

استجابة بعض الخصائص الإنتاجية والنوعية لدى هجين الذرة السكرية (*Zea mays* var. *saccharata*) غولدن سويت (*Golden Sweet Hybrid*) لمعاملات الماء الأوكسجيني H_2O_2 والأحماض الأمينية

وجيهة قاسم الشر⁽¹⁾ وسليمان سلامة⁽²⁾ ومجد درويش⁽¹⁾*

(1). قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

(2). كلية الهندسة التقنية، جامعة طرطوس، طرطوس، سورية.

(* للمراسلة: د. مجد درويش، البريد الإلكتروني: majds26@yahoo.com).

تاريخ القبول: 2019/05/31

تاريخ الاستلام: 2019/02/21

الملخص

نُفذ البحث في قرية الفاخورة التابعة لمحافظة اللاذقية خلال العام 2018 بزراعة حبوب هجين الذرة السكرية (*Zea mays* var. *saccharata*) غولدين سويت (*Golden Sweet Hybrid*) في قطع تجريبية وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) وبثلاثة مكررات، بهدف دراسة تأثير رش المجموع الخضري بالماء الأوكسجيني H_2O_2 (10 و 20 ميلي مول)، وبالأحماض الأمينية (5 و 10 غ/ل) أو بالماء الأوكسجيني H_2O_2 والأحماض الأمينية معاً في بعض خصائص النمو والخصائص الإنتاجية والنوعية لدى هجين الذرة السكرية. أدت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني H_2O_2 وبالأحماض الأمينية، خصوصاً عند التركيز 10 غ/ل، سواءً بمفردها أم معاً، لتأثيرات إيجابية في مجمل خصائص النمو (المورفولوجية والفيزيولوجية) والإنتاجية (غلة العرائيس الطازجة) والنوعية (محتوى حبوب العرائيس الطازجة من البروتينات الكلية والسكريات الذوابة (%)) لدى هجين الذرة السكرية غولدين سويت. وهكذا يمكن الاقتراح برش هذه المركبات، بمفردها أو سويةً، وبتراكيز تتراوح بين (10-20 ميلي مول للماء الأوكسجيني H_2O_2 و 5-10 غ/ل للأحماض الأمينية) نظراً لدورها الملموس في تحفيز نمو نباتات الذرة السكرية (غولدين سويت)، وزيادة غلتها من العرائيس الطازجة وتحسين محتوى الحبوب من البروتينات والسكريات الذوابة.

الكلمات المفتاحية: الذرة السكرية، الماء الأوكسجيني، الأحماض الأمينية، الإنتاجية.

المقدمة:

الذرة السكرية (*Zea mays* var. *saccharata*) أو الذرة الحلوة (sweet corn) نبات عشبي حولي يُصنف ضمن الفصيلة النجيلية *Poaceae*، وتُسمى أيضاً بذرة السكر (sugar corn) نظراً لأن حبوب هذا الصنف الذي يتبع نوع الذرة الصفراء *mays* يُراكم كميات من السكر في طبقة الاندوسبرم أكبر بثلاثة أضعاف مقارنةً بتلك الموجودة في حبوب الذرة الصفراء النشوية (Doehlert et al., 1993).

تُزرع الذرة السكرية لغرض الاستهلاك الطازج، إذ تمتاز حبوبها بمظهرها الشفاف وتحتوي نسبة من السكريات بشكل أميلوديكترين ما يكسبها طعماً لذيذاً، ومذاقاً سكرياً مقارنةً بغيرها من أصناف الذرة الصفراء الأخرى (Oktem, 2008). فضلاً عن أهميتها كغذاء

طازج للإنسان، يمكن أن يُستخلص من حبوبها النشاء الذي يشتق منه مركبات عديدة كالدكستريانات وسكر الذرة والنشاء المؤكسد والمجلتن الذي يُستخدم أيضاً في تحضير الحبوب الدوائية، كما ويعطي تحت تأثير الإماهة الحامضية سكر الجلوكوز الذي يمكن تحويله إلى سكر السوربيتول ومن ثم فيتامين C (عبد الحميد و ديب، 2003).

تُعد الذرة السكرية من النباتات رباعية الكربون C_4 ، وتمتاز مقارنةً بغيرها من المحاصيل النجيلية الأخرى بكفاءة تمثيل ضوئي نشطة وبقدرة عالية على ادخار المادة الجافة واعطاء كتلة حيوية كبيرة، مما يتطلب تزويدها بكافة احتياجاتها البيئية وبشكل رئيس الاحتياجات الغذائية، وهذا يُعتبر معياراً للحصول على غلة مُجدبة (Simon and Balabbo, 2015).

برز في السنوات الأخيرة أهمية الاعتماد على مخصبات النبات العضوية Bio-stimulants، ومنها الأحماض الأمينية، نظراً لدورها كمنظمات نمو آمنة ومصدر طبيعي نظيف لتقليل مصادر التلوث في الزراعة، فضلاً عن دورها في زيادة الغلة الحبية لدى نبات الذرة (Ebrahimi et al., 2014).

تُعد الأحماض الأمينية الشكل الرئيس الناتج عن الأروت العضوي، تنتقل بسهولة ضمن النسغ الناقص والكامل إلى كافة أجزاء النبات ليتم استقلالها مباشرة أو تُستخدم لتصنيع البروتينات وتخزينها في الانسجة الهدف (Miranda et al., 2001).

إن الأحماض الأمينية، كمنشط عضوي، تؤثر بشكل سريع على النشاط الإنزيمي في النبات، الأمر الذي يقود لآثار إيجابية على نمو النبات وإنتاجيته وتقليل الضرر الناجم عن تأثير الإجهادات البيئية والحيوية (Azimi et al., 2013).

أشارت دراسات سابقة بأن المعاملة بالأحماض الأمينية حسنت من مؤشرات النمو النباتي وبالتالي الإنتاجية والنوعية لدى العديد من نباتات المحاصيل ومنها: فول الصويا (Saeed et al., 2005)، والفول العادي (El-Ghamry et al., 2009)، والفريز (Abo- Sedera et al., 2010)، والثوم (Shalaby and El-Ramady, 2014) والذرة السكرية (Ragheb, 2016).

أوضحت نتائج (Cao et al., 2010)، في هذا المجال، أنه بالإضافة لدور البولي أمينات (البيوتريسين، السبيرميدين والسبيرمين) في زيادة تحمل نبات الذرة السكرية *Zea mays L.* للإجهادات البيئية، فإن هناك ارتباط قوي بين تراكم البولي أمينات وتغير العديد من الصفات الفيزيولوجية، البيولوجية والنوعية خلال تطور حبوب الذرة السكرية؛ كالنسبة المئوية للإنبات، وقوة الإنبات، وحجم الحبوب، والوزن الرطب والجاف للحبوب، ومحتوى الحبوب الإجمالي من البروتينات والسكريات الذوابة.

أما من حيث تأثير العوامل الخارجية المحيطة بالنبات على محتواه من السكريات الذوابة، فقد أشارت عدة أبحاث سابقة بأن التأقلم للعديد من الإجهادات البيئية abiotic stress يُفعل العديد من مسارات الاستجابة التي تقود بدورها لزيادة المحتوى من السكريات الذوابة في النبات (Strand et al., 1999؛ Gao et al., 1998؛ Carvajal et al., 2000). أدت المعاملة بتركيز مختلفة من الماء الأوكسجيني H_2O_2 لزيادة نشاط إنزيم سكروز فوسفات سنتاز (SPS) وبالتالي تراكم أكبر للسكريات الذوابة في بادرات الأرز تحت ظروف الإجهاد البيئي الملحي والحراري (Uchida et al., 2002).

وجد (Ozaki et al., 2009) في تجربة حول معاملة الشمام بتركيز متدرجة من الماء الأوكسجيني (5-50 ميلي مول)، إلى أن المعاملة اليومية بالماء الأوكسجيني (20 ميلي مول الأكثر تأثيراً) بمعدل 300 ميلي (سقاية للتربة في كل اصبغ) ولمدة 3 اسابيع، بدءاً من تشكل الثمار وقبل الحصاد بحوالي الشهرين، أدت لزيادة المحتوى من سكريات الجلوكوز والفركتوز والسكروز بالإضافة إلى النشاء في أوراقه وثماره.

أظهرت نتائج (Guzel and Terzi, 2013) في تجربة حول تأثير المعاملة بالماء الأوكسجيني H_2O_2 في تحمل نبات الذرة الصفراء *Zea mays L.* للإجهاد المتسبب عن التراكيز العالية من النحاس، أن الماء الأوكسجيني سبب زيادة في النمو، ومحتوى المائي، وتراكيز العناصر المعدنية، والمحتوى الكلي من البروتينات والسكريات الذوابة في أوراق النبات.

نظراً للزيادة الكبيرة في الطلب على استهلاك حبوب المحاصيل الحقلية وخاصة تلك المستهلكة طازجاً، كالذرة السكرية، والمترافقة مع تدني في بعض الخصائص الإنتاجية والنوعية لهذه المحاصيل، اضطر المزارعين لمواكبة هذا الطلب المتزايد إلى زيادة الكميات المستخدمة من المخصبات المعدنية وبطريقة غير مرشدة، الأمر الذي أدى لزيادة تكاليف الإنتاج فضلاً عن الآثار السلبية المترتبة على نوعية المنتج ومدى صحة استهلاكه. وهذا يبرر ضرورة استخدام المخصبات العضوية، كالأحماض الأمينية؛ نظراً لدورها كمنظمات نمو طبيعية ذي مصدر عضوي، فضلاً عن أهمية البحث عن دور للماء الأوكسجيني؛ كمنبه لمسارات الاستجابة في النبات، في تحسين نمو وتطور نبات الذرة السكرية والحصول على إنتاجية عالية ونوعية جيدة من الحبوب. يهدف هذا البحث إلى دراسة نمو وتطور نبات الذرة السكرية تحت تأثير معاملات الرش على المجموع الخضري بالأحماض الأمينية والماء الأوكسجيني.

مواد البحث وطرقه:

تُفذت التجربة في قرية الفاخورة التابعة لناحية القرداحة ضمن محافظة اللاذقية، والتي ترتفع عن سطح البحر حوالي 300 م، في الفترة الممتدة من بداية شهر نيسان وحتى أواخر شهر تموز من العام 2018، كما وأُجريت التحاليل الكيميائية في مخابر كلية الزراعة-جامعة تشرين. أُستخدمت في الزراعة حبوب الذرة السكرية (غولدن سويت) Corn Golden Sweet F1، وهو هجين مستورد، تايلاندي المنشأ من إنتاج عام 2017 وتم الحصول عليه من شركة التنمية الزراعية.

تميزت تربة الموقع المراد زراعته بأنها طينية، مائلة للقلوية، ذات محتوى جيد من الآزوت والفوسفور والبوتاس والمادة العضوية، كما أنها غنية بكميات الكالسيوم % $CaCO_3$ ، الجدول (1).

الجدول 1. التحليل الفيزيائي والكيميائي لتربة موقع الزراعة

السعة التبادلية ميلي مكافئ/100غ تربة	PH	EC mmhos/cm	المحتوى الكلي %		ملغ/كغ تربة جافة			التحليل الميكانيكي %		
			CaCO ₃	O.M.	K ₂ O	P ₂ O ₅	N	رمل	سنت	طين
53.4	7.78	0.71	54	3.06	185	28	8	28	23	49

تم تجهيز الأرض للزراعة بإجراء فلاحه عميقة للتربة في الخريف، تلتها حراثة سطحية مع تسوية سطح التربة، كما وتم إضافة كميات السماد الأساسية وفقاً لمتطلبات التسميد اللازمة للنبات ومحتوى التربة وبما يحقق معدلات التسميد الموصى بها من قبل وزارة الزراعة والإصلاح الزراعي: 3 متر مكعب/دونم سماد بلدي متخمر، 12 كغ/دونم آزوت (N) على شكل يوريا 46 %، 17 كغ/دونم فوسفور (P) على شكل سوبر فوسفات ثلاثي 46 %. أُجريت التجربة بتصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD)، وبثلاثة مكررات لكل معاملة، بلغت مساحة القطعة التجريبية الواحدة (2.8×3) م² مع ترك 1 م ممر للخدمة بين كل قطعة وأخرى، حيث قُسمت كل قطعة تجريبية إلى 4 خطوط وتمت عملية الزراعة بمعدل 10 نباتات على الخط الواحد وبمسافة زراعية 70 سم بين الخطوط و30 سم بين النباتات على الخط الواحد، وبالتالي يكون عدد النباتات الموجودة 40 نبات/قطعة أي ما يعادل كثافة زراعية حوالي 4762 نبات/دونم. تمت عمليات الخدمة الزراعية من ترقيع وعزيق ومكافحة وري حسب الطرق العلمية الشائعة والمتبعة.

تم معاملة النباتات رشاً على المجموع الخضري قبل الإزهار وبعد العقد بتركيز من الماء الأوكسجيني H₂O₂ (35 %) (EKA, KEMI, Sweden) والأحماض الأمينية Green Up Amino 8% NH₃ بمعدل رشة كل اسبوعين وذلك كما يلي:

* HP₀AM₀: الشاهد، لم تُعامل البادرات بالماء الأوكسجيني أو بالأحماض الأمينية وتم رشها بالماء فقط.

* HP₁₀: رُشت النباتات بالماء الأوكسجيني بتركيز 10 ميلي مول.

* HP₂₀: رُشت النباتات بالماء الأوكسجيني بتركيز 20 ميلي مول.

* AM₅: رُشت النباتات بالأحماض الأمينية بتركيز 5 غ/ل.

* AM₁₀: رُشت النباتات بالأحماض الأمينية بتركيز 10 غ/ل.

* AM₅HP₁₀: تم رش النباتات بالماء الأوكسجيني (10 ميلي مول) وبالأحماض الأمينية (5 غ/ل).

* AM₅HP₂₀: تم رش النباتات بالماء الأوكسجيني (20 ميلي مول) وبالأحماض الأمينية (5 غ/ل).

* AM₁₀HP₁₀: تم رش النباتات بالماء الأوكسجيني (10 ميلي مول) وبالأحماض الأمينية (10 غ/ل).

* AM₁₀HP₂₀: تم رش النباتات بالماء الأوكسجيني (20 ميلي مول) وبالأحماض الأمينية (10 غ/ل).

تم تحديد 5 نباتات عشوائياً من الخططين الأوسطين لكل قطعة تجريبية من أجل قراءات ارتفاع النبات والمؤشرات الفيزيولوجية والبيوكيميائية.

1- ارتفاع النبات Plant Height (سم/نبات): وذلك بقياس ارتفاع النبات (سم) بدءاً من مستوى سطح التربة حتى العقدة الحاملة للنورة المذكورة بعد 60 يوماً من الزراعة.

2- المؤشرات الفيزيولوجية:

• المساحة الورقية Leaf Area (سم²): تم قياس المساحة الورقية للورقة الوسطى في النبات باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{مساحة الورقة المفردة (سم}^2\text{)} = \text{طول الورقة (سم)} \times \text{أقصى عرض للورقة (سم)} \times 0.75$$

حيث 0.75: ثابت تصحيح مساحة الورقة للذرة الصفراء (El-Sahookie, 1985).

• مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات Plant Leaf Area (سم²): تم قياس مساحة المسطح الورقي للنبات من المعادلة التالية:

$$\text{PLA (سم}^2\text{/نبات)} = \text{مجموع مساحة جميع أوراق النبات.}$$

• دليل المساحة الورقية Leaf Area Index: تم حساب دليل المساحة الورقية بعد معرفة مساحة المسطح الورقي الكلي والمساحة التي يشغلها النبات على التربة وفقاً لمعادلة الباحث (Williams, 1946):

$$\text{LAI} = \frac{\text{المساحة الورقية للنبات (سم}^2\text{)}}{\text{المساحة التي يشغلها النبات من الأرض (سم}^2\text{)}}$$

• معدل التمثيل الضوئي الصافي Net Photosynthesis Rate (ملغ/سم²/يوم): تم استخدام 10 نباتات لقياس هذا المؤشر تم اختيارها بشكل عشوائي من الخططين الأوسطين، حيث أخذت قياسات المساحة الورقية (L1) والأوزان الجافة (W1) لخمس نباتات عند مرحلة طرد النورة المذكورة (L1 و W1)، ولخمس نباتات أخريين عند جمع العرائس (L2 و W2) ليُحسب معدل التمثيل الضوئي من المعادلة التالية (Williams, 1946):

$$\text{NPR} = \frac{(\text{Log } e^{L2} - \text{Log } e^{L1})(W2 - W1)}{(T2 - T1)(L2 - L1)}$$

NPR: صافي إنتاج التمثيل الضوئي (ملغ/سم²/يوم)، L2 و L1: مساحة الأوراق (سم²) في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب، W2 و W1: وزن النبات الجاف (ملغ) في بداية ونهاية فترة القياس على الترتيب، T2 و T1: عدد الأيام بين المرحلتين.

• معدل نمو المحصول Crop Growth Rate (غ/م²/يوم) وفقاً للباحث (Watson, 1956):

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

W2 و W1: متوسط وزن النبات الجاف (غ) لخمس نباتات في بداية فترة القياس (عند طرد النورة المذكورة)، ولخمس نباتات أخريين عند نهاية فترة القياس على الترتيب (عند جمع العرائس)، ρ: مساحة الأرض المزروعة، T2 و T1: عدد الأيام بين المرحلتين.

3- المؤشرات البيوكيميائية: أُخذت عينات ورقية من النباتات التي تم تحديدها مسبقاً بعد 60 يوماً من الزراعة لقياس المؤشرات البيوكيميائية التالية:

- المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات Chlorophyll and Carotenoids Contents (ميكروغرام/غ وزن رطب): وذلك بسحق عينات معروفة الوزن (100 ملغ) من أوراق الذرة السكرية الخضراء في الأسيتون النقي ومن ثم قياس الامتصاص الضوئي للمستخلص باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر على أطوال الموجات 470، 645 و662 نانومتر ثم تم حساب المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات من المعادلات التالية وفقاً لطريقة الباحث (Lichtenthaler 1987):

$$\text{Chl a } (\mu\text{g mL}^{-1}) = 11.24 \text{ DO}_{662} - 2.04 \text{ DO}_{645}$$

$$\text{Chl b } (\mu\text{g mL}^{-1}) = 20.13 \text{ DO}_{645} - 4.19 \text{ DO}_{662}$$

$$\text{Chl } (\mu\text{g mL}^{-1}) = \text{Chl a} + \text{Chl b}$$

$$\text{Car } (\mu\text{g mL}^{-1}) = (1000 \text{ DO}_{470} - 1.90 \text{ Chl a} - 63.14 \text{ Chl b}) / 214$$

ومن ثم تم تقدير المحتوى الكلي من الصبغات بالنسبة إلى الوزن الطري للأوراق (ميكروغرام/غ وزن رطب).

4- المؤشرات الإنتاجية: تم اختيار 5 نباتات عشوائياً من الخطين الأوسطين لكل قطعة تجريبية لقياس الصفات التالية:

- عدد العرائيس على النبات (عرنوس/نبات)
- عدد الصفوف في العرنوس (صف/عرنوس): وذلك باختيار 5 عرائيس بشكل عشوائي من الخمس نباتات التي تم اختيارها ومن ثم عد الصفوف فيه.
- عدد الحبوب في الصف (حبة/صف): وذلك باختيار صف متوسط الطول ومن ثم عد الحبوب فيه.
- وزن العرائيس الخضراء: وذلك بوزن كل عرنوس كامل مع القشور، ومن ثم وزن العرائيس بعد تقشيرها من أجل حساب نسبة التصافي %.
- نسبة التصافي % = [محصول العرائيس الخضراء المقشورة (كغ/دونم) / محصول العرائيس الخضراء الكاملة (كغ/دونم)] × 100

5- المؤشرات النوعية: أُخذت عينات من العرائيس التي تم اختيارهم سابقاً عند دراسة المؤشرات الإنتاجية وذلك لتحديد المؤشرات النوعية التالية:

- محتوى الحبوب من السكريات الذوابة %: تم تحليل محتوى حبوب الذرة السكرية من السكريات الذوابة وفقاً لطريقة (Dubois et al., 1956). حيث تم سحق 100 ملغ من حبوب الذرة السكرية الطازجة في 4 مل من الإيثانول 80 %، ثم وضعت الأنابيب في حمام مائي ساخن 80 ° مئوية لمدة 10 دقائق حتى يجف المستخلص الكحولي. ثم إضافة الفينول 5 % وحمض الكبريت المركز (96 %، ك=1.86) إلى المزيج فينتج لون أصفر بني. تم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 490 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer ومن ثم تقدير نسبة السكريات في العينات بالاعتماد على منحنى قياسي للجلوكوز النقي.
- محتوى الحبوب من البروتينات %: تم تحليل محتوى حبوب الذرة السكرية من البروتينات باستخدام طريقة (Gornall et al., 1949). حيث تم سحق 100 ملغ من حبوب الذرة الصفراء السكرية الطازجة في 1 مل من محلول بوفر منظم فوسفات (0.1 مولر) (pH= 7.6). تم إضافة 5 مل من محلول بايروت (CuSO₄.5H₂O) ؛ KI ؛ Sodium and Potassium Tartrate) إلى المزيج، ومن ثم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 540 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer ليتم تقدير نسبة البروتينات في العينات بالاعتماد على منحنى معياري وذلك باستخدام BSA البومين سيروم العجول (Bovine Serum Albumin).

تم إجراء تحليل التباين للبيانات عبر البرنامج R statistical software باستخدام الاختبار ANOVA-Tukey وتم عرض النتائج بشكل متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means \pm SE) والفروقات ذات المعنوية عند مستوى الاحتمالية $P < 0.05$.

النتائج والمناقشة:

1- تأثير المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية في ارتفاع النبات (سم)، ومساحة المسطح الورقي الكلي (سم²) ودليل المساحة الورقية (LAI):

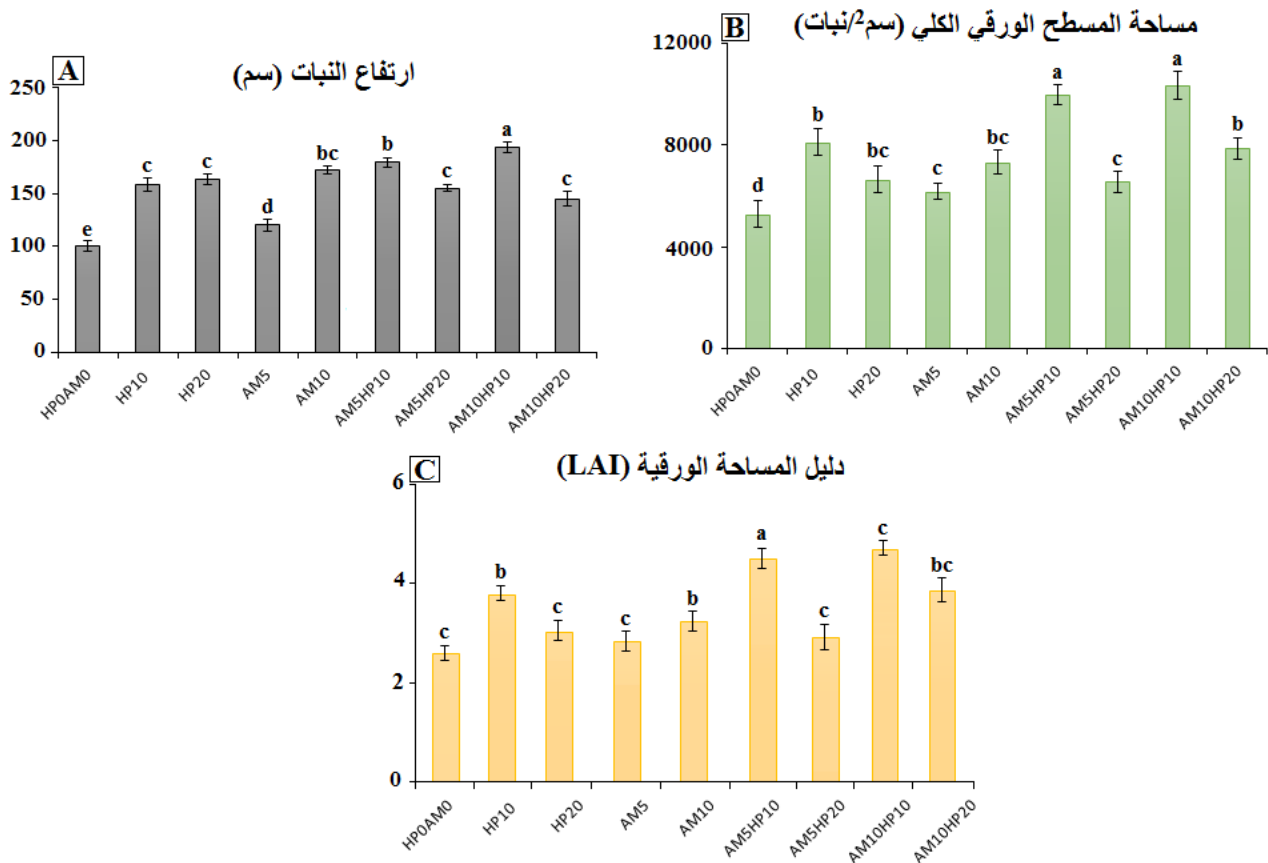
تُشير معطيات (الشكل 1 A) لوجود فروق معنوية ($P < 0.05$) في ارتفاع نباتات الذرة السكرية والتي تم معاملتها رشاً بالماء الأوكسجيني مقارنةً بالشاهد، حيث بلغ ارتفاع النبات 158 و 163 سم عند المعاملات HP₁₀ و HP₂₀ على التوالي بالمقارنة مع ارتفاع النباتات 100 سم عند معاملة الشاهد HP₀AM₀. أدت المعاملة رشاً بالأحماض الأمينية لزيادة معنوية ($P < 0.05$) في ارتفاع النبات، حيث كانت هذه الزيادة ملحوظة بشكل أكبر عند التركيز 10 غ/ل (172 سم) مقارنةً بالتركيز 5 غ/ل (120 سم) والشاهد. كما وزادت المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً من ارتفاع النبات بشكل معنوي ($P < 0.05$) وكانت هذه الزيادة أكثر معنوية عند المعاملتين AM₅HP₁₀ (179 سم) و AM₁₀HP₁₀ (193 سم) مقارنةً ببقية المعاملات والشاهد.

تُشير النتائج (الشكل 1 B) إلى زيادة معنوية ($P < 0.05$) في مساحة المسطح الورقي الكلي للنباتات التي تم معاملتها بالماء الأوكسجيني وبشكل أكثر وضوحاً عند التركيز 10 ميلي مول، حيث بلغت مساحة المسطح الورقي الكلي (8104 و 6655 سم²) عند المعاملات HP₁₀ و HP₂₀ على التوالي وذلك بالمقارنة مع مساحة المسطح الورقي الكلي (5268 سم²) لنباتات الشاهد عند نفس المعاملات. هذا وأدى رش النباتات بالأحماض الأمينية لزيادة معنوية ($P < 0.05$) في مساحة المسطح الورقي الكلي للنباتات عند المعاملة AM₁₀ بالمقارنة مع المعاملة AM₅ والشاهد. كما وزادت المعاملة رشاً بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً من مساحة المسطح الورقي الكلي للنبات وبشكل أكثر وضوحاً عند المعاملتين AM₅HP₁₀ (9997 سم²) و AM₁₀HP₁₀ (10342 سم²) مقارنةً ببقية المعاملات والشاهد.

نلاحظ من الشكل (1 C) وجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث دليل المساحة الورقية للنبات. ازدادت قيمة دليل المساحة الورقية لنباتات الذرة السكرية بشكل معنوي ($P < 0.05$) عند رشها بالماء الأوكسجيني وبشكل أكثر وضوحاً عند التركيز 10 ميلي مول مقارنةً بالشاهد. أدت معاملات الرش بالأحماض الأمينية (AM₅ و AM₁₀) لزيادة معنوية ($P < 0.05$) في قيمة دليل المساحة الورقية مقارنةً بالشاهد. أظهرت النتائج زيادة معنوية ($P < 0.05$) في صفة دليل المساحة الورقية عند المعاملة رشاً بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً، وكانت هذه الزيادة ملحوظة بشكل أكبر عند المعاملتين AM₅HP₁₀ و AM₁₀HP₁₀، حيث بلغت قيمة دليل المساحة الورقية 4.7 و 4.9 على التوالي مقارنةً بالشاهد (2.5).

يمكن أن يُفسر هذا التأثير الإيجابي للمعاملة رشاً على المجموع الخضري بالماء الأوكسجيني في نمو وتطور نباتات الذرة السكرية والذي لوحظ في صفة ارتفاع النبات، ومساحة المسطح الورقي للنبات ودليل المساحة الورقية، للدور الذي يلعبه الماء الأوكسجيني H₂O₂ عند تواجده بتركيز منخفض ضمن الخلايا النباتية، حيث يُساهم، وبشكل محفز، عبر التحكم في افراز العديد من الهرمونات النباتية كالأوكسينات وحموض الجبريلليك والجاسمونيك والأبسيسيك، والتي تلعب دوراً هاماً في تنظيم مجموعة واسعة من العمليات الحيوية النباتية كانقسام الخلايا النباتية واستنطالها، والتشكل والتميز الخلوي (Dat et al., 2000؛ Foreman et al., 2003؛ Tsukagoshi et al., 2010؛ Bhattacharjee, 2012). ونظراً لأهمية الأحماض الأمينية كمنشط عضوي، حيث يمكن أن تُمتص وتنتقل بسرعة داخل أجزاء النبات المختلفة لما لها من تأثير مباشر على النشاط الإنزيمي بالنبات، فضلاً عن دخولها في تركيب واصطناع هرمونات النمو، ما يفسر هذا التأثير الإيجابي الملموس للرش بالأحماض الأمينية عند التركيزين 5 و 10 غ/ل على بعض صفات النمو التي تم قياسها. أشار أبو ضاحي واليونس (1998)، في هذا السياق، إلى أن رش الأحماض الأمينية على المجموع

الخضري للنبات يُحسن من قدرة الخلية النباتية على سحب الماء والمغذيات الذاتية من وسط النمو ومن ثم زيادة النمو الخضري، ويساهم أيضاً في طول فترة الانقسامات الخلوية وعددها، فضلاً عن نمو الخلايا المنقسمة وتطورها. كما وبينت دراسات عديدة أن رش النباتات بالمخصبات العضوية التي تحتوي في تركيبها على الأحماض الأمينية أدى إلى تسريع نموها وزيادة مسطحها الورقي ومحتوى الأوراق من الكلوروفيل، علاوةً عن زيادة الإنتاج وتحسين نوعيته (McCarthy *et al.*, 1990؛ Lozek and Fecenko, 1996؛ Neri *et al.*, 2002). وهكذا، فمن المنطقي أن الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً يقود لتحسين خصائص ومؤشرات النمو لدى نباتات الذرة السكرية، والذي تمت ملاحظته بشكل واضح ولموس عند المعاملتين AM₅HP₁₀ وAM₁₀HP₁₀ وبدرجة أقل عند المعاملتين AM₅HP₂₀ وAM₁₀HP₂₀.

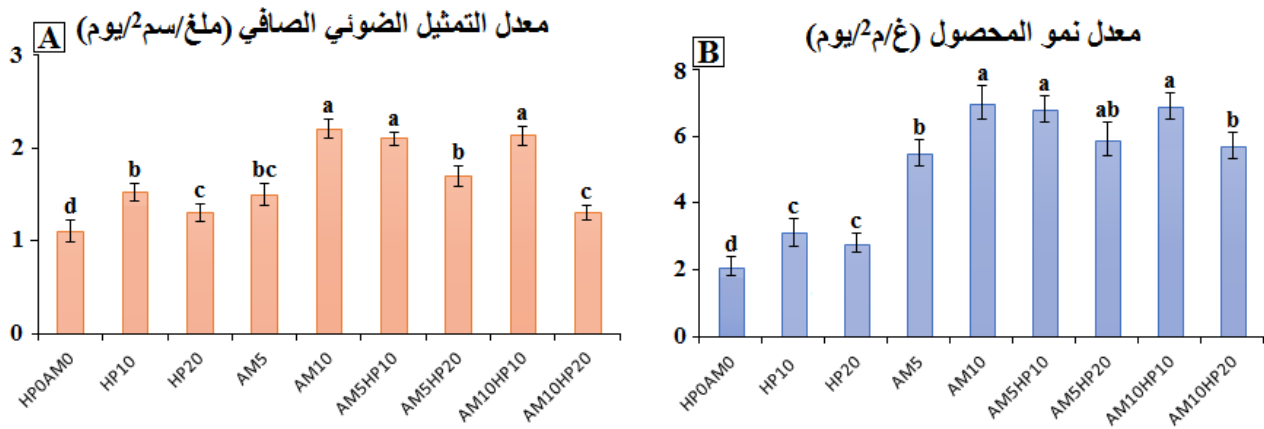


الشكل 1. ارتفاع النبات (سم/نبات) (A)، مساحة المسطح الورقي الكلي (سم²/نبات) (B) ودليل المساحة الورقية (C) في هجين الذرة السكرية (*Zea mays* var. *saccharata*) غولدن سويت (Golden Sweet Hybrid)، لدى نباتات الشاهد (HP₀AM₀)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني (HP) (10 و 20 ميلي مول)، ونباتات المعاملة بالأحماض الأمينية (AM) (5 و 10 غ/ل)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً (HPAM). تشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=5، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل معيار عند كل معاملة (P<0.05, ANOVA-Tukey test).

2- تأثير المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية في معدل التمثيل الضوئي الصافي (ملغ/سم²/يوم) ومعدل نمو المحصول (غ/م²/يوم):

أظهر تحليل التباين (الشكل 2 A و B) وجود فروقات معنوية (P<0.05) بين المعاملات من حيث المعدل الصافي لعملية التمثيل الضوئي (NPR) ومعدل نمو المحصول (CGR). أدت المعاملة بالماء الأوكسجيني إلى زيادة معنوية (P<0.05) في هذين المؤشرين، حيث بلغت هذه الزيادة حوالي 45% و 52% عند المعاملة HP₁₀ وحوالي 18% و 33% عند المعاملة HP₂₀ على التوالي وذلك بالمقارنة مع الشاهد. أدت المعاملة رشاً بالأحماض الأمينية لزيادة معنوية (P<0.05) في معدلي التمثيل الضوئي ومعدل نمو

المحصول مقارنة بالشاهد. كانت هذه الزيادة في مؤشري التمثيل الضوئي ومعدل نمو المحصول أكثر وضوحاً عند المعاملة بالتركيز الأعلى من الأحماض الأمينية 10 غ/ل، حيث بلغت قيمة هذين المؤشرين (2.2 ملغ/سم²/يوم و 7 غ/م²/يوم، على التوالي) عند المعاملة AM₁₀ وذلك مقارنةً بالمعاملة AM₅ (1.5 ملغ/سم²/يوم و 5.5 غ/م²/يوم، على التوالي) والشاهد (1.1 ملغ/سم²/يوم و 2.1 غ/م²/يوم، على التوالي). زادت المعاملة رشاً بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معدلي التمثيل الضوئي ونمو المحصول وبشكل معنوي ($P < 0.05$) مقارنةً بالشاهد. كان هذا التأثير الإيجابي أكثر وضوحاً عند المعاملتين AM₅HP₁₀ (2.1 ملغ/سم²/يوم و 6.7 غ/م²/يوم، على التوالي) و AM₁₀HP₁₀ (2.2 ملغ/سم²/يوم و 6.9 غ/م²/يوم، على التوالي) مقارنةً ببقية المعاملات المدروسة.



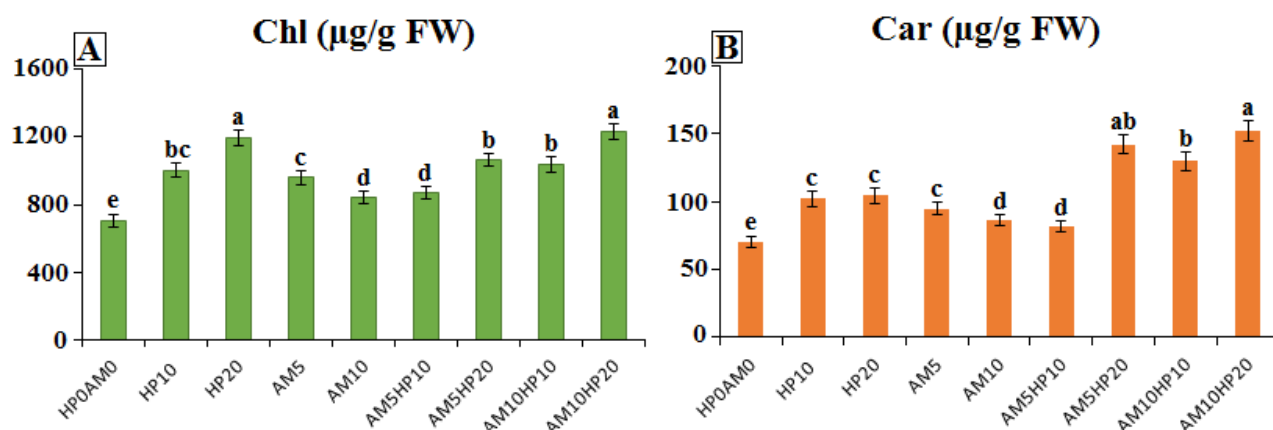
الشكل 2. معدل التمثيل الضوئي الصافي (ملغ/سم²/يوم) (A) ومعدل نمو المحصول (غ/م²/يوم) (B) في هجين الذرة السكرية (Zea mays var. saccharata) غولدن سويت (Golden Sweet Hybrid)، لدى نباتات الشاهد (HP₀AM₀)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني (HP) (10 و 20 ميلي مول)، ونباتات المعاملة بالأحماض الأمينية (AM) (5 و 10 غ/ل)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً (HPAM). تشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (SE) (means ± SE)، n=5، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل معيار عند كل معاملة ($P < 0.05$, ANOVA-Tukey test).

أثبتت العديد من الدراسات أن المعاملة بتركيز مناسب من الماء الأوكسجيني H₂O₂ رشاً على المجموع الخضري للنبات يُحسن من نمو وتطور النبات، وذلك عبر تأثيره في العديد من العمليات الفيزيولوجية كعملية التمثيل الضوئي، ودوره في مسارات الاستجابة المتعددة المرتبط بالتحكم في افراز هرمونات النمو النباتية وتنظيم عملها (Liu et al., 2010؛ Xu et al., 2010؛ Gondim et al., 2013). كما وتعمل الأحماض الأمينية على تنشيط عملية التمثيل الضوئي وإنتاج الطاقة الحيوية في النبات، حيث أشارت نتائج (Abdel-Mawgoud et al., 2011)، أن تطبيق الأحماض الأمينية يقود إلى تحفيز أداء النبات عبر زيادة معدل التمثيل الضوئي وادخار المادة الجافة، وبالتالي الحصول على غلة عالية. وهذا ما قد يفسر الزيادة الحاصلة في معدل التمثيل الضوئي الصافي ومعدل نمو المحصول عند معاملات الرش على المجموع الخضري بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية.

3- تأثير المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية في محتوى الأوراق من الكلوروفيل (ميكروغرام/غ وزن رطب) والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب):

تُشير معطيات الشكل (3 A و B) لوجود فروق معنوية ($P < 0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث المحتوى الكلي للكلوروفيل والكاروتينات في أوراق نبات الذرة السكرية. أظهرت المعاملات رشاً بالماء الأوكسجيني زيادة معنوية ($P < 0.05$) في محتوى أوراق الذرة السكرية من الكلوروفيل الكلي والكاروتينات، حيث بلغت نسبة الزيادة في الكلوروفيل والكاروتينات حوالي 43 و 46 % على التوالي عند نباتات المعاملة HP₁₀ و حوالي 70 و 49 % على التوالي لدى نباتات المعاملة HP₂₀ وذلك بالمقارنة مع الشاهد. كما وأدت المعاملة رشاً بالأحماض الأمينية لزيادة معنوية في المحتوى الكلي لأوراق الذرة السكرية من الكلوروفيل والكاروتينات، هذا ولم تكن هذه الزيادة

بمقدار تلك التي سببتها معاملات الرش بالماء الأوكسجيني، حيث بلغت حوالي 36 و 35 % على التوالي عند نباتات المعاملة AM₅ و حوالي 20 و 23 % على التوالي لدى نباتات المعاملة AM₁₀ وذلك بالمقارنة مع الشاهد. كما وزاد الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية من المحتوى الكلي لأوراق الذرة السكرية من الكلوروفيل والكاروتينات وبشكل خاص لدى المعاملات AM₅HP₂₀ (52 و 103 %، على التوالي)، AM₁₀HP₁₀ (48 و 86 %، على التوالي) و AM₁₀HP₂₀ (75 و 117 %، على التوالي) وذلك بالمقارنة مع الشاهد.



الشكل 3. محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي Chl (ميكروغرام/غ وزن رطب) (A) والكاروتينات Car (ميكروغرام/غ وزن رطب) (B) في هجين الذرة السكرية (*Zea mays var. saccharata*) غولدن سويت (*Golden Sweet Hybrid*)، لدى نباتات الشاهد (HP₀AM₀)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني (HP) (10 و 20 ميلي مول)، ونباتات المعاملة بالأحماض الأمينية (AM) (5 و 10 غ/ل)، ونباتات المعاملة بماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً (HPAM). تشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=5، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل معيار عند كل معاملة (ANOVA-Tukey test, P<0.05).

يُفسر هذا التأثير الإيجابي للماء الأوكسجيني في زيادة المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات، لأهمية هذا الجزيء في تحفيز النباتات على النمو التطور، فقد أدت المعاملة بتراكيز متدرجة من الماء الأوكسجيني لزيادة المحتوى الكلي لبادرات الملفوف من الكلوروفيل والكاروتينات والأنتوسيانين وذلك بالمقارنة مع الشاهد (Cevahir et al., 2005). وأشار (Darwish et al., 2014) إلى أن المعاملة الأولية بالضوء والتي سببت تراكم مخفف من H₂O₂ أسهمت في حماية نباتات التبغ من تأثير الإجهاد التأكسدي وزادت محتوى الأوراق من الكلوروفيل والكاروتينات. كما وأظهر (Moussa and Mohamed (2011) بأن المعاملة الأولية للنباتات بالماء الأوكسجيني حسنت المحتوى الكلي لبادرات البازلاء من الكلوروفيل والكاروتينات. أما الزيادة في محتوى الكلوروفيل والكاروتينات ضمن أوراق الذرة السكرية والنتيجة عن رش الأحماض الأمينية على المجموع الخضري يمكن أن تعود لتحفيز العمليات الفيزيولوجية والكيميائية-الحيوية الحاصلة في النبات، إذ تشترك هذا الأحماض في بناء البروتينات، صناعة الكربوهيدرات وتنشيط عملية التمثيل الضوئي عن طريق المساهمة في زيادة اصطناع صبغات التمثيل الضوئي كالكوروفيل والكاروتينات (El-Shabasi et al., 2005)؛ (Shafeek et al., 2012). لاحظ (El-Tantawy (2009) في هذا المجال، أن رش محلول الأحماض الأمينية على أوراق الطماطم أدى الى حدوث زياده معنوية في عدد الأوراق والوزن الرطب للنبات، الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري كما وازدادت كمية الكلوروفيل الكلي والكاروتينات في النبات. وفي هذا السياق، زادت معاملات الرش الورقي بالأحماض الأمينية (البرولين والتيروزين) المحتوى الكلي من الكلوروفيل والكاروتينات في أوراق نبات الشوندر السكري (El-Sherbeny and Teixeira da Silva, 2013).

4- تأثير المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية في عدد العرائيس (عرنوس/نبات)، عدد الصفوف (صف/عرنوس)، عدد الحبوب (حبة/صف)، وزن العرائيس الخضراء الكاملة (غ/نبات) ونسبة التصافي %:

تُشير معطيات الجدول (2) لوجود فروق معنوية ($P<0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث مؤشرات الغلة الإنتاجية. ازداد عدد العرائيس على النبات معنوياً ($P<0.05$) عند جميع معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً، حيث بلغ عد العرائيس 2، 1.8 و 2 عرنوس/نبات على التوالي لدى المعاملات AM₅HP₁₀، AM₅HP₂₀ و AM₁₀HP₁₀. أدت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني (10 و 20 ميلي مول) وبالأحماض الأمينية (5 و 10 غ/ل) لزيادة معنوية ($P<0.05$) في عدد الصفوف بالعرنوس الواحد، حيث بلغ عدد الصفوف 17.5 و 17.6 صف/عرنوس على التوالي عند المعاملات HP₁₀ و HP₂₀ و 18 صف/عرنوس عند كلا المعاملتين AM₅ و AM₁₀ مقارنةً بالشاهد (16.4 صف/عرنوس). كما أظهرت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً زيادة معنوية ($P<0.05$) في عدد الصفوف بالعرنوس، فبلغ عدد الصفوف 18، 17.8 و 18 صف/عرنوس على التوالي لدى المعاملات AM₅HP₁₀، AM₅HP₂₀ و AM₁₀HP₁₀.

زادت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني (10 و 20 ميلي مول) وبالأحماض الأمينية (5 و 10 غ/ل) عدد الحبوب بالصف بشكل معنوي ($P<0.05$)، فبلغ عدد الحبوب 21، 26، 29 و 28 حبة/صف على التوالي عند المعاملات HP₁₀، HP₂₀، AM₅ و AM₁₀ مقارنةً بالشاهد (17 حبة/صف). كما أدت جميع معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً لزيادة معنوية ($P<0.05$) في عدد الحبوب بالصف، حيث تراوح عدد الحبوب بين 31 حبة/صف عند المعاملة AM₅HP₂₀ و 37 حبة/صف عند المعاملة AM₁₀HP₁₀.

أظهرت نتائج تحليل التباين (الجدول 2) وجود فروق معنوية ($P<0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث صفة وزن العرائيس الخضراء الكاملة الناتجة من النبات، وكانت هذه الزيادة ملحوظة بشكل أكبر مع زيادة تراكيز الرش بالماء الأوكسجيني أو بالأحماض الأمينية، حيث بلغ وزن العرائيس 487، 524، 521 و 535 غ/نبات على التوالي عند المعاملات HP₁₀، HP₂₀، AM₅ و AM₁₀ مقارنةً بالشاهد (309 غ/نبات). كما زادت جميع معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً بشكل معنوي ($P<0.05$) وزن العرائيس الخضراء الكاملة، حيث تراوح وزن العرائيس بين 584 غ/نبات عند المعاملة AM₁₀HP₂₀ و 846 غ/نبات عند المعاملة AM₁₀HP₁₀.

الجدول 2. يُظهر عدد العرائيس (عرنوس/نبات)، عدد الصفوف بالعرنوس (صف/عرنوس)، عدد الحبوب بالصف (حبة/صف)، وزن العرائيس الخضراء الكاملة (غ/نبات) ونسبة التصافي في هجين الذرة السكرية (*Zea mays var. saccharata*) غولدن سويت (*Golden Sweet Hybrid*).

المعاملة	عدد العرائيس (عرنوس/نبات)	عدد الصفوف بالعرنوس (صف/عرنوس)	عدد الحبوب بالصف (حبة/صف)	وزن العرائيس الخضراء الكاملة (غ/نبات)	نسبة التصافي %
HP ₀ G ₀	1.4 ± 0.13 ^b	16.4 ± 0.31 ^c	17 ± 1 ^e	309 ± 43 ^c	93.23 ± 0.39 ^b
HP ₁₀	1.4 ± .13 ^b	17.5 ± 0.35 ^{ab}	21 ± 1 ^d	487 ± 45 ^b	92.73 ± 0.39 ^b
HP ₂₀	1.4 ± 0.13 ^b	17.6 ± 0.37 ^{ab}	26 ± 2 ^c	524 ± 51 ^b	94.41 ± 0.29 ^a
AM ₅	1.4 ± 0.13 ^b	18 ± 0.32 ^{ab}	29 ± 2 ^{bc}	521 ± 42 ^b	93.62 ± 0.93 ^{ab}
AM ₁₀	1.4 ± 0.13 ^b	18 ± 0.32 ^{ab}	28 ± 3 ^{bc}	535 ± 53 ^b	94.67 ± 0.24 ^a
AM ₅ HP ₁₀	2 ± 0.15 ^a	18 ± 0.29 ^{ab}	33 ± 2 ^{ab}	778 ± 65 ^a	93.65 ± 0.14 ^b
AM ₅ HP ₂₀	1.8 ± 0.15 ^a	17.8 ± 0.35 ^{ab}	31 ± 2 ^b	742 ± 61 ^a	93.37 ± 0.95 ^{ab}
AM ₁₀ HP ₁₀	2 ± 0.15 ^a	18.4 ± 0.23 ^a	37 ± 2 ^a	846 ± 70 ^a	94.37 ± 0.14 ^a
AM ₁₀ HP ₂₀	1.6 ± 0.17 ^{ab}	17.4 ± 0.23 ^b	34 ± 2 ^{ab}	584 ± 45 ^b	93.49 ± 0.34 ^b

تُمثل نباتات الشاهد (HP₀AM₀)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني (HP) (10 و 20 ميلي مول)، ونباتات المعاملة بالأحماض الأمينية (AM) (5 و 10 غ/ل)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً (HPAM). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=5، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل معيار عند كل معاملة ($P<0.05$, ANOVA-Tukey test).

تُشير نتائج الجدول (2) لوجود فروق معنوية ($P<0.05$) بين المعاملات المدروسة من حيث نسبة تصافي العرائيس (%). حيث لوحظ زيادة معنوية في نسبة التصافي (%) فقط عند تراكيز الرش الأعلى من الماء الأوكسجيني (20 ميلي مول) والأحماض الأمينية (10 ميلي مول).

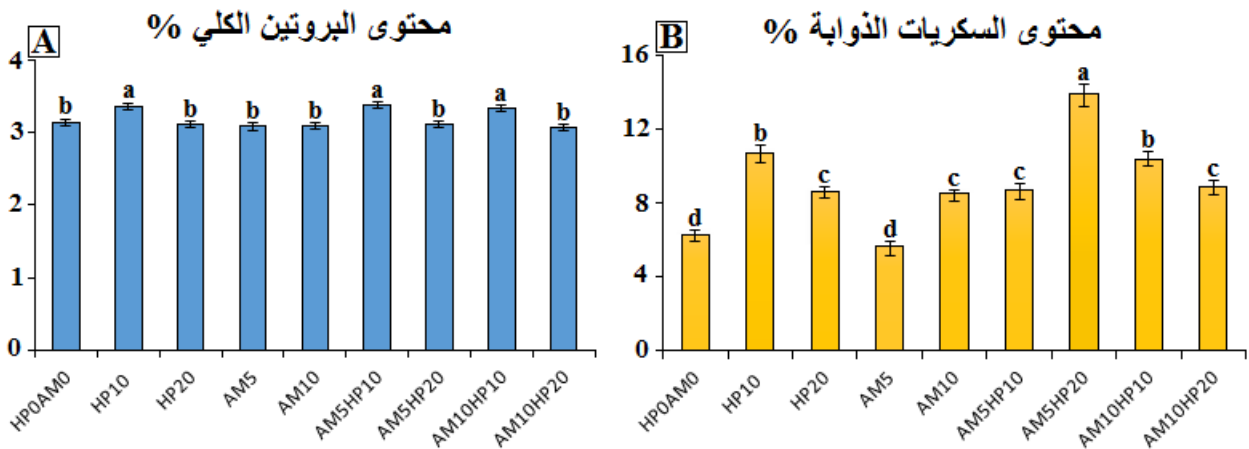
غ/ل)، فبلغت نسبة التصافي 94.41 و94.67 % على التوالي عند المعاملتين HP₂₀ وAM₁₀ مقارنةً بالشاهد (93.23 %). هذا ولم تظهر معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً أية فروق معنوية ($P>0.05$) ما عدا المعاملة AM₁₀HP₁₀ حيث بلغت عندها نسبة التصافي 94.37 %.

نظراً للدور الملحوظ للمعاملة رشاً بالماء الأوكسجيني في تحسين محتوى الأوراق من صبغات التمثيل الضوئي (الكلوروفيل والكاروتينات) ورفع كفاءة عملية التمثيل الضوئي وبالتالي تراكم المادة الجافة النبات، ما انعكس إيجاباً على معدل نمو المحصول ومساحة المسطح الورقي الكلي للنبات والذي يمكن أن يُفسر الزيادة الملحوظة في غلة النبات من العرائس الخضراء الكاملة، مكونات العرنوس (عدد الصفوف/العرنوس وعدد الحبوب/الصف) ونسبة التصافي % . فضلاً عما نوه إليه Černý *et al.* (2018) بأن الماء الأوكسجيني H₂O₂ يُساهم في زيادة أعداد حبوب اللقاح المتشكلة فضلاً عن دوره في نمو أنبوبة اللقاح ما يُساهم بزيادة نسبة الإلقاح والإخصاب، وبالتالي عدد الحبوب الناتجة. وفي هذا السياق، أشار Quan *et al.* (2000) إلى أن المعاملة بالماء الأوكسجيني H₂O₂ ذات آثار تنظيمية إيجابية على نمو وإنتاجية ونوعية المحاصيل الناتجة. تعود هذه الزيادة في غلة العرائس الخضراء الكاملة ومكوناتها ونسبة التصافي (%) عند الرش بالأحماض الأمينية لدورها كمنشط عضوي في تحفيز أداء النبات عبر زيادة معدل التمثيل الضوئي وادخار المادة الجافة، وبالتالي الحصول على غلة عالية (Abdel-Mawgoud *et al.*, 2011). وهذا يتفق مع نتائج (Deyoe and Shellenberger, 1965) بأن رش الأحماض الأمينية على المجموع الخضري للنبات بمعدل (2 لتر/هكتار) يؤدي إلى تحسين خصائص النمو والتطور لنباتات الذرة البيضاء الرفيعة وبالتالي إنتاجيتها. ذكر (Ghaith and Galal, 2014) أن رش نباتات البازلاء بخليط يحوي الأحماض الأمينية عند تركيز 100 جزء في المليون يزيد بشكل كبير من نمو النبات، وإنتاجية القرون وجودتها. وهكذا، سببت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً هذه الزيادة الملحوظة في غلة النبات من العرائس الخضراء الكاملة، مكونات العرنوس ونسبة التصافي %.

5- تأثير المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية في محتوى حبوب العرائس من السكريات الذوابة والبروتينات (% من الوزن الرطب):

بينت نتائج تحليل التباين (الشكل 4 A) وجود فروق معنوية ($P<0.05$) بين المعاملات المدروسة في محتوى حبوب الذرة السكرية الطازجة من البروتين الكلي %، حيث أدت المعاملة رشاً بالماء الأوكسجيني لزيادة معنوية ($P<0.05$) في محتوى الحبوب الطازجة من البروتين الكلي، فبلغ محتوى البروتين 3.36 % عند المعاملة HP₁₀ مقارنةً بالشاهد (3.14 %). أظهرت معاملات الرش بالأحماض الأمينية (5 و10 غ/ل) عدم وجود فروق معنوية ($P>0.05$) في محتوى حبوب الذرة السكرية من البروتين % وذلك مقارنةً بالشاهد. كما وأدت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً لزيادة محتوى الحبوب من البروتين الكلي، حيث سجل محتوى البروتين الكلي 3.38 و3.34 % على التوالي عند المعاملتين AM₅HP₁₀ وAM₁₀HP₁₀.

تُشير النتائج (الشكل 4 B) لوجود فروق معنوية ($P<0.05$) بين المعاملات المدروسة في محتوى حبوب الذرة السكرية الطازجة من السكريات الذوابة %، حيث أبدت معاملات الرش بالماء الأوكسجيني (10 و20 ميلي مول) زيادة معنوية ($P<0.05$) في محتوى السكريات الذوابة أكثر وضوحاً عند حبوب المعاملة HP₁₀ والتي بلغت نسبة السكريات الذوابة فيها 10.64 % مقارنةً بالمعاملة HP₂₀ (8.57 %) والشاهد (6.26 %). زادت معاملة الرش بالأحماض الأمينية 10 غ/ل زيادة معنوية ($P<0.05$) في محتوى السكريات الذوابة بالحبوب والبالغ 8.42 % . أدت جميع معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً لزيادة معنوية ($P<0.05$) في محتوى الحبوب من السكريات الكلية الذوابة %، وكان أكبر محتوى من السكريات عند المعاملة AM₅HP₂₀ (13.83 %) وعند المعاملة AM₁₀HP₁₀ (10.39 %).



الشكل 4. محتوى البروتين الكلي % (ملغ/100 ملغ وزن رطب) (A) والسكريات الذوابة % (ملغ/100 ملغ وزن رطب) (B) في حبوب هجين الذرة السكرية (*Zea mays var. saccharata*) غولدن سويت (*Golden Sweet Hybrid*)، لدى نباتات الشاهد (HP₀AM₀)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني (HP) (10 و 20 ميلي مول)، ونباتات المعاملة بالأحماض الأمينية (AM) (5 و 10 غ/ل)، ونباتات المعاملة بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً (HPAM). تُشير جميع المعطيات إلى متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE)، n=5، وأحرف مختلفة لإظهار الفروق المعنوية بين المتوسطات لكل معيار عند كل معاملة (ANOVA-Tukey test, P<0.05).

إن زيادة مستويات H₂O₂ داخل الخلية النباتية يمكن أن يؤثر في نمو وتطور ونوعية الثمار الناتجة، وتبرز هنا أهمية تطبيق H₂O₂ وبالتركيز الأمثل اللازم لنمو جيد ونوعية عالية من حبوب الذرة السكرية وخاصةً من حيث محتواها من البروتينات والسكريات الذوابة. إن هذا الزيادة الملحوظة في محتوى حبوب الذرة السكرية من السكريات الذوابة % تتفق مع نتائج (Guzel and Terzi, 2013) والتي أشارت لدور الماء الأوكسجيني في زيادة النمو، والمحتوى الكلي من البروتينات والسكريات الذوابة لدى أوراق وحبوب الذرة الصفراء. كما وجد أن تطبيق الماء الأوكسجيني H₂O₂ أسهم في تحسين نسبة السكر في ثمار المحاصيل الناتجة (Magwaza and Opara, 2015) ما يزيد من جودة هذه الثمار. وفي هذا السياق، أظهرت نتائج (Ozaki et al., 2009) بأن المعاملة رشاً بالماء الأوكسجيني وبتركيز 20 ميلي مول أدى لزيادة المحتوى من الجلوكوز، الفركتوز والسكرور في أوراق وثمار نبات الشام. فضلاً عن دور الماء الأوكسجيني وتأثيره، فإن هذه الزيادة الحاصلة في محتوى حبوب الذرة السكرية من البروتينات والسكريات الذوابة % لدى بعض معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية معاً والتي توقفت على بقية المعاملات يمكن أن تعود لدور لتأثير الأحماض الأمينية ودورها في تنشيط مجمل العمليات الفيزيولوجية، الكيمائية-الحيوية والاستقلابية الجارية في الخلايا، فضلاً عن توفيرها مكونات جاهزة لبناء وتركيب البروتينات واصطناع والسكريات (Al-Said and Kamal, 2008)، ما ينعكس إيجاباً على جودة ونوعية حبوب الذرة الناتجة.

الاستنتاجات والتوصيات:

حسنت معاملة الرش بالماء الأوكسجيني مؤشرات النمو لدى نباتات الذرة السكرية، وكان ذلك ملحوظاً من خلال الزيادة الحاصلة في: ارتفاع النبات (سم)، المساحة الورقية (سم²)، مساحة المسطح الورقي الكلي (سم²)، المحتوى من صبغات التمثيل الضوئي (الكلوروفيل والكاروتينات) (ميكروغرام/غ وزن رطب)، معدل التمثيل الضوئي الصافي (ملغ/سم²/يوم) ومعدل نمو المحصول (غ/م²/يوم)، ما انعكس إيجاباً على غلة العرائيس الخضراء الكاملة (غ/نبات) ومكوناتها، فضلاً عن زيادة محتواها من البروتين الكلي والسكريات الذوابة (%). وبشكل خاص عند التركيز 10 ميلي مول. أدت معاملة الرش بالأحماض الأمينية وخصوصاً عند التركيز 10 غ/ل لزيادة في ارتفاع النبات (سم)، المساحة الورقية (سم²)، مساحة المسطح الورقي الكلي (سم²)، دليل المساحة الورقية (LAI)، معدل التمثيل الضوئي (ملغ/سم²/يوم)، معدل نمو المحصول (غ/م²/يوم)، المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب) والغلة من العرائيس الخضراء الكاملة (غ/نبات) ومكوناتها، فضلاً عن زيادة محتوى حبوب العرائيس من السكريات الذوابة (%). أسهمت معاملة

الرش معاً بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية، وبشكل خاص عند المعاملات AM₅HP₁₀ و AM₁₀HP₁₀ لزيادة في مجمل خصائص النمو المورفولوجية، المورفيزيولوجية والإنتاجية لدى نباتات الذرة وبشكل يفوق بقية المعاملات الأخرى المدروسة، كما وزادت أيضاً محتوى الحبوب من البروتينات الكلية والسكريات الذوابة (%). هذا وسُجل أعلى محتوى من السكريات الذوابة (%) في الحبوب الطازجة عند المعاملة AM₅HP₂₀.

وهكذا، يمكن الاقتراح باستخدام معاملات الرش بالماء الأوكسجيني والأحماض الأمينية، سواءً لوحدها أم معاً، وبتراكيز تتراوح بين (10-20 ميلي مول) للماء الأوكسجيني و(5-10 غ/ل) للأحماض الأمينية، كمحفزات لغرض تحسين نمو نبات الذرة السكرية، وغلة عرائسها وجودة حبوبها من حيث محتوى البروتينات الكلية والسكريات الذوابة فيها.

المراجع:

أبو ضاحي، يوسف حمد ومؤيد أحمد اليونس (1998). دليل تغذية النبات، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، بغداد، العراق.
عبد الحميد، عماد وعلي ديب طارق (2004). إنتاج محاصيل الحبوب وتكنولوجياها، منشورات مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، جامعة تشرين، سورية.

Abdel-Mawgoud, A.M.R.; A.M. El-Bassiouny; A. Ghoname; and S.D. Abou-Hussein (2011). Foliar application of amino acids and micronutrients enhance performance of green bean crop under newly reclaimed land conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 5: 51–55.

Abo-Sedera, F.A.; A.A. Abd El-Latief; L.A. Bader; and S.M. Rezk (2010). Effect of NPK mineral fertilizer levels and foliar application with humic and amino acids on yield and quality of strawberry. *Egyptian Journal of Applied Science*. 25: 154–169.

Al-Said, M.A.; and A.M. Kamal (2008). Effect of foliar spray with folic acid and some amino acids on flowering yield and quality of sweet pepper. *The Journal of Agricultural Science, Mansoura University*. 33: 7403–7412.

Azimi, M.S.; J. Daneshian; S. Sayfzadeh; and S. Zare (2013). Evaluation of amino acid and salicylic acid application on yield and growth of wheat under water deficit. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*. 5: 709–712.

Bhattacharjee, S. (2012). An inductive pulse of hydrogen peroxide pretreatment restores redox-homeostasis and mitigates oxidative membrane damage under extremes of temperature in two rice cultivars (*Oryza sativa* L., Cultivars Ratna and SR26B). *Plant Growth Regulation*. 68: 395–410.

Cao, D.D.; J.J. Hu; S.J. Zhu; W.M. Hu; and A. Knapp (2010). Relationship between changes in endogenous polyamines and seed quality during development of sh2 sweet corn (*Zea mays* L.) seed. *Scientia Horticulturae*. 123: 301–307.

Carvajal, M.; A. Cerdá; and V. Martínez (2000). Modification of the response of saline stressed tomato plants by the correction of cation disorders. *Plant Growth Regulation*. 30: 37–47.

Černý, M.; H. Habánová; M. Berka; M. Luklová; and B. Brzobohatý (2018). Hydrogen peroxide: Its role in plant biology and crosstalk with signaling networks. *International Journal of Molecular Sciences* 19, 2812; doi:10.3390/ijms19092812.

Cevahir, G.; S. Yentür; E. Aytamka ; F. Eryilmaz; and N. Yılmaz (2005). The effect of nitric oxide, salicylic acid and hydrogen peroxide on the pigment content in excised cotyledons of red cabbage (*Brassica oleraceae* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*. 14: 591–598.

- Darwish, M.; F. Lopez-Lauri; M. El Maataoui; L. Urban; and H. Sallanon (2014). Pretreatment with alternation of light/dark periods improves the tolerance of tobacco (*Nicotiana tabacum*) to clomazone herbicide. *Journal of Photochemistry and Photobiology*. 134: 49–56.
- Dat, J.; S. Vandenabeele; E. Vranová; M. Van Montagu; D. Inzé; and F. Van Breusegem (2000). Dual action of the active oxygen species during plant stress responses. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 57: 779–795.
- Deyoe, C.W.; and J.A. Shellenberger (1965). Nutritive value of grains, amino acids and proteins in sorghum grain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 13(5); doi: 10.1021/jf60141a018.
- Doehlert, D.C.; T.M. Kuo; J.A. Juvik; E.P. Beers; and S.H. Duke (1993). Characteristics of carbohydrate metabolism in sweet corn sugary-1 endosperms. *Journal of American Society Horticulture Science*. 118: 661–666.
- Dubois, M.; K.A. Gilles; J.K. Hamilton; P.A. Rebers; and F. Smith (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28: 350–356.
- Ebrahimi, M.; A. Roozbahani; and M. Baghi (2014). Effect of potash fertilizer and amino acids on yield components and yield of maize (*Zea mays* L.). *Crop Research*. 48: 15–21.
- El-Ghamry, A.M.; K.M. Abd El-Hai; and K.M. Ghoneem (2009). Amino and humic Acids promote growth, yield and disease resistance of faba bean cultivated in clayey soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 3: 731–739.
- El-Sahookie, M.M. (1985). A short method for estimating plant leaf area in maize. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 154: 157–160.
- El-Shabasi, M.S.; S.M. Mohamed; and S.A. Mahfouz (2005). Effect of foliar spray with some amino acids on growth, yield and chemical composition of garlic plants. The 6th Arabian Conference for Horticulture, Ismailia, Egypt.
- El-Sherbeny, M.R.; and J.A. Teixeira da Silva (2013). Foliar treatment with proline and tyrosine affect the growth and yield of beetroot and some pigments in beetroot leaves. *Journal of Horticultural Research*. 21: 95–99.
- EL-Tantawy, E.M. (2009). Behavior of tomato plant as affected by spraying with chitosan and Amdinofert as natural stimulator substances under application of soil organic amendment. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 12: 1164–1173.
- Foreman, J.; V. Demidchik; J.H. Bothwell; P. Mylona; H. Miedema; M.A. Torres; P. Linstead; S. Costa; C. Brownlee; J.D. Jones; J.M. Davies; and L. Dolan (2003). Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase regulate plant cell growth. *Nature*. 422: 442–446.
- Gao, Z.; M. Sagi; and S.H. Lips (1998). Carbohydrate metabolism in leaves and assimilate partitioning in fruits of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) as affected by salinity. *Plant Science*. 135: 149–59.
- Ghaith, R.H; and R.M. Galal (2014). Response of pea plant (*Pisum sativum* L.) growth and yield for spraying of amino acid and boron. *Egyptian Journal of Applied Sciences*. 29: 154–173.
- Gondim, F.A.; R.S. Miranda; E. Gomes-Filho; and J.T. Prisco (2013). Enhanced salt tolerance in maize plants induced by H₂O₂ leaf spraying is associated with improved gas exchange rather than with non-enzymatic antioxidant system. *The Theoretical and Experimental Plant Physiology*. 25: 251–260.

- Gornall, A.G.; C.J. Bardawill; and M.M. David (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry*. 177: 751–766.
- Guzel, S.; and R. Terzi (2013). Exogenous hydrogen peroxide increases dry matter production, mineral content and level of osmotic solutes in young maize leaves and alleviates deleterious effects of copper stress. *Botanical Studies*. 54(26): 2–10.
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthesis biomebranes. In: Colowick, S.P.; Kaplan, N.O. (eds). *Methods in Enzymology*. Academic Press, New York, pp 350–382.
- Liu, Z.J.; Y.K. Guo; and J.G. Bai (2010). Exogenous hydrogen peroxide changes antioxidant enzyme activity and protects ultrastructure in leaves of two cucumber ecotypes under osmotic stress. *Journal of Plant Growth Regulation*. 29: 171–183.
- Lozek, O.; and J. Fecenko (1996). Effect of foliar application of manganese, boron and sodium humate on the potato production. *Microelementy Wrolinektwie*. 1: 169–172.
- Magwaza, L.S.; and U.L. Opara (2015). Analytical methods for determination of sugars and sweetness of horticultural products-A review. *Scientia Horticulturae*. 184: 179–192.
- McCarthy, P.; C.E. Clapp; and R.L. Malcolm (1990). Humic substances in soil and crop sciences: Selected reading. American Society of Agronomy and Soil, Science Society of America, Madison, Wisconsin. 261–271.
- Miranda, M.; L. Borisjuk; A. Tewes; U. Heim; N. Sauer; U. Wobus; and H. Weber (2001). Amino acid permeases in developing seeds of *Vicia faba* L.: expression precedes storage protein synthesis and is regulated by amino acid supply. *The Plant Journal*. 28: 61–71.
- Moussa, H.R.; and M.A.H.F. Mohamed (2011). Role of nitric acid or H₂O₂ in antioxidant defense system of *Pisum sativum* L. under drought stress. *Natural Science*. 9: 211–216
- Neri, D.; E.M. Lodolini; K. Chelian; G. Bonanomi; and F. Zucchini (2002). Physiological responses to several organic compounds applied to primary leaves of cowpea (*Vigna Sinensis* L.). *Acta Horticulturae (ISHS)*. 594: 309–314.
- Oktem, A. (2008). Determination of selection criterions for sweet corn using path coefficient analyses. *Cereal Research Communications*. 36: 561–570.
- Ozaki, K.; A. Uchida; T. Takabea; F. Shinagawaa; Y. Tanakab; T. Takabeb; T. Hayashic; T. Hattoria; A.K. Raid; and T. Takabea (2009). Enrichment of sugar content in melon fruits by hydrogen peroxide treatment. *Journal of Plant Physiology*. 166: 569–578.
- Quan, L.J.; B. Zhang; W.W. Shi; and H.Y. Li (2008). Hydrogen peroxide in plants: A versatile molecule of the reactive oxygen species network. *Journal of Integrative Plant Biology*. 50: 2–18.
- Ragheb, E.E. (2016). Sweet corn as affected by foliar application with amino and humic acids under different fertilizer sources. *Egyptian Journal of Horticulture*. 43: 441–456.
- Saeed, M.R.; A.M. Kheir; and A.A. Al-Sayed (2005). Suppressive effect of some amino acids against *Meloidogyne incognita* on Soybeans. *Journal of Agricultural Sciences, Mansoura University* 30: 1097–1103.
- Simon, S.R.; and F.P. Balabbo (2015). Yield performance of sweet corn (*Zea Mays* Var. *Saccharata*) using vermicompost as a component of balanced fertilization strategy. *International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences (IJCEBS)*. 3: 224–227.

- Shafeek, M.R.; Y.I. Helmy; A.F. Magda Shalaby; and M. Nadia Omer (2012). Response of onion plants to foliar application of sources and levels of some amino acid under sandy soil conditions. *Journal of Applied Sciences Research*. 8: 5521–5527.
- Shalaby, T.A.; and H. El-Ramady (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield, components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*. 8: 271–275.
- Strand, A.; V. Hurry; S. Henkes; N. Huner; P. Gustafsson; P. Gardestrom; and M. Stitt (1999). Acclimation of Arabidopsis leaves developing at low temperatures. Increasing cytoplasmic volume accompanies increased activities of enzymes in the Calvin cycle and in the sucrose biosynthesis pathway. *Plant Physiology*. 119: 1387–98.
- Tsukagoshi, H.; W. Busch; and P.N. Benfey (2010). Transcriptional regulation of ROS controls transition from proliferation to differentiation in the root. *Cell*. 143: 606–616.
- Uchida, A.; A.T. Jagendorf; T. Hibino; T. Takabe; and T. Takabe (2002). Effects of hydrogen peroxide and nitric oxide on both salt and heat stress tolerance in rice. *Plant Science*. 163: 515–23.
- Watson, D. J. (1956). Symposium on growth of leaves. University of Nottingham, pp. 178-191.
- Williams, R.F. (1946). The physiology of plant growth with special reference to the concept of net assimilation rate. *Annals of Botany*. 37: 41-71.
- Xu, F.J.; C.W. Jin; W.J. Liu; Y.S. Zhang; and X.Y. Lin (2010). Pretreatment with H₂O₂ alleviates aluminum-induced oxidative stress in wheat seedlings. *Journal of Integrative Plant Biology*. 54: 44–53.

The Response of Some Productivity and Quality Characteristics of the Sweet Corn (*Zea mays var. saccharata*) Hybrid (*Golden Sweet hybrid*) to Hydrogen Peroxide (H₂O₂) and Amino Acids Treatments

Wajiha Kassem Al-Shar⁽¹⁾ Suleiman Salameh⁽²⁾ and Majd Darwish^{*(1)}

(1). Department of Field Crops. Faculty of Agriculture. Tishreen University. Lattakia. Syria.

(2). Faculty of Technical Engineering. Tartous University. Tartous. Syria

(* Corresponding author: Dr. Majd Darwish. Lattakia. Syria. E-mail: majds26@yahoo.com).

Received: 21/02/2019

Accepted: 31/05/2019

Abstract

The research was carried out by the cultivation of sweet corn (*Zea mays var. Saccharata*) grains (*Golden Sweet hybrid*) at Al-Fakhurah village in Latakia governorate during the season 2018, according to the randomized complete block design (RCBD) with three replicates. The study aimed to determine the effect of plant spraying with hydrogen peroxide (H₂O₂) (10 and 20 mM), with amino acids (5 and 10 g/L), and with H₂O₂ and amino acids together in some growth, yield and quality characteristics of sweet corn hybrid plants. The spraying treatments with H₂O₂, especially at a concentration of 10 mM, and with amino acids, especially at a concentration of 10 g/L, alone or together, conducted to many positive effects on all growth (morphological and physiological traits), productivity (fresh ear yield) and quality (total protein and soluble sugar contents in fresh ear kernels) characteristics of golden sweet corn. Thus, these compounds spraying with concentrations (10-20 mM for H₂O₂ and 5-10 g/L for amino acids), alone or together, is recommended considering to their observed role in stimulating the growth of sweet corn plants (*Golden Sweet hybrid*), increasing fresh yield of ear and improving the protein and soluble sugar contents of kernels.

Keywords: Sweet corn, Hydrogen peroxide, Amino acids, Productivity.