Archive of SID

رستنیها، جلد ۴، ۱۳۸۲

پاسخ پروتئین‌های برگ دو رقم گندم به تنش شوری[۱]

The response of foliar proteins in two wheat (*Triticum aestivum*) cultivars to salt stress

فریبا میقانی[۲] و حسن ابراهیم زاده

بخش تحقیقات علف‌های هرز، موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های‌گیاهی و دانشکده علوم، دانشگاه تهران

دریافت ۱۳۸۲/۶/۵ پذیرش ۱۳۸۲/۹/۱۶

چکیده

اثر تیمارهای متفاوت شوری سدیم کلرید (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار) در مراحل مختلف رشد و نمو (پنجه زنی، تورم غلاف، گلدهی و گرده افشانی) در دو رقم گندم (قدس: حساس به شوری؛ بولانی: مقاوم به شوری) بر الگوی الکتروفورزی SDS-PAGE پروتئین‌های برگ در شرایط گلخانه‌ای مورد بررسی قرار گرفت. در مجموع، در پاسخ به تیمارهای شوری مشاهده شد که کاهش شدت و حذف باندهای پروتئینی در عصاره‌های پروتئینی برگ قدس چشمگیرتر از برگ بولانی بود. برعکس، افزایش شدت باندهای پروتئینی در برگ بولانی قابل ملاحظه تر از برگ قدس بود. بنابراین، به نظر می‌رسد بولانی توانایی بیشتری در حفظ پروتئین‌های برگ در پاسخ به شوری دارد. بدین ترتیب از دیدگاه بیوشیمیایی نیز می‌توان بولانی را به عنوان رقم مقاومتر به شوری معرفی نمود.

۱ــ بخشی از رساله دکتری نگارنده اول به راهنمایی دکتر حسن ابراهیم زاده ارایه شده به دانشگاه تهران

۲- مسئول مکاتبه

www.SID.ir

Archive of SID

واژه های کلیدی: تنش شوری، گندم، پروتئین‌های برگ

مقدمه

گیاهان طی چرخه زندگیشان معمولاً در معرض انواع وسیعی از تنش های محیطی قرار می‌گیرند. یکی از راهکارها برای درک توانایی گیاهان در تحمل تنش های محیطی، شناسایی تغییرات القا شده با تنش در میزان پروتئین آنهاست، با این اندیشه که سازش به تنش، ناشی از تغییر بیان ژن است (Kawasaki *et al*. 2001). سنتز پروتئین در پاسخ به تنش های محیطی نظیر شوک گرمایی، شرایط بیهوازی، تنش خشکی، شوک اسمزی، زخم، تنش سرما و شوری تغییر می‌نماید. چنین تنش هایی سبب افزایش سنتز برخی از پروتئین‌ها و کاهش سنتز عده‌ای دیگر از آنها می‌شود. به نظر می‌رسد که پروتئین های القا شده با شوری می‌توانند در تحمل این تنش مؤثر باشند. تاکنون یک سری از پروتئین‌هایی که در ژنوتیپ های مقاوم به شوری وجود دارند، شناسایی شده‌اند (Guo *et al*. 2001). مقاومت به شوری حاصل همکاری چند عامل فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است (Hamilton *et al*. 2000). یکی از این عوامل ممکن است توانایی اتصال یون‌ها به پروتئین‌ها باشد. پروتئین‌های متفاوتی پس از تیمار شوری القا می‌شوند (Madgy *et al*. 1993). در دانه رست های جو، تنش شوری تغییرات ویژه‌ای را در پروتئین‌های ریشه و نو شاخه (shoot) القا می‌کند. سنتز پروتئین در پاسخ به تنش شوری تغییر می‌نماید. برخی افزایش و تعدادی از آنها کاهش می‌یابند. این دو حالت در سیستم های کشت بافت توتون و ذرت ثابت شده است (Ramagopal 1987). تنش شوری، mRNA های ترجمه شدنی را در ریشه‌های جو تغییر می‌دهد و سبب افزایش چشمگیر پروتئین های ویژه‌ای می‌شود (Dell Aquila 1992). در بررسی سنتز پروتئین در برگ توتون مشاهده شد که شوری جذب لوسین و ورود آن را به پروتئین کاهش می‌دهد (Helal *et al*. 1975).

برخی از ارقام گندم نیز مشابه سایر گلیکوفیت ها، با تغییر بیان ژن به شوری پاسخ می‌دهند. مدت کوتاهی پس از تماس با نمک، در ریشه‌های گندم، mRNA انباشته می‌شود و طی ۱۲-۶ ساعت به حداکثر می‌رسد (Zhong & Dvorak 1994). به اعتقاد *لویت* (Levitt 1980) به طورکلی، نمک ها دو اثر ناسازگار بر پروتئینها دارند: الف) تمایل به شکستن پیوندهای الکتروستاتیکی دارند، ب) برهم کنش‌های (interactions) آبگریز را افزایش می‌دهند.

با توجه به اثر قابل توجه تنش شوری در سنتز پروتئین و با در نظر گرفتن گندم به عنوان یکی از مهمترین محصولات اقتصادی ایران و جهان، هدف پژوهش حاضر بررسی مقایسه‌ای اثر تنش شوری بر الگوی الکتروفورزی پروتئین‌های برگ دو رقم گندم: قدس (حساس به شوری) و بولانی (مقاوم به شوری) می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

روش بررسی

- کشت گلخانه‌ای:

برای انجام پژوهش حاضر، دو رقم گندم (قدس: حساس به شوری و بولانی: مقاوم به شوری) از انبار غلات واقع در موسسه تحقیقات تهیه و اصلاح نهال و بذر کرج انتخاب شدند. حساس و مقاوم بودن آنها مورد تایید بخش غلات موسسه مذکور می‌باشد. کشت بذور در گلدان های پلاستیکی محتوی سه کیلوگرم مخلوطی از خاک با بافت متوسط، ماسه و کود به ترتیب با نسبت ۱:۱:۲ انجام گرفت (Rascio *et al*. 1992). گلدان ها در گلخانه‌ای با شرایط کنترل شده (دما: ۲۰ الی ۲۵ درجه سانتی گراد، شدت روشنایی: ۵۰۰ میکرومول بر متر مربع در ثانیه، دوره روشنایی: ۱۶/۸ ساعت، رطوبت نسبی: ۴۵-۴۰ درصد) نگهداری شدند. در هر گلدان، ۱۰ بذر کاشته شد و ۱۶ روز بعد به چهار گیاه تنک شدند. طی پنجه زنی و تورم غلاف، گیاهان با محلول غذایی محتوی نیترات آمونیوم، نیترات پتاسیم و سوپر فسفات آبیاری شدند. بدین منظور، ۲۰۰ میلی گرم از دو ماده اول و ۱۰۰ میلی گرم از ماده آخر در یک لیتر آب حل شدند و ۵۰ میلی لیتر از هر محلول غذایی در مراحل مورد نظر به خاک محتوی گیاه افزوده شد. آبیاری هفته ای دو بار و هر بار با ۵۰۰ میلی لیتر آب انجام می‌گرفت. چهار تیمار شوری، علاوه بر شاهد (بدون سدیم کلرید) درنظر گرفته شد: ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار سدیم کلرید (Huang *et al*. 1993). گیاهان در مراحل پنجه زنی، تورم غلاف، گلدهی و گرده افشانی (با ۵۰۰ میلی لیتر محلول سدیم کلرید با غلظت های مورد نظر) تحت تاثیر تیمارهای شوری قرار گرفتند. مطابق کد *زادوکس* و همکاران (Zadoks *et al*. 1974) این مراحل به ترتیب ۲۲، ۴۵، ۵۸ و ۶۹ روز پس از بذر افشانی (DAS) بودند. گیاهان پس از دو هفته رشد در خاک شور برداشت شدند. نمونه برداری از برگ ششم (۲۲ روز پس از بذر افشانی)، برگ هفتم (۴۵ روز پس از بذر افشانی) و برگ پرچم (۵۸ و ۶۹ روز پس از بذر افشانی) انجام گرفت.

- استخراج پروتئین از برگ:

بافر تریس– HCl (۰/۰۵ مولار، pH = ۷/۵) به نسبت ۱:۳ مورد استفاده قرار گرفت. پس از استخراج پروتئین در سردخانه با دمای ۴-۰ درجه سانتی گراد و سانتریفوژ نمونه‌ها (۱۹۰۰۰ rpm ، ۴۵ دقیقه، دمای ۴-۲ درجه سانتی گراد) (Gomori 1955) انجام گرفت، محلول روشناور برای سنجش غلظت پروتئین و الکتروفورز آن مورد استفاده قرار گرفت.

- سنجش غلظت پروتئین برگ:

برای این منظور از روش *برادفورد* (Bradford 1976) استفاده به عمل آمد.

www.SID.ir

Archive of SID

- الکتروفورز ژل پلی آکریلامید:

برای مقایسه تغییرات پروتئین‌های برگ در پاسخ به شوری از سیستم الکتروفورزی SDS-PAGE استفاده شد همچنین دو ژل با غلظت و pH متفاوت مورد استفاده قرار گرفتند. غلظت ژل زیرین ۱۲/۵ درصد مناسب تشخیص داده شد. الکتروفورز با دستگاه LKB-2001 با سیستم عمودی انجام گرفت. پس از پایان الکتروفورز، ژل‌ها به محلول رنگ منتقل شدند. سپس عمل رنگبری انجام گرفت.

- تجزیه و تحلیل نوارهای پروتئینی روی ژل:

برای تعیین موقعیت باندهای پروتئینی نیاز به محاسبه Rm داریم که طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود (Gomori 1955):

$$Rm = \frac{\text{مسافت پیموده شده توسط هر باند پروتئینی در ژل زیرین}}{\text{مسافت پیموده شده توسط رنگ در ژل زیرین}}$$

نتیجه

به طورکلی در برگ قدس و بولانی در تمامی مراحل بررسی شده در غیاب نمک، عمدتاً باندهای پروتئینی ۱۴/۳ تا ۶۶ کیلو دالتون مشاهده شدند. البته تعدادی باند پروتئینی نیز خارج از این دو حد وجود داشتند. در پاسخ به تیمارهای شوری مشاهده شد که:

الف) مرحله پنجه زنی: در برگ قدس، درپاسخ به تیمار شوری ۵۰ میلی مولار سدیم کلرید به بعد، یک باند بالاتر از ۶۶ کیلو دالتون و باندهای ۳۶/۵، ۳۵، ۲۹، ۲۸، ۲۴ و یک باند کمتر از ۱۴/۳ کیلو دالتون به طور محسوسی کمرنگتر و باندهای ۲۱/۵ و ۲۳ کیلو دالتون حذف شدند. در صورتی که در برگ بولانی، تنها در پاسخ به بالاترین تیمار، یعنی ۳۰۰ میلی مولار سدیم کلرید، باندهای ۳۶/۵، ۳۵، ۲۶، ۲۵، ۲۳، ۲۲ و ۱۴/۵ کیلو دالتون کمرنگتر شدند. دو باند ۲۱ و ۲۰ کیلو دالتون در پاسخ به تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ حذف شدند (شکل‌های ۱ و ۲، جدول ۱).

ب) مرحله تورم غلاف: در برگ قدس، باندهای ۲۹، ۲۸، ۲۷، ۲۶ و ۲۵ کیلو دالتون در پاسخ به تیمارهای ۲۰۰ و ۳۰۰ (بویژه تیمار ۲۰۰) پررنگتر شدند. در برگ بولانی، تنش شوری بویژه تیمار ۳۰۰، سبب افزایش شدت باندهای ۳۲، ۳۰، ۲۷، ۲۶، ۲۵ و ۱۷/۵ کیلو دالتون گردید (شکل‌های ۱ و ۲، جدول ۱).

پ) مرحله گلدهی: در برگ پرچم قدس در پاسخ به تیمار ۳۰۰، باندهای ۳۲، ۲۸، ۲۳، ۲۲،۲۰ و ۱۹ کیلو دالتون کاملاً کمرنگتر و باندهای ۱۸، ۱۷/۵، ۱۵و ۱۴/۳ کیلو دالتون حذف شدند. در

www.SID.ir

Archive of SID

برگ پرچم بولانی، باندهای ۴۲ و ۳۸ کیلو دالتون کمرنگتر و باندهای ۱۵، ۱۴/۵ و یک پروتئین کمتر از ۱۴/۳ کیلو دالتون تقریباً حذف شدند (شکل‌های ۱ و ۲، جدول۱).

ت) مرحله گرده افشانی: در این مرحله، تعداد باندهای پروتئینی در برگ‌های پرچم شاهد (در غیاب نمک) در هر دو رقم کاهش چشمگیری نشان داد. در برگ بولانی، باندهای ۳۶/۵، ۳۰، ۲۸، ۲۶، ۲۵ و ۱۶ کیلو دالتون در پاسخ به تیمار۳۰۰ پررنگتر شدند. در برگ قدس، پروتئین‌های ۳۶/۵ و ۲۶ و یک باند کمتر از ۱۴/۳ کیلو دالتون در پاسخ به تیمار۳۰۰ کم و بیش پررنگتر شدند (شکل‌های۱ و ۲، جدول۱).

جدول۱- تغییرات کمی و کیفی پروتئین‌های برگ گندم قدس و بولانی در پاسخ به تنش شوری

مرحله زندگی	تعداد باندهای حذف شده		تعداد باندهای کمرنگ شده		تعداد باندهای پررنگ شده	
	قدس	بولانی	قدس	بولانی	قدس	بولانی
پنجه زنی	۲	۲	۷	۷	-	-
تورم غلاف	-	-	-	-	۵	۶
گلدهی	۴	۳	۶	۲	-	-
گرده افشانی	-	-	-	-	۳	۶

بحث

صرف نظر از تنش شوری، با مقایسه شکل ها روشن می شود که با افزایش سن گیاه تا گرده افشانی، تعداد باندهای پروتیئنی برگ کاهش قابل توجهی نشان می‌دهند. بنابراین، با گذشت زمان مقدار پروتئین برگ کاهش چشمگیری حاصل می‌کند. به عنوان مثال، طی پنجه زنی باندهایی در برگ ششم ظاهر می‌شوند که در مرحله گرده افشانی یا حذف شده یا به باندهای بسیار کمرنگی تبدیل شده‌اند. بدین ترتیب با افزایش سن گیاه، نیازهای متابولیسمی آن تغییر می‌کند. بنابرگزارش *نوآمن* و همکاران (Noaman *et al.* 1990) نیز در طی مراحل اولیه زندگی، برگ گندم بالاترین مقدار پروتئین را دارد، اما به تدریج مقدار پروتئین سیری نزولی طی می‌کند. بنابراین به نظر می‌رسد مقدار زیادی پروتئین قبل و یا طی پیری از برگ‌ها خارج می‌شود (یا تخریب می‌گردد).

مطالعه الکتروفورزی عصاره‌های پروتئینی برگ به روش SDS-PAGE نشان داد که در پاسخ به شوری، پلی‌پپتیدهایی حذف، کاهش یا افزایش می‌یابند. شوری در طی پنجه زنی سبب کمرنگ شدن ۷ باند و حذف ۲ باند پروتئینی در برگ قدس و بولانی می‌شود. بنابراین در این مرحله، سنتز پروتئین در پاسخ به تنش نمکی در هر دو رقم کاهش می‌یابد. البته در بولانی تنها تیمار۳۰۰ قادر به این کاهش می‌باشد، اما در قدس حتی تیمار ۵۰ نیز الگوی پروتئینی را

www.SID.ir

Archive of SID

تحت تاثیر قرار می‌دهد. *احمد* و همکاران (Ahmad *et al*. 1986) معتقدند اثر اصلی شوری، کاهش سنتز پروتئین است. این اثرات منفی شامل تخریب مکانیسم‌های رونویسی و ترجمه است. *گالیک* و همکاران (Guoick *et al*. 1992) معتقدند که تماس گیاه با نمک، فراوانی پروتئنی‌های ویژه‌ای را افزایش یا کاهش می‌دهد. *کرتین* و همکاران (Chretien *et al*. 1992) نیز مشاهده کردند که در جو، باندهای ۱۷، ۲۶ و ۲۸ کیلو دالتونی در حضور نمک ضعیف تر شده‌اند. در پژوهش حاضر نیز در مرحله پنجه زنی، باند ۲۶ کیلو دالتونی در برگ بولانی و یک باند ۲۸ کیلو دالتونی در برگ قدس در پاسخ به تنش نمکی کمرنگتر شده‌اند. طی گلدهی، تنش شوری سبب کمرنگتر شدن ۶ باند و حذف ۴ باند پروتئینی در برگ پرچم قدس شد، اما در برگ بولانی تنها ۲ باند کمرنگتر و ۳ باند حذف شدند. البته بسیاری از پژوهشگران معتقدند که سنتز پروتئین در پاسخ به شوری افزایش می یابد که در هماهنگی با نتایج ما طی تورم غلاف و گرده افشانی است. به اعتقاد *زابوناگی* و همکاران (Szabo- Nagy *et al*. 1992) نیز شوری سنتز پروتئین را در برگ گندم افزایش می‌دهد. *ریس* و همکاران (Rais *et al*. 1992) نیز انباشته شدن پروتئین‌های ۲۷ -۲۴ کیلو دالتونی را در پاسخ به شوری در برگ یوبیوبا گزارش داده‌اند که در توافق با نتایج ما طی تورم غلاف است. این پژوهشگران افزایش شدت باندهای ۲۵، ۲۶ و ۲۷ کیلو دالتونی را در برگ توتون و گوجه فرنگی در حضور نمک مشاهده کرده‌اند. به نظر *کرتین* و همکاران (۱۹۹۲) تفاوت‌های مشاهده شده در نیمرخ پروتئینی، بیانگر پدیده سازش به شوری هستند. بنا بر گزارش *لاروز* و همکاران (La Rose *et al*. 1989) طی سازش توتون به شوری انباشتگی چند پروتئین القا می‌شود که مهمترین آنها پروتئینی با وزن مولکولی ۲۶ کیلودالتون به نام اسموتین است. قابل توجه است که طی مراحل تورم غلاف و گرده افشانی نیز در برگ قدس و بولانی در پاسخ به شوری، پروتئینی ۲۶ کیلودالتونی شدت یافت که ممکن است با اسموتین در ارتباط باشد. البته عملکرد زیستی اسموتین هنوز ناشناخته است.، اما افزایش مقاومت به شوری را ناشی از انباشتگی اسموتین می‌دانند. *هورکمن* و همکاران (Hurkman *et al*. 1991) نیز در جو بیشترین تغییرات را در سنتز پلی‌پپتیدها طی تنش شوری، افزایش پلی‌پپتیدهای ۲۶ و ۲۷ کیلودالتونی می‌دانند و معتقدند این پلی پپتیدها طی شوری، نقش ویژه‌ای ایفا می نمایند. به نظر می‌رسد افزایش شدت باندهای پروتئینی در رقم‌های گندم مورد بررسی، نقش مهمی در ایجاد مقاومت به شوری در گندم ایفا می‌کند. بنابراین، بررسی چنین پروتئین‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. البته *ویمبرگ* (Weimberg 1975) معتقد است که شوری اثری بر سنتز پروتئین برگ ندارد و الگوی الکتروفورزی آن را تغییر نمی‌دهد. به اعتقاد نگارندگان مقاله، این نتایج متفاوت، بیانگر تضاد نمی‌باشد، بلکه به نظر می‌رسد شرایط کار پژوهشگران حداقل از چهار جنبه با یکدیگر تفاوت

www.SID.ir

Archive of SID

دارد: ۱) درجه تنش شوری، ۲) روش‌های مورد استفاده، ۳) مرحله زندگی گیاه و ۴) نوع گونه و حتی رقم گیاه مورد بررسی. به عنوان مثال در پژوهش حاضر، تغییرات مشاهده شده در الگوی الکتروفورزی برگ، به درجه تنش شوری، مرحله زندگی گیاه و رقم مورد بررسی بستگی دارد. در مجموع، نتایج این تحقیق نشان داد که بولانی توانایی بیشتری جهت حفظ پروتئین‌های برگ در شرایط تنش دارد، زیرا:

۱- در مرحله تورم غلاف و گرده افشانی، باندهای بیشتری در پاسخ به شوری پررنگ شدند. باندهایی که ممکن است نقش مهمی در القای مقاومت به شوری در رقم بولانی ایفا نمایند.

۲- در مرحله گلدهی، باندهای کمتری کمرنگ و یا حذف شدند.

۳- هرچند در قدس و بولانی، در مرحله پنجه زنی ۷ باند پروتئینی کمرنگ و ۲ باند حذف گردید، اما در رقم بولانی، تنها تیمار ۳۰۰ میلی مولار قادر به ایجاد این تغییر بود، در صورتی که در رقم قدس، حتی تیمار ۵۰ میلی مولار نیز قادر به تغییر الگوی پروتئینی برگ بود.

به نظر می‌رسد حساسترین مرحله زندگی هر دو رقم نسبت به تنش شوری، مرحله پنجه‌زنی می‌باشد، زیرا در این مرحله در پاسخ به شوری، علاوه بر اینکه هم حذف و هم کمرنگ شدن باندهای پروتئینی روی داد، هیچ باند پروتئینی پررنگتر نشد. نگارندگان مقاله حاضر در پژوهش دیگری (Ebrahimzadeh *et al*. 2000) دریافتند که در این دو رقم (بویژه رقم قدس)، بیشترین انباشتگی سدیم نیز در مرحله پنجه زنی صورت می گیرد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ممکن است سدیم انباشته شده در مرحله پنجه زنی باعث کاهش چشمگیرتر سنتز پروتئین در رقم های مورد بررسی (بویژه رقم قدس) نسبت به سایر مراحل شده است. بنابراین از دیدگاه بیوشیمیایی نیز می‌توان بولانی را، نسبت به قدس، به عنوان رقم مقاومتر به شوری معرفی نمود.

منابع

جهت ملاحظه منابع به صفحات متن انگلیسی مراجعه شود.

نشانی نگارندگان: دکتر فریبا میقانی، بخش تحقیقات علف‌های هرز موسسه تحقیقات آفات و بیماری‌های‌گیاهی و دکتر حسن ابراهیم زاده، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تهران، تهران.

www.SID.ir

References

AHMAD, R. and SAN PIETRO, A. 1986. Prospects for biosaline research, Shamim printing press, Karachi.

BRADFORD, M.M. 1976. A rapid and sensitive method for qantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.

CHRETIEN, D. and GUILLOT – SALOMON, T. 1992. Lipid and protein changes in jojoba under salt stress. Physiol. Plant. 85: 372-380.

DELL'AQUILA, A. 1992. Water uptake and protein synthesis in germination wheat embryos under the osmotic stress. Ann. Bot. 69: 167-171.

EBRAHIMZADEH, H., MAIGHANY, F. and RAHIMIAN, H. 2000. Role of mineral ions in salt tolerance of two wheat cultivars. Pak.J.Bot. 32 (2): 265-271.

GOMORI, G. 1955. Preparation of buffers for use in enzyme studies. Methods in enzymology 1: 138-146.

GULICK, P.J., and DVORAK, J. 1992. Coordinate gene response to salt stress in *Lophopyrum elongatum.* Plant Physiol. 100: 1384-1388.

GUO, Y., HALFTER, U., ISHITANI, M. and ZHU, J. 2001. Molecular characterization of functional domains in the protein kinase SOS_2 that is required for plant salt tolerance. The Plant Cell 13: 1383-1399.

HAMILTON, E.W., Mcnaughton, S.J. and COLEMAN, J.S. 2000. Molecular, physiological and growth responses to sodium stress in C4 grasses from a soil salinity gradient in the Serengeti ecosystem. Am. J. Bot. 88 (7): 1258-1260.

HELAL, M., KOCH, J. and MENGEL, K.1975. Effect of salinity and potassuim on the uptake of nitrogen and on nitrogen metabolism in young barley plants. Physiol. Plant. 35: 310-313.

HUANG, L., MURRAY, F. and YANG, X. 1993. Responses of nitrogen metabolism parameters to sublethal SO_2 pollution in wheat under mild NaCl strees. Environ. Exp. Bot. 33(4): 479-493.

HURKMAN, W.J., TAO, H.P. and TANAKA, C. K.1991. Germine-like polypeptides increase in barley roots during salt stress. Plant Physiol. 97: 366-374.

KAWASAKI, S. and BORCHERT, C. 2001. Gene expression profiles during the initial phase of salt stress in Rice. The Plant Cell 13: 889-905.

LA ROSE, P.C., SINGH, N.K., HASEGAWA, P.M. and BRESSAN, R.A. 1989. Stable NaCl tolerance of tobacco cells is associated with enhanced accumulation of osmotin. Plant Physiol. 91: 855-861.

LEVITT, J. 1980. Responses of plant to environmental stresses. Academic press, New York.

MAGDY, M., MANSOUR, F., LEE-STADELMANN, O.Y. and STADELMANN, E.J. 1993. Solute potential and cytoplasmic viscosity in *Triticum aestivum* and *Hordeum vulgare* under salt stress. A comparison of salt resistant and salt sensitive lines and cultivars. J. Plant Physiol. 142: 623-628.

NOAMAN, M.M. and TAYLOR, G.A. 1990. Vegetative protein and its relation to grain protein in high and low arain protein winter wheat. Euphytica 48: 1-8.

RAIS L.B., Alpha M.J., Bahl J., Guillot – salomon T. and Dubacq, J.P. 1993. Lipid and proteins contents of jojoba leaves in relation to salt adaptation . Plant Physiol. Biochem. 31(4): 547-557.

Archive of SID

www.SID.ir

RAMAGOPAL, S. 1987. Salinity stress induced tissue- specific proteins in barley seedlings. Plant Physiol. 84: 324-331.

RASCIO, A., PLANTANI, C., DI FONZO, N. and WITTMER, G. 1992. Bound water in durum wheat umber drought stress. Plant Physiol. 98: 906-912.

SZABO-NAGY, A., GALIBA, G. and ERDEI, L. 1992. Induction of soluble phosphatases under ionic and non – ionic stresses in wheat . J. Plant Physiol. 140: 629-633.

WEIMBERG, R. 1975. Effect of growth in highly salinized media on the enzymes of the photosynthetic apparatus in pea seedlings. Plant Physiol. 56: 8-12.

ZADOKS, J.C., CHANG, T.T. and KONZAK, C.F. 1976. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res. 14: 415-421.

ZHONG, G.Y. and DVORAK, J. 1994. Chromosomal control of the tolerance of gradually and suddenly imposed salt stress in the *Lophopyrum elongatum* and wheat genomes. Theor. Appl. Genet. 90: 229-236.

Addresses of the authors: Dr. F. MAIGHANY, Department of Weed Research, Plant Pests & Diseases Research Institute, Tehran and Dr. H. EBRAHIMZADEH, Department of Biology, Faculty of Science, Tehran University, Tehran, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir