تأثير معاملة الرش الورقي بمنظم النمو الأوكسين IAA في بعض معايير النمو في ثلاثة طرز من الذرة الصفراء (Zea mays L.)

د. ريم العبد الهادي*

الملخص

نُفذ البحث خلال العام 2019 في كلية الزراعة، بجامعة دمشق، لدراسة تأثير الرش الورقي بأحد منظمات النمو (IAA) في بعض معايير النمو على ثلاثة طرز وراثية من محصول الذرة الصفراء. تمّ رش منظم النمو بتراكيز مختلفة (0، 1، 25، 300 جزء بالمليون IAA) على الأوراق بعد 20 يوماً من تاريخ الزراعة. وصممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة العاملية، بمعدّل ثلاثة مكررات لكل معاملة وهجين أو سلالة. وكان متوسط الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً لدى الطراز الوراثي (IN-272-06) (2.65غ)، والهجين (IN-456-06 × IN-239-14) (2.53) عند التركيز 300 جزء بالمليون، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي (IN-272-06)، والهجين (IN-272-06 × IN-90-14) عند معاملة الشاهد وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (1.43غ و1.45 غ على التوالي). وكان متوسط معدّل النمو المطلق، ودليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً عند التركيز 300 جزء بالمليون، لدى نباتات الطرازين الوراثيين، السلالة (IN-272-06)، والهجين (IN-456-06 × IN-239-14) وبدون فروقات معنوية بينهما (12.93 غ. يوم$^{-1}$، 12.47غ. يوم، 5.26 ، 4.35 على التوالي)، في حين كانا الأدنى معنوياً لدى نباتات الهجين (IN-272-06 × IN-90-14) عند التركيز 1 جزء

* دكتورة، عضو هيئة فنية، قسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.

بـالمليون IAA، والشـاهد، وبـدون فروقـاتٍ معنويـة بينهمـا (4.27 غ. يـوم$^{-1}$، 4.36 غ. يـوم$^{-1}$ 2.18، 3.21 علـى التـوالي). كـان متوسـط المسـاحة الورقيـة الفعّالـة الأعلـى معنويـاً عند التركيز 300 جزء بالمليون، لدى نباتات الطرز الوراثية (IN-272-06)، و(IN-90-14 × IN-272-06)، و(IN-456-06 × IN-239-14) وبدون فروقات معنوية بينها (46.96، 44.59، 44.35 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطراز الوراثي (IN-90-14 × IN-272-06)، عند معاملة 1 جزء بالمليون IAA والسـلالة (IN-272-06) عنـد معاملـة الشـاهد وبـدون فروقـاتٍ معنويـة بينهمـا (20.20، 22.79 سـم^2. يـوم$^{-1}$ علـى التـوالي). عمومـاً، تُعـد السـلالة (IN-272-06)، والهجين (IN-90-14 × IN-272-06) أكثر استجابة لمعاملة الرش بالأوكسين، وازدادت مؤشرات النمو المدروسة بشكلٍ طردي ومعنوي مع زيادة تركيز الأوكسين IAA.

الكلمات المفتاحية: حمض الاندول الخلي (IAA)، معايير النمو، الذرة الصفراء.

Effect of Foliar Application with IAA on Some Growth Parameters in Three Corn (Zea mays L.) Genotypes

Dr. Reem AL-Abd alhadi*

Abstract

The research was conducted during the growing season 2019 in the Faculty of Agriculture, Damascus University, to study the effect of foliar application with Indole 3- acetic acid (IAA) on some growth parameters in three corn genotypes. The IAA solution was applied on the leaves after 20 days from sowing date using three different concentrations (0, 1, 25 and 300 ppm IAA). The experiment was designed using RCBD with three replications. The average plant dry weight was significantly higher in the line (IN-272-06) (2.65), the hybrid (IN-239-14 × IN-456-06) (2.53) at 300 ppm IAA while it was significantly lower in the two genotypes (IN-272-06) and (IN-90-14 × IN-272-06) at the control treatment without significant differences between them (1.43 and 1.45 g respectively). The absolute growth rate and the leaf area index were significantly higher at the IAA level of 300 ppm in the genotypes (IN-272-06) and (IN-239-14 × IN-456-06) with no significant differences between them (12.93 and 12.47 g day^{-1}; 5.26 and 4.35 respectively), while it was significantly lower in the hybrid (IN-90-14 × IN-272-06) at 1 ppm IAA and the control without significant differences between them (4.27 g day^{-1} and 4.36 g day^{-1}; 2.18 and 3.21 respectively). The average of leaf area duration was significantly higher at the IAA concentration 300 ppm in the three studied genotypes (IN-272-06, IN-90-14 × IN-272-06 and (IN-239-14 × IN-456-06) with no significant differences among them (46.96,

*Dr. in the Field Crops Dept., Faculty of Agriculture, Damascus University.

44.59 and 44.35 cm^2 day^{-1} respectively), while it was significantly lower in the genotypes (IN-90-14 × IN-272-06) at 1 ppm IAA and (IN-272-06) in the control treatment with no significant differences (20.20 cm^2 day^{-1} and 22.79 cm^2 day^{-1} respectively). Generally, the corn line IN-272-06 and the hybrid (IN-90-14 × IN-272-06) were more responsive to IAA treatment and the growth parameters increased proportionately with the level of applied auxin.

Key words: Indole, 3 acetic acid (IAA), Growth parameters, Corn.

المقدمة Introduction

يُعد محصول الذرة الصفراء Corn (Zea mays L.) من المحاصيل النجيلية المهمة، التي تدخل في تغذية الانسان والحيوان، إضافةً الى استعمالاتها الصناعية المتعددة، حيث يُصنع من حبوبه النشاء، والبيرة، والدبس، والأمصال السكرية، والمطاط، والأدوية والصمغ، ويُستخرج الكحول والدكسترينات، والوقود الحيوي Biofuel، كما تُستخدم سوق نباتات الذرة الصفراء في صناعة الورق، والبلاستيك (Waston، 1988). تُعرف منظمات النمو Growth regulators بأنّها مركبات عضوية مختلفة، تعمل بكمياتٍ صغيرة جداً على تنظيم نمو النبات من خلال تشجيع Promote، أو تثبيط Inhibit، أو تعديل Modify العمليات الفيزيولوجية في النبات، ويتم إنتاجها طبيعياً داخل النبات Endogenous، وتُسمّى أيضاً بالهرمونات النباتية Plant hormones، حيث يتم إنتاجها ضمن أنسجة معينة في النبات، ثمّ تنقل من مواقع التصنيع إلى مواقع التأثير. ومن أهم مشجعات النمو Growth promotors، الأوكسينات Auxins، والجبريلينات Gibbirilins، والسيتوكينينات Cytokin، التي تؤدي العديد من الوظائف الفيزيولوجية في النبات وتؤدي إلى زيادة معدلّ نمو النباتات وتطورها وإنتاجيتها (Hernandez، 1997). يُعد المركب Indole 3- Acetic Acid (IAA) (C_8H_7N) الأوكسين الأساسي في النباتات الراقية. وتُعد الأنسجة الجنينية (الميرستيمية) في القمم الطرفية للسوق، والأوراق الحديثة النمو المصدر الرئيس لإنتاج الأوكسينات، كما تُعد الأجنة Embryos مصدراً آخراً لهذه الأوكسينات (الشحاذة العودة وزملاؤه، 2015). وتؤدي الأوكسينات دوراً أساسياً في زيادة استطالة الخلايا النباتية Cell elongation التي تحدد معدّل النمو، حيث تعمل الأوكسينات بشكلٍ أساسي على زيادة معامل مطاطية الجدر الخلوية Cell Wall Extensibilities، ويمكن أن يُفسر ذلك من خلال مقدرة هذا الهرمون على إزالة بكتات الكالسيوم والمواد المعدنية المسؤولة عن صلابة الجدار الخلوي، وتحلل بعض المواد

العضوية كالسيللوز والهيميسيللوز والبكتين المسؤولة عن صلابة الجدر الخلوية وذلك من خلال تنشيط الأنزيمات المسؤولة عن تحلل هذه المواد (الشحاذة العودة وزملاؤه، 2015). وقد لوحظ وجود البروتينات المُقللة لصلابة الجدر الخلوية Wall loosening proteins، التي تُسمّى اصطلاحاً Expansins، التي تنشط عندما تنخفض درجة حموضة الجدر الخلوية، وتعمل على زيادة مطاطية الجدر الخلوية من خلال إضعاف الروابط الهيدروجينية الموجودة بين السكريات العديدة Polysaccharide الداخلة في تركيب الجدر الخلوية (الشحاذة العودة وزملاؤه، 2015). وتُسهم الأوكسينات في زيادة سرعة نفاذية الأغشية الخلوية، وبخاصةٍ في طبقة المواد الدهنية المفسفرة، ما يجعل مرور المواد العضوية والمعدنية إلى داخل الخلية النباتية أكبر، وذلك يُسهم في خفض الجهد الحلولي Osmotic Potential داخل الخلايا، وبالتالي ينتقل الماء من الخلايا والأنسجة المجاورة فيزداد ضغط الامتلاء Turgor potential (Ψp) داخل الخلايا، ومن ثمّ تزداد استطالة هذه الخلايا (Newaj وزملاؤه، 2002). وتُسهم الأوكسينات في زيادة سرعة الانقسام الخلوي Cell division، كما تُشجع الأوكسينات على تشكيل الأحماض النووية Nucleic acids (RNA, DNA)، وبشكلٍ خاص الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسيجين (RNA)، الأمر الذي يُسهم في زيادة تشكيل البروتينات البنائية اللازمة لاحتياجات نمو النبات في مراحله المختلفة. ويؤخر التركيز المرتفع من الأوكسينات تساقط الأوراق في النبات، حيث تنتج الأوراق النامية IAA، ولكن تحت ظروف الإجهاد وفي الأوراق القديمة يقل إنتاج هذا الأوكسين، ويزيد نتيجة لذلك تركيز الإيثلين عند قاعدة الأوراق، الأمر الذي يضعف الخلايا في منطقة الانفصال وبالنهاية تتساقط الأوراق، الأمر الذي يؤثر سلباً في حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمّ كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمتاحة لنمو أجزاء النبات المختلفة (Rastogi وزملاؤه، 2013). درس Eifediyi و Remison (2015) تأثير

المعاملة بالرش بعدّة تراكيز من حمض الأندول الخلي (0، 200، 400، 600 ppm) في المساحة الورقية Leaf area في محصول الذرة الصفراء، ووجدا أنّ المساحة الورقية في النبات كانت الأعلى معنوياً عند التركيز 600 جزء بالمليون. وفي بحثٍ آخر على محصول القمح Wheat أدّت المعاملة بحمض الأندول الخلي المترافقة مع المعاملة بعنصر الزنك (Zn^{++}) إلى زيادة معدّل صافي التمثيل الضوئي Net assimilation rat (NAR)، والمحتوى الكلي من المادة الجافة Dry matter والغلّة الحبية (Hemantranjan و Garg، 1984). وأدّت أيضاً معاملة نباتات القمح بحمض الأندول الخلي خلال مرحلة امتلاء الحبوب Grain filling stage إلى زيادة حجم الحبة ودرجة امتلائها، وحسّنت مستوى تحمل النباتات من مختلف أصناف القمح المدروسة للإجهاد الملحي Salinity stress (Saeidi وزملاؤه، 2014).

يُعد تحليل نمو النبات Plant growth analysis من الطرائق الأساسية المعتمدة لدراسة نمو النباتات وتطورها وإنتاجيتها (Wilson، 1981). وإنّ النمو والإنتاجية هما محصلة عدد كبير من العمليات الأيضية Metabolic processes، التي عادةً ما تتأثر بالعوامل البيئية والوراثية. وإنّ دراسة أنموذج نمو النباتات وفهمه بشكلٍ دقيق، لا يعطينا فقط فكرة عن كيفية تراكم المادة الجافة، ولكن يُوضح أيضاً الأحداث التي تجعل النبات أكثر أو أقل إنتاجية بشكلٍ مفرد أو ضمن المجتمع النباتي (Ahad، 1986). وعلى مستوى النوع المحصولي، فإنّ مؤشرات النمو مثل دليل المساحة الورقية الأمثل (LAI) Optimum leaf area index، ومعدّل نمو المحصول Crop Growth Rate (CGR)، تمّ تحديدها كعوامل محددة رئيسة للغلّة الاقتصادية (Sun وزملاؤه، 1999). ويمكن أن تفسر مجموعة مؤشرات النمو التباين الوراثي Genetic variability في الغلّة الاقتصادية بشكلٍ أفضل من أي مؤشر نمو لوحده (Ghosh و Singh، 1998). وتُعبّر أيضاً هذه المؤشرات عن كفاءة النباتات في امتصاص الأشعة الضوئية الفعّالة في عملية

التمثيل الضوئي Photo-synthetically Active Radiation (PAR)، وتزويد النبات بالطاقة اللازمة لدفع عجلة التمثيل الضوئي، وزيادة معدّل فقد المياه بالنتح Transpiration (T)، وحدوث عملية التبادل الغازي عن طريق المسامات Stomata، التي تضمن إتاحة كميةٍ كافية من غاز الفحم (CO_2) ضمن مراكز التثبيت (الستروما Stroma) في الصّانعات الخضراء Chloroplasts، ما يؤدي إلى استمرار عملية التمثيل الضوئي وإنتاج المادة الجافة حتى تحت ظروف العجز المائي Water deficit، تحت ظروف الزراعة المطرية Rainfed conditions في الحقول الموبوءة بالأعشاب الضّارة Weeds (Albrizio و Steduto، 2005). يُعد أسلوب تحليل النمو Growth analysis approach من الطرائق المهمة لتقييم استجابة النباتات للأحداث/التغيرات (البيئية، عوامل إدارة المحصول)، التي طرأت عليها خلال دورة حياة المحصول (Zare- Feizabady و Ghodsi، 2011). وإنّ العوامل المؤثرة في طبيعة وآلية نمو النباتات، مثل تراكم المادة الجافة Dry matter accumulation، ومعدّل نمو المحصول (CGR)، ومعدّل النمو النسبي Relative growth rate (RGR)، ودليل المساحة الورقية (LAI)، هي من الوسائل البحثية المهمة التي تُسهل عملية انتخاب وتطوير طرز وراثية أكثر تكيفاً مع ظروف الجفاف، مع المحافظة على الكفاءة الإنتاجية، وتُساعد أيضاً في تطوير عوامل الإدارة المناسبة (حزمة التقانات الزراعية) لطراز وراثيٍ ما ضمن منطقة بيئية محددة (Rahimizadeh وزملاؤه، 2013).

يهدف البحث إلى دراسة تأثير المعاملة بالرش الورقي بعدة تراكيز من حمض الأندول الخلي (IAA) في بعض مؤشرات النمو لدى هجينين فرديين، وسلالة مبشرة من الذرة الصفراء.

مواد البحث وطرائقه Materials and methods

تمّ تنفيذ البحث في قسم المحاصيل الحقلية، كلية الهندسة الزراعية، جامعة دمشق خلال الموسم الزراعي 2019. صممت التجربة وفق تصميم القطاعات العشوائية الكاملة بثلاثة مكررات لكل معاملة وتركيب وراثي. اشتملت الدراسة على ثلاثة طرز وراثية من الذرة الصفراء، الهجينان (IN-456-06 × IN-239-14)، (IN-272-06 × IN-90-14)، والسلالة المبشرة (IN-272-06) (البوش، 2018)، وأربعة تراكيز من حمض الأندول الخلي (0، 1، 25، 300 جزء بالمليون). نُفذت التجربة في الأصص الزراعية (بقطر 30 سم، وارتفاع 50 سم). تمّت الزراعة في الأوّل من شهر أيار عام 2019 وذلك في أصصٍ زراعية مُلئت بالتربة اللازمة للزراعة من مزرعة أبي جرش في كلية الزراعة، حيث زّرعت خمس حبوب في كل أصيص، وتمّ الابقاء على أربعة نباتات في كل أصيص بعد عملية التفريد (بعد اكتمال عملية الإنبات واسترساء البادرات فوق سطح التربة). تمّ تحضير محلول الرش من التركيز الأعلى (300 جزء بالمليون) من خلال إذابة كمية 300 ملغ من مادة حمض الأندول الخلي بنحو 2 مل من الكحول الإيثيلي (95%)، ثمّ أكمل الحجم الى 1000 مل خلال تسخين المحلول على حمام مائي حتى تمام تبخر الكحول (Al-Shaheen وزملاؤه، 2018). وتمّ تحضير التراكيز الأخرى بطريقة التمديد ابتداءً من المحلول الأم المُحضّر. وتمّت عملية الرش الورقي بالمحاليل بعد مضي 20 يوماً من تاريخ الزراعة، وبمعدّل 50 مل للنبات الواحد (Khan وزملاؤه، 2016) ولمرةٍ واحدة فقط، وتمّ قبل عملية البدء بعملية الرش قياس الوزن الجاف الأولي والمساحة الورقية الأولية لنباتين من كل معاملة، وتركيب وراثي، ومكرر. واستمرت التجربة مدّة شهر واحد فقط. وتّم في نهاية التجربة تسجيل الوزن الجاف النهائي، والمساحة الورقية النهائية للنباتات من كل معاملة، وتركيب وراثي، ومكرر. وتمّ تبويب البيانات وتحليلها إحصائياً باستخدام برنامج MSTAT- C (Russell، 1996) لحساب

قيم أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى المعنوية 5% بين المتغيرات المدروسة والتفاعلات المتبادلة بينها.

الصفات المدروسة Investigated traits

الوزن الجاف للنبات (غ): تمّ قياس الوزن الجاف للعينات النباتية باستخدام الميزان الالكتروني، بعد تجفيفها في المجففة الكهربائية على درجة 80° مدّة 96 ساعة، أو حتى الوصول إلى الوزن الجاف الثابت (Rattin وزملاؤه، 2018).

معدّل النمو المطلق Absolute Growth Rate (AGR): يُمثل الزيادة الكلية في الوزن خلال فترة زمنية محددة (مثال غ . أسبوع$^{-1}$)، ويكتب وفق المعادلة الآتية (Radford، 1967):

$$\text{AGR (غ.أسبوع}^{-1}\text{)} = \frac{(W_2 - W_1)}{(t_2 - t_1)}$$

حيث: W_1، W_2 الوزن الجاف الأولي والنهائي على التوالي، عند الزمن الأوّل (t_1)، والزمن الثاني (t_2).

المساحة الورقية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي Leaf Area Duration (LAD): وتحسب من العلاقة الآتية (Watson، 1937):

$$\text{LAD (سم}^2\text{ . يوم}^{-1}\text{)} = (L_1 + L_2)/2 \times (t_2 - t_1)$$

دليل المساحة الورقية Leaf area index (LAI) وهو النسبة بين مساحة أوراق نباتات المحصول إلى المساحة التي تشغلها تلك النباتات في الأصيص الواحد (Breda، 2003).

النتائج والمناقشة Results and discussion

الوزن الجاف للنبات (غ): بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($p\leq0.05$) في صفة الوزن الجاف للنبات بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين، الهجين (IN-456-06 × IN-239-14)، والسلالة (IN-272-06) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.08، 2.06 غ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الهجين (IN-272-06 × IN-90-14) (1.55 غ). وكان متوسط الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً عند التركيز 300 جزء بالمليون IAA (2.34 غ)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية التركيز 25 جزء بالمليون IAA (2.07 غ)، في حين كان الأدنى معنوياً عن معاملتي الشاهد والتركيز 1 جزء بالمليون IAA وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (1.61، 1.57 غ على التوالي) (الجدول، 1). وكان متوسط الوزن الجاف للنبات الأعلى معنوياً لدى السلالة (IN-272-06) عند التركيز 300 جزء بالمليون (2.56غ)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطرازين الوراثيين (IN-272-06) والهجين (IN-272-06 × IN-90-14) عند معاملة الشاهد وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (1.43، 1.45 غ على التوالي). دلّت العديد من البحوث على دور الهرمونات ولاسيما الأوكسينات في زيادة وزن المادة الجافة في النبات، من خلال زيادة معدّل الانقسام الخلوي، واستطالة الساق والأوراق، ما يؤدي إلى زيادة حجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي، ومن ثمّ زيادة كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة، ومن ثمّ معدّل صافي التمثيل الضوئي (NAR) (Amin وزملاؤه، 2006). ويعود ذلك إلى دور الأوكسينات في زيادة امتصاص العناصر الغذائية ومعدّل الانقسام الخلوي، وزيادة مطاطية جدران الخلايا النباتية، ما يؤدي إلى زيادة معدّل استطالتها، ومن ثمّ نمو النسج النباتية المختلفة وتطورها (Ali و Abbas، 2013). كما أنّ لمنظمات النمو دوراً مهماً في زيادة المادة الجافة من خلال زيادة المساحة الورقية Leaf area، وزيادة معدّل التمثيل الضوئي Assimilation rate، الذي يؤدي الى زيادة كمية المادة الجافة المُصنّعة والمتاحة (Kokare وزملاؤه، 2006).

الجدول رقم (1). تأثير المعاملات المدروسة في متوسط صفة الوزن الجاف (غ) في الطرز الوراثية.

المعاملات (IAA ppm)	الطرز الوراثية			المتوسط
	(IN-239-14 × IN-456-06)	(IN-90-14 × IN-272-06)	(IN-272-06)	
1	1.70	1.37	1.64	1.57^{c}
25	2.15	1.55	2.50	2.07^{b}
300	2.53	1.84	2.65	2.34^{a}
الشاهد	1.94	1.45	1.43	1.61^{c}
المتوسط	2.08^{a}	1.55^{b}	2.06^{a}	–
المتغير الإحصائي	الطرز الوراثية	المعاملات	التفاعل	
LSD (0.05)	0.16	0.14	0.27	

تشير الأحرف المتماثلة أمام المتوسطات إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

معدّل النمو المطلق (غ. يوم $^{-1}$): بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($p\leq0.05$) في صفة معدّل النمو المطلق بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط معدّل النمو المطلق الأعلى معنوياً لدى نباتات الطرازين الوراثيين، السلالة (IN-272-06)، والهجين (IN-239-14×IN-456-06) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (9.19، 8.60 غ. يوم$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الهجين (IN-272-06 × IN-90-14) (6.15 غ. يوم$^{-1}$) (الجدول، 2). وكان متوسط معدّل النمو المطلق الأعلى معنوياً عند التركيز 300 جزء بالمليون (11.81 غ. يوم$^{-1}$)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية التركيز 25 جزء بالمليون (8.81غ. يوم$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملتي التركيز 1 جزء بالمليون IAA، والشاهد وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (5.60، 5.70 غ. يوم$^{-1}$ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات المطبقة أنّ متوسط معدّل النمو المطلق كان الأعلى معنوياً عند التركيز التركيز 300 جزء بالمليون، لدى نباتات نباتات الطرازين الوراثيين، السلالة (IN-272-06)، والهجين (IN-456-06 × IN-239-14) وبدون فروقات معنوية بينهما (12.93،12.47غ. يوم$^{-1}$ على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطراز الهجين (IN-272-06 × IN-90-14) عند التركيز 1 جزء بالمليون IAA،

والشاهد وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (4.27، 4.36 غ. يوم$^{-1}$ على التوالي). ويعود ذلك للدور المهم للأوكسينات في زيادة محتوى الكلوروفيل في الأوراق، ما يؤدي إلى زيادة كمية الأشعة الضوئية الممتصة والمحولة بفضل عملية التمثيل الضوئي إلى مادةٍ جافة، تُستعمل في نمو أجزاء النبات المختلفة وتطورها (Ali و Abbas، 2013؛ عباس وزملاؤه، 2016). اتفقت هذه النتائج مع نتائج Amin وزملاؤه (2006)، الذين حصلوا على أعلى قيمة لمعدّل نمو المحصول عند المعاملة بالرش بالأوكسين IBA بمعدّل رش 50 ملغ . ل$^{-1}$ لعدّة طرز وراثية من الذرة الصفراء، خلال أطوار نمو مختلفة بالمقارنة مع الشاهد. في حين لم يجدْ Rattin وزملاؤه (2018) أيّة فروقاتٍ معنوية لكلٍ من معدّل نمو المحصول، والمساحة الورقية ومعدّل التمثيل الضوئي عند الرش بمنظم النمو BAP في محصول الذرة الصفراء. وتوافقت أيضاً مع ما توصل إليه Reddy وزملاؤه (2012)، الذين بيّنوا أنّ المعاملة بمنظمات النمو أدّت الى زيادة معظم معايير النمو الفيزيولوجية، ولا سيما معدّل النمو المطلق، ومعدّل نمو المحصول.

الجدول رقم (2). تأثير المعاملات المدروسة في متوسط معدّل النمو المطلق (غ. يوم$^{-1}$) في الطرز الوراثية.

المعاملات (IAA ppm)	الطرز الوراثية			المتوسط
	(IN-239-14 × IN-456-06)	(IN-90-14 × IN-272-06)	(IN-272-06)	
1	5.89	4.27	6.64	5.60^{c}
25	8.98	5.93	11.51	8.81^{b}
300	12.47	10.04	12.93	11.81^{a}
الشاهد	7.07	4.36	5.67	5.70^{c}
المتوسط	8.60^{a}	6.15^{b}	9.19^{a}	–
المتغير الإحصائي	الطرز	المعاملات	التفاعل	
LSD (0.05)	1.05	0.91	1.82	

تُشير الأحرف المتماثلة أمام المتوسطات إلى عدم وجود فروقاتٍ معنوية عند مستوى معنوية 0.05.

دليل المساحة الورقية: بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($p\leq0.05$) في صفة دليل المساحة الورقية بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً لدى نباتات

الطرازين الوراثيين (IN-272-06)، و(IN-456-06 × IN-239-14) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (4.49، 3.86 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى الطراز الوراثي (IN-272-06 × IN-90-14) (3.41) (الجدول، 3). وكان متوسط دليل المساحة الورقية الأعلى معنوياً عند التركيز التركيز 300 جزء بالمليون (5.05)، تلاها وبفروقاتٍ معنوية التركيز 25 جزء بالمليون (3.43)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملتي الشاهد والتركيز 1 جزء بالمليون IAA، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (3.35، 3.87 على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات المطبقة أنّ متوسط دليل المساحة الورقية كان الأعلى معنوياً عند التركيز التركيز 300 جزء بالمليون، لدى نباتات الطرازين الوراثيين، السلالة (IN-272-06)، والهجين (IN-239-14 IN-456-06 ×) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (5.26، 4.35 على التوالي)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطراز الوراثي (IN-272-06 × IN-90-14) عند التركيز 1 جزء بالمليون IAA، والشاهد لدى الطراز الوراثي (IN-456-06 × IN-239-14) وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (2.18، 2.38 على التوالي) (الجدول، 3). تُشير النتائج إلى أنّ المعاملة بالأوكسين تؤدي دوراً مهماً في زيادة دليل المساحة الورقية في المحصول، ويعود ذلك إلى زيادة حجم المجموع الخضري ومحتوى الأوراق من جزيئات اليخضور (Amin وزملاؤه، 2006)، اتفقت هذه النتائج مع نتائج الباحثين El-Hawary و Nashed (2019).

الجدول رقم (3). تأثير المعاملات المدروسة في متوسط صفة دليل المساحة الورقية في الطرز الوراثية.

المعاملات (IAA ppm)	الطرز الوراثية (IN-239-14 × IN-456-06)	(IN-90-14 × IN-272-06)	(IN-272-06)	المتوسط
1	5.62	2.18	3.80	3.87^{c}
25	3.10	2.74	4.47	3.43^{b}
300	4.35	5.53	5.26	5.05^{a}
الشاهد	2.38	3.21	4.45	3.35^{c}
المتوسط	3.86^{a}	3.41^{b}	4.49^{a}	
المتغير الإحصائي	الطرز	المعاملات	التفاعل	
LSD (0.05)	0.25	0.29	0.49	

المساحة الورقية الفعّالة (سم^2. يوم$^{-1}$): بيّنت نتائج التحليل الإحصائي وجود فروقاتٍ معنوية ($p\leq0.05$) في صفة المساحة الورقية الفعّالة في عملية التمثيل الضوئي بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات، والتفاعل المتبادل بينهما. كان متوسط المساحة الورقية الفعّالة الأعلى معنوياً لدى نباتات الطراز الوراثي (IN-239-14 × IN-456-06) (38.15 سم^2. يوم$^{-1}$)، تلاه وبفروقاتٍ معنوية نباتات السلالة (IN-272-06) (33.50 سم^2. يوم$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطراز الوراثي (IN-90-14 × IN-272-06) (29.11 سم^2. يوم$^{-1}$) (الجدول، 4). وكان متوسط المساحة الورقية الفعّالة الأعلى معنوياً عند التركيز التركيز 300 جزء بالمليون (41.97 سم^2. يوم$^{-1}$)، في حين كان الأدنى معنوياً عند معاملتي الشاهد والتركيز 1 جزء بالمليون IAA، وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (29.39، 29.57 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي). ويُلاحظ بالنسبة للتفاعل بين الطرز الوراثية المدروسة، والمعاملات المطبقة، أنّ متوسط المساحة الورقية الفعّالة كان الأعلى معنوياً عند التركيز التركيز 300 جزء بالمليون، لدى نباتات الطرز الوراثية (IN-272-06)، و(IN-90-14 × IN-272-06)، و(IN-239-14 × IN-456-06) وبدون فروقات معنوية بينها (46.96، 44.59، 44.35 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي)، في

حين كان الأدنى معنوياً لدى نباتات الطراز الوراثي (IN-272-06 × IN-90-14)، والسلالة (IN-272-06) عند معاملة الشاهد وبدون فروقاتٍ معنوية بينهما (20.20، 22.79 سم^2. يوم$^{-1}$ على التوالي) (الجدول، 4). اتفقت هذه النتائج مع ما توصل إليه Behera وزملاؤه (2017).

الجدول رقم (4): تأثير المعاملات المدروسة في متوسط صفة دليل المساحة الورقية الفعالة للمحصول (سم ^{2}. يوم $^{-1}$) في الطرز الوراثية .

المعاملات (IAA ppm)	الطرز الوراثية			المتوسط
	(IN-239-14 × IN-456-06)	(IN-90-14 × IN-272-06)	(IN-272-06)	
1	33.06	20.20	27.29	29.57^c
25	37.79	23.64	36.95	33.41^b
300	44.35	44.59	46.96	41.97^a
الشاهد	37.39	28.00	22.79	29.39^c
المتوسط	38.15^a	29.11^c	33.50^b	
المتغير الإحصائي	الطرز	المعاملات	التفاعل	
LSD (0.05)	2.20	2.54	4.40	

معامل الارتباط المظهري: أشارت قيم معامل الارتباط المظهري الى وجود ارتباط موجب ومعنوي جداً بين معدّل النمو المطلق والوزن الجاف للمحصول (**0.955)، وارتباط موجب ومعنوي جداً بين دليل المساحة الورقية، والمساحة الورقية الفعّالة في المحصول (**0.994)، وكانت قيمة علاقة الارتباط موجبة ومعنوية جداً أيضاً بين دليل المساحة الورقية ومعدّل النمو المطلق (**0.475)، وكانت موجبة ومعنوية بين معدّل النمو المطلق والمساحة الورقية الفعّالة (*0.480) (الجدول، 5). تُشير هذه النتائج إلى أهمية المحافظة على استدامة اخضرار الأوراق Stay green، وحجم المسطح الورقي الأخضر الفعّال في عملية التمثيل الضوئي لزيادة كفاءة النباتات التمثيلية، ومن ثمّ كمية المادة الجافة الكلية المُصنّعة والمتاحة لنمو أجزاء النباتات المختلفة وتطورها.

الجدول رقم (5): معامل الارتباط المظهري بين صفة الوزن الجاف والمعايير الفيزيولوجية المدروسة.

	LAD	LAI	CGR
CDW	0.366*	0.348*	0.955**
CGR	0.480*	0.475**	
LAI	0.994**		

الاستنتاجات والمقترحات

1- تباينت الطرز الوراثية في استجابتها للمعاملة بالرش بحمض الإندول الخلي، وحقق الطراز الوراثي (IN-239-14 × IN- 456-06) أعلى قيماً لمعدّل النمو المطلق، والمساحة الورقية.

2- ازدادت جميع معايير النمو المدروسة بزيادة تركيز IAA، وكان أفضل استجابة عند التركيز الأعلى (300 جزء بالمليون).

3- تُسهم عملية المحافظة على حجم المصدر Source size واستدامة اخضرار الأوراق في زيادة كفاءة جميع الطرز الوراثية التمثيلية، ما يؤدي إلى زيادة معدّل نمو النباتات وتطورها، وإنتاجيتها.

المراجع References

- الشحاذة العودة، أيمن؛ خيتي، مأمون؛ رباح، ريما (2015). فيزيولوجيا المحاصيل الحقلية، الجزء الظري، مطبوعات جامعة دمشق، عدد الصفحات: 346.
- البوش، إسراء. (2018). السلوكية الوراثية للغلة الحبية ومكوناتها وبعض الصفات النوعية في الذرة الصفراء (Zea mays L.). أطروحة ماجستير، قدمت لقسم المحاصيل الحقلية، كلية الزراعة، جامعة دمشق.
- عباس، جمال احمد، زينب حسن ثجيل الخزاعي، مشتاق طالب حمادي الزرفي. (2016). تأثير الرش بحمض الخليك IAA والمحلول المغذي كومبيي KOMBE في مؤشرات النمو لنبات حلق السبع. مجلة الكوفة للعلوم الزراعية. 8(3) 51-61.
- Ali, J. H. and Abbas, J. A 2013. Effect of media and Naphthalene acetic acid on rooting, growth and flowering of Carnation(Dianthus caryophyllus L.). J. of Agri. Sci.,10(3):399- 409.
- Ahad, M. A. 1986. Growth analysis of Rice bean (Vigna umbellata Thunb.) under different management practices and their agronomic appraisal. Ph.D. Dissertation in Agron. 21-22.
- Albrizio R. and Steduto P. 2005. Resource use efficiency of field-grown sunflower, sorghum, wheat and chickpea I. Radiation use efficiency. Agricultural and Forest Meteorology. 130: 254-268.
- Al-Shaheen, M. R.; M. A. Al-Shaheen and Al- Shaheen M. R. 2018. Effect of Biological Treatment under Water Stress Conditions on Maize (Zea mays L.) Enz. Eng, an Open Access Journal. 7 (1).
- Amin, A. A.; Rashad, El-Sh. M. and Gharib. F. A. E. 2006. Physiological responses of maize plants to foliar application of

morphactin CF125 and indole -3-butyric acid. J. of Bio. Sci., 6 (3).547-554.

- Behera, S.; Padhiar, A. K.; Rout,S., Nayak, A., Behera, D. and Nanda, P. K. 2017. Effect of Plant Growth Regulators on Morpho-Physiological and Yield Parameters of Some Sesame (Sesamum indicum L.) Cultivars.Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., 6(11): 1784-1809
- Bréda, N J. J. 2003. Ground-based measurements of leaf area index : A Review of methods instruments and current controversies. J. of Experimental Botany. 54 : 2403-2417.
- Eifediyi, E. K and Remison, S. U.2015. The effect of indole acetic acid on the performance of maize(Zea mays L.)in a southern guinea savanna zone of Nigeria. Agrosearch. 15(1): 77 – 87.
- El-Hawary, M. M. and Nashed M. E. 2019. Effect of Foliar Application by some Antioxidants on Growth and Productivity of Maize under Saline Soil Conditions. J. Plant Production, Mansoura Univ., 10 (2): 93 – 99.
- Ghosh, D.C. and Singh, B.P. 1998. Crop growth modeling for wetland rice management. Environ. and Ecol. 16(2): 446-449.
- Hemantranjan, A. and Garg O. K.1984. Effect of zinc fertilization on these nascence of wheat varieties. Indian J. Plant Physiol. 27(3) :246-239.
- Hernandez P. 1997. Morphogenesis in sunflower as affected by exogenous application of plant growth regulators. Agri sci., 13:3-11.
- Khan, S. U.; Gurmani, A. R.; Ud-Din J.; Qayyum, A.; Abbasi, K.S.; Liaquat, M. and Ahmad, Z. 2016. Exogenously applied gibberellic acid, indole acetic acid and kinetin as potential regulators of source-

sink relationship, physiological and yield attributes in rice (Oryza sativa) genotypes under water deficit conditions. international journal of agriculture & biology.1: 135-145.

- Kokare, R. T.; Bhalerao, P.R. K.; Chavan, T.; Bansode, S. K. and Kachare, G. S. 2006. Effect of plant growth regulators on growth, yield and quality of okra (Abelmoschus esculentus L.). Agricultural Science Digest. 26(3): 178-181.
- Newaj, M.N.; Hossain M. S., Islam, M.D. N.; Anam M.K. And Haque A. H .M.M. 2002. Effect of Indole acetic Acid (IAA) on Yield of Mungbean (Vigna radiata L.). Pakistan J. of Bio. Sci., 5(9):897-899.
- Radford, P.K. 1967. Growth analysis formulae. The uses and abuses. Crop Science 7: 171–175.
- Rahimizadeh, M.; Zare-Feizabadi, A. and Koocheki, A. 2013. Winter wheat growth response to preceding crop, nitrogen fertilizer rate and crop residue. International Journal of Agri. Sci., 3(9): 708-717.
- Rastogi, A.; SiddiquiI A.; MishraI, B. K.; SrivastavaI. M.; Pandey R.; MisraI, P.; SinghII,M. and ShuklaI S. 2013. Effect of auxin and gibberellic acid on growth and yield components of linseed (Linum usitatissimum L). Crop Breed. Appl. Biotechnol. 13(2).
- Rattin, J.; Molinari, J.; Giardina,E . and Di Benedetto, A. 2018. Tools for Improving Sweet Corn Yield. International J. of Advances in Agri. Sci., 3(10): 01-14.
- Reddy, P.; Ninganur, B, T.; Chetti, M. B. and Jiralii D. 2012. Effect of growth retardants and nipping on growth parameters and yield in cowpea (Vigna unguiculata L.). Int. J. Agri. Stat Sci.,8: 603-09.

- Russell, D. 1996. UCLA Loneliness Scale (Version 3): Reliability, validity, and factor structure. Journal of Personality Assessment, 66, 20-40.
- Saeidi, M.; Abdoli M. and Azhand, M. 2014. Effect of foliar application of indole-3-acetic acid (IAA) at the beginning of grain growth (cell division) stage on agronomic characteristics and seedling growth parameters of two bread wheat under water and salinity stresses. International J. of Biosciences | IJB |. 5(9): 244-255.
- Sun, Y.F., Liang, J. M.; Ye, J.; Zhu, W.Y.1999. Cultivation of super-high yielding rice plants. China Rice. 5:38-39.
- Waston, S. A. (1988). Corn marking, processing and utilization in corn and corn improvement, ed. G. F. sprague and J. W. Dudly, 885 – 940.3 rd. ed.
- Watson, D.J. (1937). The estimation of leaf area of field crops. J. Agric. Sci. 27:474-483
- Wilson, W.J. 1981. Analysis of growth, photosynthesis and light interception for single plant stand. Ann. of Bot. 48:507-512.
- Zare-Feizabady A. and Ghodsi, M. 2004. Evaluation of yield and yield components of facultative and winter bread wheat genotypes (Triticum aestivum L.) under different irrigation regimes in Khorasan province in Iran. J. Agron. 3: 184-187.

تاريخ الموافقة 2020/06/09