

بررسی سطوح مختلف شوری بر واکنش های فیزیولوژیکی و جذب عناصر سدیم و پتاسیم در گندم

مصطفی حیدری^{۱*}، فاطمه مصری^۲

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات- دانشگاه زابل؛ ۲. کارشناس پژوهشکده زیست فناوری- دانشگاه زابل

تاریخ دریافت: ۸۹/۷/۱۵؛ تاریخ پذیرش: ۸۹/۱۱/۱

چکیده

به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف شوری بر میزان فعالیت سه آنزیم آنتی اکسیدان کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گاباکول پراکسیداز (GPX)، همچنین جذب عناصر سدیم و پتاسیم و نیز دو ترکیب آلی کربوهیدرات و پرولین در مرحله گیاهچه‌ای شش رقم گندم، آزمایشی بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۶ در مرکز زیست پژوهشی دانشگاه زابل (بیوسنتز) انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح شوری صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی مولار نمک NaCl و شش رقم گندم بنام‌های الوند، فلات، گاسکوژن، لاین ۴، مهدوی و شیرازی بودند. نتایج نشان داد در طی اعمال تنش و با بالا رفتن میزان شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی مولار تنها بر میزان فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان APX افزوده شد و از فعالیت دو آنزیم دیگر کاسته شد. در سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار، بالاترین میزان فعالیت آنزیم APX مربوط به ارقام فلات و مهدوی بود. در این بین میزان دو ترکیب کربوهیدرات و پرولین در واکنش به تنش شوری در همه ارقام افزایش یافت. این افزایش در چهار رقم الوند، گاسکوژن، لاین ۴ و شیرازی که دارای فعالیت آنزیم APX کمتری بودند، بیشتر بود. در اثر شوری از جذب عنصر پتاسیم کاسته و بر جذب سدیم افزوده شد. در بین ارقام مورد بررسی، دو رقم مهدوی و فلات با داشتن بالاترین فعالیت آنزیم APX و میزان مناسبی کربوهیدرات و پرولین در بخش هوایی، بخصوص در سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار دارای کاهش قابل ملاحظه‌ای در جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم نسبت به سایر ارقام بودند. بطور کلی با توجه به نتایج بدست آمده در این آزمایش می‌توان استنباط کرد که در مرحله گیاهچه‌ای فرآیند تنظیم اسمزی کارآتر از فعالیت آنزیم آنتی اکسیدان در مقاومت به شوری ارقام گندم موثر است.

واژه‌های کلیدی: شوری، آنزیم‌های آنتی اکسیدان، عناصر سدیم و پتاسیم، تنظیم کننده‌های اسمزی، گندم

مقدمه

قابلیت تولید ترکیبات سازگارکننده (تنظیم کننده‌های اسمزی) بستگی دارد (Good and Zaplachinski, 1994). مطالعات بیوشیمیایی نشان داده که در گیاهان تحت تنش شوری تعدادی از ترکیبات آلی (محلول‌های سازگار کننده) تجمع می‌یابند. این ترکیبات تداخلی در فرآیندهای شیمیایی گیاه وارد نمی‌کنند. از این ترکیبات می‌توان به انواعی از کربوهیدرات‌های محلول (مانیتول، ساکارز، رافینوز و الیگوساکارید) و ترکیبات نیتروژنه (اسید آمینه، پرولین و گلیسین-بتائین) اشاره کرد. ترکیبات سازگار کننده نقش مهمی در بهبود تنظیم اسمزی در گیاهان تحت تنش دارند (Good and Zaplachinski, 1994).

تجمع املاح نمک در خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا یکی از مسائل مهم کشاورزی است که بطور گسترده-ای بر تولید گیاهان زراعی تاثیر می‌گذارد (Rhoaders and Loveday, 1990). در بسیاری از این خاکها غلظت دو عنصر Na^+ و Cl^- در حد بسیار بالاتری نسبت به نیاز گیاهان بوده و این امر مشکلات فراوانی برای آنها ایجاد می‌کند. در این بین واکنش معمول گیاهان به شوری به صورت‌های تنش اسمزی، سمیت یونی و عدم تعادل عناصر غذایی می‌باشد (Munns, 2002).

گیاهان زراعی از لحاظ تحمل نسبت به املاح تجمع یافته در محیط ریشه (شوری) تا حد زیادی با هم متفاوت هستند و این تحمل به عواملی همچون میزان تجمع یونها در بافت، ممانعت از ورود برخی از یونها به درون گیاه و

گاسکوژن، لاین ۴، مهدوی و شیرازی بعنوان فاکتور دوم در نظر گرفته شدند.

جهت انجام این آزمایش ابتدا بذره‌های گندم از مرکز تحقیقات کشاورزی زابل تهیه و سپس در گلدان‌های کوچک پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی‌متر که حاوی ماسه بادی بودند کشت شدند. گلدان‌ها به اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و طول دوره نوری ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی منتقل شدند. پس از جوانه‌زنی و کامل شدن ظهور اولین برگ، اعمال تنش شوری در گیاهان آغاز و به منظور جلوگیری از وارد شدن یکباره شوک به گیاهچه‌ها، تیمارهای شوری با روزی ۲۵ میلی-مولار NaCl شروع گردید. در نهایت بعد از ۴ روز سطوح شوری به حد مورد نظر رسانده شدند. اعمال تنش شوری کلا تا ۲۵ روز ادامه یافت و پس از آن میزان فعالیت آنتی-اکسیدان‌ها، تنظیم‌کننده‌های اسمزی (کربوهیدرات و پرولین)، کلروفیل برگها، عناصر سدیم و پتاسیم و وزن بخش هوایی گیاهان اندازه‌گیری شدند

استخراج عصاره و روش اندازه‌گیری آنزیم‌ها

تهیه بافر Ice-Cold Extraction: این محلول شامل محلول بافر پتاسیم فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار با pH=۷ و محلول EDTA 0.1 mM در حجم ۴ cc بود. برای محلول پتاسیم فسفات از دو نمک K_2HPO_4 و KH_2PO_4 استفاده شدند. جهت تهیه محلول ابتدا محلول ۱ مولار از هر کدام از این نمکها تهیه شد. سپس ۲۵ cc از آنها برداشت شده، با هم مخلوط و به حجم ۱۰۰ cc رسانده شدند. این محلول در حد ۷ تنظیم گردید.

تهیه محلول EDTA: این محلول در حجم ۵۰ cc و با غلظت ۰/۲ مولار ساخته شد. برای تهیه بافر Ice-Cold Extraction، ۱۶۰۰ میکرولیتر از بافر پتاسیم فسفات به همراه ۲۰ میکرولیتر EDTA برداشت شده و به حجم ۴cc رسانده شدند.

جهت اندازه‌گیری آنزیم‌ها، ۰/۲ گرم از بافت سبز برگ برداشت و با ۴ سی سی بافر Ice-cold extraction در هاون سرد کاملاً ساییده و بصورت همگن درآورده شدند. مخلوط همگن از کاغذ صافی عبور و به مدت ۱۵ دقیقه با دور ۱۶۰۰ سانتریفوژ شدند. سپس فاز بالایی به عنوان عصاره پروتئینی برای سنجش فعالیت آنزیمی استفاده گردید. همه این عملیاتها در دمای ۴ درجه سانتیگراد

در بررسی‌های صورت گرفته، عمدتاً مقاومت به شوری در گیاهان را مرتبط با قابلیت تنظیم اسمزی می‌دانند، اما تنش شوری و دیگر تنش‌های محیطی غیر زنده می‌توانند از طریق تولید گونه‌های مختلف احیاگرهای اکسیژن (ROS^1) سبب تنش اکسیداتیو نیز شوند (Ashraf and Harris, 2004). از انواع ROS می‌توان به سوپر اکسید (O_2^-)، پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال‌های هیدروکسیل (OH^\bullet) اشاره کرد. این ترکیبات دارای قابلیت احیایی بالایی بوده و سبب خسارت به سلولها از طریق اکسیده کردن پروتئین‌ها، چربی‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شوند (Appel and Harit, 2004).

جهت کاهش اثرات سوء تنش اکسیداتیو در طی بروز تنش شوری، گاها میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان در سلول بالا می‌رود. از این آنزیم‌ها می‌توان به کاتالاز (CAT)، اسکوربات پراکسیداز (APX) و گایاکول پراکسیداز (GPX) اشاره کرد. این آنزیم‌ها نقش بسیار مهمی در غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد اکسیژن در سلول گیاهان دارند و میزان فعالیت آنها بسته به گونه گیاهی و شدت تنش در گیاهان تغییر می‌کند (Appel and Harit, 2004). در بسیاری از گیاهان زراعی همانند گندم (Sairam et al., 2002) و پنبه (Gooset et al., 1994) بالا رفتن میزان فعالیت این آنزیم‌ها در طی بروز تنش شوری گزارش شده است. بالا رفتن میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در گیاهان تحت تنش در کنار تنظیم اسمزی می‌تواند بر مقدار مقاومت در گیاهان بیافزاید. از اینرو هدف از این آزمایش بررسی ارتباط بین دو مکانیسم تنظیم اسمزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی-اکسیدان در شش رقم گندم و تعیین نوع این ارتباط با میزان جذب عناصر سدیم و پتاسیم در مرحله گیاهچه‌ای بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۶ در مرکز زیست پژوهشی دانشگاه زابل (بیوسنتر) انجام گرفت. چهار سطح شوری صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌مولار نمک NaCl بعنوان فاکتور اول و شش رقم گندم بنام‌های الوند، فلات،

1. Reactive Oxygen Species (ROS)

در این آزمایش مشخص گردید که در ارقام گندم مورد بررسی، تنها بر میزان فعالیت آنزیم APX در طی بروز تنش شوری افزوده می‌شود. در بین ارقام، فلات و الوند به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان فعالیت این آنزیم برخوردار بودند (جدول ۲). در طی اعمال تنش شوری و با بالا رفتن سطح شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی مولار نیز این دو رقم از بیشترین و کمترین میزان فعالیت این آنزیم برخوردار بودند، بطوریکه رقم فلات با ۰/۰۸۲ (μmol H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ protein) در سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار و رقم الوند با ۰/۰۰۵ (μmol H₂O₂ min⁻¹ mg⁻¹ protein) در سطح شوری شاهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان APX بودند (شکل ۱).

Sairam et al. (2002) از تشکیل گونه‌های مختلف رادیکالهای اکسیژن (ROS^۱) و افزایش فعالیت بسیاری از آنزیم‌های اکسیدان در طی بروز تنش شوری در گندم گزارش کرده‌اند. این گزارشات در مورد دیگر گونه‌های گیاهی از جمله پنبه (Gosset et al., 1994) و ذرت (Alvesda Costa et al., 2005) نیز ارائه شده است. نکته‌ای که در همه این تحقیقات آمده است این که در این گیاهان همه آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در طی اعمال تنش شوری افزایش پیدا نمی‌کنند بلکه بسته به گونه گیاهی، مرحله رشد، غلظت و نوع نمک دسته خاصی از این آنتی‌اکسیدان‌ها افزایش می‌یابند. مشابه نتیجه‌ای که در این آزمایش بدست آمد.

در این آزمایش هر چند همبستگی معنی‌داری بین مقدار سدیم در بخش هوایی با فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان بدست نیامد، اما این همبستگی تنها در مورد آنزیم APX مثبت و در مورد دو آنزیم GPX و CAT منفی بود. در این بین همبستگی معنی‌دار و مثبت سدیم با دو ترکیب آلی کربوهیدرات و پرولین بدست آمد (جدول ۳) که به نوعی می‌تواند بیانگر این باشد که در این مرحله از رشد مکانیسم تنظیم اسمزی بهتر و موثرتر از فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در مقاومت به شوری گندم دخالت دارد.

انجام گرفت. در نهایت جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) از روش (Beers and Sizer (1952)، آنزیم اسکوربات پراکسیداز (APX) از روش Nakano and Asada (1981) و گایاکول پراکسیداز (GPX) از روش (Urbanek et al. (1991) استفاده شد.

همچنین جهت اندازه‌گیری پرولین از روش Bates et al. (1973) و کربوهیدرات از روش (Schlegel (1956) استفاده گردید. میزان سدیم و پتاسیم از روش خاکسترگیری خشک و با دستگاه فلیم‌فومتر و کلروفیل برگها بوسیله دستگاه SPAD اندازه‌گیری شدند. در نهایت داده‌های بدست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS تجزیه و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح ۵٪ صورت گرفت.

نتایج و بحث

الف) آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۱ نشان می‌دهد تفاوت معنی‌داری بین ارقام، سطوح مختلف شوری و برهم‌کنش این دو (بجز آنزیم GPX) بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز (CAT)، اسکوربات پراکسیداز (APX) و گایاکول پراکسیداز (GPX) وجود دارد. در این بین با بالا رفتن میزان شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی مولار تنها بر میزان فعالیت آنزیم APX افزوده شد و از فعالیت دو آنزیم GPX و CAT کاسته شد. میزان افزایش فعالیت آنزیم APX در سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار نسبت به شاهد برابر ۳۴/۴ درصد بود (جدول ۲).

(Chen and Gallie (2004) اعلام کردند آنزیم اسکوربات پراکسیداز نقش مهمی در فعالیت روزنه‌ها از طریق تنظیم غلظت H₂O₂ در سلول گیاهان تحت تنش شوری دارند، چرا که غلظت این ترکیب بعنوان یکی از سیگنال‌های مهم در به حرکت درآوردن سلولهای محافظ روزنه عمل می‌کند. (Neill et al. (2002) اعلام کردند تغییرات در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان علاوه بر تغییرات یونی و تنظیم کننده‌های اسمزی می‌تواند بعنوان یکی از موارد تاثیر گذار تنش شوری بر گیاهان در نظر گرفته شود. بسته به میزان حساسیت گونه گیاهی، مرحله رشد، شدت و مدت تنش غلظت و فعالیت این نوع آنزیم‌ها تغییر خواهند کرد.

جدول ۱. تجزیه واریانس فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، عناصر سدیم و پتاسیم و تنظیم‌کننده‌های اسمزی
Table 1. Analysis of variance of antioxidant activity, sodium, potassium and osmotic components

سدیم Na	پتاسیم K	کربوهیدرات Carbohydrate (µm glucose. g ⁻¹ Fresh W)	پرولین Proline (µm. g ⁻¹ Fresh W)	کلروفیل Chl. (SPAD)	وزن تک بوته (گرم) Plant weigh (gr)	آسکوربات پراکسیداز APX		کاتالاز CAT	گلیکول پراکسیداز GPX	درجه آزادی df	منابع تغییرات S.O.V
						آسکوربات پراکسیداز APX	کاتالاز CAT				
0.11 ^{**}	0.08 ^{**}	29.7 ^{**}	20.4 ^{**}	0.28 ^{**}	0.09 ^{**}	0.00025 ^{**}	0.0028 ^{**}	0.27 ^{**}	5	5	Cultivar
1.02 ^{**}	10.19 ^{**}	11.28 ^{**}	121.4 ^{**}	0.32 ^{**}	1.66 ^{**}	0.00045 ^{**}	0.00039 ^{**}	0.43 ^{**}	3	3	Salinity
0.03 ^{ns}	0.036 ^{**}	4.7 ^{ns}	1.02 ^{ns}	0.094 ^{ns}	0.03 ^{**}	0.0011 ^{**}	0.00061 ^{**}	0.016 ^{ns}	15	15	رقم × شوری Cultivar × Salinity
0.023	0.011	0.96	1.82	0.077	0.0017	0.000016	0.000021	0.042	48	48	خطا Error
18.5	10.2	12.9	13.7	19.3	12.2	15.2	16.5	17.2			CV%

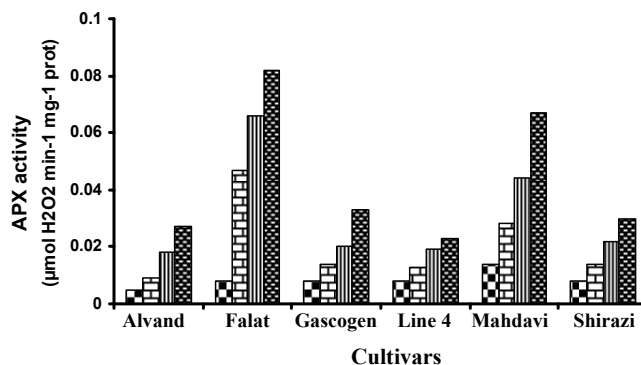
^{ns} ، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد

^{ns} ، * and ** means non-significant, and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۲. مقایسه میانگین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، عناصر سدیم و پتاسیم و تنظیم‌کننده‌های اسمزی
 Table 2. Mean comparison for antioxidant activity, sodium, potassium and osmotic components

سدیم	پتاسیم	کربوهیدرات	پرولین	کلروفیل	وزن تک بوته	آسکورات	گایاکول پراکسیداز	کاتالاز	تیماز
Na	K	Carbohydrate	Proline	Chl.	Plant weight	APX	CAT	GPX	Treatments
(mg. g ⁻¹ dry weight.)	(mg. g ⁻¹ dry weight.)	(µm. g ⁻¹ Fresh W)	(µm. g ⁻¹ Fresh W)	(SPAD)	(gr)	پراکسیداز	(µmol H ₂ O ₂ min ⁻¹ mg ⁻¹ prot)	میکرومول H ₂ O ₂ در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین	
0.812bc	1.018b	7.2b	9.88b	1.61a	0.45a	0.051a	0.034c	1.16a	Falat
0.89ab	0.89c	5.63c	9.45bc	1.54ab	0.29c	0.038b	0.047a	1.24a	Mahdavi
1.07ab	1.067ab	6.98b	12.32a	1.39abc	0.24d	0.019c	0.019d	0.89b	Shirazi
1.56ab	1.056ab	9.82a	8.76c	1.36bc	0.25d	0.019c	0.013c	1.23a	Gascoogen
1.104ab	1.104ab	6.85b	9.02bc	1.55ab	0.42a	0.017cd	0.039b	1.28a	Line 4
1.14a	1.140a	9.16a	9.22bc	1.2c	0.37b	0.015d	0.010e	1.33a	Alvand
0.51d	2.011a	7.3bc	6.4d	1.58a	0.68a	0.021d	0.029a	1.39a	0
0.78c	1.26b	6.83c	9.3c	1.51a	0.51b	0.025c	0.028a	1.19b	100
0.92b	0.56c	7.57b	10.8b	1.42ab	0.10c	0.028b	0.0307a	1.15bc	200
1.082a	0.34d	8.6a	12.5a	1.26b	0.063d	0.032a	0.0204b	1.02c	300
شوری (میلی مولار) Salinity (m mol)									

در هر صفت و هر فاکتور میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی‌دار آماری براساس LSD5% هستند
 Means in each column and for each treatment, followed by the same letter are not significantly different at 5% of probability level-using LSD Test



شکل ۱. اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر فعالیت آنزیم APX. سطوح شوری عبارت بودند از صفر (□)، ۱۰۰ (▤)، ۲۰۰ (▥) و ۳۰۰ (▧) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم.

Fig 1. Interaction between salinity and cultivar on APX activity. The salinity levels were 0 (□), 100 (▤), 200 (▥) and 300 (▧) mM NaCl.

تا حدی مانع از دست رفتن کلروفیل برگ شده، راه را برای ادامه فرآیند فتوسنتزی هموار سازد.

شش رقم گندم در این آزمایش از لحاظ غلظت دو ترکیب کربوهیدرات، پرولین و میزان کلروفیل برگ دارای تفاوت معنی‌داری با هم بودند، بطوری‌که بالاترین میزان پرولین در رقم شیرازی، کربوهیدرات در رقم مهدوی و کلروفیل در رقم فلات بدست آمد (جدول ۲).

در زمان قرارگیری این ارقام در معرض سطوح مختلف شوری (شکل‌های ۲ و ۳) مشاهده می‌شود غلظت پرولین و کربوهیدرات در ارقامی که نتوانسته بودند جهت مقاومت از مکانیسم افزایش فعالیت آنزیم آنتی‌اکسیدان استفاده کنند، بیشتر افزایش یافت. برای مثال بیشترین میزان کربوهیدرات و پرولین به ترتیب مربوط به ارقام الوند و شیرازی در سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار بودند. در دو رقم مهدوی و فلات که همراه با افزایش شوری از فعالیت آنزیمی بالایی برخوردار بودند، افزایش غلظت دو تنظیم کننده نیز بر مکانیسم مقاومت آنها افزود، بطوری‌که سبب شد در رقم فلات نه تنها همراه با بالا رفتن شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی‌مولار از میزان کلروفیل آنها کاسته نشود، بلکه بر مقدار آن نیز افزوده گردد. میزان افزایش کلروفیل در سطح ۳۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد در رقم فلات برابر ۴/۷ درصد بود.

محققین مختلف از جمله Sultana et al. (1999) از افزایش میزان پرولین در برنج تحت تنش شوری خبر می-

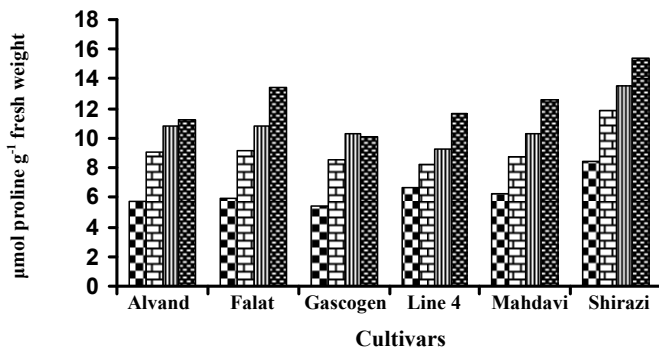
دهند (ب) کربوهیدرات، پرولین و مقدار کلروفیل اثر رقم، شوری و اثر متقابل شوری و رقم (بجز پرولین) بر میزان تجمع کربوهیدرات، پرولین و مقدار کلروفیل برگ معنی‌دار بودند (جدول ۱). با بالا رفتن میزان شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی‌مولار بر غلظت هر دو ترکیب کربوهیدرات و پرولین افزوده و از میزان کلروفیل کاسته شد (جدول ۲).

Munns (1993) اعلام کرد در ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری گندم در ابتدای قرارگیری در معرض تنش بر مقدار کربوهیدرات‌های محلول به سبب تبدیل شدن ساکارز به قندهای مونوساکارید افزوده می‌شود. Fedine et al. (1996) اعلام کردند در طی بروز تنش خشکی حفظ و نگهداری پتانسیل فشار جهت فعال نگهداشتن فتوسنتز و ادامه رشد از طریق افزایش غلظت املاح محلول در سلول بوجود می‌آید. کربوهیدرات و پرولین مهمترین این ترکیبات هستند. در این بین پرولین بعنوان یک شاخص برای ارزیابی مقاومت به تنش به شمار می‌رود.

افزایش میزان پرولین، کربوهیدرات و کاهش کلروفیل در سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد در این آزمایش به ترتیب برابر ۴۸/۸، ۱۵/۲ و ۳۴/۱ درصد بودند (جدول ۲). در این آزمایش همبستگی مثبتی بین میزان کربوهیدرات و پرولین با کلروفیل بدست آمد (جدول ۳). این امر به نوعی بیانگر این است که در طی بروز تنش شوری، بالا رفتن غلظت دو تنظیم کننده اسمزی می‌تواند

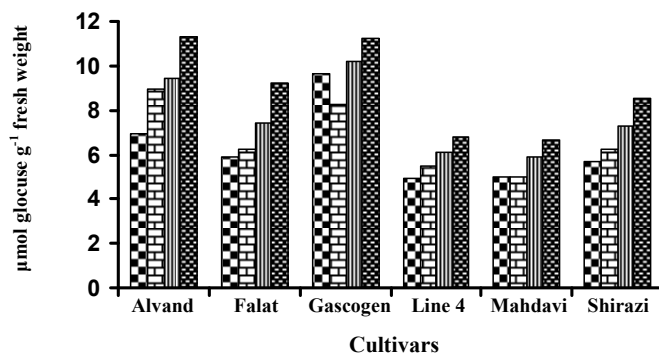
زمان پرولین با کم کردن پتانسیل اسمزی سلولهای ریشه شرایط لازم برای جذب آب و عناصر غذایی را فراهم می‌کند.

دهند. (1983) Cavelier اعلام کرد افزایش پرولین در گیاهان تحت تنش شوری در واقع نوعی واکنش از طرف گیاه به کاهش پتانسیل آب در محیط ریشه است. در این



شکل ۲. اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر میزان پرولین. سطوح شوری عبارت بودند از صفر (□)، ۱۰۰ (▨)، ۲۰۰ (▩) و ۳۰۰ (▧) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم.

Fig 2. Interaction between salinity and cultivar on proline content. The salinity levels were 0 (□), 100 (▨), 200 (▩) and 300 (▧) mM NaCl.



شکل ۳. اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر میزان کربوهیدرات. سطوح شوری عبارت بودند از صفر (□)، ۱۰۰ (▨)، ۲۰۰ (▩) و ۳۰۰ (▧) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم.

Fig 3. Interaction between salinity and cultivar on carbohydrate content. The salinity levels were 0 (□), 100 (▨), 200 (▩) and 300 (▧) mM NaCl.

برخی از یونهای خاص می‌باشد (Grattan and Grieve, 1999). در این آزمایش شوری تاثیر معنی‌داری بر جذب و در نتیجه میزان تجمع دو عنصر سدیم و پتاسیم در بخش هوایی گیاهان داشت (جدول ۱). با بالا رفتن میزان شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی‌مولار از مقدار جذبی پتاسیم کاسته بر مقدار سدیم افزوده شد. در سطح شوری ۳۰۰ میلی-مولار نسبت به شاهد میزان سدیم از افزایشی معادل ۵۲/۹

ج) عناصر سدیم و پتاسیم

رابطه بین شوری و قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد پیچیده بوده و بستگی به گونه گیاهی، غلظت و نوع نمک و میزان عناصر غذایی موجود در محیط ریشه دارد. مطالعات فیزیولوژیک نشان داده است که تنش شوری اثرات سوئی بر رشد گیاهان دارد. این امر به سبب تغییر در نسبت عناصر غذایی، تنش اسمزی و سمیت

میزان سدیم و در نتیجه سمیت این عنصر در گیاه است. زمانی که میزان سدیم در محیط ریشه افزایش می‌یابد، اثرات آن ممکن است منجر به تغییراتی در فشار اسمزی سلول شود. این عامل موجب پلاسمولیز و کاهش جذب انتخابی عناصر در ریشه خواهد شد. در این آزمایش هر چند در واکنش به شوری از جذب پتاسیم کاسته شد، اما تنظیم اسمزی با کمک کربوهیدرات و پرولین همبستگی معنی‌دار و مثبتی با جذب این دو عنصر داشت (جدول ۳). این امر بیان می‌کند که در طی بروز تنش شوری هر چند با تنظیم اسمزی تا حدی شرایط لازم برای جذب آب فراهم می‌شود اما این امر با جذب بیشتر عناصر ناخواسته همانند سدیم نیز می‌تواند همراه باشد.

تفاوت معنی‌داری بین شوری، رقم و اثر متقابل این دو بر وزن ساقه وجود داشت (جدول ۱). با بالا رفتن میزان شوری از وزن ساقه گیاهان کاسته شد و این کاهش در سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار نسبت به شاهد معادل ۸۹ درصد بود (جدول ۲). در بین ارقام، رقم شیرازی و الوند در این سطح شوری به میزان ۰/۰۵ گرم در بوته از کمترین وزن ساقه برخوردار بودند. این در حالی بود که این دو رقم در این سطح از شوری از تجمع بالایی از سدیم و پرولین برخوردار بودند.

و پتاسیم از کاهشی معادل ۸۳/۱ درصد برخوردار بودند (جدول ۲). این نتایج با گزارشات (Irshad et al. (2002) مطابقت دارد.

شش رقم گندم مورد بررسی در این آزمایش از لحاظ میزان جذب دو عنصر سدیم و پتاسیم تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۱). در این بین ارقام گاسکوژن و شیرازی به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان سدیم و ارقام الوند و مهدوی به ترتیب از بیشترین و کمترین مقدار جذب پتاسیم برخوردار بودند (جدول ۲). تفاوت در میزان جذب این عناصر در ارقام با تفاوت در ساختار ژنتیکی آنها مرتبط است.

در طی اعمال تنش شوری و با بالا رفتن سطح شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی مولار اثر متقابل شوری و رقم تنها در مورد پتاسیم معنی‌دار بود (جدول ۱). در این بین رقم گاسکوژن در سطح شوری شاهد به میزان ۲/۰۸ میلی گرم در گرم ماده خشک و رقم مهدوی در سطح شوری ۳۰۰ میلی‌مولار به میزان ۰/۳۰ میلی گرم در گرم ماده خشک به ترتیب از بیشترین و کمترین میزان پتاسیم برخوردار بودند (شکل‌های ۴ و ۵).

Yeo and Flowers (1983) گزارش کردند که عامل اصلی خسارت ناشی از تنش شوری در برنج بالا رفتن

جدول ۳. همبستگی بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، عناصر سدیم و پتاسیم و با تنظیم‌کننده‌های اسمزی

Table 3. Correlation coefficients between antioxidant activity, sodium, potassium and osmotic components

پتاسیم	سدیم	کلروفیل	کربوهیدرات	پرولین	وزن بوته	کاتالاز	گاپاکول	آسکوربات	
K	Na	Chl.	Carbohydrate	Proline	Plant W.	CAT	GPX	APX	
								1	آسکوربات پراکسیداز
							1	-0.176	گاپاکول پراکسیداز
						1	0.113	0.36**	کاتالاز
					1	0.216*	0.467**	-0.162	وزن بوته
				1	-0.719**	-0.15	-0.61*	0.21*	پرولین
			1	0.090	-0.223*	-0.45**	-0.138	0.1007	کربوهیدرات
		1	-0.245*	-0.209*	0.295*	0.24*	0.22*	0.23*	کلروفیل
	1	-0.30**	0.286*	0.502**	-0.615**	-0.091	-0.176	0.091	سدیم
1	-0.74*	0.316**	-0.182	-0.75*	-0.74*	0.008	-0.47**	-0.21*	پتاسیم

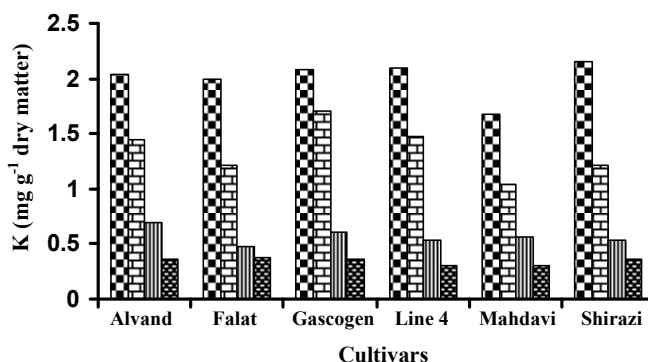
ns, * و **، به ترتیب نشان‌دهنده معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ و عدم معنی‌دار بودن می‌باشد

ns, * and ** means non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

نتیجه گیری

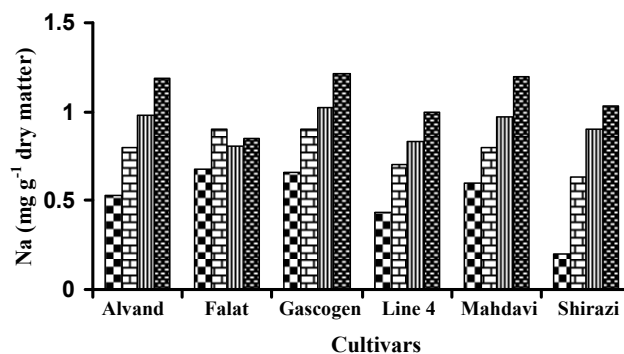
شرایط لازم را برای جذب آب و املاح معدنی در گندم فراهم نموده است. در این آزمایش ارقام گندم فلات و مهدوی در بین شش رقم گندم مورد بررسی از بالاترین فعالیت آنزیم APX و تجمع مقادیر مناسبی از کربوهیدرات و پرولین در بخش هوایی خود برخوردار بودند. این امر شرایط لازم برای جذب بیشتر پتاسیم و مقدار کمتر سدیم را برای آنها فراهم نمود.

گندم همانند بسیاری دیگر از گیاهان زراعی از مکانیسم‌های متعددی جهت مقابله با تنش شوری استفاده می‌کند. براساس نتایج بدست آمده در این آزمایش، مکانیسم تنظیم اسمزی (به کمک دو ترکیب آلی کربوهیدرات و پرولین) در مرحله گیاهچه‌ای بسیار کارا تر و موثرتر از افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان عمل کرده و



شکل ۴. اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر میزان پتاسیم اندام‌های هوایی. سطوح شوری عبارت بودند از صفر (□)، ۱۰۰ (▨)، ۲۰۰ (▩) و ۳۰۰ (▧) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم.

Fig 4. Interaction between salinity and cultivar on shoot potassium content. The salinity levels were 0 (□), 100 (▨), 200 (▩) and 300 (▧) mM NaCl.



شکل ۵. اثر متقابل سطوح شوری و رقم بر میزان سدیم اندام‌های هوایی. سطوح شوری عبارت بودند از صفر (□)، ۱۰۰ (▨)، ۲۰۰ (▩) و ۳۰۰ (▧) میلی‌مولار نمک کلرید سدیم.

Fig 5. Interaction between salinity and cultivar on shoot sodium content. The salinity levels were 0 (□), 100 (▨), 200 (▩) and 300 (▧) mM NaCl.

منابع

- Alvesda Costa, P.H., Azevedo Neto. A.D., Alves Bezerra. M., Tarquinio paisco. J., Gomes-Filho, E., 2005. Antioxidative-enzymatic system of two sorghum genotypes differing in salt tolerance. *Plant Physiol.* 17(4), 353-361.
- Appel, K., Hirt, H., 2004. Reactive oxygen species: metabolism, oxidative stress and signal transduction. *Annu. Rev. Plant Biol.* 55, 373-399.
- Ashraf, M., Harris, P.J.C., 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. *Plant Sci.* 166, 3-16.
- Bates, S., Waldern, R.P., Teare, E.D., 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. *Plant and Soli*, 39: 205-207.
- Beers, G.R., Sizer, I.W., 1952. A spectrophotometric method for measuring the breakdown of hydrogen peroxide by catalase. *Biol. Chem.* 195, 133 – 140.
- Cavelierl, A.J., 1983. Proline and glycin-betain accumulation by *Sparina alterniflora* L. in response to NaCl and nitrogen in a controlled environment. *Oecologia.* 57, 20- 24.
- Chen, Z., Gallie, D.R., 2004. The ascorbic acid redox state controls guard cell signaling and stomata movement. *The Plant Cell.* 16: 1143-1162.
- Fedine, L.S., Popova, A.V., 1996. Photosynthesis, photorespiration and proline accumulation in water-stressed pea leaves. *Crop Sci.* 32, 213-220.
- Grattan. S. R., Grieve. C.M., 1999. Salinity – mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulture.* 78, 127-157
- Good .A., Zaplachinski, S., 1994. The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in *Brassica napus*. *Physiologia Plantarum*, 90, 9-14.
- Gosset, D.R., Millhollon. E.P., Lucas, M.C., 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt sensitive cultivars of cotton. *Crop Sci.* 34, 106-714.
- Harvey, D.M.R., 1985. The effects of salinity on ion concentrations within the root cells of *Zea mays* L. *Planta.* 165, 242-248.
- Irshad, M., Honna. T., Enejl. A.E., Yamamoto, S., 2002. Wheat response to nitrogen source under saline conditions. *J. Nutr.* 25, 2603-2612.
- Munns, R., 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell Environ.* 16, 15-24.
- Munns, R., 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell Environ.* 25, 239-250.
- Nakano, Y., Asada, K., 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidases in spinach chloroplasts. *Plants Cell Physiol.* 22, 867-880.
- Neill, S., Desika, R., Hancock, J., 2002. Hydrogen peroxide signaling curropin. *Plant Biol.* 5, 388- 395.
- Rhoades, J.D., Loveday. J., 1990. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, B.A, Nilesen D.R. (Eds.), *Civil Engineers Irrigation of Agricultural Crops.* Am. Soc. Agron. Madison, WI, Monograph. 30, 1089-1142.
- Sairam, R.K., Rao, K.V., Srivastava, G.C., 2002. Differential response of wheat genotypes to long-term salinity stress in relation to oxidative stress. Antioxidant active and osmolyte concentration. *Plant Sci.* 163, 1037-1046.

- Schlegel, H.G., 1956. Die verwertung organischer sauren durch chlorella in lincht. *Planta*, 47, 510.
- Sultana, N., Ikeda, T., Itoh, R., 1999. Effect of NaCl on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice. *Environ. Exp. Botany* 42, 211-220.
- Urbanek, H., Kuzniak–Gebarowska, E., Herka, K., 1991. Elicitation of defense responses in bean leaves by *Botrytis cinerea* polyglacturonase. *Acta Phys. Plant.* 13, 43–50.
- Yeo, A.R., Flowers. T.J., 1983. Varietal differences in the toxicity of sodium ions in rice leaves. *Physio. Plant*, 56, 543- 548.



Studying the effects of different salinity levels on physiological reactions and sodium and potassium uptake in wheat

M. Heidari¹, F. Mesri²

1. Assistant Professor. Agronomy and Plant Breeding Dept., University of Zabol.
2. B.Sc of Agricultural Biotechnology Institute, University of Zabol

Abstract

Drought stress is one of the most important environmental factors in reducing growth, development and production of plants. To evaluate the effect of different salinity levels on antioxidant enzymatic activity (CAT, APX and GPX), sodium and potassium uptake and two organic compounds (carbohydrate and proline) in six wheat cultivars at seedling stage, a factorial experiment based on CRD was conducted with three replications at Biosynthesis Research Centre of Zabol University in 2007. The treatments were salinity at four concentrations including 0, 100, 200 and 300 mM NaCl and six wheat cultivars (Alvand, Falat, Gaskojen, Line4, Mahdavi and Shirazi). Results showed that increasing salinity level from 0 to 300 mM NaCl significantly increased the activity of only APX antioxidant enzyme, while decreased the activity of the two other antioxidant enzymes. Among the cultivars, Falat and Mahdavi had the highest level of APX activity at 300mM salinity level. Increased salinity levels enhanced carbohydrate and proline concentrations in all six cultivars. Among the cultivars, Alvand, Gaskojen, Lain4 and Shirazi which had the lowest APX enzyme activity, showed the highest carbohydrate and proline concentrations. Salinity caused reduction in potassium and an increase in sodium uptake. Falat and Mahdavi cultivars had the best controlling on sodium and potassium uptake due to possessing the highest APX activity as well as a desirable carbohydrate and proline content in aboveground parts especially at S₃ salinity level. From the results of this study it can be deduced that osmotic adjustment is more effective in conferring the salinity tolerance to wheat cultivars than the antioxidant enzyme activity at seedling stage.

Keywords: salinity, antioxidant-enzymes, sodium and potassium, osmotic regulators, wheat