Effect of Phosphorus and K_Humate on Phosphorus uptake, growth rates and cobs characteristics of corn (*Zea mays*. L) in Calcareous Soil

Dr. Ghiath Alloush [*]
Dr. Rabee Zainah**
Osama Hatta ***

(Received 1 / 8 / 2021. Accepted 18 / 12 / 2021)

□ ABSTRACT □

A field experiment was conducted in a calcareous soil ($CaCO_3$ = 49.7%) during 2018 season at Stkheres Research Station in Lattakia to study the effect of humate (0 and 25 kg K-humate/ha) on the response of maize crop (tango hybrid) to TSP application (0 - 30 - 60 - 90 - 120 - 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 at 56 and 101 day from sowing, corresponding to V_T and V_6 phonological stages. At harvest (after 101 day), productivity of grain and indicators of ears are taken.

A significant effect of phosphate fertilizer was observed on plant height and increase in dry weight of plants during all growth stages. The effect of humates on plant height was significant at V_T stage. Phosphorous uptake was higher in plants receiving low TSP fertilization (≤ 60 kg TSP/ha) and humates compared to the same TSP treatments without humate. The differences in P-uptake were clearer in advanced growth stages which reached in control P_0HA_1 (107.2, 213.4 and 465.2 mgP/plant) in stages $V_{8\text{-}10}$, V_T and R_2, respectively. These values were higher compared to treatment control P_0HA_0 by 25%, 4% and 13% respectively.

Maize amendment with humate and 240 kg TSP/ha had a significant increase in growth rate CGR than other treatments compared to the control P_0HA_1 and P_0HA_0 by about 35% and 49%, respectively. The P-uptake was almost linearly associated with the increase in the CGR throughout the whole life stages of the plant. This ultimately contributed to an increase in the weight and size of the ears, the number of grains in rows, and weight of a thousand grain.

Keyword: Phosphate Fertilizer TSP - Potassium Humate – *Zea mays* - Calcareous Soil

[*] **Professor - Department of Soil and Water Sciences , Faculty of Agricultural Engineering University of Tishreen - Email: galloush@scs-net.org**
[**] **Researcher at the General Commission for Scientific Agricultural Research - Lattakia Research Center Email: rabeezainah1975@gmail.com.**
[***] **PhD student , Agricultural Engineer at the General Commission for Scientific Agricultural Research - Lattakia Research Center Email: osama.hatta87@gmail.com**

تأثير الفوسفور وهيومات البوتاسيوم في كمية الفوسفور الممتصة ومعدل نمو المحصول ومواصفات العرانيس لنبات الذرة الصفراء (*Zea mays.* L) في تربة كلسية

د. غياث علوش*

د. ربيع زينة**

أسامة حتى***

(تاريخ الإيداع 1 / 8 / 2021. قُبِل للنشر في 18 / 12 / 2021)

□ ملخّص □

نفذت تجربة حقلية في تربة كلسية ($CaCO_3$= 49.7%) في عام 2018 في محطة بحوث ستخيرس محافظة اللاذقية وذلك لدراسة دور إضافة الهيومات (0 و25 كغ هيومات البوتاسيوم/هكتار) في تجاوب محصول الذرة الصفراء (هجين تانغو) للتسميد بمعدلات متزايدة من الـ TSP (46% P_2O_5) (0 – 30 – 60 – 90 – 120 – 240 كغ/هكتار)، وتضمنت التجربة بالتالي 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 وتكون متوافقة مع الأطوار الفينولوجية لتطور الذرة الصفراء V_T و R_2، وتم أخذ أهم المؤشرات الإنتاجية في النبات ومؤشرات الحبوب في العرنوس عند الحصاد.

لوحظ تأثير معنوي لإضافة السماد الفوسفاتي TSP على ارتفاع النبات وزيادة الوزن الجاف لنبات الذرة خلال جميع مراحل النمو، بينما برز دور الهيومات في تأثيره على ارتفاع النبات عند مرحلة الـ V_T بشكل معنوي. وتفوقت النباتات ذات التسميد المنخفض من الـ TSP (≤ 60 كغTSP/هكتار) بوجود الهيومات في محتواها من الفوسفور مقارنة بالمعاملات بدون الهيومات، وليكون الفارق أكثر وضوحاً في المراحل اللاحقة من عمر النبات وبلغت 107.2، 213.4 و 465.2 مغP/نبات في معاملة الشاهد P_0HA_1 في مراحل النمو V_{8-10}، V_T و R_2 على التوالي، لتكون هذه القيم مرتفعة بنسبة 25%، 4% و 13% مقارنة بالكمية الممتصة من الفوسفور في معاملة الشاهد P_0HA_0 على التوالي.

لقد أدت إضافة الهيومات إلى زيادة يومية في معدل النمو بنسبة 9% و 12.5% على التوالي، وبهذا سجلت النباتات التي تلقت الهيومات مع التسميد الفوسفاتي بمعدل 240 كغTSP/هكتار P_5HA_1 ارتفاعاً معنوياً في معدل النمو اليومي عن باقي معاملات التجربة، متفوقة بذلك على معاملة الشاهد مع الهيومات P_0HA_1 بحوالي 35% وبحوالي 49% عن معاملة الشاهد بدون الهيومات P_0HA_0. وكانت الكمية الممتصة من الفوسفور مرتبطة بشكل شبه خطي مع زيادة معدل نمو المحصول حتى في المراحل المتقدمة من عمر النبات مما أدى إلى زيادة في وزن وحجم العرانيس على النبات وعدد الحبوب في العرنوس ووزن الألف حبة.

الكلمات مفتاحية: السماد الفوسفاتي TSP – هيومات البوتاسيوم – الذرة الصفراء – التربة الكلسية.

*أستاذ في قسم علوم التربة والمياه – كلية الزراعة– جامعة تشرين. galloush@scs-net.org

**دكتور باحث في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – مركز بحوث اللاذقية. rabeezainah1975@gmail.com

***طالب دكتوراه في الهيئة العامة للبحوث العلمية الزراعية – مركز بحوث اللاذقية. osama.hatta87@gmail.com

مقدمة

يعتبر نبات الذرة (*Zea mays* L.) أحد أهم المحاصيل في العالم فهي مصدر مهم للحبوب، توفر الغذاء للبشر، كما تستخدم علف للحيوان، ومصدر يدخل في العديد من الصناعات الغذائية (Mujeeb and Maqsood, 2008). ينتمي الذرة إلى مجموعة المحاصيل ذات معدل النمو المرتفع، وينتج كتلة بيولوجية كبيرة (Amanullah *et al*., 2009). أشارت دراسات سابقة طويلة الأجل، من عام 1960 إلى 2000، زيادة الغلة الحبية للذرة الصفراء بمقدرار 57%، وعزي ذلك إلى زيادة مدخلات الأسمدة المضافة NPK (Stewart and Roberts, 2012)، ولكن لابد من تحقيق توازن بين تلك المدخلات لتحسين إنتاجية الذرة.

يعد الفوسفور P عنصر مهم لنمو النبات ومحدد لانتاجية المحصول. يقع الـ P ضمن مجموعة العناصر الكبرى التي تتطلبها النباتات لبناء أنسجتها، إلا أنه أحد أكثر العناصر التي يتعذر على النبات الوصول إليها على الرغم من وفرة الفوسفور (P) في الغلاف الصخري (حتى وعلوش، 2017). وانطلاقاً من أهميته، لوحظ أن استخدام الأسمدة الفوسفاتية ساهمت في تحسين الإنتاجية للذرة وكذلك زادت من ارتفاع النبات ومساحة الأوراق ووزن الحبوب ونسبة التصافي ومؤشر حصاد المحصول بالمقارنة مع الشاهد (Imran *et al*., 2015; Amanullah *et al*., 2009).

يتبع التغيرات في كمية الفوسفور المتاح للنبات لعدة عوامل أهمها كمية فوسفور الأصل في التربة ونوع الفوسفور المضاف إلى التربة وخواص للتربة. في أغلب الأحيان، لا تستطيع النباتات في الترب الكلسية من الحصول على احتياجاتها من الـ P بسبب ارتفاع درجة حموضة لتصل إلى القاعدية، وانخفاض محتواها من المادة العضوية (حتى وعلوش، 2017). حيث أن حوالي 10%–30% من الفوسفور المضاف يمكن أن يستفيد منه النبات ويتم تثبيت الباقي في التربة (حتى وعلوش، 2017 ;Syers *et al*., 2008).

يتلخص تأثير المركبات الدبالية في تحسين نمو النبات على شقين مباشر وغير مباشر. **1)** تشمل التأثيرات غير المباشرة للمركبات الدبالية على خصوبة التربة، من حيث زيادة عدد الميكروبات في التربة، تحسين بناء حبيبات التربة، زيادة قدرة التبادل الكاتيوني والقدرة التنظيمية لدرجة تفاعل التربة pH. **2)** بينما تشمل التأثيرات المباشرة لأحماض الهيوميك على مستوى جدار الخلية أو الغشاء أو في السيتوبلازم، بما في ذلك زيادة معدلات التمثيل الضوئي والتنفس في النباتات، وتعزيز تخليق البروتين و/أو تحفيز النشاط الهرموني داخل النبات، تحسين التغذية المعدنية بالعناصر، وفي زيادة إنتاج مركبات تخزين الطاقة ATP (Balbaa and Awad, 2013; Nardi *et al*., 2002).

تعرف أحماض الهيوميك HA بأنها مركبات عضوية معقدة مشتقة من تحلل المواد العضوية، تملك مجموعات وظيفية كثيرة ومختلفة لتصبح بذلك الجزء الأكثر فعالية كيميائياً من باقي المركبات الدبالية، وهي موجودة في التربة والليغنايت، ويمكن أن تنتج تجارياً من الليوناريديت الخام Leonardite (Kleber and Lehmann, 2019). تملك المجموعات الفينولية والكربوكسيلية صفة خلب الكالسيوم وبالتالي تحرير الفوسفور من معقداته، كما يمكن لمجموعة الأمين في أحماض الهيومك ادمصاص أيون الفوسفات السالب الموجود في التربة وتحسين جاهزيتها للنبات (Kleber and Lehmann, 2019).

برزت أهمية حمض الهيوميك في زيادة غلة بعض المحاصيل الحقلية كما ورد في العديد من الدراسات (Khanghah *et al*., 2012)، وذلك من خلال التأثيرات الفيزيولوجية على النبات مثل تحفيز استقلاب الخلايا النباتية وزيادة تركيز الكلوروفيل في الأوراق (Nardi *et al*., 2002). كما ارتبطت إضافة الهيومات على التربة ارتباطًا مباشراً بزيادة

امتصاص العناصر الكبرى والصغرى وسرعة استطالة جذور الذرة الصفراء، وهذا ما أكدته نتائج زراعة حقلية لموسمين زيادة معنوية في امتصاص الذرة الصفراء للعناصر الكبرى والصغرى بسبب إضافة الـ HA (Balbaa and Awad, 2013)، كما أدت إضافة أحماض الهيوميك مع ماء الري إلى نبات الذرة الصفراء إلى زيادة الغلة الحبية ومساحة المسطح الورقي الأخضر ودليل المسطح الورقي (قرباني وآخرون، 2009).

أجريت دراسات حثيثة لتقييم حالة خصوبة التربة في المناطق القاحلة وشبه القاحلة، بما فيها سورية، وخلصت النتائج أن حوالي 80% إلى 90% من التربة تعاني من نقص الفوسفور المتاح (Ryan and Lynch, 2003). لتؤدي بالمحصلة إلى انخفاض كفاءة استخدام الأسمدة المضافة (حتى وعلوش، 2017). يستدعي هذا ضرورة البحث عن معدلات الـ P المناسبة لتحسين إنتاجية المحاصيل في ظل الترب الكلسية. حيث أن إضافة الأسمدة الفوسفاتية بمعدلات عالية سيؤدي إلى انخفاض الاستفادة من السماد المضاف. كما يمكن أن يؤدي إلى اختلال في توازن العناصر الأخرى وبالتالي انخفاض إنتاج الذرة الصفراء (Stewart and Roberts, 2012)، خاصة إذا كان العائد الاقتصادي غير مجدي بما فيه الكفاية في ظل غلاء سعر الأسمدة المعدنية ودفع التكاليف الباهظة لتصنيعها. لذلك، هناك حاجة لاتباع نهج يساعد على زيادة إنتاج المحاصيل مع الحد الأدنى من استخدام الأسمدة المعدنية. وبالتالي، كان الغرض من هذه الدراسة هو: تحديد امتصاص وتأثير السماد الفوسفاتي TSP كمصدر معدني وهيومات البوتاسيوم كمحسن عضوي على نمو المحصول الذرة الصفراء وإنتاجيته من الحبوب في ظروف التربة الكلسية.

طرائق البحث ومواده

- **موقع التجربة:**

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

جدول (1): معدلات الهطول المطري الشهري ومتوسطات درجات الحرارة في منطقة الزراعة عام 2018.

البيانات من المحطة المناخية لمحطة بحوث ستخيرس.

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

- **المادة النباتية:**

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

• التربة:

جمعت عينة مركبة من تربة الحقل قبل الزراعة على عمق (0– 30 سم) جففت هوائياً ونخلت بمنخل قطر فتحاته 2 مم وخضعت للتحليل المخبري لتحديد خصائصها الكيميائية (Ryan *et al*., 2001) ، والموضحة في الجدول 2.

جدول (2): بعض خواص التربة الفيزيائية والخصوبية على عمق (0–30 سم).

التركيب الحبيبي			القوام	pH	EC $ds.cm^{-1}$	OM %	CaCO3 %		P (مغ/كغ تربة)		آزوت كلي %
طين	سلت	رمل		W:S1:2.5			كلية	فعالة	ذائب	متاح	
38	18	44	طينية لومية	7.6	0.124	0.88	49.7	10.4	3.9	18.9	0.19

الكاتيونات الذائبة (مغ/كغ تربة)				الكاتيونات المتاحة (ميليمكافىء/100 غ تربة)			
Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Na^{+}	Ca^{+2}	Mg^{+2}	K^{+}	Na^{+}
230.0	30.0	13.3	8.1	34.5	10.7	0.844	0.066

• تصميم التجربة:

تمت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بواقع ثلاث مكررات استخدمت فيها خمس مستويات من السماد الفوسفاتي المركز :(P_2O_5 46%)(0 – 30 – 60 – 120 – 180 – 240 كغTSP/هكتار) أضيفت قبل الزراعة. كما استخدم هيومات البوتاسيوم كمصدر عضوي كامل الذوبان في الماء ذو المنشأ الألماني المعروف باسمPOWHUMUS 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 الآزوتي 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 النقاطة 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) من صفوف الزراعة.

أضيف السماد الآزوتي على ثلاث دفعات بشكل يوريا 46% بمعدل 180 كغN/هـ، ثلث الكمية عند الزراعة وثلث الكمية عند مرحلة ظهور 10 أوراق (V10) وثلث الكمية بمرحلة VT.

أضيف السماد البوتاسي عند الزراعة بشكل سلفات البوتاسيوم K_2O%50 بمعدل 90 كغ K/هـ، وتمت مراعاة طرح كمية البوتاسيوم الموجود ضمن تركيب الهيومات (K_2O=%12) بالنسبة للقطع التجريبية المعاملة بالهيومات. كما سمدت النباتات بعنصري البورون والزنك رشاً عند بدء تشكل النورة الزهرية المذكرة.

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 بـ 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 علائم الإصابة.

- **جمع البيانات الحقلية:**

سُحب نباتين بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية بعد 56 يوم من الزراعة (مرحلة بدء طرد النورة الزهرية المذكرة 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 والتحاليل المخبرية:**

تم الحصاد بعد 101 يوم من الزراعة بأخذ 5 نباتات من كل قطعة تجريبية وذلك بقطع النباتات عند مستوى سطح التربة، فصلت العرانيس (المنتجة وغير المنتجة) 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 جفنات بورسلان وهضمت بحمض كلور الماء *2M* تحضيراً لقياس تركيز الفوسفور بطريقة موليبدات–فاندات (Ryan *et al*., 2001).

أخذ الوزن الرطب للعرانيس المنتجة، وفصلت الحبوب وأخذت الأوزان لكل عرنوس بعد إجراء القياسات الإنتاجية المميزة للعرانيس (طول العرنوس، قطر العرنوس، وزن العرنوس، نسبة التصافي) كما سجلت مواصفات الحبوب في العرنوس وأهمها (عدد الصفوف في العرنوس، عدد الحبوب في الصف، عدد الحبوب الكلي، وزن الـ 1000 حبة). أخذ من الحبوب عينات للتجفيف في الفرن كالسابق وحسب وزن الحبوب في النبات عند نسبة رطوبة 15%. كما أجريت قياسات تركيز الفوسفور في الحبوب الجافة تماماً بعد طحنها والهضم الرطب، وقدر في محلول الهضم الفوسفور الكلي (Ryan *et al*., 2001).

- **الحسابات:**

سُحب نباتين بشكل عشوائي من كل قطعة تجريبية، قطع النبات من مستوى سطح التربة خلال مراحل النمو التالية:

- 20 يوم من الزراعة: مرحلة ظهور 6 أوراق على نبات الذرة V_6.
- 40 يوم من الزراعة: مرحلة ظهور 10 أوراق على نبات الذرة V_{10}.
- 56 يوم من الزراعة: مرحلة اكتمال نمو النورة الزهرية المذكرة V_T.
- 65 يوم من الزراعة: في طور ظهور النورة الزهرية المؤنثة R_1.
- 101 يوم كانت مرحلة حصاد النبات في طور النضج الفيزيولوجي R_6 وأخذت عند كل مرحلة فيها القراءات التالية:

- **ارتفاع النبات (سم):** أخذ من قاعدة الساق عند سطح التربة حتى آخر عقدة ورقية خلال نمو النبات وعند بداية خروج النورة الزهرية المذكرة في المراحل المتقدمة من عمر النبات.
- **الوزن الجاف للمجموع الخضري (غ/نبات):** حسب كمتوسط الوزن الجاف للنباتات المسحوبة من كل قطعة تجريبية بشكل عشوائي.

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

1) P **المزاح في المجموع الخضري (كغ/هـ)**=[تركيز الفوسفور في المجموع الخضري (مغ/غ) x وزن المجموع الخضري الحبية (كغ/هـ)] /1000
2) P **المزاح في المادة النباتية الجافة (كغ/هـ)**=[تركيز الفوسفور في القش(مغ/غ) x وزن القش(كغ/هـ)]/1000
3) P **الكلي المزاح (كغ/هـ)** = P المزاح في الحبوب (كغ /هـ) + P المزاح في القش (كغ/هـ).

- **مساحة المسطح الورقي (م^2/نبات) Leaf area**: حسب بعد تجميع الصور الفوتوغرافية المأخوذة للمسطح الورقي لكل نبات وإدراجها على البرنامج الحاسوبي Digimizer.
- **دليل مساحة المسطح الورقي الأخضر (LAI)**:

(LAI) = (مساحة المسطح الورقي الأخضر م^2 / مساحة الأرض التي يشغلها النبات م^2)

- **معدل نمو النبات** Crop Growth Rate (CGR) **(غ/م^2/يوم)**: ويعبر عن كمية المادة الجافة المتراكمة في النبات خلال فترة زمنية محددة (Watson, 1952):

$$CGR = \frac{(W2 - W1)}{P(T2 - T1)}$$

CGR: معدل نمو المحصول (غ/م^2/يوم)
W_2, W1: وزن النبات الجاف (غ) في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب.
P: المساحة التي يشغلها النبات في المتر مربع.
T_2, T1: عدد الأيام (يوم) بين المرحلتين.

- **معدل صافي التمثيل الضوئي** NAR **(غ/م^2/يوم)** يحسب من المعادلة:

$$NAR = \frac{CGR}{LAI}$$

CGR: معدل نمو المحصول (غ/م^2/يوم).
LAI: دليل مساحة المسطح الورقي م^2/نبات.

التحليل الاحصائي:

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

أولاً: تأثير الهيومات والتسميد الفوسفاتي على بعض معايير النمو:

1- ارتفاع النبات (سم):

يعد ارتفاع النبات أحد المؤشرات الرئيسية لنمو النبات والذي يؤدي زيادته إلى زيادة الكتلة البيولوجية للمجاميع الخضرية على اختلاف مراحل نمو النبات. كما أن زيادة ارتفاع النبات تتعلق، كما الكتلة البيولوجية، بدرجة تخزين الكربوهيدرات في الأنسجة النباتية وبالتالي زيادة الإنتاج (Imran *et al*., 2015). أدت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة تدريجية في ارتفاع النبات سواء بوجود أو بغياب الهيومات، وتراوحت القيم في مرحلة النمو الأولى V_6 بين

(7.7 إلى 10 سم/نبات). وتفوقت نباتات المعاملة بأعلى معدل تسميد فوسفاتي 240 كغTSP/هكتار معنوياً عن باقي معاملات التجربة جدول (3). بينت النتائج تأثير مرتفع المعنوية (*P = 0.0001*) لإضافة الفوسفور منذ المرحلة الأولى من الدراسة V6، لقد ذكر (Imran *et al*., 2015) أن إضافة المعدل الأمثل لـ P له تأثيرات مفيد على ارتفاع النبات لمعظم المحاصيل. وفي دراسة أخرى، أدى تسميد نبات الذرة بالـP إلى زيادة كبيرة في ارتفاع النبات والكتلة الحيوية. يمكن أن يعزى ذلك لأهمية الفوسفور في تشكيل مركبات تخزين الطاقة ودورها في استطالة الجذور خلال فترة الإنبات وسرعة نمو النبات. كما يمكن أن يعزى إلى زيادة عدد أيام النمو قبل الوصول لمرحلة النضج (Amanullah *et al*., 2009). كما أظهرت الدراسات بأن إضافة الـ P يزيد من ارتفاع النبات وكذلك قطر الساق القاعدية (Bhadoria *et al*., 2004).

لقد اقتصر تأثير الهيومات الإيجابي خلال مرحلة الـ V_6 على ارتفاع النبات في معاملة الشاهد P_0HA_1 فكان مرتفع معنوياً عن معاملة الشاهد بدون الهيومات P_0HA_0 (8.8 و 7.7 سم/نبات على التوالي). في المقابل لم يؤدي إضافة الهيومات تغيرات واضحة في ارتفاع النبات عند التسميد الفوسفاتي بعتبة أعلى من 30 كغ TSP/هكتار التسميد الفوسفاتي. عند وصول النبات إلى مرحلة ظهور 8 – 10 أوراق زاد ارتفاع نباتات الذرة بحوالي 5 أضعاف مقارنة بالمرحلة السابقة وكان تأثير الهيومات أقل معنوية على ارتفاع النبات مقارنة بتأثير التسميد الفوسفاتي (*P = 0.0656*). تراوح ارتفاع النبات بين 49.8 و 69.1 سم/نبات بالنسبة لمعدلات التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات P_0HA_0 و P_4HA_0 على التوالي. أما في المعاملات التي تلقت الهيومات تراوح ارتفاع النبات فيها بين 53 و 65.6 سم/نبات وذلك في المعاملات P_0HA_1 و P_5HA_1 على التوالي.

سجلت القيم في معاملة الشاهد P_0HA_1 زيادة في ارتفاع النبات بنسبة 6.3% مقارنة بمعاملة الشاهد بدون الهيومات P_0HA_0، بينما سجلت زيادة بحوالي 5% في معاملة P_5HA_1 مقارنة بالمعاملة P_5HA_0. وبرز دور الهيومات في تأثيره على ارتفاع النبات عند مرحلة الـ V_T بشكل معنوي (*P = 0.0001*) حيث يكون النبات بمرحلة الإمتصاص الأعظمي للعناصر الغذائية، وأظهرت النتائج زيادة في ارتفاع النبات بشكل واضح بالرغم من مرور 16 يوم فقط عن مرحلة V_{8-10} لتكون الزيادة بنسبة 67% في معاملة الشاهد P_0HA_0 وتصل إلى حوالي 177% في معاملة التسميد 240 كغTSP/هكتار عند إضافة الهيومات P_5HA_1. لقد أكدت الدراسات أن لأحماض الهيوميك تأثير مشابه لعمل الهرمونات، إذ تؤثر على بروتوبلازم الخلية والجدار الخلوي مما يؤدي إلى سرعة انقسام الخلايا ونموها (قرباني وآخرون، 2009)، كما ذكر (Balbaa and Awad, 2013) أن رش نباتات الذرة الصفراء بأحماض الهيوميك أدت إلى زيادة ارتفاع الساق وقطره. الجدير بالإشارة أن نبات الذرة وصل لأقصى استطالة في الساق عند مرحلة تطور العرانيس R_2، إلا أن معدل تلك الإستطالة لم تكن مثل سابقاتها من مراحل النمو المدروسة، كما أن درجة الفروقات بين المعاملات سواء بوجود أو بغياب الهيومات كان أقل وضوحاً. وكذلك الحال انخفض تأثير كل من الفوسفور والهيومات على النباتات في نتائج تحليل التباين (*0.0631*، *0.0511* = *P*) على التوالي. يمكن تفسير ذلك أن نباتات الذرة وبشكل خاص تلك المتأخرة في استطالة الساق استفادت من الآزوت المضاف في مرحلة الـ V_T في إتمام نموها الخضري، إلا أن هذه العملية تتم غالباً على حساب التأخر في الدخول لمرحلة تطور العرانيس، وبالتالي ستؤدي لانخفاض الإنتاج. تراوح ارتفاع النبات عند مرحلة R_2 بين 191.9 و 203 سم/نبات في المعاملات التسميد الفوسفاتي بلا هيومات، واستجابت عند إضافة الهيومات ليكون بين 193.8 و 209.3 سم/نبات.

2- وزن الكتلة البيولوجية الجافة (غ/نبات):

يعبر مصطلح الكتلة البيولوجية عن جميع الأجزاء النامية فوق سطح التربة والتي تمثل المجموع الخضري إضافة إلى الغلة الحبية في حال دخول النبات في مرحلة الإنتاج. ويؤدي زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي في التربة الكلسية إلى زيادة كمية الفوسفور الممتص وبالتالي زيادة الكتلة البيولوجية الناتجة في محصول الذرة (Imran *et al*, 2015). يعزز التسميد بالـ P إنتاج المزيد من الأوراق وزيادة مساحتها السطحية، وبالتالي زيادة قدرة المحصول على اعتراض الإشعاع الشمسي، مما يؤثر على تراكم المادة الجافة. بينما يؤدي نقص الـ P إلى انخفاض في عملية التمثيل الضوئي لكل وحدة من مساحة الورقة (Amhakhian *et al*., 2012). وهذا ما أشارت إليه نتائج البحث حيث لوحظ تأثير معنوي لإضافة السماد الفوسفاتي TSP على اختلاف معدلات التسميد في زيادة الوزن الجاف لنبات الذرة وذلك خلال جميع مراحل النمو المدروسة ($P \leq 0.0001$) جدول (3).

جدول 3: تأثير الهيومات ومعدلات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على ارتفاع النبات والوزن الجاف للكتلة البيولوجية خلال مراحل نمو نبات الذرة المدروسة (تشير المعطيات إلى متوسطات لثلاث مكررات والخطأ المعياري كما تشير الأحرف على الأعمدة إلى الفروق المعنوية بين المعاملات).

وزن الكتلة البيولوجية الجاف (غ مادة جافة/نبات)					ارتفاع النبات (سم)					TSP المضاف (كغ/ هـ)
R_2	V_T	V_{8-10}	V_6		R_2	V_T	V_{8-10}	V_6	مرحلة النمو	
149.2^{f}	76.3^{e}	29.7^{e}	9.5^{e}		191.9^{c}	150.7^{f}	49.8^{g}	7.7^{f}	HA_0	0
172.1^{e}	96.1^{d}	32.9^{de}	13.3^{d}		197.6^{bc}	155.4^{e}	55.6^{ef}	8.1^{ef}		30
184.3^{d}	102.4^{d}	37.2^{bc}	17.2^{abc}		197.0^{bc}	168.3^{c}	59.7^{de}	8.3^{def}		60
188.8^{d}	101.8^{d}	37.3^{bc}	19.3^{a}		198.7^{bc}	169.2^{c}	63.9^{bc}	8.3^{cde}		120
197.9^{c}	111.5^{c}	37.1^{bc}	19.4^{a}		199.1^{abc}	171.6^{bc}	69.1^{a}	8.6^{bcde}		180
203.4^{c}	115.1^{c}	37.3^{bc}	19.1^{ab}		203.0^{abc}	172.2^{bc}	68.6^{a}	10.0^{a}		240
166.0^{e}	82.3^{e}	34.5^{cd}	13.2^{d}		193.8^{bc}	160.3^{d}	53.0^{fg}	8.8^{bc}	HA_1	0
187.8^{d}	103.3^{d}	35.5^{bcd}	15.4^{cd}		200.4^{abc}	161.0^{d}	54.8^{f}	9.0^{b}		30
199.5^{c}	112.0^{c}	37.8^{b}	15.7^{cd}		202.2^{abc}	167.8^{c}	60.1^{cd}	8.75^{bcd}		60
201.5^{c}	112.1^{c}	36.6^{bc}	14.8^{cd}		202.2^{abc}	171.8^{bc}	62.7^{bcd}	8.5^{bcde}		120
212.8^{b}	123.4^{b}	37.5^{bc}	15.4^{cd}		205.0^{ab}	174.1^{b}	61.1^{cd}	8.66^{bcd}		180
223.9^{a}	134.7^{a}	44.7^{a}	16.3^{bc}		209.3^{a}	181.4^{a}	65.6^{ab}	9.8^{a}		240
6.2	7.38	3.23	2.87		11.48	4.185	4.176	0.524		$LSD_{0.05}$
———— $P \leq F$ ————										
0.0001	0.0001	0.0001	0.0001		0.0631	0.0001	0.0001	0.0001		P
0.0001	0.0001	0.0007	0.0513		0.0511	0.0001	0.0656	0.0007		H
NS	0.1513	0.0118	0.0014		NS	0.0030	0.0185	0.0112		P×H

لقد كان لإضافة الهيومات تأثيراً أقل معنوية عند المراحل الأولى من نمو النبات (20 و 40 يوم من الزراعة)، بينما برز دوره بمعنوية مرتفعة في المراحل اللاحقة من عمر النبات ($P \geq 0.0001$). في المقابل أدى التأثير المشترك لإضافة الهيومات مع الـ TSP لإحداث تأثير غير معنوي على وزن الكتلة البيولوجية خلال مرحلة تطور العرنوس R_2 (جدول 3).

ساهمت الهيومات في زيادة الوزن الجاف للمجموع الخضري بشكل خاص عند المراحل الأولى من عمر النبات V_6 لدى التسميد الفوسفاتي بمعدلات منخفضة (أقل من 60 كغTSP/هكتار)، فكانت تلك الزيادة معنوية بالنسبة لمعاملة الشاهد P_0HA_1 مقارنة بالشاهد بدون الهيومات P_0HA_0 (13.2 و 9.5 غ مادة جافة) على التوالي. بينما ترافقت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي بانخفاض الأثر الواضح للهيومات حيث لوحظ تفوق في نمو النباتات التي لم تتلقى الهيومات ،عند معدلات التسميد $\leq$ 60 كغTSP/هكتار، مقارنة بمعاملات التسميد ذاتها بوجود الهيومات، وبلغ أعلى وزن جاف للمجموع الخضري لدى المعاملة P_4HA_0 (19.4 غ مادة جافة).

تجاوبت نباتات الذرة لإضافة الهيومات عند مرحلة V_{8-10} بشكل أكثر وضوحاً حيث ترافقت عندها الإضافة الثانية من الهيومات، لتترجم تأثيرها بتفوق الأوزان الجافة للمجاميع الخضرية في جميع معاملات التسميد الفوسفاتي عن المعاملات بلا هيومات. وتراوحت القيم بين 34.5 و 44.7 غ مادة جافة في المعاملتين P_0HA_1 و P_5HA_1، على التوالي، مع تسجيل زيادة معنوية للأخيرة في الوزن الجاف مقارنة بالمعاملة P_5HA_0 (37.3 غ مادة جافة).

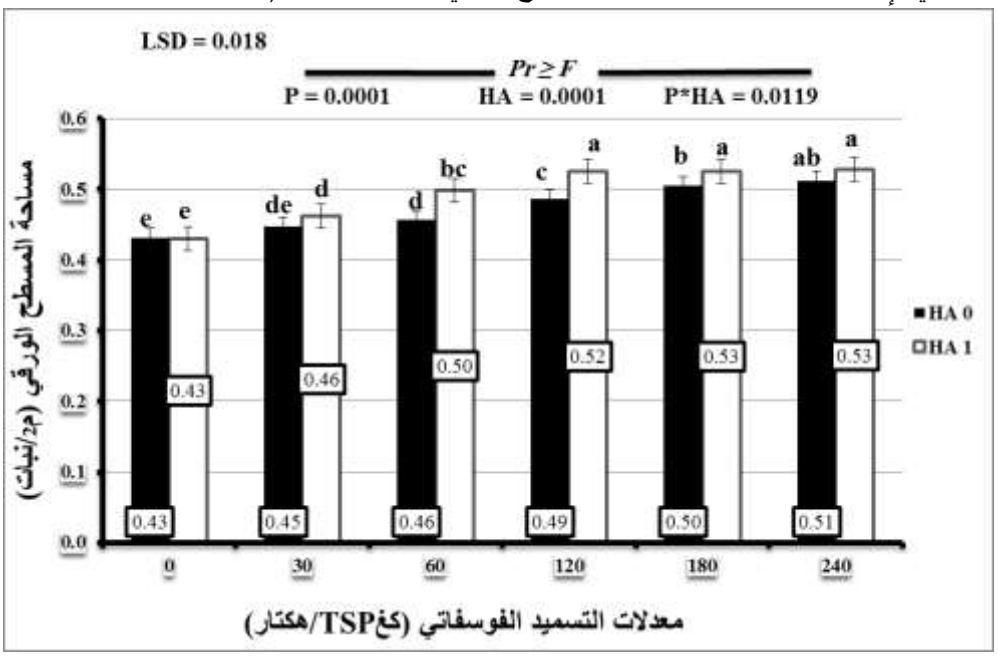
تميزت نباتات الذرة بنمو واضح للكتلة البيولوجية بدءاً من ظهور النورة الزهرية المذكرة (بعد 56 يوم من الزراعة V_T) والتي كانت متفوقة عن مرحلة 40 يوم من الزراعة V_{8-10} في مجمل معاملات التجربة وبنسبة زيادة تراوحت بين 156% و 208% في معاملات P_0HA_0 و P_5HA_0 على التوالي، بينما لم يكن لإضافة الهيومات تأثير واضح في زيادة الكتلة البيولوجية بين مراحل النمو وتراوحت الزيادة بين 139% و 201% في معاملات P_0HA_1 و P_5HA_1 على التوالي، والتطور المورفولوجي للمجموع الخضري لنبات الذرة يبدأ بالتباطئ عند دخول النبات بمرحلة تشكل العرانيس حيث ترتكز معظم العمليات الحيوية داخل العرانيس وهذا ما لوحظ في نتائج (جدول 3).

تلخص النتائج السابقة قدرة الهيومات عند إضافته مترافقاً مع معدلات مرتفعة من التسمد الفوسفاتي على إحداث زيادة نوعية في وزن المجاميع الخضرية لنبات الذرة في مراحل تطور المجموع الخضري وتشكل العرانيس، والتي يكون فيها النبات قد بدأ العمل على نقل العناصر الغذائية من الأوراق إلى العرانيس وتمثيل الأحماض الأمينية والبروتين داخل العرانيس. حيث أن الاستخدام العالي للسوبر فوسفات الثلاثي، والبيئة الملائمة، والاستخدام الأمثل للضوء الشمسي، وإنتاج كميات أكبر من الكربوهيدرات سيؤدي إلى إنتاجية بيولوجية أعلى (Imran *et al.*, 2015). لقد حافظت النباتات المعاملة بالهيومات على تفوقها في الوزن الجاف للمجاميع الخضرية خلال المراحل اللاحقة من النمو V_T و R_2 مقارنة بالنباتات بدون الهيومات. وسجلت نسبة الزيادة للمعاملة P_5HA_1 مقارنة بـ P_5HA_0 حوالي 17% و 10% على التوالي. بينما تراوحت بين 9% و 11% في معاملات الشاهد P_0HA_1 و P_0HA_0 على التوالي (جدول 3).

3- مساحة المسطح الورقي (م^2/نبات):

تتميز مرحلة تطور العرانيس في نبات الذرة R_2 بتوقف نمو المجموع الخضري واستنفار كامل أجزاء النبات بتقديم مايلزم من العناصر الغذائية المخزنة في المجاميع الخضرية إلى العرانيس، حسبت مساحة المسطح الورقي مباشرة باستخدام برنامج Degimaizer بعد سحب صور فوتوغرافية لسطح الأوراق عند عمر 65 يوم من الزراعة (وهي المرحلة التي يتوقع عندها القيم الأعلى لمساحة المسطح الورقي خلال جميع مراحل نموه) يوضحها الشكل (1). أدت زيادة معدلات

التسميد الفوسفاتي في تجربة الدراسة إلى زيادة مساحة المسطح الورقي لنبات الذرة سواء بوجود أو بغياب الهيومات، حيث تراوحت القيم بين 0431 و 0.512 م^2/نبات بالنسبة لمعاملات التسميد بلا هيومات، وبين 0.43 و 0.528 م^2/نبات بالنسبة لمعاملات التسميد الفوسفاتي بوجود الهيومات، وتبين نتائج تحليل التباين وجود تأثير لكل من معاملات التسميد الفوسفاتي وإضافة الهيومات على مساحة المسطح الورقي وبمعنوية عالية ($P \geq 0.0001$).



شكل 1: تأثير الهيومات ومعدلات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على مساحة المسطح الورقي (م^2/نبات) لنبات الذرة الصفراء عند مرحلة R_2 من عمر النبات (بعد 65 يوم من الزراعة). (تشير المعطيات إلى متوسطات لثلاث مكررات والخطأ المعياري كما تشير الأحرف على الأعمدة إلى الفروق المعنوية بين المعاملات).

يؤدي نقص الفوسفور إلى انخفاض نمو الأوراق بشكل واضح (Khan *et al.*, 2012). حيث لوحظ انخفاض في مساحة المسطح الورقي عند المعدلات المنخفضة من التسميد الفوسفاتي وارتفعت مساحتها تدريجياً مع زيادة معدلات التسميد. لم يكن لإضافة الهيومات تأثيراً واضحاً في زيادة مساحة المسطح الورقي عند زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي عن عتبة 120 كغTSP/هكتار، والتي بلغت عندها مساحة المسطح الورقي 0.524 م^2/نبات، بينما برز دوره الايجابي لدى معدلات التسميد الفوسفاتي المنخفضة 60 و 120 كغTSP/هكتار وبنسبة زيادة 9% و 8% مقارنة بمعاملات التسميد ذاتها بدون الهيومات.

ثانياً: تأثير الهيومات والتسميد الفوسفاتي على كمية الفوسفور الممتصة خلال مراحل نمو نبات الذرة:

أكدت النتائج البحثية لـ Hill (2007) أن عنصر الفوسفور يكون امتصاصه منخفض بمرحلة بداية نمو الشتلات. ثم تتسارع معدلات الإمتصاص خلال مراحل النمو الخضري وبداية ملء الحبوب، ليستمر امتصاصه حتى موعد النضج. ولكن يتم أخذ الجزء الأكبر من الفوسفور في وقت مبكر من ظهور النورة الزهرية المذكرة V_T، ويتم انتقال الفوسفور المخزن ضمن أنسجة الساق والأوراق والنورة الزهرية المؤنثة إلى الحبوب، وهكذا يميل الفوسفور إلى النضوب بسرعة من التربة إذا ما استمرت الزراعة حتى مرحلة إنتاج الحبوب.

إن التربة المدروسة تكون قادرة على إمداد النبات باحتياجاته من الفوسفور خلال معظم مراحل نموه في ظل وجود 19.4 مغP/كغ تربة من الفوسفور المتاح (حتى وعلوش، 2017). وهذا ما لوحظ بشكل واضح في هذه الدراسة بعدم وجود تغيرات معنوية لتركيز الفوسفور على اختلاف معدلات التسميد الفوسفاتي ضمن المراحل الأولى لعمر النبات (حتى عمر 20 يوم من الزراعة)، بالرغم من تفوق بسيط للنباتات المعاملة بالهيومات والتي كانت ربما أحد الأسباب المؤدية لتفوق كمية الفوسفور الممتصة من قبل النباتات المعاملة بالهيومات خلال معظم مراحل نمو النبات اللاحقة. وتؤكد نتائج تحليل التباين الدور المعنوي لكل من التسميد الفوسفاتي والهيومات في محتوى النبات من الفوسفور، بينما لم يلاحظ أي تأثير للهيومات في محتوى النبات من الفوسفور خلال مراحلة النمو V_6 (جدول 4).

كان هناك زيادة مستمرة في كمية الفوسفور الممتص مع زيادة التسميد الفوسفاتي نتيجة لتفوق معدل النمو وتراكم المادة الجافة، إلا أن تدفق الفوسفور في نبات الذرة كان منخفضاً في بداية الموسم النمو ويرتبط ذلك بنمو ضعيف للنبات، تزيد نباتات الذرة من امتصاص الفوسفور بسرعة بعد مرحلة نمو V_6 (ظهور ستة أوراق)، والتي تستغرق حوالي أربعة إلى ستة أسابيع بعد الزراعة. حيث يزداد التدفق P بمقدار 6 مرات تقريباً ويصبح كافيًا تقريباً للحفاظ على أقصى معدل في النمو (Bhadoria *et al.*, 2004). وتراوحت كمية الفوسفور الممتصة عند مرحلة الـ V_6 بين (29.3 و 63.4 مغ/نبات جاف). أدت إضافة تراكيز مرتفعة من التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات إلى تفوق الكمية الممتصة من الفوسفور فيها لتصل أقصاها إلى 63.4 مغ/نبات جاف في المعاملة P_5HA_0. بينما لم تتعدى كمية الفوسفور الممتصة عن 50.3 مغ/نبات في ذات المعاملة من التسميد مع وجود الهيومات P_5HA_1. وتفوقت النباتات ذات التسميد المنخفض من الـ TSP (≤ 60 كغTSP/هكتار) بوجود الهيومات في محتواها من الفوسفور مقارنة بالمعاملات بدون الهيومات، حيث ارتفعت كمية الفوسفور الممتصة في معاملة الشاهد مع الهيومات P_0HA_1 بحوالي 1.3 مرات مقارنة بمعاملة الشاهد بدون الهيومات.

جدول 4: تأثير الهيومات ومعدلات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على محتوى الكتلة البيولوجية لنبات الذرة الصفراء من الفوسفور خلال مراحل نمو نبات الذرة المدروسة (تشير المعطيات إلى متوسطات لثلاث مكررات والخطأ المعياري كما تشير الأحرف على الأعمدة إلى الفروق المعنوية بين المعاملات).

TSP المضاف (كغTSP/ هكتار)		الكمية الممتصة من الفوسفور (مغP/غ نبات جاف)			
		V_6	V_{8-10}	V_T	R_2
0	HA_0	29.3^{e}	85.7^{e}	203.9^{f}	409.1^{f}
30		39.0^{de}	97.1^{de}	275.0^{e}	464.7^{e}
60		50.4^{c}	111.9^{bc}	292.7^{cde}	508.2^{bcd}
120		57.4^{abc}	110.7^{bc}	301.5^{bcde}	493.2^{cde}
180		61.6^{ab}	111.6^{bc}	316.3^{abc}	472.1^{e}
240		63.4^{a}	103.3^{cd}	326.6^{ab}	479.7^{de}
0	HA_1	39.3^{de}	107.2^{bcd}	213.4^{f}	465.2^{f}
30		52.6^{abc}	103.6^{cd}	283.3^{de}	500.7^{cde}
60		52.0^{bc}	103.4^{cd}	308.3^{abcd}	511.8^{bc}
120		49.3^{cd}	109.1^{bcd}	311.6^{abcd}	526.8^{b}
180		50.8^{bc}	117.3^{b}	309.0^{abcd}	577.8^{a}
240		51.0^{bc}	141.6^{a}	332.7^{a}	600.1^{a}

30.8	28.7	12.3	11.13		$LSD_{0.05}$
——————— $P \leq F$ ———————					
0.0001	0.0001	0.0001	0.0001		P
0.0001	NS	0.0003	NS		H
0.0001	NS	0.0002	0.0072		P×H

لقد تجاوبت نباتات الذرة مع إضافة الهيومات في المراحل اللاحقة من عمر النبات وارتفعت معها كمية الفوسفور الممتصة في الكتلة البيولوجية لتتفوق بشكل واضح عن النباتات التي لم تتلقى الهيومات وبلغت 107.2، 213.4 و 465.2 مغP/نبات في معاملة الشاهد P_0HA_1 في مراحل النمو V_{8-10}، V_T و R_2 على التوالي، لتكون هذه القيم مرتفعة بنسبة 25%، 4% و 13% مقارنة بالكمية الممتصة من الفوسفور في معاملة الشاهد P_0HA_0 على التوالي، مع الإشارة أن امتصاص الفوسفور من منتصف إلى أواخر الموسم سيتم تحويله نحو الأعضاء التكاثرية. في المقابل تراوحت نسبة الزيادة في الكمية الممتصة لدى معاملات التسميد بـ 240 كغTSP/هكتار مع الهيومات P_5HA_1 حوالي 37%، 2% و 25% خلال مراحل النمو ذاتها على التوالي وذلك عند مقارنتها مع معاملة التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات P_5HA_0. ومن هنا نلاحظ انخفاض تأثير الهيومات على كمية الفوسفور الممتصة خلال مرحلة الإمتصاص الأعظمي والمقترن مع بداية ظهور النورة الزهرية المذكرة وذلك على اختلاف معدلات التسميد الفوسفاتي، وهذا ما تؤكده نتائج تحليل التباين في انخفاض قيم المعنوية لتأثير الهيومات ($P \geq NS$) (جدول 4).

أشارت دراسات سابقة أن كمية الفوسفور الممتصة في نبات الذرة عند ظهور الشوشة الزهرية المؤنثة تصل إلى ما يقارب 47% من مجموع الفوسفور الممتص خلال مراحل نمو النبات (Ciampitti *et al.*, 2013). وأظهر دراسات الحقلية لـ Bhadoria وزملاءه (2004) أن نقص الفوسفور في التربة أدى إلى زيادة تدفق الفوسفور Inflow من الجذور مع تقدم عمر النبات. وعزي ذلك إلى زيادة في حجم الجذور ونسبة المجموع الجذري/الخضري إضافة إلى زيادة نسبة العدوى بالميكوريزا AM. تم تسجيل مثل هذه الزيادة في تركيز الفوسفور للنباتات التي تعاني من نقص الفوسفور من قبل Clarkson و Grignon (1991) اللذين أوضحا أن النباتات التي تعاني من نقص الفوسفور تستنزف الفوسفور من التربة بدرجة أكبر مما تحتاجه لبناء أنسجتها لكي تقلل من تأثير نقص إتاحة الفوسفور.

ثالثاً: تأثير الهيومات والتسميد الفوسفاتي على معدلات نمو المحصول:

1- دليل المسطح الورقي LAI:

يرتبط دليل المسطح الورقي بقوة بالوزن الجاف للنبات ويكون بأعلى قيمه عند مرحلة التزهير ثم تبدأ تلك العلاقة بالانخفاض حيث يستمر في زيادة الكتلة البيولوجية مع دخول النبات إلى مرحلة الانتاج، بينما تسبب شيخوخة بعض الأوراق وجفافها إلى حدوث انخفاض طفيف في دليل المسطح الورقي مع أن معظم الأوراق مازالت في مرحلة تصنيع المواد الغذائية وانتقالها وتوزيعها من أجزاء نبات الذرة المختلفة إلى الأعضاء الخازنة (العرانيس) التي هي المصبات النهائية. يتطلب نمو المحاصيل، وخاصة الذرة، في مراحلها الأولى إلى تركيز محدد للفوسفور في النسيج النباتي (Grant *et al.*, 2005)، ويؤدي ارتفاع قيم LAI إلى زيادة التمثيل الضوئي وتمثيل أعلى للعناصر، ينتج عن ذلك زيادة معدل نمو النبات وإنتاج المزيد من المادة الجافة وزيادة الكتلة البيولوجية (قرباني وآخرون، 2009 Khan *et al.*, 2012;).

بينت نتائج التحليل الإحصائي الموضحة في الجدول (5) تأثير إيجابي لإضافة السماد الفوسفاتي على دليل المسطح الورقي وبمعنوية عالية ($P\leq0.0001$)، حيث أعطت نباتات الشاهد التي لم تتلق الهيومات قيماً منخفضة معنوياً عن باقي معاملات التجربة (P_0HA_0=1.54)، دون وجود تأثير لإضافة للهيومات على LAI عند تلك المعاملة، ليرتفع مساحة المسطح الخضري تدريجياً مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي فوصلت قيم LAI إلى 1.63 عند المعدل الثاني من التسميد 60 كغTSP/هكتار، والتي برز عندها دور واضح لإضافة الهيومات فسجلت قيمة 1.78 في المعاملة P_2HA_1. لقد كان تأثير الهيومات أكثر وضوحاً على قيم LAI عند معدل التسميد الفوسفاتي أعلى من 120 كغTSP/هكتار مقارنة بالمعاملات بدون الهيومات، بينما لم يلاحظ وجود تغيرات معنوية مع زيادة معدلات التسميد أعلى من ذلك.

2- معدل نمو محصول نبات الذرة الصفراء CGR (غ/م^2/يوم):

حسب معدل نمو نباتات الذرة الصفراء بدءاً من عمر 20 يوم والمواكب لمرحلة ظهور 6 أوراق حقيقية حتى 65 يوم من الزراعة والمواكب لمرحلة تطور العرانيس، وبالتالي تضمنت حسابات معدل النمو CGR جميع المادة الجافة الناتجة فوق سطح التربة بما فيها من الغلة الحبية الناتجة خلال مرحلة R_2 والموضحة في الجدول (5). تبين نتائج تحليل التباين ظهور تأثير معنوي لكل من التسميد الفوسفاتي والهيومات على معدل النمو اليومي للنبات ($P\leq0.0001$). حيث ارتفع معدل النمو اليومي تدريجياً مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي فتراوحت بين 11.09 و 14.63 غ/م^2/يوم في المعاملات بدون الهيومات P_0HA_0 و P_5HA_0 على التوالي. وارتفع معدل النمو عند إضافة الهيومات لذات المعدل من التسميد الفوسفاتي P_0HA_1 و P_5HA_1 حيث تراوح بين 12.13 و 16.47 غ/م^2/يوم على التوالي، لقد سببت إضافة الهيومات زيادة يومية بمعدل النمو بنسبة 9% و 12.5% على التوالي، وبهذا تسجل النباتات التي تلقت الهيومات مع التسميد الفوسفاتي بمعدل 240 كغTSP/هكتار P_5HA_1 ارتفاعاً معنوياً في معدل النمو اليومي عن باقي معاملات التجربة، متفوقة بذلك على معاملة الشاهد مع الهيومات P_0HA_1 بحوالي 35% وبحوالي 49% عن معاملة الشاهد بدون الهيومات P_0HA_0.

ذكر Khan وزملاءه (2012) أن معدل نمو المحصول يزداد خطياً بزيادة دليل المسطح الورقي، وهذا ما تم ملاحظته في دراستنا حيث كان لإضافة الهيومات تأثير معنوي على زيادة CGR إذ ترافق مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي وبدرجة ارتباط R=0.949. كذلك الأمر تساهم زيادة LAI و CGR إلى زيادة إنتاج المادة الجافة وارتفاع النبات وطول العرنوس (Khan *et al*., 2012). حيث يؤدي ارتفاع LAI تمثيل أعلى للعناصر بسبب زيادة التمثيل الضوئي ينتج عنه زيادة معدل نمو النبات وسيؤدي بدوره إلى زيادة الكتلة البيولوجية للنبات والمادة الجافة. كما يرتبط امتصاص الفوسفور ارتباطًا وثيقًا بنمو الجذور ومورفولوجيته (Ao *et al*., 2010).

جدول (5): تأثير الهيومات ومعدلات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على دليل مساحة المسطح الورقي LAI، معدل نمو النبات CGR، و معدل صافي التمثيل الضوئي NAR. (تشير المعطيات إلى متوسطات لثلاث مكررات والخطأ المعياري كما تشير الأحرف على الأعمدة إلى الفروق المعنوية بين المعاملات).

TSP المضاف (كغTSP / هكتار)	دليل مساحة المسطح الورقي (LAI)			معدل نمو النبات CGR (20-65 يوم) (غ/م^2/يوم)			معدل صافي التمثيل الضوئي NAR		
	HA_0	HA_1	$LSD_{0.05}$	HA_0	HA_1	$LSD_{0.05}$	HA_0	HA_1	$LSD_{0.05}$
0	1.54^{g}	1.53^{fg}	0.076	11.09^{h}	12.13^{g}	1.61	7.20^{f}	7.93^{cde}	0.93

0.84	8.29^{bc}	7.93^{cde}		1.12	13.68^{ef}	12.61^{g}		0.062	1.65^{e}	1.59^{ef}	30
0.44	8.19^{bc}_{d}	8.14^{bcd}_{e}		1.13	14.58^{c}_{d}	13.26^{f}		0.08	1.78^{c}_{d}	1.63^{e}	60
1.14	7.93^{cde}	7.73^{e}		0.79	14.82^{c}	13.45^{f}		0.29	1.87^{a}_{b}	1.74^{d}	120
0.42	8.33^{a}	7.87^{de}		1.09	15.66^{b}	14.17^{d}_{e}		0.052	1.88^{a}_{b}	1.80^{c}	180
1.69	8.71^{a}	8.00^{bcd}_{e}		2.10	16.47^{a}	14.63^{c}_{d}		0.14	1.89^{a}	1.83^{b}_{c}	240
0.40	0.50	0.35		0.54	0.71	0.47		0.06	0.07	0.057	$LSD_{0.05}$
$P \leq F$											
0.0001				0.0001				0.0001			P
0.0001				0.0001				0.0001			H
0.1224				0.3066				0.0048			P×H

3- معدل التمثيل الضوئي NAR:

تشير زيادة معدل التمثيل الضوئي إلى زيادة نشاط العمليات الحيوية داخل الأنسجة النباتية وبالتالي زيادة كمية الكربوهيدرات المخزنة. لقد أدت التغيرات الإيجابية لإضافة الهيومات على معدل نمو نباتات الذرة إلى ارتفاع في معدل صافي التمثيل الضوئي NAR، حيث لوحظ ارتفاع معنوي لـ NAR في معاملة الشاهد بوجود الهيومات P_0HA_1 مقارنة بمعاملات الشاهد بدون الهيومات P_0HA_0 (7.93 و 7.2 على التوالي)، وارتفعت قيم NAR مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي لتكون أعلى معنوية عند عتبة التسميد الفوسفاتي أكبر من 120 كغTSP/هكتار. فسجلت قيم NAR في المعاملتين P_4HA_1 و P_5HA_1 (8.3 و 8.7 على التوالي) متفوقتان عن ذات معاملتي التسميد الفوسفاتي بغياب الهيومات P_4HA_0 و P_5HA_0 بحوالي 6% و 9% على التوالي (جدول 5).

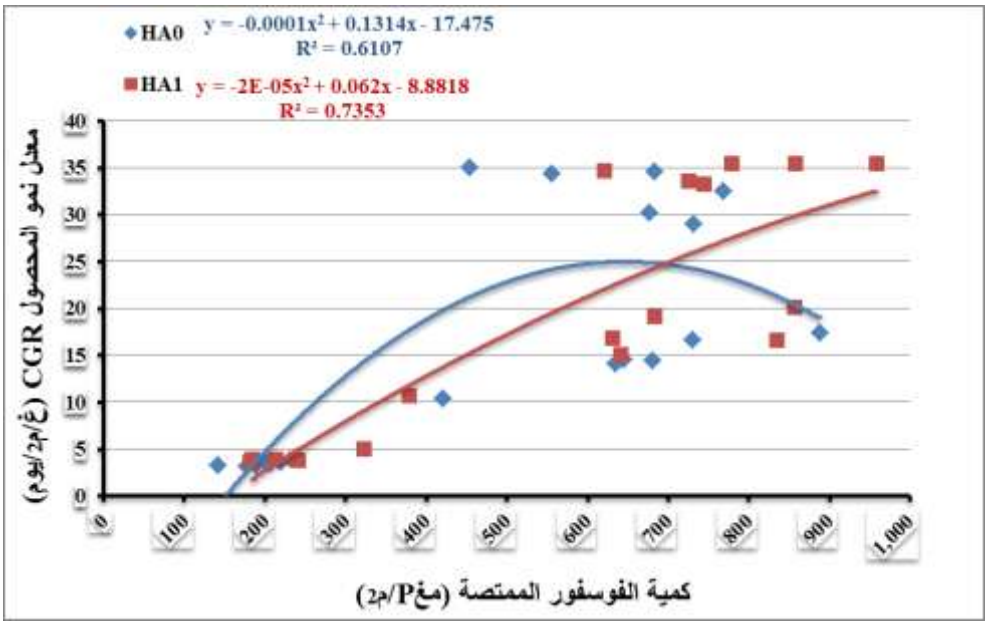
ليس بالأمر المستغرب أن يترافق ارتفاع معدل صافي التمثيل الضوئي NAR مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي فقد أدى نقص الفوسفور إلى تقليل صافي التمثيل الضوئي وتقليل إنتاج الكتلة البيولوجية والجذرية لدى محصول الذرة (Khan *et al*., 2012). في حين يبرز دور الهيومات في نمو نبات إلى مجمل التغيرات الكيميائية للعناصر المعدنية المرتبطة به أو المركبات المنظمة للنمو حيث تؤثر على كل من التنفس والتمثيل الضوئي (Nardi *et al*., 2002)، ويؤدي إلى زيادة محصول النبات من خلال التأثيرات الفسيولوجية الإيجابية مثل التأثير على معدل استقلاب الخلايا النباتية وزيادة تركيز صبغة الكلوروفيل في الأوراق (Nardi *et al*., 2002).

4: العلاقة بين كمية الفوسفور في الممتصة ومعدل نمو المحصول:

درست العلاقة بين معدل نمو المحصول وكمية الفوسفور الممتصة خلال مرحلة نمو نبات الذرة المدروسة (20 – 65 يوم من الزراعة) وذلك على اختلاف معدلات التسميد الفوسفاتي وتأثير إضافة الهيومات، بعد طرح القيمة الممتصة من الفوسفور عند بداية ونهاية المرحلة، ومُثلت تلك العلاقة بمنحني من الدرجة الثانية الشكل (2) لتوضح البيانات علاقة ارتباط قوية بوجود الهيومات وأقل جودة بغيابه R= 0.857 و R= 0.781 على التوالي.

في المراحل الأولى من عمر النبات أدت زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي إلى زيادة في كمية الفوسفور الممتصة في نبات الذرة سواء بوجود أو بغياب الهيومات. ورافق ذلك حالة استقرار لمعدل نمو المحصول على اختلاف معدلات التسميد. يمكن أن يعزى ذلك أن النبات كان في مرحلة تراكم للفوسفور في أنسجته الورقية إضافة لقيامه بتطوير مجاميعه الجذرية. في المجمل انخفض معدل نمو المحصول في المراحل الأولى من عمر النبات مقارنة بالمراحل اللاحقة، ويواكب ذلك انخفاض في الكمية الممتصة من الفوسفور بوجود الهيومات أو بغيابه على السواء. بدأ معدل النمو بالإرتفاع بالنسبة للمعاملات التي تلقت الهيومات حتى وصل لأقصى معدل له عند مرحلة 56–65 يوم من الزراعة وهي مرحلة انتهاء النمو الخضري وبدء الدخول بمرحلة الإنتاج الحبي، فكانت الكمية الممتصة من الفوسفور داخل مجاميعه الخضرية والحبية مرتبطة بشكل شبه خطي مع زيادة معدل نمو المحصول حتى في المراحل المتقدمة من عمر النبات مما يساهم بالمحصلة زيادة في حجم العرانيس والغلة الحبية للمحصول. في غالب الأمر أن زيادة معدل النمو المحصول تطلب الحاجة إلى زيادة كمية الفوسفور الممتص، وتفوق الإنتاجية الحبية عند الحصاد (حتى وآخرون، 2020).

في المقابل، لدى معاملات التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات لوحظ انخفاض في منحني معدل نمو المحصول في المراحل المتقدمة من عمر النبات "بعد 40 يوم من الزراعة" وذلك بالرغم من زيادة الكمية الممتصة من الفوسفور. أي أن نباتات الذرة التي لم تتلق الهيومات قد دخلت بمرحلة تراكم الفوسفور الممتص داخل أنسجتها البيولوجية بدءاً من مرحلة التزهير، دون أن تترجم ذلك في زيادة معدل نمو مجاميعها البيولوجية. لقد أكدت دراسات سابقة على ارتباط قوي بين زيادة إنتاجية الذرة وامتصاص النبات للعناصر وأهمها الفوسفور. ومن ثم يميل منحى الإمتصاص إلى التوازن مع اقتراب المحصول للإنتاجية العظمى (Setiyono *et al.*, 2010)، إلا أن إضافة الهيومات في هذه الدراسة أدت إلى حدوث استجابة مضطردة بين كمية الفوسفور الممتص ومعدل نمو المحصول وبالتالي الوصول إلى كفاءة عالية في تمثيل الفوسفور داخل أنسجة النبات الخضرية والحبية.



الشكل 2: العلاقة بين معدل نمو المحصول (غ/م^2/يوم) وكمية الفوسفور الممتصة (مغP/م^2) خلال مراحل النمو المدروسة بوجود أو عدم وجود الهيومات.

رابعاً: تأثير الهيومات والتسميد الفوسفاتي على صفات العرانيس والحبوب:

1- صفات العرانيس في النبات:

انخفض عدد العرانيس المنتجة (القابلة للإستهلاك) في المعاملات التي لم تخضع للتسميد الفوسفاتي سواء بوجود أم بغياب الهيومات P_0HA_0 و P_0HA_1 مقارنة بالمعاملات التي تلقت تسميد فوسفاتي. وبرز تأثير الهيومات على عدد العرانيس المنتجة في نبات الذرة لدى التسميد بـ 30 كغTSP/هكتار، حيث لم يؤدي إضافة ذات المعدل من التسميد الفوسفاتي وبدون الهيومات لاستجابة واضحة في عدد العرانيس المنتجة تحت ظروف التربة الكلسية. إلا أن تلك النتائج لم تقدم تأثيراً يذكر على بيانات التحليل التباين والتي أشارت إلى تغيرات ضعيفة المعنوية للتسميد الفوسفاتي في زيادة عدد العرانيس المنتجة ($P = 0.128$)، وغير معنوية لإضافة الهيومات في التربة.

من الملاحظ لدينا زيادة طول عرانيس في نباتات الذرة مترافقاً مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي، حيث تراوح طول العرنوس في المعاملات التسميد الفوسفاتي بلا هيومات بين 19.3 و 19.8 سم، كما أدى إضافة الهيومات دور إيجابي في طول العرانيس والتي تراوحت بين 19.5 و 21.4 سم، وليسجل أعلى قيمة له في المعاملة P_5HA_1. في المقابل، لم يلاحظ تغيرات واضحة في قطر العرنوس عند إضافة الهيومات وارتبطت الزيادة الناتجة في قطر العرانيس فقط مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي، وتراوحت أقطار العرانيس في نباتات الذرة الصفراء بين 4.69 سم في معاملة الشاهد بدون تسميد P_0HA_0 لترتفع معنوياً إلى 4.87 و 4.89 سم في معاملات التسميد الفوسفاتي 240 كغTSP/هكتار P_5HA_0 و P_5HA_1 على التوالي، دون ملاحظة تغيرات معنوية لكلتا المعاملتين.

جدول (6): تأثير الهيومات ومعدلات مختلفة من التسميد الفوسفاتي على بعض الصفات النوعية للعرانيس المنتجة، وصفات الحبوب في نبات الذرة الصفراء. (تشير المعطيات إلى متوسطات لثلاث مكررات والخطأ المعياري كما تشير الأحرف على الأعمدة إلى الفروق المعنوية بين المعاملات).

TSP المضاف (كغ TSP/ هكتار)		صفات العرانيس في النبات					صفات الحبوب في العرنوس			
		عدد العرانيس	طول العرنوس (سم)	قطر العرنوس (سم)	وزن العرانيس (غ)	نسبة التصافي	عدد الصفوف	عدد الحبوب/الصف	عدد الحبوب	وزن 1000 حبة (غ)
0	HA0	1.89^{a}	19.3^{c}	4.69^{de}	734.8^{d}	82.9^{d}	16.7^{f}	40.4^{ab}	674.6^{de}	188.4^{e}
30		1.89^{a}	19.3^{c}	4.76^{cd}	793.2^{bc}	83.9^{cd}	16.6^{ef}	40.3^{ab}	668.9^{e}	213.1^{cd}
60		2.00^{a}	19.8^{bc}	4.79^{bc}	777.5^{c}	83.9^{cd}	16.8^{ef}	40.3^{ab}	677.0^{de}	219.9^{bc}
120		2.00^{a}	19.7^{bc}	4.79^{bc}	806.8^{bc}	84.9^{bc}	17.5^{ef}	40.9^{ab}	715.7^{de}	228.5^{a}
180		2.00^{a}	19.6^{bc}	4.83^{b}	813.6^{bc}	84.7^{bc}	17.5^{ef}	41.1^{ab}	719.2^{de}	223.9^{b}
240		2.00^{a}	19.8^{bc}	4.87^{a}	818.8^{b}	84.8^{bc}	17.5^{ef}	41.7^{ab}	729.7^{de}	223.9^{b}

196.1^{e}	694.3^{d} e	39.9^{b}	17.4^{d} ef	83.7^{c} d	710.7 d	4.63^{e}	19.5^{b} c	1.85^{a}		0
207.6^{d}	711.0^{c} de	40.4^{ab}	17.6^{d} e	84.2^{b} cd	790.6 bc	4.71^{c} de	19.6^{b} c	2.00^{a}		30
211.4^{c} d	740.7^{c} d	40.7^{ab}	18.2^{c} d	84.7^{a} bc	801.2 bc	4.82^{a} b	20.0^{b} c	2.00^{a}	HA 1	60
214.9^{b} cd	778.7^{b} c	41.2^{ab}	18.9^{b} c	85.4^{a} b	806.9 bc	4.80^{a} bc	19.8^{b} c	2.00^{a}		120
224.3^{a} b	817.0^{a} b	41.9^{ab}	19.5^{a} b	85.4^{a} b	819.0 b	4.81^{a} bc	20.3^{b}	2.00^{a}		180
229.0^{a}	862.5^{a}	42.7^{a}	20.2^{a}	85.7^{a}	867.8 a	4.89^{a}	21.4^{a}	2.00^{a}		240
11.6	68.0	2.67	0.97	1.35	36.4	0.10	0.86	0.157		$LSD_{0.05}$
0.0001	0.0003	0.2266	0.0001	0.0017	0.0001	0.0001	0.0092	0.1280		P
0.2313	0.0001	NS	0.0001	0.0233	0.2469	NS	0.0038	NS		H
0.0338	0.2451	NS	0.0817	NS	0.1140	NS	0.1788	NS		P×H

ارتبطت التغيرات الحاصلة في طول وقطر العرانيس بشكل واضح مع أوزان العرانيس الموزونة مع أوراقها الخضراء، فسجلت أقل القيم في معاملتي الشاهد P_0HA_0 و P_0HA_1 (734.8 و 710.7 غ/نبات) وأعلاها عند المعدل الخامس من التسميد الفوسفاتي بغياب أو بوجود الهيومات (818.8 و 867.8غ/نبات) على التوالي. وهنا نلاحظ أن إضافة الهيومات في المعاملة P_5HA_1 قد ساهمت في إحداث زيادة معنوية لوزن العرانيس عند ذات المعدل من التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات P_5HA_0 وقدرت تلك الزيادة بحوالي 6%. بينما بلغت نسبة الزيادة بين معاملة التسميد P_5HA_1 ومعاملة الشاهد بدون تسميد فوسفاتي P_0HA_0 حوالي 18%. وبالرغم من هذه النسبة تعد جيدة وذات تأثير نوعي على الانتاجية الكلية، إذا ما حسبت بناءً على مساحة الهكتار، إلا أننا نتوقع أن تكون أوزان العرانيس في معاملة الشاهد أقل من ذلك في الترب الكلسية ذات المحتوى الفقير من الفوسفور المتاح، ونعود ونذكر هنا أن محتوى الفوسفور في هذه التربة قبل الزراعة كان كافياً لتقديم معظم احتياجات نبات الذرة حتى مرحلة الإنتاج.

لقد انعكست تلك النتائج على نسبة التصافي للعرانيس فتراوحت بين 82.9% و 84.8% في معاملات التسميد الفوسفاتي بلا هيومات، وبلغت أعلى معدلاتها في معاملة التسميد 240 كغTSP/هكتار بوجود الهيومات 85.7%. حيث سجل أول تغير معنوي في نسبة التصافي لدى معاملات بلا هيومات عند معدل التسميد 120 كغTSP/ هكتار مقارنة بالشاهد. بينما أظهرت النتائج أول تغير معنوي في نسبة التصافي لدى معاملات التسميد بوجود الهيومات بدءاً من معدل التسميد الفوسفاتي 60 كغTSP/هكتار.

2- صفات الحبوب في العرنوس:

تشير المعايير الوصفية لحبوب الذرة الصفراء إلى دور عالي المعنوية للتسميد الفوسفاتي على عدد الصفوف وعدد الحبوب في الصف وكانت أعلاها عند التسميد بمعدل 240 كغTSP/هكتار بوجود الهيومات. لقد ساهمت الهيومات بشكل نوعي في زيادة عدد الصفوف في عرانيس الذرة والتي تراوحت بين 17.4 و 20.2 في المعاملات P_0HA_1 و P_5HA_1 بينما غاب دور الهيومات في زيادة عدد الحبوب في الصف الواحد فكان العامل الأهم في ذلك هو لمعدلات التسميد الفوسفاتي ويعزى ذلك لتحفيز الفوسفور على انقسام الخلايا وزيادة تمثيل النواتج التمثيل الضوئي في العرانيس مما يؤدي إلى زيادة عدد الصفوف في العرنوس وعدد العرانيس للذرة (Balbaa and Awad, 2013; Khan *et al*., 2012).

في المقابل أظهرت نتائج عدد الحبوب الكلي في العرانيس المنتجة إلى زيادة متدرجة ومعنوية مع زيادة معدلات التسميد، كما كان لإضافة الهيومات مترافقا مع التسميد الفوسفاتي أثر نوعي في زيادتها حيث تراوحت القيم لدى المعاملات P_0HA_1 و P_5HA_1 بين 694.3 و 862.5 حبة في العرنوس الواحد على التوالي، وبزيادة تقدر بـ 3 و 18% مقارنة بمعدلات التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات P_0HA_0 و P_5HA_0 على التوالي. لقد أكد Khanghah وزملاءه (2012) على التأثير الإيجابي لحمض الهيوميك في زيادة انتاج محصول الذرة الصفراء. ارتبطت زيادة أوزان الحبوب في عرانيس الذرة بشكل معنوي مع معدلات التسميد الفوسفاتي، حيث زادت وزن 1000 حبة بالنسبة لمعاملات التسميد الفوسفاتي بدون الهيومات مع زيادة معدلات التسميد لتتراوح بين (188.4 و 228.5 غ). ولم يظهر أثر واضح لإضافة الهيومات على المؤشرات الوزنية للحبوب فتراوحت بين (196.1 و 229 غ). لقد أكدت الدراسات السابقة على زيادة وزن 1000 حبة لنبات الذرة مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي (Imran *et al*, 2015; Amanullah *et al*., 2009).

خلاصة لما سبق، تشير نتائج تحليل التباين تأثير عالي المعنوية لإضافة معدلات متزايدة من الفوسفور على أغلب صفات العرانيس المدروسة في نبات الذرة الصفراء (طول العرنوس وقطره ، وزن العرانيس المنتجة مع أوراقها الخضراء، ونسبة التصافي) كما أدى إضافة لفوسفور إلى تغيرات نوعية في صفات الحبوب في العرنوس أهمها (عدد الصفوف، عدد الحبوب في الصف، عدد الحبوب الكلي، ووزن الألف حبة) جدول (6). حيث تؤدي زيادة كمية الفوسفور المتاح في التربة إلى زياة دليل المسطح الورقي LAI، وبالتالي زياة عمليات التمثيل الضوئي داخل الأنسجة النباتية. ينتج عن ذلك زيادة عدد الحبوب ضمن العرنوس وزيادة وزن 1000حبة (Khan *et al*., 2012). بينما اقتصر تأثير الهيومات بمعنوية مرتفعة (*P = 0.0001*) على كل من طول العرنوس، عدد الصفوف وعدد الحبوب في الصف. وبدرجة أقل معنوية على وزن العرنوس ونسبة التصافي ووزن 1000 حبة.

الاستنتاجات والتوصيات

الاستنتاجات:

1- ارتبط كل من ارتفاع النبات مساحة المسطح الخضري والكتلة البيولوجية لنبات الذرة بشكل معنوي مع زيادة معدلات التسميد الفوسفاتي. واقتصر دور الهيومات عند إضافته مترافقاً مع معدلات مرتفعة من التسمد الفوسفاتي على إحداث زيادة نوعية في وزن المجاميع الخضرية لنبات الذرة في مراحل تطور المجموع الخضري (V_{8-10}) وبداية تشكل العرانيس.

2- ارتبط معدل النمو اليومي CGR خطياً مع كمية الفوسفور الممتصة بالنسبة لمعاملات التسميد الفوسفاتي بوجود الهيومات، في حين أن النباتات التي لم تتلقى الهيومات قد دخلت بمرحلة تراكم الفوسفور الممتص داخل أنسجتها البيولوجية بدءاً من مرحلة التزهير، دون أن تترجم ذلك في زيادة معدل نمو مجاميعها البيولوجية.

3- تلخص نتائج مواصفات العرانيس والحبوب أن العامل الأشد تأثيراً على قيمها يعود للتسميد الفوسفاتي، بينما أدى الهيومات دوراً إيجابياً في زيادة عدد الصفوف وعدد الحبوب في الصف، وزن العرنوس ونسبة التصافي ووزن 1000 حبة.

المراجع:

1. حتى، أسامة ؛ علوش، غياث. دراسة ديناميكية الفوسفور في بعض الترب السورية وتأثيرها في نمو الذرة الصفراء (Zea mays L.) : تجارب أصص وتحضين مخبرية. أطروحة ماجستير. قسم علوم التربة والمياه، كلية الزراعة، جامعة تشرين، سورية، 2017، 96 صفحة

2. حتى، أسامة ؛ علوش، غياث؛ زينة، ربيع. تأثير الفوسفور وهيومات البوتاسيوم في النمو ومؤشرات الإنتاجية لنبات الذرة الصفراء (Zea mays L.) المزروع في تربة كلسية. المجلة السورية للبحوث الزراعية، 7 (3)، 2020، 356-371.

3. قرباني، صادق وخزاعي، حميد وكافي، محمد وأول، محمد بنايان،:تأثير إضافة الهيوميك أسيد في مياه الري على الغلة ومكونات غلة الذرة الصفرا . مجلةAgroecology . 2009، المجلد 2، العدد 1 .ص 24.

4. AMANULLAH, A. M; MALHI, S.S; and KHATTAK, R.A. *Effects of P-fertilizer source and plant density on growth and yield of maize in Northwestern Pakistan*. J. PlantNutr. 2009, 32, 2080–2093.

5. AMHAKHIAN, S; OSEMWOTA, I; and OYEWOLE, C.I. *Response of maize (Zea mays L.) yield and yield components to rates of applied phosphorus fertilizer in the Guinea savanna soils of Kogi State, Nigeria*. Journal of biology, Agriculture and Healthcare. 2012, 2(3), 36-45.

6. AO, J; FU, J; TIAN, J; YAN, X and LIAO, H. *Genetic variability for root morph-architecture traits and root growth dynamics as related to phosphorus efficiency in soybean*. Func. Plant Biol. 2010, 37: 304-312.

7. BALBAA, M.G and AWAD, A.M. *Effect of humic acid and micronutrients foliar fertilization on yield, yield components and nutrients uptake of maize in calcareous soils.* Journal of Plant Production. 2013, *4*(5), 773-785.

8. BHADORIA, P.S; EL DESSOUGI, H; LIEBERSBACH, H; and CLAASSEN, N. *Phosphorus uptake kinetics, size of root system and growth of maize and groundnut in solution culture.* Plant and Soil. 2004, 262(1), 327-336.

9. CIAMPITTI, I.A; CAMBERATO, J.J; MURRELL, S.T; and VYN, T.J. *Maize nutrient accumulation and partitioning in response to plant density and nitrogen rate: I. Macronutrients.* Agronomy journal, 2013. 105(3), 783-795.
10. CLARKSON, D.T and GRIGNON, C. *The phosphate transport system and its regulation in roots. Phosphorus Nutrition of Grain Legumes in the Semi-Arid Tropics*. *Eds. C. Johansen, K.K. Lee and K.L. Sahrawat.* 1991, 49-59.
11. GRANT, C; BITTMAN, S; MONTREAL, M; PLENCHETTE, C; and MOREL, C. *Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development*. Canadian Journal of Plant Science. 2005, 85(1), 3-14.
12. HILL, J. H. **How a corn plant develops**. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames. Iowa. 2007, 641, 923-2856.
13. IMRAN, H.S; KHAN, F.S. and BHUTTO, N.N. *A study of the application of HA in the presence of biofertilizer along with P to see if the P use efficiency can be improved*. Frontiers of Agriculture and Food Technology. 2015, 7295-2849 Vol. 3 (5), pp. 298-303.
14. KHAN, M.B; RAFIQ, R; HUSSAIN, M; FAROOQ, M. and JABRAN, K. *Ridge sowing improves root system, phosphorus uptake, growth and yield of maize (Zea mays L.) hybrids*. Measurements. 2012, 22, 309-317.
15. KHANGHAH, A.M; SHAHRYARI, R; ALAEI, Y. and SHAHMORADMOGHANLOU, B. *Comparison of the effect of liquid humic fertilizers on yield of maize genotypes in Ardabil region*. African Journal of Biotechnology. 2012, Vol. 11(21), pp. 4810-4814.
16. KLEBER, M. and LEHMANN, J. *Humic substances extracted by alkali are invalid proxies for the dynamics and functions of organic matter in terrestrial and aquatic ecosystems*. Journal of Environmental Quality. 2019, 216- 207. (2) 48.
17. MUJEEB, F; HANNAN, R and MAQSOOD, M. *Response of maize to diammonium phosphate and farmyard manure application on three different soils*. Pak. J. Agri. Sci. 2008, 45, 3.
18. NARDI, S; PIZZEGHELLO, D; MUSCOLO, A. and VIANELLO, A. *Physiological Effects of humic substances in plant growth.* Soil Biol. Biochem. 2002, 34 (11): 1527-1536.
19. RYAN, J; and LYNCH, J. *Phosphorus fertilizer use in dryland agriculture: The perspective from Syria*. Innovative Soil–Plant Systems for Sustainable Agricultural Practices; Lynch, JM, Schepers, JS, and Unver, I. 2003, 500-513.
20. RYAN, J; YAN, J; ESTEFAN, and G; RASHID, A. **Soil and Plant Analysis Laboratory Manual2**. ICARDA. NARC. 2001, 172p
21. SAS INSTITUTE. **SAS user's guide**: Statistics. SAS Inst. Cary, NC. 1999.
22. SETIYONO, T.D; WALTERS, D.T; CASSMAN, K.G; WITT, C and DOBERMANN, A. *Estimating maize nutrient uptake requirements. Field Crops Research*. 2010, 118(2), 158-168.
23. STEWART, W. M; and ROBERTS, T.L. *Food security and the role of fertilizer in supporting it*. Procedia Engineering. 2012. 46, 76-82.
24. SYERS, J.K; JOHNSTON, A.E; and CURTIN, D. *Efficiency of soil and fertiliser phosphorus use*. FAO Fertiliser and Plant Nutrition Bulletin, 18. FAO, Rome. 2008. ISSN 0259-2495.
25. WATSON, D.J. *The physiological basis of variation in yield*. In Advances in agronomy. Academic Press. 1952, 101-145, 4, pp.