

استجابة القمح الطري (شام 10) للتسميد الفسفاتي في تربة كلسية: معايير النمو والإنتاجية

غياث علوش (1) وأسامة حتى (2) * وعلي يوسف (1)

(1). قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2). مركز البحوث العلمية الزراعية، اللاذقية، سورية.

(* للمراسلة: أسامة حتى، البريد الإلكتروني: osamahatta87@gmail.com)

تاريخ القبول: 2022/11/29

تاريخ الاستلام: 2022/10/8

الملخص:

نفذت تجربة أصص على نبات القمح الطري صنف شام 10 ضمن البيت البلاستيكي في موقع جامعة تشرين في الموسم الزراعي 2021-2022، حيث تضمنت التجربة التسميد بخمسة مستويات من الفسفور (0 - 30 - 60 - 90 - 120 مغ P/كغ تربة) والتي تعادل التسميد بمعدل (0 - 25 - 50 - 75 - 100 كغ P/هكتار) وفقاً لوزن التربة في أصيص التجربة. وزعت الأصص بطريقة عشوائية، وبكثافة زراعة 120 كغ بذار/هكتار (9 نبات/أصيص). أخذت عند الحصاد قراءات معايير النمو والإنتاجية، وجففت الأجزاء النباتية (قش وحبوب وجذور) في الفرن، وقدر محتواها من الفسفور كما تم حساب الفسفور المزاح وحساب كفاءات النمو والإنتاجية وكفاءة استخدام الفسفور. زاد عدد الاضطرابات المنتجة تدريجياً مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي لتكون أعظمية عند معدل تسميد 75 كغ P/هـ، بزيادة حوالي 3 مرات مقارنة بالشاهد، لقد أدى التسميد الفسفاتي بمعدل 100 كغ P/هـ لتفوق معنوي في عدد الحبوب في السنبلة الرئيسية 42.2 وبزيادة حوالي 87% عن الشاهد. كان تأثير التسميد الفسفاتي أكثر وضوحاً على سنابل الاضطرابات حيث زاد بشكل معنوي عدد ووزن الحبوب في السنبلة بشكل تدريجي مع زيادة معدل التسميد الفسفاتي. لقد انعكس ذلك في الإنتاجية من الحبوب التي وصلت إلى 13431 كغ/هكتار عند التسميد بـ 100 كغ P/هكتار، وهي زيادة بمعدل 170%. مقارنة بالشاهد. لم يلاحظ وجود فرق معنوي بين معدلي التسميد 75 و 100 كغ P/هكتار في كل من وزن القش ومعامل الحصاد، لكن ارتفعت كفاءة الاستخدام PUE بشكل معنوي عند التسميد بـ 75 كغ P/هكتار حيث بلغت 45%، وانخفضت إلى 33% عند معدل التسميد بـ 100 كغ P/هكتار. اللافت بالأمر، عدم وجود فروقات معنوية في الكفاءة الفيزيولوجية PE بالرغم من اختلاف معدلات التسميد الفسفاتي المتبعة فتراوح بين 17.7 و 19.3 كغ حبوب/كغ P ممتص.

الكلمات المفتاحية: القمح الطري، شام 10، التسميد الفسفاتي، معايير النمو والإنتاجية، كفاءة استخدام الفسفور - تربة كلسية.

المقدمة:

يعد القمح الطري (*Triticum Sativum* L.) من محاصيل الحبوب الغذائية التي تنمو خلال فصل الشتاء. ويندرج على رأس قائمة المحاصيل الإستراتيجية انطلاقاً من أهميته في سورية، لذا فهو يأتي في المرتبة الأولى للمحاصيل المزروعة من ناحية المساحة والإنتاج، حيث يغطي حوالي 53% من مساحة محاصيل الحبوب الأساسية المزروعة في القطر العربي السوري، وتبلغ المساحة المزروعة بالقمح حوالي (1169911 هكتار) وبمتوسط غلة حبية قدرها 1850740 طناً ومتوسط الإنتاجية قرابة 1582 كغ/هكتار (المجموعة الإحصائية لوزارة الزراعة السورية، 2017). يعتمد إنتاج هذا المحصول على خصائص الصنف الوراثية، الخصائص البيئية وتفاعل هذه الخصائص مع بعضها، ومن ضمن العوامل البيئية العناصر الغذائية المكملّة مثل الـ P الذي يلعب دوراً هاماً في حياة النبات، ومحدد لغلة المحصول (Weeks and Hettiarachchi, 2019).

تنتشر الترب الكلسية على نطاق واسع وتشير التقديرات إلى أنها تشكل أكثر من 30% من أراضي العالم، وبرز فيها الفسفور كعامل محدد لنمو النبات. يعود ذلك إلى هيمنة سطوح كربونات الكالسيوم CaCO_3 ومساهمة الكالسيوم الذائب Ca^{++} في ادمصاص الفسفور وتثبيتته (Syers et al., 2008)، بالإضافة إلى ارتفاع درجة pH التربة لتصل إلى القلوية وانخفاض محتواها من المادة العضوية من جهة أخرى (Taalab et al., 2019). لم تتعدى كفاءة الاستفادة من التسميد الفسفاتي في التربة الكلسية 22% عند زراعة نبات الذرة في تجربة أصص مهما بلغت معدل التسميد بـ TSP (حتى وعلوش، 2017). جاءت تلك الدراسة لتؤكد أن نسبة الاستفادة من السماد الفسفاتي المضاف من قبل النبات تتراوح بين 10 - 30% خلال السنة الأولى من التسميد (Syers, 2008). حيث تتخفض انحلالية السماد الفسفاتي في ظل انخفاض شوارد الهيدروجين H^+ وسيادة شوارد الهيدروكسيد OH^- (Ibrikci et al., 2005). يؤدي كل ذلك بالمحصلة إلى انخفاض إتاحة الفسفور الأصلي Native-P والمضاف كسماد، خاصة وأن عنصر الفسفور ضعيف الحركة في التربة وينحصر تواجد معظمه بالشكل المعدني على سطح الترب كل تلك العوامل تخفض من قدرة النبات للاستفادة من عنصر الفسفور (حتى وآخرون، 2022).

تستند توصيات التسميد الفسفاتي الواجب إضافتها عموماً على تقدير الفسفور المتاح في التربة (Demaria et al., 2005)، وتوصي وزارة الزراعة السورية بضرورة التسميد الفسفاتي بمعدل 150 كغ TSP/هـ للقمح المروي عالي الإنتاجية، و 100 و 90 كغ TSP/هـ للقمح البعل في منطقي الاستقرار الأولى والثانية، على التوالي في حال عدم تحليل التربة قبل الزراعة (دليل زراعة القمح في سورية، 2009). وأشارت دراسات سابقة إلى عدم توافق بين معدلات التسميد الفسفاتي المضافة "بناءً على تحليل التربة" وزيادة غلة المحاصيل العلفية المعمرة، ومحصول القمح، والذرة (Cadot et al., 2018). إلا أن هذه الدراسات نفذت خلال سنوات قليلة فقط، ولم يتم التحقق في نتائج التسميد الفسفاتي على فترات دراسة طويلة الزمن أو إجراء متابعة دورية لكمية الـ P المتاح وعلاقته بالإنتاجية. من ناحية أخرى، بين Morel وزملاءه (1992) بعد تحليل العديد من المواقع التجريبية في فرنسا، أن القيمة الحرجة لـ P-NaHCO_3 (وهي أقل قيمة من الـ P للحصول على إنتاج أعظمي) تتراوح من 6 إلى 12 مغ/كغ ويختلف ذلك اعتماداً على نوع التربة. من ناحية أخرى تباينت القيم الحرجة لـ P في تأثيرها على الإنتاجية المثلى من 11 و 18 مغ/كغ في تربة لومية رملية طينية لصنفين مختلفين من القمح (Johnston et al., 2014)، وأشارت دراسات إلى بعض العوامل المسؤولة عن انخفاض الغلة، تتلخص أهمية تلك العوامل في انخفاض جودة البذور، وضعف إنبات البذور، ضعف إمداد التربة من العناصر الغذائية للنبات. لتعكس تأثيرها سلباً على الإنتاج الزراعي (Akgün et al., 2011).

تعتبر معرفة احتياجات نبات القمح من العناصر الغذائية أساساً لوضع معادلة سمادية جيدة. فهو يحتاج إلى عنصر الفسفور أثناء النمو بمعدلات أقل من عنصري البوتاسيوم والأزوت وتتزايد الحاجة له تدريجياً خلال مراحل نموه المتقدمة. ويؤثر نقص الفسفور على المحصول بشكل رئيسي من خلال عدد الحبوب المنتجة في وحدة المساحة. وكانت الفروق في عدد الحبوب/م² مرتبطة بالاختلاف في الوزن الجاف للسنبال، والتي تعود إلى الاختلاف في معدل النمو السنبال. في المقابل، يتعلق معدل النمو السنبال خطأً بمعدل نمو المحاصيل، كما أن نقص الفسفور يؤدي إلى انخفاض في نسبة الاعتراض الاشعاعي للضوء، مما يسبب انخفاض في عدد الحبوب وإنتاجية المحاصيل (Lázaro et al., 2010). بينما لوحظ أن زيادة معدلات التسميد الفسفاتي في التربة الكلسية إلى زيادة ارتفاع نبات القمح وزيادة طول السنبلة وعدد الحبوب في السنبلة ووزن الألف حبة ووزن الحبوب والقش وبالتالي زيادة كامل المحصول البيولوجي الناتج إلا أن تلك الاستجابة لم تستمر بنفس المنحى بل تتوقف عند الوصول لعتبة معينة (Izhar et al., 2020).

يعتبر مفهوم كفاءة الاستفادة من الأمور الحاسمة في تحسين إنتاجية القمح، ويمكن زيادة تحسين هذه الكفاءة من خلال التحكم بالشكل السمادي المضاف، وموعد وطريقة الإضافة (Alam et al., 2002). وتشمل كفاءة استخدام العناصر على كفاءة الامتصاص P-Acquisition efficiency (قدرة النباتات على امتصاص الفسفور من التربة) PAE وكفاءة استخدام العنصر في سبيل زيادة الإنتاج P Utilization efficiency (قدرة النبات على استخدام الفسفور الممتص لإنتاج الكتلة الحيوية أو المحصول) PUE (Dissanayaka et al., 2018). أشار Wang وآخرون (2010) أن كفاءة الامتصاص PAE يمكن أن يكون أكثر أهمية من كفاءة الاستفادة PUE في التقييم عندما يكون الـ P محدوداً، بينما يمكن أن تكون الأخيرة أكثر أهمية عندما يكون محتوى التربة من الـ P كافياً. وتؤدي زيادة كفاءة الاستفادة من الفسفور PUE إلى تحسين إنتاج المحاصيل وتقليل فقدان التربة لمحتواها من الفسفور مع ماء الجريان السطحي، ولكنها ستزيد أيضاً من إجمالي كمية الفسفور المستنزفة من الحقل داخل الكتلة الحيوية النباتية. مما يؤدي إلى استنزاف محتوى التربة من الفسفور. بالإضافة إلى ذلك، فإن زيادة امتصاص الفسفور سيزيد أيضاً من تراكم الفسفور داخل البذور على شكل فيتات Phytate، مما قد يسبب مشاكل بيئية لصعوبة تحليلها من قبل الأحياء الدقيقة أو حتى في معدة الحيوانات المتغذية على النبات لتخرج إلى المسطحات المائية مسببة ظاهرة الإثراء الغذائي (Che et al., 2020). نفذت تجربة حقلية على ستة أصناف من القمح الطري ولموسمين متتاليين هما 2010 و 2011 في ظل الظروف المناخية شبه الجافة، لوحظ فيها زيادة معنوية في الإنتاج الحي وارتفاع كفاءة امتصاص PAE وبشكل معنوي عند معدلات التسميد 60 و 90 كغ/هكتار مقارنة بالشاهد. في المقابل، تم الحصول على أعلى كفاءة استخدام P-uptake عند التسميد بـ 30 كغ/هكتار. واختلفت أصناف القمح المدروسة في درجة الكفاءة لاستخدام الفسفور وانعكس ذلك على الإنتاجية الحبية. تم الحصول على أعلى إنتاج حبي في معاملي التسميد الفسفاتي 60 و 90 كغ/هكتار (2494 و 3649 كغ/هكتار على التوالي) وأعلى كفاءة استخدام للفسفور (193.7% و 190.1% على التوالي). تم تحديد أعلى كفاءة استخدام عند معدلات التسميد المنخفضة 30 كغ/هكتار في الصنف Gün-91 (52.8% و 44.9%) في كلا العامين على التوالي (Kara, 2013). وكانت مخرجات هذا البحث بضرورة التسميد بـ 60 كغ/هكتار لنبات القمح للحصول على الإنتاجية المثلى لأن الفروق بالإنتاجية بين 60 و 90 كغ/هكتار لم تكن ذات جدوى معنوي.

في دراسة حقلية أخرى لمدة عامين لمقارنة معايير الكفاءة PAE و PUE والمواصفات الجذرية المورفولوجية والفيزيولوجية لصنفين من القمح الشتوي واستجابتها لست معدلات تسميد فوسفاتي في تربة كلسية. كان استجابة كلا الصنفين عند كل مستوى فوسفور

مضاف متماثلاً من حيث النمو وقدرته الإنتاجية، ووصل إلى النمو الأمثل عند معدل تسميد فوسفاتي 100 كغ/هكتار. ومع ذلك، اختلف كلا الصنفان في الغلة وكفاءة P. مع زيادة معدل الفسفور المضاف لكل من الصنفين، زاد الوزن الجاف للجذور (RDW)، وكثافة الجذور، وزيادة تحفيز الجين الناقل للفوسفات TaPHT1.2 في القمم الجذرية، ونشاط أنزيم الفسفاتيز. لتشير النتائج أن كفاءة الفسفور تخضع للتحكم الوراثي في جميع معدلات الفسفور المضافة لنبات القمح، وأن الأصناف قد تعتمد على استراتيجيات جذرية مختلفة في سبيل الاستفادة من الفسفور (Deng et al., 2018).

أهمية وأهداف البحث:

يتطلب مفهوم التسميد الفسفاتي للمحاصيل إلى الوصول للإدارة المثلى لتجنب هدر الموارد غير المتجددة وتلوث المياه الجوفية، لكن الأساليب الحالية لتقييم احتياجات نبات القمح من الفسفور ليست دقيقة بما يكفي لتحقيق هذا الهدف. فكانت أهداف الدراسة:

- (1) دراسة تأثير التسميد الفسفاتي في معايير النمو والإنتاجية للقمح الطري (شام 10).
- (2) دراسة استجابة القمح الطري (شام 10) للتسميد الفسفاتي، وتحديد الاحتياج السمادي الأمثل من خلال منحنيات الاستجابة في النمو والإنتاجية الحبية.
- (3) كفاءة استفادة القمح الطري (شام 10) من السماد الفسفاتي المضاف.

مواد وطرائق العمل:

مواد التجربة:

التربة: جمعت التربة من محطة بحوث دبا التابعة لمحطة بحوث ستخريس من الطبقة السطحية 0-20 سم وهي تربة سلتية طينية، وتم تنخيل التربة من خلال منخل ذو فتحات 2 مم للتخلص من الأعشاب والشوائب، ومن ثم جففت هوائياً في البيت البلاستيكي في موقع مشتل الجامعة ووضعت في أكياس مغلقة لحين توزيعها في الأصص والزراعة. خضعت التربة قبل زراعتها لمجموعة من التحاليل الفيزيائية والكيميائية (Ryan et al., 2001)، يوضحها الجدول 1.

الجدول (1): بعض الخواص الفيزيائية والكيميائية لتربة الدراسة (القيم هي متوسط ثلاث مكررات).

التوزيع الحبيبي (%)		pH	EC ds/cm	OM (%)	N-كلي (%)	CaCO ₃ (%)	(P/مغ/كغ)	
طين	سلت	رمل						
45	35	20	7.4	0.25	1.5	0.1	67	23
							1.5	6.4
الكاتيونات (مغ/كغ تربة)								
NH ₄ ⁺		K ⁺		Ca ⁺⁺		Mg ⁺		
مغ	مغ	مغ	مغ	مغ	مغ	مغ	مغ	
22	6.8	19	102	128	3000	92	684	

البذار: تم الحصول على بذار القمح (*Triticum aestivum* L.) من الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية بدمشق (صنف شام 10)، وهو من أهم أصناف القمح السورية الطرية.

تصميم التجربة:

تضمنت التجربة استخدام خمسة مستويات من التسميد الفسفاتي (0، 25، 50، 75، و 100 كغ P/هـ)، وهي تراكيز من الفسفور في التربة تعادل 0، 10، 20، 30، و 40 مغ P/كغ تربة، على اعتبار أن مساحة الأصيل 0.0269 م²، والكثافة الظاهرية للتربة 1.25 غ/سم³، وعمق الطبقة الزراعية 20 سم، ووزن التربة في الأصيل 3 كغ. وبالتالي كان عدد المعاملات 5 وبثلاثة مكررات فكان العدد الإجمالي للأصص 15.

التسميد:

- التسميد الآزوتي: تلقت جميع المعاملات تسميداً آزوتياً بمعدل 300 كغ N/هـ على صورة يوريا (46% N)، موزعة على ثلاث دفعات: 3/1 الجرعة عند الزراعة موزعة بشكل متجانس في تربة الأصيل، 3/1 الجرعة في مرحلة الإشتاء على هيئة محلول نترات الأمونيوم أضيف من الأعلى مع ماء الري، 3/1 الجرعة في مرحلة بدء طرد السنابل بصورة محلول نترات الأمونيوم أضيف من الأعلى مع ماء الري.

- التسميد الفسفاتي: أضيفت الجرعة السمادية الفسفاتية دفعة واحدة على هيئة محلول لمركب ملحي (KH_2PO_4) عند الزراعة موزعة على تربة الأصيل وذلك بحسب المعاملة.

- التسميد البوتاسي: أضيفت الجرعة السمادية البوتاسية إلى جميع المعاملات دفعة واحدة على هيئة محلول لمركب ملحي (K_2SO_4) عند الزراعة موزعة على تربة الأصيل، وذلك لرفع تركيز البوتاسيوم المتاح في تربة الأصيل إلى 125 مغ K/كغ تربة (مع مراعاة كمية البوتاسيوم المضافة خلال التسميد الفسفاتي).

الزراعة:

تمت الزراعة بأصص بلاستيكية سوداء ذات قطر 18.5 سم وعمق 20 سم، ملئت بالتربة 3 كغ تربة. وضعت حبوب القمح على عمق 1 سم من سطح التربة بمعدل 12 حبة للأصيل ورويت الأصص من الأسفل في صحن حتى بلوغ الماء إلى السطح العلوي للتربة بالخاصة الشعرية. تمت الزراعة 2021/12/5. بدأ إنبات القمح المزروع بتاريخ 2021/12/11 واكتمل الإنبات بتاريخ 2021/12/13 حيث تم التفريد إلى 9 بادرات في الأصيل والتي تعادل معدل بذار 120 كغ/هكتار معتمدين بذلك على تعداد الحبوب بوحدة الوزن (غ) ومساحة الأصيل. وزعت الأصص عشوائياً على مربع التجربة ضمن البيت البلاستيكي على طاولات في موقع مشتل جامعة تشرين.

العناية بالتجربة:

■ الري والتعشيب: تم ري الأصص ثلاث مرات أسبوعياً بالماء العادي من الأسفل من خلال الصحن حتى بلوغ الماء السطح العلوي لتربة الأصيل في كل مرة، وأزيلت الأعشاب من الأصص يدوياً كلما اقتضت الحاجة. استمرت عمليات الري حتى انتهاء عملية ملء الحبوب حيث تم البدء بفطم النباتات عن الماء تدريجياً وصولاً لمرحلة النضج الفيزيولوجي الكامل.

■ التسميد: تم تسميد جميع أصص التجربة بسلقات المغنيزيوم بمعدل 90 مغ Mg للأصيل كل 15 يوم (30 مغ Mg/كغ تربة) بدءاً من مرحلة الإشتاء وحتى مرحلة ملء الحبوب تجنباً لظهور نقص المغنيزيوم. كما رشت النباتات بمحلول يحوي العناصر الصغرى كل 15 يوم محضرة تبعاً لمحلول Long Ashton (1966) Hewitt على اعتبار أن التربة كلسية جداً.

■ مكافحة: تم رش النباتات خلال فترة التجربة مرتين بمبيد حشري ديسيس لتجنب الأضرار التي يمكن أن تظهر على الأوراق والسنابل.

الحصاد:

تم الحصاد بتاريخ 2022/5/7 وذلك بقطع النباتات عند مستوى سطح التربة وتم أخذ القياسات التالية:

عدد الإشتاءات الكلية وموزعة بين إشتاءات منتجة وغير منتجة في كل أصيص، ارتفاع السوق الرئيسية والإشتاءات، وزن سنابل السوق الرئيسية ووزن سنابل الإشتاءات، عدد الحبوب في كل من سنابل السوق الرئيسية وسنابل الإشتاءات، وزن الحبوب في سنابل السوق الرئيسية وسنابل الإشتاءات، وزن الألف حبة، وزن القش

التحليل المخبرية:

- فصلت الجذور بشكل نظيف ووضعت في أكياس ورقية وجففت في الفرن على درجة حرارة 70°م حتى ثبات الوزن وسجل الوزن الجاف للجذور
- تم تقدير الرطوبة النسبية للحبوب وذلك بأخذ عينة من الحبوب والتجفيف على درجة حرارة 70 م حتى ثبات الوزن ومن ثم إعادة وزنها لحساب الرطوبة النسبية في الحبوب.
- طحنت عينات الحبوب والقش والجذور وهضمت هضماً جافاً تحضيراً لتقدير الفسفور (Ryan et al., 2001).

الحسابات:

تم حساب الفسفور المزاح من قبل أجزاء النبات والتي هي الغلة الحبية والمادة النباتية الجافة، والجذور وذلك وفق الخطوات التالية:

$$(1) \text{ P المزاح في الحبوب (مغ/أصيص) = تركيز الفسفور في الحبوب (مغ/غ) } \times \text{ وزن الغلة الحبية (غ/أصيص)}$$

$$(2) \text{ P المزاح في المادة النباتية الجافة (مغ/أصيص) = تركيز الفسفور في القش (مغ/غ) } \times \text{ وزن القش (غ/أصيص)}$$

$$(3) \text{ P المزاح في الجذور الجافة (مغ/أصيص) = تركيز الفسفور في الجذور (مغ/غ) } \times \text{ وزن الجذور (غ/أصيص)}$$

$$(4) \text{ P الكلي المزاح (مغ/أصيص) = P المزاح في الحبوب + P المزاح في القش + P المزاح في الجذور}$$

كما تم حساب الكفاءات وفق (Dobermann, 2007)، كالتالي:

- كفاءة الاستفادة من الفسفور (Phosphorus Utilization Efficiency (PUE): وهي تعتمد على مقارنة كمية الفسفور المزاحة في نباتات الشاهد مع كمية الفسفور المزاحة في المعاملة السمادية عند كل مستوى:

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

- معامل الإنتاجية الجزئي Partial factor productivity (PP): وتعبّر عن الغلة المنتجة من كل وحدة فوسفور مضافة للتربة.

$$\text{PP (\%)} = \frac{\text{الغلة الحبية/المعدل السمادي المضاف}}{100}$$

- الكفاءة الفيزيولوجية (Physiological Efficiency (PE): وتقدر بوحدة الكيلو غرام من الزيادة في الغلة الحبية لكل كيلو غرام من عنصر الفسفور الممتص.

$$\text{PE} = \frac{\text{غلة الحبوب في المعاملة السمادية} - \text{غلة الحبوب في معاملة الشاهد}}{\text{الفسفور المزاح لمجموع الحبوب والقش}}$$

- كفاءة الاسترداد الظاهرية (Apparent Recovery Efficiency (RE): وهي النسبة المئوية لكمية الفسفور الممتصة (مزاحة في غلتي الحبوب والقش) لكل كغ من المعدل السمادي الفسفاتي المضاف.

$$\text{RE (\%)} = \left\{ \frac{\text{P المزاح في الحبوب (كغ/هـ)} + \text{P المزاح في القش (كغ/هـ)}}{\text{المعدل السمادي (كغ/هـ)}} \right\} \times 100$$

- الكفاءة الزراعية (Agronomic efficiency (AE): وهي تمثل الزيادة في الغلة الحبية من كلّ كيلوغرام من السماد الفسفاتي المضاف.

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

التحليل الإحصائي:

- خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) بحسب مصدر التباين وهو الفسفور (P)، وتم فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5%، وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي (SAS Institute, 1999).

النتائج والمناقشة:

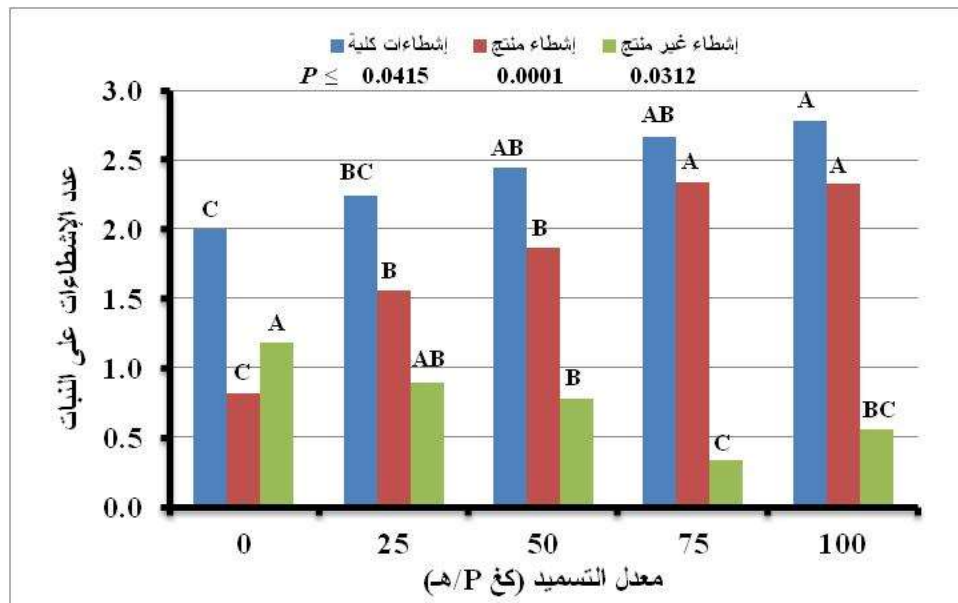
أولاً: تأثير التسميد الفسفاتي في معايير النمو:

1- عدد الإشطاءات:

تجاوبت نباتات القمح بشكل مضطرب مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي بالنسبة لعدد الإشطاءات الكلية، حيث سجلت في معاملة الشاهد 2 إشطاءات/نبات وارتفعت لتصل إلى 2.78 إشطاءات/نبات وكانت الزيادة معنوية شكل 1، إن إضافة 50 كغ P/هـ كان كافياً لظهور أول زيادة معنوية في عدد الإشطاءات الكلية مقارنة بالشاهد.

تمثل الإشطاءات الكلية مجموع الإشطاءات المنتجة وغير المنتجة. لوحظ أن زيادة الإشطاءات الكلية تعود بشكل رئيسي لزيادة عدد الإشطاءات المنتجة. حيث زاد عددها مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي بشكل تدريجي لتكون أعظمية عند عتبة 75 كغ P/هـ بزيادة حوالي 3 مرات عن الشاهد. في المقابل لوحظ انخفاض بعدد الإشطاءات غير المنتجة مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي فكانت 1.2 إشطاء غير منتج/نبات وانخفضت إلى 0.3 إشطاء عند عتبة 75 كغ P/هـ. وبالتالي أدت زيادة معدلات التسميد الفسفاتي إلى زيادة عدد الإشطاءات المنتجة على حساب الإشطاءات غير المنتجة.

تؤكد تلك النتائج ما أشارت إليه نتائج سابقة في الباكستان أن أعلى عدد للإشطاءات المنتجة قد بلغ 232.1 إشطاء منتج/م² عند معدل تسميد 75 كغ P/هكتار دون ملاحظة أي زيادة في عددها إذا ما تم زيادة معدلات التسميد الفسفاتي أعلى من ذلك. في المقابل لوحظ انخفاض تدريجي في عدد الإشطاءات غير المنتجة مع زيادة معدلات التسميد ليكون معنوياً عند الوصول للعتبة ذاتها 75 كغ P/هكتار وسجلت عددها 35.9 إشطاء غير منتج/م² (Bashir et al., 2015).

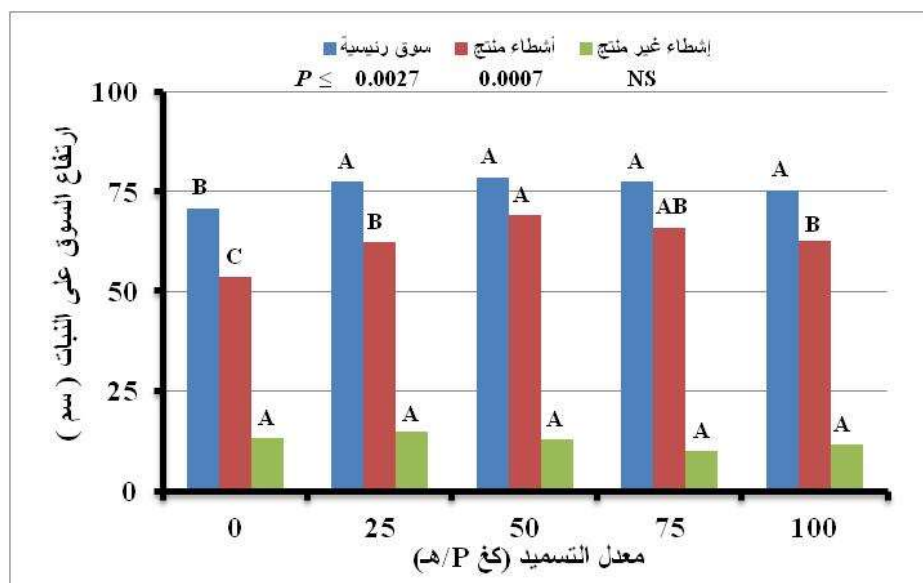


الشكل (1): تأثير التسميد الفسفاتي في عدد الإشطاءات على نبات القمح

2- ارتفاع السوق:

سجلت أقل ارتفاع للساق الرئيسية لنبات القمح شام 10 في معاملة الشاهد 70.5 سم/نبات. وارتفعت مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي بدءاً من إضافة 25 كغ P/هـ وسجلت 77.4 سم/نبات شكل 2. في حين لم تؤدي زيادة معدلات التسميد عن ذلك المعدل لفروق معنوية واضحة في طول الساق.

أما متوسط طول الساق في الإشطاءات المنتجة بلغت أعلى القيم 69 سم/نبات عند التسميد الفسفاتي 50 كغ هـ/P وبزيادة حوالي 29% عن معاملة الشاهد بدون تسميد. بينما لم تسجل أي فروق واضحة لأطوال السوق غير المنتجة في النبات بالرغم من زيادة معدلات التسميد حيث تراوحت بين 10 سم/نبات و 14.7 سم/نبات.



الشكل (2): تأثير التسميد الفسفاتي في ارتفاع السوق الرئيسية وسوق الإشطاءات على نبات القمح

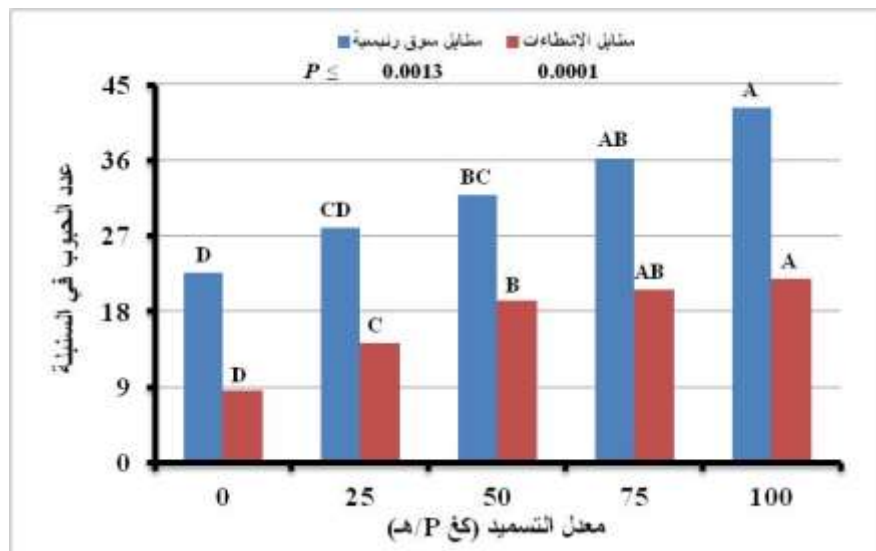
في دراسة حقلية لـ Bashir وآخرون (2015) لوحظ أدنى ارتفاع لنبات القمح 92.9 سم في معاملة الشاهد ووصل أقصى ارتفاع للنبات 101.8 سم عند إضافة الفسفور بمعدل 75 كغ/هكتار بينما لم يؤثر زيادة التسميد الفسفاتي لأعلى من ذلك أي زيادة في ارتفاع النبات. وفي دراسة أخرى وصل ارتفاع النبات إلى أعلى مستوى له 100.1 سم عند التسميد بـ 90 كغ/هكتار (Noonari et al., 2016).

ثانياً: تأثير التسميد الفسفاتي في معايير الإنتاجية:

1- عدد الحبوب في السنبلة:

تفوقت السوق الرئيسية في عدد الحبوب مقارنة بعدد الحبوب في سنبال الإشطاءات حوالي الضعف في معاملات التسميد 25 و 100 كغ هـ/P. وانخفضت نسبة الزيادة في معاملات التسميد 50 و 75 كغ هـ/P مع ارتفاع عدد الحبوب في سنبال الإشطاءات لكلا المعاملتين. وكانت نسبة الزيادة لعدد الحبوب أعظمية في معاملة الشاهد 2.6 مرة وذلك يعود لضعف قدرة التربة على تزويد القمح باحتياجاته من الفسفور في معاملة الشاهد شكل 3.

بلغت عدد الحبوب 22.5 في السنبلة الرئيسية في معاملة الشاهد، وظهر أول فرق معنوي عند التسميد بـ 50 كغ هـ/P لتكون 31.7، بينما أدى التسميد لمعدل 100 كغ هـ/P للحصول على أعلى قيمة لعدد الحبوب في السنبلة الرئيسية 42.2 بزيادة حوالي 87% عن الشاهد. وكان لزيادة معدل التسميد بالفسفور أثر إيجابي أيضاً في زيادة عدد الحبوب في سنبال الإشطاءات. حيث سجلت القيم 8.6 و 21.8 في المعاملتين 0 و 100 كغ هـ/P على التوالي، بزيادة حوالي 1.5 مرة عن الشاهد.



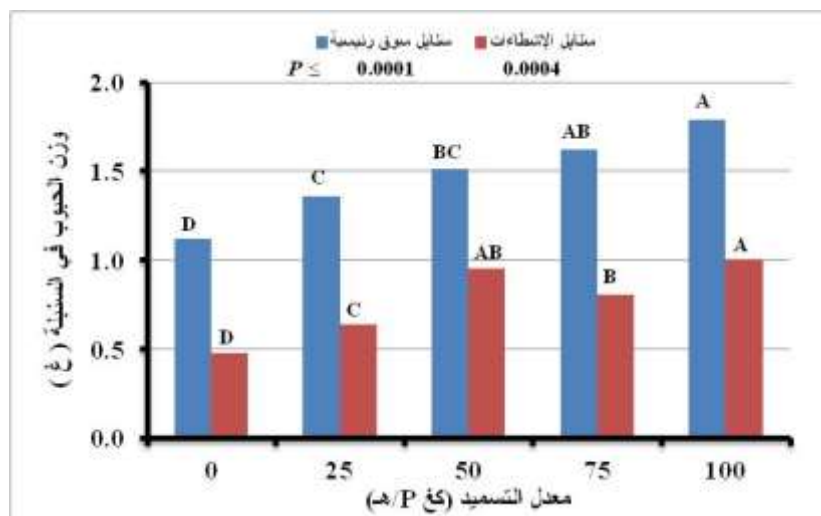
الشكل (3): تأثير التسميد الفسفاتي في عدد الحبوب في سنابل السوق الرئيسية وسنابل الإشتطاءات في نبات القمح

وبعد متابعة لمعايير انتاجية القمح المزروع في الظروف الحقلية تراوحت عدد الحبوب في السنبلة بين 37.3 و 52.3 في المعاملتين الشاهد بدون تسميد فوسفاتي ومعاملة 100 كغ/هـ/هكتار على التوالي، وانخفضت عدد الحبوب بعد زيادة معدلات التسميد إلى 125 كغ/هـ/هكتار لتكون 47.4 حبة/سنبلة (Bashir et al., 2015). وفي دراسة أخرى وصلت عدد الحبوب في السنبلة الواحدة 51.33 عند التسميد بـ 90 كغ/هـ/هكتار (Noonari et al., 2016)، ويتعلق عدد الحبوب في السنبلة بالعديد من العوامل أهمها الظروف المناخية والمواصفات الوراثية للقمح المزروع.

2- وزن الحبوب في السنبلة:

سجلت النتائج أقل وزن للحبوب في السنبلة الرئيسية في معاملة الشاهد 1.1 غ/سنبلة وارتفعت تدريجياً مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي لتكون بشكل معنوي عند معاملة 50 كغ/هـ/هكتار حوالي 1.5 غ/سنبلة. واستمر التجاوب مع زيادة معدل التسميد إلى 100 كغ/هـ/هكتار لتصل وزن الحبوب فيه إلى 1.8 غ/سنبلة شكل 4.

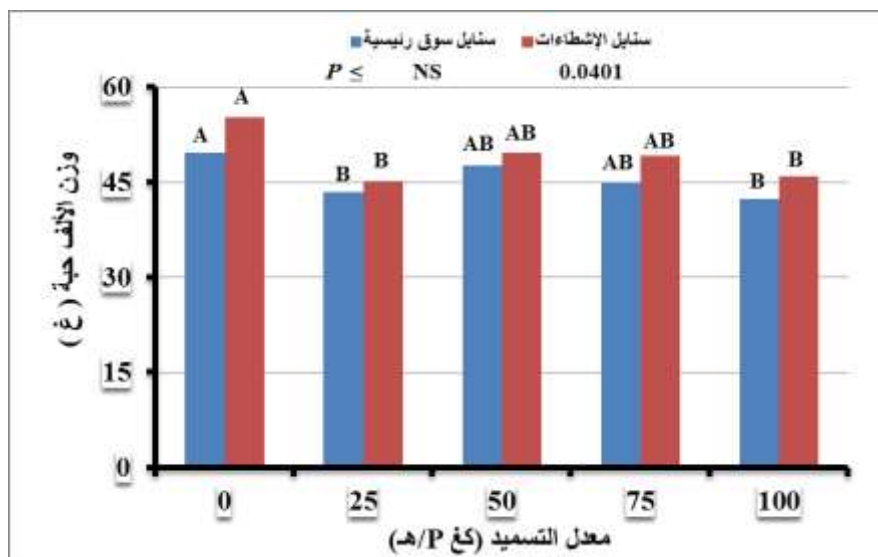
أما بالنسبة لوزن الحبوب في سنابل الإشتطاءات كان للتسميد بـ 50 كغ/هـ/هكتار دور هام ومعنوي في زيادة وزن الحبوب حوالي الضعف عند مقارنتها بالشاهد بدون تسميد حيث بلغت القيم 0.95 و 0.48 غ على التوالي. في المقابل لم يؤدي زيادة معدلات التسميد الفسفاتي عن ذلك الحد إلى أحداث فروق واضحة في وزن الحبوب لدى سنابل الإشتطاءات.



الشكل (4): تأثير التسميد الفسفاتي في وزن حبوب سنابل السوق الرئيسية وسنابل الإشتطاءات في نبات القمح

3- وزن الألف حبة:

ترتفع وزن الألف حبة في نبات القمح مع انخفاض عدد الحبوب في السنبله والعكس بالعكس، ويتعلق ذلك بمدى تأمين احتياجات النبات من العناصر المغذية (الحافي وعلوش، 2016). وهذا ما أكدته نتائج الشكل 6، حيث ارتفع وزن الألف حبة في معاملة الشاهد لسنابل السوق الرئيسية ليصل إلى 49.6 غ، وانخفض مع زيادة التسميد الفسفاتي وبشكل معنوي عند المعدل 25 كغ/هكتار لتكون حوالي 43.5 غ. بينما لم يلاحظ تأثير واضح في وزن الألف حبة بالرغم من زيادة معدلات التسميد الفسفاتي عن عتبة 25 كغ/هكتار شكل 5.



الشكل (5): تأثير التسميد الفسفاتي في وزن الألف حبة في السنابل الرئيسية و سنابل الإشتاءات في نبات القمح

كان لسنابل الإشتاءات ذات المنحى من الاستجابة للتسميد الفسفاتي حيث ارتفع وزن الألف حبة في معاملة الشاهد وبشكل معنوي 55.3 غ وانخفض معنوياً عند معاملة 25 كغ/هكتار ليكون حوالي 45.2 غ دون تسجيل أية فروقات معنوية في المعاملات اللاحقة من التسميد.

نفذت دراسة حقلية ارتبط فيها وزن الألف حبة بشكل إيجابي مع معدلات التسميد الفسفاتي لترتفع معنوياً 44.5 غ عند التسميد بمعدل 100 كغ/هكتار مقارنة بالشاهد بدون تسميد، لتتخفض بعدها وزن الألف الحبوب عند زيادة معدلات التسميد الفسفاتي إلى 125 كغ/هكتار. وهذا يتماشى مع نتائج (Izhar et al., 2020).

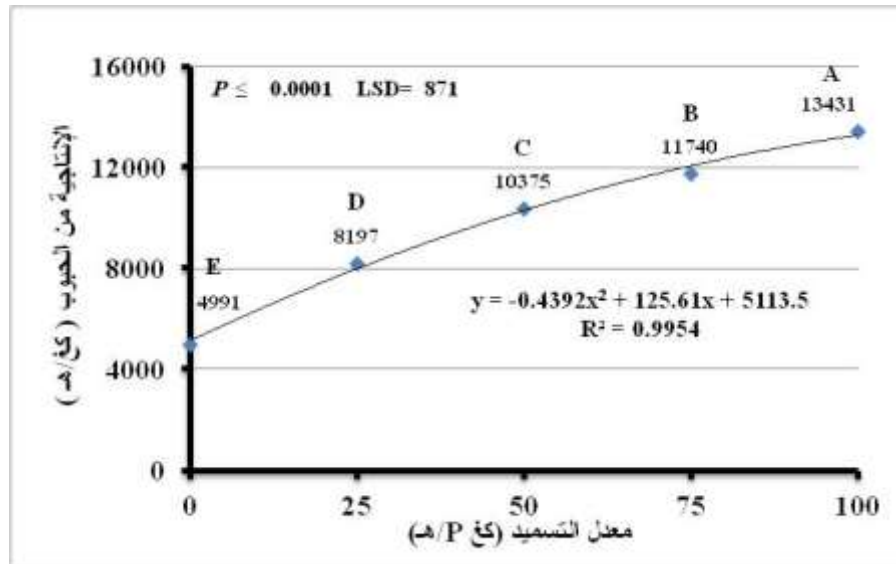
ثالثاً: تأثير التسميد الفسفاتي في الإنتاجية الحبية والمحصول البيولوجي:

1- الإنتاجية من الحبوب:

أدت زيادة معدلات التسميد الفسفاتي إلى زيادة متدرجة في إنتاجية حبوب القمح وسجلت أول زيادة معنوية بدءاً من المعدل الأول من التسميد 25 كغ/هكتار بنسبة زيادة حوالي 64% عن معاملة الشاهد بدون تسميد. يشير ذلك لحاجة محصول القمح الملحة لعنصر الفسفور في التربة المدروسة وذلك يتوافق مع نتائج الفسفور المتاح المنخفضة في التربة قبل الزراعة 6.4 مغ/كغ تربة (شكل 6).

استجابت نباتات القمح بشكل معنوي ومضطرد مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي لتكون إنتاجية الحبوب مرتفعة عند كل مستوى من التسميد الفسفاتي مقارنة بالمعدل السابق وكانت أعلاها 13431 كغ/هكتار عند التسميد بـ 100 كغ/هكتار وبزيادة عن الشاهد تقدر بـ 170%.

يرتكز الهدف الأساسي لدراسة استجابة النبات إلى التسميد بعنصر ما في ظروف وتربة معينة هو التنبؤ الرياضي للإنتاجية التي يمكن الحصول عليها عند كل معدل تسميدي معين. ويكون هذا التنبؤ أكثر وضوحاً في تجارب الأصص ضمن الظروف المحمية وذلك لانخفاض تأثير العوامل الأخرى على استجابة النبات فيكون العامل المتغير والوحيد هو العنصر المدروس. ويمكن من خلال (الشكل 6) إيجاد معادلة من الدرجة الثانية كانت درجة الارتباط معنوية بين كل من الزيادة في التسميد الفسفاتي مقارنة في الزيادة بإنتاجية الحبوب $R = 0.997$.



الشكل (6): تأثير التسميد الفسفاتي في الإنتاجية الحبية لمحصول القمح

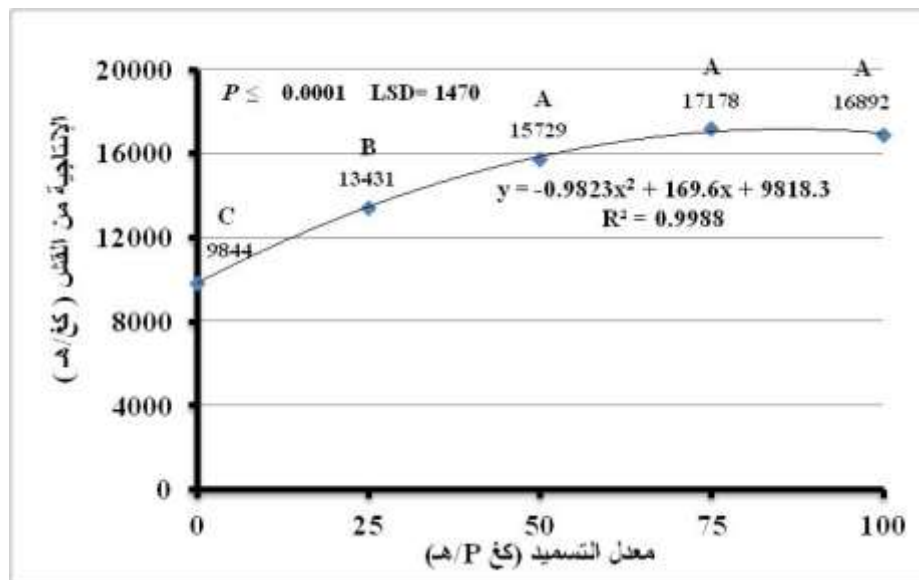
أكدت دراسات عديدة على أهمية التسميد الفسفاتي في زيادة الإنتاجية من الحبوب في نبات القمح لترتفع الإنتاجية مع زيادة معدلات التسميد لتصل إلى 4172 كغ حبوب/هكتار لدى التسميد بمعدل 100 كغ P/هكتار في زراعة حقلية، تلتها انخفاض في إنتاجية الحبوب عند زيادة التسميد بمعدلات أعلى (Bashir et al., 2015).

2- الإنتاجية من القش:

لقد سجلت معاملة الشاهد في التربة بدون تسميد فوسفاتي 9844 كغ من القش وارتفعت بشكل معنوي عند أول معدل تسميد فوسفاتي 25 كغ P/هكتار فكان الناتج من القش 13431 كغ/هكتار واستمر الارتفاع في إنتاجية القش وبشكل معنوي عند التسميد بمعدل 50 كغ P/هكتار بنسبة زيادة حوالي 60% عن الشاهد (الشكل 7).

في المقابل لم يؤدي التسميد الفسفاتي بمعدلات أعلى من ذلك أي زيادة معنوية في إنتاجية القش لنبات القمح. وانخفضت منحنى الاستجابة ليكون الميل أقرب إلى الواحد الصحيح عند معدلات التسميد أكبر من 75 كغ P/هكتار. ومثلت العلاقة معدلات التسميد الفسفاتي والإنتاجية من القش معادلة من الدرجة الثانية مبينة في (الشكل 7) وكان معامل الارتباط معنوياً $R = 0.9997$.

يمكن أن يعود ارتفاع الإنتاجية لكل من القش والحبوب في هذه التجربة لقيم تتجاوز نتائج التجارب الحقلية هي طبيعة الزراعة في البيوت المحمية ضمن ظروف متحكم بها بشكل كامل، انطلاقاً من الحفاظ على رطوبة التربة ضمن الحدود السعة الحقلية مروراً بتأمين درجات الحرارة المناسبة للنمو وعمليات الخدمة المتبعة (التعشيب والتقريد والتسميد بالعناصر الكبرى والصغرى) ومنع فقد الحبوب من قبل الحيوان (طيور - فئران حقل....)، هذا بالإضافة لضبط جميع عوامل فقد الحبوب والقش خلال عملية الحصاد. وهذا ما أشارت إليه دراسات أخرى (الحافي وعلوش، 2016).



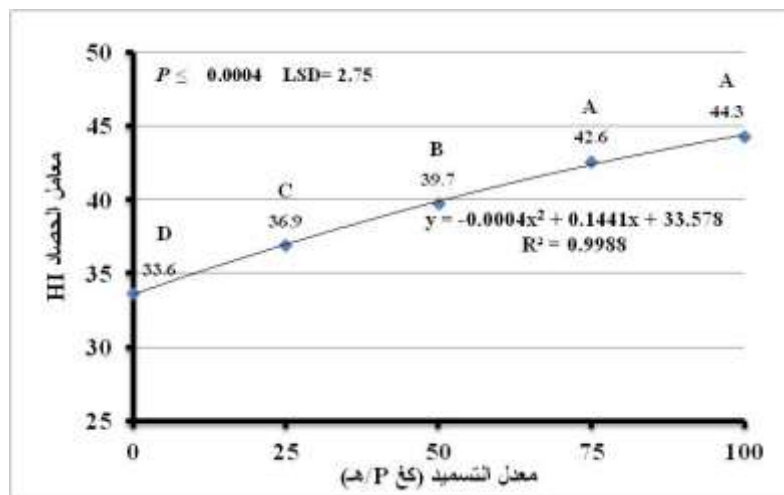
الشكل (7): تأثير التسميد الفسفاتي في الإنتاجية من القش لمحصول القمح

أشارت الدراسات أن الكتلة البيولوجية (قش + حبوب) لنبات القمح المزروع حقلياً لم يتجاوز 6125 كغ/هكتار في تربة الشاهد بدون تسميد فوسفاتي وزادت بشكل معنوي عند المستوى الأول من التسميد 50 كغ/هكتار ليصل إلى 7616 كغ/هكتار، استمرت تلك الزيادة وبمعنوية 8835 كغ/هكتار عند الوصول لعتبة تسميد بمعدل 75 كغ/هكتار لتستقر بعدها الكتلة البيولوجية الناتجة بالرغم من زيادة معدلات التسميد الفسفاتي إلى 125 كغ/هكتار (Bashir et al., 2015).

3- معامل الحصاد:

لوحظ تدرج شبه خطي لمعامل حصاد محصول القمح عند زيادة معدلات التسميد الفسفاتي في التربة المدروسة والذي يمثل زيادة معنوية في الكتلة الحبية عن الكتلة البيولوجية عند كل معدل تسميدي مقارنة بالمعدل السابق (الشكل 8). بينما انخفضت حدة تلك الزيادة لمعامل الحصاد عند المعدل المرتفع من التسميد 100 كغ/هكتار ويعود ذلك لانخفاض في نسبة الزيادة لوزن القش عند ذات المعدل من التسميد الفسفاتي مقارنة بالمعدل الأقل 75 كغ/هكتار.

تلك النتائج تتماشى مع نتائج معامل حصاد محصول القمح في الزراعات الحقلية حيث تراوحت بين 39.9 و 45.6 وترتبط زيادته مع زيادة معدل التسميد الفسفاتي حتى الوصول 100 كغ/هكتار مع وجود انحدار طفيف لـ HI في معدلات التسميد الأعلى من ذلك (Bashir et al., 2015).



الشكل (8): تأثير التسميد الفسفاتي معامل الحصاد (Harvest Index, HI) لمحصول القمح

رابعاً: كفاءة الاستفادة من التسميد الفسفاتي:

1- كمية الفسفور المزاح:

حسبت كمية الفسفور المزاحة في كل من الكتلة البيولوجية (الحبوب + القش) وفي الجذور ليمثل مجموعها كمية الفسفور الممتصة من قبل النبات القمح في التربة المدروسة عند كل معدل فوسفور مضاف P وبالتالي يمكن حساب كفاءة الاسترداد الظاهرية RE والناجمة عن التسميد بعد طرح قيمتها عند كل معدل عن الكفاءة في معاملة الشاهد وتقسيمها على المعدل السمادي المضاف P لكل أصيص.

جُمعت النتائج في (الجدول 2) والتي توضح زيادة معنوية في كمية الفسفور المزاح حيث تراوحت بين 57.7 مغ P/أصيص في معاملة الشاهد وارتفعت بمعنوية وصولاً إلى 139.6 مغ P/أصيص عند إضافة 90 مغ P/أصيص (والتي تعادل 75 كغ P/هكتار) بينما لم يلاحظ زيادة واضحة في كمية الفسفور المزاح من قبل نبات القمح عند معدل التسميد أعلى من ذلك. وبالعودة إلى نتائج تحليل التباين لوحظ دور معنوي للتسميد الفسفاتي في زيادة كمية الفسفور المزاح يتركز في المجموع الحبي والجنور ($P = 0.0001$).

لم يكن للتسميد الفسفاتي دور هام في زيادة كمية الفسفور المزاح من قبل القش ($P = NS$)، يعود ذلك لهجرة الفسفور الممتص من قبل المجموع الخضري في مرحلة طرد السنابل باتجاه الحبوب المتشكلة حديثاً وتخزينه بشكل حمض القيتيك، وكذلك تخزين جزء مهم من الفسفور الممتص في جذور النبات لمساهمة في عمليات انقسام واستطالة الخلايا الجذرية وفي يدخل في مركبات الطاقة ATP, ADP اللازمة لامتناس العناصر من قبل جذور النبات (Mengel and Kirkby, 2012).

لقد ترافقت زيادة معدلات التسميد الفسفاتي بزيادة معنوية في كفاءة الاسترداد الظاهرية عند معدل 60 مغ P/أصيص مقارنة بالمعدل الأقل 30 مغ P/أصيص وبزيادة حوالي 91.7% عن معاملة الشاهد. وانخفضت كفاءة الاسترداد إلى 71.8% مقارنة بالشاهد عند المعدل المرتفع في التجربة المدروسة 120 مغ P/أصيص (الجدول 2).

الجدول (2): تأثير التسميد الفسفاتي في معدلات إزاحة الفسفور من التربة

معدل الإضافة مغ P/أصيص	كمية الفسفور المزاحة (مغ P/أصيص)				RE (%)
	الحبوب	القش	الجنور	المجموع	
0	43.9 ^E	5.2 ^A	5.6 ^C	54.7 ^D	66.2 ^C 91.7 ^A 94.3 ^A 71.8 ^B 7.2
30	56.2 ^D	6.2 ^A	12.2 ^B	74.6 ^C	
60	86.5 ^C	7.2 ^A	16.0 ^B	109.7 ^B	
90	107.8 ^B	7.1 ^A	24.7 ^A	139.6 ^A	
120	123.3 ^A	6.5 ^A	11.1 ^B	140.9 ^A	
LSD _{0.05}	7.2	1.4	5.0	8.5	
P ≤					
Effect TSP	0.0001	NS	0.0001	0.0001	0.0012

2- كفاءة النمو والاستفادة من السماد:

يعتبر تقدير كفاءة الاستفادة من الفسفور مدخلاً هاماً لتقييم مصير الإضافات الفسفاتية ودورها في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية، وهي تعبر عن قدرة النبات على توظيف الفسفور المتاح له خلال مراحل نموه وانعكاس ذلك على الإنتاجية كمياً ونوعاً، وهذه تشمل عمليات الامتناس والتمثيل وعمليات انتقال المركبات إلى المراكز الادخارية - الحبوب (Weigelt and Jolliffe, 2003).

مثلت حسابات الكفاءة في الجدول 3، يلاحظ من خلاله ارتفاع طفيف في كفاءة استخدام القمح للفوسفور المضاف في التربة المدرسة عند زيادة مستويات التسميد الفسفاتي إلا أن ذلك الارتفاع غير معنوي حتى الوصول لمعدل تسميد 75 كغ/هكتار، وسجلت عندها كفاءة الاستخدام PUE حوالي 45% من السماد المضاف، بينما انخفضت كفاءة الاستخدام وبشكل معنوي 33% عند معدل 100 كغ/هكتار. يمكن أن يعود ذلك لانخفاض حاجة النبات من الفسفور عند المعدلات المرتفعة من التسميد مقارنة بالمعدلات الأولى والتي تكون حاجته مرتفعة خاصة في ظل انخفاض قيم الفسفور المتاح من التربة.

تعتبر معامل الإنتاجية الجزئي PP عن الغلة المنتجة من الحبوب من كل وحدة العنصر المضافة للتربة، بناءً على ذلك التعريف ولأن المتغير الوحيد هو عنصر الفسفور، تتعلق PP بدرجة كبير بكمية الفسفور المتاح في التربة وتتأثر بشدة بعمليات التسميد الفسفاتي. وبالتالي فإن انخفاض استجابة المحصول لزيادة معدل التسميد الفسفاتي سوف ينعكس على قيمة معامل الإنتاجية الجزئي والذي بدوره يبدي انخفاضاً في قيمته. سجلت PP قيمة مرتفعة عند المعدل المنخفض من التسميد 25 كغ/هكتار حوالي 347 %، أي أن النبات استفاد من كامل الفسفور وانخفضت قيم PP تدريجياً وبشكل معنوي مع زيادة معدلات التسميد لتصل إلى 132% عند المعدل 100 كغ/هكتار.

تحتسب الفعالية الزراعية للغلة الحبية AE على أساس الزيادة في الغلة الحبية من كل كغ سماد TSP مضاف للتربة، وهي انعكاس مباشر لكفاءة النبات على استرداد الفسفور والكفاءة الفيزيولوجية. وبالتالي فإن طريقة تفاعل هذين العاملين سوف تلقي بظلالها على قيم الكفاءة الزراعية، وبالتالي فهي تتعلق بالممارسات الزراعية المتبعة. اتبعت الفعالية الزراعية المنحى العام في تبدلاتها حيث تكون مرتفعة عند معدلات التسميد المنخفضة خاصة في الترب منخفضة المحتوى بالعنصر المدروس كما هو الحال في هذه الدراسة لتسجل أعلى القيم 145 كغ/كغ سماد TSP عند التسميد بـ 25 كغ/هكتار، وانحدرت تدريجياً مع زيادة معدلات التسميد الفسفاتي فكان معامل الكفاءة منخفضاً معنوياً 111.8 كغ/كغ سماد TSP عند المعدل 50 كغ/هكتار مقارنة بالمعدل السابق. واستمر الانخفاض لتكون أقلها عند أعلى قيمة تسميد فوسفاتي في التجربة 100 كغ/كغ سماد TSP.

تعتبر الكفاءة الفيزيولوجية PE إلى إنتاجية المحصول لكل وحدة صافية مضافة من العنصر، وتشير إلى كفاءة إنتاج الكتلة الحيوية ودور الفسفور في زيادة كفاءة التمثيل الضوئي وتخزين الطاقة الذي ينتج عنه زيادة محتوى النبات من الكربوهيدرات وانتقالها من مناطق تخليقها إلى الأجزاء الأخرى، وكذلك دوره في تمثيل الكربوهيدرات. وتعتبر عن مقدرة النبات على تحويل الفسفور الممتص من السماد المضاف إلى المادة الجافة ومن ثم إلى الغلة الحبية من خلال توزيع المادة الجافة إلى الحبوب خلال مرحلة امتلاء الحبوب (Weigelt and Jolliffe, 2003).

لوحظ من الجدول 3 ارتفاع طفيف في الكفاءة الفيزيولوجية لنبات القمح عند زيادة معدل التسميد الفسفاتي أعلى من 25 كغ/هكتار. ولكن اللافت بالأمر، عدم وجود أي فروقات معنوية في الكفاءة الفيزيولوجية في التربة المدروسة بالرغم من اختلاف معدلات التسميد الفسفاتي المتبعة فتراوحت بين 17.7 و 19.3 في المعاملتين 25 و 75 كغ/هكتار على التوالي.

الجدول (3): تأثير التسميد الفسفاتي في كفاءات النمو والاستفادة من التسميد الفسفاتي لمحصول القمح

كفاءات النمو وامتصاص الفسفور				معدل الإضافة كغ /P هـ
PE	AE	PP	PUE	
17.7 ^A	145.0 ^A	344.6 ^A	40.4 ^{AB}	25
19.2 ^A	111.8 ^B	211.6 ^B	38.1 ^{AB}	50
19.3 ^A	98.6 ^{BC}	166.1 ^C	44.7 ^A	75
18.8 ^A	82.3 ^C	132.3 ^D	33.0 ^B	100
3.8	24.5	24.5	10.1	LSD _{0.05}

P ≤				
NS	0.0040	0.0001	0.0321	Effect TSP

الاستنتاجات:

أعطى معدل التسميد 100 كغ/هكتار أفضل إنتاجية لمحصول القمح وزاد كلاً من مجموع الكتلة البيولوجية وعدد الحبوب ووزن الحبوب. دون وجود فرق معنوي لمعدلي التسميد الفسفاتي 100 و 75 كغ/هكتار بالنسبة لمعامل حصاد المحصول HI. وارتفعت كفاءة الاستخدام PUE بشكل معنوي عند التسميد بـ 75 كغ/هكتار حيث بلغت 45%، وانخفضت إلى 33% عند معدل التسميد بـ 100 كغ/هكتار.

المراجع:

حتى، أسامة و علوش، غياث و زينة ربيع. (2022). تأثير هيومات البوتاسيوم على ديناميكية الفوسفور ونمو وإنتاجية الذرة الصفراء (Zea mays L.) في التربة الكلسية. أطروحة دكتوراه. جامعة تشرين. 85 صفحة.

حتى، أسامة و علوش، غياث. (2017). ديناميكية الفوسفور في بعض الترب السورية وتأثيرها في نمو الذرة الصفراء (Zea mays L.): تجارب أصص وتحضين مخبرية. أطروحة ماجستير. جامعة تشرين. 96 صفحة.

دليل زراعة القمح في سورية، (2009). مديرية الإرشاد الزراعي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية. وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي (2017). قسم الإحصاء، مديرية الإحصاء والتعاون الدولي، وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي، دمشق، سورية.

الحافي، علاء و علوش، غياث. (2016). استجابة بعض أصناف القمح الطري السورية للتسميد الأروتري في النمو وبعض معايير الإنتاجية. أطروحة ماجستير. جامعة تشرين. 97 صفحة.

Akgün, İ; B. Kara ve D. Altındal, (2011). Effect of Salinity (NaCl) on Germination and Seedling Growth and Nutrients Uptake of Different Triticale Genotypes. Turkish Journal of Field Crops, 16(2):225-232.

Alam, S.M; S.A. Shah and M. Akhtar. (2003). Varietal Difference In Wheat Yield And Phosphorus Use Efficiency As Influenced By Method Of Phosphorus Application. Songklanakarin J. Sci. And Technol., 25: 175-181.

Bashir, S; Anwar, S; Ahmad, B; Sarfraz, Q; Khatk, W; and Islam, M. (2015). Response of Wheat Crop to Phosphorus Levels and Application Methods. Journal of Environment and Earth Science, 5(9), 151-155.

Cadot, S; Bélanger, G; Ziadi, N; Morel, C; and Sinaj, S. (2018). Critical Plant and Soil Phosphorus for Wheat, Maize, and Rapeseed after 44 Years of P Fertilization. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 112(3), 417-433.

Che, J; Yamaji, N; Miyaji, T; Mitani-Ueno, N; Kato, Y; Shen, R.F; and Ma, J.F. (2020). Node-Localized Transporters of Phosphorus Essential for Seed Development in Rice. Plant and Cell Physiology, 61(8), 1387-1398.

Demaria, P; Flisch, R; Frossard, E; Sinaj, S. (2005) Exchangeability of Phosphate Extracted by Four Chemical Methods. J Plant Nutr Soil Sci. 168:89-93

Deng, Y; Teng, W; Tong, Y.P; Chen, X.P; and 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, 1614

- Dissanayaka, D.M.S.B; Plaxton, W. C; Lambers, H; Siebers, M; Marambe, B; and Wasaki, J. (2018). Molecular Mechanisms Underpinning Phosphorus-Use Efficiency in Rice. *Plant, Cell and Environment*, 41(7), 1483-1496.
- Dobermann, A. (2007). Nutrient Use Efficiency–Measurement and Management. *Agronomy and Horticulture - Faculty Publications*, 1442, P 28.
- Hewitt, E. J. Sand and water culture methods used in study of plant nutrition. Eastern Press, London, 1966.
- Ibrikci, H; J. Ryan; A.C. Ulger; G. Buyuk; B. Cakir; K. Korkmaz; E. Karnez; G. Ozgenturk; and O.Konuskan. (2005). Maintenance of Phosphorus Fertilizer and Residual Phosphorus Effect on Corn Production. *Nig. J. Soil Sci*; 2 : 279 – 286
- Izhar Shafi, M; Adnan, M; Fahad, S; Wahid, F; Khan, A; Yue, Z., ... and Datta. (2020). R 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), 1224.
- Johnston, Ae; Poulton, Pr; Fixen, Pe; and Curtin, D. (2014). Phosphorus: Its Efficient Use in Agriculture. *Adv Agron* 123:177–229.
- Kara, B. (2013). Phosphorus-Use Efficiency in Some Bread Wheat Cultivars. *Research on Crops*, 14(2), 389-394
- Lázaro, L; Abbate, P. E; Cogliatti, D. H; and Andrade, F.H. (2010). Relationship between Yield, Growth and Spike Weight in Wheat under Phosphorus Deficiency and Shading. *The Journal of Agricultural Science*, 148(1), 83-93.
- Ma, W; Ma, L; Li, J; Wang, F; Sisák, I; and Zhang, F. (2011). Phosphorus Flows and Use Efficiencies in Production and Consumption of Wheat, Rice, and Maize in China. *Chemosphere*, 84(6), 814-821.
- Marschner, P; Solaiman, Z; and Rengel, Z. (2005). Growth, Phosphorus Uptake, and Rhizosphere Microbial-Community Composition of A Phosphorus-Efficient Wheat Cultivar in Soils Differing in Ph. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168(3), 343-351
- Mengel, K; and Kirkby, E.A. (2012). *Principles of Plant Nutrition*. Springer Science and Business Media.
- Morel, C; Plenchette, C; and Fardeau, Jc. (1992). La Fertilisation Phosphate'E Raisonne'E De La Culture Du Ble'. *Agronomie* 12:565–579.
- Noonari, S; Kalhor, S. A; Ali, A; Mahar, A; Raza, S; Ahmed, M; ... and Baloch, S. U. (2016). Effect of Different Levels of Phosphorus and Method of Application on The Growth and Yield of Wheat. *Natural Science*, 8(7), 305-314.
- Ryan, J; Yan, J; Estefan, and G; Rashid, (2001). *A. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual* 2. Icarda. Narc, 172p.
- SAS Institute. *Sas User's Guide: Statistics*. SAS Inst. Cary, Nc. 1999.
- Syers, J.K; Johnston, A.E. and Curtin, D. (2008). Efficiency of Soil and Fertilizer Phosphorus: Reconciling Changing Concepts of Soil Phosphorus Behaviour with Agronomic Information. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin*, 18, 108. (FAO: Rome).
- Taalab, A. S; G.W. Ageeb; H.S. Siam; and S.A. Mahmoud. (2019). Some Characteristics of Calcareous Soils. A Review. *Middle East J*. 8(1): 96-105.

- Wang, X; Shen, J; and Liao, H. (2010). Acquisition or Utilization, Which is More Critical for Enhancing Phosphorus Efficiency in Modern Crops? *Plant Science*, 179(4), 302-306.
- Weeks J.R, and Hettiarachchi, G.M. A Review of the Latest In Phosphorus Fertilizer Technology: Possibilities and Pragmatism. *Journal of Environmental Quality*, 48(5): 2019, 1300-1313.
- Weigelt, A; and Jolliffe, P. (2003). Indices of Plant Competition. *Journal of Ecology*, 707-720.

The Response of Soft Wheat (cv. Sham 10) to Phosphorus Fertilization: Growth and Productivity Traits

Ghiath A. Alloush⁽¹⁾, Osama Hatta^{*(1)}, and Ali Yousif⁽¹⁾

(1) .Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agriculture, Tishreen University

(2) .Researcher at the General Commission of Agricultural Research, Lattakia, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Osama Hatta, Email: osamahatta87@gmail.com)

Received: 8/10/2022

Accepted: 29/11/2022

Abstract:

A pot experiment was conducted on soft wheat (cv. Sham 10) in a greenhouse on Tishreen University campus in season 2021-2022. The experiment included 5 levels of phosphorus applications (0-30-60-90-120 mg P/kg soil), which correspond to (0-20-40-60-80 and 100 kg P/h⁻¹), as according to soil weight in pots. Pots were completely randomized on the experimental plot. Seeding was at a rate of 120 kg/h⁻¹ (9 plants/pot). At harvest, readings for growth and productivity traits were recorded. Plant parts (straw, grain and roots) were oven-dried and P contents were determined. P removal was estimated and efficiencies of growth, productivity and P utilization efficiencies were calculated. Number of fertile tellers increased with increasing level of P application reaching maximum number at 75 kg P/h⁻¹, an increase rate of 3 times compared to the control. The application rate of 100 kg P/h⁻¹ increased significantly number of grain in main spike to reach 42.2 grain per spike, an increase rate of 87% compared to the control. The effect P application was more evident on spike in tellers in which number and weight of grain was increased gradually. This enhancement in the productivity trait was reflected on grain yield. The highest yield reached was 13431 kg/h⁻¹ at 100 kg P/h⁻¹, an increase by about 170% compared to the control treatment. No significant differences were observed in hay weights and harvest index between 75 and 100 kg P/h⁻¹, while phosphorus utilization efficiency (PUE) was remarkably increased at 75 kg P/h⁻¹ reaching 45%, and decreased to 33% with 100 kg P/h⁻¹. Physiological efficiency (PE) was not significantly different with differing level of P application, ranging between 17.7 and 19.3 kg grain/kg absorbed P.

Key Words: Soft Wheat, Sham 10, Phosphorus Fertilization, Growth and Productivity Trait, PUE, Calcareous Soil.