

تأثير الفوسفور وهيومات البوتاسيوم في النمو ومؤشرات الإنتاجية لنبات الذرة الصفراء (*Zea may L.*) المزروع في تربة كلسية

أسامة حتى (1) وغيث علوش* (2) وربيع زينة (1)

- (1). مركز بحوث اللاذقية، الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية، دمشق، سورية.
 (2). قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.
 (*للمراسلة: د. غياث علوش. البريد الإلكتروني: galloush@scs-net.org).

تاريخ القبول: 2020/05/12

تاريخ الاستلام: 2020/3/21

الملخص

نفذت تجربة حقلية في تربة كلسية ($\text{CaCO}_3 = 49.7\%$) في عام 2018 في محطة بحوث ستخريس بمحافظة اللاذقية، وذلك لدراسة دور إضافة الهيومات (0 و 25 كغ هيومات البوتاسيوم/هكتار) في تجاوب محصول الذرة الصفراء (هجين تانغو) للتسميد بمعدلات متزايدة (0 – 30 – 60 – 90 – 120 – 240 كغ/هكتار) من السوبرفوسفات المركز (TSP، 46% P_2O_5). وتضمنت التجربة 12 معاملة بواقع ثلاثة مكررات، ووزعت القطع التجريبية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة. تم تتبع معايير النمو وامتصاص الفوسفور على نباتات كاملة بعد 56 و 101 يوم من الزراعة بحيث تكون متوافقة مع الأطوار الفينولوجية لتطور الذرة الصفراء VT (طرد النورة الزهرية المذكرة) و R6 (النضج الفيزيولوجي للحبوب، الحصاد)، حيث تم تقدير الإنتاجية الحبية والقش، وتم حساب بعض معايير الكفاءة المتعلقة بالنمو وامتصاص الفوسفور والإنتاجية. سجلت نباتات الذرة أعلى نمو في المعاملات بدون الهيومات عند مرحلة الـ VT في المعاملة P5H0 حيث بلغ الوزن الجاف للنبات 115.1 غ/نبات، لكن نمو النبات فيها لم يختلف معنوياً مقارنة بمعاملات معدل التسميد الثاني بوجود الهيومات (112=P2H1 غ/نبات). وتبين نتائج تحليل التباين دوراً عالي المعنوية لكل من التسميد الفوسفاتي والهيومات في الزيادة النسبية في الغلة الحبية التي بلغت في المعاملات P3H0 = 21.5% و P3H1 = 28.1%. لم يكن للهيومات دوراً مؤثراً في كفاءة الاستفادة من التسميد الفوسفاتي، حيث سجل منحني الكفاءة بالمجمل قيماً منخفضة مقارنة بالمعاملات دون إضافة الهيومات.

الكلمات المفتاحية: السماد الفوسفاتي TSP، هيومات البوتاسيوم، الذرة الصفراء، التربة الكلسية.

المقدمة:

يعد الفوسفور P عنصر ضروري لجميع الكائنات الحية، وعلى الرغم من توزيعه الواسع في الطبيعة يعتبر من أهم العناصر الغذائية المحددة لنمو النبات. يلعب الفوسفور دوراً مهماً في العديد من العمليات الفيزيولوجية المهمة ضمن النبات ويدخل في التفاعلات الأنزيمية، وكجزء هام للبناء الهيكلي كيميائياً وحيوياً (Devau et al., 2011)، في أغلب الأحيان لا تستطيع النباتات في الترب

الكلسية من الحصول على احتياجاتها من الفوسفور بسبب ارتفاع درجة pH التربة (Aziz et al., 2005) وانخفاض محتواها من المادة العضوية (Iqbal et al., 2015). هذا ما يزيد من مقدرة الترب الكلسية على ادمصاص الفوسفور وتثبيتته ويستدعي ضرورة البحث عن معدلات الفوسفور المناسبة لتحسين إنتاجية المحاصيل في الترب الكلسية (Amanullah et al., 2015).

أشارت الدراسات أن حوالي 80% من الترب السورية المزروعة تعاني من تثبيت في الفوسفور (Matar et al., 1992; Rayn et al., 1985). وبالتالي لابد من إضافة الأسمدة الفوسفاتية بهدف رفع إنتاجية المحاصيل، ويمكن أن تؤدي عمليات إضافة الأسمدة الفوسفاتية وبكميات كبيرة إلى عدم الاستفادة من السماد المضاف (Pala et al., 1992)، وذلك لأن حوالي 10% - 30% من الفوسفور المضاف فقط يمكن أن يستفيد منه النبات ويثبت الباقي في التربة (Syers et al., 2008).

يعد نقص الفوسفور أحد العوامل المهمة الذي يحد من نمو الذرة وإنتاجيتها في الترب الكلسية (Gyaneshwar et al., 2002)، وتقلل المادة العضوية من تثبيت الفوسفور المضاف للتربة ويبقى الفوسفور متاحاً للنبات لفترة زمنية أطول، لقد لوحظت زيادة في إنتاجية المحاصيل في ظروف الترب الكلسية مع إضافة المواد العضوية إلى التربة (Iqbal et al., 2015). كما أشارت تجارب تحضين مخبرية على الترب القلوية لمدة سنة إلى زيادة الفوسفور المتاح عند إضافة أحماض الهيوميك (Li and Wang, 1988)، بينما عزى Heng (1989) نتائج دراسته "ارتفاع كمية الفوسفور المتاح إلى دور (Humic Acid, HA) في خفض قدرة التربة على تثبيت الفوسفور. وجد أن إضافة الأسمدة ذات مصدر عضوي تأثير إيجابي حيث زادت كمية الفوسفور الممتص وبالتالي كفاءة استخدام الفوسفور إلى 40% في نبات القمح عند استخدام هيومات البوتاسيوم (Yang et al., 1985).

تعرف أحماض الهيومك HA بأنها مواد معقدة التركيب مشتقة من تحلل المواد العضوية، ويمكن أن تنتج تجارياً من الليونارديت الخام Leonardite (Morales-Payan, 1998) حيث يمكن لمجموعة الأمين في أحماض الهيومك ادمصاص أيون الفوسفات السالب وتحسين جاهزيتها للنبات (Lutzow et al., 2006)، كما تملك المجموعات الفينولية والكربوكسيلية صفة خلب الكالسيوم وبالتالي تحرير الفوسفور من معقداته (Shekhar et al., 2006). إن بحث ديناميكية الفوسفور في التربة كبير ومعقد جداً، ولا زال يحتاج الكثير من الفهم ليمكّننا من الإدارة الجيدة للتربة بهدف الوصول إلى التركيز الأمثل للفوسفور والكافي للوصول إلى الإنتاجية المثلى للنباتات المزروعة (Dungait et al., 2012)، كما ينبغي إعطاء الأفضلية لزيادة قدرة التربة الإنتاجية عبر إضافة المركبات العضوية لتحسين خصوبة التربة وإتاحة الفوسفور (Bidigain et al., 2000).

تتباين المحاصيل في تجاوبها مع معدلات التسميد الفوسفاتي تبعاً لنظام الزراعة والظروف المناخية وخاصة نوع التربة بسبب الميل الشديد لعنصر الفوسفور للدخول في تفاعلات التثبيت والتحرير مع مكونات التربة، الأمر الذي يؤثر في معدلات الاستفادة من الأسمدة الفوسفاتية المضافة. قد تلعب إضافة بعض المخصلات العضوية للتربة كالأحماض الهيومية دوراً مهماً في بقاء الفوسفور المضاف متاحاً للإفادة من قبل النبات، ولو أن هنالك إشارات مرجعية متناقضة أحياناً. وبالتالي يمكن تلخيص أهداف البحث في النقاط التالية:

1. دراسة تجاوب محصول الذرة الصفراء مع معدلات التسميد الفوسفاتي من حيث النمو والإنتاجية من الحبوب.
2. دور إضافة هيومات البوتاسيوم كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي (Phosphorus Utilization Efficiency, PUE)، وذلك في تربة كلسية التي تعتبر أكثر الترب انتشاراً في سورية.
3. دراسة دور التسميد الفوسفاتي والهيومات في معايير كفاءة النمو والإنتاجية.

مواد البحث وطرائقه:

• موقع التجربة:

نفذت التجربة الحقلية خلال موسم النمو 2018 والزراعة بتاريخ 20 نيسان في محطة بحوث ستخريس التابعة لمركز البحوث العلمية الزراعية باللاذقية، سورية، حيث تقع في المنطقة الساحلية بارتفاع 12 متر عن سطح البحر وإحداثياتها الجغرافية (35°33'02'N, 35°52'58'E).

الجدول 1. معدلات الهطول المطري الشهري ومتوسطات درجات الحرارة في منطقة الزراعة عام 2018.

الأشهر	الهطول المطري (مم)	الحرارة العظمى م°	الحرارة الصغرى م°
شباط	89.3	17.7	10
آذار	26.7	21.8	12.6
نيسان	43	22.9	13.4
أيار	80.8	27.1	19.5
حزيران	61.8	28.6	21.9
تموز	0.3	30.2	24
أب	-	30.5	24.5

البيانات من المحطة المناخية لمحطة بحوث ستخريس.

• المادة النباتية:

تم استخدام الذرة الصفراء الصنف المنتشر Tango F1 الذي مصدره الولايات المتحدة الأمريكية كمحصول اختبار يتميز بمجموع جذري كثيف.

• التربة:

جمعت عينة مركبة من تربة الحقل قبل الزراعة على عمق (0-30 سم) جففت هوائياً ونخلت لتمر من منخل ذو فتحات 2 مم وخضعت للتحليل المخبري لتحديد خواصها الكيميائية (راين وآخرون، 2003)، والموضحة في الجدول (2).

الجدول 2. بعض خواص التربة الفيزيائية والخصوبية على عمق (0-30 سم).

أزوت كلي %	P (مغ/كغ تربة)		CaCO3 %		OM %	EC ds.cm ⁻¹	pH	القوام	التركيب الحبيبي		
	متاح	ذائب	فعالة	كلية					رمل	سلت	طين
0.19	18.9	3.9	10.4	49.7	0.88	0.124	7.6	طينية لومية	44	18	38
الكاتيونات المتاحة (مليمكافى/ع 100 غ تربة)					الكاتيونات الذائبة (مغ/كغ تربة)						
Na ⁺	K ⁺		Mg ⁺²	Ca ⁺²	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺²		Ca ⁺²		
0.066	0.844		10.7	34.5	8.1	13.3	30.0		230.0		

• تصميم التجربة:

تمت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بواقع ثلاث مكررات استخدمت فيها خمسة مستويات من السماد الفوسفاتي المركز TSP (P₂O₅ 46%) : (0 - 30 - 60 - 90 - 120 - 240 كغ P/هكتار) أضيفت قبل الزراعة. كما استخدم هيومات البوتاسيوم كمصدر عضوي كامل الذوبان في الماء ذو المنشأ الألماني المعروف باسم POWHUMUS WSG₈₅ بمعدل (0-25 كغ/هكتار)، أضيف الهيومات إلى التربة على ثلاث مراحل بعد إذابته في الماء وتوزيعه يدوياً وبشكل متجانس على صفوف الزراعة وتزامن ذلك بعد إضافة السماد النيتروجيني مباشرة.

• تحضير التجربة:

أجريت عمليات الفلاحة وتنعيم التربة قبل أسبوع من الزراعة، قسمت المنطقة التجريبية من الحقل إلى 36 قطعة مساحة كل منها 14 م² وتركت مسافة خدمة بين القطع التجريبية 1 م ليبلغ مساحة الحقل الإجمالية 868 م²، وزعت شبكة ري بالتنقيط ليكون مكان توضع النقاط قرب كل نبات. تمت الزراعة بتاريخ 20 نيسان 2018 بوضع بذرتان لكل جورة بعمق (3-5 سم) وكانت المسافة بين الصفوف 70 سم والمسافة بين نباتات الصف الواحد 40 سم ليكون لدينا 50 نبات في كل قطعة تجريبية، وزعت الأسمدة لتبعد حوالي (5 سم) عن صفوف الزراعة.

أضيف السماد النتروجيني على ثلاث مراحل بشكل يوريا 46% بمعدل 180 كغ/هكتار، ثلث الكمية عند الزراعة وثلث الكمية عند مرحلة ظهور 10 أوراق (V10) وثلث الكمية بمرحلة VT.

أضيف السماد البوتاسي عند الزراعة بشكل سلفات البوتاسيوم 50%K₂O بمعدل 90 كغ/هكتار، وتمت مراعاة طرح كمية البوتاسيوم الموجود ضمن تركيب الهيومات (12%K₂O) بالنسبة للقطع التجريبية المعاملة بالهيومات. كما سممت النباتات بعنصري البورون والزنك رشاً عند بدء تشكل النورة الزهرية المذكورة.

تم الري مباشرة بعد الزراعة ثم بعد ثلاثة أيام (رية التبريد)، تتالت بعدها الريات كل 10-12 يوم حسب الحاجة مع تقريب موعد الريات خلال فترة الإزهار الحرجة وتوقفت عملية الري في قبل الحصاد ب 10 أيام. أجريت عمليات الترقيع بعد أسبوع من الإنبات والتفريد إلى نبات واحد عند الوصول لمرحلة ظهور 4-5 أوراق للنبات. وجرت عمليات الخدمة من إزالة الأعشاب الضارة والرش الوقائي بالمبيدات الحشرية والفطرية عند ملاحظة ظهور علامات الإصابة.

• جمع البيانات الحقلية:

سُحب نباتين بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية بعد 56 يوم من الزراعة (مرحلة بدء طرد النورة الزهرية المذكورة VT)، وتم الحصاد بعد 101 يوم في مرحلة النضج الفيزيولوجي للحبوب (R6). أخذت عند كل مرحلة قراءات ارتفاع النبات في الحقل، وتم في المخبر تسجيل المادة الجافة وتقدير الفوسفور والغلة الحبية.

• الحصاد والتحليل المخبرية:

تم الحصاد بعد 101 يوم من الزراعة بأخذ 5 نباتات من كل قطعة تجريبية وذلك بقطع النباتات عند مستوى سطح التربة، فصلت العرائيس ووضع كل منها في أكياس قماشية ونقلت للمخبر. تم تجفيف المجاميع الخضرية في الفرن على درجة حرارة 70 °م حتى ثبات الوزن وسجلت الأوزان الجافة. طحنت المجاميع الخضرية ورمدت في جفئات بورسلان وهضمت بحمض كلور الماء 2M تحضيراً لقياس تركيز الفوسفور بطريقة مولبيدات-فاندات (راين وآخرون، 2003).

أخذ الوزن الرطب للعرائيس، وفصلت الحبوب وأخذت الأوزان لكل عرنوس بعد أخذ القراءات المرتبطة بالغلة (طول العرنوس، قطر العرنوس، عدد الصفوف في العرنوس، عدد الحبوب في الصف، عدد الحبوب الكلي، وزن الـ 100 حبة). أخذ من الحبوب عينات للتجفيف في الفرن كالسابق وحسب وزن الحبوب في النبات عند نسبة رطوبة 15%. أجريت قياسات تركيز الفوسفور في الحبوب الجافة تماماً بعد طحنها والهضم الرطب، وقدر في محلول الهضم كل من الفوسفور والأزوت الكلي (راين وآخرون، 2003).

• الحسابات:

تم حساب الفوسفور المزاح من قبل الأجزاء التي يتم حصادها وإزاحتها من الأرض المزروعة والتي هي الغلة الحبيبة والمادة النباتية الجافة، وذلك وفق الخطوات التالية:

$$(1) P \text{ المزاح في الحبوب (كغ/هكتار)} = [\text{تركيز الفوسفور في الحبوب (مغ/غ)} \times \text{وزن الغلة الحبيبة (كغ/هكتار)}] / 1000$$

$$(2) P \text{ المزاح في المادة النباتية الجافة (كغ/هكتار)} = [\text{تركيز الفوسفور في القش (مغ/غ)} \times \text{وزن القش (كغ/هكتار)}] / 1000$$

$$(3) P \text{ الكلي المزاح (كغ/هكتار)} = P \text{ المزاح في الحبوب (كغ/هكتار)} + P \text{ المزاح في القش (كغ/هكتار)}$$

كما تم حساب الكفاءات وفق Moll وآخرون (1982)، كالتالي:

▪ **الزيادة النسبية في غلة الحبوب (RGYI) Relative Grain Yield Increase**: وهي عبارة عن النسبة المئوية للزيادة الحاصلة في غلة الحبوب عند مستوى التسميد الأعلى مقارنةً بغلة الحبوب عند الشاهد.

$$\text{RGYI (\%)} = \left[\frac{\text{غلة الحبوب في معاملة P} - \text{غلة الحبوب في معاملة } P_0}{\text{غلة الحبوب في معاملة } P_0} \right] \times 100$$

▪ **الزيادة النسبية في إنتاج المادة النباتية الجافة (RSYI) Relative Straw Yield Increase**: وهي عبارة عن النسبة المئوية للزيادة الحاصلة في إنتاج المادة النباتية الجافة (DM) في معاملة التسميد مقارنةً بإنتاج الـ DM في معاملة الشاهد.

$$\text{RSYI (\%)} = \left[\frac{\text{وزن الـ DM في معاملة P} - \text{وزن الـ DM في معاملة } P_0}{\text{وزن الـ DM في معاملة } P_0} \right] \times 100$$

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

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

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

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

▪ **الكفاءة الفيزيولوجية (PE) Physiological Efficiency**: وتقدر بوحدة الكيلو غرام من الزيادة في الغلة الحبيبة لكل كيلو غرام من عنصر الفوسفور الممتص.

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

▪ **كفاءة الاسترداد الظاهرية (RE) Apparent Recovery Efficiency**: وهي النسبة المئوية لكمية الفوسفور الممتصة (مزاحة في غلتي الحبوب والقش) لكل كغ من المعدل السمادي الفوسفاتي المضاف.

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

▪ **الكفاءة الزراعية (AE) Agronomic efficiency**: وهي تمثل الزيادة في الغلة الحبيبة من كل كيلوغرام من السماد الفوسفاتي المضاف.

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

• التحليل الإحصائي:

خضعت معطيات التجربة لتحليل التباين العام (ANOVA) بحسب مصادر التباين: الفوسفور (P) والهيومات (H) والتداخل بينهما (P*H) ، وتم فصل المتوسطات وتحديد قيمة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوية 5% ، وذلك باستخدام البرنامج الإحصائي (SAS Institute, 1999).

النتائج والمناقشة:

1. تأثير التسميد الفوسفاتي وإضافة الهيومات في نمو الذرة الصفراء في مرحلة الـ VT:

يبين تحليل التربة (الجدول 1) أنها تميل للقاعدية ذات pH 7.6 وكلسية جداً وخواصها الخصوبية من حيث تراكيز الأزوت الكلي والتمتاع من الفوسفور والبوتاسيوم والمغنيزيوم جيدة، إلا أنها فقيرة المحتوى بالمادة العضوية (0.88%). وعلى الرغم من ذلك فقد كان نمو الذرة الصفراء في معاملة الشاهد بدون إضافة الهيومات محدوداً حيث كان وزن المادة الجافة في مرحلة بدء طرد النورة الزهرية المذكورة (VT) منخفضاً بشكل معنوي مقارنة بالمعاملات التي سممت بالفوسفات حيث بلغ في المعاملة POH0=76.3 غ/نبات (بدون إضافة الهيومات)، وتحسن قليلاً بوجود الهيومات (POH1=82.3 غ/نبات)، زيادة بمعدل 8%، وهذه زيادة، بالرغم من أهميتها، ضئيلة مقارنة بالزيادات الحاصلة في الوزن الجاف عند إضافة معدلات أعلى من السماد الفوسفاتي (الجدول 3).

الجدول 3. الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ/نبات) عند مرحلة ظهور النورة الزهرية المذكورة (VT).

LSD _{0.05}	56 يوم بعد الزراعة		TSP كغ/هكتار
	H1	H0	
14.1	82.3 dc	76.3 c	0
14.5	103.3 bc	96.1 bc	30
26.2	112.0 ab	102.4 bc	60
18.5	112.1 ab	101.8 bc	120
19.9	123.4 ab	111.5 ab	180
24.2	134.7 a	115.1 ab	240
	45.5	8.3	LSD _{0.05}
29.6	Pr ≤ F		
	0.0037		P
	NS		H
	0.0204		P*H

لقد بينت نتائج تحليل التباين على وجود تأثير لإضافة السماد الفوسفاتي على وزن المجموع الخضري الجاف لنبات الذرة وبمعنوية عالية ($P=0.0037$)، بينما لم يكن لإضافة الهيومات دور مهم في الوزن الجاف عند مرحلة VT ($H=NS$)، في حين يتباين التأثير المعنوي لمستوى إضافة الفوسفور بوجود الإضافة من الهيومات فناء التأثير المتبادل معنوياً ($P*H=0.0204$). حيث أدى إضافة الهيومات مع المعدل التسميدي الأول من الفوسفور 30 كغ/TSP/هكتار إلى زيادة في نمو نباتات الذرة وبلغ الوزن الجاف 103.3 غ/نبات، بينما لوحظ زيادة معنوية بزيادة معدل التسميد الفوسفاتي إلى 60 كغ/TSP/هكتار ($P2H1=112$ غ/نبات) عند مقارنتها مع الشاهد POH1، كما أنها أعلى بحوالي 47% عند مقارنتها مع معاملة الشاهد POH0، ويستمر بعدها الارتفاع التدريجي في نمو النبات مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي المضافة حتى الوصول إلى المعدل التسميدي 240 كغ/TSP/هكتار ($P5H1$) والذي تفوق على جميع معدلات التسميد السابقة المدروسة وبزيادة وقدرها 63% مقارنة بمعاملة الشاهد بدون هيومات.

في المعاملات التي لم تسمد بالهيوومات فقد تراوحت نتائج وزن المادة الجافة بين زيادة أو نقصان ضئيل بزيادة معدلات التسميد الفوسفاتي عن المعدل الأول (30 كغ/هكتار) حتى الوصول للمعدل التسميدي الرابع (P4H0 = 111.5 غ/نبات)، والذي تفوق فيها عن المعدل التسميدي الأول بشكل معنوي، كما سجلت نباتات الذرة أعلى قيمة للوزن الجاف للنبات في المعاملة P5H0 حيث بلغ الوزن الجاف للنبات 115.1 غ/نبات، في حين أن ذلك المعدل لم يكن مختلف معنوياً مقارنة بمعاملات المعدل التسميدي الثاني بوجود الهيوومات (P2H1 = 112 غ/نبات). أشار Duplessis and Mackenzif, (1983) إلى ازدياد نمو نبات الذرة الصفراء عند إضافة الفوسفور بمعدل 55 كغ/هكتار إلى تربتين مختلفتي القوام (طينية، رملية طميية)، بينما أدى إضافة الهيوومات (بمعدل 2.26 و 4.5 غ/كغ تربة) إلى زيادة نمو النبات وزيادة شبه خطية لامتصاص الفوسفور في التربة الرملية الطميية، بينما لم يلاحظ أي تأثير للهيوومات عند إضافتها إلى التربة الطينية، كذلك الأمر لم يلاحظ أي تغيرات معنوية في نمو المحصول والغلة عند التداخل المشترك بإضافة الفوسفور والهيوومات وعزي ذلك إلى أن تأثير الهيوومات يختلف بحسب خواص الترب ومحتواها من المادة العضوية ويمكن أن يكون محدوداً في الترب الطينية.

2. الإنتاج من المادة الجافة والغلة الحبية عند الحصاد:

أظهرت النباتات استجابة عالية عند الإضافات المتزايدة من السماد الفوسفاتي ($P=0.0001$)، كذلك الحال بالنسبة لمعاملات الإضافة من الهيوومات (جدول 4). تراوحت قيم الوزن الجاف للمجاميع الخضرية الناتجة في المعاملات بدون الهيوومات بين (5503=POH0 كغ/هكتار) و (7430=P5H0 كغ/هكتار). بينما شجعت إضافة الهيوومات إلى ذات المعاملات من التسميد الفوسفاتي على زيادة المادة الجافة بمقدار 7% و 5.4% على التوالي، وهذا يشير إلى تفوق في تراكم الكربوهيدرات داخل أنسجتها (Canellas and Olivares, 2014). كما تبين النتائج انخفاض غير معنوي في الغلة الحبية لدى معاملة الشاهد مع الهيوومات مقارنة بالمعاملة بدون الهيوومات 11223 و 11306 كغ/هكتار على التوالي، وازدادت الإنتاجية من الغلة الحبية بشكل معنوي في نباتات الذرة مع التسميد الفوسفاتي بدءاً من المعدل التسميدي الأول 30 كغ/هكتار وبمعدل حوالي 15% و 12% مقارنة بمعاملي الشاهد (الجدول 4).

الجدول 4. الإنتاج من المادة الجافة والغلة الحبية عند الحصاد (R6).

LSD _{0.05}	الغلة الحبية (كغ/هكتار)		LSD _{0.05}	الوزن الجاف للمجموع الخضري (كغ/هكتار)		TSP كغ/هكتار
	H1	H0		H1	H0	
256	11223 f	11306 f	2010	5888 fg	5503 g	0
385	12890 e	12735 e	635	6547 e	6099 f	30
1504	13511 cd	13003 de	454	6878 de	6583 e	60
803	14374 a	13733 bc	375	7190 bc	6930 de	120
860	14562 a	13805 bc	239	7480 ab	7037 cd	180
345	14436 a	14054 ab	697	7834 a	7430 bc	240
524.3	674.7	470.5	96.93	546.7	265.6	LSD _{0.05}
$Pr \leq F$						
	0.0001			0.0001		P
	0.001			0.0001		H
	NS			NS		P*H

إن انخفاض الغلة الحبية في ظروف عدم الكفاية من عنصر الفوسفور في التربة ربما يعود لدور العنصر في تخزين الطاقة وتشكل الحبوب، ويؤدي ارتفاع امتصاص الفوسفور في مرحلة النمو الخضري إلى زيادة في إنتاجية الغلة عند الحصاد. يتطلب نمو

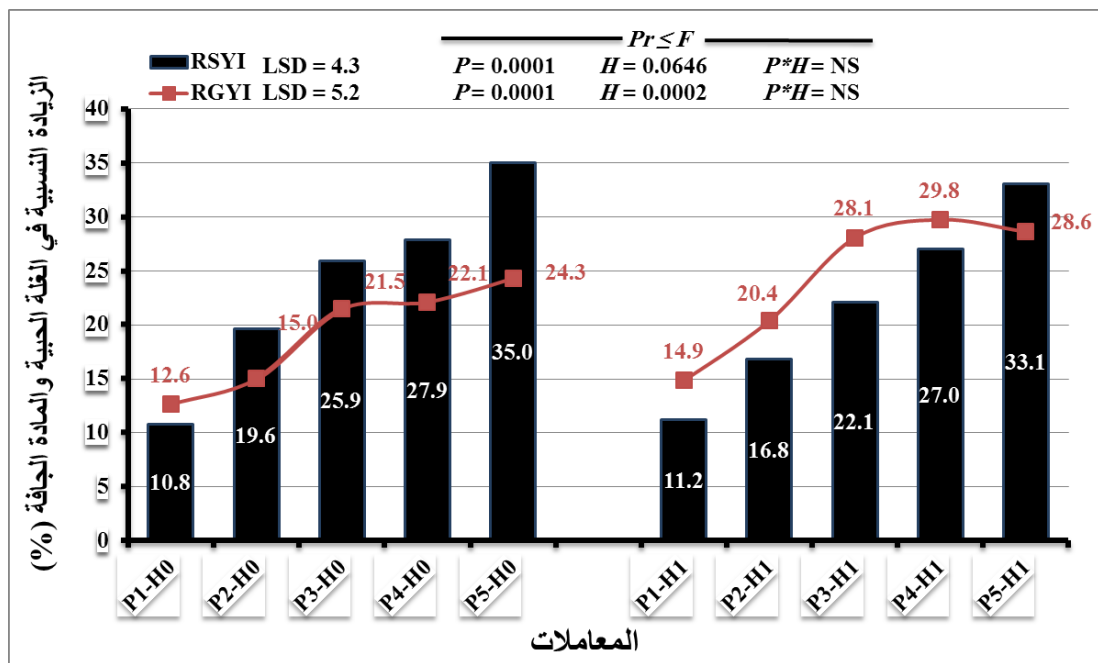
المحاصيل، وخاصة الذرة في مراحلها الأولى إلى تراكيز مرضية للفوسفور في النسيج النباتي (Grant *et al.*, 2005)، وعند وجود نقص في التغذية الفوسفورية لنبات الذرة في مراحل مبكرة فمن المتعذر تعويضه بإضافة سماد فوسفوري بشكل لاحق في مراحل متأخرة من عمر النبات، وهذا بدوره يؤثر على دليل ومؤشر الحصاد بالنسبة لنبات الذرة الصفراء، وبالتالي على الناتج الكلي للمحصول في نهاية الموسم (Plenet *et al.*, 2000b).

استمرت الزيادة في الإنتاجية من الغلة الحبية بزيادة معدلات التسميد مع تفوق واضح لها لدى النباتات التي عوملت بإضافة الهيومات للتربة ليكون معدل التسميد 120 كغ/TSP/هكتار كافياً للوصول لارتفاع معنوي في إنتاجية الغلة الحبية مقارنة بجميع معاملات التجربة (P3H1 = 14374 كغ/هكتار) وهي زيادة بمقدار 4.6% و 27% عن المعاملتين P3H0 و P0H0 على التوالي.

ويمكن تفسير سبب زيادة الإنتاج الكلي للنبات كنتيجة مباشرة لزيادة المؤشرات المورفولوجية والصفات المرتبطة بمكونات الغلة، فمثلاً الأثر الإيجابي للهيومات في زيادة مساحة المسطح الورقي (معطيات غير معروضة لذات التجربة) سيؤدي حكماً إلى زيادة في كفاءة عملية التمثيل الضوئي، مما يؤدي إلى زيادة تراكم المواد الكربوهيدراتية المصنعة إضافة لدوره في زيادة الفعاليات الإنزيمية (Caneillas and Olivares, 2014). لقد أشارت الدراسات أن لأحماض الهيوميك تأثير في النبات مشابهاً لتأثير الهرمونات النباتية وتهيئ أفضل الظروف لزيادة انقسام الخلايا (Kulikova *et al.*, 2003)، كما أدت إضافة الهيومات لتربة مزروعة بنبات الذرة الصفراء إلى زيادة الغلة الحبية ومساحة المسطح الورقي الأخضر ودليل المسطح الورقي (قرباني وآخرون، 2009).

3. الزيادة النسبية في إنتاج المادة الخضراء الجافة (RSYI) والغلة الحبية (RGYI):

تتعلق نتائج الزيادة النسبية في إنتاج المادة الخضراء الجافة بشكل أساسي بالوزن الجاف للمجاميع الخضرية الناتجة، وبالتالي فهي تتأثر بمعدلات التسميد الفوسفاتي وتراكم الكربوهيدرات في النباتات والتي ستؤدي حكماً لاختلاف قطر الساق وارتفاع النبات ومساحة المسطح الورقي وغيرها من المعايير التي تحدد نمو النبات (Ayas and Gulser, 2005)، وهذا ما أكدته نتائج تحليل التباين بوجود تأثير عالي المعنوية نتيجة لإضافة الفوسفور، بينما لم يكن لإضافة الهيومات دوراً في الزيادة النسبية لإنتاج المادة الجافة (الشكل 1). لقد بلغت الزيادة النسبية بإنتاج المادة الجافة عند إضافة المعدل الأول من السماد الفوسفاتي 30 كغ/TSP/هكتار حوالي 10.8% و 11.2% مقارنة بمعاملتي الشاهد P0H0 و P0H1 على التوالي. واستمرت الزيادة النسبية بشكل طردي مع زيادة معدلات التسميد لتصبح حوالي P3H0 = 25.9% و P3H1 = 22.1% عند التسميد الفوسفاتي بمعدل 120 كغ/TSP/هكتار، ووصلت تلك الزيادة لذروتها عند التسميد الفوسفاتي بمعدل 240 كغ/TSP/هكتار وهي متفوقة بحوالي 35% و 33% عن معاملتي الشاهد على التوالي.



الشكل 1. تأثير التسميد الفوسفاتي والهيومات في الزيادة النسبية في الغلة الحبية والمادة الجافة.

تبين نتائج تحليل التباين دور عالي المعنوية لكل من التسميد الفوسفاتي والهيومات في نتائج الزيادة النسبية في الغلة الحبية (الشكل 1). فعلى الرغم من أن المعدل السمادي الأول 30 كغ/TSP/هكتار كان منخفضاً (يحقق زيادة في تركيز الفوسفور 2.3 مغ P-متاحة/كغ في تربة الحقل على عمق 20 سم)، إلا أنها كانت كافية لتحقيق زيادة في الغلة بمقدار 12.6% و 14.9% مقارنة بمعاملي الشاهد POH0 و POH1 على التوالي، وهذا يعبر عن الحاجة الملحة لنبات الذرة لتراكيز، ولو ضئيلة، من التسميد الفوسفاتي ليزيد من إنتاجه في ظروف التربة المدروسة. إلا أن تلك الحاجة للفوسفات بلغت ذروتها عند الوصول للمعدل 120 كغ/TSP/هكتار والتي بلغت عندها الزيادة النسبية للغلة الحبية في المعاملات P3H0 = 21.5% و P3H1 = 28.1%. تجدر الإشارة إلى تفوق نتائج الزيادة النسبية للغلة الحبية لدى جميع المعاملات التي تلقت إضافة الهيومات للتربة مقارنة عن ما شوهد في نتائج الزيادة النسبية لإنتاج المادة الجافة، ويمكن تفسير ذلك أن نبات الذرة كان أكثر قدرة على توظيف الفوسفور الممتص وتمثيله عند زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي في إنتاج الغلة الحبية لدى معاملة النباتات بالهيومات، حيث يساهم الهيومات في زيادة عدد العناقيد الزهرية ونسبة العقد من خلال قدرته على تحفيز إنتاج الأحماض الأمينية والفيتامينات أو ربما يعود لأثره الهرموني الذي يشبه عمل الأوكسين والذي يعاكس عمل حمض الأبسيسيك وهذا ما يسبب زيادة في عدد الأزهار العاقدة ويقلل من العقد المتساقطة (Zang and Ervin, 2004). كما أشارت نتائج زراعة حقلية لموسمين زيادة معنوية في امتصاص الذرة الصفراء للعناصر الكبرى والصغرى بسبب إضافة الهيومات (Balbaa et al., 2013).

4. تأثير التسميد الفوسفاتي والهيومات على مؤشرات الكفاءة والإنتاجية:

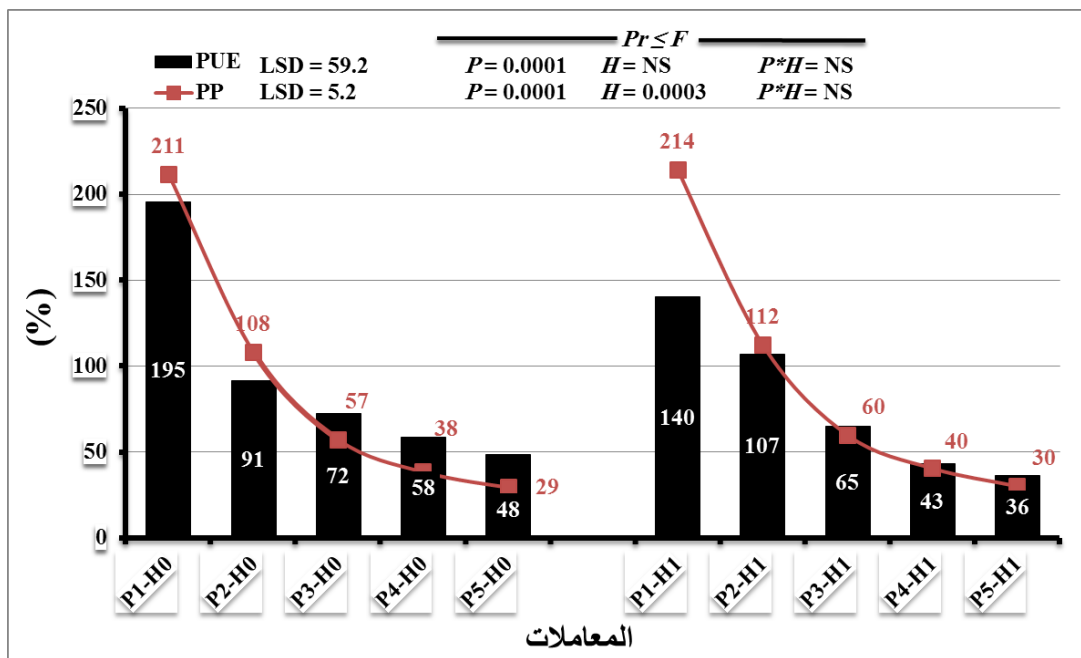
- الاستفادة من الفوسفور (PUE):

يعتبر تقدير كفاءة الاستفادة من الفوسفور مدخلاً هاماً لتقييم مصير الإضافات الفوسفاتية ودورها في زيادة إنتاجية المحاصيل الزراعية، وهي تعبر عن قدرة النبات على توظيف الفوسفور المتاح له خلال مراحل نموه وانعكاس ذلك على الإنتاجية كماً ونوعاً، وهذه تشمل عمليات الامتصاص والتمثيل وعمليات انتقال المركبات إلى المراكز الادخارية (الحبوب).

الامتصاص هو نتيجة العلاقة التابعية للتأثير المتبادل بين ديناميكية الامتصاص والنمو، وبالتالي كفاءة امتصاص الفوسفور، وبهذا يعود الدور الأهم لتغيرات كفاءة الاستفادة في التجربة إلى معدلات التسميد الفوسفاتي ($P \leq 0.0001$)، لقد ارتفعت معدلات كفاءة الاستفادة من الفوسفور لنبات الذرة في ظل المعدلات المنخفضة من التسميد الفوسفاتي في التربة بوجود أو عدم وجود الهيومات، وهذا ما أكدته العديد من الأبحاث حيث يشجع النبات على إحداث تغيرات تشريحية في بنية الجذر من خلال زيادة نسبة الجذور الرفيعة والشعيرات الجذرية والتي تعتبر أكثر كفاءة في امتصاص الماء والعناصر الغذائية ويساهم ذلك في زيادة القدرة الامتصاصية للنبات (حتى وعلوش، 2014; 2016; Deng et al.).

لقد بلغت كفاءة الاستفادة عند التسميد الفوسفاتي بمعدل 30 كغ/TSP/هكتار بغياب الهيومات 195%. أي أن نبات الذرة أزاح من التربة حوالي ضعف كمية السماد المضافة لبناء خلاياه واستمرار نموه، وبالتالي فقد استطاع أن يمتص حوالي 5.7 كغ/P/هكتار من الفوسفور الأصلي (المتواجد في التربة قبل الزراعة). وهذا ربما يشير إلى قدرة التربة المدروسة على رقد النبات بجزء مهم من احتياجاته من الفوسفور. تدنت بعدها كفاءة الاستفادة بشكل معنوي عند المعدل الثاني من التسميد 60 كغ/TSP/هكتار لتصبح 91%، ومع ذلك بالعودة إلى حسابات الكمية المضافة من السماد الفوسفاتي فإن النبات قد حافظ على كمية الفوسفور الممتصة ذاتها تقريباً ودون أي نقصان في ميزان الفوسفور المتواجد في تربة الدراسة، تلا ذلك انخفاض تدريجي وغير معنوي لكفاءة الاستفادة مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي لتصل لأدنى قيمها 48% من مجمل السماد المضاف 240 كغ/TSP/هكتار.

أدت إضافة الهيومات للتربة إلى انخفاض تدريجي في كفاءة الاستفادة عند معظم معدلات التسميد المطبقة في التجربة، مع التأكيد أن ذلك الانخفاض لم يكن بقيم معنوية (الجدول 5). حيث حققت كفاءة الاستفادة من السماد عند معدلات الإضافات المنخفضة 30 و60 كغ/TSP/هكتار أعلى قيمها (140% و107%) على التوالي، انخفضت بعدها كفاءة الاستفادة بشكل معنوي عند زيادة معدل التسميد إلى 120 كغ/TSP/هكتار لتصبح أقل بحوالي النصف عن كفاءة الاستفادة المحققة عند التسميد بـ 30 كغ/TSP/هكتار، تضاءلت كفاءة الاستفادة بشكل تدريجي وغير معنوي حتى وصلت 36% عند مستوى التسميد 240 كغ/TSP/هكتار.



الشكل 2. تأثير التسميد الفوسفاتي والهيومات في كفاءة الاستفادة من السماد الفوسفاتي PUE ومعامل الإنتاجية الجزئي PP.

بالنظر إلى نتائج تحليل التباين لم يكن للهيومات دوراً مؤثراً على كفاءة الاستفادة من الفوسفور (H=NS)، حيث سجل منحني الكفاءة بالمجمل قيمة منخفضة مقارنة بالمعاملات دون إضافة الهيومات. ولكن بربط نتائج كفاءة الاستفادة مع نتائج إنتاجية النبات من المادة الجافة والغلة الحبية في الجدول 4 يمكن استقراء دور الهيومات المهم في توظيف الفوسفور الممتص وتمثيله ضمن أنسجة النبات بدرجة أكبر، بينما عملت النباتات غير المعاملة بالهيومات على امتصاص الفوسفور ومراكمته داخل أنسجتها دون تحويله بالشكل الأمثل إلى غلة ومادة جافة. ويعود الدور الإيجابي للهيومات من خلال تدخله المباشر في العمليات الإستقلابية والوظيفية للنبات، الأمر الذي يؤدي إلى زيادة في انقسام الخلوي واستطالة الخلايا (Nardi et al., 2002)، أو من خلال مساهمته في تنشيط قدرة الميتوكوندريا على امتصاص غاز CO₂، إنتاج ATP، وإنتاج الأحماض النووية (Merlo et al., 1991)، تسهم هذه الأمور مجتمعة في زيادة عملية التركيب الضوئي وتراكم المركبات الكربوهيدراتية في النبات الأمر الذي يترجم بزيادة وزن النبات الرطب والجاف (Farahi et al., 2013).

- معامل الإنتاجية الجزئي (PP):

يقدم معامل الإنتاجية الجزئي تقيماً يشير إلى مدى قدرة المحصول على إنتاج الغلة الحبية من السماد المضاف، وبالتالي فإن انخفاض استجابة المحصول لزيادة المستوى التسميد الفوسفاتي سوف ينعكس على قيمة معامل الإنتاجية الجزئي والذي بدوره يبدي انخفاضاً في قيمته.

إن قيمة كفاءة الاستفادة من الفوسفور في إنتاج الغلة الحبية تكون أعلى ما يمكن عندما تكون استجابة نبات الذرة الصفراء للإضافة الفوسفاتية أعلى ما يمكن، ولأن أي إضافة فوسفاتية سوف يقابلها استجابة عالية مقارنة بمعاملة الشاهد (بدون تسميد فوسفاتي) حيث يمتص الجزء الأعظم من الإضافة، وبذلك توافقت ارتفاع كفاءة معامل الإنتاجية مع المستويات الفوسفاتية المنخفضة 30 كغ/هكتار بوجود أو عدم وجود الهيومات لتصل إلى 211% و214% على التوالي (الشكل 2).

في المقابل انخفض معامل الإنتاجية الجزئي بشكل معنوي عند زيادة معدل التسميد الفوسفاتي إلى 60 كغ/TSP/هكتار ليصل إلى (P2H0= %108) و(P2H1= %112)، مع الإشارة إلى وجود تفوق معنوي لقدرة المحصول على إنتاج الغلة الحبية عند إضافة الهيومات مقارنة بالمعاملات بدون الهيومات عند ذلك المعدل من ال TSP.

لقد استمر الانخفاض في مؤشرات معامل الإنتاجية للغلة الحبية مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي بشكل معنوي ليصل لأدنى قيمه 29% و 30% في معاملة التسميد P5H0 و P5H1 على التوالي. وبالتالي إذا كان الهدف هو تحقيق أعلى كفاءة من الإضافة الفوسفاتية فإن هذا الهدف يتحقق عند المستوى (30 كغ/TSP/هكتار) (الشكل 2)، مع وجود فارق واضح بين كفاءة الاستفادة ومعامل الإنتاجية الجزئي عند إضافة الهيومات، وهذا يؤكد دور الهيومات في تشجيع نبات الذرة على توظيف ما يمتصه من الفوسفور في إنتاج الغلة الحبية بالشكل الأمثل رغم انخفاض كفاءة الاستفادة عند المعدلات المنخفضة من التسميد مقارنة بالمعاملة بدون هيومات. في المقابل يجب الأخذ بعين الاعتبار أن الغلة الحبية كانت منخفضة عند المعدلات المنخفضة من التسميد.

يعد تركيز ال P في الحبوب عامل إيجابي في تغذية الحيوان، حيث يتم تخزين ال P في الحبوب بشكل حمض الفيتيك، كما أنه سيققل من التلوث البيئي الناجم عن التسميد المرتفع بالفوسفور. ومع ذلك، يجب أن يكون تركيز ال P في الحبوب ضمن الحدود الأمثل لعملية ملء الحبوب وإنبات البذور (Parentoni and Souza Júnior, 2008). وقد يكون هذا الهدف غير مجدٍ من الناحية الاقتصادية، ونتيجة لذلك يجب تحقيق توازن ما بين معدل الإضافة الفوسفاتية وقيمة الكفاءة والعامل الاقتصادي.

- الكفاءة الفيزيولوجية (PE):

تشير الكفاءة الفيزيولوجية إلى الكفاءة في إنتاج الكتلة الحيوية ودور الفوسفور في زيادة كفاءة ومعدل التمثيل الضوئي وتخزين الطاقة الذي ينتج عنه زيادة في محتوى النبات من الكربوهيدرات وانتقالها من مناطق تخليقها إلى الأجزاء الأخرى في النبات، وكذلك دوره في تمثيل الكربوهيدرات. وتعتبر عن مقدرة 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).

ارتفعت الكفاءة الفيزيولوجية بشكل تدريجي بزيادة معدلات التسميد الفوسفاتي وهو المنحى المتوقع من قبل النبات حتى الوصول لمعدل التسميد الفوسفاتي 120 كغ/TSP/هكتار لتبلغ أعلى قيمها 40 و 55 في المعاملات P3H0 و P3H1 على التوالي، بينما لم تبدي نباتات الذرة أي تغير ملحوظ في الكفاءة الفيزيولوجية عند التسميد الفوسفاتي بمعدلات أعلى من ذلك (الجدول 5).

تفوقت قيم الكفاءة الفيزيولوجية PE لدى جميع النباتات التي تلقت إضافة الهيومات للتربة مقارنة بالمعاملات بدون هيومات، ليكون أعلى قيمة للكفاءة PE عند معدل التسميد الفوسفاتي 120 كغ/TSP/هكتار وهي زيادة معنوية بمقدار 38% عن النباتات التي لم تتلقى أية إضافة من الهيومات P3H0، وبمقدار 111% و 66% عن معاملي الشاهد P0H0 و P0H1 على التوالي.

- كفاءة الاسترداد الظاهرية للفوسفور (RE):

تعتبر كفاءة الاسترداد عن قدرة النبات على امتصاص الفوسفور المضاف للتربة، وبالتالي يعتبر السبب الرئيس وراء انخفاض كفاءة الاسترداد مع زيادة المستوى الفوسفاتي أن معدل الإضافة أعلى من معدل امتصاص الفوسفور من قبل جذور النبات. أكدت خلاصة الأبحاث على نبات القمح عن أهمية كفاءة الاسترداد RE في كفاءة استخدام الفوسفور PUE عند تراكيز منخفضة أو مرتفعة من

الفوسفور في التربة في الترب الحامضية، بينما تكون تلك العلاقة متدنية في الترب الكلسية مرتفعة المحتوى من الفوسفور، أي أن نوع التربة تؤثر على كفاءة الاسترداد RE والكفاءة الفيزيولوجية PE وبالتالي في كفاءة استخدام الفوسفور PUE (Manske et al., 2001).

الجدول 5: تأثير التسميد الفوسفاتي والهيومات في مؤشرات الكفاءة والإنتاجية

AE (Kg/Kg TSP)			RE (%)			PE			TSP (كغ/هكتار)
LSD _{0.05}	H1	H0	LSD _{0.05}	H1	H0	LSD _{0.05}	H1	H0	
13	56a	48b	99	834b	921a	7	33cd	26e	30
25	38c	28d	21	454c	454c	12	41b	31de	60
7	26de	20ef	4	239de	254d	16	55a	40bc	120
5	19fg	14fg	32	159f	179ef	4	58a	38bc	180
1	13gh	11h	33	123f	139f	16	55a	41b	240
6.7	9.8	3.4	59.2	66	67	6.9	8	6.8	LSD _{0.05}
$Pr \leq F$									
0.0001			0.0001			0.0001			P
0.0005			0.0409			0.0001			H
NS			NS			NS			P*H

تشابهت نتائج كفاءة الاسترداد الظاهرية مع نتائج الكفاءة الفيزيولوجية للنبات لدى جميع معاملات التجربة، حيث انخفضت كفاءة الاسترداد تدريجياً بزيادة معدلات التسميد الفوسفاتي ليكون هذا الانخفاض معنوياً عند كل معدل تسميدي مقارنة بالمعدل الذي يسبقه، وتراوحت بين 921% و 139% في معاملات التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات P1H0 و P5H0، وتراوحت بين 834% و 123% في معاملات التسميد الفوسفاتي المترافقة مع إضافة الهيومات للتربة P1H1 و P5H1 على التوالي (الجدول 5)، إن ارتفاع قيم كفاءة الاسترداد في معدلات التسميد المنخفضة هي نتيجة لارتفاع كمية الفوسفور المتاح مباشرة في تربة الأصل بالإضافة للفوسفور الذي يمكن أن تحرره مفرزات جذور نبات الذرة من أشكاله الأقل إتاحة خلال موسم النمو.

حققت النباتات التي لم تتلقى أية إضافة من الهيومات عند المعدل 30 كغ TSP/هكتار تفوق معنوي في كفاءة الاسترداد الظاهرية للفوسفور مقارنة بالنباتات التي عوملت بالهيومات (P1H0=921%، P1H1=834%) وكانت الزيادة في نسبة الاسترداد الظاهرية RE بحوالي 9.5%. بينما كان الانخفاض في نسبة الاسترداد غير معنوي في معدلات التسميد الفوسفاتي الأخرى.

أشارت بعض الدراسات إلى ضرورة النظر في كل من كفاءة الاسترداد الظاهرية RE والكفاءة الفيزيولوجية PE، التي يتم تقييمها على هجن مختلفة من نبات الذرة وتراكيز مختلفة من الـ P، ولكن العنصر الرئيسي المتحكم بهذه المعايير هي كفاءة استخدام السماد الفوسفاتي PUE. أكدت تلك الدراسات على نبات الذرة الصفراء إلى غياب الارتباط بين RE و PE عند معدلات منخفضة أو مرتفعة من كفاءة الاستخدام PUE (Parentoni and Souza Júnior, 2008). تلك النتائج تخالف ما توصلت إليه نتائج الكفاءة المعروضة في ظروف تجربتنا والتي تبين وجود علاقة ارتباط عكسية بين RE و PE عند وجود أو غياب إضافة الهيومات ليصل معامل الارتباط بينهما R إلى 0.957 و 0.964 على التوالي، ويمكن أن تعزى هذه النتائج لنوع التربة الكلسية ومحتواها من الفوسفور.

- الكفاءة الزراعية (AE):

تحسب الفعالية الزراعية للغلة الحبية على أساس الزيادة في الغلة الحبية من كل كغ سماد TSP مضاف للتربة، الكفاءة الزراعية هي انعكاس مباشر لكفاءة النبات على استرداد الفوسفور والكفاءة الفيزيولوجية وبالتالي فإن طريقة تفاعل هذين العاملين سوف تلقي بظلالها

على قيم الكفاءة الزراعية. سجلت المعاملات أعلى كفاءة زراعية عند معدل التسميد الأول 30 كغ/TSP/هكتار، لتتخفض تدريجياً بزيادة معدلات التسميد، تراوحت الكفاءة الزراعية بين 48 و11 كغ حبوب (لدى إضافة كغ من السماد الفوسفاتي TSP) في المعاملات بدون إضافة الهيومات للتربة P1H0 وP5H0 على التوالي، في المقابل أدت إضافة الهيومات للتربة لرفع الكفاءة الزراعية لنباتات الذرة AE عند جميع معدلات التسميد الفوسفاتي مقارنة بالمعاملات بدون الهيومات، وتراوحت القيم بين 56 و13 كغ زيادة في الحبوب/كغ TSP في المعاملتين P1H1 وP5H1 على التوالي (الجدول 5).

تبين نتائج التحليل الإحصائي وجود تفوق معنوي في الكفاءة الزراعية لدى إضافة الهيومات عند معدلي التسميد 30 و60 كغ/TSP/هكتار (P2H1، P1H1) مقارنة بنتائج الكفاءة الزراعية لذات المعاملات من التسميد الفوسفاتي بدون إضافة الهيومات. مع الإشارة أنه لم تؤدي إضافة الهيومات للتربة دور معنوي في رفع الكفاءة الزراعية عند التسميد بمعدلات أعلى من 60 كغ/TSP/هكتار. وتجدر الإشارة إلى أن نسبة الانخفاض في الكفاءة الزراعية عند التسميد بـ 120 كغ/TSP/هكتار P3H0 وP3H1 وصلت إلى حوالي 58% و 53% مقارنة بمعاملي معدل التسميد الأول 30 كغ/TSP/هكتار على التوالي.

الاستنتاجات:

- تفوقت نتائج الزيادة النسبية للغلة الحبية لدى جميع المعاملات التي تلقت إضافة الهيومات للتربة، وهو عكس ما شوهد في نتائج الزيادة النسبية لإنتاج المادة الجافة، ويمكن تفسير ذلك أن نبات الذرة كان أكثر قدرة على توظيف الفوسفور الممتص وتمثله ضمن أنسجة النبات عند زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي في إنتاج الغلة الحبية لدى معاملة النباتات بالهيومات وهذا ما أكدته منحنيات كفاءة الاستفادة من السماد الفوسفاتي بتأثير الهيومات.
- تفوقت قيم الكفاءة الفيزيولوجية PE لدى جميع النباتات التي تلقت إضافة الهيومات للتربة مقارنة بالمعاملات بدون هيومات، ليكون أعلى قيمة لها عند معدل التسميد الفوسفاتي 120 كغ TSP/هكتار، وتبين نتائج الكفاءة المدروسة عن وجود علاقة عكسية بين RE وAE عند وجود أو غياب إضافة الهيومات، ويمكن أن تعزى هذه النتائج لنوع التربة الكلسية ومحتواها من الفوسفور.

المراجع:

- حتى، أسامة وغيث علوش (2016). استجابة الذرة الصفراء (*Zea mays* L.) للتسميد الفوسفاتي وديناميكية الفوسفور في بعض الترب السورية. مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات. 38 (6): 251-269.
- راين، جون وجورج اسطفان وعبد الرشيد (2003). تحليل التربة والنبات- دليل مختبري. المركز الدولي للبحوث الزراعية في المناطق الجافة (إيكاردا)، حلب، سورية. 172 صفحة.
- قرياني، صادق حميد رضا خزاعي ومحمد كافي ومحمد بنايان أول (2009). تأثير إضافة الهيوميك أسيد في مياه الري على الغلة ومكونات غلة الذرة الصفراء. *Agroecology*. 2 (1).

- Amanullah, D.R.; and K. Adil (2015). Phosphorus and compost management influence maize (*Zea mays*) productivity under semiarid condition with and without phosphate solubilizing bacteria. *Frontiers in Plant Science*. 6.
- Ayas, H.; and C. Gulser (2005). Effect of sulphur and humic acid on yield components and macronutrient contents of corn. *Journal of Biological Sciences*. 5(6):801-804.
- Aziz, T.; M.A. Gill; D.S. Rahmatullah; and S. Schubert (2005). "Rock phosphate acquisition by four *Brassica* cultivars," in Proceedings of the Annual Meeting of German Society of Plant Nutrition, September. 27-28.

- Balbaa, W.; G. Maha; and A.M. Awad (2013). Effect of humic acid and micronutrients foliar fertilization on yield, yield components and nutrients uptake of maize in calcareous soil. *J. Plant Prod. Mansoura Univ.*, 4 (5): 773-785.
- Bidigain, A.; M. Kaemmerer; M. Guiresse; M. Hafidi; F. Rey; P. Morard and J.C. Revel (2000). Effects of humic substances from composted or chemically decomposed poplar sawdust on mineral nutrition of ryegrass. *The Journal of Agricultural Science*. 134. 259-267.
- Deng, Y.; K. Chen; W. Teng; A. Zhan; Y. Tong; and G. Feng (2014). Is the inherent potential of maize roots efficient for soil phosphorus acquisition? *PLoS ONE* 9, (3): e90287.
- Devau, N.; P. Hinsinger; E. Cadre; and F. Gérard (2011). Root-induced processes controlling phosphate availability in soils with contrasted P-fertilized treatments. *Plant and Soil*. 348: 203-218.
- Dungait, J.A.; D.W. Hopkins; A.S. Gregory; and A.P. Whitmore (2012). Soil organic matter turnover is governed by accessibility not recalcitrance. *Glob. Chang. Biol.*, 18: 1781-1796.
- Duplessis, G.L.; and A.F. Mackenzie (1983). Effect of leonardite applications on phosphorus availability and corn growth. *Can. J. Soil. Sci.*, 63:749-751.
- Farahi, M.H.; A. Aboutalebi; S. Eshghi; M. Dastyaran; and F. Yosefi (2013). Foliar application of humic acid on quantitative and qualitative characteristics of (Aromas) strawberry in soilless culture. *Agricultural Communications*. 1(1): 3-16.
- Grant, C.; S. Bittman; M. Montreal; C. Plenchette; and C. Morel (2005). Soil and fertilizer phosphorus: effects on plant P supply and mycorrhizal development. *Can. J. Plant Sci.*, 85: 3-14.
- Gyaneshwar, P.; G.N. Kumar; L.J. Parekh; and P.S. Poole (2002). Role of soil microorganisms in improving P nutrition of plants. *Plant Soil*. 245: 83-93.
- Heng, L.C. (1989). Influence of humic substances on P-sorption in Malaysian soils under rubber. *J. Nat. Rubber Res.*, 4(3): 186-194
- Iqbal, A.; D.R. Amanullah; and M. Iqbal. (2015). Impact of potassium rates and their application time on dry matter partitioning, biomass and harvest index of maize (*Zea mays*) with and without cattle dung application. *Emir. J. Food Agric.*, 27: 447-453.
- Kulikova, N.A.; A.D. Dashitsyrenova; I.V. Perminova; and G.F. Lebedeva (2003). Auxin-like activity of different fractions of coal humic acids. *Bulgarian J. Ecol. Sci.*, 2(3-4): 55-56.
- Li, S.; and Z. Wang. (1988). Alkali soil of des area. Xinjiang People's Publishing House, Urumqi.
- Lutzow, M.V.; I. Koegel; E. Eckschmitt; and E. Matzner (2006). Stabilization of organic matter in temperate soils mechanism and their relevance under different soil condition-a review, *Eur. Soil. Sci.*, 57: 426-445.
- Manske, G.B.; J.I. Ortiz-Monasterio; M. Van Ginkel; R.M. Gonzalez; R.A. Fisher; S. Rajaram; and P.L.G. Vlek. (2001). Importance of P uptake efficiency versus P utilization for wheat yield in acid and calcareous soils in Mexico. *European Journal of Agronomy*. 14:261-274.
- Matar, A.; J. Torrent; and J. Ryan. (1992). Soil and fertilizer phosphorus and crop responses in the dry land Mediterranean zone. *Adv. Soil Sci.*, 18: 81-146.
- Merlo, L.; R. Ghisi; N. Rascio; and C. Passera. (1991). Effects of humic substances on carbohydrate metabolism of maize leaves. *Canadian Journal of Plant Science*. 71: 419-425.
- Moll, R.H.; E.J. Kamprath; and W.A. Jackson. (1982). Analysis and Interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron. J.*, 74:562-564.
- Morales-Payan, J.P. (1998). Production guide [In Spanish: Cultivo de lechosa]. FundaciTón de Desarrollo Agrop. Technical Guide No. 14, second edition. Santo Domingo, Dominican Republic. 88 pp.
- Nardi, S.; D. Pizzeghello; A. Muscolo; and A. Vianello (2002). Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.*, 34(11): 1527-1536.
- Pala, M.; A. Matar; and A. Mazid (1996). Assessment of the effects of environmental factors on the response of wheat to fertilizer in on-farm trials in a Mediterranean-type environment. *Expl. Agric.*, 32: 339-349.
- Parentoni, S.N.; and S. Júnior; and L.D.S.G. Claudio (2008). Eficiência de aquisição e utilização interna de fósforo em genótipos tropicais de milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 43(7): 893-901.
- Plenet, D.; S. Etchebest; A. Mollier; and S. Pellerin. (2000b). Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. I. Leaf growth. *Plant Soil*. 223:117-130.
- Ryan, J.; H.M. Hassan; M. Bassiri; and H.S. Tabbara (1985). Availability and transformation of applied phosphorus in calcareous Lebanese soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 49: 1215-1220.

- SAS Institute. (1999). SAS user's guide: Statistics. SAS Inst. Cary, NC.
- Shekhar, C.; S. Bhaduria; P. Kumar; H. Lal; R. Mondal; and D. Verma (2006). Stress induced phosphate solubilization in bacteria isolated from alkaline soils. FEMS. Microbiology. 182: 291-296
- Syers, J.K.; A.E. Johnston; and D. Curtin (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).
- Yang, X.; M. Zhang; J. Lr; and Z. Yang (1985). Study on the effect of ammonium nitro-humus from several materials on fertilizer superphosphate. Application of Atomic Energy in Agriculture. 1: 45-50.
- Zhang, X.; and E.H. Ervin (2004). Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. Crop Sciences. 44:1737-1745.

Effect of Phosphate and Potassium Humate on Growth and Productivity Traits of Maize (*Zea Mays* L.) Cultivated in Calcareous Soil

Osama Hatta⁽¹⁾ Ghiath Alloush^{*(2)} and Rabee Zainah⁽¹⁾

(1). Lattakia Research Center, General Commission for Scientific Agricultural Research GCSAR, Damascus, Syria.

(2). Department of Soil and Water Sciences, Faculty of Agricultural Engineering, University of Tishreen, Latakia, Syria.

(*Corresponding author: Dr. Ghiath Alloush. E-Mail: galloush@scs-net.org).

Received: 17/01/2020

Accepted: 04/04/2020

Abstract

A field experiment was conducted in calcareous soil ($\text{CaCO}_3 = 49.7\%$) during 2018 season at Stkheres Research Station in Lattakia to study the effect of humates (0 and 25 kg K-humate/ha) on the response of maize crop (Tango hybrid) to TSP application (0 - 30 - 60 - 90 - 120 and 240 kg/ha). The experiment therefore consisted of 12 treatments with three replicates, and plots were completely randomized. Growth and P uptake were followed on complete selected plants 56 and 101 days from sowing, corresponding to VT and V6 of maize phenological stages. At harvest (after 101 days), productivity of grain yield and straw were measured and some efficiency parameters related to growth. Also, P uptake and productivity were calculated. Maize plants produced the highest dry matter in non-humic treatments at VT stage in the treatment P5H0 (115.1g/plant), which was not significantly different compared to the second TSP application rate in the presence of humate (treatment P2H1=112 g/plant). The analysis of variance showed a highly significant effect for both phosphate and humates applications on relative grain yield increase (RGYI), which increased in P3H0 treatment by 21.5% and in P3H1 treatment by 28.1%. Humate application did not provide a significant impact on the phosphate utilization efficiency.

Keyword: Phosphate fertilizer TSP, Potassium humate, *Zea mays*, Calcareous soil.