223(2), 548-564.
- Modhvadia, J. M., Rathod, A. D., Patel, R. J., & Bairwa, D. D. (2023). Effect of phosphorus and sulphur on the yield and quality of wheat (*Triticum aestivum* L.) crop. *The Pharma Innovation Journal*, 12(12), 3509-3513.
- Moll, R. H., Kamprath, E. J., & Jackson, W. A. (1982). Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of N utilization. *Agronomy Journal*, 74(3), 502-564.
- Mosali, J., Desta, K., Teal, R. K., Freeman, K. W., Martin, K. L., Lawles, J. W., & Raun, W. R. (2006). Effect of foliar application of phosphorus on winter wheat grain, phosphorus uptake and use efficiency. *Journal of Plant Nutrition*, 29(12), 2147-2163.
- Pang, J. Y., Bansal, R., & Zhao, H. X. (2018). The carboxylate-releasing phosphorus-mobilizing strategy can be proxied by foliar manganese concentration in a large set of chickpea germplasm under low phosphorus supply. *New Phytologist*, 219(2), 518-529.
- Reis, G. P. O. G., Giroto, A. S., Guimaraes, G. G. F., Putti, F. F., Pavinato, P. S., Teles, A. P., & Fernandes, D. M. (2022). Role of slow-release phosphate nanofertilizers in forage nutrition and phosphorus lability. *ACS Agricultural Science & Technology*, 2(3), 564-572.

- Robles-Aguilar, A. A., Pang, J. Y., Postma, J. A., Schrey, S. D., Lambers, H., & Jablonowski, N. D. (2019). The effect of pH on morphological and physiological root traits of *Lupinus angustifolius* treated with struvite as a recycled phosphorus source. *Plant and Soil*, 434(1), 65-78.
- Ryan, J., Estefan, G., & Rashid, A. (2001). *Soil and plant analysis laboratory manual* (2nd ed.). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA).
- SAS Institute. (1999). *SAS user's guide: Statistics* [Computer software]. SAS Institute Inc.
- Sun, B., Gao, Y., & Lynch, J. P. (2018). Large crown root number improves topsoil foraging and phosphorus acquisition. *Plant Physiology*, 177(1), 90-104.
- Unkovich, M., Baldock, J., & Forbes, M. (2010). Variability in harvest index of grain crops and potential significance for carbon accounting: Examples from Australian agriculture. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in agronomy* (Vol. 105, pp. 173-219). Academic Press.
- Wang, W., Ding, G. D., White, P. J., Wang, X. H., Jin, K. M., Xu, F. S., & Shi, L. (2019). Mapping and cloning of quantitative trait loci for phosphorus efficiency in crops: Opportunities and challenges. *Plant and Soil*, 439(1), 91-112.
- Weeks, J. J., Jr., & Hettiarachchi, G. M. (2019). A review of the latest in phosphorus fertilizer technology: Possibilities and pragmatism. *Journal of Environmental Quality*, 48(5), 1300-1313.
- Weigelt, A., & Jolliffe, P. (2003). Indices of plant competition. *Journal of Ecology*, 91(5), 707-720.
- Wen, Z., Li, H., Shen, Q., Tang, X., Xiong, C., Li, H., & Shen, J. (2019). Tradeoffs among root morphology, exudation and mycorrhizal symbioses for phosphorus-acquisition strategies of 16 crop species. *New Phytologist*, 223(2), 882-895.
- Yang, S. Y., Grønlund, M., Jakobsen, I., Grottemeyer, M. S., Rentsch, D., Miyao, A., & Paszkowski, U. (2012). Nonredundant regulation of rice arbuscular mycorrhizal symbiosis by two members of the PHOSPHATE TRANSPORTER1 gene family. *The Plant Cell*, 24(10), 4236-4251.
- Zak, D., Kronvang, B., Carstensen, M. V., Hoffmann, C. C., Kjeldgaard, A., Larsen, S. E., & Jensen, H. S. (2018). Nitrogen and phosphorus removal from agricultural runoff in integrated buffer zones. *Environmental Science & Technology*, 52(11), 6508-6517.
- Zhang, L., Shi, N., Fan, J. Q., Wang, F., George, T. S., & Feng, G. (2018). Arbuscular mycorrhizal fungi stimulate organic phosphate mobilization associated with changing bacterial community structure under field conditions. *Environmental Microbiology*, 20(7), 2639-2651.