تأثير الاجهاد الملحي والتسميد الورقي ببعض المغذيات في تجمع وتوزيع عنصري البوتاسيوم والكالسيوم وعلاقة ذلك بفعالية انزيم البيروكسيديز POD في اوراق الحنطة

*سعدي مهدي الغريري **اسماعيل خليل السامرائي **حمدالله سليمان راهي

* مركز التربة والموارد المائية، دائرة البحوث الزراعية ، وزارة العلوم والتكنولوجيا

** قسم التربة والموارد المائية، كلية الزراعة، جامعة بغداد

بغداد – العراق

الخلاصة

لدراسة تجمع عنصري البوتاسيوم والكالسيوم وتباين نسبة البوتاسيوم الى الصوديوم وتقدير فعالية انزيم الـ peroxidase (POD:EC 1.11.1.7) في اوراق نباتات الحنطة، زرعت بذور الحنطة (*Triticum aestivum L.*) صنف تموز2 تحت ثلاثة مستويات من الاجهاد الملحي مع استعمال اربع توليفات من التسميد الورقي هي رش بالماء فقط(مقارنة) ورش بمغذيات البوتاسيوم والكالسيوم ورش بمغذيات الحديد والزنك والمنغنيز ورش بالمعاملة المزدوجة (البوتاسيوم + الكالسيوم + الحديد + الزنك + المنغنيز).

اظهرت النتائج زيادة محتوى الاوراق العلمية من ايوني الصوديوم والكلوريد عند زيادة مستوى الاجهاد الملحي من صفر الى 50 ثم الى 100 ملي مول من محلول كلوريد الصوديوم الا ان تجمع ايوني البوتاسيوم والكالسيوم انخفض مع زيادة الاجهاد الملحي. ساهمت توليفات التسميد الورقي في معالجة الخلل في التوازن ألايوني وزيادة الأوزان الجافة للاوراق والجذور وزيادة امتصاص البوتاسيوم والكالسيوم في اوراق الحنطة. ان تقدير فعالية انزيم الPOD كان اكثر تحسسا من تقدير نسبة البوتاسيوم /الصوديوم في الأوراق تحت الاجهاد الملحي والتسميد الورقي.

الكلمات المفتاحية: الاجهاد الملحي ؛ انزيم البروكسيديز POD ؛ التسميد الورقي، الحنطة

Effect of Salt Stress and Foliar Application of Some Nutrients on K and Ca Accumulation , Distribution and its Relation to Peroxidase Enzyme Activity in Leaves of Wheat

***Saadi Mahdi Al-Ghrairi **Ismail Khalil Al-Samerria**

****Hamad Allah Sulaiman Rahi**

* Minstry of Science and Technology/Directorate of Agriculture Research Baghdad-Iraq

** Universty of Baghdad /College of Agriculture / Soil and Water Resources Dept/ Baghdad-Iraq

E-mail: sadialgreary@yahoo.com

Abstract

To study the effect of salt stress on K and Ca accumulation and variance of K/Na ratio and peroxidase enzyme activity (POD : EC 1.11.1.7) in leaves of wheat. Wheat (*Triticum aestivum L.*) cultivar cv. Tamoz2 was planted under three levels of salt stress and three combination of foliar application were used from nutrients (K+ Ca), (Fe + Zn + Mn), and (K+ Ca) + (Fe+ Zn + Mn).

Results showed that increasing salt stress from 0 to 50 and to 100 mM of NaCl solution significantly increased Na, and Cl uptake , and decreased K, and Ca uptake in the flag leaves of wheat. Also, results indicated that application of foliar fertilizer led to repair the ionic imbalance and increasing dry matter yield of leaves and roots. The obtained results showed that determination of POD activity was more sensitive to salt stress than K/Na ratio in leaves of wheat under salt stress and foliar combinations.

Key words: Salt Stress; Peroxidase Enzyme POD; Foliar Application; Wheat

المقدمة

تتعرض جميع النباتات لعدة اجهادات خلال دورة حياتها ويعد الاجهاد الملحي واحدا من اهم الاجهادات غير الحيوية المؤثرة في نمو المحاصيل وانتاجها في العالم (Mudgal,2010) .

ان تأثير الاجهاد الملحي يكون واضحا في المناطق الجافة وشبه الجافة مع محدودية الأمطار يرافق ذلك معدلات عالية من درجات الحرارة مسببا ارتفاع في معدلات التبخر– نتح evapo-transpiration وانخفاض في معدل امتصاص الماء (Azevedo Neto *et al.*, 2006).

ان الاجهاد الملحي يتسبب في تأثيرات فسيولوجية مختلفة مثل ارتفاع معدل التنفس والتأثير الأيوني السام وتغير معدلات نمو النبات وتجمع وتوزيع عناصر الصوديوم والكلوريد والبوتاسيوم والكالسيوم في الأنسجة النباتية بالإضافة الى عدم اكتمال واستقرارية الاغشية الحديثة والناتجة من إزاحة في الكالسيوم من قبل عنصر الصوديوم (Marschner, 1986).

ان تجمع كميات مرتفعة من الايونات ذات التأثير السام مثل (الصوديوم والكلويد) في منطقة الـApoplasm للورقة يؤدي الى جفاف انسجة الورقة وموتها ونتيجة لهذه التغيرات فأن نشاط عدة انزيمات نباتية وعمليات ايضية سوف تتأثر هي الاخرى بدرجة كبيرة (Cakmak, 2003, 2005a).

ان تعرض النباتات للاجهاد الملحي يسهم في زيادة معدل تكون الـROS مثل OH^-, H_2O_2, O_2^- . ان هذه الزيادة تتسبب في تفاعلات ضوئية سامة phytotoxic reactions ينتج عنها أكسدة اللبدات وتهدم البروتين وإحداث ما يسمى بالـ DNA mutation (Cakmak, 2005a). تهدف الدراسة إلى فهم آلية تجمع وتوزيع عنصري الكالسيوم والبوتاسيوم في الاوراق العلمية وعلاقة هذه العناصر بنشاط انزيم مضاد الاكسدة الـperoxidase في اوراق نبات الحنطة عند تعرضها للاجهاد الملحي.

المواد وطرائق العمل

نفذت التجربة في البيت الزجاجي التابع لقسم علوم التربة والموراد المائية في كلية الزراعة –جامعة بغداد - ابي غريب في 2009/11/22، لدراسة تاثير رش بعض المغذيات الكبرى والصغرى في توزيع عنصري الكالسيوم والبوتاسيوم في اوراق نباتات الحنطة صنف تموز 2 (*Triticum aestivum* L.) وعلاقة هذه العناصر بنشاط انزيم مضاد الاكسدة الـperoxidase (POD) عند تعرضها للاجهاد الملحي، استعملت اصص سعة 10 كغم و تربة ذات نسجة مزيجة طينية غرينية جلبت من محطة البحوث الزراعية في ابي غريب التابعة لوزارة الزراعة، الجدول (1) يبين بعض الخواص الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل الزراعة والتي اجريت حسب الطرائق الواردة في (Black, 1965) و (Page *et al.*, 1982).

عوامل الدراسة: شملت التجربة دراسة العوامل الاتية :-

1- رش المغذيات : وشملت التوليفات الاتية:

ا. رش بالماء فقط (معاملة المقارنة) ورمز لها(**F_0**).

ب. المغذيات الكبرى : رش أسمدة مغذيات (البوتاسيوم+ الكالسيوم) سوية وبهيئة (K_2SO_4 + $Ca(NO_3)_2$) بتراكيز 3000 و 1500 ملغم.لتر$^{-1}$ في كل رشة للبوتاسيوم والكالسيوم وبثلاث رشات على طول الموسم على التوالي ورمز لها(**F_1**) .

ج . المغذيات الصغرى : رش أسمدة مغذيات (الحديد والزنك والمنغنيز) سوية بهيئة كبريتات لكل هذه العناصر وبتراكيز للحديد والزنك والمنغنيز (30+ 20 +10) ملغم.لتر$^{-1}$ في كل رشة وبثلاث رشات على التوالي ورمز لها(**F_2**).

د. رش الاسمدة في(ب +ج) مجتمعة ورمز لها(**F_3**).

2- المياه: رويت الوحدات التجريبية بمياه ري حاوية على كلوريد الصوديوم وبثلاثة تراكيز 0 و 50 و 100 ملي مول.لتر$^{-1}$.

جدول(1) بعض الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتربة الدراسة قبل تنفيذ التجربة

الصفة	القيمة
EC_e $dS.m^{-1}$	4.6
pH	7.52
الايونات الذائبة ملي مول.كغم$^{-1}$ تربة	
Na	14.3
Ca	4.46
Mg	7.83
SAR	4.08
$CaCO_3$ غم.كغم$^{-1}$ تربة	276
CEC سنتيى مول . كغم$^{-1}$ تربة	23.3
العناصر الجاهزة ملغم.كغم$^{-1}$ تربة	
N	78.6
P	14.3
K	127
Fe	4.7
Zn	0.38
Mn	6.4
النسجة	مزيجة طينية غرينية
السعة الحقلية %	26

نفذت التجربة وفقا لترتيب الألواح المنشقة Split -plot Design بترتيب تصميم القطاعات الكاملة المعشاة (R.C.B.D.) وبثلاثة مكررات، إذ وضعت معاملات ملوحة المياه في الألواح الرئيسة (Main Plot)، ووضعت معاملات الرش بالمغذيات في الألواح الثانوية (Sub Plot) . اجري التحليل الإحصائي للنتائج باستعمال برنامج Genstat مع حساب اقل فرق معنوي LSD عند مستوى معنوية 0.05 ولكافة مؤشرات الدراسة. زرعت بذور الحنطة صنف تموز2 بواقع 15 بذرة/اصيص ، خفت بعد الانبات الى عشرة نباتات ، وأضيفت اسمدة النتروجين والفسفور، والبوتاسيوم بكمية 50 و60 و100 ملغمN و P و K.كغم$^{-1}$ تربة من اسمدة اليوريا وTSP و K_2SO_4 على التوالي. رويت كافة المعاملات بماء النهر خلال مرحلة الانبات ثم استمرت عملية الري بالمياه الحاوية على كلوريد الصوديوم لحين حصاد النباتات ، حسبت كمية الماء المضافة على اساس السعة الحقلية .

رشت محاليل المغذيات في مرحلتي التفرعات والاستطالة خلال تعرض النباتات للاجهاد الملحي، في كل مرحلة يضاف التركيز بالكامل لكل رشة. حصدت النباتات في 2010/1/15 بعد مرور سبعة ايام من عملية الرش قي مرحلة الاستطالة وحسب الوزن الطري لها ، اخذ 5 غم من الأوراق العلمية الطرية(نصل+غمد) لكل معاملة لغرض تقدير فعالية أنزيم البيروكسديز (POD)، جففت النباتات في فرن كهربائي على درجة حرارة 65 مئوي لمدة 48 ساعة لحين ثبات الوزن، ثم حسب الوزن الجاف لها. اخذت عينات نباتية عشوائية من عشرة أوراق علمية(نصل +غمد) للساق الرئيسي من كل اصيص، ثم قطعت الأوراق إلى قطع صغيرة وخلطت مع بعضها، أخذت عينة ممثلة منها وطحنت بمطحنة كهربائية ومزجت مع بعضها . اخذ 0.2 غم من الأوراق المطحونة ثم هضمت بحامض الكبريتيك وبيروكسيد الهيدروجين المركزين وفقا للطريقة المتبعة من (1976) Evenhuisوقدر فيها تركيز عناصر الصوديوم و البوتاسيوم والكالسيوم والكلوريد حسب الطرائق الموضحة في (Page *et al.*, 1982).

تقدير فعالية أنزيم البيروكسديز (POD)

قدرت فعالية انزيم الـ (POD: Peroxidase EC 1.11.1.7) حسب طريقة (Muftugil, 1985)، اذ تم خلط 1مل من محلول بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 بتركيز 0.1% مع 0.1 مل من راشح مستخلص الاوراق العلمية مع 1مل من صبغة الGuaicol وتم قراءة قيمة الامتصاص مباشرة في جهاز المطياف الضوئيSpectrophotometer وبطول موجي 420 نانومتر، وحسبت الفعالية لإنزيم POD وفق المعادلة التالية:

الفعالية الإنزيمية (وحدة امتصاص.غم نموذج$^{-1}$) = قراءة الامتصاصية للعينة ---------- وزن النموذج/ حجم الاستخلاص * الحجم المأخوذ للقراءة

النتائج والمناقشة

المادة الجافة للأوراق والجذور

يبين الجدول(2) الاوزان الجافة للاوراق والجذور لنباتات الحنطة تحت ثلاثة مستويات من الاجهاد الملحي، ويلاحظ عند جميع مستويات الاجهاد الملحي ان الأوزان الجافة للأوراق والجذور سجلت زيادة معنوية عند رش النباتات بعنصري البوتاسيوم والكالسيوم بصورة منفردة وكذلك عند رش النباتات بعنصر الزنك والحديد والمنغنيز ولكن هذه الزيادة كانت أكثر وضوحا عند الإضافة المزدوجة من المغذيات قياسا بمعاملة المقارنة عند جميع مستويات الاجهاد الملحي.

ان رفع مستويات الاجهاد الملحي من 0 الى 50 ثم الى 100 ملي مول كلوريد الصوديوم خفض الأوزان الجافة للاوراق والجذور بالمقارنةا مع معاملة المقارنة اذ انخفضت أوزان الأوراق الجافة من 5.723 الى 4.857 غم.اصيص−1 عند أعلى مستوى من الاجهاد الملحي، كما انخفضت الأوزان الجافة للجذور من 0.404 الى 0.112 غم.اصيص$^{-1}$. الا ان رش النباتات بمغذيات البوتاسيوم والكالسيوم بصورة منفردة او رشها مع عناصر الزنك والحديد والمنغنيز معا أسهمت في تقليل الأثر الضار للاجهاد الملحي مما انعكس في زيادة الاوزان الجافة للاوراق والجذور حيث ازداد وزن الاوراق الجافة من 5.087 الى 5.260غم.اصيص$^{-1}$ عند المستوى 50 ملي مول ومن 4.857 الى 5.027 غم.اصيص$^{-1}$ عند المستوى 100 ملي مول. يعود سبب ذلك إلى الوظائف الفسلجية المشتركة لهذه المغذيات في زيادة قدرة النبات على النمو من خلال زيادة النشاط الانزيمي داخل النبات وزيادة كفاءة عملية التمثيل الضوئي مما انعكس ايجابيا" في زيادة الاوزان الجافة للاوراق والجذور (Cakmak, 2005b).

ظهر نفس التاثير مع الأوزان الجافة للجذور ولكن كان اقل وضوحا وذلك ربما يعزى الى ان الاجهاد الملحي يؤثر في المجموع الخضري اكثر من المجموع الجذري لأن الصوديوم يتجمع بكمية اكبر في الاوراق (Munns, 2000). ومن الجدير بالذكر ان الأوزان الجافة للاوراق عند المعاملات المزدوجة من البوتاسيوم والكالسيوم والعناصر الصغرى سجلت قيما بلغت 5.553 غم.اصيص$^{-1}$ عند مستوى الاجهاد الملحي 50 ملي مول، و5.187 غم.اصيص$^{-1}$ عند مستوى 100 ملي مول كلوريد الصوديوم وان كلآ القيمتين تقترب من قيمة الوزن الجاف للأوراق في معاملة المقارنة والتي بلغت 5.723غم .أصيص. هذه النتائج تؤشر بوضوح ان رش النباتات بهذه المغذيات قد رفع من أداء النبات تحت ظروف الاجهاد الملحي مما انعكس ذلك ايجابا في الأوزان الجافة للأوراق والجذور.

إن انخفاض الأوزان الجافة للأوراق لاسيما عند تعرض النباتات للاجهاد الملحي قد يعزى الى تجمع كميات عالية من الأملاح الذائبة في بيئة الجذور مما تسبب بحدوث اجهاد ازموزي وهذا بدوره قد يؤثر في العلاقات المائية وكذلك على امتصاص العناصر الغذائية وخصوصا عنصري الكالسيوم والبوتاسيوم (Tavakkoli *et al.*, 2011). لقد اشار (Karimi *et al.*, 2005) ان اختلال التوازن ألايوني قد يظهر في الخلايا النباتية نتيجة تجمع كميات كبيرة من ايونات الصوديوم والكلوريد وهذه بدورها تقلل من امتصاص كل من البوتاسيوم والكالسيوم والمنغنيز والزنك والحديد. في هذه الدراسة فأن هذا الخلل في الموازنة الايونية قد عولج باضافة هذه المجموعة من المغذيات بالتسميد الورقي مما انعكس في زيادة الاوزان الجافة للاوراق واقترابها من النباتات غير المعرضة للاجهاد الملحي. تتفق هذه النتائج مع (Hasegawa *et al.*, 2000) اذ وجدوا ان امتصاص عنصري البوتاسيوم والكالسيوم يقلل من التأثير الضار للاجهاد الملحي .

ان دور العناصر الصغرى مثل الزنك والحديد والمنغنيز في عملية التمثيل الضوئي الاولى والثانية موثق بصورة جيدة في المراجع العلمية (Manal *et al.*, 2010; Curie and Brait 2003) . ان تحسن اداء نباتات الحنطة بعد رش الحديد والزنك

والمنغنيز قد يعزى الى الدور المهم لهذه العناصر في نشاط النظام الثاني لعملية التمثيل الضوئي خلال مساهمتها واشتراكها في تنشيط الانزيمات والمعقدات البروتينية اللازمة لعمليات الأكسدة والاختزال في سلسلة النقل الالكتروني مثل Cytochrome oxidase و Phytoferritin و Ferredoxin و Dehydrogenase و Decarboxylase وغيرها وكمحصلة ستسهم في تحويل الطاقة الضوئية الى طاقة كيميائية في صورتي ATP وNADPH2 خلال عملية الفسفرة الضوئية (Parida *et al.*, 2002; Cakmak, 2005b) .

امتصاص الصوديوم والكلوريد

يبين الجدول(3) ان تعرض نبات الحنطة الى مستويات الاجهاد الملحي تسبب في زيادة الكمية الممتصة من ايوني الصوديوم والكلوريد اذ زادت كمية الصوديوم والكلوريد الممتصة من 21.76 الى 24.23 ثم الى 27.14ملغم.اصيص$^{-1}$ للصوديوم . بينما ازدادت من 89.46 الى 123.54 ثم الى 150.89 ملغم.اصيص$^{-1}$ للكلوريد عند زيادة الاجهاد الملحي من 0 الى50 ثم الى 100 ملي مول كلوريد الصوديوم على التتابع .

ان انخفاض كمية الصوديوم والكلوريد ظهر بوضوح في النباتات التي رشت بتوليفات التسميد الورقي فعند رش البوتاسيوم والكالسيوم انخفضت كمية الصوديوم بنسبة بلغت (7.40%و5.8%) قياسا الى معاملة المقارنة وكذلك انخفضت كمية الكلوريد الممتصة بنسبة بلغت (16.2% و11.3%) قياسا بمعاملة المقارنة عند مستويات الاجهاد الملحي 50 و 100 ملي مول على التوالي، كما ظهر نفس الاتجاه عند رش نباتات الحنطة بعناصر الزنك والحديد والمنغنيز . الا ان الاضافة المزدوجة في رش مغذيات (البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز) قد خفض الكميات الممتصة من الصوديوم والكلوريد حيث بلغت نسبة الانخفاض في كمية الصوديوم والكلوريد الممتص وعند اعلى مستوى من الاجهاد (100 ملي مول) 13.2% و15.4% مقارنة بالنباتات غير المعرضة للاجهاد على التوالي.

ان نتائج هذه الدراسة تشير وبوضوح الى ان استعمال التسميد الورقي من مغذيات البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز قد ساهم في تقليل كمية عنصري الصوديوم والكلوريد الممتصة مما اكسب نبات الحنطة في تحمل الاجهاد الملحي ويستدل على ذلك من

جدول(2) تأثيرالتسميد الورقي في وزن المادة الجافة (غم.اصيص$^{-1}$) ووزن الجذر الجاف (غم.اصيص$^{-1}$) لنباتات الحنطة المعرضة لتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم

معاملات الأسمدة	المادة الجافة			وزن الجذر		
	0 mmol NaCl	50 mmol NaCl	100 mmol NaCl	0mmol NaCl	50 mmol NaCl	100mmol NaCl
F_0	5.723	5.087	4.857	0.404	0.165	0.112
F_1	6.057	5.427	5.123	0.447	0.238	0.147
F_2	5.973	5.260	5.027	0.412	0.226	0.128
F_3	6.043	5.553	5.187	0.466	0.273	0.168

$LSD_{0.05}$ (المادة الجافة = 0.141 ، وزن الجذر= 0.048)

كمية الصوديوم الممتصة في النباتات التي لم ترش بالمغذيات لاسيما عند المستوى 50Mm NaCl (الجدول3).

كما ظهر نفس السلوك مع كمية الكلوريد الممتصة في نباتات الحنطة المعاملة بالتسميد الورقي للمغذيات المزدوجة اذ كانت 100.8 ملغم.اصيص$^{-1}$ في حين بلغت كمية الكلوريد الممتصة بدون التسميد الورقي 123.54 ملغم.اصيص$^{-1}$ وتحت مستوى الاجهاد الملحي 50Mm NaCl .

لقد اشار العديد من الباحثين الى ان الاجهاد الملحي يؤدي الى زيادة امتصاص عنصري الصوديوم والكلوريد وان هذه الزيادة تؤدي الى حدوث خلل في الموازنة الأيونية في المغذيات وبالتالي ينخفض امتصاص عنصري البوتاسيوم والكالسيوم(Greenway and Munns,1980) . لقد اعادت المغذيات (البوتاسيوم والكالسيوم) التي تم رشها الى النبات التوازن ألايوني ويستدل على ذلك من انخفاض كمية الصوديوم والكلوريد الممتصين هذا من جانب والجانب الاخر فان معدل عملية التركيب الضوئي ينخفض عند تعرض النباتات للاجهاد الملحي كنتيجة لأختزال جهد الماء (Tavakkoli *et al.*, 2011) . ان استخدام التسميد الورقي بالمغذيات الصغرى الحديد والزنك والمنغنيز بالاضافة الى مغذيات البوتاسيوم والكالسيوم قد ساهم في تحفيز عملية التركيب الضوئي لاسيما نشاط النظام الضوئي الثاني ps_II حيث انعكس ذلك في الاوزان الجافة للاوراق (الجدول2) (Parida *et al.*, 2002).

امتصاص البوتاسيوم والكالسيوم

يبين الجدول (4) تاثير الاجهاد الملحي في كميات البوتاسيوم والكالسيوم الممتصة وكذلك نسبة البوتاسيوم /الصوديوم . حيث يلاحظ ان تعرض نباتات الحنطة الى أقل مستوى من الاجهاد الملحي 0 ملي مول كلوريد الصوديوم فان اعلى كمية ممتصة من البوتاسيوم والكالسيوم كانت 148.36 و18.31 ملغم.اصيص$^{-1}$ ولنباتات الحنطة عند رشها بالمغذيات المزدوجة من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز على التتابع.

الا ان كمية البوتاسيوم انخفضت بنسبة (34% و47.0%) عند زيادة مستوى الاجهاد الملحي الى 50 ثم 100ملي مول كلوريد الصوديوم على التوالي قياسا بمعاملة المقارنة . وعلى العكس من ذلك فقد ازدادت كمية الكالسيوم الممتصة بنسبة بلغت (7.8% و15.5%) قياسا بمعاملة المقارنة عند نفس مستويات الاجهاد الملحي على التوالي، وقد يعزى ذلك الى

جدول(3) تأثيرالتسميد الورقي في كمية الصوديوم الممتصة (ملغم. اصيص$^{-1}$) و كمية الكلوريد الممتصة (ملغم. اصيص$^{-1}$) في اوراق الحنطة المعرضة لتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم

معاملات الأسمدة	الصوديوم الممتص			الكلوريد الممتص		
	0 mmol NaCl	50 mmol NaCl	100 mmol NaCl	0 mmol NaCl	50 mmol NaCl	100 mmol NaCl
F_0	21.76	24.23	27.14	89.46	123.54	150.89
F_1	18.54	22.44	24.83	61.36	103.25	133.88
F_2	21.55	23.95	25.85	76.47	118.12	140.70
F_3	16.39	21.68	23.55	58.10	100.79	126.55

$LSD_{0.05}$ Na =0.53 Cl =2.89

الدور المهم للكالسيوم في تنظيم النفاذية الاختيارية للاغشية الخلوية من خلال المحافظة على تكامل الاغشية الخلوية عند تعرض النباتات للاجهاد الملحي (Leopold and willing, 1984)، والى دور البوتاسيوم في عملية تمدد الخلايا كونه عاملا مساعدا في عمل الكثير من الانزيمات المسيطرة على العمليات الأيضية والتمثيل الضوئي (Cakmak, 2005a).

لقد اقترح (Tester and Davenport, 2003) ان قدرة تحمل النباتات للاجهاد الملحي تعتمد على آليتين : الاولى هو تقليل دخول ايونات الصوديوم والكلوريد الى منطقة السايتوبلازم والثانية تعتمد على تقليل تركيز ايونات الاملاح الذائبة (الصوديوم والكلوريد) في السايتوبلازم. ان اهمية التسميد الورقي بالمغذيات (البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز) في نتائج الدراسة الحالية تؤكد ان كلا الآليتين المقترحتين من قبل Tester و Davenport (2003) قد اسهمت في تقليل تراكيز الصوديوم والكلوريد في سايتوبلازم نبات الحنطة وبالإمكان الاستدلال على ذلك من خلال دراسة زيادة الكميات الممتصة من عنصري البوتاسيوم والكالسيوم وعند كل مستوى من الاجهاد الملحي (جدول4).

لقد اعتمد العديد من الباحثين نسبة البوتاسيوم/الصوديوم في اوراق النباتات تحت تراكيز وفترات زمنية وانواع مختلفة من النباتات معيارا لقياس تحمل النباتات للاجهاد الملحي (Tester and Davenport, 2003; Khan *et al.*, 2009).

لقد اشارت النتائج ايضا ان نسبة البوتاسيوم /الصوديوم قد ازدادت معنويا مع استخدام التسميد الورقي من المغذيات ولاسيما في معاملة الرش المزدوج من(البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز) حيث بلغت (8.52 و4.52 و3.34) عند مستويات 0 و50 و100ملي مول كلوريد الصوديوم على التوالي(جدول4) .

تشير النتائج بوضوح الى الدور المهم للمغذيات المستخدمة في التسميد الورقي في تغير نسبة البوتاسيوم /الصوديوم لصالح الموازنة الأيونية لنباتات الحنطة تحت الاجهاد الملحي.

فعالية انزيم البيروكسديز POD

من أهم الملاحظات المبينة في الجدول(5) نجد ان فعالية انزيم الـPeroxidase POD:EC) (1.11.1.7 ازدادت معنويا مع زيادة الاجهاد الملحي من 0 الى 50 و100 ملي مول. فقد ازداد نشاط انزيم الـPOD بنسبة بلغت 27.57% عند رفع الاجهاد من 0 الى 50 ملي مول و 60.85% عند رفع الاجهاد الملحي من 0 الى 100 ملي مول. فضلا عن ان نشاط هذا الإنزيم قد ازداد بقيمة بلغت 26.10% عند

جدول(4) تأثير التسميد الورقي على كمية البوتاسيوم الممتصة (ملغم.اصيص$^{-1}$) وكمية الكالسيوم الممتصة (ملغم. اصيص$^{-1}$) ونسبة البوتاسيوم الى الصوديوم في اوراق الحنطة المعرضة لتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم

البوتاسيوم/الصوديوم K/Na			الكالسيوم الممتص			البوتاسيوم الممتص			*معاملات الأسمدة
كلوريد الصوديوم (ملي مول.لتر$^{-1}$)			كلوريد الصوديوم (ملي مول.لتر$^{-1}$)			كلوريد الصوديوم (ملي مول.لتر$^{-1}$)			
100	50	0	100	50	0	100	50	0	
2.19	2.90	5.32	14.71	13.95	12.42	59.45	70.38	115.70	F_0
2.96	4.03	7.79	17.46	18.82	14.58	73.65	90.33	144.51	F_1
2.38	3.13	5.72	15.84	16.70	13.90	61.70	74.87	123.23	F_2
3.34	4.52	8.53	19.74	21.15	18.31	78.56	97.95	148.36	F_3

$LSD_{0.05}$ K/Na =0.15 Ca =1.23 K=1.57

رفع الاجهاد الملحي من 50 الى 100 ملي مول كلوريد الصوديوم.

لقد اشارت العديد من الدراسات ان تعرض النباتات للاجهادات غير الحيوية ومنها الاجهاد الملحي فأن مستوى ال Reactive Oxygen Species (ROS) يزداد في الخلايا النباتية، إن هذه الزيادة في تكون الROS يرافقها زيادة في نشاط انزيمات مضادات الاكسدة المختلفة ومنها انزيم الـPOD وذلك لتحويل بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 المتكون في الخلية والذي يعتبر احد مكونات الROS الى H_2O وذلك كوسيلة للتخلص من الاجهاد الاكسدي الذي تسببه مكونات الـ ROS، وبالتالي تعتبر وسيلة من وسائل الدفاع النباتي ضد الاجهاد الاكسدي (Mittova *et al.*, 2002, 2003; Garratt *et al.*, 2002; Cakmak, 2005a)، . ان نتائج الدراسة الحالية تتفق مع نتائج عدد من الباحثين حول زيادة نشاط الPOD. مع ازدياد الاجهاد الملحي (Koo ; Abd EL-Baky *et al.*, 2008 *et al.*, 2007.

كما اعطت دراسة تأثير مغذيات (البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز) بعد رشها على اوراق نباتات الحنطة نموذجا مختلفا في نشاط أنزيم الPOD اذ يلاحظ ان اعلى نشاط لانزيم الPOD تحقق في معاملة المقارنة عند عدم رش المغذيات على اوراق نباتات الحنطة وكانت 33.41 و42.62 و 53.74 وحدة.غم$^{-1}$ عند مستويات الاجهاد الملحي 0 و50 و100 ملي مول كلوريد الصوديوم على التوالي، الا ان رش المغذيات على اوراق نباتات الحنطة قلل نشاط انزيم الPOD معنويا وعند جميع مستويات الاجهاد الملحي، وهذا يؤشر الى ان ان رش هذه المغذيات قد ساهم في تقليل تعرض النبات للاجهاد، وبالتالي يعني تقليل تكون ROS على مستوى الخلية مما قد يؤدي الى بقاء نشاط النظام الانزيمي (انزيم الـPOD) عند حدوده الطبيعية.

ان ربط هذه النتيجة بنسبة البوتاسيوم الى الصوديوم وانخفاضها مع رش المغذيات تؤكد اهمية المحافظة على تراكيز جيدة من مغذيات التسميد الورقي عند زراعة النباتات تحت الاجهاد الملحي وكذلك تسهم في تقليل تكون الـ ROS في الخلايا النباتية. نستنتج من ذلك ان زراعة النباتات تحت الاجهاد الملحي يقتضي وجود تراكيز كافية من البوتاسيوم والكالسيوم والحديد والزنك والمنغنيز وذلك للمحافظة على عدم حدوث خلل في الموازنة الايونية وتحمل النباتات للاجهاد الملحي . ان الدراسة تقترح دراسة النشاط الانزيمي لمضادات الاكسدة والنشاط الغير انزيمي لنباتات مختلفة وفي مراحل مختلفة وتحت تراكيز وفترات زمنية مختلفة لأن هذه العوامل هي التي تحدد قدرة تحمل النباتات للاجهادات غير الحيوية.

جدول(5) تأثيرالتسميد الورقي في فعالية انزيم الـPOD (وحدة .غم نموذج$^{-1}$) في اوراق الحنطة المعرضة لتراكيز مختلفة من كلوريد الصوديوم

معاملات الأسمدة	0mmol NaCl	50mmol NaCl	100 mmol NaCl
المقارنة	33.41	42.62	53.74
(K+Ca)	35.36	38.42	40.83
(Fe+ Zn + Mn)	35.12	39.46	42.87
(K+Ca) + (Fe+ Zn +Mn)	34.72	36.53	37.87

$LSD_{0.05}$ = 1.28

References

Abd El-Baky H. H.; Hussien,M. M. and Gamal, S. El-Baroty,(2008) Algal Extracts Improve Antioxidant Defense Abilities and Salt Tolerance of Wheat Plant Irrigated With Sea Water. Electronic J. of Env.Agric. and Food Chemistry. 7,2812-2832.

Azevedo-Neto, A.D.; Ptisco ,J.T.; Eneas-Filho J.; Abreu ,C.E.B., and Gomez-Filho ,E.,(2006) Effect of Salt Stress on Antioxidative Enzymes and Lipid Peroxidation in Leaves and Roots of Salt-Tolerant and Salt-Sensitive Maize Genotypes. Environ. Exp. Bot., 56, 87-94.

Black, C. A. ,(1965) Methods of Soil Analysis, Part 2. Amer. Soc. Agric. Inc. Pub., Madison, Wis. USA.

Cakmak, I. ,(2003) The Role of Potassium in Alleviating Detrimental Affects of Abiotic Stresses in Plants. In: Feed the Soil to Feed the People : The Role Potash in Sustainable Agriculture. Int. Potash Institute, Basel. 325-343.

Cakmak, I. ,(2005a) The Role of Potassium in Alleviating Detrimental Effects in Plants. J. Plant Nutr. 168, 521-530.

Cakmak, I. ,(2005b) Role of Mineral Nutrients in Tolerance of Crop Plants to Environmental Stress Factors. In: Fertigation Proceedings: International Symposium on Fertigation .Beijing/China, 20-24 September 2005, 35-48.

Curie, C. and Briat J.F.,(2003) Iron Transport and Signaling in Plants. Annu. Rev Plant Biol 54,183–189

Evenhuis, B., (1976) Simplified Methods for Foliar Analysis, Parts I–VII, Internal. Report Royal Tropical Inst., Amsterdam.

Garrat, L. C.; Janagoundar,B. S.; Lowe K. C.; Anthony P.; Power J. B., and Davey M. R. ,(2002) Salinity Tolerance and Antioxidant Status in Cotton Cultures. Free Radical Biol. and Medicine, 33,502-511.

Greenway, H., and Munns,R. A. ,(1980) Mechanisms of Salt Tolerance in Non Halophytes. Annu. Rev. Plant Physiol. 31, 149 – 190.

Hasegawa, PM; Bressan RA; Zhu J-K and Bohnert H.J. ,(2000) Plant Cellular and Molecular Responses to High Salinity. Annu Rev Plant Physiol. Plant Mol Biol 51, 463-499.

Karimi, G.; M. Ghorbanli; H. Heidari; R.A. Khavari Nejad, and M. H. Assareh. ,(2005) The Effects of NaCl on Growth, Water Relations, Osmolytes and Ion Content in Kochia Prostrate. Biologica Plantarum, 49(2),301-304.

Koo, Jeung Suk; Yeon Sik Choo and Chin Bum Lee ,(2007) Changes in ROS-Scavenging Enzyme Activity in Rice (Oryza sativa L.) Exposed to High Salinity. J. Ecol. Field Biol. 30 (4), 307-314.

Khan, M. A.; Shirazi ,M. U.; Muhammad Ali khan; Mujtaba ,S.M.; Islam ,E.; Mumtaz, S.; Shereen, A.; Ansari, R. U. and Yasin Ashraf, M.,(2009) Role of Proline, K/Na Ratio and Chlorophyll Content in Salt Tolerance of Wheat(*Triticum aestivum* L.). Pak. J. Bot., 41(2), 633-638.

Leopold, A. C. and R. P. Willing,(1984) Evidence for Toxicity Effects of Salts on Membranes. In: R. C. Staples and G. H. Toenniessen (Eds.), Salinity Tolerance in Plants. John Wiley and Sons, New York, 67-76.

Manal, F. Mahmed; Thalooth, A. T. and Khalifa , R. Kh. M.,(2010) Effect of Foliar Spraying with Uniconazole and Micronutrients on Yield and Nutrients

Uptake of Wheat Plants Grown under Saline Condition**.** J. of Amer. Sci., 6(8),398-404.

Marschner, H.; Romhdd V. and Kissel, M. ,(1986) Different Strategies in Higher Plants in Mobilization and Uptake of Iron J.Pl. (3),553-559.

Mittova, V; Tal M.; Volokita M; and Guy M. ,(2002) Salt Stress Induces up Regulation of an Efficient Chloroplast Antioxidant System in the Salt Tolerant

Wild Tomato Species Lycopersicon Pennellii but not in the Cultivated Species. Physiol-ogia Plantarum 115, 393–400.

Mittova, V.; Tal M.; Volokita, M. and Guy, M. ,(2003) Up-regulation of the Leaf Mitochondrial and Peroxisomal Antioxidative Systems in Response to Salt-induced Oxidative Stress in the Wild Salt-Tolerant Tomato Species Lycopersicon Penellii. Plant Cell Environ 26, 845-856.

Mudgal, V.; Madaan, N. and Mudgal, A. ,(2010) Biochemical Mechanisims of Salt Tolerance in Plants: A Review. Int. J. Bot. 6, 136-143.

Munns, R. ,(2002) Comparative Physiology of Salt and Water Stress. Plant Cell Environ.25, 239 –250.

Muftugil, N. ,(1985) The Peroxidase Enzyme Activity of some Vegetable and its Resistance toHeat. Food Agric. 63,877-880.

Parida, A. K.; Das, A. B. and Das, P.,(2002) NaCl Stress Causes Changes in Photosynthetic Pigments, Proteins and other Metabolic Components in the Leaves of a True Mangrove Bruguiera Parviflora in Hydroponic Cultures. J. Plant Biol. 45, 28-36.

Page, a. L. (ed); Miller ,R. H. and Keeney, D. R. ,(1982) Methods of Soil Analysis Part 2 : Chemical and Micro Biological Properties. Argon. Series no. 9 Amer. Soc. Agron. Soil Sic. Soc. Am. Inc. Madison USA.

Tavakkoli, Ehsan; Foad Fatehi; Stewart Coventry; Pichu Rengasamy and Glenn K. McDonald. ,(2011) Additive Effects of Na^+ and Cl^- Ions on Barley Growth under Salinity Stress. Journal of Experimental Botany, 62, No. 6, pp. 2189–2203.

Tester, M. and Davenport, R. ,(2003) Na^+ Tolerance and Na^+ Transport in Higher Plants, Ann. Bot. 91 , 503–507.