Effect of foliar application treatment with gibberellic acid (GA3) on some biochemical and productive traits in Kasper hybrid (*Zea mays* L. Var saccharata) under Drought Stress

Dr. Majd Darwish*

(Received 22 / 3 / 2024. Accepted 25 / 6 /2024)

□ ABSTRACT □

The experiment was carried out during the agricultural season 2023 in Damsarkho village-Lattakia– Syria by the cultivation of sweet maize grains, Kasper hybrid, in plastic pots (35×20 cm) that were distributed according to the randomized complete design (RCD) with three pots per treatment. The research aimed to study the effect of plant spraying with the gibberellic acid (30, 45 and 60 ppm) on some biochemical and productive characteristics of sweet maize under drought stress conditions, that was induced with polyethylene glycol (PEG-6000) (15, 30 and 45 %) equivalent to an osmotic pressure (-0.7, -1.4 and -2.1) MPa. So, the biochemical (chlorophyll and carotenoids contents µg/g FW), proline content µg/g FW), and the productivity characteristics (ear length (cm), number of rows per ear (rows/ear) and grain yield (g/ear) have been studied. Drought stress at all levels used (15, 30, and 45 % PEG) resulted in negative effects on the productivity of maize plants, in proportion to the intensity of the applied stress. Spraying treatment with gibberellic acid, at a concentration of 30 ppm, under control or drought stress conditions, increased the growth and productivity of maize plants, and this was noticeable in most of the studied biochemical traits (chlorophyll and carotenoids content) and productivity (length (cm/ear), number of rows (row/ear) and grain yield (g/ear)). Thus, it can be suggested to spray the gibberellic acid with 30 ppm, considering to its observed role in stimulating the growth of sweet maize plants, Kasper hybrid, increasing the grain yield and improving the plants tolerance to drought stress.

Keywords: Sweet maize; Gibbrelic Acid GA3; Drought stress.

Copyright **:**Tishreen University journal-Syria, The authors retain the copyright under a CC BY-NC-SA 04

*Associate Professor- faculty of Agricultural Engineering- Tishreen University- lattakia- Syria

تأثير الرش الورقي بحمض الجبريلليك (GA3) في بعض المؤشرات البيوكيميائية والخصائص الإنتاجية لهجين الذرة السكرية كاسبر (*Zea mays* L. Var saccharata) تحت ظروف الإجهاد الجفافي

د. مجد درويش*

(تاريخ الإيداع 22 / 3 / 2024. قبل للنشر في 25 / 6 / 2024)

□ ملخّص □

نُفذ البحث خلال العام 2023 م في قرية دمسرخو– محافظة اللاذقية– سورية، بزراعة حبوب هجين الذرة السكرية كاسبر في أكياس بلاستيكية ذات أبعاد (35×20) سم وفقاً لتصميم العشوائية الكاملة (RCD) وبثلاث مكررات للمعاملة الواحدة. هدف هذا البحث إلى دراسة تأثير المعاملة بحمض الجبريلليك رشاً على المجموع الخضري وبالتراكيز (30، 45 و60 ppm) في بعض المؤشرات البيوكيميائية والخصائص الإنتاجية لنبات الذرة تحت ظروف الإجهاد الجفافي المصطنع باستخدام البولي ايتلين غليكول PEG-6000 (15، 30 و45 %) ما يعادل ضغط اسموزي (−0.7، −1.4 و−2.1 ميغا باسكال). تم قياس مجموعة من المؤشرات: المؤشرات البيوكيميائية (المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات ميكروغرام/غ وزن رطب، والمحتوى من حمض البرولين (ميكروغرام/غ وزن رطب)، المؤشرات الإنتاجية (طول العرنوس/سم، عدد الصفوف في العرنوس صف/عرنوس، ووزن الحبوب في العرنوس غ/عرنوس). أدى الإجهاد الجفافي وعند كافة المستويات المستخدمة (15 و30 و45 % PEG) إلى حدوث تأثيرات سلبية في إنتاجية نبات الذرة وبشكل يتناسب وشدة الإجهاد المطبق. زادت معاملة الرش بحمض الجبريلليك، عند التركيز (30 ppm)، في ظروف الشاهد أم تحت ظروف الإجهاد الجفافي المصطنع من نمو نبات الذرة وإنتاجيته، وكان ذلك في أغلب الصفات المدروسة البيوكيميائية (محتوى الكلوروفيل والكاروتينات) والإنتاجية (طول وعدد الصفوف ووزن الحبوب في العرنوس). وبذلك يمكن الاقتراح باستخدام معاملة الرش على المجموع الخضري بحمض الجبريلليك بتركيز (30 ppm) لغرض تحسين إنتاجية نبات الذرة السكرية، هجين كاسبر، وزيادة تحمله للإجهاد الجفافي.

الكلمات المفتاحية: الذرة السكرية؛ حمض الجبريلليك GA3؛ الإجهاد الجفافي.

حقوق النشر : مجلة جامعة تشرين– سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص CC BY–NC–SA 04

*أستاذ مساعد– كلية الهندسة الزراعية– جامعة تشرين– اللاذقية– سورية

مقدمة:

الذرة الصفراء *Zea mays* L. نبات نجيلي حولي ينتمي إلى الفصيلة النجيلية Gramineae أو Poaceae، وتُعد من المحاصيل ذات القيمة الغذائية العالية ذات الاستخدامات الواسعة في العديد من المجالات الغذائية، الصناعية والعلفية. فهي تُستخدم في بعض بلدان العالم كطعام رئيس للإنسان، ويمكن تناولها طازجة أو بعد شيها وسلقها، كما تُستخدم لاستخراج دقيق الذرة الذي يدخل في صناعة الخبز والبسكويت، وكغذاء جيد للأطفال. والذرة الصفراء نبات عشبي حولي منفصل الجنس أحادي المسكن Monoecious تُحمل نوراته المذكرة في قمة النبات والنورات المؤنثة في وسط النبات تقريباً (Akbar *et al*., 2008).

إن الذرة الصفراء أحد المحاصيل الصيفية الرئيسة التي تُزرع في منطقة حوض البحر المتوسط، ويُعد إتاحة المياه بكميات كافية من العوامل المهمة لغلة محصول الذرة الصفراء الحبية في سورية لأنه يزرع خلال الفترة التي تقل فيها الأمطار، فهو محصول صيفي ذو احتياجات مائية كبيرة، ولابد من ري النباتات للحصول على غلة حبية عالية؛ حيث يُعتبر الاجهاد الجفافي أحد أهم الاجهادات التي يتعرض لها محصول الذرة الصفراء من بين الإجهادات الإحيائية واللاإحيائية (Jaleel *et al*., 2009).

يُعتبر الجفاف من أهم العوامل البيئية التي تؤثر سلباً في نمو النبات وفي العمليات الفيزيولوجية والحيوية وعاملاً محدداً ومهماً في توزع النباتات وإنتاجيتها (Agnes *et al*., 2012)، ومن أهم المشاكل البيئية العالمية التي تحد من إنتاج المحاصيل المختلفة؛ فضلاً عن تهديد الأمن الغذائي العالمي (Mshawer، 2013). يؤدي هذا الإجهاد البيئي إلى انخفاض في معدل عملية التمثيل الضوئي لدى معظم النباتات (Kumar *et al*., 2011)، وضعف التخليق الحيوي للكلوروفيل (Ashraf and Harris, 2013)، ويسبب حدوث تغيرات مورفولوجية، فسيولوجية وكيميائية في النباتات (Siddiqui *et al*., 2015). أشار El-Aref (2012)، في هذا السياق، لضرورة زيادة الاهتمام بعامل الجفاف للاستفادة قدر الإمكان من الأرض القابلة للزراعة في المناطق الجافة وشبه الجافة.

يُعد حمض الجبريلليك من أهم هرمونات النمو النباتية، حيث تلعب دوراً رئيساً في نمو النباتات وتطورها؛ إذ بينت النتائج في دراسة قام بها Stefanov *et al*. (1998) لتحديد تأثير منظم النمو حمض الجبريلليك في نمو وتطور نبات الذرة الصفراء، أن رش البادرات بحمض الجبريلليك بتركيز 150 ميلليمول أدى إلى تحسن نمو المجموع الخضري للنبات وزيادة طول الساق. وبيّن Siada *et al*. (2011) بأن نقع حبوب الذرة الصفراء بحمض الجبريلليك قبل الزراعة زاد من نسبة الإنبات وسرعته ما انعكس ايجاباً على نمو النبات وتطوره. وتم الإشارة لتفوق نباتات الذرة الصفراء المعاملة بحمض الجبريلليك معنوياً في الوزن الجاف للبادرة مقارنةً مع الشاهد (Tian *et al*., 2014).

أهميّة البحث وأهدافه:

-أهمية البحث:

تعود أهمية البحث بالنظر للدور السلبي للإجهاد الجفافي في مختلف العمليات الحيوية للنباتات التي تؤدي في النهاية إلى انخفاض في إنتاجية هذه النباتات وسوء نوعيتها، وتبرز هنا أهمية البحث عن وسائل ومعاملات يمكن أن تُقلل من الأثر السلبي لهذا الإجهاد.

- هدف البحث:

هدف هذا البحث إلى:

(1): دراسة تأثير الإجهاد الجفافي المصطنع بالبولي ايتيلين غليكول في بعض المؤشرات البيوكيميائية والخصائص الإنتاجية لنبات الذرة السكرية، هجين كاسبر.

(2): دراسة بعض المؤشرات البيوكيميائية والخصائص الإنتاجية لنباتات هجين الذرة السكرية كاسبر تحت تأثير المعاملة بحمض الجبريلليك رشاً على الأوراق.

(3): معرفة مدى استجابة نباتات الذرة لمعاملة الرش الورقي بحمض الجبريلليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

طرائق البحث ومواده:

- موقع الزراعة، المادة النباتية وطريقة الزراعة:

نُفذ البحث في عام 2023 ضمن بيت بلاستيكي في مزرعة بقرية دمسرخو- اللاذقية، وأُجريت التحاليل الكيميائية في مخبر البحث العلمي التابع لقسم المحاصيل الحقلية بكلية الهندسة الزراعية- جامعة تشرين- اللاذقية.

استُخدمت حبوب الذرة السكرية هجين " كاسبر"، وهو هجين ذرة سكرية F_1 مستورد من شركة شمرا الزراعية يمتاز بإنتاجيته العالية؛ حيث تمت زراعتها بتاريخ 26 أيار 2023 ضمن أكياس بلاستيكية سعة (12 كغ تربة جافة تقريباً) وأبعاد 35 سم في الارتفاع و20 سم في القطر مثقبة من الأسفل وتحتوي على كمية من الرمل والطين بنسبة 1:2، وبمعدل حبتين في الكيس الواحد، وتم التفريد لاحقاً بترك نبات واحد في الكيس. تم توزيع الأكياس وفقاً لتصميم العشوائية الكاملة (RCD) وبثلاث مكررات لكل معاملة (n=3). تم إرواء البادرات بمحلول مغذي تم تحضيره على أساس محلول أوكلاند (Auckland soluation)، وذلك حتى مرحلة 3 أوراق ليتم فصل الأكياس حسب المعاملات المدروسة.

- المعاملات المستخدمة:

تم الرش بحمض الجبريلليك (مورليكس) وبمعدل رشتين: عند تطاول الساق وقبل طرد النورة المذكرة بحوالي 15 يوم وبالتراكيز الآتية:

$$ppm\ 60 = G_3 \text{ ،} ppm\ 45 = G_2 \text{ ،} ppm\ 30 = G_1 \text{ ،} ppm\ 0 = G_0$$

استُخدمت مادة البولي ايتيلين غليكول (PEG-6000) لإحداث الإجهاد الجفافي المصطنع كنسب مئوية (%) وما يعادلها من ضغط اسموزي (Osmotic potential)، عبر الري بمعدل ريتين بمقدار 200 مل لكل معاملة، بين الرية والثانية أسبوعين خلال مرحلة الإزهار وذلك بعد أسبوع من تطبيق معاملات الرش بحمض الجبريلليك، لتكون معاملات الإجهاد كما يلي:

- P_0: رويت النباتات بماء الصنبور فقط.
- P_1: رويت النباتات بمحلول يحوي PEG-6000 بتركيز 15 % (W/V) ما يعادل ضغط اسموزي -0.7 ميغا باسكال.
- P_2: رويت النباتات بمحلول يحوي PEG-6000 بتركيز 30 % (W/V) ما يعادل ضغط أسموزي -1.4 ميغا باسكال.
- P_3: رويت النباتات بمحلول يحوي PEG-6000 بتركيز 45 % (W/V) ما يعادل ضغط أسموزي -2.1 ميغا باسكال.

- المؤشرات والخصائص المدروسة:

دُرست المؤشرات والخصائص الآتية:

– **المؤشرات البيوكيميائية:** تمت دراسة:

المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب) من خلال سحق حوالي 100 ملغ من أوراق نبات الذرة السكرية الطازجة في الأسيتون (عالي النقاوة) ومن ثم قياس الامتصاص الضوئي للمستخلص باستخدام جهاز السبيكتروفوتومتر Spectrophotometer على أطوال الموجات 470، 645 و662 نانومتر، ومن ثم تقدير المحتوى من الكلوروفيل والكاروتينات وفقاً للباحث Lichtenthaler (1987).

كما دُرس محتوى الأوراق من البرولين (ميكرومول/غ وزن رطب): تم تحليل محتوى الأوراق من البرولين وفقاً لطريقة Bates وآخرون (1973) مع بعض التعديلات؛ حيث تم سحق 100 ملغ من أوراق الذرة السكرية الطازجة في 5 مل من المحلول المائي لحمض سلفوساليسيليك (3 %)، وبعدها تم أخذ 2 مل من المستخلص وأُضيف له 2 مل من محلول النينهدرين المنشط للتفاعل (نينهدرين+ حمض الخل الثلجي+ حمض أورثوفوسفوريك) و2 مل من حمض الخل الثلجي. وضعت الأنابيب في حمام مائي ساخن 100 مْ لمدة ساعة، وبعد التبريد على الماء المثلج تم وضع 4 مل من التولوين. تم قياس الامتصاص الضوئي على طول موجة 520 نانومتر باستخدام جهاز Spectrophotometer ومن ثم تقدير نسبة البرولين في العينات بالاعتماد على منحى قياسي للبرولين النقي.

– **المؤشرات الإنتاجية:** دُرست الصفات الإنتاجية من حيث:

– طول العرنوس (سم)، وعدد الصفوف في العرنوس (صف/عرنوس) ووزن الحبوب في العرنوس (غ/عرنوس).

–التحليل الإحصائي Statistical Analysis:

تم إجراء تحليل التباين للبيانات عبر البرنامج R statistical software باستخدام الاختبار ANOVA مع Tukey وعرضت النتائج بشكل متوسطات مضافاً لها الخطأ المعياري (means ± SE) والفروقات ذات معنوية عند مستوى الاحتمالية ($P<0.05$).

النتائج والمناقشة:

1– تأثير المعاملة بحمض الجبريليك (GA3) في محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

أظهرت نتائج (الجدول 1 و2) وجود فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة من حيث محتوى الأوراق الكلي من الكلوروفيل والكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب).

جدول (1). متوسط محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي (ميكروغرام/غ وزن رطب) في النباتات المعاملة بحمض الجبريليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

	مستويات الإجهاد الجفافي (ميغا باسكال)			
المعاملة بالجبريليك	0	0.7-	1.4-	2.1-
الشاهد	690 ± 9^{c}	583 ± 12^{ef}	533 ± 13^{gh}	510 ± 14^{h}
30 جزء بالمليون	710 ± 10^{b}	730 ± 13^{a}	642 ± 11^{de}	593 ± 14^{ef}
45 جزء بالمليون	670 ± 12^{c}	612 ± 12^{e}	597 ± 12^{e}	570 ± 11^{f}
60 جزء بالمليون	620 ± 11^{de}	542 ± 13^{g}	498 ± 12^{hi}	482 ± 11^{i}

*** القيم المشتركة بنفس الحرف ضمن العمود الواحد يعني عدم وجود فروق معنوية بينهما.**

أدت المعاملة بالإجهاد الجفافي لانخفاض معنوي في محتوى أوراق الذرة السكرية من الكلوروفيل الكلي، الجدول (1) والكاروتينات، الجدول (2)، وازداد هذا الانخفاض مع زيادة تركيز الإجهاد المطبق؛ حيث انخفضت قيمة محتوى الأوراق من الكلوروفيل الكلي من 690 في الشاهد إلى 583، 533 و510 (ميكروغرام/غ وزن رطب) حسب الإجهاد المطبق على التوالي، وفي قيمة محتوى الأوراق من الكاروتينات 56، 52 و50 (ميكروغرام/غ وزن رطب) على التوالي عند معاملات الجفاف P_1، P_2 وP_3 مقارنةً مع محتوى أوراق الشاهد من الكاروتينات 68 (ميكروغرام/غ وزن رطب).

أدت معاملات الرش بحمض الجبريلليك وعند التركيز 30 جزء بالمليون لزيادة معنوية في محتوى أوراق نباتات الذرة السكرية من الكلوروفيل الكلي والكاروتينات وذلك بالمقارنة مع الشاهد، حيث بلغ المحتوى 710 ميكروغرام/غ وزن رطب كلوروفيل كلي و70 ميكروغرام/غ وزن رطب كاروتينات، في حين لوحظ انخفاض معنوي في محتوى هذه الصبغات في أوراق نباتات المعاملة بالتركيز المرتفع لحمض الجبريلليك 60 جزء بالمليون.

وحسنت معاملات الرش بحمض الجبريلليك محتوى الكلوروفيل والكاروتينات لدى أوراق نباتات الذرة السكرية النامية في جميع تراكيز البولي ايتلين غليكول 15، 30 و45 %، وكان هذا التأثير الإيجابي أكثر وضوحاً عند المعاملة بالجبريلليك 30 و45 جزء بالمليون، وذلك بالمقارنة مع معاملات الإجهاد الجفافي لوحدها، فقد ازداد محتوى الكلوروفيل الكلي بشكل معنوي عند معاملات الجفاف P_1، P_2 وP_3 ليبلغ 730، 642 و593 ميكروغرام/غ وزن رطب عند الرش بالجبريلليك 30 جزء بالمليون و612، 579 و570 ميكروغرام/غ وزن رطب عند الرش بالجبريلليك 45 جزء بالمليون، كما وازداد محتوى الكاروتينات أيضاً وبلغ على التوالي 73، 62 و58 ميكروغرام/غ وزن رطب عند معاملة الجبريلليك 30 جزء بالمليون و60، 59 و57 ميكروغرام/غ وزن رطب عند المعاملة 45 جزء بالمليون.

جدول (2). متوسط محتوى الأوراق من الكاروتينات (ميكروغرام/غ وزن رطب) في النباتات المعاملة بحمض الجبريلليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

	مستويات الإجهاد الجفافي (ميغا باسكال)			
المعاملة بالجبريلليك	0	0.7-	1.4-	2.1-
الشاهد	68 ± 1^{c}	56 ± 1^{h}	52 ± 1^{i}	50 ± 1^{i}
30 جزء بالمليون	70 ± 0.5^{b}	73 ± 1^{a}	62 ± 1.5^{de}	58 ± 1.5^{fg}
45 جزء بالمليون	64 ± 1.5^{d}	60 ± 1.5^{e}	59 ± 0.5^{f}	57 ± 1^{g}
60 جزء بالمليون	61 ± 1^{e}	53 ± 1^{i}	48 ± 1^{g}	46 ± 1^{k}

*** القيم المشتركة بنفس الحرف ضمن العمود الواحد يعني عدم وجود فروق معنوية بينهما.**

هذا ولوحظ زيادة معنوية في محتوى أوراق الذرة عند معاملة الرش بالجبريلليك 30 جزء بالمليون تحت ظروف الإجهاد الجفافي −0.7 ميغا باسكال من الكلوروفيل الكلي (730 ميكروغرام/غ وزن رطب) والكاروتينات (73 ميكروغرام/غ وزن رطب)، وذلك مقارنةً مع الشاهد وجميع معاملات الجفاف والجبريلليك معاً.

اشارت الدراسات إلى أن الإجهاد الجفافي يؤدي إلى حدوث تغيرات مورفولوجية وفسيولوجية في النبات، إذ يعمل على اعطاء نباتات ارتفاعاتها أقل من النباتات غير المجهدة، وخفض محتوى الأوراق من الكلوروفيل ومحتواها المائي النسبي وبالتالي خفض معدلات التمثيل الضوئي وتراكم المادة الجافة في النبات (Ahmed and Abd Ulameer, 2014). ومن الواضح أن محتوى الكلوروفيل في النباتات غير المعاملة انخفض وكان أقل من محتوى النباتات المعاملة، وأظهرت النتائج أن كمية الكلوروفيل في الأوراق انخفضت عند زيادة تراكيز الإجهاد الجفافي مما أدى إلى ضعف نمو الأوراق وانخفاض معدل انقسام واستطالة الخلايا؛ حيث تؤثر على عملية التمثيل الضوئي مع زيادة القدرة المائية لأوراق

النبات؛ وبالتالي تعيق من فتح الثغور، والذي بدوره يمنع إنتاج الأصباغ النباتية، بما في ذلك الكلوروفيل والكاروتينات (Stan and Năeescu, 1997).

تتفق النتائج الحالية مع نتائج دراسة (Boaretto *et al*., 2014)؛ والتي تُفسر أن تحطم وتفكك البروتين الناتج عن الإجهاد الجفاف يؤدي إلى إطلاق الأمونيا التي تسبب شيخوخة النبات وموته، وهذه النتيجة توضح أهمية حمض الجبريلليك في زيادة تركيز الكلوروفيل في الأوراق على الرغم من ندرة المياه، ويعمل هذا المنظم على تعزيز أكسدة الجذور الحرة، مما يسبب أكسدة الدهون في الغشاء الخلوي (Abuzar *et al*., 2011).

يحفز حمض الجبريلليك بشكل كبير من امتصاص الجذور للعناصر الغذائية، وهكذا تنشيط عمليات الاستقلاب الحيوي وتحسين عمليات اصطناع المركبات البيوكيميائية وتراكمها في الأنسجة النباتية، ومنها صبغات التمثيل الضوئي. هذا وفضلاً عن دور الجبريلليك أيضاً في ترميم واصلاح الأضرار الناجمة عن الإجهاد، وبالتالي زيادة الاصطناع الحيوي لصبغات التمثيل الضوئي (الكلوروفيل والكاروتينات)، مما يُحسن من محتواها في أوراق النباتات النامية تحت ظروف الإجهاد (Kaya *et al*., 2006).

2- تأثير المعاملة بحمض الجبريليك (GA3) في محتوى الأوراق من البرولين (ميكروغرام/غ وزن رطب) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

اشارت النتائج (الجدول، 3) لوجود فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة من حيث محتوى الأوراق من البرولين (ميكروغرام/غ وزن رطب).

سبب الإجهاد الجفافي زيادة معنوية في محتوى الأوراق من البرولين وذلك عند المعاملات P_1، P_2 وP_3 على التوالي (2.10، 2.21 و2.28 ميكروغرام/غ وزن رطب) مقارنةً بالشاهد (1.71 ميكروغرام/غ وزن رطب). أدى الرش بحمض الجبريلليك عند التركيز 30 جزء بالمليون لانخفاض معنوي في محتوى الأوراق من البرولين وبلغ 1.62 ميكروغرام/غ وزن رطب، في حين لم يُلاحظ وجود فروق معنوية بين معاملتي الرش بالتراكيز 45 و60 جزء بالمليون والشاهد. وبالمقارنة مع معاملات الإجهاد الجفافي P_1 ، P_2 وP_3 لوحدها، لوحظ انخفاض معنوي في محتوى البرولين لدى أوراق نباتات الذرة السكرية خاصة عند المعاملة بالجبريلليك بتركيز 30 جزء بالمليون (1.62، 1.75 و1.81 ميكروغرام/غ وزن رطب) وتركيز 45 جزء بالمليون (1.78، 1.85 و1.96 ميكروغرام/غ وزن رطب). وبالمقارنة مع الشاهد، أدت معاملة الرش بالجبريلليك 30 جزء بالمليون تحت ظروف الإجهاد الجفافي – 0.7 ميغا باسكال (1.62 ميكروغرام/غ وزن رطب) للحصول على محتوى أقل من البرولين.

جدول (3). متوسط محتوى الأوراق من البرولين (ميكروغرام/غ وزن رطب) في النباتات المعاملة بحمض الجبريلليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي

	مستويات الإجهاد الجفافي (ميغا باسكال)			
المعاملة بالجبريلليك	0	0.7-	1.4-	2.1-
الشاهد	1.71 ± 0.03^{g}	2.10 ± 0.03^{c}	2.21 ± 0.02^{b}	2.28 ± 0.03^{ab}
30 جزء بالمليون	1.64 ± 0.01^{i}	1.62 ± 0.02^{i}	1.75 ± 0.03^{fg}	1.81 ± 0.02^{ef}
45 جزء بالمليون	1.73 ± 0.03^{fg}	1.78 ± 0.03^{f}	1.85 ± 0.03^{e}	1.96 ± 0.03^{d}
60 جزء بالمليون	1.77 ± 0.02^{fg}	2.16 ± 0.02^{bc}	2.28 ± 0.02^{ab}	2.33 ± 0.02^{a}

*** القيم المشتركة بنفس الحرف ضمن العمود الواحد يعني عدم وجود فروق معنوية بينهما.**

يُعد البرولين واحد من الأحماض الأمينية التي يُشكل تراكمها في النباتات المجهدة، سواءً لدى المحاصيل المتحملة أم الحساسة للجفاف، استجابة دفاعية أولية تُساهم في المحافظة على مستوى مناسب الضغط الاسموزي ضمن الخلية النباتية (Cha-Um and Kirdmane, 2009).

إن الإجهاد الجفافي يؤدي إلى تراكم البرولين في كل من الأوراق والجذور (Hoque *et al*., 2007 ; Suriyan *et al*., 2010)، ويزداد البرولين كلما ازداد الإجهاد الجفافي حدة، وحسب (Shtereva *et al*., 2008) فقد لوحظ ارتفاع تركيز البرولين في الأوراق كمؤشر لتأثر النبات بالجفاف أو الإجهاد المائي، ويُساعد تراكم البرولين في النباتات المجهدة في المحافظة على محتوى مائي عالي نسبياً؛ وبالتالي يُعد ضرورياً لنمو وفعالية وظائف الخلية (Ashraf *et al*., 2010).

3- تأثير المعاملة بحمض الجبريلليك (GA3) في طول العرنوس (سم) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

بينت النتائج الموضحة في الجدول (4) وجود فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة من حيث طول العرنوس (سم). أدت المعاملة بالإجهاد الجفافي لانخفاض معنوي في طول العرنوس، الجدول، (5) وازداد هذا الانخفاض مع زيادة شدة الإجهاد المطبق؛ حيث انخفض طول العرنوس في 24.36 سم في الشاهد إلى (22، 21.33 و20.46 سم) على التوالي عند معاملات الجفاف P_1، P_2 وP_3.

وقد حسنت معاملة الرش بالجبريلليك عند التركيز 30 جزء بالمليون طول العرنوس لدى نباتات الذرة النامية في جميع تراكيز البولي ايتلين غليكول P_1، P_2 وP_3، وذلك بالمقارنة مع معاملات الجفاف لوحدها والشاهد؛ حيث بلغ طول العرنوس 25.02 سم عند معاملة الجبريلليك 30 جزء بالمليون لوحده، و25.42، 23 و22.82 سم على التوالي عند الرش بالجبريلليك 30 جزء بالمليون تحت ظروف معاملات الإجهاد الجفافي المدروسة.

جدول (4). متوسط طول العرنوس (سم) في النباتات المعاملة بحمض الجبريلليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

	مستويات الإجهاد الجفافي (ميغا باسكال)			
المعاملة بالجبريلليك	0	0.7-	1.4-	2.1-
الشاهد	24.36 ± 0.2^{c}	22 ± 0.4^{g}	21.33 ± 0.4^{gh}	20.46 ± 0.2^{i}
30 جزء بالمليون	25.02 ± 0.2^{b}	25.42 ± 0.2^{a}	23 ± 0.2^{e}	22.82 ± 0.2^{ef}
45 جزء بالمليون	24.12 ± 0.2^{c}	22.66 ± 0.3^{f}	21.94 ± 0.3^{gh}	$21.22 \pm 0,2^{h}$
60 جزء بالمليون	23.4 ± 0.2^{b}	21.77 ± 0.2^{gh}	20.22 ± 0.2^{h}	19.79 ± 0.1^{j}

*** القيم المشتركة بنفس الحرف ضمن العمود الواحد يعني عدم وجود فروق معنوية بينهما.**

تُعد صفة طول العرنوس أحد عناصر الإنتاج المهمة، وتبرز أهمية هذه الصفة في أن أصناف الذرة ذات العرنوس الأطول سوف تعطي عدد حبوب أكثر مما يؤدي بالتالي إلى زيادة في وزن الحبوب في العرنوس (Gay, 1983)، كما واشارت دراسة (Gyenes *et al*., 2002) إلى أن صفة طول العرنوس أحد الصفات الإنتاجية الهامّة. هذا ولم يؤد تطبيق الرش الورقي لحمض الجبريلليك إلى تحسين قدرة الذرة على تحمل الجفاف فحسب، بل أدى أيضًا إلى تحسين نمو النبات وإنتاجيته سواءً في ظروف الشاهد وكذلك في حالة ندرة المياه (Sarwar *et al*., 2017).

4- تأثير المعاملة بحمض الجبريلليك (GA3) في عدد الصفوف (صف/عرنوس) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

أظهرت النتائج المبينة في الجدول (5) وجود فروقات معنوية بين المعاملات من حيث عدد الصفوف (صف/عرنوس) عند تعريض النبات للرش بحمض الجبريلليك والإجهاد الجفافي.

أدت المعاملة بالإجهاد الجفافي لانخفاض معنوي في عدد الصفوف على العرنوس وازداد هذا الانخفاض مع زيادة تركيز الإجهاد المطبق؛ حيث انخفض من 15.22 صف/عرنوس في الشاهد غير المعامل إلى (13.68، 13.58 و13.44 صف/عرنوس) على التوالي عند معاملات الإجهاد الجفافي P_1، P_2 وP_3.

جدول (5). متوسط عدد الصفوف (صف/عرنوس) في النباتات المعاملة بحمض الجبريلليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

	مستويات الإجهاد الجفافي (ميغا باسكال)			
المعاملة بالجبريلليك	0	0.7-	1.4-	2.1-
الشاهد	15.22 ± 0.1^{d}	13.68 ± 0.2^{gh}	13.58 ± 0.2^{gh}	13.44 ± 0.1^{h}
30 جزء بالمليون	16.04 ± 0.1^{b}	16.34 ± 0.1^{a}	14.82 ± 0.2^{e}	14.56 ± 0.2^{ef}
45 جزء بالمليون	15.92 ± 0.2^{c}	14.77 ± 0.1^{ef}	14.26 ± 0.1^{f}	13.88 ± 0.2^{g}
60 جزء بالمليون	14.94 ± 0.1^{e}	13.94 ± 0.2^{fg}	13.56 ± 0.2^{gh}	13.22 ± 0.1^{h}

***القيم المشتركة بنفس الحرف ضمن العمود الواحد يعني عدم وجود فروق معنوية بينهما.**

أدت معاملات الرش بحمض الجبريلليك وعند التركيزين 30 و45 جزء بالمليون لزيادة معنوية في عدد الصفوف بالعرنوس لدى نباتات الذرة السكرية وذلك مقارنةً بالشاهد، وبلغ عدد الصفوف على التوالي 16.04 و15.92 صف/عرنوس، في حين لوحظ انخفاض معنوي في صفة عدد الصفوف (14.94 صف/عرنوس) عند معاملة الرش بالجبريلليك 60 جزء بالمليون.

وحسنت معاملات الرش بالجبريلليك عند التركيزين 30 و45 جزء بالمليون عدد الصفوف بالعرنوس لدى نباتات الذرة السكرية النامية في أغلب تراكيز البولي ايتلين غليكول P1، P2 وP3، وكان هذا التأثير الإيجابي أكثر وضوحاً بالمقارنة مع معاملات الجفاف P1، P2 وP3 لوحدها؛ حيث بلغ عدد الصفوف على التوالي 16.34، 14.82 و14.56 صف/عرنوس) عند الرش بالجبريلليك 30 جزء بالمليون و14.77، 14.26 و13.88 صف/عرنوس عند معاملة الجبريلليك 45 جزء بالمليون، هذا ولم يُلاحظ أية فروق معنوية في قيمة هذه الصفة بين معاملة الرش بالجبريلليك 60 جزء بالمليون تحت ظروف الإجهاد ومعاملات الجفاف. هذا وتفوقت المعاملة بالجبريلليك 30 جزء بالمليون تحت ظروف الإجهاد الجفافي −0.7 ميغا باسكال في عدد الصفوف (16.34 صف/عرنوس) على الشاهد. وتأتي أهمية صفة عدد الصفوف بالعرنوس من مساهمتها الإيجابية في الإنتاجية كونها أحد مكونات الغلة (زيادة قطر القولحة يؤثر سلباً في الإنتاجية لأن نموها يكون على حساب الحبوب مما يؤدي لخفض الإنتاجية؛ حيث يجب أن يُقرن نمو القولحة مع زيادة حجم الحبوب وعدد الصفوف عن طريق ارتباطها بقطر العرنوس وبالتالي زيادة عدد الصفوف).

أثر الإجهاد الجفافي على إجهاض الأجنة وانخفاض عقد الثمار؛ وبالتالي فإن الاستخدام الخارجي للهرمونات يمكن أن يعزز توازن الهرمونات الداخلية، وبينت دراسة (Alexopoulos *et al.*, 2008) أن التطبيق الخارجي لحمض الجبريلليك بالتركيز المنخفض في المرحلة الخضرية أدى إلى تحسين طول العرنوس وعدد الصفوف والحبوب ووزن 1000 حبة وإنتاجية الهكتار الواحد.

5- تأثير المعاملة بحمض الجبريليك (GA3) في وزن الحبوب في العرنوس (غ/عرنوس) تحت ظروف الإجهاد الجفافي:

تُشير معطيات الجدول (6) إلى وجود فروقات معنوية بين المعاملات المدروسة من حيث وزن الحبوب في العرنوس (غ/عرنوس).

تركيز الإجهاد الجفافي؛ حيث بلغ الانخفاض من (129.62 غ/عرنوس) في الشاهد إلى (111.12، 110.33 و109.88 غ/عرنوس) في معاملات الإجهاد الجفافي P_1، P_2 وP_3.

حسنت معاملة الرش بالتركيز المنخفض 30 جزء بالمليون في وزن الحبوب في العرنوس لدى نباتات الذرة السكرية النامية في جميع تراكيز البولي ايتلين غليكول P_1، P_2 وP_3، وقد بلغ وزن الحبوب في العرنوس (130.33، 129.11 و128.88 غ/عرنوس) على التوالي في النباتات المعاملة بحمض الجبريلليك بالتراكيز الثلاث 30، 45 و60 جزء بالمليون دون التعريض للإجهاد الجفافي، وعند التعريض للإجهاد الملحي بدأ وزن الحبوب بالتناقص مع زيادة الإجهاد الجفافي.

جدول (6). متوسط وزن الحبوب في العرنوس (غ/عرنوس) للنباتات المعاملة بحمض الجبريلليك تحت ظروف الإجهاد الجفافي.

	مستويات الإجهاد الجفافي (ميغا باسكال)			
المعاملة بالجبريلليك	0	0.7-	1.4-	2.1-
الشاهد	129.62 ± 0.5^{b}	111.12 ± 0.5^{f}	110.33 ± 1^{fg}	109.88 ± 1^{fg}
30 جزء بالمليون	130.33 ± 0.5^{ab}	130.76 ± 0.5^{a}	128.70 ± 1^{c}	116.08 ± 1^{e}
45 جزء بالمليون	129.11 ± 0.5^{bc}	118.23 ± 1^{d}	117.33 ± 1^{de}	110.22 ± 1^{fg}
60 جزء بالمليون	128.88 ± 1^{c}	110.22 ± 1^{fg}	109.66 ± 1^{fg}	109.21 ± 0.5^{g}

***القيم المشتركة بنفس الحرف ضمن العمود الواحد يعني عدم وجود فروق معنوية بينهما.**

وتفوقت المعاملة بالجبريلليك 30 جزء بالمليون تحت ظروف الإجهاد الجفافي −0.7 ميغا باسكال في صفة وزن الحبوب في العرنوس (130.76 غ/عرنوس) على الشاهد.

للإجهاد الجفافي تأثيرات كبيرة على الغلة ومكونات الغلة لنبات الذرة الصفراء، أما بالنسبة لحمض الجبريلليك، فله دور في تشجيع الإزهار والإخصاب ونمو الثمار مما ينعكس إيجاباً على غلة نباتات الذرة، وقد أدى إجهاد الجفاف إلى انخفاض في تراكم المادة الجافة، ولكن المعاملة بالرش الورقي بحمض الجبريليك أدت إلى زيادة تحمل النبات للإجهاد الجفافي (Branka *et al*., 2016).

أشار مجموعة من الباحثين بأن الهرمون المطبق خارجياً على النباتات خلال مرحلة النمو ربما يُسبب تراكم معزز للهرمونات النباتية الخارجية في ظل ظروف الإجهاد الجفافي (Ashraf *et al*., 2002)؛ والذي لا يحمي الإنزيمات والبروتينات والأغشية العضوية فقط، بل يوفر أيضاً الطاقة للنمو والبقاء وبالتالي يساعد على تحمل النبات للإجهاد الجفافي، وكما بينت دراسة سابقة بأن حمض الجبريليك يمكن أن يعزز تحمل النباتات للجفاف من خلال زيادة تخليق البروتين (El-Meleigy *et al*., 1999).

الاستنتاجات والتوصيات:

- الاستنتاجات:

- سبب الإجهاد الجفافي المصطنع بالبولي ايتلين غليكول انخفاضاً في وزن الحبوب/العرنوس وتراجع بالصفات المدروسة، كما أدى عند الجهود المرتفعة (−1.4 و−2.1) MPa لانخفاض في إنتاجية نباتات الذرة السكرية والذي ظهر واضحاً في أغلب الخصائص والصفات المدروسة ومنها: محتوى الأوراق من الكلوروفيل والكاروتينات ووزن الحبوب في العرنوس، بينما ازداد محتوى الأوراق من البرولين.
- حسنت معاملة الرش بحمض الجبريلليك بتركيز 30 جزء بالمليون معظم المؤشرات المدروسة لنباتات الذرة السكرية.

- **التوصيات:** مما سبق يمكن أن نوصي بـ:

الرش بحمض الجبريلليك بالتركيز (30 ppm)، كمحفز لغرض تحسين النمو ووزن الحبوب في العرنوس، فضلاً عن دوره في زيادة تحمل الإجهاد الجفافي وذلك عند زراعة نباتات الذرة السكرية، هجين كاسبر، في بيئات جافة.

References:

1. ABUZAR, M.R., SADOZAI, G.U., BALOCH, M.S., BALOCH, A.A., SHAH, I.H., JAVAID, T. and HUSSAIN, N. (2011). *Effect of plant population densities on yield of maize*. Journal of Animal and Plant Sciences, 21(4), 2011, 692-695.
2. AGNES, G., CSISZAR, J., IRMA, T. and ERDEI, L. *Changes in water and chlorophyll fluorescence parameters under osmotic stress in wheat cultivars*. Proceedings of the 7th Hungarian congress on Plant Physiology, 12, 2012, S2-P05.
3. AHMED, S.A. and ABD ULAMEER, O.Q. *Effect of water stress and potassium fertiliztion on some growth treats of sunflower*. Iraqi Journal of Agricultural Sciences, 45(7), 2014, 708-720.
4. AKBAR, M., SHAKOOR, M.S., HUSSAIN, A. and SARWAR, M. *Evaluation of maize.3-way croses through genetic variability, broad sense heritability, characters association and path analysis*. Journal of Agricultural Research, 76, 2008, 39-43.
5. ALEXOPOULOS, A.A., AIVALAKIS, G., AKOUMIANAKIS, K.A. and PASSAM, H.C. *Effect of gibberellic acid on the duration of dormancy of potato tubers produced by plants derived from true potato seed*. Postharvest Biology and Technology, 49(3), 2008, 424-430.
6. ASHRAF, M. and HARRIS, P.J.C. *Photosynthesis under stressful environments: an overview*. Photosynthetica, 51(2), 2013, 163-190.
7. ASHRAF, M., KARIM, F. and RASUL, E. *Interactive effects of gibberellic acid (GA3) and salt stress on growth, ion accumulation and photosynthetic capacity of two spring wheat (Triticum aestivum* L.*) cultivars differing in salt tolerance*. Plant Growth Regulation, 36(1), 2002, 49-59.
8. ASHRAF, M.A., ASHRAF, M. and ALI, Q. *Response of two genetically diverse wheat cultivars to salt stress at different growth stages: leaf lipid peroxidation and phenolic contents*. Pakistan Journal of Botany, 42, 2010, 559-565.
9. BATES, L.S., WALDREN, R.P. and TEAR, I.D. *Rapid determination of free proline for water-stress studies*. Plant and Soil, 39, 1973, 205-207.
10. BOARETTO, L.F, CARAVALHO, G., BORGO, L., CRESTE, S., LANDELL, M.G., MAZZAFERA, P. and AZEVEDO, R.A. *Water stress reveals differential antioxidant responses of tolerant and non-tolerant sugarcane genotypes*. Plant Physiology and Biochemistry, 74, 2014, 165-175.
11. BRANKA, K., ANGELINA, T., ZORICA, T., LIUBOMIR, Z, DRAGAN, V., ZORICA, S. and BOSKO, G. (2016). *Grain yield and water use efficiency of maize as influenced by different irrigation regimes through sprinkler irrigation under temperate climate*. Agricultural Water Management, 169, 34-43.
12. CHA-UM, S. and KIRDMANE, C. *Effect of salt stress on proline accumulation, photosynthetic ability and growth characters in two maize cultivars*. Pakistan Journal of Botany, 40, 2009, 87-98.

13. El-MELEIGY, E.A., HASSANEIN, R.A. and ABDEL-KADER, D.Z. *Improvement of drought tolerance in Arachis hypogaea L. plant by applying growth substances. 3. Endogenous phytohormones and certain oxidative enzymes*. Bulletin of the Faculty of Science, Assiut University, 28, 1999, 159-185.
14. El-AREF, H.M. *Employment of maize immature embryo culture for improving drought tolerance*. In 3rd Scientific Conference of Agriculture Sciences. Faculty of Agriculture, Assiut University, Assiut Egypt, 2012, pp. 20-22.
15. GAY, J.P. *Le cycle du maïs*. Colloque physiologie mais, 1983, P 15-17 mars. Royan. France.
16. GYENES, P.I., KIZMUS, L., ZSUBORI, Z., NAGY, E. and MARTON, L.C. *Plant height and Height of the main ear in maize (Zea Mays* L.*) at different locations and different plant densities*. Acta Agronomica Hungarica, 4(5), 2002, 75-84.
17. HOQUE, M.A., OKUMA, E., BANU, M.N., NAKAMURA, Y., SHIMOISHI, Y. and MURATA, N. *Exogenous proline mitigates the detrimental effects of salt stress more than exogenous betaine by increasing antioxidant enzyme activities*. Plant Physiology, 164(5), 2007, 553-561.
18. JALEEL, C.A., MANIVANNAN, P., WAHID, A., FAROOQ, M., ALJUBURI, H.J., SOMASUNDAR, R. and PANNERERSEL, R. *Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition*. International Journal of Agriculture and Biology, 11, 2009, 100-105.
19. KAYA, C., TUNA, A.L. and ALFREDO, A.A. *Gibberellic acid improves water deficit tolerance in maize plants.* Acta Physiologiae Plantarum, 28(4), 2006, 331-337.
20. KUMAR, P., KUMAR, M.R., BINAYAK, C., RAKESH, M. and MISHRA, D.S. *Genetic variability and correlation studies in Gladiolus hybrida* L. *under tarai condition*. Annals of Horticulture, 43(2), 2011, 323-327.
21. LICHTENTHALER, H.K. *Chlorophylls and carotenoids pigments of photosynthesis biomebranes*. In: COLOWICK, S.P.; KAPALAN, N.O. (eds.). Methods in Enzymology. Academic Press, New York, 1987, 350-382.
22. MSHAWER, K.A. *Potassium role in maize* (*Zea mays* L.) *to tolerate drought stress and hydrogen peroxide*. PhD Thesis. University of Baghdad. College of Agriculture. Department of Soil and Water Sciences, 2013, Pp. 171.
23. SARWAR, N., FAROOQ, O., MUBEEN, K., WASAYA, A., NOUMAN, W., ZAFRA ALI, M., and SHEHZAD, M. *Exogenous application of gibberellic acid improves the maize crop productivity under scarce and sufficient soil moisture condition*. Cercetări Agronomice în Moldova, 4(172), 2017, 65-73.
24. SHTEREVA, L.B., ATANASSOVA, T., KARCHEVA, T. and PETKOV, V. *The effect of water stress on the growth rate, water content and proline accumulation in tomato calli and seedlings*. Acta Horticulturae, 789, 2008, 26.
25. SIADAT, S.A., MOOSAVI, S.A., ZADEH, M.S., FOTOUHI, F. and ZIREZADEH, M. *Effects of halo and phytohormone seed priming on germination and seedling growth of maize under different duration of accelerated ageing treatment*. African Journal of Agricultural Research, 6(31), 2011, 6453-6462
26. SIDDIQUI, M.H., AL-KHAISHANY, M.Y., AL-QUTAMI, M.A., AL-WHAIBI, M.H., GROVER, A., ALI, H.M., AL- WAHIBI, M.S. and BUKHARI, N.A. (2015*). Response of different genotypes of faba bean plant to drought stress*. International Journal of Molecular Sciences, 16(5), 2015, 10214-10227.
27. STAN, I. and NĂEESCU, V. *Maize response to water deficit*. Romanian Agricultural Research, 7, 1997, Pp. 8.

28. STEFANOV, B.J., IIIEV, L.K., POPOVA, N.I. *Influence of GA3 and 4-PU-30 on leaf protein composition, photosynthetic activity, and growth of maize seedlings*. Biologia Plantarum, 41, 1998, 57-63.
29. SURIYAN, C., TAKABE, T. and KIRDMANE, C. *Osmotic potential، photosynthetic abilities and growth characters of oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) seedlings in responses to polyethylene glycol-induced water deficit*. African Journal of Biotechnology, 9(39), 2010, 6509-6516.
30. TIAN, Y., GUAN, B., ZHOU, D., YU, J., LIN, G. and LOU, Y. *Responses of seed germination, seedling growth, and seed yield traits to seed pretreatment in maize (Zea mays* L.*)*. The Scientific World Journal, Article ID 834630, 2014, Pp. 8.