مجلة جامعة فلسطين التقنية للأبحاث 2023، 11(1)، 165-179

أثر إضافة مركبات السيليكون على نمو و إنتاجية الذرة الصفراء تحت مستويات مختلفة من الملوحة والري

The Effect of Silicon Compounds Addition on the Growth and Productivity of *Zea maize* Under Different Levels of Salinity and irrigation

حسن جريخ [1*]، محمد باهر قدور[2]، محمد وليد كامل[3]

Hsen Jraikh[1*], M. Baher Al-Kaddour[2], M. Walid Kamel[3]

علوم تربة واستصلاح الأراضي. جامعة حلب ،حلب، سوريا[1,2,3]

Soil Science and Land Reclamation, Aleppo University, Aleppo, Syria[1,2,3]

تاريخ الإستلام:2022/07/17 تاريخ القبول: 2022/09/19 تاريخ النشر: 2023/03/30

المستخلص: أجريت تجربة أصص في كلية الهندسة الزراعية –جامعة حلب . كان الهدف منها التحقق من تأثير مركبات السيليكون في نمو وإنتاجية الذرة الصفراء في أربع ترب متباينة الملوحة و عند مستويات مختلفة من الري بينت نتائج تجربة الأصص، أن ملوحة التربة أثرت بشكل سلبي في الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء، حيث ينخفض متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 4.26 و 1.64 و 5.81 غ/نبات على التوالي، بزيادة ملوحة التربة 1 مليموز/سم. لكن إضافة السيليكون في التربة ساعدت نباتات الذرة الصفراء في تحمل إجهاد الملوحة. كما بينت النتائج أن تركيز مركبات السيليكون المضاف أثر بشكل إيجابي في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء، حيث يزداد متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 0.25 و 0.10 و 0.23 غ/نبات على التوالي، بزيادة تركيز السيليكون المضاف 1 ملغ Si/كغ تربة. كذلك بينت النتائج أن مستوى الري من السعة الحقلية أثر بشكل سلبي في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء، حيث ينخفض متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 2.12 و 0.74 و 2.64 غ/نبات على التوالي، بانخفاض مستوى الري 10 % من السعة الحقلية. لكن إضافة مركبات السيليكون في التربة ساعدت نباتات الذرة الصفراء في تحمل إجهاد الجفاف، حيث أن إضافة السيليكون بتركيز 12.5 ملغ/كغ تربة، زادت من وزن الحبوب في النبات بحوالي 16.94 و 19.64 %، بينما إضافة السيليكون بتركيز 25 ملغ/كغ تربة، زادت من وزن الحبوب بحوالي 31.22 و 37.65 % عند إضافة 75 و 50 % من السعة الحقلية على التوالي.

الكلمات المفتاحية: مركبات السيليكون، الملوحة ، مستويات الري، الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري، الغلة الحبية.

Abstract: A pot experiment was conducted at the Faculty of Agricultural Engineering - Aleppo University. The aim was to verify the effect of silicon compounds on the growth and productivity of maize in four soils of varying salinity and at different levels of irrigation. The dry weight of the shoot, root and grain weight of maize plant was about 4.26, 1.64 and 5.81 g/plant, respectively, with an increase in soil salinity of 1 mmose/cm. But adding silicon to the soil helped the maize plants withstand salinity stress. The results also showed that the concentration of added silicon compounds had a

*البريد الإلكتروني للباحث الرئيسي: hosen.1986126@gmail.com

positive effect on the average dry weight of the shoot and root and grain weight of maize plant, where the average dry weight of shoot and root and grain weight of maize plant increased by about 0.25, 0.10 and 0.23 g/plant, respectively, with an increase The added silicon concentration is 1 mg Si/kg soil. The results also showed that the level of irrigation from the field capacity had a negative impact on the average dry weight of the shoot and root system and the weight of grains of the maize plant, where the average dry weight of the shoot and root and grain weight of the maize plant decreased by about 2.12, 0.74 and 2.64 g/plant, respectively. Decreased irrigation level by 10% of the field capacity. But the addition of silicon compounds in the soil helped maize plants to withstand drought stress, as the addition of silicon at a concentration of 12.5 mg/kg soil, increased the weight of grains in the plant by about 16.94 and 19.64 percent, while adding silicon at a concentration of 25 mg/kg soil, increased the Grain weight is about 31.22 and 37.65% when adding 75 and 50% of the field capacity, respectively.

Keywords: silicon compounds, salinity, irrigation levels, shoot and root dry weight, grain yield.

المقدمة:

تعد ملوحة التربة والجفاف من العوامل غير الحيوية الرئيسية التي تحد من نمو المحاصيل وإنتاجيتها في جميع أنحاء العالم. ما يقارب من 7٪ من الأراضي و 20٪ من إجمالي المساحات الصالحة للزراعة تتأثر سلبًا بالملوحة (Rasool *et al.*, 2013). ويزداد تملح الترب عموماً بفعل الإنسان نتيجة الري بالمياه المالحة أو نتيجة تجاهله مبادئ تصريف التربة (Pisinaras *et al.*, 2010). وتؤدي الملوحة العالية إلى اختلال التوازن الأيوني والإجهاد المفرط في النباتات ويمكن أن تؤدي إلى موت النبات.

يعد السيليكون، بعد الأكسجين، ثاني أكثر العناصر وفرة على سطح الأرض، حيث تبلغ نسبته في القشرة الأرضية 28.8% (Wollast and McKenzie, 1983 ; Wedepohl, 1995)، ويوجد في أكثر من 370 من المعادن المكونة للصخور، كما يعد أحد المكونات الأساسية في معظم أنواع الترب (Sommer et al., 2006). وهو مكون لمعادن الطين الموجودة في التربة، ويتراوح تركيزه من 50 إلى 400 غرام Si/كغ تربة (Kovda, 1973). ويتواجد السيليكون غالبا في التربة في صورة السيليكا (SiO_2) التي تضم 50 - 70 ٪ من كتلتها (Ma and Yamaji, 2006). كما يوجد السيليكون في محلول التربة في شكل حمض أورثوسيليسيك [H_4SiO_4]، الذي تمتصه جذور النباتات عند pH <9. وعلى الرغم من عدم اعتبار السيليكون عنصراً غذائياً رئيسياً في نمو النباتات، إلا أنه في أوائل القرن العشرين، تم الاعتراف به كأحد العناصر الخمسة عشر اللازمة لحياة النبات (Halligan, 1912)، وذلك من خلال العديد من الدراسات التي أظهرت أهمية هذا العنصر في نمو وتطور وإنتاج بعض الأنواع النباتية بما في ذلك القمح والأرز. الخ، ويعتبر السيليكون حالياً من أحد العناصر الهامة التي تساهم في زيادة تحمل النباتات للإجهادات الحيوية واللاحيوية، وبالتالي حمايتها من تثبيط النمو وفقدان الغلة (Epstein, 1999 ; Liang *et al.*, 2007).

يمكن أن يؤدي استخدام السيليكون إلى تقليل من تراكم الصوديوم في الجذور و/أو المجموع الخضري، حيث أدى تطبيق السيليكون في جذور الشعير النامية تحت إجهاد الملوحة إلى تقليل كل من تراكيز كلاً من الصوديوم والكلوريد مع زيادة في أيونات البوتاسيوم، مع توزيع كلا من أيونات الصوديوم والبوتاسيوم بشكل متساوٍ على الجذر بالكامل. وتم اقتراح هذا كالآلية رئيسية لتحسين تحمل إجهاد الملوحة بإضافة السيليكون في هذا النوع (Liang and Ding, 2002). وبالمقابل، فقد لوحظ عند إضافة السيليكون أن محتوى الصوديوم في جذور البرسيم (*Medicago sativa L*.) قد انخفض عند معاملتها بكلوريد الصوديوم ولكن ليس في المجموع الخضري، مع زيادة محتوى البوتاسيوم في المجموع الخضري بشكل ملحوظ (Wang and Han, 2007). في الأرز، لاحظ (Gong *et al.*, 2006) أن السيليكون قلل بشكل كبير من تركيز الصوديوم في المجموع الخضري ولكن ليس في جذور النباتات النامية تحت إجهاد الملوحة، حيث ارتبط تحسين نمو المجموع الخضري بوجود السيليكون. كما ذكر (Gunes *et al.*, 2007a) أن السيليكون قلل من عمليات

نقل أيونات كلاً من الصوديوم والكلوريد والبورون من الجذور إلى المجموع الخضري لمحصول البندورة المزروعة في التربة الملوثة بالبورون Sodic-B. وبالمثل في الشعير المزروع في التربة الملوثة بالبورون Sodic-B، أدت إضافة السيليكون إلى تقليل تراكيز كلا من أيونات الصوديوم والبورون في المجموع الخضري (Gunes *et al.*, 2007b).

يمكن أن يؤدي إجهاد الجفاف إلى إتلاف أغشية الخلايا النباتية وبنية جدار الخلية، فضلاً عن تثبيط التمثيل الضوئي وانقسام الخلية (Taiz and Zeiger, 2006). وأشار (Hsiao, 1973) الى أن العديد من التغييرات التي لوحظت عند نقص المغذيات أو الماء تبدو وكأنها تمثل أنماطًا عامة للتحوير في النباتات التي تتعرض للإجهادات. 1- بشرة النبات: تساهم في تقليل فقدان الماء غير المنضبط عند إغلاق المسام (Riederer and Schreiber, 2001). ويمثل فقد الماء الذي يحدث من خلال البشرة أو مايسمى بالنتح الجلدي 5 إلى 10٪ فقط من إجمالي نتح الأوراق. ونظرًا لأن السيليكون يترسب تحت بشرة الأوراق مكونة طبقة مزدوجة Si-بشرة، قد ينخفض النتح من خلال البشرة بواسطة ترسيب السيليكون (Ma, 2004). حيث تم العثور على رواسب السيليكون بسمك 2.5 ميكرومتر بين البشرة (بشكل عام 0.1 ميكرومتر في الأرز) وخلايا الأديم الباطن في الأرز (Ma and Takahashi, 2002). كما تم العثور على رواسب السيليكون أيضًا في الخلايا الحارسة حول المسام في التوت الأزرق (Morikawa and Saigusa, 2004). ويمكن أن يقلل السيليكون من معدل النتح بنسبة 30٪ في الأرز، الذي يحتوي على بشرة رفيعة (Ma, 2004). 2- هناك أيضًا بعض الأدلة على أن السيليكون قد يكون مشارك في التعديل الأسموزي للنباتات. وجد (Kaya et al., 2006) أن 2 مليمول من Na_2SiO_3، قد زاد من محتوى الماء النسبي للأوراق بنسبة 26.5٪ في الذرة تحت الإجهاد المائي عند السعة الحقلية (50%). وجد كلا من الباحثين (Gunes et al., 2008 ; Crusciol et al., 2009) أن السيليكون يزيد محتوى البرولين (مادة مذابة رئيسية في التعديل الأسموزي) في الأنسجة النباتية المجهدة. لكن كلا من الباحثين وجدوا العكس من ذلك (Kaya et al., 2006 ; Lee et al., 2010 ; Shen et al., 2010 ;).3- لوحظ عملية التحلل السيليسي silicification في زوائد الجلدية Trichomes الموجودة على الأوراق والسيقان العديد من النباتات (Sangster *et al.* 1983 ؛ Hodson *et al.* 1985)، فمن الممكن أن تعمل الزوائد الجلدية المدعمة بالسيليكون بمثابة هوائيات تمتص إشعاع الموجة القصيرة وتنبعث منها إشعاع طويل الموجة للمساعدة في تبريد الأوراق.4) لوحظ تراكم السيليكون في الغالب في مناطق النتح العالي في النباتات. ومع ذلك ، هناك بعض الأدلة على أن تراكم السيليكون على جذور النباتات قد يكون بمثابة جزء من آليات تحمل الجفاف. افترض (Yeo *et al.* 1999) وجود انخفاض بوساطة السيليكون في رشح في الممرات الخلوية الغشائية الجذرية إلى السيقان في جذور الأرز المزروعة في محلول مغذي ملحي. وجد (Lux *et al.* 2002)أن التحلل السيليسي في الأديم الباطن في الجذور عالية في صنف الذرة الرفيعة الذي يتحمل الجفاف ، واقترح أن عملية التحلل السيليسي silicification قد يكون مرتبطًا بتحمل الجفاف.و يشير (Sonobe et al., 2010) إلى التأثير الناجم عن السيليكون للتكيف تحت إجهاد الجفاف وذلك في جذور الذرة الرفيعة.

تم الإبلاغ على أن السيليكون يزيد من تحمل الجفاف في النباتات مثل الأرز (Agarie et al., 1998b) والذرة الرفيعة (Hattori et al., 2005,2008a ; Ahmed et al., 2011a,b ; Sonobe et al., 2011)، الخيار (Hattori et al., 2008b)، الذرة (Gao et al., 2004, 2006)، القمح (Gong et al., 2005, 2008 ; Gong and Chen, 2012)، الفليفلة (Lobato et al., 2009)، دوار الشمس (Gunes et al., 2008). علاوة على ذلك، يزيد السيليكون أيضًا من تحمل الإجهاد الحراري عن طريق الحفاظ على استقرار الغشاء (Agarie et al., 1998a). نظرًا لأن الجفاف يكون مصحوبًا في بعض الأحيان بدرجات حرارة عالية (Halford., and Nigel, 2011)، فقد يكون تطبيق السيليكون بديلاً للتخفيف من أضرار الجفاف والضغوط الحرارية.

مشكلة الدراسة:

يعد تدهور الترب الزراعية موضوعًا بالغ الأهمية نظرًا للممارسات الزراعية التعسفية من ري وتسميد في غياب الصرف والذي أدى الى زيادة تملح الترب، كما أن الطلب المتزايد على الغذاء نتيجة التضخم السكاني جعل من الاهمية بمكان البحث عن حلول تسمح باستخدام تلك الترب التي تحتوي على نسبة عالية من الملوحة ومحتواها من المغذيات

النباتية قليل وقدرتها على الاحتفاظ بالمياه المنخفضة التي تسود في المناطق الجافة وشبه الجافة. ومن تلك الحلول استخدام مركبات السيليكون التي تحسن من انتاجية الترب المالحة في المناطق الجافة وشبه الجافة، كما أنها تعزز من إتاحة العناصر الغذائية الضرورية لأغلب المحاصيل. في السنوات الأخيرة تم استخدام مركبات السيليكون على نطاق واسع، نظرا للدور الذي يلعبه السيليكون في زيادة مقاومة النباتات للملوحة وفي خفض معدل النتح مؤدياً إلى زيادة تحمله للجفاف كما يقلل من امتصاص بعض العناصر السامة ويزيد الكتلة الحيوية والقيمة الغذائية للمحاصيل المختلفة، بالإضافة إلى دور السيليكون في تعزيز توافر العناصر الغذائية المختلفة مع مراعاة كل العوامل الخارجية للتخفيف من نقصها في النبات.

بناء على ما تقدم وبسبب شح الدراسات المتعلقة بذلك، اقترحت هذه الدراسة لمعرفة الدور الذي تلعبه مركبات السيليكون في التخفيف من الأثر الضار الذي ينتج عن تعرض النبات للإجهادات اللاحيوية من الملوحة والجفاف في التربة.

هدف الدراسة:

أثر إضافة مستويات مختلفة من مركبات السيليكون في نمو وإنتاجية الذرة الصفراء في ترب متباينة الملوحة عند مستويات مختلفة من السعة الحقلية من خلال تجربة الأصص.

إجراءات الدراسة:

تم اختيار أربعة مواقع لأخذ العينات لاجراء تجارب الأصص من ترب جنوب شرق حلب وهي: سبخة الجبول وتبعد عن حلب أربع وثلاثون كيلو متراً وتتبع منطقة الاستقرار الرابعة (خط العرض"36,02 ,'59 ,°35 شمال وخط الطول ,°37 "30,75 ,'37 شرق)، أبو جرين وتبعد عن حلب خمس وعشرون كيلو متراً و تتبع منطقة الاستقرار الثالثة (خط العرض"06,76 ,'03 ,°36 شمال وخط الطول "22,27 ,'26 ,°37 شرق)، تل النعام وتبعد عن حلب أربع وعشرون كيلو متراً وتتبع منطقة الاستقرار الرابعة (خط العرض"05,45,00 ,'59 ,°36 شمال وخط الطول "31,00 ,'27 ,°37 شرق)، الوديعة وتبعد عن حلب واحد وعشرون كيلو متراً وتتبع منطقة الاستقرار الثالثة (خط العرض"04,79 ,'20 ,°36 شمال وخط الطول "30,75 ,'27 ,°37 شرق). أما التجربة الحقلية فأجريت في جب الصفا وتبعد عن حلب اثنان وعشرون كيلو متراً وتتبع منطقة الاستقرار الثالثة (خط العرض"03,63 ,'10 ,°36 شمال وخط الطول ,'27 ,°37 "31,79 شرق).: أخذت عينات مركبة للتربة من الطبقة السطحية 0-30 سم من جميع المواقع المختارة، ونُقلت إلى مخابر قسم علوم التربة واستصلاح الأراضي في كلية الزراعة في جامعة حلب، وبعد تجفيفها ونخلها عبر منخل قطر فتحاته 2 مم، أجريت عليها بعض التحاليل الأساسية التالية: التحليل الميكانيكي باستخدام الهيدرومتر، الرقم الهيدروجيني في معلق التربة 1:2.5 بواسطة جهاز pH-meter، الناقلية الكهربائية في معلق 1:1 على جهاز الناقلية الكهربائية، محتوى التربة من الكربونات الكلية المعبر عنها بكربونات الكالسيوم بالطريقة الحجمية، الكلس الفعال بطريقة دربنو غاليه (Drouineau ., 1942)، الجبس بطريقة الإذابة بالماء والمعايرة بالفرسينيت، المادة العضوية بطريقة تيورين تعديل (Walkley and Black ,1947)، وهذه التحاليل موضحة في (Page *et al.*, 1982). وعرضت نتائج هذه التحاليل في الجدول 1.

الجدول (1) بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لعينات الترب المختارة

الموقع	القوام	التوزيع الحجمي لحبيبات التربة %			pH 2.5:1	EC 1:1 mmoh/cm	O.M %	$CaSO_4$-$2.H_2O$ %	$CaCO_3$ %	
		clay	silt	sand					الكلية	الفعالة
الوديعة	طينية	40.3	31.6	28.2	7.8	1.3	1.1	0.04	26.0	16.8

تل النعام	طينية	46.3	20.60	33.1	8.0	4.3	0.3	10.1	32.3	12.1
أبو جرين	طينية	47.2	21.0	31.9	8.20	5.1	1.5	10.7	35.8	13.4
سبخة الجبول	طينية	47.6	19.1	33.3	8.4	7.1	0.2	13.7	49.3	8.8
جب الصفا	طينية	41.7	35.8	22.5	8.1	3.1	0.4	8.9	31.3	12.6

يلاحظ من الجدول 1، أن الرقم الهيدروجيني لمعلق عينات الترب في مستخلص (2.5:1) تراوح بين 7.79 و8.38، وحسب تصنيف الرقم الهيدروجيني تعتبر ترب جميع المواقع قاعدية مائلة للقلوية. وأن الناقلية الكهربائية تراوحت بين 1.34-7.12 مليموز/سم، وبالتالي تعتبر ترب المواقع مالحة حسب تقييم الملوحة التربة لمستخلصات حسب منظمة FAO ، فتربة الوديعة تعتبر قليلة الملوحة وجب الصفا متملحة، أما تربة تل النعام وأبو جرين تعتبر شديدة الملوحة أماسبخة الجبول فتعتبر مالحة جداً. وأن الأملاح السائدة في ترب جميع المواقع كانت كبريتات الكالسيوم.

كما يتبين من الجدول 1، أن النسبة المئوية للكربونات الكلية تراوحت بين 25.95-49.25%، وبالتالي تعتبر ترب جميع المواقع عالية المحتوى من الكربونات الكلية. أما النسبة المئوية للكلس الفعال فتراوحت بين 12.05-18.75%، وبالتالي تعتبر ترب جميع المواقع مرتفعة جدا بمحتوى الكلس الفعال. كذلك يتبين من الجدول 1، أن قوام جميع الترب طيني، وذلك حسب تصنيف مثلث القوام الأمريكي.

منهج الدراسة:

أجريت التجربة جانب البيت الزجاجي خلف مبنى كلية الهندسة الزراعية. نفذت التجربة وفق تصميم القطع المنشقة من الدرجة الثالثة بواقع ثلاث مكررات، وذلك بزراعة الذرة الصفراء في أصص 8 كغ، بحيث تضمنت القطع الرئيسة أربع ترب متباينة الملوحة، والقطع المنشقة من الدرجة الأولى مصدرين من السيليكون (سيليكات البوتاسيوم وحمض الأورثوسليسيك)، والقطع المنشقة من الدرجة الثانية تركيز السيليكون (0، 12.5، 25 ملغ Si/كغ تربة)، والقطع المنشقة من الدرجة الثالثة معاملات الري عند مستويات مختلفة من السعة الحقلية (50 و75 و 100% من السعة الحقلية). وكان مجموع المعاملات 72 معاملة. أضيفت أسمدة NPK حسب توصية وزارة الزراعة، 1.25 غ N /كغ و 0.625 غ K2O /كغ و 0.625 غ P2O5 / أصيص ،وتمت رية الإنبات عند السعة الحقلية، ثم حسب معاملات الري. وأضيف السيليكون على ثلاث دفعات مع مياه الري، عند الزراعة وبعد شهر من الأولى وبعد شهر من الثانية. في نهاية موسم الزراعة أخذت بعض القراءات المحصولية المرتبطة بالكتلة الحيوية (وزن المادة الجافة للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات واحد).

القراءات المأخوذة:

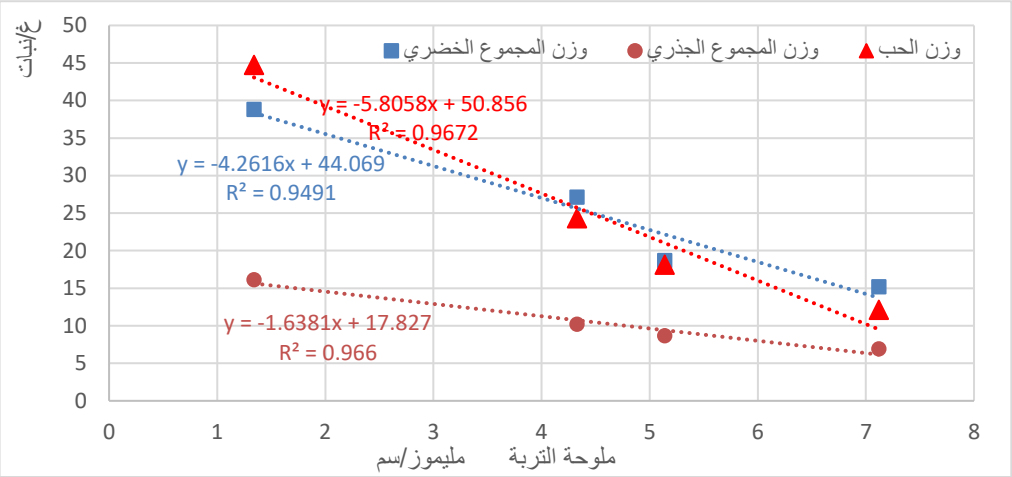
1- متوسط وزن المادة الجافة للمجموع الجذري للنبات الواحد. تم وزن الوزن الجاف بعد تجفيف على درجة الحرارة 70م ° لمدة 18 ساعة للمجموع الجذري لمكررات الثلاث بعد ها تم أخذ المتوسط للمكررات الثلاث
2- متوسط وزن المادة الجافة للمجموع الخضري للنبات الواحد. تم وزن الوزن الجاف بعد تجفيف على درجة الحرارة 70م ° لمدة 18 ساعة للمجموع الخضري لمكررات الثلاث بعد ها تم أخذ المتوسط للمكررات الثلاث
3- وزن الغلة الحبية (وزن الحبوب غ/ نبات). يؤخذ الانتاج الغلة في تجارب الأصص الزراعية على أساس حساب وزن الحبوب/نبات و لمكررات وأخذ متوسط لهم.

3_4_ التحليل الإحصائي:

تم تحليل التباين باستخدام برنامج Genstat V. 12، واختبار معنوية الفروق بين المعاملات باختبارLSD عند مستوى معنوية 0.05 لتجربة الأصص

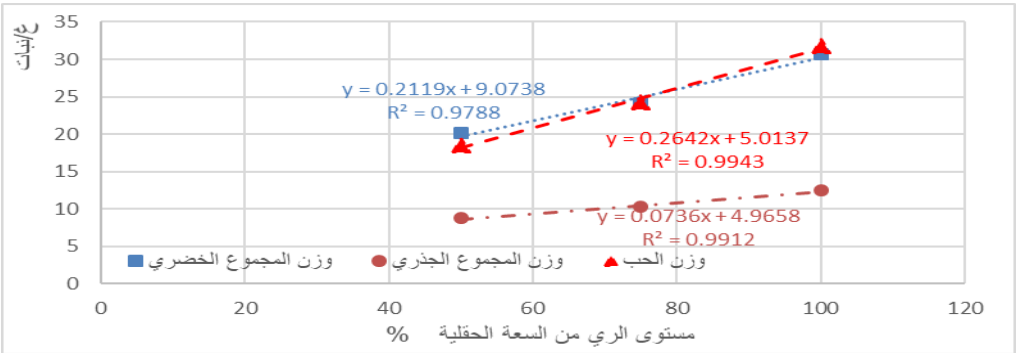
عرض النتائج :

بينت النتائج أن ملوحة التربة أثرت بشكل سلبي في الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء وهذا مالوحظ عند دراسة العلاقة بين ملوحة التربة ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء أيضا (الشكل 1)، حيث ينخفض متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 4.26 و 1.64 و 5.81 غ/نبات على التوالي، بزيادة ملوحة التربة 1 مليموز/سم.



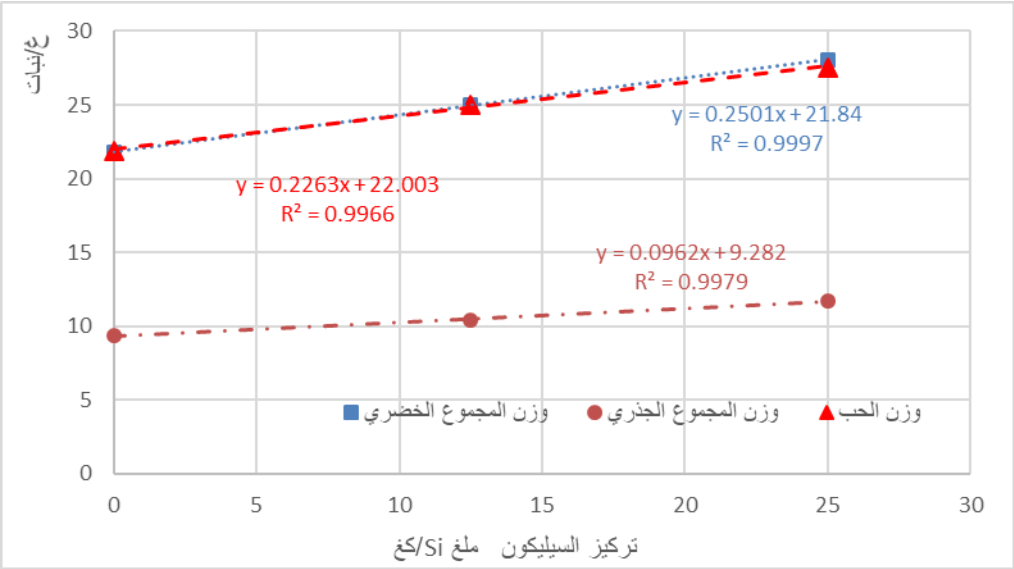
الشكل (1) العلاقة بين ملوحة التربة ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء.

كذلك بينت النتائج أن مستوى الري من السعة الحقلية أثر بشكل سلبي في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء . وهذا مايلاحظ عند دراسة العلاقة بين مستوى الري من السعة الحقلية ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء أيضا (الشكل 2)، حيث ينخفض متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 2.12 و 0.74 و 2.64 غ/نبات على التوالي، بانخفاض مستوى الري 10 % من السعة الحقلية.



الشكل (2) العلاقة بين مستوى الري من السعة الحقلية ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء.

كما أثر إضافة تراكيز السيليكون بشكل معنوي جداً في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء وهذا مالوحظ عند دراسة العلاقة بين تركيز السيليكون المضاف ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء (الشكل 3)، حيث يزداد متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 0.25 و 0.10 و 0.23 غ/نبات على التوالي، بزيادة تركيز السيليكون المضاف 1 ملغ Si/كغ تربة.



الشكل (3) العلاقة بين تركيز السيليكون المضاف ومتوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء.

يعرض في الجدول 2، التأثير المشترك لملوحة التربة ومصدر وتركيز السيليكون والسعة الحقلية على متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الذرة الصفراء لمعاملات العوامل المدروسة مع الدراسة الإحصائية لهذا التأثير.

يلاحظ من الجدول 2، عند النظر إلى معامل التباين للتأثير المشترك بين ملوحة التربة ومصدر وتركيز السيليكون والسعة الحقلية، عدم وجود فروق معنوية $p > 0.05$ بين متوسطات الوزن الجاف للمجموع الخضري لنبات الذرة الصفراء، ولكن عند مقارنة متوسطات هذه المعاملات، بناء على قيمة L.S.D. (اختبار دانكن)، يلاحظ وجود فروق معنوية بين هذه المعاملات وتفوق معاملات حمض السلسيليك على معاملات سيليكات البوتاسيوم عند نفس التربة والتركيز ومستوى السعة الحقلية باستثناء تربة الوديعة، وتفوق معاملات التركيز 25 ملغ Si/كغ تربة على باقي التراكيز المستخدمة وتفوق معاملات التركيز 12.5 ملغ Si/كغ تربة على معاملة الشاهد عند نفس التربة ومصدر السيليكون ومستوى السعة الحقلية، وتفوق معاملة الشاهد 100% من السعة الحقلية على باقي المعاملات وتفوق معاملات 75 % من السعة الحقلية على معاملات 50 % من السعة الحقلية عند نفس التربة ومصدر السيليكون وتركيزه.

الجدول(2) الدراسة الإحصائية للتأثير المشترك لملوحة التربة ومصدروتركيز السيليكون والسعة الحقلية على متوسط الوزن الجاف غ/نبات للمجموع الخضري لنبات الذرة الصفراء لمعاملات العوامل المختلفة

الموقع		ملغ Si/كغ تربة					
		H_4SiO_4			K_2SiO_3		
		25	12.5	0	25	12.5	0
	100	48.1a	46.9ab	45.6b	47.4a	46.6ab	45.6b
الوديعة	75	39.2c	36.8de	35.1efg	37.6cd	36.5def	35.1efg
	50	36.2def	33.8ghi	31.6kl	33.0hik	31.94kl	31.6kl

30.71i	32.1kl	35.7ef	30.71i	34.00gh	38.7c	**100**	
22.9pr	24.8om	31.0i	22.9pr	26.7j	32.2rs	**75**	**تل النعام**
15.9	21.7rstu	24.7omn	15.9	22.3rs	25.7jom	**50**	
19.72vw	22.54prs	24.61m.n	19.72vw	24.16mnp	26.3jo	**100**	
13.41	17.93 xy	20.11vw	13.41	20.54turw	23.1npt	**75**	**أبو جرين**
10.98	14.52	17.40xyz	10.98	16.37yz	20.61turw	**50**	
16.1	18.0xy	22. 0tst	16.1z	21.0 stuv	24.7omn	**100**	
11.7	13.3	17.0yz	11.7	15.6	19.1wx	**75**	**سبخة الجبول**
7.9	10.3	13.9	7.9	12.4	15.2	50	

الدراسة الإحصائية	
F	P = 0.856
S.E.D.	0.8382
L.S.D.$_{0.05}$	1.6568
C.V. %	4.1

كما يلاحظ من الجدول 3، عند النظر إلى معامل التباين للتأثير المشترك بين ملوحة التربة ومصدر وتركيز السيليكون والسعة الحقلية، عدم وجود فروق معنوية $p > 0.05$ بين متوسطات الوزن الجاف للمجموع الجذري لنبات الذرة الصفراء، ولكن عند مقارنة متوسطات هذه المعاملات، بناء على قيمة .L.S.D (اختبار دانكن)، يلاحظ وجود فروق معنوية بين هذه المعاملات وتفوق معاملات حمض السلسيليك على معاملات سيليكات البوتاسيوم عند نفس التربة والتركيز ومستوى السعة الحقلية باستثناء تربة الوديعة ، وتفوق معاملات التركيز 25 ملغ Si/كغ تربة على باقي التراكيز المستخدمة وتفوق معاملات التركيز 12.5 ملغ Si/كغ تربة على معاملة الشاهد عند نفس التربة ومصدر السيليكون ومستوى السعة الحقلية، وتفوق معاملة الشاهد 100% من السعة الحقلية على باقي المعاملات وتفوق معاملة 75 % من السعة الحقلية على 50 % من السعة الحقلية عند نفس التربة ومصدر السيليكون وتركيزه.

الجدول(3) الدراسة الإحصائية للتأثير المشترك لملوحة التربة ومصدروتركيز السيليكون والسعة الحقلية على متوسط الوزن الجاف غ/نبات للمجموع الجذري لنبات الذرة الصفراء لمعاملات العوامل المختلفة

ملغ Si/كغ تربة							
K_2SiO_3			**H_4SiO_4**			**السعة الحقلية**	**الموقع**
0	12.5	25	0	12.5	25	**%**	
19.2b	19.5ab	21.0a	19.2b	19.6ab	21.2a	100	
14.0efg	15.0def	16.7cd	14.0efg	15.7de	18.7c	75	**الوديعة**
11.9kl	12.0kl	12.5hik	11.9kl	13.0ghi	15.5def	50	
10.1i	11.9kl	13.6ef	10.1i	12.8gh	14.3c	100	
8.8pr	9.9om	10.3i	8.8pr	10.2j	11.6kl	75	**تل النعام**
7.5	8.1rstu	9.2omn	7.5	8.7rs	10.0jom	50	
8.6vw	9.1prs	10.7mn	8.6vw	9.4mnp	11.6jo	100	
7.5	8.6	9.2xy	7.5vw	8.5	10.1npt	75	**أبو جرين**
6.9	7.9	8.2	6.9xyz	7.8	9.0turw	50	
6.6z	7.6xy	9.0tst	6.6z	8.5stuv	9.1omn	100	
5.5	6.9	8.2yz	5.5	7.5	8.1wx	75	**سبخة الجبول**
4.9	5.5	6.2	4.9	6.8	7.0	50	

الدراسة الإحصائية	
F	P = 0.282
S.E.D.	0.5038
L.S.D.$_{0.05}$	0.9957
C.V. %	8.3

كما يعرض في الجدول 4، التأثير المشترك لملوحة التربة ومصدر وتركيز السيليكون والسعة الحقلية على متوسط وزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء لمعاملات العوامل المدروسة مع الدراسة الإحصائية لهذا التأثير.

يلاحظ من الجدول 4، عند النظر إلى معامل التباينF للتأثير المشترك بين ملوحة التربة ومصدر وتركيز السيليكون والسعة الحقلية، عدم وجود فروق معنوية $p > 0.05$ بين متوسطات وزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء، ولكن عند مقارنة متوسطات هذه المعاملات، بناء على قيمة L.S.D. (اختبار دانكن)، يلاحظ وجود فروق معنوية بين هذه المعاملات وتفوق معاملات حمض السلسيليك على معاملات سيليكات البوتاسيوم عند نفس التربة والتركيز ومستوى السعة الحقلية باستثناء تربة الوديعة، وتفوق معاملات التركيز 25 ملغ Si/كغ تربة على باقي التراكيز المستخدمة وتفوق معاملات التركيز 12.5 ملغ Si/كغ تربة على معاملة الشاهد عند نفس التربة ومصدر السيليكون ومستوى السعة الحقلية، وتفوق معاملة الشاهد 100% من السعة الحقلية على باقي المعاملات وتفوق معاملة 75 % من السعة الحقلية على معاملة 50 % من السعة الحقلية عند نفس التربة ومصدر السيليكون وتركيزه.

الجدول(4)الدراسة الإحصائية للتأثير المشترك لملوحة التربة ومصدروتركيز السيليكون والسعة الحقلية على متوسط وزن الحبوب غ/نبات لنبات الذرة الصفراء لمعاملات العوامل المختلفة.

الموقع	السعة الحقلية	ملغ Si/كغ تربة					
		H_4SiO_4			K_2SiO_3		
	%	25	12.5	0	25	12.5	0
الوديعة	100	56.4a	55.5ab	53.5b	55.4a	54.8ab	53.5b
	75	50.4c	45.5efg	39.8efg	49.0cd	43.1def	39.8efg
	50	39.7def	34.3ghi	32.5kl	36.1hik	33.8kl	32.5kl
تل النعام	100	35.0c	32.5gh	29.3i	33.1ef	31.5kl	29.3i
	75	25.6kl	23.9j	20.8pr	23.7i	22.6om	20.8pr
	50	22.7jom	19.2rs	15.6	19.4omn	17.8rstu	15.5
أبو جرين	100	26.4oj	23.8mnp	19.4vw	24.4mn	21.5prs	19.4vw
	75	23.0npt	19.4turw	15.3	20.7vw	18.6xy	15.3
	50	17.8turw	14.5yz	9.4	15.2xyz	12.9	9.4
سبخة الجبول	100	21.0omn	18.6stuv	15.0z	19.5tst	18.0xy	15.0z
	75	14.1wx	11.8	7.8	13.0yz	10.8	7.8
	50	10.5	8.4	4.7	9.8	7.8	4.7

المناقشة:

إن استجابة النباتات للملوحة الزائدة متعددة الأوجه وتتضمن تغييرات في شكل النبات وعلم وظائف الأعضاء والتمثيل الغذائي مما يؤدي في النهاية إلى تقليل نمو النبات. وإن السبب المعروف لانخفاض النمو في النباتات التي تنمو تحت إجهاد الملوحة هو الجفاف الفسيولوجي ، حيث أن وجود الأملاح الزائدة في محلول التربة قلل من قدرة النباتات

على امتصاص الماء مما أدى في النهاية إلى تباطؤ في نمو النبات. وهذا يتوافق مع كثير من الباحثين، نذكر منهم: (Ahmad *et al.*, 1992 ; Gong *et al.*, 2006 ; Long and Baker, 1986 ; Marcelis and Hooijdonk, 1999) اللذين لاحظوا انخفاضا تدريجيا في إنتاجية المادة الجافة نتيجة زيادة الملوحة. والسبب في ذلك يعود إلى أن الأملاح تؤثر على نمو النبات من خلال إحداث تأثيرات ضارة على العمليات الفيزيولوجية والكيميائية الحيوية المختلفة (Zeng and Shannon, 2000)، بما في ذلك التمثيل الضوئي والأنشطة الأنزيمية (Munns, 1993)، ويقلل من قدرة النباتات على امتصاص الماء مما يؤدي في النهاية إلى تباطؤ في نمو النبات (Munns *et al.*, 2006).لكن إضافة السيليكون في التربة ساعدت نباتات الذرة الصفراء في تحمل إجهاد الملوحة. إذ يلاحظ من الجدول 4، أن إضافة السيليكون بتركيز 12.5 ملغ/كغ تربة، زادت من وزن الحبوب في النبات بحوالي 12.52 و 25.61 و 36.94 %، بينما إضافة السيليكون بتركيز 25 ملغ/كغ تربة، زادت من وزن الحبوب بحوالي 15.68 و 31.22 و 37.67 % في تربة تل النعام وأبو جرين وسبخة الجبول على التوالي. وهذا يتوافق مع كثير من الباحثين، نذكر منهم: Linjuan *et al.*, 1999 ; Fujii *et al.*, 1999 ; Ando *et al.*, 1999 ; Al-aghabary *et al.*, 2005 ; Moussa., 2006 ; Gong *et al.*, 2006 ; Kaerlek, 2012) اللذين أكدوا أن إضافة السيليكون تخفف من التأثير السلبي في النمو الناجم عن الصوديوم وتراكم المادة الجافة في جميع أجزاء النبات وتحمل الإجهاد الملحي. والسبب في ذلك يعود إلى أن استخدام السيليكون يمكن أن يؤدي إلى التقليل من تراكم الصوديوم في الجذور و/أو المجموع الخضري مع زيادة في أيونات البوتاسيوم، وتم اقتراح هذا كآلية رئيسية لتحسين تحمل إجهاد الملوحة بإضافة السيليكون (Liang and Ding, 2002 ; Wang and Han, 2007 ; Gong *et al.*, 2006)، حيث يقلل تطبيق السيليكون من معدل النتح للحد من امتصاص الصوديوم نتيجة تعزيز امتصاص ثاني أكسيد الكربون مما يؤدي الى زيادة في الناقلية المسامي والتمثيل الضوئي (Yeo *et al.*, 1999).

كما أن أن نقص الماء في التربة يقلل بشكل كبير من الصفات الزراعية والمورفولوجية والفيزيولوجية للنباتات. والسبب في ذلك يعود إلى أن نقص المحتوى المائي في التربة يؤدي إلى انغلاق مسام أوراق النبات وانخفاض معدل التمثيل الضوئي (Marques *et al.*, 2016)، وكذلك يحد من امتصاص المغذيات من خلال الجذور ونقلها إلى المجموع الخضري، مما يقلل من توافر المغذيات والتمثيل الغذائي (Farooq et al., 2009)، ويمكن أن يؤدي إجهاد الجفاف إلى إتلاف أغشية الخلايا النباتية وبنية جدار الخلية، فضلاً عن تثبيط التمثيل الضوئي وانقسام الخلية (; Hsiao, 1973 Taiz and Zeiger, 2006).

لكن إضافة السيليكون في التربة ساعدت نباتات الذرة الصفراء في تحمل إجهاد الجفاف. إذ يلاحظ من الجدول 4، أن إضافة السيليكون بتركيز 12.5 ملغ/كغ تربة، زادت من وزن الحبوب في النبات بحوالي 16.94 و 19.64 %، بينما إضافة السيليكون بتركيز 25 ملغ/كغ تربة، زادت من وزن الحبوب بحوالي 31.22 و 37.65 % عند إضافة 75 و 50 % من السعة الحقلية على التوالي. وهذا يتوافق مع كثير من الباحثين، نذكر منهم: (Amin *et al.*, 2018 ; Marques *et al.*, 2005 ; Hattori *et al.*, 2012 ; Kaerlek, 2016)، حيث خلص الباحثون الى أن تطبيق السيليكون أدى الى تحمل النباتات النامية تحت إجهاد الجفاف وتحسين النمو وإنتاج المادة الجافة والإنتاج. والسبب في ذلك يكمن في أن آلية السيليكون على خفض تأثير الإجهاد المائي تكون من خلال دوره في خفض معدل النتح، حيث يحدث النتح بشكل رئيسي من خلال المسام وجزئياً من خلال البشرة، حيث يتوضع السيليكون تحت بشرة الأوراق مشكلا طبقة مزدوجة (بشرة-سيليكون)، ويساعد ذلك على خفض معدل النتح وتحسين معدل التمثيل الضوئي (; Marques *et al.*, 2016 Amin *et al.*, 2018)، حيث بمجرد أن يتراكم السيليكون داخل النبات، يمكن أن يضفي صلابة وخشونة على جدران الخلايا النباتية (Epstein and Bloom, 2005)، كما يمكن للنباتات المعالجة بالسيليكون أن تأخذ كمية أكبر من الماء من التربة الأكثر جفافاً في ظل ظروف نقص الماء وتحافظ على الناقلية المسامي والتركيب الضوئي الذي يؤدي بدوره إلى زيادة معدل النمو النسبي (إنتاج المادة الجافة لكل وحدة وزن جاف)، والذي يحدث بسبب ارتفاع في معدل الامتصاص الصافي أو معدل التمثيل الضوئي ويزيد من كفاءة استخدام الماء (Hattori *et al.*, 2005).

في ضوء أهداف الدراسة ونتائجها يوصي الباحث بالتوصيات الآتية:

- إضافة حمض السلسيليك بتركيز 25 ملغ Si/كغ تربة أي بما يعادل 100 كغ Si/هـ في الترب المالحة عند زراعة الذرة الصفراء أو عند تعرض المحصول لإجهاد الجفاف أو تخفيف مستويات الري.
- إيلاء الاهتمام بالسيليكون من قبل جميع المعنيين، وخاصة في تخفيفه لإجهاد الجفاف وملوحة، حيث أن سورية تتعرض لنوبات جفاف كثيرة.
- إجراء دراسات مماثلة لاختبار إضافة مستويات أعلى من السيليكون.
- إجراء دراسات مماثلة على محاصيل أخرى، وخاصة التي تحتاج لكميات مياه عالية. ،

الخاتمة: لوحظت مقدرة معاملات الذرة الصفراء المضافة لها مركبات السيليكون على تحمل الإجهاد ملوحة من خلال الحفاظ على نمو مثالي و غلة المحصول مقارنةً بـ بمعاملات الشاهد. علاوة على ذلك ، تم التوسط في التحسن الناجم عن السيليكون Si في النمو والعائد تحت الإجهاد المائي من خلال تحسين محتوى الماء في ذرة الصفراء تحت ظروف الإجهاد المائي. هذا البحث هو جزء من عملي البحثي في الدكتوراه الذي يجري من قبل كلاً من الأساتذة الدكتور محمد باهر قدور و دكتور محمد وليد كامل .

الاستنتاجات:

في ضوء نتائج الدراسة ومناقشتها يستنتج الباحث الآتي:

- أثرت ملوحة التربة بشكل سلبي في الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة، حيث انخفض متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 4.26 و 1.64 و 5.81 غ/نبات على التوالي، بزيادة ملوحة التربة 1 مليسمنس/سم.
- ساعدت إضافة السيليكون في التربة نباتات الذرة الصفراء في تحمل إجهاد الملوحة..
- أثر تركيز السيليكون المضاف بشكل إيجابي في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء، حيث ازداد متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 0.25 و 0.10 و 0.23 غ/نبات على التوالي، بزيادة تركيز السيليكون المضاف 1 ملغ Si/كغ تربة.
- أثر مستوى الري من السعة الحقلية بشكل سلبي في متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء، حيث انخفض متوسط الوزن الجاف للمجموع الخضري والجذري ووزن الحبوب لنبات الذرة الصفراء بحوالي 2.12 و 0.74 و 2.64 غ/نبات على التوالي، بانخفاض مستوى الري 10 % من السعة الحقلية.
- ساعدت إضافة السيليكون في التربة نباتات الذرة الصفراء في تحمل إجهاد الجفاف.

قائمة المصادرو المراجع

المراجع الأجنبية

Agarie.S, Hanaoka. N, Ueno. O., Miyazaki. A., Kubota. F., Agata. W., and Kaufman. P.B., (1998a- Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (Oryza sativa L.), monitored by electrolyte leakage. Plant Prod Sci 1:96–103.

Agarie, S., Uchida, H., Agata,W., Kubota, F., and Kaufman, P.B ,.(1998b)- Effects of silicon on transpiration and leaf conductance in rice plants (Oryza sativa L.). Plant Prod Sci 1:89–95

Ahmad, R., Zaheer, S. H., Ismail, S. (1992). Role of silicon in salt tolerance of wheat (Triticum aestivum L.). Plant Science, 85(1), 43-50.

Ahmed. M., Hassen. F.U., Khurshid. Y., (2011a). Does silicon and irrigation have impact on drought tolerance mechanism of sorghum?. Agricultural water management, 98(12), 1808-1812.

Ahmed.M.,Hassen. F.U., Qadeer. U., and Aslam.M.A.,(2011b). Silicon application and drought tolerance mechanism of sorghum. Afr J Agric Res 6:594–607.

Al-aghabary, K., Zhu, Z., Shi, Q. ,(2005). Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Journal of plant nutrition, 27(12), 2101-2115.

Amin. M., Ahmad. R., Ali. A., Hussain. I., Mahmood, R., Aslam, M.,and Lee, D. J., (2018)- Influence of silicon fertilization on maize performance under limited water supply. Silicon, 10(2), 177-183.

Ando. H., H. Fujii,. Hayasaka .T., Yokoyama. K., and Mayum H., (1999)- New silicon source for rice cultivation; 3. Growth and yield of wetland rice with reference to silica gel application. In: Conference "Silicon in Agriculture", P. 32. 26-30 September 1999. Fort Lauderdale, Florida, USA.

Crusciol, C.A.C., Pulz ,A.L., Lemos, L.B., Soratto, R.P., and Lima, G.P.P., (2009)- Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. Crop Sci. 49:949–954.

Drouineau. .G., (1942). Dosage rapide du calcaire actif du soil :Ńouvelles données sur la repartition et la nature des fractions calcaires. Ann. Agron., 12,441-450.

Epstein. E., (1999). Silicon. Annual review of plant biology and Plant Molecular Biology; Palo Alto, 50, 641.

Epstein. E., and A. Bloom. ,(2005). Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives. (2nd ed.) Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Farooq. M., Wahid. A., Kobayashi. N., Fujita. D., and Basra. S.M.A., (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agron Sustain Dev 29:185–212.

Fujii. H., Hayasaka. T., Yokoyama. K., and Mayum. H.,(1999). New Silicon source for rice cultivation; 2. Rooting ability and early growth of wetland rice as affected by Silica gel application to the nursery bed. In: Conference "Silicon in Agriculture", P. 32. 26-30 September 1999. Fort Lauderdale, Florida, USA.

Gao X, Zou C, Wang L, and Zhang F (2004) Silicon improves water use efficiency in maize plants. J

Plant Nutr 27:1457–1470.

Gao. X., Zou. C., Wang. L., and Zhang. F., (2006). Silicon decreases transpiration rate and conductance from stomata of maize plants. J Plant Nutr. 29:1637–1647..

Gong. HJ, Zhu. X.Y., Chen. K.M., Wang. S., and Zhang. C.L., (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. Plant Sci 169:313–321.

Gong. H.J., Chen. K.M., Zhao. Z.G., Chen. G.C., and Zhou. W.J., (2008). Effects of silicon on defense of wheat against oxidative stress under drought at different develop mental stages. Biol Plant 52:592–596.

Gong. H.J., Randall. D.P., Flowers. T.J .,(2006). Silicon deposition in root reduces sodium uptake in rice (Oryza sativa L.) seedlings by reducing bypass flow. Plant Cell Environ 29:1970–1979.

Gong.H.J., and Chen. K.M., (2012). The regulatory role of silicon on water relations, photosynthetic gas exchange, and carboxylation activities of wheat leaves in field drought conditions. Acta Physiol Plant. 34:1589–1594.

Gunes. A., Ali. I., Bagci. E.G., and Pilbeam. D.J., (2007a) .Silicon-mediated changes of some physiological and enzymatic parameters symptomatic for oxidative stress in spinach and tomato grown in sodic-B toxic soil. Plant Soil 290:103–114.

Gunes. A., Inal. A., Bagci. E.G., and Coban. S., (2007b). Silicon-mediated changes on some physiological and enzymatic parameters symptomatic of oxidative stress in barley grown in sodic-B toxic soil. J Plant Physiol 164:807–811. doi:10.1016/j.jplph.2006.07.011

Gunes. A., Pilbeam, D.J., Inal, A., and Coban, S., (2008). Influence of silicon on sunflower cultivars under drought stress, I: growth, antioxidant mechanisms, and lipid peroxidation. Comm. Soil Sci. Plant Analysis 39:1885–1903.

Halford., and Nigel, G., (2011). The role of plant breeding and biotechnology in meeting the challenge of global warming. In: Planet Earth Global Warming Challenges and Opportunities for Policy and Practice. IntechOpen,

Halligan. J. E., (1912). Soil Fertility and Fertilizers. Reprint. (2013). Forgotten Books, London, pp. 4–5.

Hattori. T., S. Inanaga., H. Araki., P. An., S. Morita., M. Luxova., and Lux ,A..,(2005). Application of silicon enhanced drought tolerance in Sorghum bicolor. Physiol. Plant., 123: 459-466.

Hattori, T., Sonobe, K., Araki, H., Inanaga, S. A.n P., and Morita, S., (2008a). Silicon application by sorghum through the alleviation of stress-induced increase in hydraulic resistance. J Plant Nutr. 31:1482–1495.

Hattori. T., Sonobe. K., Inanaga. S., An. P., and Morita. S., (2008b). Effects of silicon on photosynthesis of young cucumber seedlings under osmotic s t r e s s . J P l a n t Nu t r 31:1046–1058.

Hodson. M.J., A.G. Sangster., D.W. Parry., (1985). An ultrastructural study on the developmental phases and silicification of the glumes of Phalaris canariensis L. Ann. Bot. 55:649–665.

Hsiao. T.C. (1973). Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:519–570.

Kaerlek. W. J., (2012).Effect of silicon on plant growth and drought stress tolerance." A thesis for the degree of Master of Science in plant science. Utah State University : 4-5.

Kaya. C., Tuna. L., Higgs. D., (2006). Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water-stress conditions. J. Plant Nutr. 29:1469–1480.

Kovda. V.A., (1973) .The Bases of Learning about Soils. A review. Biogeosciences. 10:89–112.

Lee. S.K., Sohn, E.Y.., Hamayun, M., Yoon, J.Y., and Lee I.J., (2010). Effect of silicon on growth and salinity stress of soybean plant grown under hydroponic system. Agroforest. Syst. 80:333–340.

Liang. Y.C., and Ding. R.X .,(2002). Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants. Sci China Ser C 45:298–308.

Liang. Y.,W. Sun., Y. Zhu., P, and Christie., (2007). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Environmental pollution, 147:422–428.

Linjuan. Z., Junping. J., W, Lijuin., L. Min., and Fusoo. Z., (1999). Effects of the silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. In:Conference "Silicon in Agriculture. Elsevier Science. Amsterdam, The Netherlands. P. 27. 26-30 .

Lobato. A.K.S., Coimbra. G.K., Neto., M.A.M., Costa., R.C.L., Filho., B.G.S., Neto, C.F.O., Luz ,L.M., Barreto ,A.G.T., Pereira, B.W.F., Alves, G.A.R., Monteiro, B.S., and Marochio, C.A., (2009). Protective action of silicon on water relations and photosynthetic pigments in pepper plants induced to water deficit. Res J Biol Sci 4:617–623.

Long.S. P., and N. R. Baker., (1986). Saline terrestrial environments. In: Baker,N. R. and S.P. Long (eds.), P. 63-102. Elsevier, New York, USA.

Lux.A., Luxova. M., Hattori. T., Inanaga. S., and Sugimoto. Y., (2002). Silicification in sorghum (Sorghum bicolor) cultivars with different drought tolerance. Physiol. Plantarum 115:87–92.

Ma. J. F., and Takahashi. E., (2002). Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan. Elsevier, Dordrecht, The Netherlands.

Ma. J.F., (2004). Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. J. Soil Sci. Plant Nutr. 50: 11-18.

Ma.JF., and Yamaji. N., (2006). Silicon uptake and accumulation in higher plants. Trends in plant science, 11(8), 392-397.

Marcelis. L.F.M., and J.V. Hooijdonk., (1999). Effect of salinity on growth, water use and nutrient use in radish (Raphanus sativus L). Plant and Soil, 215:57-64.

Marques. D .J., Ferreira. M. M ., Lobato. A.K. D S., Freitas. W. AD ., Carvalho. J. DA., Ferreira, E.D ., and Broetto, F., (2016). Potential of calcium silicate to mitigate water deficiency in maize. Basic area, V:. 75, p.275-285.

Morikawa. C.K.,and Saigusa, M., (2004). Mineral composition and accumulation of silicon in tissues of blueberry (Vaccinum corymbosus cv. Bluecrop) cuttings. Plant Soil. 258:1–8.

Moussa. H. R.,(2006). Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed maize (Zea mays L.)." Int. J. Agric. Biol 8: 293-297.

Munns. R., (1993). Physiological processes limiting plant growth in saline soil:some dogmas and hypothesis. Cell Environ., 116: 15-24.

Munns. R., James , R.A.., Lauchli, A.., (2006). Approaches to increase the salt tolerance of wheat and other cereals. J. Exp. Bot., 57: 1025-1043.

Page.A.L., Miller.R..H. Keeney. D.R., (1982). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy. In Soil Science Society of America, Vol. 1159.

Pisinaras. V., Tsihrintzis. V.A., Petalas. C., and Ouzounis. K., (2010). Soil salinization in the agricultural lands of Rhodope District, northeastern Greece. Environ Monit Assess 166:79–94.

Rasool. S., Hameed. A., Azooz. M.M., Muneeb-u-Rehman., Siddiqi. T.O., Parvaiz and .Ahmad. P., (2013) .Salt stress: causes, types and responses of plants. In: Ahmad P, Azooz MM, Prasad MNV (eds)

Riederer. M., and Schreiber. L., (2001). Protecting against water loss: analysis of the barrier properties of plant cuticles. J. Exp. Bot. 52:2023–2032.

Sangster. A.G., M.J. Hodson, D.W. Parry, and J.A. Rees. (1983). A developmental study of silicification in the trichomes and associated epidermal structures of the inflorescence bracts of the grass, Phalaris canariensis L. Ann Bot 52:171–187.

Shen. X., Y. Zhou. L.. Duan. Z., Li.A.E., Eneji. J. and Li., (2010). Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. J. Plant Phys. 167:1248–1252.

Sommer. M., Kaczorek. D., Kuzyakov. Y. and , Breuer. J., (2006). Review Article Silicon pools and fluxes in soils and landscapes—a review. J. Plant Nutr. Soil Sci., 169, 310–329.

Sonobe. K., Hattori. T., An. P., and Tsuji, W., Eneji, A.E, Kobayashi, S., Kawamura, Y., Tanaka, K., Inanaga, S., (2011). Effect of silicon application on sorghum root responses to water stress. J Plant Nutr 34:71–82.

Taiz. L., and E. Zeiger., (2006). Plant Physiology. 4th ed. Sinauer Associates, Sunderland, MA.

Walkey, A., and Black, I. A. A .,1947. critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils-effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil science, 63.4: 251-264.

Wang. X.S., and Han. J.G .,(2007). Effects of NaCl and silicon on ion distribution in the roots, shoots and leaves of two alfalfa cultivars with different salt tolerance. Soil Sci Plant Nutr 53:278–285.

Wedepohl. K. H., (1995). The composition of the continental crust. Geochimica et cosmochimica Acta, 59(7), 1217-12

Wollast. R., and McKenzie. F. T., (1983). The global cycle of silica, in Aston, S. R. (ed.): Silicon geochemistry and biochemistry. Academic Press, San Diego, pp. 39–76.

Yeo. A.R., Flowers. S.A., Rao. G., Welfare. K., Senanayake. N., and Flowers. T.J., (1999). Silicon reduces sodium uptake in rice (Oryza sativa L.) in saline CXC conditions and this is accounted for by reduction in transpirational bypass flow. Plant cell Environ., 22: 559-565.

Zeng. L. and M.C. Shannon., (2000). Salinity effects on seedling growth and yield components of rice. Crop Sci., 40: 996-1003.