تأثير المايكورايزا في نظام الدفاع الأنزيمي لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس المعرضة للإجهاد الملحي .

أ.د. فارس محمد سهيل كلية الزراعة- جامعة ديالى
أ.د. إسماعيل خليل إبراهيم كلية التربية – جامعة سامراء
د. زكريا حسن حميد كلية العلوم - جامعة ديالى

الملخص

نفذت تجربة أصص عاملية باستعمال تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) بهدف دراسة تأثير فطريات المايكورايزا في نظام الدفاع الأنزيمي لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس ، وتضمنت التجربة عاملين ، عامل التلقيح بخليط من فطريات المايكورايزا(*Glomus fasciculatum + Acoulospora laevis*) (تلقيح وبدون تلقيح) ومستويين من ماء مالح (ماء بزل) (5 و 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$) بالإضافة الى معاملة المقارنة (ماء النهر).

إختلف النوعان النباتيان من حيث الزيادة المعنوية في وزن المادة الجافة والمساحة الورقية و الكلوروفيل الكلي إستجابة للتلقيح بفطريات المايكورايزا عند التعرض للإجهاد الملحي .

سبب تعرض كلا النوعين من النباتات للإجهاد الملحي زيادة معنوية في نشاط وفاعلية أنزيمات مضادات الأكسدة Superoxide dismutase (SOD) والكاتليز Catalase (CAT) والبيروكسيديز Proxidase (POD) خصوصا عند تعرضها للمستوى الأول (5 ديسي سمنز.م$^{-1}$) ، إلا إن نشاط POD و CAT إنخفض معنويا عند المستوى الثاني (10 ديسي سمنز.م$^{-1}$) في النباتات الملقحة وغير الملقحة . سلك الأنزيم SOD سلوكا معاكسا لسلوك إنزيمي POD و CAT إذ سجل زيادة معنوية مع زيادة تعرض كلا النوعين النباتيين للملوحة في حالتي التلقيح أو غيابه . أظهرت النتائج مقدرة فطريات المايكورايزا على تحفيز نظام الدفاع الأنزيمي ولكلا النوعين النباتيين .

مفتاح الكلمات : فطريات المايكورايزا ، الإجهاد الملحي ، نظام الدفاع الأنزيمي ، الذرة الصفراء ، زهرة الشمس .

Effect of Mycorrhiza on Enzymatic Defense System of Corn and Sunflower Exposed to Salinity .

Faris M. Suhail* **Ismail K. Ibrahim **** **Zakaria H. Hamid*****
* College of Agriculture, University of Diyala, Iraq
** College of Education , University of Samarra , Iraq
*** College of Science, University of Diyala, Iraq

Received 29 April 2015 ; Accepted 13 September 2015

Abstract

To study the Effect of enzymatic defense system of corn and sunflower plants exposed to Salinity a factorial experiment was conducted in (RCBD) design . Two treatments of mycorrhiza i.e (Inoculation with AM and without inoculation) with three treatments of irrigation (with a river water , 5, and 10 ds.m^{-1}) .

The plant types were significantly different in dry weights , leaf area and chlorophyll in response to the present and absent of AM inoculation as well as to salt stress . The activity of enzymes i.e (SOD , CAT , POD) markedly increase with the level of (5 ds.m^{-1}) salinity . However , The activity of CAT and POD decreased at 10 ds.m^{-1} in inoculated and non – noculated plants .

The SOD has opposite behavior compared with CAT and POD enzymes and its activity significantly increased at 5 and 10 $ds.m^{-1}$. At, both genotype plants the enzymatic defense system have been inducation at mycorrhizal plant compared with non mycorrhizal plant . The finding of current experiment revealed that the SOD enzyme was the first line of defense system which increased the tolerance of both genotype to salinity .The association of AM with both genotype roots system scavining the ROS formation and enhunsed the antioxident in enzyme in mycorrhizal plant .

Key words : Mycorrhiza , Salt stress , Enzymatic defense system , Corn , Sunflower .

المقدمة

تعد الملوحة إحدى العوامل البيئية الرئيسية التي تحد من نمو وإنتاجية المحاصيل في المساحات المروية القاحلة وشبه القاحلة (Koca وآخرون ، 2007) ، وتشكل الأراضي المتأثرة بالملوحة حوالي 6% من مساحة الأراضي حول العالم وحوالي 14% من مجموع المساحة الكلية للعراق (FAO ،2005) .

يؤدي إجهاد الملوحة إلى إحداث تأثيرات فسلجية مختلفة في النبات منها زيادة إنتاج جذور الأوكسجين الحرة Reactive oxygen species(ROS) (Kaper وآخرون ، 2012) والإجهاد الازموزي (Munns ،1993) وزيادة معدلات التنفس و زيادة سمية بعض الايونات لاسيما الصوديوم والكلوريد ،كما يؤثر في إمتصاص وانتقال العناصر الغذائية ، وإحداث خلل في مستوياتها (Azad و آخرون ، 2012) وفي نفاذية الأغشية ، وضعف بناء الجدار الخلوي (Kaya وآخرون ، 2010) .

عند تعرض النباتات إلى الإجهادات ، فإن خلاياها تقوم بتحفيز أنظمتها الدفاعية الانزيمية وغير الانزيمية (Mittler ، 2002) ، فعند تعرض النباتات إلى الإجهاد الملحي المفرط فان الـ ROS مثل السوبراوكسيد (O_2^-) و بيروكسيد الهيدروجين (H_2O_2) و الهيدروكسيل (OH^-) تزداد بشكل كبير مما يؤثر في نمو النبات(Becana وآخرون ، 2000) ، إذ تسبب ضررا سريعا للخلايا عن طريق إحداث سلسلة من التغيرات في الأغشية والجزيئات الأساسية الأخرى مثل الصبغات التمثيل الضوئي و البروتين والدهون والأحماض النووية الأمر الذي يؤثر سلبا في عملية البناء الضوئي (Imlay ،2003) ، وبالمقابل يقوم النظام الدفاعي المضاد للأكسدة بالمحافظة على مستوى من الـ ROS غير سام داخل الخلية للحد من الآثار الضارة لهذه الأنواع من الأوكسجين . تشمل مضادات الأكسدة الأنزيمية مجموعة من الأنزيمات المضادة للأكسدة منها أنزيم السوبر أوكسيد دسيموتيز Superoxide dismutase (SOD) ، والكاتليز Catalase (CAT)والبيروكسيديز Proxidase (POD) . يستطيع إنزيم (SOD) تحويل السوبر أوكسيد إلى أوكسجين وبيروكسيد الهيدروجين ، وتكمن أهمية إنزيم الكاتليز (CAT) في التخلص من التأثير السام لبيروكسيد الهيدروجين فهو يستطيع تحليل البيروكسيد إلى أوكسجين وماء ،أما إنزيم البروكسيديز (POD) فانه يحد من سمية بيروكسيد الهيدروجين بتحويله إلى ماء (Wu واخرون ، 2006). إعتمدت في السنوات الأخيرة الطرق البيولوجية كوسيلة غير مكلفة وعملية لتخفيف الجهد الملحي في التربة ، ومن هذه الوسائل التلقيح بفطريات المايكورايزا الشجيرية Arbuscular Mycorrhiza (AM) الموجودة في الترب المالحة ، إذ إنها تساعد على نمو النباتات وتطويرها وتحسن من تحملها لاجهادات الحيوية وغير الحيوية (Abdel-Fattah وآخرون،2010) من خلال تنظيم العمليات الفسيولوجية والبيوكيميائية للنباتات (Evelin وآخرون،2009 ؛ Fernanda وآخرون،2012) . أثبتت العديد من الدراسات إن فطريات المايكورايزا الشجيرية (AM) تلعب دوراً محورياً في تحسين تحمل النباتات للاجهادات غير الحيوية من خلال تعزيز إمتصاص المواد الغذائية وخاصة النتروجين والفسفور وزيادة النمو (Cho وآخرون، 2006) والتوازن ألايوني (Giri وآخرون ،2007) وحماية النشاط الأنزيمي (Rabie و Almadini ،2005) وتسهيل إمتصاص الماء (Ruiz-Lozano و Azcon،1995) . أشار Alguacil وآخرون (2003) الى إمكانية زيادة نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة بفعل فرطريات المايكورايزا مما إنعكس إيجاباً على نمو النباتات في الظروف القاحلة ،كما بين Garg و Manchanda (2008) إن تعريض نباتات العدس المايكورايزية للملوحة أدى إلى تحسن معنوي للأنزيمات المضادة للأكسدة مثل CAT , POX , SOD التي يمكن أن تساعد النباتات على حماية نفسها من التأثيرات السلبية لجذور الأوكسجين الفعالة ROS ،

وعليه فقد أجريت هذه الدراسة بهدف التحقق من دور فطريات المايكورايزا (*Glomus fasciculatum* و *Acoulospora laevis*) في تحفيز النمو وزيادة فاعلية ونشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة SOD (EC 1.15.1.1) , POD(EC 1.11.1.7) , CAT(EC 1.11.1.6) تحت ظروف الإجهاد الملحي .

المواد وطرائق العمل

أجريت تجربة أصص عاملية باستعمال تصميم القطاعات العشوائية الكاملة (RCBD) في تربة رملية مزيجية للموسم 2011–2012 لدراسة تأثير فطريات المايكورايزا في النظام الدفاعي الأنزيمي لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس تحت الجهاد الملحي .تضمنت التجربة 12 معاملة نتجت من التداخل بين عامل التلقيح (بخليط من فطريات المايكورايزا *Glomus fasciculatum* و *Acoulospora laevis*) وبدون تلقيح وعامل ملوحة ماء البزل (0 ، 5 ، 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$) لحبوب الذرة الصفراء وبذور زهرة الشمس وبذلك تكون المعاملات كالاتي:-

حبوب الذرة الصفراء صنف (5018) بدون تلقيح : مقارنة (ماء عادي) ومستويين من ماء البزل5 ، 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ وعند التلقيح : مقارنة (ماء عادي) ومستويين من ماء البزل5 , 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ (AM ، AM + 5 ، 10 + AM)

بذور زهرة الشمس (صنف محلي) بدون تلقيح : مقارنة (ماء عادي) ومستويين من ماء البزل 5 , 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ وعند التلقيح : مقارنة (ماء عادي) ومستويين من ماء البزل5 ، 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ (AM، 5 + AM ، 10 + AM) ، كررت المعاملات ثلاث مرات ليكون عدد الوحدات التجريبية 36 وحدة تجريبية .

وزعت التربة على أصص سعة 15 كغم ، أضيف سماد اليوريا بواقع 1.12 غم .أصيص$^{-1}$ كمصدر للنتروجين لكلا النباتين ، وأضيف سماد السوبر فوسفات (نصف الكمية الموصى بها) بنسبة 0.37 غم . أصيص$^{-1}$ كمصدر للفسفور لكلا النباتين ولجميع المعاملات .

أضيف لقاح المايكورايزا (خليط من *Glomus fasciculatum* و *Acoulospora laevis*) بواقع 100 غم لكل أصيص وضع بشكل وسادة بعد إزالة الطبقة السطحية من التربة . إستعمل ماء البزل بثلاث مستويات : صفر (ماء عادي) ، 5 ، 10 ديسي سمنز .م$^{-1}$. زرعت 8 بذور في كل اصيص لكل من الذرة الصفراء صنف (5018) وزهرة الشمس (صنف محلي) ، تم سقي الأصص بالماء العادي لمدة ثلاثة أسابيع ، خفت النباتات بعد إسبوعين من الزراعة إلى 5 نبات .أصيص$^{-1}$ ، عرضت النباتات للإجهاد الملحي بريها بماء البزل وحسب المستويات الملحية لمدة أسبوعين ، بعدها رويت النباتات بالماء العادي لمدة سبعة أيام ، أعقبها إرواء النباتات بماء البزل لمدة أسبوع . بعد 50 يوما من الزراعة تم قياس الكلوروفيل الكلي بإستخدام جهاز قياس الكلوروفيل Single Photon Avalanche Diode (SPAD) والمساحة الورقية حسب طريقة Carleton و Foot (1965) . حصدت النباتات وقسم المجموع الخضري إلى قسمين ، قسم جفف بالفرن على درجة 70 م^{0} لمدة 72 ساعة لغرض قياس الوزن الجاف ، والقسم الآخر تم الاحتفاظ به في المجمدة لغرض إتمام التحاليل الأنزيمية .

تقدير فعالية الإنزيمات المضادة للأكسدة :

لغرض تقدير فعالية الإنزيمات المضادة للأكسدة (السوبر أكسيد دسميوتيز SOD والكاتليز CAT و البيروكسيديز POD) تم هرس 1 غم من الجزء الخضري من النبات بعد تقطيعه بواسطة سكين نظيف إلى قطع صغيرة مع 10 سم^{3} من 0.1 M فوسفات البوتاسيوم الدارئ ذو pH 7.8 البارد وبعد ترشيحه من خلال قطعة قماش أخضع الراشح لعملية الطرد المركزي باستخدام جهاز طرد مركزي مبرد على درجة 4 °م بسرعة 4000 دورة/دقيقة لمدة نصف ساعة . أخذ الراشح لتقدير الفعالية الإنزيمية (Pitotti وآخرون ، 1995) .

تقدير الفعالية الكلية لأنزيم Superoxide dismutase(SOD) :

قدرت فعالية إنزيم SOD (EC 1.15.1.1) بطريقة Nitro blue tetrazolium (NBT) والرايبوفلافين وحسب طريقة (Beyer و Fridoich ،1987) و باستخدام المعادلة الآتية :

$$SOD(inhibitation\%) = \frac{(A_2B - A_1B) - (A_2S - A_1S)}{(A_2B - A_1B)} \times 100$$

إذ أن :

A_1B = قيمة الامتصاصية للـ Blank قبل الإضاءة .

A_2B = قيمة الامتصاصية للـ Blank بعد الإضاءة .

A_1S = قيمة الامتصاصية للعينة قبل الإضاءة .

A_2S = قيمة الامتصاصية للعينة بعد الإضاءة .

تعرف الوحدة الواحدة one unit من SOD وفق هذه الطريقة بأنها حجم العينة أو الأنموذج التي تسبب نقصاناً في اختزال مادة Nitro blue tetrazolium (NBT) بمقدار 50%. لذلك يمكن التعبير عن فعالية إنزيم SOD على النحو الآتي :

$$\text{فعالية (SOD)} = U.ml^{-1} = \frac{D.F.}{V_s\,(ml)} \times \frac{\text{تثبيط العينة \%}}{\text{أعلى نسبة تثبيط \%}}$$

حيث إن :

D.F. : معامل التخفيف

U : الوحدة Unit.

V_s : حجم العينة.

تقدير فعالية إنزيم Catalase (CAT)

قدرت فعالية إنزيم CAT (EC 1.11.1.6) باستخدام جهاز spectrophotometer وحسب ما ذكره (Aebi ،1974) ، هذه الطريقة تستخدم مقدار التغير في الامتصاصية عند 240 نانوميتر لمحلول (30mM) من بيرو كسيد الهيدروجين و (50mM) من المحلول الدارئ وعند pH = 7.

$$\text{فعالية (CAT)} = U.ml^{-1} = \frac{\Delta \text{ قراءة الجهاز}}{\Delta \text{ الزمن}}$$

تقدير فعالية إنزيم البروكسيديز Peroxidase (POD)

تم تقدير الفعالية لأنزيم POD (EC 1.11.1.7) وفقاً للطريقة الموصوفة من قبل (Nezih، 1985)

$$\text{فعالية (POD)} = U.ml^{-1} = \frac{\Delta \text{ قراءة الجهاز}}{\Delta \text{ الزمن}}$$

النتائج والمناقشة

أظهرت النتائج في الجدول (1) إن الإجهاد الناتج عن ملوحة ماء الري أثر في معايير نمو نباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس ، فقد إنخفض الكلوروفيل الكلي لنبات زهرة الشمس إنخفاضاً معنوياً عند المستوى الملحي 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ سواء باستخدام اللقاح الميكورايزي أو بدونه ، في حين إن الإنخفاض في الوزن الجاف والمساحة الورقية لنبات زهرة الشمس لم يكن معنوياً بزيادة المستوى الملحي من صفر ديسي سمنز.م$^{-1}$ إلى 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ و إلى 10 ديسي سمنز.م$^{-}$ ، أما بالنسبة لنبات الذرة الصفراء فقد سجل كل من الوزن الجاف والمساحة الورقية و الكلوروفيل الكلي إنخفاضاً معنوياً من (1.09 غم.نبات$^{-1}$ ، 38.81 سم^2 ، 27.33 وحدة) عند المستوى الملحي صفر ديسي سمنز.م$^{-1}$ إلى (0.86 غم.نبات$^{-1}$ ،36.75سم^2 ، 21.70 وحدة) عند المستوى الملحي5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ وبانخفاض بلغت نسبته (26.74 % ، 5.60 % ، 25.94 %) والى (0.78 غم.نبات$^{-1}$ ، 34.75 سم^2 ، 20.33 وحدة) بانخفاض نسبته (39.74 % ، 11.68 % ، 34.43 %) عند المستوى الملحي 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$. يتطلب نمو النبات المحافظة على إنتفاخ الخلايا ، وإن تعرض النبات للإجهاد الأزموزي يؤدي إلى إنخفاض مقدرة النبات على إمتصاص الماء وإنخفاض إنتفاخ الخلايا وبالنتيجة إنخفاض نمو النبات (Ashraf ، 1994) . أوضح Berkowitz (1998) إن للإجهاد الملحي تأثيراً سلبياً في حجم وعدد البلاستيدات الخضراء ، و في إمتصاص العوامل اللازمة لبناء الكلوروفيل مثل الماء والعناصر المغذية ، وبسبب التأثير التنافسي لأيون الصوديوم فقد يحصل إنخفاض في تركيز المغنيسيوم الذي يدخل في تركيب الكلوروفيل (Giri و Mukerji ، 2004) . بدوره بين Aly وآخرون (2003) إن سبب إنخفاض محتوى أوراق النبات من الكلوروفيل يعود الى زيادة تراكيز كلوريد الصوديوم في وسط النمو وإلى زيادة فعالية أنزيم تحلل الكلوروفيل Chlorophyllase وإنخفاض تركيز النتروجين و المغنيسيوم اللذان يدخلان في تركيب جزيئة الكلوروفيل . إن زيادة المستويات الملحية تسبب إنخفاض كفاءة التمثيل الضوئي نتيجة إنخفاض كمية الماء الممتص وإنخفاض كمية ثاني أوكسيد الكاربون الداخل عبر الثغور وزيادة إنتاج أنواع الأوكسجين الفعال وإختلال التوازن الأيوني و إنخفاض المساحة الورقية (Hu وآخرون ،2005) .

إن سبب انخفاض معايير نمو نباتات الذرة الصفراء إنخفاضاً معنوياً بزيادة المستويات الملحية مقارنة بمعايير نمو نباتات زهرة الشمس قد يرجع إلى كون نبات زهرة الشمس أعلى تحملا للإجهاد الملحي نسبيا من نبات الذرة الصفراء التي تصنف ضمن المحاصيل متوسطة الحساسية للملوحة (Maas و Hoffman ، 1977) ، إذ تتباين النباتات في درجة تأثرها بالإجهاد الملحي تبايناً واسعاً ، وهذا التباين يعود إلى عوامل عدة منها نوع الأملاح و طول فترة التعرض للإجهاد الملحي وشدة الإجهاد و المرحلة العمرية للنبات ، فضلاً عن تركيبته الوراثية والتداخل بين الإجهاد الملحي وعوامل الإجهاد الأخرى (Neumann ، 1995) . تباين تأثير التلقيح بفطريات المايكورايزا بتباين مستويات ملوحة ماء الري بالدرجة الأساسية ، فقد أدى التلقيح بفطريات المايكورايزا إلى زيادة معنوية في الوزن الجاف لكلا النباتين (الذرة الصفراء و زهرة الشمس) ، في حين إقتصرت الزيادة المعنوية على نبات الذرة الصفراء بالنسبة الى مؤشرالمساحة الورقية ، أما بالنسبة الى الكلوروفيل الكلي فلم تسجل فروق معنوية تذكر عند الري باستخدام ماء قليل الملوحة ، أما عند الري باستخدام المستوى الملحي الثاني 5 ديسي سيمنز. م$^{-1}$ فلم يكن للتلقيح بالمايكورايزا أي تأثير معنوي يذكر ولكلا النباتين ولجميع المؤشرات المعروضة في الجدول (1) ، بدورها أظهرت النتائج إن التلقيح بفطريات المايكورايزا مع الري بالمستوى

الملحي 10 ديسي سيمنز. م$^{-1}$ تسبب في حصول إنخفاض معنوي في الوزن الجاف كلا النباتين في حين لم تكن هناك فروق معنوية تذكر بالنسبة لمؤشري المساحة الورقية والكلوروفيل الكلي . أشارت العديد من الدراسات إلى إن التلقيح بفطريات الـ AM يحسن نمو النبات تحت ظروف الإجهاد الملحي (Ghaziو AL-karaki، 2006)، بدورهم وجد Borde وآخرون (2010) إن النباتات المايكورايزية أكثر تحملا للملوحة عند المستوى100 و 200 ملي مول NaCl وعزوا السبب إلى إن لقاح المايكورايزا يحمي النباتات من الآثار الضارة للملح الذي قد يكون نتيجة لدوره في تحسين نمو وتطور الجذور وبالتالي الحصول على المغذيات بشكل أفضل ، كما بينوا إن التحسن في الصفات المورفولوجية للنباتات المايكورايزية المزروعة في ترب قليلة الى متوسطة الملوحة ربما تعود إلى إن فطريات الـ AM تساعد النبات على البقاء على قيد الحياة تحت ظروف الملوحة ، وان المايكورايزا عند هذين المستويين من الملوحة لا تساعد فقط على الأقلمة ولكن أيضا تساعد على إمتصاص المواد الغذائية أثناء مراحل نمو النبات ، إذ إن الآلية التي من خلالها يتمكن النبات من النمو في ظروف الاجهاد الملحي بالتعايش مع المايكورايزا قد تكون بتقليل إمتصاص الصوديوم وفي الوقت نفسه زيادة إمتصاص عناصر النتروجين والفسفور والمغنيسيوم مما يتيح زيادة إنتاج الكلوروفيل الكلي . توصل Garg و Manchanda (2008) إلى إن فطريات الـ AM قللت التأثيرات السمية للأملاح لنباتات العدس الملقحة مقارنة بغيرالملقحة و زيادة تحمل النباتات لملوحة وصلت الى 8 ديسي سمنز.م$^{-1}$ ، إذ إن الإمتصاص الانتقائي والسيطرة على إمتصاص الايونات بواسطة الجذور والنقل إلى الأوراق وتجزئة الايونات على المستويين الخلوي والنبات ككل هي الاستراتيجيات الأكثر فعالية لفطريات الـ AM من أجل تكيف النباتات للملوحة (Rabe و Almadini ، 2005) . أوضح Feng وآخرون (2002) بان نباتات الذرة المايكورايزية المعرضة إلى الاجهاد الملحي كانت ذات محتوى عال من الكلوروفيل والفسفور ، فضلا عن تفوقها في الوزن الجاف للمجموع الخضري ، وإن جذور النباتات المايكورايزية كانت ذات تركيز الكترولايتي (أزموزي) عالي وإن هذا التركيز العالي يؤدي إلى زيادة الضغط الازموزي في جذور النباتات المايكورايزية مما يخفض التأثير الضار للأملاح في التربة ، فضلا عن ذلك إن المايكورايزا تساعد النباتات على تخفيف الإجهاد الملحي عن طريق تعزيز أنشطة مضادات الأكسدة الأنزيمية (Alguacil وآخرون ،2003 ؛ Zhongqun وآخرون ،2007) ، بدوره بين Garg و Manchanda (2008) إن تعريض نباتات العدس المايكورايزية للملوحة أدى إلى حصول تحسن معنوي في الأنزيمات المضادة للأكسدة مثل CAT , POX , SOD التي يمكن أن تساعد النباتات على حماية نفسها من تأثيرات الجذور الحرة للأوكسجين الـ (ROS)، وأوضحا إن زيادة نشاط أنزيم POX في النباتات المايكورايزية يشير إلى أمكانية مشاركته المايكورايزا في تعزيز نمو النبات تحت ظروف الملوحة . في دراسة أجريت على نبات الثوم وجد أن نشاط أنزيمات CAT, POD , SOD إرتبطت مع مستعمرات المايكورايزا والذي كان له الأثر الايجابي في تحسين تحمل نباتات الثوم للإجهاد الملحي (Borde وآخرون ، 2010) .

جدول 1 : تأثير التلقيح بفطريات المايكورايزا في الوزن الجاف والمساحة الورقية و الكلوروفيل الكلي لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس تحت الإجهاد الملحي .

المعاملات	الوزن الجاف غم .نبات$^{-1}$		المساحة الورقية سم^2		الكلوروفيل الكلي	
	الذرة الصفراء	زهرة الشمس	الذرة الصفراء	زهرة الشمس	الذرة الصفراء	زهرة الشمس
مقارنة (ماء نهر)	1.09 b	0.49 e	38.81 bc	8.34 efg	27.33 cde	34.26 a
5ديسي سمنز.م$^{-1}$	0.86 c	0.39 ef	36.75 cd	7.13 fg	21.70 f	31.83 ab
10 ديسي سمنز.م$^{-1}$	0.78 c	0.34 ef	34.75 d	4.72 g	20.33 f	28.63 cd
AM	1.35 a	0.74 d	49.50 a	11.55 e	29.80 bc	34.00 a
AM + 5	1.21 ab	0.49 e	42.50 b	9.42 ef	26.66 de	32.43 ab
AM + 10	1.04 b	0.32 f	39.50 bc	5.65 fg	25.00 e	26.16 de

تقارن قيم كل مجموعة من المتوسطات مع بعضها . القيم في المجموعة الواحدة ذات الحروف المتشابهة لاتختلف معنويا بينها حسب إختبار دنكن متعدد الحدود بمستوى احتمال 0.05 .

توضح النتائج في الجدول (2) إن الإجهاد الملحي الناجم عن استعمال مياه ري مالحة اثر في إستحثاث نظم الدفاع ضد الإجهاد الملحي ومنها النظم الإنزيمية ، فقد تأثرت فعالية إنزيم السوبرأوكسيد دسميوتيز SOD بزيادة الإجهاد الناجم عن ملوحة ماء الري ، إذ إرتفعت فعالية الإنزيم معنويا من (35.19، 102.54) وحدة . مل-1 عند المستوى الملحي صفر ديسي سمنز.م-1 إلى (149.27 ، 47.33) وحدة . مل-1 عند المستوى الملحي5 ديسي سمنز.م-1 ثم انخفضت الى (100.66 ، 30.33) وحدة . مل-1 عند المستوى الملحي 10 ديسي سمنز.م-1 لكل من نباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس على التوالي . وان الزيادة في فعالية الانزيم في الذرة الصفراء كانت أعلى من الزيادة في زهرة الشمس ، إذ أكدت دراسات سابقة زيادة فعالية الإنزيمات المضادة للأكسدة ومنها السوبرأوكسيد دسميوتيز SOD مع ازدياد الملوحة ، وإن مقدار الزيادة الحاصلة يعتمد على عدة عوامل منها شدة الإجهاد الملحي ، و جنس ، ونوع النبات ، و الصنف بالنسبة لنباتات النوع الواحد (Noreen ، 2010 ; Gautam و Singh ، 2011). إن زيادة فعالية الانزيم يمكن أن تعزى الى أن الإجهاد الملحي تسبب في استحثاث الجينات المسؤولة عن إنتاج إنزيم SOD ومن هذه الجينات *Sod4* و *Sod4A* (Boldt و John ، 1995) .

أدى التلقيح بفطريات المايكورايزا إلى زيادة معنوية في فعالية أنزيم SOD مقارنة بعدم التلقيح ،إذ كانت فعالية الانزيم (111.6 ، 151.7، 112.07) و (47.93 ، 51.57، 43.70) وحدة . مل-1 للمعاملات (AM ، AM+5 ، AM+10) ولنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس على التوالي مقارنة بمعاملات عدم التلقيح التي بلغت (102.54 ، 149.27 ، 100.60) و (35.19 ، 47.33 ، 30.33) وحدة . مل-1 لمعاملات (المقارنة ، 5 ، 10) ديسي سيمنز .م -1 وتفوقت معاملة 5 ديسي سمنز.م- 1 معنويا على معاملة المقارنة مسجلة (149.27 و102.54) وحدة . مل-1 على التوالي . حقق التلقيح بفطريات المايكورايزا ومعاملة الري بالمستوى الملحي 5 ديسي سمنز.م-1 أعلى القيم لفعالية إنزيم SOD لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس مسجلاً (151.7 و 51.57) وحدة . مل-1 فيما سجل المستوى الملحي 10 ديسي سمنز.م-1 زيادة معنوية في فعالية الأنزيم ، إذ بلغ (112.07، 43.70) وحدة .مل-1 لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس على التوالي مقارنة بعدم التلقيح . حقق التلقيح بالمايكورايزا وعند المستوى الملحي 5 و 10 ديسي سمنز.م-1 زيادة معنوية في فعالية الأنزيم بلغت نسبها (47.9 % و 9.3 %) لنبات الذرة الصفراء و (46.5 % و 24.2 %) لنبات زهرة الشمس قياساً بمعاملة المقارنة . أشار Borde وآخرون (2010) الى إن فعالية أنزيم SOD في النباتات المايكورايزية كانت أعلى مقارنة بالنباتات غير المايكورايزية في جميع مستويات الملوحة وقد عزوا ذلك الى مقدرة المايكورايزا على التشجيع على زيادة فعالية إنزيم SOD كخط دفاعي أول لمواجهة زيادة الـ ROS ، بدوره بين Baby و Jini (2011) إن تعرض النباتات للإجهاد الملحي يؤدي إلى الإجهاد المؤكسد oxidative stress ولمواجهة ذلك فان النباتات قد طورت آليات مضادة للأكسدة منها آليات إنزيمية مثل الانزيم SOD والأنزيم POD .

إختلفت فعالية إنزيم الكاتليز CAT مقارنة بفعالية إنزيم السوبرأوكسيد دسميوتيز SOD فالإجهاد الملحي الناجم عن إستعمال مياه ذات ملوحة مرتفعة (5 و 10) ديسي سمنز.م-1 نتج عنه زيادة غير معنوية في فعالية إنزيم الكاتليز CAT في نبات الذرة الصفراء ، في حين إن الإجهاد الملحي الناجم عن إستخدام المستوى الملحي5 ديسي سمنز.م-1 أدى إلى زيادة معنوية في فعالية الأنزيم في نبات زهرة الشمس ، إذ سجل (0.50 وحدة .مل-1) وإنخفضت فعالية الانزيم معنويا عند المستوى 10 ديسي سمنز.م-1 لتبلغ (0.26 وحدة .مل-1) مقارنة بمعاملة المقارنة التي سجلت (0.39 وحدة .مل-1) ، و عموما إن فعالية الأنزيم في النباتات غير المايكورايزية زادت عند المستوى 5 ديسي سمنز.م-1 ولكن انخفضت عند المستوى العالي من الملوحة ، هذه النتيجة جاءت متوافقة مع نتائج Borde وآخرون (2010) الذين لاحظوا حصول زيادة في فعالية أنزيم CAT في نباتات الثوم غير المايكورايزية عند المستوى الملحي 100 و 200 ملي مول NaCl ولكن عادت لتنخفض عند المستوى الملحي (300 ملي مول NaCl) .

ذكر Esfandiari وآخرون (2007) إن أنزيم الـCAT قد تنخفض فعاليته مع زيادة الاجهاد الملحي . إن الزيادة الحاصلة في فعالية إنزيم الكتاليز هي نتيجة إستحثاث الجينات المسؤولة عن إنتاج هذا الإنزيم وقد أمكن تشخيص ثلاثة أنواع منها في الذرة الصفراء هي *CAT1* و*CAT2* و *CAT3* (Boldt و John ، 1995) .

حقق التداخل بين التلقيح بفطريات المايكورايزا والري بالمستوى الملحي 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ أعلى القيم لفعالية إنزيم CAT ولكلا النباتين ، إذ بلغت 0.50 , 0.63 وحدة .مل$^{-1}$ على التوالي وبزيادة معنوية (117.4 % و 61.5 %) قياساً بمعاملة المقارنة ، بدورها سجلت معاملة الري بماء النهر مع التلقيح بالمايكورايزا (AM) فعالية بلغت 0.23 و 0.39 وحدة .مل$^{-1}$ لكل من الذرة وزهرة الشمس على التوالي . وجد Borde وآخرون (2010) إن فعالية أنزيم CAT زادت بنسبة (%6.10 ,%179.8 , %87.15) في النباتات المايكورايزية مقارنة بالنباتات غير المايكورايزية عند المستوى 100 و200 و300 ملي مول NaCl . بدوره أوضح Acevedo وآخرون (2001) إن سرعة وإستمرار زيادة نشاط إنزيم CAT قد تشير الى إن هذا الأنزيم هو أنزيم رئيسي في إزالة سموم بيروكسيد الهيدروجين في الشعير تحت الإجهاد الملحي ، إذ تعد مجموعة أنزيمات الـ Catalases من نوع Heam-containing tetrameric التي تسهم في إزالة بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 الذي يعد أحد أنواع الـ ROS (Willekens وآخرون ،1995).

إنزيم البيروكسيديز كجزء من منظومة الحماية الإنزيمية ضد الإجهاد الملحي تأثر هو الآخر بارتفاع ملوحة ماء الري ، إذ إن استعمال مياه ذات ملوحة 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ نتج عنه زيادة معنوية في فعالية إنزيم البيروكسيديز POD في نبات الذرة الصفراء وصلت الى 12.51 وحدة .مل$^{-1}$ وإنخفضت عند المستوى العالي 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ انخفاضا معنويا الى 7.85 وحدة.مل$^{-1}$ مقارنة بمعاملة المقارنة التي سجلت 9.06 وحدة .مل$^{-1}$ ، في حين لم تسجل زيادة معنوية تذكر في فعالية الإنزيم بفعل زيادة الإجهاد الملحي في نبات زهرة الشمس . بدورها سجلت معاملة الري باستخدام المستوى 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ أعلى القيم لفعالية الأنزيم بلغت (12.51، 1.603) وحدة .مل$^{-1}$ لكلا النباتين على التوالي . إن إستحثاث المنظومة الدفاعية عند تعرض النبات إلى الإجهاد الملحي تعطى الايعازات الى مواقع متخصصة داخل الخلية النباتية لزيادة إنتاج إنزيم البيروكسيديز الذي بدوره يعمل على تقليل الآثار الضارة الناجمة عن زيادة أنواع الأوكسجين الفعالة ROS . أشارAzad وآخرون (2012) الى إن فعالية إنزيم البيروكسيديز في نباتات الذرة الصفراء تزداد عند تعرضها للإجهاد الملحي . تتأثر هذه الزيادة عوامل عديدة منها شدة الإجهاد الملحي ، وطول مدة التعرض للإجهاد و الصنف (Azooz و آخرون،2011) . إن هذه النتائج تبين إن أنزيم الـ POD ربما أسهم في تقليل مستويات الجذور الاوكسجينية الفعالة ROS المتولدة مع الجهد الملحي وخصوصا تقليل تراكيز بيروكسيد الهيدروجين H_2O_2 وتحويلها الى ماء H_2O وذلك كوسيلة للتخلص من الاجهاد الاكسدي الذي تسببه مكونات الـ ROS ، وهذا يتفق مع وصلت اليه دراسات سابقة من حصول زيادة في فعالية الانزيمات المضادة للأكسدة عند تعرضها للاجهادات الملحية كأحد الاليات البايوكيميائية لمقاومة الاجهادات البيئية (Mittova واخرون ،2003) .

أدى التلقيح بالمايكورايزا مع جميع مستويات ماء الري إلى زيادة في فعالية أنزيم POD لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس مقارنة بعدم التلقيح ، و بلغت نسبة الزيادة (68.67% و33.07 % و 12.286 %) و (169.71% و 127.72 % و 55.246 %) في المعاملات (AM و +5 AM و 10 + AM) ولكل من الذرة الصفراء وزهرة الشمس على التوالي مقارنة بالنباتات غير المايكورايزية . سجلت أعلى القيم لفعالية الأنزيم في النباتات المايكورايزية وعند المستوى الملحي 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ ولكلا النباتين . إن التلقيح بالمايكورايزا وعند المستوى 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ أدى إلى زيادة معنوية في فعالية الأنزيم في الذرة الصفراء وبنسبة (83.82%) قياساً بمعاملة المقارنة ، بينما أدى التلقيح وعند المستوى (5 ، 10) ديسي سمنز.م$^{-1}$ إلى زيادة معنوية في فعالية الأنزيم في نبات زهرة الشمس بنسبة (185.99 % ، 74.804 %) قياساً بمعاملة المقارنة .

فقد بين Borde وآخرون (2010) إن فعالية أنزيم POD زادت بنسبة (76.29 % ، 184.76 % ، 26.84 %) في نباتات الثوم الملقحة بالمايكورايزا مقارنة بالنباتات غير الملقحة عند المستوى 100 و 200 و 300 ملي مول NaCl . أظهرت النتائج تفوقاً معنوياً لفعالية إنزيم POD في نبات الذرة الصفراء عنها في نبات زهرة الشمس ، إذ أعطت 12.285 ، 2.046 وحدة .مل$^{-1}$ على التوالي .

جدول 2: تأثير التلقيح بفطريات المايكورايزا في فعالية أنزيمات SOD وCAT و POD لنباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس تحت الإجهاد الملحي .

المعاملات	فعالية أنزيم SOD وحدة / مل		فعالية أنزيم CAT وحدة / مل		فعالية أنزيم POD وحدة / مل	
	الذرة الصفراء	زهرة الشمس	الذرة الصفراء	زهرة الشمس	الذرة الصفراء	زهرة الشمس
مقارنة (ماء نهر)	102.54 c	35.19 g	0.23 e	0.39 cd	9.06 d	1.27 h
5 ديسي سمنز.م$^{-1}$	149.27 a	47.33 ef	0.35 cde	0.50 b	12.51 c	1.60 h
10 ديسي سمنز.م$^{-1}$	100.60 c	30.33 g	0.28 efg	0.26 fg	7.85 e	1.43 h
AM	111.6 b	47.93 ef	0.35 cde	0.42 c	15.28 b	3.44 f
AM + 5	151.7 a	51.57 e	0.50 b	0.63 a	16.65 a	3.65 f
AM + 10	112.07 b	43.70 f	0.33 def	0.31 def	8.81 d	2.23 g

تقارن قيم كل مجموعة من المتوسطات مع بعضها . القيم في المجموعة الواحدة ذات الحروف المتشابهة لا تختلف معنويا بينها حسب اختبار دنكن متعدد الحدود بمستوى احتمال 0.05 .

تبين النتائج في الجدول (2) إن ارتفاع ملوحة ماء الري أدت إلى زيادة فعالية الأنزيمات المضادة للأكسدة (SOD، CAT ، POD) في النباتات المايكورايزية مقارنة بالنباتات غير المايكورايزية ، وهذا قد يرجع إلى مقدرة المايكورايزا على الحد من إنتاج أنواع الأوكسجين الفعالة من خلال إستحثاث المنظومة الدفاعية الأنزيمية ،إذ يمكن زيادة نشاط الأنزيمات المضادة للأكسدة من خلال الفعاليات الأيضية للمايكورايزا التي إنعكست بشكل إيجابي على نمو النباتات تحت الظروف شبه القاحلة (Alguacil وآخرون،2003) ، إن زيادة نشاط مضادات الأكسدة تقلل إجهاد الأكسدة وتزيد الضغط الأزموزي وزيادة إختيارية إمتصاص الأيونات المفيدة ويمنع التراكم الزائد للأيونات السامة وبذلك يساعد في تحمل الإجهاد الملحي . إن أنزيم السوبرأوكسديز دسميوتيزSOD يسرع بتحويل جزيئتين أوكسجين حرة O_2 الى بيروكسيد الهيدروجين(H_2O_2) وجزيئة أوكسجين (O_2) وإن بيروكسيد الهيدروجين يزال بوساطة أنزيمات POD ، اذ يعد هذا الانزيم الخط الدفاعي الثاني في آلية الكنس الأنزيمي فله القدرة على تحويل H_2O_2 الى أوكسجين وماء (Nadall وآخرون ، 2011) ومساهمته في العديد من الآليات المقاومة عن طريق تعزيز جدار الخلية عبر تكوين اللكنين Ligniications وهذا المركب مهم جداً لانه وسيلة حماية ودفاع ضد الإصابات المرضية (Tripathi وآخرون ،2009) فضلا عن إن إنزيم CAT يعد من الانزيمات الرئيسية الكانسة لـ H_2O_2 اذ يحول H_2O_2 الى H_2O وأوكسجين (He واخرون ، 2009) فهو يكبح H_2O_2 المتولد في المايتوكوندريا نتيجة نقل الالكترونات وأكسدة الأحماض الدهنية β- oxidation (Scandalios واخرون ، 1997) .

إن سبب الزيادة المعنوية لفعالية أنزيمات SOD و POD في نبات الذرة الصفراء عما هو عليه في نبات زهرة الشمس قد يرجع إلى إن نباتات زهرة الشمس أكثر تحملا للاجهادات الملحية من نباتات الذرة الصفراء التي تمتاز بحساسيتها المتوسطة للإجهاد الملحي (Lauchli و Luttage ، 2002) ، كما أن ذلك يعتمد الى حد بعيد على الأصناف المزروعة فاستجابة المنظومة الدفاعية الإنزيمية تتباين بتباين الأصناف النباتية (أحمد ، 2008) ، كما إن مستوى الاستجابة

لمضادات الأكسدة يعتمد على أنواع وتطور وحالة النبات الايضية فضلا عن مدة وشدة الإجهاد الملحي (Reddy وآخرون ،2004). يستنتج من هذه الدراسة إن فعالية الانزيمات المضادة للأكسدة (POD, CAT, SOD) قد تحفزت عند رفع ملوحة ماء الري الى 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ ثم عادت لتنخفض عند 10 ديسي سمنز.م$^{-1}$ لكلا النباتين وعند التلقيح وعدم التلقيح بالمايكورايزا ، كما إن قيم فعالية الانزيمات في النباتات الملقحة بالمايكورايزا كانت أعلى من قيمها في النباتات غير الملقحة ،وسجلت أعلى قيم الفعالية الانزيمات عند المستوى الملحي 5 ديسي سمنز.م$^{-1}$ ومع المايكورايزا ولكلا النباتين .

إن المايكورايزا يمكن لها أن تلعب دوراً مهماً في التقليل من الاجهاد الملحي ، إذ بينت النتائج إن معايير نمو نباتي الذرة الصفراء وزهرة الشمس (الوزن الجاف ، المساحة الورقية ، والنسبة المئوية للكلوروفيل الكلي) أعلى عند مستويات الملوحة المعتدلة بالنسبة للنباتات الملقحة مقارنة بغير الملقحة ، وهذا يدل على إن المايكورايزا قد ساعدت نباتي الذرة الصفراء (من نباتات C_4) وزهرة الشمس (من نباتات C_3) لأداء أفضل تحت مستوى ملوحة معتدل من خلال تعزيز مضادات الأكسدة بالمقارنة مع النباتات الغير المايكورايزية .

المصادر

1. أحمد ، فاطمة على فرغلى .2008 .الاستجابات المتباينة للإجهاد الملحي في بعض سلالات الفول والقمح. أطروحة دكتوراه - كلية العلوم - جامعة أسيوط .
2. Abdel-Fattah ,G.M.; El-Dohlob, S.M.; El-Haddad, S.A.; Hafez ,E.E., and Rashad, Y.M. 2010. An ecological view of arbuscular mycorrhizal status in some Egyptian plants. J.Environ. Sci.,37:123-136.
3. Aebi, H. 1974.Catalase *In* :Methods of Enzymatic Analysis volume 2 .673-684. Acevedo, A.; A. D. Paleo. and M. L. Federico. 2001.Catalase deficiency reduces survival and pleiotropically affects agronomic performance in field-grown barley progeny.Plant Sci., 160:847-855.
4. Alguacil, M.M.; Hernandez, J.A.;Caravaca, F.;Portillo ,B.,and Roldan, A. 2003 . Antioxidant enzyme activities in shoots from three mycorrhizal shrub species afforested in a degraded semi-arid Soil. Physiol. Plant., 118:562–570 .
5. Aly , M.M.; EL-Sabbagh , S.M.; EL-Shouny , W.A. and Ebrahim , M.K.H. 2003 . physiological response of (*Zea mays L.*) to NaCl stress with respect to *Azotobacter chroococcum* and *streptomyces niveus* . Pak .J. Boil. Sci., 6(24) : 2073 – 2080.
6. Ashraf, M.1994 .Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Rev .Plant Sci., 1317-42.
7. Azad, H.N.; R.H. Mohammad ;K. Farshid, and S.Majid. 2012. The effects of NaCl stress on the physiological and oxidative situation of maize (*Zea mayz* L.) plants in hydroponic culture. Curr. Res. J. Biol. Sci.,4(1): 17-22.
8. Baby, J. and D. Jini . 2011. Development of salt stress-tolerant Plant by gene manipupulation of antioxidant enzymes. Asian J. of Agric. Res., 5(1): 17-27 .
9. Becana, M., D. A. Dalton, J. F. Moran, O. I. Iturbe, M. A. Matamoros and M.C. Rubio .2000. Reactive oxygen species and antioxidants in legume nodules. Physiol. of Plant. ,109:372-381.
10. Berkowitz,G.A.1998. Water and salt stress . *In* :Photosynthesis . A comprehensive Treatise (A. S.Raghavendra , Ed). Cambride Univ . Press, pp.226 – 237.

11. Beyer , W.F. and I. Fridovich .1987. Assaying for superoxide dismutase activity : some large consequences of minor changes in conditions. Anal. Bio. chem. ,161: 559 – 566.
12. Boldt,R. and G.S. John .1995. Circadian regulation of the *Cat3* catalase gene in maize (*Zea mays* L.) : entrainment of the circadian rhythm of *Cat3* by different light treatments. The Plant Journal,7(6):989-999.
13. Borde, M. ; M. Dudhane and P.K. Jite. 2010. AM Fungi Influences the Photosynthetic Activity, Growth and Antioxidant Enzymes in *Allium sativum* L. under Salinity Condition . Not Sci Biol. ,2 (4) :64-71.
14. Carleton, A.E. and W.H. Foote.1965. A comparison of methods for estimating total leaf area of barley plants. Crop Sci., 5(6): 602-603.
15. Cho, K.; H. Toler; J. Lee; O. Bonnie; J.C. Stutz ;J.L. Moore ; and R.M. Auge.2006. Mycorrhizal symbiosis and response of sorghum plants to combined drought and salinity stresses. J. Plant Physiol. 163:517-528.
16. Esfandiari,E.; F. Shekari; F. Shekari ; and M Esfandiari. 2007. The effect of salt stress on antioxidant enzymes activity and lipid peroxidation on the wheat seedling. Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj. 35(1): 48-56.
17. Evelin ,H., Kapoor, R.,and Giri, B .2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Ann .f Bot. ,104:1263–1280.
18. Fernanda ,C.; H.E. Echeverría and M.C.Pagano.2012. Arbuscular mycorrhizal fungi: Essential belowground organisms for earth life but sensitive to a changing environment. Afr. J. Microbiol. Res., 6: 5523-5535.
19. F. A. O. 2005. Global Network on Integrated Soil Management For Sustainable Use of Salt-affected Soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutr. Manag. Service .
20. Feng, G.; F.S Zhang ; X.L. Li ;C. Y.Tian; C. Tang and Z.Rengel. 2002 . Improved Tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is Related to higher accumulation of soluble sugars in roots .Mycorrhiza .12 :185 – 190 .
21. Garg , N. and G , Manchanda . 2008.Effect of Arbuscular Mycorrhizal Inoculation on Salt- induced Nodule Senescence in Cajanus cajan (Pigeonpea) .J . Plant Growth Regul .27:115– 124.
22. Gautam,S and P.K. Singh .2011.Effect of salicylic acid on growth and biochemical changes in maize seedlings under salt stress.IIOABJ. 2(5) 16- 20.
23. Ghazi, J. and G. N. Al-Karaki .2006. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. Scien. Horti., 109:1-7.
24. Giri, B. And K.G. Mukerji.2004. Mycorrhizal inoculants alleviate salt stress in *sesbania aegyptica* and *sesbania grandiflora* under field condition: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake.Mycorrhiza, 14:307–312.

25. Giri, B.,Kapoor, R., and Mukerji ,K.G .2007. Improved tolerance of *Acacia nilotica* to Salt stress by arbuscular mucorrhiza , *Glomus fasciculatum* maybe party Related to elevated K/Na ration in root and shoot tissues. Microb Ecol. 54:753 -760 .

26. He ,L. ; Z.Gao and R. Li .2009. Pretreatment of seed with H2O2 enhances drought to lerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings . AFr. J. Biotechnol. ,8(22): 6151 – 6157.

27. Hu, Y.; j. Formm and U. Schmidhalter. 2005 .Effect of salinity on tissue architecture in expanding wheat leaves.Planta.220:838-848.

28. Imlay, J. A. 2003. Pathways of oxidative damage. Ann. Rev. of Microbiol. 57: 395-418. 27. Kaper, A.; A.N. Ashok ; P.C. Krunal ;B.K. Sachin ;G.K. Prashant ; B. Harinath; M.D.

29. Rachayya and S. Penna , 2012. Differential responses to salinity stress of two varieties (CoC 671 and Co 86032) of sugarcane (*Saccharum officinarum* L). Afr. J. Biotechnol.,11(37): 9028-9035.

30. Kaya,C.; A.L.Tuna and A.M.Okant.2010. Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline conditions.Turk J.for .Agric.,34: 529-538.

31. Koca, H., Bor, M., Özdemir, F., and Turkan, I .2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. Environ.Exp. Bot., 60: 344–351.

32. Lauchli, A. and U. Luttage. 2002 . Salinity : Environment- plant – Molecules . Kluwer Academic Publishers ,Printed in the Netherlands .pp.341- 360 .

33. Maas, E. V. and G. J. Hoffman. 1977. Crop salt tolerance - current assessment. J.Irrig. and Drainage Div. ASCE. ,103: 115-134.

34. 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 pennellii. Plant Cell Environ ,26(4): 845-856.

35. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7: 405–410.

36. Munns, R. 1993. Physiological processes limiting growth in saline soils: some dogmas and hypotheses. Plant Cell Environ. ,16: 15-24.

37. Nadall, S.M., Balogy E.R., Jochvic, N.L. 2011. Hydrogen Peroxide is scavenged by antioxidant enzymes in wheat plants. Pl. Cell Physiol., 29: 534-541.

38. Neumann, P.M. 1995. Inhibition of Root Growth by Salinity Stress: Toxicity or Adaptive Biophysical Response *In*: Baluska, F.; M.Ciamporova and M., Gasparikova , Developments in Plant and Soil Sciences. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 299-304.

39. Nezih, M. 1985. The peroxidase enzyme activity of some vegetables and its resistance to heat. Food Agric. ,36:877-880 .

40. Noreen,S.2010.Influence of exogenous application of salicylic acid on physiological and biochemical attributes of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under salinity stress. Ph.D. Thesis .Department of Botany. Faculty of sciences .University of Faisalabad. Pakistan.
41. Pitotti,A.; B.E. Elizalde and M. Anese. 1995.Effect of caramellzation and maillard reaction products on peroxidase activity. J. Food Biochem.,18: 445-457.
42. Rabie, G.H. and A.M. Almadini .2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of Vicia faba plants under salinity stress. Afr .J. Biotechnol. 4(3):210–222.
43. Reddy, A.R.; K.V. Chittanya and M. Vivekanandan. 2004. Drought induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants J. of Plant Physiol. 1161 :1189 – 1202 .
44. Ruiz-Lozano, J.M. and R. Azcon .1995. Hyphal contribution to water uptake in mycorrhizal plants as affected by the fungal soecies and water status . Physiol. plant. 95: 472 -478 .
45. Scandalios, J.G., Guan, L.M, Polidoros, A. 1997. Oxidative stress and the Molecular biology of antioxidant defenses.Cold spring Harbor Lab. Press Planvies NY. 343-406.
46. Tripathi, B.N.; I.Bhatt and K.J. Dietz .2009 Peroxiredoxins: A less studied component of hydrogen peroxide detoxification in photosynthetic organism. Protoplasma. 235: 3-15.
47. Willekens, H.; D. Irnze ; M.van Montagh and W.Van campw . 1995. Catalase in plants. Mol. Breed . 1(1):207-218 .
48. Wu, Q.S.;Y.N. Zou and R.X. Xia . 2006. Effect of water stress and arbuscular mycorrhizal fungi on reactive oxygen metabolism and antioxidant production by *(Citrus tangerine)* roots. European Journal of soil biology., 42: 166-172.
49. Zhongqun, H., H. Chaoxinga , Z .Zhibin, Z.Zhirong and W. Huaisong .2007. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomoto colonized by arbuscular mycorrhizae under NaCL stress .Coll and Sur B : Biointer. ,59 : 128 -133 .