مجلة جامعة الزيتونة الدولية للنشر العلمي
Zaytoonah University International Journal for Scientific Publishing
Issue N.36-Vol.2 / ISSN:2958-8537

العدد السادس والثلاثون (36)، المجلد الثاني
تاريخ 30 – 7 – 2025
(من ص 105 إلى ص122)

دور الكالسيوم في حماية نبات القمح من تأثير الاجهاد الملحي

The Role of Calcium in Mitigating Salt Stress Effect in Wheat

اسمه إبراهيم عبدالسلام
Asma Ibrahim Abdesalam
قسم علم النبات – كلية العلوم– جامعة سبها – دولة ليبيا
asm.ibrahim@sebhau.edu.ly
https://orcid.org/0009-0002-8144-3155

منى عبدو عمر
Mona Abdou Omar
قسم علم النبات – كلية العلوم– جامعة سبها – دولة ليبيا
mou.abdou@sebhau.edu.ly
https://orcid.org/0009-0008-8585-5046

هدى سالم الرويق
Huda Salem Alrawiq
قسم علم النبات – كلية العلوم– جامعة سبها – دولة ليبيا
hud.alrawiq@sebhau.edu.ly
https://orcid.org/0009-0001-6150-10902

الملخص:

تعتبر الملوحة من المشاكل التي تعيق الإنتاج الزراعي، ومن خلال الإحصائيات تبين أن الأراضي المتأثرة بالملوحة تشكل حوالي نصف مساحة الأراضي الزراعية المالحة وفي ليبيا على وجه الخصوص تشكل الأراضي المالحة نسبة كبيرة من مساحة الأراضي الزراعية أرض. تؤدي تأثيرات الملوحة إلى تغيرات في طبيعة التربة ومسامها. تضاف أملاح كبريتات الكالسيوم على شكل جبس إلى أوساط النمو التي تعاني من زيادة تركيز أملاح كلوريد الصوديوم، يعتبر الجبس الزراعي مصدراً أساسياً ورئيسياً للكالسيوم المذاب الذي يستخدم في استصلاح وتحسين خواص التربة للأراضي القلوية والمالحة ويمنع تدهور خواص الأراضي المالحة أثناء الاستصلاح ويتميز بخلوه من العناصر الثقيلة السامة حيث أنه يحتوي على نسبة عالية من الكبريت في صورة عضوية مفيدة للنبات، كما أن إضافة الجبس الزراعي كمصدر للكالسيوم الذائب في التربة يؤدي إزالة أيونات الصوديوم الضارة. إن إيجاد نوع من التوازن الملحي الجيد في التربة عند إذابة الأملاح يؤدي إلى تحسين خواص التربة الطبيعية عن طريق زيادة التهوية والمسامية

النفاذية. يقوم بتكسير الروابط والمجموعات الجيرية والصودا مما يؤدي إلى سهولة امتصاص العناصر الغذائية من قبل الجذور. يلعب الكالسيوم دوراً رئيسياً في حماية الخلية النباتية من تأثيرات الاجهاد الملحي التي تتعرض لها، من خلال دوره كمراسل ثانٍ في الخلية النباتية المعرضة للإجهاد الملحي، حيث يزداد تركيز أيون الكالسيوم في سيتوبلازم الخلية، بمجرد تعرضها لعامل شد خارجي، وينتج عن إطلاق إشارة الكالسيوم في الخلية تفاعلات مختلفة حسب نوع المحفز الذي تتعرض له الخلية ويعتمد إطلاق إشارة الكالسيوم على مضخات نقل الكالسيوم الموجودة في أغشية الخلايا.

الكلمات المفتاحية: نبات القمح، اشارة الكالسيوم، الاجهاد الملحي، كلوريد الصوديوم، الجبس الزراعي.

Abstract

Salinity is one of the problems that hinder agricultural production. Statistics show that saline-affected lands constitute about half of the total agricultural lands. In Libya in particular, saline soils make up a large proportion of the agricultural land area. The effects of salinity lead to changes in the nature and porosity of the soil. Calcium sulfate salts, in the form of gypsum, are added to growth media suffering from increased concentrations of sodium chloride. Agricultural gypsum is a primary and essential source of soluble calcium used for the reclamation and improvement of saline and alkaline soils. It helps prevent the deterioration of saline soil properties during the reclamation process and is characterized by being free of toxic heavy metals. It also contains a high percentage of sulfur in an organic form that is beneficial to plants. Moreover, the addition of agricultural gypsum as a source of soluble calcium in the soil helps remove harmful sodium ions. Creating a good salt balance in the soil through the dissolution of salts improves the soil's physical properties by increasing aeration, porosity, and permeability. It breaks down lime and soda aggregates, which facilitates the absorption of nutrients by plant roots. Calcium plays a key role in protecting plant cells from the effects of salt stress. It acts as a secondary messenger within plant cells exposed to salt stress, as the concentration of calcium ions in the cytoplasm increases once the cell is exposed to external stress. The release of calcium signals in the cell triggers different reactions depending on the type of stimulus the cell is exposed to, and this release relies on calcium transport pumps located in cell membranes.

Keywords: **Wheat plant**, **Calcium signaling**, **Salt stress**, **Sodium chloride**, **Agricultural gypsum**.

المقدمة:

إن الملوحة تعد من المشـــاكل التي تعيق الإنتاج الزراعي وتعرف الملوحة على انها وجود تركيزات عالية من الأملاح الذائبة في التربة مما يؤدي إلى تثبيط نمو النباتات وإنتاجيتها [6].

تؤثر التراكيز الملحية العالية في بناء التربة وخاصــة عند زيادة نســبة ادمصــاص ايونات الصــوديوم الى الكاتيونات الاخرى على سطح غرويات الطين. وعلى الصفات الفيزيائية للتربة، حيث تتفتت الحبيبات المكونة للكتل الكبيرة وتصبح مفككة، الامر الذي يقلل من حجم مسام التربة ويضعف نفاذيتها للماء والهواء [9].

يلعب الكالســـيوم دور كبير في حماية الخلية النباتية من تأثيرات الاجهاد التي تتعرض لها، وذلك من خلال دوره كمراســل ثاني في الخلية النباتية المتعرضــة للشــد، حيث يزداد تركيز أيون الكالســيوم في ســيتوبلازم الخلية بمجرد تعريضــها لعامل شــد خارجي، وينتج عن انطلاق إشــارة الكالســيوم في الخلية ردود فعل مختلفة وفقاً لنوع الحافز الذي تتعرض له الخلية [6] [7].

يعتمد انطلاق إشارة الكالسيوم على مضخات نقل الكالسيوم المتواجدة في أغشية الخلية مثل الغشاء البلازمي والغشاء الفجوي وغشاء الشبكة الاندوبلازمية حتى يصل إلى تركيزه الاعتيادي في السيتوبلازم[11] .

الجبس الزراعي هو مصدر أساسي ورئيسي للكالسيوم الذائب المستخدم في استصلاح وتحسين صفات التربة للأراضي القلوية والملحية ويحول دون تدهور صفات الأراضي الملحية أثناء استصلاحها. ويتميز بخلوه من العناصر الثقيلة السامة كما يحتوي على نسبة عالية من الكبريت. إضافة الجبس الزراعي كمصدر للكالسيوم الذائب بالتربة يؤدي إلي التخلص من معظم أيونات الصــوديوم الضــارة. تحســين صــفات التربة الطبيعية من خلال زيادة التهوية والمســامية والنفاذية. يقوم بفك الروابط والمجموعات الكلســية والصــودية مما يؤدي إلى ســهولة امتصــاص الجذور للعناصر الغذائية [10] .

أهمية البحث:

ملوحة التربة من أبرز التحديات التي تواجه الإنتاج الزراعي في العديد من المناطق حول العالم، حيث تؤدي إلى تدهور خصوبة التربة وانخفاض الإنتاجية الزراعية، وخصوصًا في المحاصيل الاستراتيجية مثل القمح. يعتبر الكالسيوم من العناصـــر الغذائية المهمة التي تلعب دورًا حيويًا في تعزيز مقاومة النباتات للإجهادات البيئية، بما في ذلك الإجهاد الملحي. وتكمن أهمية هذا البحث في تســليط الضــوء على تأثير الكالســيوم في تخفيف أضــرار الملوحة وتحسين نمو وإنتاجية نبات القمح. كما يساهم في تقديم توصيات علمية للمزارعين والمهتمين في مجال الزراعة حول طرق إدارة التربة المتأثرة بالملوحة من خلال اســتخدام الكالســيوم كعامل معدل للملوحة، مما يعزز الأمن الغذائي ويقلل من الخسائر الزراعية.

مشكلة البحث:

تعد ملوحة التربة من العوامل البيئية السلبية التي تؤثر بشكل مباشر على نمو وإنتاجية نبات القمح، حيث تؤدي إلى اضطراب في امتصاص العناصر الغذائية والماء، وانخفاض في كفاءة العمليات الحيوية داخل النبات. وعلى الرغم من وجود العديد من الدراسات حول ملوحة التربة، إلا أن هناك حاجة ماسة لفهم آليات مقاومة الملوحة لدى النباتات، ودور العناصر المعدنية في ذلك، وخاصة عنصر الكالسيوم. ومن هنا تنبثق مشكلة هذا البحث: دراسة مدى فاعلية الكالسيوم في تقليل الأضرار التي تسببها ملوحة التربة لنبات القمح، وما هي الآليات التي يساهم من خلالها في تعزيز مقاومة النبات لهذا النوع من الإجهاد.

الهدف من الدراسة:

تهدف هذه الدراسة الى:

اختبار تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم في سرعة الانبات وطول المجموع الخضري والجذري وكذلك في مساحة الورقة لنبات القمح *Triticum eastivum* L. .

اختبار تأثير تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم في كمية الكلوروفيل (أ, ب, الكلي).

اختبار تأثير التداخل بين ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم على المقاييس المذكورة أعلاه ودوره في حماية نبات القمح من تأثير الاجهاد الملحي.

المواد والطرق:

تصميم التجربة:

تم تصميم التجربة بشكل عشوائي بطريقة المربع اللاتيني لإيجاد اقل فرق معنوي لدراسة المتغير (الشاهد و3 تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم) وكذلك (التداخل بين 3 تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم و3 تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم) وقمنا بعمل 3 تكرارات لكل تركيز من التراكيز سابقة الذكر وتم توحيد جميع الظروف المحيطة درجة الحرارة الري الإضاءة، وقد اجرينا الدراسة داخل معامل قسم علم النبات–كلية العلوم–جامعة سبها في خريف 2022 م واستمرت مدة الدراسة من انبات البذور الى مرحلة نمو البادرات 37 يوماً.

المواد النباتية:

بذور نبات القمح *Triticum eastivum* L. المستخدمة لإجراء الاختبارات المختلفة تم الحصول عليها من محلات بيع المواد الزراعية.

المواد الكيمائية:

ملح كلوريد الصوديوم NaCl، ملح كبريتات الكالسيوم المائية ($CaSo_4.7H_2o$)، حمض الهيدروكلوريك Hcl، كلوركس Clorox، إيثانول، أسيتون، ماء مقطر.

الأدوات والأجهزة المستخدمة:

أطباق بتري، أصـــص، رمل، أوراق ترشـــيح، فرن، ميزان، جهاز التعقيم البخاري، جهاز قياس الطيف الضـــوئي، مسطرة طول 40 سم، قمع بخنر، أنواع مختلفة من الزجاجيات اللازمة لإجراء الاختبارات.

تحضير التراكيز المختلفة من المحاليل المستخدمة في الدراسة:

تم تحضير المحاليل المستخدمة في هذه الدراسة كما هو موضح في الجداول الأتية[2] :

جدول 1.2 تحضير مستويات مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم

الحجم النهائي للمحلول / 1 لتر ماء مقطر	ملح كلوريد الصوديوم
1000 مل	**0,00**
1000 مل	**25ملي مولر**
1000 مل	**50ملي مولر**
1000 مل	**100ملي مولر**

جدول 2.2 تحضير التداخل بين كبريتات الكالسيوم وكلوريد الصوديوم.

الحجم النهائي يكمل بالمحلول المغذي الى 1 لتر	محلول كلوريد الصوديوم مليمولر/لتر	محلول كبريتات الكالسيوم مليمولر/لتر
1000 مل	25	**2** **6** **12**
1000 مل	50	**2** **6** **12**
1000 مل	100	**2** **6** **12**

جدول 3.2 تحضير محلول هوجليند المغذي قوته 5/1 مع استثناء استخدام نترات الكالسيوم.

	التركيز	الرمز	المادة
العناصر الغذائية الكبرى	2.0 mM	KNo_3	نترات البوتاسيوم
	0.4 mM	$MgSo_4.7H_2o$	كبريتات الماغنسيوم
	0.4 mM	$NH_4H_2.Po_4$	فوسفات الامونيوم ثنائية الهيدروجين
العناصر الغذائية الصغرى	0.004 ppm	$(NH4)_6Mo_7O_{24}.H_2o$	مولبيدات الامونيوم
	0.004 ppm	$CuSo_4.5H_2o$	كبريتات النحاس
	0.01 ppm	$ZnSo_4.7H_2o$	كبريتات الخارصين
	0.1 ppm	H_3Bo_3	حامض البوريك
	0.1 ppm	$MnSo_4$	كبريتات المنجنيز

اختبار إنبات البذور:

تم إختيار البذور المستخدمة في هذا الإختبار بحيث كانت متساوية في الحجم تقريبا وخالية من الشوائب وثم تعقيمها باستخدام محلول الكلوركس تركيز (3%) لمدة 5 دقائق ومن ثم غسلها باستعمال الماء الجاري لمدة 15 دقيقة، وبعد ذلك غسلت بالماء المقطر وذلك لإزالة محلول الكلوركس، تم وضعت البذور المعقمة في أطباق بتري قطرها 9 سم مبطنة بورقتي ترشيح حجم (Win.11) حيث تم استخدام 3 تكرارات لكل معاملة وكل تكرار يحتوي على عشرة بذور. تم إضافة 5 ملي من المحاليل المستخدمة في هذه الدراسة والماء المقطر (الشاهد) لكل تكرار على حسب المعاملات المحددة في نفس التوقيت وبعدها وضعت في الحاضنة على درجه (2±23).

قياس سرعة الإنبات:

$$\text{سرعة الإنبات} = \frac{\text{عدد البذور النابتة}}{\text{مدة الإنبات}}$$

اختبار نمو البادرات:

البذور التي استعملت في هذا الاختبار تم اختيارها وتعقيمها بنفس الطريقة التي اتبعت في اختبار إنبات البذور. وبعد الانتهاء من التعقيم تم وضعها في أصص بلاستكية متساوية الحجم تحتوي على كمية متساوية في الحجم من الرمل النظيف الذي ثم غربلته من الشوائب وغسله جيدا باستعمال حمض الهيدروكلوريك تركيز 1 % وذلك للتخلص من الأملاح العالقة بحبيبات الرمل، وتم وضع 5 بذور في كل أصيص[5] .

قياس طول البادرات:

تم أخذ قياسات طول البادرات للمجموع الخضري والجذري (سم) باستخدام مسطرة بعد ان تم فصل المجموع الخضري عن المجموع الجذري.

قياس المساحة الورقية:

تم قياس المساحة الورقية بأخذ الطول والعرض لثلاثة أوراق أخذت عشوائياً من كل تكرار بعد مرور 30 يوم على الزراعة استنادا إلى [2]

المساحة الورقية (سم^2) = 1.25 x (3.14 / 4) x طول الورقة (سم) x عرضها (سم)

تقدير محتوى الكلوروفيل:

تم تقدير الكلوروفيل وفقا لطريقة [1]، حيث تم طحن 1 جم من أوراق نبات القمح ووضعت في هاون خزفي نظيف. ثم أضيف إليها 40 مل من الأستون تركيز (80%)، واستمرت عملية سحق النسيج لمدة ثلاث دقائق إلى أن أصبح دقيق القوام. وبعد ذلك تم استخلاص الراشح بقمع بخنر مبطن بورقتي ترشيح، وتكرر عملية سحق النسيج المتبقي على ورقة الترشيح في قمع بخنر بإضافة 30 مل من الأستون (80%)، وكررت عملية السحق والترشيح إلى أن يصبح النسيج المتبقي خالي من الصبغة الخضراء، وتم شطف الهاون وجدران القمع باستخدام 10مل من الأستون (80%) لضمان جمع كل الكلوروفيل، وتم تعديل الحجم النهائي للراشح إلى 100مل بواسطة إضافة كميه كافيه من الأستون (80%). ثم رشح المستخلص الثاني وأضيف إلى الدورق المحتوي على المستخلص تم تقدير كمية الكلوروفيل بوضع مستخلص الكلوروفيل في خلية (حجم 10ملم)، ثم أخذت القراءة المسجلة للكثافة الضوئية على الأطوال الموجية الآتية (663,645 ن م)، في البداية يجب تعيير جهاز الطيف الضوئي باستخدام محلول المذيب (80 % أستون)، حيث يقوم الجهاز بطرح الكثافة الضوئية لمحلول المذيب (80 % اسيتون) من قراءة مستخلص الكلوروفيل للحصول على الكثافة الضوئية للكلوروفيل، ويتم حساب كمية الكلوروفيل الموجودة في المستخلص ملجم كلوروفيل لكل غم من نسيج الورقة المستخلص.

حسب المعادلات التالية:

mg chlorophyll a /g tissue= [12.7(D 663)] - 2.69 (D 645) ×v /(w×1000)

mg chlorophyll b /g tissue= [22.9(D 645)] - 4.68(D 663) × v /(w×1000)

mg total chlorophyll /g tissue= [20.2(D 645)] + 8.02(D 663) × v /(w×1000)

حيث أن:

D= قراءة الكثافة الضوئية لمستخلص الكلوروفيل عند الطول الموجي المحدد.

V= الحجم النهائي لمستخلص الكلوروفيل الأستون (80%).

W= الوزن الطري بالغرامات للنسيج المستخلص

التحليل الإحصائي:

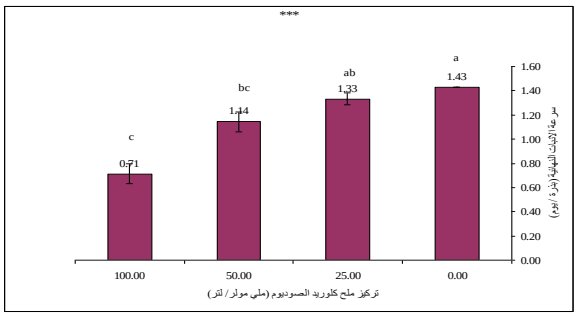
أن البيانات المتضمنة التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة ثم تحليلها إحصائيا باستخدام برنامج (Spss) باستخدام تحليل التباين (ANOVA) وفق تصميم المربع اللاتيني اختبار معنوية الفرق بين المعاملات استخدام اختبار أقل فرق معنوي (LSD) عند 0.5 %.

النتائج:

دراسة تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم:

تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم في إنبات بذور القمح:

تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم (مليمولر/لتر) في سرعة الانبات النهائية لبذور القمح. يلاحظ من الشكل1.3 إن سرعة الإنبات النهائية في اليوم السابع انخفضت تدريجيا كلما زاد تركيز ملح NaCl. حيث كان المتوسط لسرعة الإنبات يتباين من (1.43) تحت معاملة الكنترول إلى (0.71) تحت تركيز 100 ملي مولر .

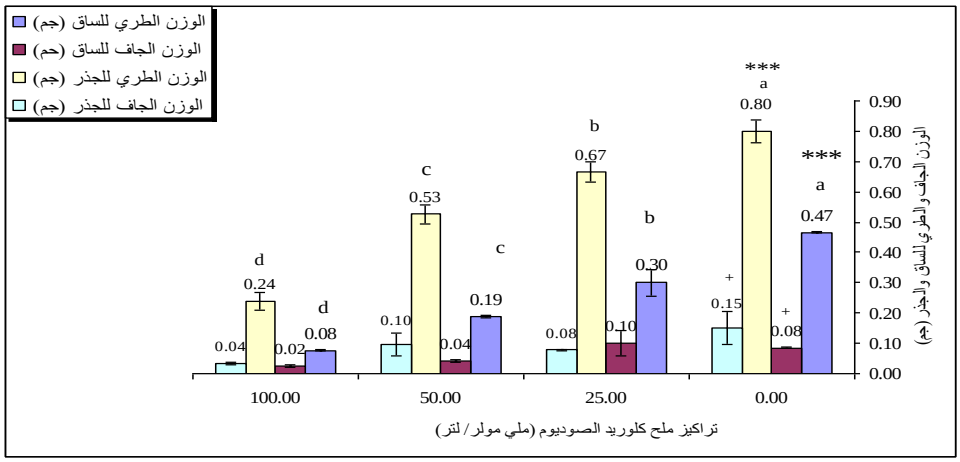


الشكل 1.3: تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم في معدل سرعة الانبات المئوية النهائية (بذرة/يوم).

***** = Significant at $P < 0.001$ ** = Significant at $P < 0.01$ * = Significant at $P < 0.05$ + = Not significant Bars (I) = SEMean Similar letters = Not significant Different letters = Significant**

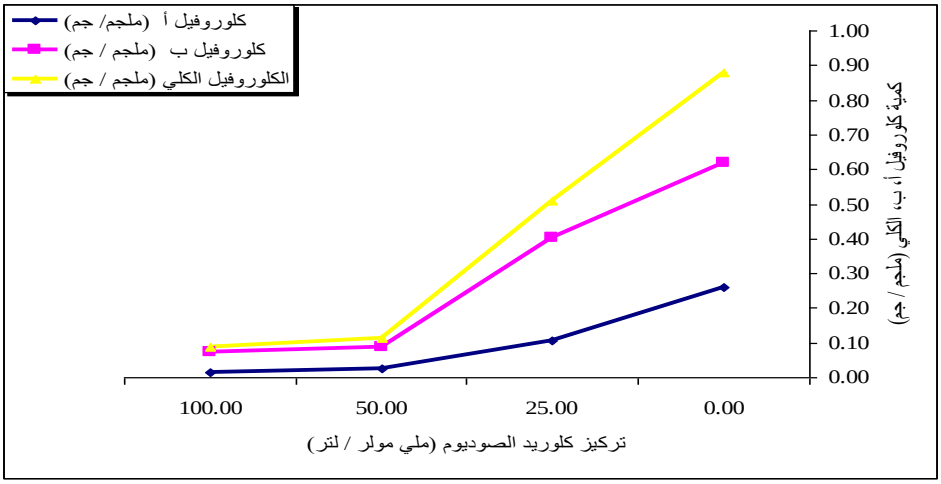
تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم في بعض المقاييس الظاهرية طول المجموعين الخضري والجذري والمساحة الورقية :

البادرات النامية في المزرعة الرملية بعد مرور4 أسابيع. حيث يلاحظ من الشكل 2.3 وجود فروق معنوية عالية في كل من طول المجموع الخضري و طول المجموع الجدري وكذلك المساحة الورقية تحت كل التراكيز. حيث أن معدل طول المجموعين الخضري والجذري وكذلك معدل المساحة الورقية للبادرات كان ينخفض كلما زاد تركيز ملح كلوريد الصوديوم.



الشكل 2.3: تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصوديوم في معدل طول المجموعين الخضري والجذري (سم) والمساحة الورقية (سم^2)

يلاحظ من الشـــكل 4.3 تأثير تراكيز مختلفة من ملح كلوريد الصـــوديوم على محتوى الأوراق من الكلوروفيل بعد مرور 4 أســـابيع على الزراعة. حيث تبين النتائج حدوث إنخفاض تدريجي في تركيز كلوروفيل أ، ب والكلوروفيل الكلي كلما زاد تركيز ملح كلوريد الصوديوم في الوسط اختبار Tukey's يبين بأن هناك فروق معنوية عالية بين المعاملات المختلفة وحيث زاد معدل إنخفاض محتوى الكلوروفيل عند التركيزين (100،50) ملي مولر.



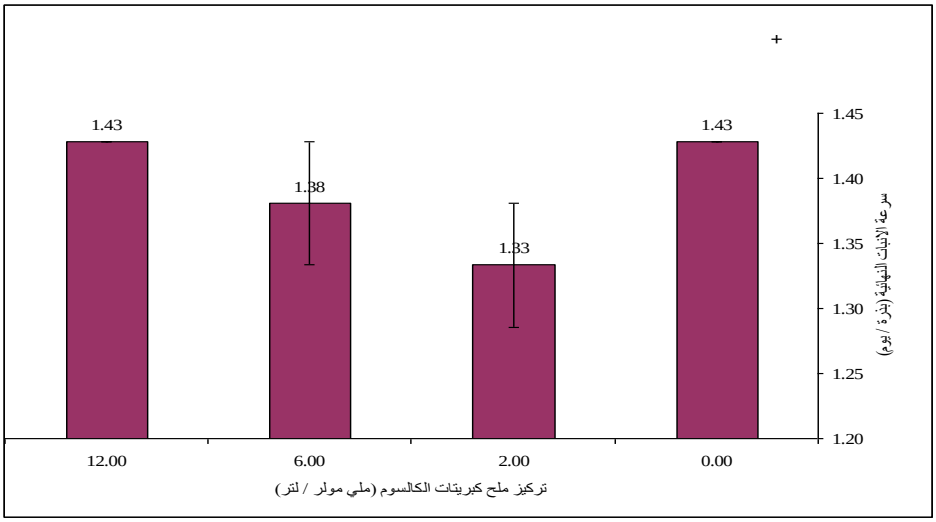
الشكل 4.3: تأثير تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم في محتوى الكلوروفيل في اوراق القمح (ملجم / جم).

دراسة تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم:

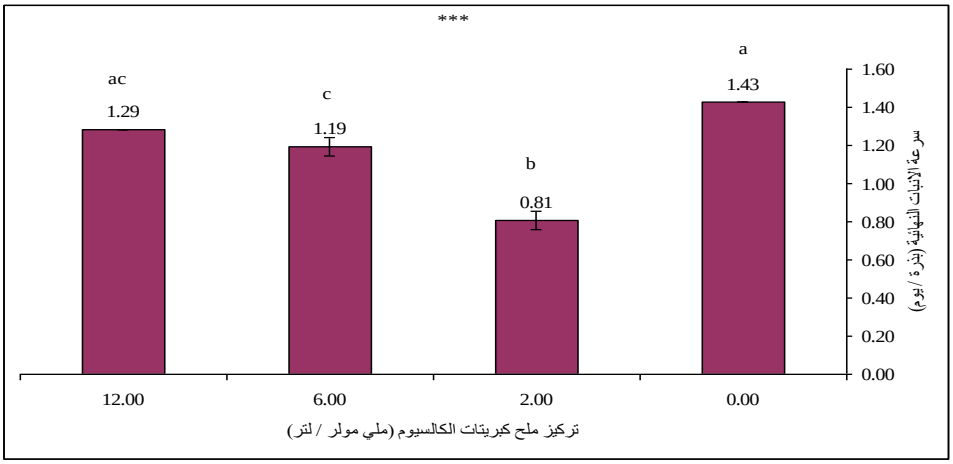
تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم في أنبات البذور:

نلاحظ من الشـــكل 5.3 أن تأثير التداخل بين كبريتات الكالســـيوم تركيز (2، 6، 12) مليمولر/لتر وكلوريد الصـــوديوم تركيز 25 ملي مولر في ســـرعة الإنبات كان غير معنوي بين التراكيز المختلفة من كبريتات الكالســـيوم وإن ســـرعة الإنبات النهائية اليوم الســـابع كانت تتراوح بين (1.43) تحت معاملة الكنترول إلى (1.33) تحت معاملة25 أما بالنسـبة للشـكل (6,3) والشـكل 7.3 بين تأثير تداخل تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسـيوم مع

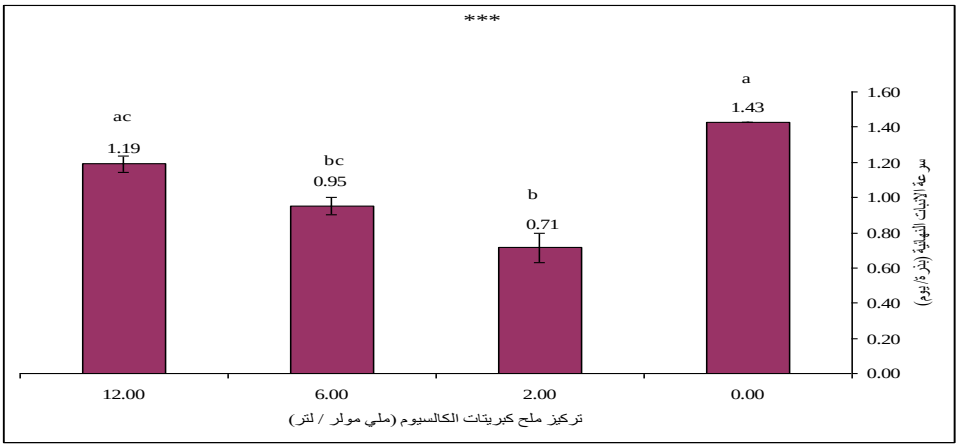
كلوريد الصـــوديوم بتركيز (100,50) ملي مولر في ســـرعة الإنبات. يبين اختبارTukey's بأن هناك فروق عالية المعنوية داخل التراكيز المختلفة حيث يلاحظ من الإشـــكال إن ســـرعة الإنبات تزداد بزيادة تركيز كبريتات الكالسيوم. في الشكل 7,3 تتراوح سرعة الإنبات بين (1,43) إلى (0,81) أما الشكل 7.3 فان سرعة الإنبات كانت تتراوح بين (1,43) الى(0,71) بذرة/اليوم.



الشكل 5.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم Caso4 وملح كلوريد الصوديوم Nacl بتركيز 25 (ملي مولر/ لتر) في معدل سرعة الانبات المئوية النهائية (بذرة/ يوم).



الشكل 6.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم Caso4 وملح كلوريد الصوديوم Nacl بتركيز 50 (ملي مولر/ لتر) في معدل سرعة الانبات المئوية النهائية (بذرة/ يوم).

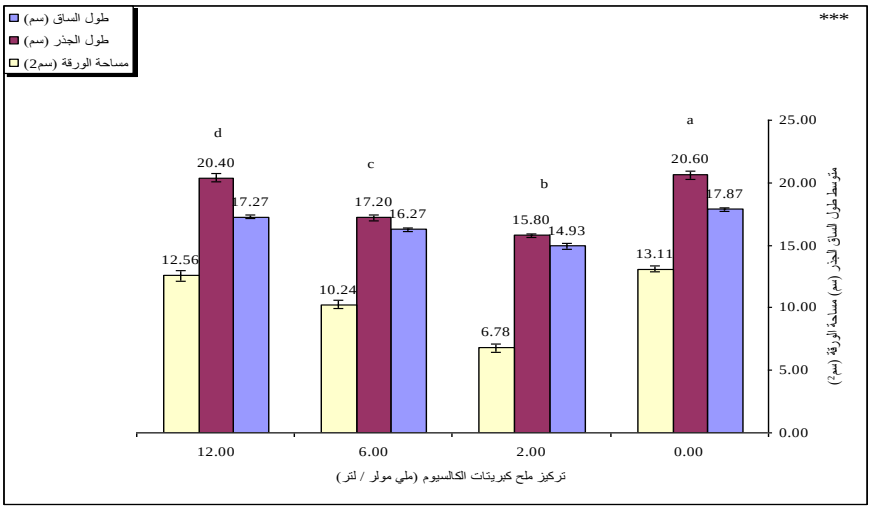


الشكل 7.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم Caso4 وملح كلوريد الصوديوم Nacl بتركيز 100 (ملي مولر/ لتر) في معدل سرعة الانبات المئوية النهائية (بذرة/ يوم).

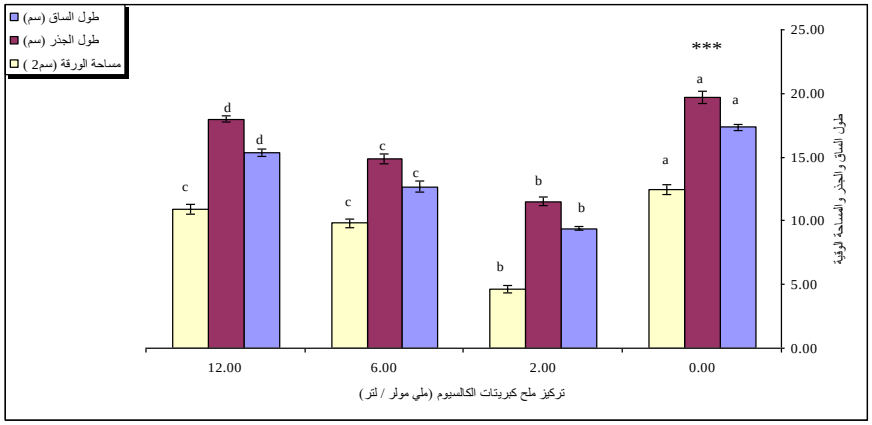
تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم في نمو بادرات القمح:

يوضح الشكل 8.3 تأثير التداخل بين التراكيز المختلفة من كبريتات الكالسيوم (2, 6, 12) ملي مولر / لتر مع (25) ملي مولر من كلوريد الصوديوم في طول المجموع الخضري و الجذري و المساحة الورقية اختبار Tukey's يوضح بأن هناك فروق معنوية عالية بين المعاملات المختلفة . وإن متوسط طول المجموعين الخضري والجذري وكذلك المساحة الورقية تحت المعاملة 25 ملي مولر NaCl مع 12 ملي مولر كبريتات الكالسيوم كان يزيد عن معدل الطول تحت معامله الكنترول. بالإضافة إلى ذلك فان التركيز(2, 6) كبريتات الكالسيوم أيضا زادت بشكل ملحوظ معدل طول المجموعين الخضري والجذري كذلك المساحة الورقية مقارنة باختبار كلوريد الصوديوم تركيز25 ملي مولر بدون إضافة كبريتات الكالسيوم.

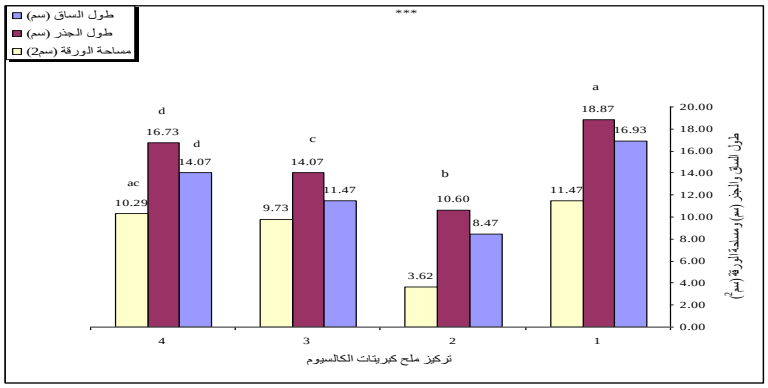
تأثير تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم مع ملح كلوريد الصوديوم تركيز (100,50) ملي مولر في طول المجموعين الخضري والجذري وكذلك المساحة الورقية يمكن ملاحظتها في الشكل 9.3 والشكل 10.3 على التوالي .التحليل الإحصائي One-Way Anova يوضح بأنه توجد فروق معنوية بين المعاملات المختلفة. بالإضافة إلى ذلك فان اختبارTukey’s يبين أن هناك فروق معنوية عالية جدا داخل المعاملات المختلفة حيث إن معدل الطول وكذلك المساحة الورقية كانت ترتفع كلما زاد تركيز كبريتات الكالسيوم في وسط النمو.



الشكل 8.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم بتركيز 25 (ملي مولر/ لتر) في طول المجموعين الخضري والجذري (سم) والمساحة الورقية (سم^2) لنبات القمح.



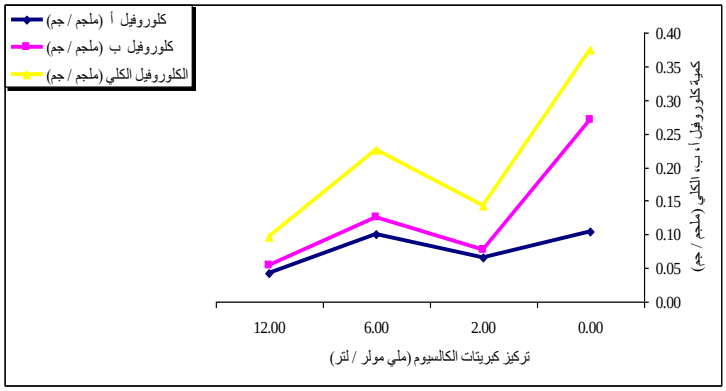
الشكل 9.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم بتركيز 50 (مليمولر/ لتر) في طول المجموعين الخضري والجذري (سم) والمساحة الورقية (سم2) لنبات القمح.



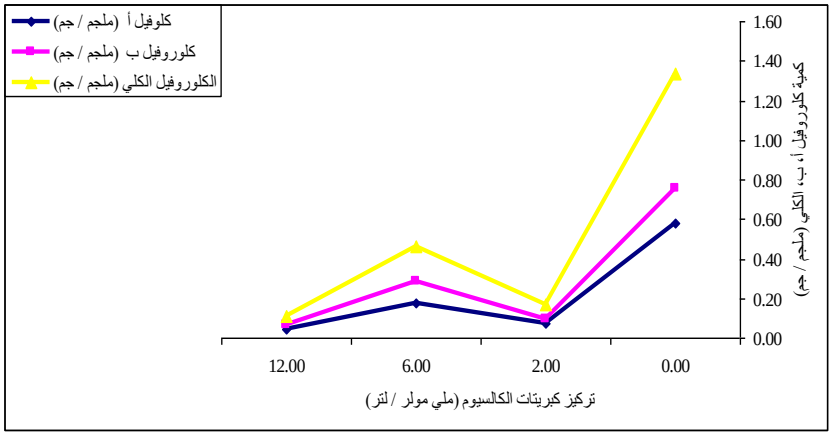
الشكل 10.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم بتركيز 100 (ملي مولر/ لتر) في طول المجموعين الخضري والجذري (سم) والمساحة الورقية (سم^2) لنبات القمح.

يبين الشكل 11.3 تأثير تداخل تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم مع كلوريد الصوديوم تركيز (25) ملي مولر لتر في محتوى الكلوروفيل أ، ب والكلوروفيل الكلي في الأوراق حيث يوضح اختبار Tukey's وجود فروق معنوية عالية بين المعاملات المختلفة وكانت المعاملة الثالثة (6) زاد فيها محتوى الكلوروفيل بشكل ملحوظ مقارنة بالمعاملة (2) و (12) ولكن محتوى الكلوروفيل زاد في كل المعاملات مقارنة بمحتوى الكلوروفيل في أوراق النباتات النامية تحت تأثير تركيز (25) ملي مولر/ لتر كلوريد صوديوم بدون إضافة كبريتات الكالسيوم.

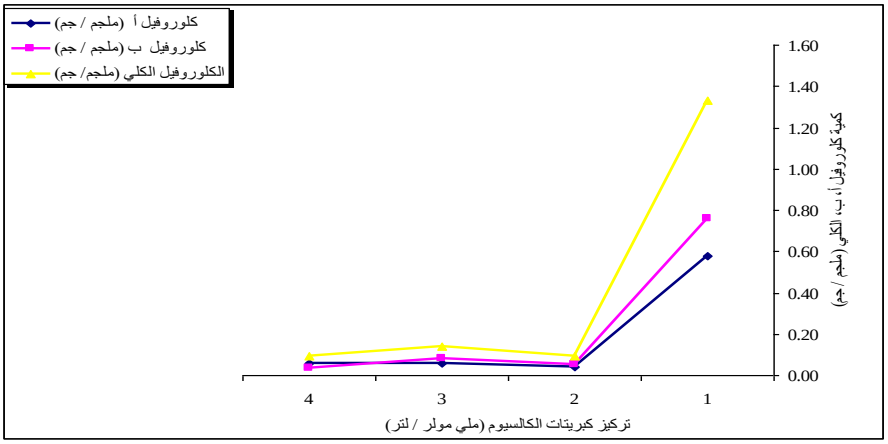
أما بالنسبة لتأثير تداخل تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم مع كلوريد الصوديوم تركيز (50) ملي مولر يمكن ملاحظتها في الشكل 12.3 وكذلك تداخلها مع ملح كلوريد الصوديوم تركيز (100) موضحة في الشكل 13.3. أن تأثير التراكيز المختلفة من كبريتات الكالسيوم(12.6.2) كان واضحاً حيث أنه في المعاملة (3) كان محتوى كلوروفيل أ، ب والكلي أكثر من المعاملتين (4.2) ولكنها زادت في محتواها من الكلوروفيل مقارنة بالأوراق النامية تحت تركيز (100.50) دون إضافة كبريتات الكالسيوم، و اختبار Tukey's بين وجود فروق عالية المعنوية بين المعاملات .



الشكل 11.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم بتركيز 25 (مليمولر/ لتر) في محتوى الكلوروفيل (ملجم/جم) لأوراق نبات القمح.



الشكل 12.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم بتركيز50 (مليمولر/ لتر) في محتوى الكلوروفيل (ملجم/جم) لأوراق نبات القمح.



الشكل 13.3: تأثير التداخل بين تراكيز مختلفة من ملح كبريتات الكالسيوم وملح كلوريد الصوديوم بتركيز 100 (مليمولر/ لتر) في محتوى الكلوروفيل (ملجم/جم) لأوراق نبات القمح.

المناقشة:

من خلال النتائج التي تم الحصول عليها يتضح الآتي:

ان سرعة الانبات للبذور النابتة تحت تراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم تأثرت سلباً وكان التأثير اكثر وضوحاً في المستويات الملحية العالية وهذا يتفق مع ما وجده [5] ويعزى السبب في ذلك الى التأثيرات الاسموزية، حيث ان الملوحة الزائدة تؤدي الى اختزال كمية الماء المتاح الذي تستخدمه البذور اثناء عملية الانبات وبالتالي اضطراب الفعاليات الأيضية ولزوجة البروتوبلازم [10]. بالإضافة الى التاثيرات الأيونية لملح كلوريد الصوديوم الناتجة من زيادة تركيز ايونات الصوديوم والكلوريد في وسط النمو التي تؤدي الى حدوث اضطراب في امتصاص العناصر الغذائية الضرورية للنبات مما يوثر على حيوية الجنين [11] .

كما يتبين من النتائج ان اضافة تراكيز مختلفة من كبريتات الكالسيوم المائية $CaSO_4.7H_2O$ مع كلوريد الصوديوم NaCL أدى الى زيادة ملحوظة في سرعة الانبات، خصوصاً البذور النابتة تحت معاملة 25 ملي مولر كلوريد الصوديوم مع 6 ملي مولر كبريتات الكالسيوم، وهذا يتفق مع ما وجده [1] إن إضافة كبرتيات الكالسيوم بالتراكيز (9،6،3) ملى مولر إلى التربة الحاوية على كلوريد الصوديوم بالتراكيز (25، 75،50) ملى مولر / كجم على التوالى قد أدي إلى إختزال التأثيرات السلبية لكلوريد الصوديوم في معدل نمو نبات الذرة الصفراء [1].

كما بينت النتائج التأثير السلبي لمستويات مختلفة من كلوريد الصوديوم على بعض المقاييس الظاهرية لنبات القمح طول المجموعين الخضري والجذري.(حيث كانت هذه المقاييس تنخفض تدريجيا بزيادة تركيز ملح كلوريد الصوديوم، وهذه النتائج تتفق مع ما وجده الباحثين باستخدام نبات الطماطم [5] والشعير[4].

نتائج تأثير التداخل بين كبريتات الكالسيوم وكلوريد الصوديوم في المقاييس الظاهرية المذكورة اعلاه كانت، ايجابية، حيث كان معدل الطول وكذلك المساحة الورقية للنباتات يزداد بشكل ملحوظ وخصوصا تحت المعاملة 25 ملي

مولر NaCl مع كبريتات الكالســـيوم تركيز 12 ملي مولر. وهذا يتفق مع ما وجده [3] حيث نميت نباتات الشــعير صــنف كاليفورنيا ماريوت في محاليل غذائية تحتوي تراكيز متزايدة من كلوريد الصــوديوم. فقد حصــل انخفاض في النمو. حيث كان الانخفاض حادا في التراكيز من 50 إلى 100 ملى مولر. ولكن وجد إن التأثيرات السلبية للملوحة

في معدل نمو المجموع الجذري والخضري لنباتات الشعير صنف كاليفورنيا ماريوت قد اختزلت باستخدام الكالسيوم في وسط النمو بالتراكيز من (1- 10) ملي مولر.

اظهرت النتائج ان محتوى الاوراق من الكلوروفيل أ، ب، الكلي كان متأثراً جدا تحت المستويات المختلفة للملوحة وكان التأثير أكثر وضــوحا عند تركيز 100 ملي مولر من كلوريد الصــوديوم حيث كانت الاوراق صــفراء اللون. وهذا يتفق مع ما وجده [8] على نبات القمح. بينت النتائج ان تأثير التداخل بين كبريتات الكالســـيوم وكلوريد الصـــوديوم في محتوي الاوراق من الكلوروفيل كان ايجابيا خصـــوصـــا عند المســـتوى 6 ملي مولر من كبريتات الكالسيوم اظهرت نتائج ايجابية مع جميع التراكيز الملحية. وهذا يتفق مع ما وجده [2] على نبات القمح.

الخلاصــة:

من هذه الدراســـة تبين لنا الأثر الســـلبي الذي تحدثه الملوحة على النباتات وكيفية معالجتها باســـتخدام كبريتات الكالســيوم والذي أعطى نتائج جيدة في التقليل من الأضــرار التي تســببها الملوحة في إنبات البذور ونمو البادرات وكذلك محتوى الكلوروفيل ودور الكالسيوم في وقاية النبات من الاجهاد الملحي.

التوصيات:

1. استخدام الكالسيوم كمحسن للتربة، خاصة في المناطق المتأثرة بالملوحة، لما له من دور فعال في تقليل امتصاص الصوديوم وتعزيز استقرار أغشية الخلايا النباتية.

2. إجراء المزيد من الأبحاث التطبيقية على أصناف مختلفة من القمح لتحديد مدى استجابتها لإضافة الكالسيوم تحت مستويات مختلفة من الملوحة.

3. تشـــجيع المزارعين على فحص ملوحة التربة بانتظام وتعديل ممارســـاتهم الزراعية بناءً على النتائج، مع إدراج الكالسيوم ضمن خطة التسميد عند الحاجة.

4. اســتخدام مصــادر مختلفة من الكالســيوم مثل الجبس الزراعي (كبريتات الكالســيوم)، والتي أثبتت فعاليتها في استصلاح التربة وتحسين خصائصها الفيزيائية والكيميائية.

5. الدمج بين الكالسيوم وتقنيات الري الحديثة (مثل الري بالتنقيط) لضـمان توفير العناصـر الغذائية بكفاءة عالية وتقليل فقدانها من التربة المالحة.

6. تصــميم برامج تســميد متخصــصــة للمناطق المتضــررة من الملوحة تعتمد على نتائج تحاليل التربة واحتياجات المحاصيل.

7. إجراء دراسات مقارنة بين الكالسيوم وعناصر معدنية أخرى في مقاومة الملوحة، مثل المغنيسيوم والبوتاسيوم، لتحديد التفاعل المشترك بينها.

8. تعزيز التوعية الزراعية والإرشاد للمزارعين من خلال ورش عمل أو كتيبات توضح دور الكالسيوم في إدارة الملوحة.

9. تحسين خصوبة التربة المالحة بإضافة الجبس الزراعي بجرعات مدروسة، والذي يوفر الكالسيوم ويُساعد على غسل الصوديوم الزائد خارج منطقة الجذور.

10. اختيار أصناف قمح مقاومة نسبيًا للملوحة مع تزويدها بكميات مناسبة من الكالسيوم أثناء مراحل النمو الحرجة.

11. استخدام محاليل رش ورقي تحتوي على كالسيوم مخلبي لتعزيز امتصاص العنصر في المراحل التي يتعذر فيها امتصاصه عبر الجذور.

12. تحسين ممارسات الري والصرف لتقليل تراكم الأملاح السطحية وضمان بيئة نمو صحية للجذور.

المراجع:

1.Abdul Razzaq, I. B.; Al-Rashid M. Sh. and Al-Rahmani, H. F. Kh. (2000). The role of calcium in the tolerance of yellow maize plants to salinity in soils affected by salts. The role of calcium added to irrigation water. Journal of Arab Agricultural Research, 4(2): 221-224.

2.Al-Mufti Z. A. J. (2006). The effect of different concentrations of calcium sulphate on the tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to water stress using liquid cultures. Master's thesis submitted to the College of Education, Ibn Al-Haytham

3.AL-Rahmani, H.F.; AL-Mashhadani, S.M. and AL-Delemee, H.N. (2003). Plasma membrane and salinity tolerance of barley plants. Mutah Lil-Buhuthwad

4.AL-Rhmani, H.F.;AL-Hadethi, T.R.; AL-Delemee, H.N. (2001). Calcium and salinity tolerance of barley. J.D. Diala, 10: 27-40.

5.EL-Mugrbe, W. S. (2009). Response of some non-halophytes and halophytes to different levels of salinity. A thesis submitted in partial fulfillment of the requirement of M. S.C. degree in Botany. UNIVERSITY OF GARYOUNS FACULTY OF SCIENCE.

6.Jiahao Liu, Jin Hu, Yanhui Li, Guangjing Li, Honghong Wu, Chapter 10 - Calcium channels and transporters in plants under salinity stress, Editor(s): Santosh

Kumar Upadhyay, Calcium Transport Elements in Plants, Academic Press, 2021, Pages 157-169, ISBN 9780128217924,https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821792-4.00002(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128217924000023)

7.Misbah Naz, Muhammad Rahil Afzal, Muhammad Ammar Raza, Saurabh Pandey, Shanshan Qi, Zhicong Dai, Daolin Du, Calcium (Ca2+) signaling in plants: A plant stress perspective, South African Journal of Botany, Volume 169, 2024, Pages 464-485, ISSN 0254-6299,https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.04.047. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629924002710)

8.Ren, H.; Chen, X.; Sun, G. and Wang, Y. (2000). Response of wheat seedling with different drought resistance to water deficiency and NaCl stresses. Ying Yong sheng Tai xue Bao, 11(5): 22-71.

9.Shalu Gupta, Navneet Kaur, Krishan Kant, Parnika Jindal, Akbar Ali, M. Naeem, Calcium: A master regulator of stress tolerance in plants, South African Journal of Botany, Volume 163, 2023, Pages 580-594, ISSN 0254-6299,https://doi.org/10.1016/j.sajb.2023.10.047. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0254629923006555)

10.Tao Jing, Jingyang Li, Yingdui He, Alka Shankar, Abhishek Saxena, Archana Tiwari, Krishna Chaitanya Maturi, Manoj Kumar Solanki, Vijai Singh, Mamdouh A. Eissa, Zheli Ding, Jianghui Xie, Mukesh Kumar Awasthi, Role of calcium nutrition in plant Physiology: Advances in research and insights into acidic soil conditions - A comprehensive review, Plant Physiology and Biochemistry, Volume 210, 2024, 108602, ISSN 0981-9428, https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2024.108602. (https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0981942824002705)

11.Tian Wang, Xuanyi Chen, Chuanfeng Ju, Cun Wang, Calcium signaling in plant mineral nutrition: From uptake to transport, Plant Communications, Volume 4, Issue 6, 2023, 100678, ISSN 2590-

3462,https://doi.org/10.1016/j.xplc.2023.100678.
(https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590346223002067)