Al-Farouk journal of sciences
Volume (2), Issue (5) (Nov, 2026)
ISSN: 3135-2359

مجلة الفاروق للعلوم
المجلد (2) العدد 5 نوفمبر 2026
عدد خاص بالمؤتمر العلمي الرابع للعلوم والتقنية
28–29 نوفمبر 2026 مصراتة – ليبيا
إدارة المعاهد العليا – وزارة التعليم التقني

تأثير تدرج ملوحة مياه الري ومعاملة بذور الذرة الصفراء بحمض الجبريلليك (GA_3) في إنبات ونمو بادرات الذرة الصفراء

المنتصر بالله مختار محمد القريقني[1] – سامي المنير علي لاغا[2] – نسرين المبروك قريميدة[3]
[1،3] قسم الميكنة الزراعية، المعهد العالي للتقنية الزراعية بالغيران [2]–مركز البحوث الزراعية والحيوانية طرابلس

The Effect of Irrigation Water Salinity Levels and Yellow Maize Seed Treatment with Gibberellic Acid (GA_3) on Germination and Seedling Growth of Yellow Maize

Al-Muntasir Billah Mukhtar Mohammed Al-Quraqini[1]
Sami Al-Munir Ali Laga[2]
Nesreen Al-Mabrouk Qraimida[3]

[1,3] Department of Agricultural Mechanization, Higher Institute of Agricultural Technology, Al-Ghiran.

[2] Agricultural and Animal Research Center, Tripoli.

almuntaser.elgregni@uoz.edu.ly[1] samylagha3@gmail.com[2] NesrienGremida@gmial.com[3]

تاريخ الاستلام: 2026/7/30 تاريخ المراجعة 2026/8/20 تاريخ القبول:2026/8/28- تاريخ النشر: 2026/11/28

الملخص:

أجريت هذه الدراسة بهدف تقييم فاعلية حمض الجبريلليك ($C_{19}H_{22}O_6$) في تحفيز الانبات والنمو تحت ظروف الإجهاد الملحي لبذور الذرة الصفراء الصنف المحلي (*Zea mays* L., cv. Local)، وللحد من سلبيات زيادة تركيز ملوحة مياه الري. صممت التجربة وفق التصميم العشوائي الكامل (Completely Randomized Design CRD) بنظام التجربة العامليه (Factorial Experiment) في إحدى المزارع الخاصة بمنطقة عين زارة بمدينة طرابلس / ليبيا في الموسم الزراعي 2026/2025. خلال التجربة قسمت بذور الذرة إلى ثلاث مجموعات بحيث عوملت البذور في المجموعة الأولى بنقعها في حمض الجبريلليك (GA_3) بتركيز 300 ملغ/ لتر لمدة 24 ساعة وفي المجموعة الثانية نقعت البذور في الماء المقطر لنفس الفترة الزمنية أما المجموعة الأخيرة تركت البذور بدون نقع. زرعت بذور الذرة في أصص تحتوي 1 كيلو جرام تربة رملية بمعدل خمس بذور في كل اصيص بواقع ثلاث مكررات لكل معاملة بحيث كان العدد الكلي 45 أصيصاً. استخدمت مياه ذات تراكيز ملحية مختلفة (2000، 3000، 4000، 5000) جزء في المليون والتي حضرت بإذابة كلوريد الصوديوم في الماء المقطر ولمقارنة النتائج استخدمت مياه عذبة لري عينات الشاهد. تم تصميم شبكة ري بالتنقيط خاصة لكل تركيز من تركيزات الملوحة، لتقليل فقد المياه ورفع كفاءة استخدامها. أظهرت النتائج المتحصل عليها وجود فروقات معنوية ($p < 0.05$) بين المعاملات والتداخل بينهما، حيث انخفضت جميع الصفات المدروسة بزيادة تركيز الملوحة في مياه الري. غير أن معاملة نقع البذور بحمض الجبريلليك (GA3) حققت تفوقاً معنوياً في تسريع الأيام اللازمة للإنبات (2.50 يوماً) مقارنة بمعاملة الشاهد (6.70 يوماً) للبذور غير المنقوعة. وأستمر النمو بعد (20 يوماً) عند تركيز ملحي 5000 جزء في المليون بمتوسط طول المجموع الخضري (8.75 سم) وطول المجموع الجذري (7.08 سم) في حين فشلت معاملة البذور بالماء المقطر في الإنبات عند هذا التركيز.

الكلمات المفتاحية: حمض الجبريلليك (GA_3)، تركيز الأملاح، الري بالتنقيط، نبات الذرة.

Abstract

This study was conducted to evaluate the effectiveness of gibberellic acid (GA_3; $C_{19}H_{22}O_6$) in promoting seed germination and growth under salinity stress in local maize (*Zea mays* L., cv. Local), with the aim of mitigating the adverse effects of increased irrigation water salinity. The experiment was designed according to a Completely Randomized Design (CRD) using a factorial experimental arrangement. It was conducted on a private farm in the Ain Zara area of Tripoli, Libya, during the 2025/2026 agricultural season.The maize seeds were divided into three groups. In the first group, the seeds were soaked in a GA_3 solution at a concentration of 300 mg/L for 24 hours. In the second group, the seeds were soaked in distilled water for the same period, while the seeds in the third group were left unsoaked. Five seeds were sown in each pot containing 1 kg of sandy soil, with three replicates per treatment, resulting in a total of 45 pots. Irrigation water with different salinity concentrations (2,000, 3,000, 4,000, and 5,000

ppm) was prepared by dissolving sodium chloride (NaCl) in distilled water. Fresh water was used to irrigate the control plants for comparison. A separate drip irrigation system was designed for each salinity concentration to minimize water loss and improve water-use efficiency.The results revealed statistically significant differences ($p < 0.05$) among the treatments and their interactions. All studied traits decreased as irrigation water salinity increased. However, seed soaking in GA_3 significantly accelerated germination, reducing the number of days required for germination to 2.50 days, compared with 6.70 days for the unsoaked control seeds. Plant growth continued at a salinity concentration of 5,000 ppm after 20 days, with mean shoot and root lengths of 8.75 cm and 7.08 cm, respectively. In contrast, the distilled-water seed-soaking treatment failed to achieve germination at this salinity concentration.

Keywords: Gibberellic acid (GA_3), salt concentration, drip irrigation, maize plant.

المقدمة:

تعاني المناطق الجافة وشبه الجافة من تحديات كثيرة بسبب ندرة المياه العذبة الصالحة للزراعة وانخفاض معدلات هطول الأمطار بشكل ملحوظ وزيادة الاستخدام المفرط للمياه الجوفية الأمر الذي أدى إلى تداخل مياه البحر في الخزانات الجوفية، نتج عن ذلك زيادة تركيز الملوحة في المياه الجوفية. وهذا أدى إلى استخدام مياه ذات تركيزات مرتفعة من الملوحة في الزراعة، مما تسبب في انخفاض قدرة النباتات على امتصاص الماء والعناصر الغذائية اللازمة للنمو والانبات. ولذلك تبرز أهمية استخدام منظمات النمو ومن بينها حمض الجبريلليك (GA_3) كأحد الحلول الفعالة للحد من تأثير الإجهاد الملحي لمياه الري تكاملا مع التقنيات الحديثة ومنها الري بالتنقيط الذي يعتبر كأحد الحلول الفعالة لرفع كفاءة الري لما يتميز به من قدرة على تقليل الفاقد من المياه، إضافةً إلى التحكم في توزيع المياه والأملاح ضمن منطقة الجذور مما يجعله النظام الانسب للزراعة في المناطق التي تعاني من محدودية الموارد المائية أو ارتفاع ملوحة مياه الري. أجرى (الزوبك، 2010) تجربة على بعض بذور النباتات المتمثلة في (الشعير والقمح والبرسيم وعباد الشمس) لتقييم تأثير تركيزات مختلفة من ملوحة مياه الري (0، 500، 1000، 2000، 3000، 4000، 5000، 6000) ملغ/ل على حيوية هذه البذور. حيث أظهرت النتائج وجود فروقات معنوية في الصفات المدروسة، فكلما زاد تركيز الملوحة انخفضت نسبة الإنبات ومتوسط طول المجموع الخضري والجذري. كما توصل كلا من (حمزة ومحسن، 2017) الى ان بذور نبات الذرة المعاملة لمدة 24 ساعة قبل الزراعة بحمض الجبريلليك (GA_3) بتركيز 300 جزء بالمليون زادت قدرتها على النمو والانبات في الأراضي التي تعاني من مشكلة زيادة تركيز الملوحة. ومن خلال تجربة معملية اجراها (آغا وعباس، 2020) استخدما فيها أوساط ملحية بتركيز (0، 5000، 6000، 7000، 8000) ملغ/ل لري نبات الذرة المزروع في اصص حيث نقعت البذور في حمض الجبريلليك بتركيز 300ملغ/ل ونقعت بذور أخرى في الماء المقطر لمدة 24 ساعة. أشارت النتائج لجود تحسن في انبات وبزوغ البذور المعاملة بحمض الجبريلليك مع وجود فروقات في جميع المعاملات المدروسة، كما أوضح (سعدو و بابريلي، 2014) أن ارتفاع تركيز الأملاح في مياه الري بمقدار (0، 50، 100، 150، 200) ملي مول/لتر أثر سلبا على صنفين من نبات الخس (شنشار، كوبوس)، حيث سبب في انخفاض طول الجذير وطول السويقة الجنينية والوزن الطازج وجفاف البادرات تحت ظروف الإجهاد الملحي مقارنة بمعاملة الشاهد. كما استخدم (شكاب، 2022) لري نبات السنط الخيمي تركيزات ملوحة مختلفة (0، 30، 60، 90، 120، 150، 180) ملي مول، وتوصل الى أن الزيادة في تركيز ملح كلوريد الصوديوم سبب انخفاض معنوي في كل من سرعة الانبات ودليل الأنبات ودليل معدل الإنبات، واظهرت النتائج ان عند تركيز 150 ملي مول/ لتر بلغت نسبة الإنبات 80% الأمر الذي يعتبره مؤشر ايجابياً على إمكانية نجاح نبات السنط الخيمي في برامج التشجير في البيئات التي تتجاوز فيها الملوحة 150ملي مول. كما أجرى (عطية وبوهدمة، 2023) دراسة معملية هدفت إلى تقييم تأثير نقع بذور الشعير في حمض الجبريلليك (GA3) تركيز 150 جزء في المليون مقابل عدم النقع) عند مستويات ملوحة (0، 2000، 4000، 6000، 8000 جزء في المليون) على خصائص الإنبات ونمو بادرات الشعير تحت الإجهاد الملحي. أظهرت النتائج أن ارتفاع مستويات الملوحة أدى إلى انخفاض معنوي في نسبة الإنبات وطول البادرة والجذير والرويشة والوزن الجاف، في حين أدى نقع البذور بحمض الجبريلليك عن تحسين معنوي ملحوظ لكافة صفات النمو والإنبات وتخفيف الآثار السلبية للملوحة. كما أجرت Fatima et al. (2025) دراسة لتقييم دور حمض الأسكوربيك وحمض الجبريلليك في الحد من الآثار السلبية للإجهاد الملحي على نمو صنفين من الذرة الصفراء(Zea mays L.) ، وهما Sahival–2002 و Akbar، وذلك تحت مستويات مختلفة من الملوحة. أجريت التجربة وفق التصميم العشوائي الكامل(CRD) ، مع استخدام معاملات مختلفة من حمض الأسكوربيك وحمض الجبريلليك، وتقييم عدد من الصفات المورفولوجية والفسيولوجية والكيميائية الحيوية للذرة خلال مرحلتي النمو الخضري والتكاثري. أظهرت النتائج أن الصنف Sahival–2002 كان أكثر تحملاً للملوحة من الصنف Akbar في معظم الصفات المدروسة، في حين أدت زيادة الملوحة إلى انخفاض النمو والأداء الفسيولوجي والمحتوى الكيميائي الحيوي لكلا الصنفين. كما ساهمت معاملات حمض الأسكوربيك وحمض الجبريلليك في الحد من الآثار السلبية للإجهاد الملحي. وخلال مرحلة النمو الخضري، أدى الرش الورقي بمزيج من حمض الأسكوربيك وحمض الجبريلليك بتركيز 120 و110 جزء في المليون، على التوالي، إلى تحسين النمو وزيادة كثافة النباتات مع استقرار أفضل للمحتوى الغذائي. أما خلال مرحلة النمو التكاثري، فقد أدى الرش الورقي بمزيج من حمض الأسكوربيك وحمض الجبريلليك بتركيز 240 و220 جزء في المليون، على التوالي، إلى تخفيف الآثار السلبية للملوحة وتحسين نمو وإنتاجية نباتات الذرة.

على الرغم من هذه الجهود العلمية، إلا أن هناك نقصاً في الدراسات التطبيقية التي تجمع بين استخدام أنظمة الري الحديثة والمعاملة الأولية للبذور بالنقع في حمض الجبريلليك (GA3) للحد من التأثيرات السلبية لملوحة مياه الري على إنبات ونمو نبات الذرة الصفراء.

هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة بشكل محدد إلى تقييم التأثير المنفرد والتداخل بين تدرج مستويات مختلفة لملوحة مياه الري والمعاملة الأولية للبذور بحمض الجبريلليك (GA3) في تحسين سرعة الإنبات والنمو المبكر لبادرات الذرة الصفراء.

المواد وطرق البحث:

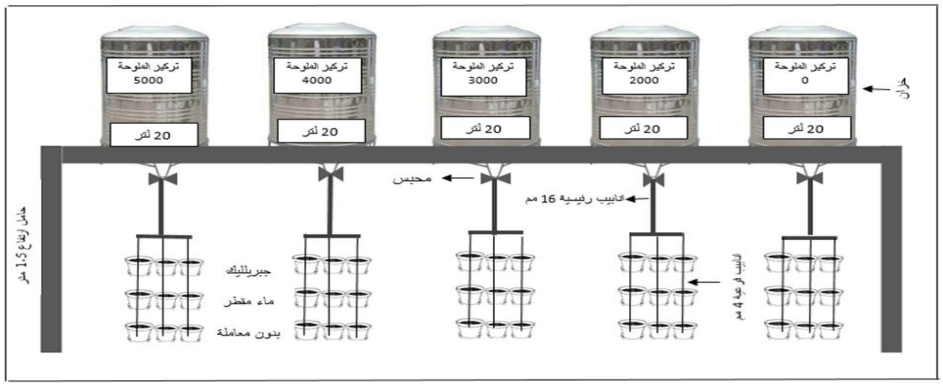
اجريت هذه التجربة خلال الموسم الزراعي 2026/2025 في احدى المزارع الخاصة بمنطقة عين زارة بطرابلس الغرب، حيث تم نقع مجموعة من بذور الذرة في حمض الجبريلليك لمدة 24 ساعة وبذور أخرى نقعت في الماء المقطر لنفس الفترة الزمنية كما تركت بذور بدون نقع. صممت التجربة وفق التصميم العشوائي الكامل (CRD) بنظام التجارب العامليه (3× 5) بثلاثة مكررات لكل معاملة، حيث اعتبر الأصيص هو الوحدة التجريبية المستقلة حيث بلغ عدد الاصص الكلية 45 أصيصاً. زرعت 5 بدور في كل أصيص كعينات فرعية يحتوي على 1 كيلو جرام تربة رملية بنسبة رمل 94.27%، وسلت 2.43%، وطين 3.30% (Black, 1965). اعتمد متوسط القراءات المقاسة داخل الأصيص الواحد كمشاهدة واحدة تدخل في التحليل الإحصائي. استخدمت مياه للري ذات تراكيز ملحية (2000، 3000، 4000، 5000) جزء في المليون والتي حضرت بإذابة كلوريد الصوديوم في الماء المقطر إضافة إلى استخدام مياه بتركيز 198 جزء في المليون للمقارنة وفق ما ذكره العديد من البحاث (حمزة ومحسن، 2017) . والجدول (1) يوضح تراكيز الملوحة المستخدمة في مياه الري وقيم التوصيل الكهربي (EC) المكافئة لها، والتي تم حسابها من المعادلة (1) الذي ذكرها (Ayers and Westcot,1985) .

$$EC\ \left(\frac{ds}{m}\right) = \frac{\text{ppm}}{640} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

جدول (1) يبين تركيز ملوحة مياه الري وقيم التوصيل الكهربي المكافئ لها (EC)

تركيز الملوحة (ppm)	تركيز الملوحة $EC\ \left(\frac{ds}{m}\right)$
198	0.31
2000	3.13
3000	4.69
4000	6.25
5000	7.81

صممت شبكة الري كما مبين في الشكل (1) بحيث خصصت شبكة ري مستقلة لكل تركيز من تركيزات الملوحة المستخدمة في التجربة، وتتكون كل شبكة من خزان بسعة 20 لتر موضوع على ارتفاع 1.5 متر عن سطح الارض وصل كل خزان بأنبوب رئيسي بقطر 16 ملليتر يغذي أنبوب فرعي قطر 4 ملليتر لكل اصيص بالإضافة لمنقطات ضغط منخفضة ومحابس ضبط لتصريف ماء الري مع وجود سداد في نهاية كل خط. رويت الأصص بحيث تم ضبط المحتوى الرطوبي لجميع الاصص في حدود السعة الحقلية باستخدام التركيزات الملحية المذكورة لمدة عشرين يوماً من الزراعة. تم أخذ بعض القياسات للصفات الظاهرية لنبات الذرة الصفراء بعد انتهاء المدة المحددة للدراسة.



شكل (1) يوضح رسم تخطيطي للتجربة

الصفات المدروسة:

1- عدد الأيام اللازمة للإنبات:

تم تسجيل الفترة الزمنية من تاريخ الزراعة وحتى ظهور علامات البزوغ لحساب عدد الأيام اللازمة لوصول نسبة الإنبات إلى 50% من إجمالي بذور الوحدة التجريبية وفق (Hunt, 1990).

2- عدد الأوراق:

تم حساب عدد الأوراق كاملة النمو لكل نبات عند نهاية التجربة والتي استمرت عشرون يوما (Hunt,1990).

3- طول المجموع الخضري والجذري:

تم قياس طول المجموع الخضري والمجموع الجذري باستخدام المسطرة معبر عنها بوحدة السنتميتر بعد مرور عشرين يوما من بداية التجربة (Hunt,1990).

التصميم الإحصائي:

تم التصميم الاحصائي باستخدام جدول تحليل التباين (Analysis of Variance – ANOVA) وفق التصميم العشوائي الكامل (Completely Randomized Design CRD) بنظام التجربة العاملية (Factorial Experiment). وتمت المقارنة بين المشاهدات بواسطة أقل فرق معنوي (LSD) عند مستوى معنوي (0.05).

$$Yijk = \mu + Ai + Bj + (AB)ij + \varepsilon ijk \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

حيث أن:

Yijk: قيمة المشاهدة لكل مكرر k تحت مستوى المعاملة i وتركيز الملوحة j.

μ : المتوسط العام لجميع المشاهدات في التجربة.

العامل الأول (Ai): نوع المعاملة (نقع في حمض جبريلليك، نقع في الماء المقطر، بدون نقع).

العامل الثاني (Bj): تركيزات ملوحة مياه الري (0، 2000، 3000، 4000، 5000)ppm .

ij(AB): تأثير التداخل بين نوع المعاملة ومستوى الملوحة.

εijk : الخطأ التجريبي.

النتائج والمناقشة:

أظهرت النتائج المتحصل عليها وجود تأثير معنوي للمعاملات المختلفة والتداخل بينها لجميع الصفات المدروسة، والمتمثلة في متوسط عدد ايام الإنبات وعدد الأوراق وطول كل من المجموع الخضري والجذري، وذلك عند مستوى معنوية 5%.

1- عدد الأيام:

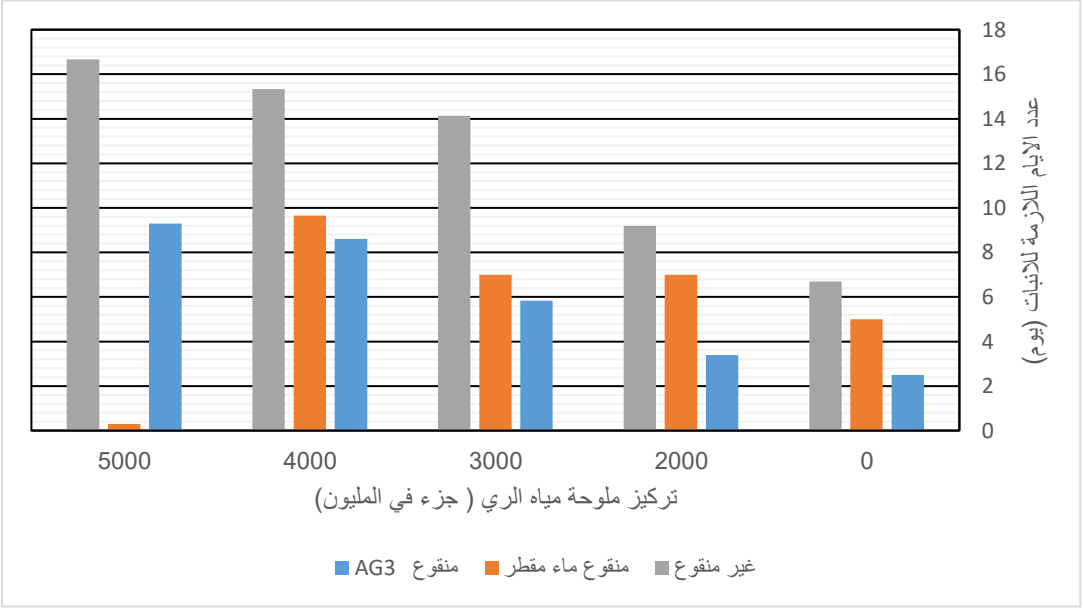
توضح النتائج المعروضة في جدول (2) وجود فروق معنوية عند مستوى معنوي (0.05) لمتوسط عدد الأيام اللازمة لإنبات بذور الذرة حسب نوع المعاملة وتركيز ملوحة مياه الري ، حيث سجل أقل عدد من الأيام اللازمة للإنبات لبذور الذرة المنقوعة في حمض الجبريلليك عند جميع تركيزات الملوحة المستخدمة في التجربة مقارنة بمعاملتي النقع في الماء المقطر والبذور غير المنقوعة ، من خلال التجربة عند المعاملة الشاهد (198 جزء في المليون) انخفض متوسط عدد الأيام اللازمة للإنبات إلى 2.5 يوماً عند معاملة البذور بحمض الجبريلليك، مقارنة بـ 5 أيام في معاملة النقع بالماء المقطر و6.70 يوماً في معاملة البذور غير المنقوعة، وهذا يوضح ان لحمض الجبريلليك دور فعال لتحفيز وتسريع عمليات الإنبات، حيث ان لحمض الجبريلليك القدرة على تنشيط الإنزيمات المحللة للمواد المخزنة في الإندوسبيرم مما يساعد في توفير الطاقة اللازمة لنمو الجنين وتسريع بزوغ البادرة. كما لوحظ ارتفاع تدريجي في عدد الأيام اللازمة للإنبات في جميع المعاملات مع زيادة تركيز الملوحة في مياه الري، حيث بلغ متوسط عدد الأيام 8.60 يوم عند تركيز 4000 جزء في المليون في معاملة حمض الجبريلليك، و9.66 يوم في معاملة الماء المقطر، في حين وصل إلى 15.33 يوم في معاملة البذور غير المنقوعة أما عند تركيز 5000 جزء في المليون كان هناك ازدياد واضح في عدد الأيام اللازمة للنمو فيما لم يحدث أي انبات للمعاملة المنقوعة في الماء المقطر كما هو موضح في الشكل (2) يرجع ذلك التأخير في الإنبات إلى التأثير الأسموزي للأملاح، الذي يقلل من قدرة البذور على امتصاص الماء، إضافة إلى السمية الأيونية لأيونات الصوديوم والكلوريد التي تؤثر سلباً في النشاط الأيضي للجنين. ورغم هذا الازدياد في عدد الأيام اللازمة للإنبات عند المستويات المرتفعة من الملوحة، فقد حافظت معاملة حمض الجبريلليك على تفوقها النسبي، وهذا يوضح دور الجبريلليك في التخفيف من آثار الإجهاد الملحي عبر تحسين الحالة المائية للبذور، وتنظيم التوازن الهرموني داخلها، وزيادة كفاءة العمليات الحيوية المرتبطة ببدء الإنبات. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (حمزة ومحسن،2017)، حيث أظهرت نتائج الدراسة السابقة أن معاملة بذور الذرة بحمض الجبريلليك قبل الزراعة يقلل من مدة الأيام اللزمة للإنبات تحت ظروف الملوحة المرتفعة، وأوضحت دراسة اجراها (Taiz et al., 2015) أن الجبريلينات تلعب دوراً محورياً في كسر طور السكون وتسريع الإنبات، خاصة تحت ظروف الإجهاد الملحي. ولذلك يمكن اعتبار عدد الأيام اللازمة للإنبات مؤشراً حساساً لاستجابة نبات الذرة الصفراء للإجهاد الملحي، وأن استخدام حمض الجبريلليك

كمعاملة قبل الزراعة يعد وسيلة فعالة لتحسين سرعة الإنبات في المناطق المتأثرة بملوحة مياه الري وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجاف

يوضح جدول (2) تأثير المعاملات المختلفة على عدد الأوراق ومتوسط عدد أيام الإنبات

المعاملات	تركيز ملوحة مياه الري (جزء في المليون)				
	198	2000	3000	4000	5000
	متوسط عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم)				
منقوع في حمض الجبريلليك	2.50±0.20a	3.39±0.44g	5.83±0.25f	8.60±0.10d	9.30±0.10c
منقوع في ماء مقطر	5.00±1.00f	7.00±0.02e	7.00±0.01e	9.66±0.58c	ـــــ
بذور غير منقوع	6.70±0.01e	9.19±0.02c	14.14±0.02b	15.33±0.03ab	16.66±0.58a
	عدد الأوراق				
منقوع في حمض الجبريلليك	3.77±0.39a	2.50±0.50b	2.00±0.42bc	2.11±0.19bc	1.83±0.29c
منقوع في ماء مقطر	3.71±0.26a	3.00±0.14ab	2.94±0.92b	2.00±0.32b	0.00±0.00j
بذور غير منقوع	3.71±0.26a	2.91±0.09 b	2.14±0.17c	2.00±0.31cd	1.00±.001d

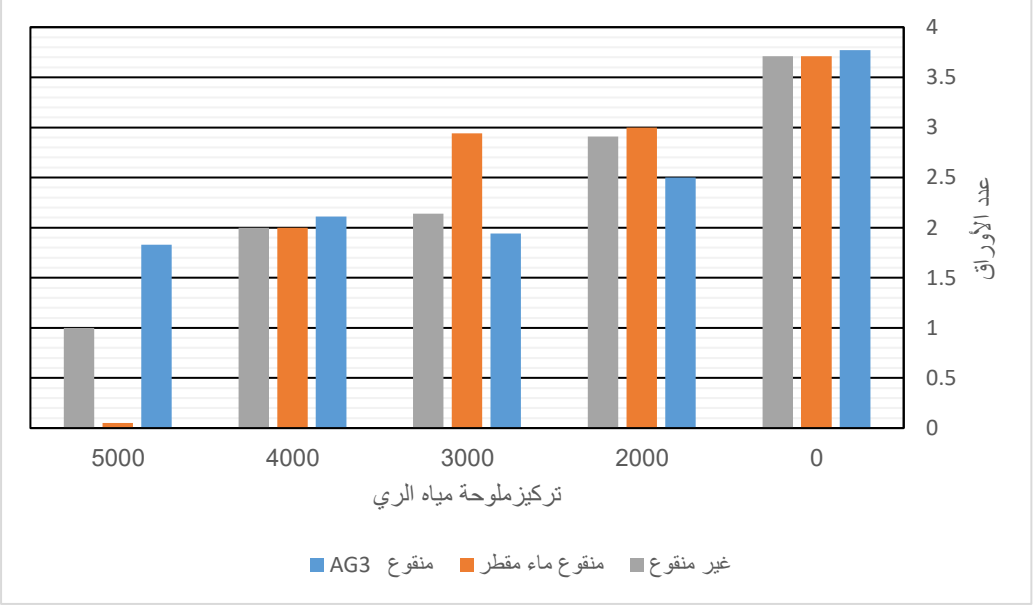
*المتوسطات التي تشترك في حرف واحد على الأقل عمودياً لا توجد بينها فروقات معنوية($P > 0.05$)



شكل (2) يوضح العلاقة بين عدد الأيام اللازمة للإنبات (يوم) وتركيز ملوحة مياه الري (جزء في المليون)

2- عدد الأوراق:

تشير النتائج الموضحة في جدول (2) وشكل (3) وجود علاقة عكسية بين تركيز الملوحة وعدد الأوراق بحيث كلما زادت نسبة تركيز الملوحة في مياه الري قل عدد أوراق نبات الذرة بغض النظر عن نوع المعاملة. وقد اظهرت معاملة نقع البذور في حمض الجبريلليك أعلى متوسط لعدد الأوراق عند جميع تركيزات الملوحة مقارنة بمعاملتي النقع في الماء المقطر والبذور غير المنقوعة. فعند المعاملة الشاهد، كان متوسط عدد الأوراق في معاملة حمض الجبريلليك 3.77 ورقة/نبات، مقابل 3.71 ورقة/نبات لكل من معاملة الماء المقطر والبذور غير المنقوعة. ومع زيادة تركيز الأملاح انخفض عدد الأوراق بشكل ملحوظ في الوقت الذي لم يحدث أي انبات للبذور المنقوعة في الماء المقطر عند تركيز ملوحة 5000 جزء في المليون، بينما النباتات الناتجة من معاملة بذورها بحمض الجبريلليك احتفظت بعدد أوراق أعلى نسبياً، مما يشير لدور الجبريلليك في التخفيف من تأثير الإجهاد الملحي. ويرجع سبب الانخفاض في عدد الأوراق تحت ظروف الملوحة إلى التأثير الأسموزي للأملاح الذي يحد من امتصاص الماء، إضافة إلى السمية الأيونية الناتجة عن تراكم أيونات الصوديوم، مما يثبط انقسام الخلايا ونمو القمم النامية. في حين يقوم حمض الجبريلليك على تحفيز الانقسام الخلوي وزيادة استطالة الخلايا، وتحسين كفاءة البناء الضوئي، وهو ما يفسر تفوق هذه المعاملة. وهذه النتائج تتوافق مع ما توصل إليه Ashraf & Foolad (2013,) حيث أن الجبريلينات تسهم في تحسين نمو الأوراق تحت ظروف الإجهاد الملحي.



شكل (3) يوضح العلاقة بين عدد الأوراق (ورقة / نبات) وتركيز ملوحة مياه الري (جزء في المليون)

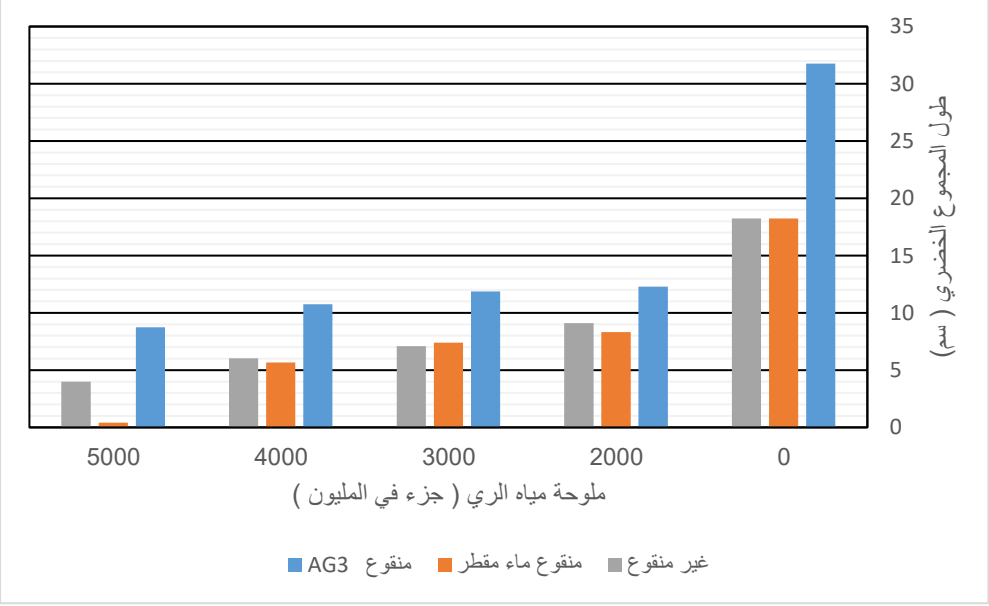
3 – طول المجموع الخضري:

تشير النتائج الموضحة جدول (3) وشكل (4) تبين النتائج ان زيادة تركيز ملوحة مياه الري تؤدي لانخفاض معنوي في طول المجموع الخضري، فقد سجلت معاملة حمض الجبريلليك أعلى طول للمجموع الخضري عند المعاملة الصفرية (31.75 سم)، في حين انخفض هذا الطول تدريجياً مع زيادة تركيز الأملاح ليصل إلى 10.74 سم عند تركيز 4000 جزء في المليون، ثم إلى 8.75 سم عند 5000 جزء في المليون. بينما لوحظ انخفاض حاد في نمو المجموع الخضري عند تركيز 5000 جزء في المليون في معاملة غير المنقوعة وانعدامه في معاملة الماء المقطر، وهذا يشير لتأثير شدة الإجهاد الملحي عند هذا المستوى. ويعكس التفوق النسبي لمعاملة البذور بحمض الجبريلليك قدرته على دعم نمو النبات حتى في الظروف الملحية المرتفعة. ويرجع السبب في انخفاض طول المجموع الخضري إلى تقليل ضغط الامتلاء الخلوي، وانخفاض التمثيل الضوئي، واختلال في توازن الهرمونات النباتية تحت ظروف الإجهاد الملحي. بينما يسهم حمض الجبريلليك في زيادة مرونة الجدر الخلوية وتحفيز استطالة السلاميات، مما يقلل من الأثر السلبي الناتج عن زيادة تركيز الملوحة في مياه الري. وتتفق هذه النتائج مع ما توصل إليه (Taiz et al., 2015).

جدول (3) يوضح تأثير المعاملات المختلفة على طول المجموع الخضري والجذري عند نهاية التجربة*

المعاملات	تركيز ملوحة مياه الري (جزء في المليون)				
	198	2000	3000	4000	5000
	طول المجموع الخضري (سم)				
منقوع في حمض الجبريلليك	31.75±0.08a	12.29±2.25b	11.86±3.54b	10.74±1.07c	8.75±2.82c
منقوع في ماء مقطر	18.25±0.35b	8.33±1.21c	7.41±0.52c	5.66±1.15c	0.00±0.00e
بذور غير منقوع	18.25±1.35b	9.09±2.11c	7.08±1.66c	5.04±0.44c	4.00±1.50c
	طول المجموع الجدري (سم)				
منقوع في حمض الجبريلليك	16.85±0.17a	13.40±2.21ab	7.86±0.63bc	7.50±1.09b	7.08±1.66c
منقوع في ماء مقطر	19.71±1.45a	8.50±1.26b	8.08±1.80b	7.20±0.62b	0.00±0.00d
غير منقوع	19.71±0.26a	7.95±1.38b	6.86±0.88b	7.44±2.70b	3.50±2.45c

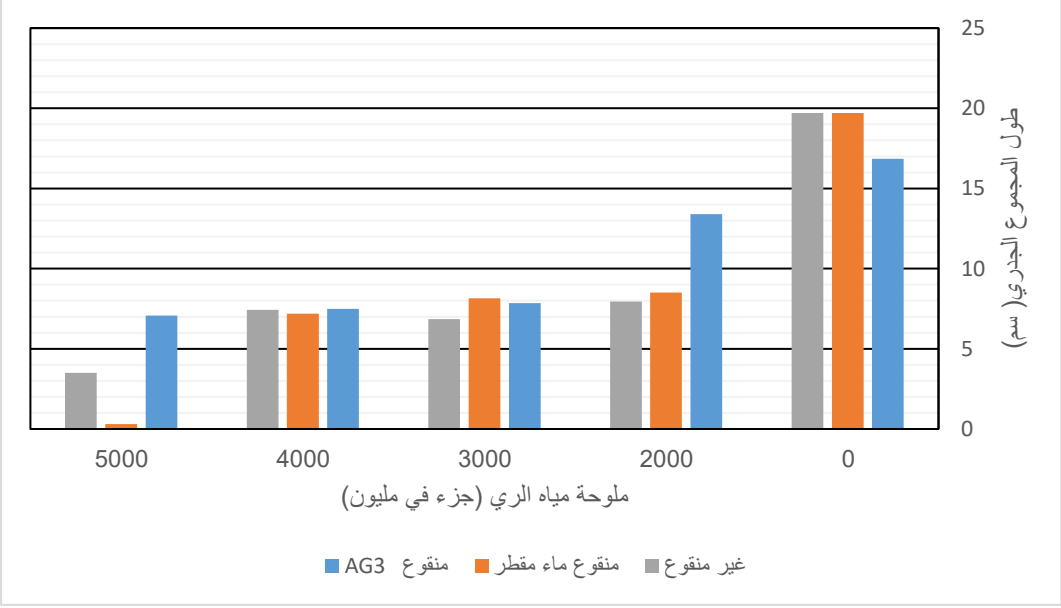
*المتوسطات التي تشترك في حرف واحد على الأقل عمودياً لا توجد بينها فروقات معنوية($P > 0.05$)



شكل (4) يوضح العلاقة بين طول المجموع الخضري (سم) وتركيز ملوحة مياه الري (جزء من المليون)

4- طول المجموع الجذري:

توضح النتائج المعروضة في جدول (3) والشكل (5) هناك تأثير معنوي عند مستوي معنوية (0.05) لتركيز الملوحة ومعاملة البذور في طول المجموع الجذري. فبزيادة تركيز الأملاح في مياه الري انخفض طول المجموع الجذري، حيث سجلت معاملة حمض الجبريلليك أعلى قيم لطول الجذور عند جميع تركيزات الملوحة مقارنة بالمعاملات الأخرى. فعند تركيز 5000 جزء في المليون، استمرت البذور المنقوعة في حمض الجبريلليك في النمو وتكوين جذور بمتوسط طول بلغ 7.08 سم، في حين لم تنجح باقي المعاملات في الإنبات أو النمو. ويعتبر هذا دليل واضح على دور الجبريلليك في تحفيز نمو الجذور تحت ظروف الإجهاد الملحي العالي. كما يؤدي ارتفاع تركيز الملوحة في مياه الري لتقليل استطالة الجذور وانخفاض امتصاص الماء والعناصر الغذائية. غير أن حمض الجبريلليك يعزز نشاط الميرستيمات الجذرية، ويزيد من كفاءة امتصاص الماء، مما يفسر النتائج المتحصل عليها. وهذه النتائج تتوافق مع ما أشار إليه (Sairam & Tyagi, 2004).



شكل (5) يوضح العلاقة بين طول المجموع الجذري (سم) وتركيز ملوحة مياه الري (جزء من المليون)

الخلاصة والتوصيات:

نظرا للنتائج المتحصل عليها من الدراسة يمكن استنتاج الاتي:

- حدوث انخفاض معنوي في الإنبات والنمو وجميع الصفات المدروسة نتيجة لزيادة تركيز ملوحة مياه الري.
- أدى معاملة بذور الذرة الصفراء بحمض الجبريلليك بتركيز 300 ملغ/لتر تحسن بشكل ملحوظ في سرعة الانبات وعدد الأوراق وطول المجموع الخضري والجذري عند جميع تركيزات ملوحة مياه الري المستخدمة في هذه الدراسة.
- كان لمعاملة الجبريلليك قدرة على التقليل من التأثيرات السلبية للإجهاد الملحي الناتج من زيادة تركيز الملوحة في مياه الري.

وبناء على نتائج هذه الدراسة، نوصي بإجراء أبحاث مستقلة لتقييم مدى واسع من التركيزات لحمض الجبريلليك بهدف تحديد التركيز الأمثل لمعاملة البذور، واعتماد هذه المعاملة كأحد الحلول الفعالة لتحسين إنبات ونمو الذرة الصفراء تحت تأثير تركيزات الملوحة العالية في مياه الري وفي المناطق المتأثرة بالملوحة .

المراجع العربية:

1- آغا، إفتخار خلف عباس (2020). تأثير حمض الجبريلليك في نسبة الإنبات ونمو بذور الذرة الصفراء (Zea mays L.) صنف (غوطة 82) تحت تأثير الإجهاد الملحي. المجلة السورية للبحوث الزراعية. المجلد (7). العدد (4): 221-231.
2- الزويك، سهام محمد. (2010). دراسة تأثير ملوحة مياه الري على إنبات ونمو بعض المحاصيل الحقلية. المجلة الافريقية للعلوم والبيولوجية. المجلد (6). العدد (3): 61-72.
3- حمزة، جلال حميدة، محسن، كامل محمد. (2017). تأثير نقع بذور الذرة في بالـ AG_3 في بزوغ بادرات الذرة الصفراء تحت الاجهاد الملحي. مجلة العلوم الزراعية العراقية. المجلد (48). العدد (3):650-659.

4- سعدو، علياء. رولا بأيرلي، (2014). تأثير مستويات مختلفة من كلور الصوديوم في إنبات البذور ومراحل النمو المبكرة لنبات الخس في صنفي كبوس وشنشار. مجلة جامعة دمشق للعلوم الزراعية. المجلد (30). العدد (4): 147-156.
5- شكاب، أبراهيم أحمد. (2022). تأثير الملوحة على إنبات بذور السنط الخيمي Acacia ligulata. مجلة الليبية للعلوم الزراعية. المجلد (27). العدد (2):54-63.
6- عطية، رشا رمضان، وبوهدمة، أحمد سالم. (2023). تأثير نقع البذور في حمض الجبريليك في خصائص الإنبات ونمو بادرات الشعير تحت الإجهاد الملحي. مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية، العدد 28 (يونيو 2023)، ص ص 487-511.

المراجع الإنجليزية:

1- Ashraf, M., & Foolad, M. R. (2013). Crop breeding for salt tolerance in the era of molecular markers and marker-assisted selection. Plant Breeding, 132, 10–20.
2- Black, C. A. (Ed.). (1965). *Methods of soil analysis: Part 1. Physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.* Agronomy Monograph No. 9. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
3- Fatima, H., Khan, A., Nadeem, M., Khalofah, A., & Abbas, T. (2025). Induction of salinity tolerance in maize (Zea mays L.) by exogenous application of ascorbic acid and gibberellic acid. Scientific Reports, 15, 38273.
4- Hunt, R. (1990). Basic Growth Analysis: Plant growth analysis for beginners. Unwin Hyman, London99
5- Sairam, R. K., & Tyagi, A. (2004). Physiology and molecular biology of salinity stress tolerance in plants. Current Science, 86, 407–421.
6- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). Plant Physiology and Development. Sinauer Associates
7- Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations