

آماده انتشار

بهبود سطح تحمل شوری گیاه جو (*Hordeum vulgare*) با بهره‌گیری از هتروزیس

چکیده

شوری از مهم‌ترین عوامل محیطی است که به شدت از رشد گیاه ممانعت می‌کند. به منظور بهبود سطح تحمل شوری گیاه جو از طریق دورگ‌گیری، دو رقم جو بهاره بنام‌های ریحان (حساس) و افضل (متحمل) و دورگ حاصل از آنها، در سه سطح شوری (۰، ۱۰ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) و در گلخانه، به‌صورت یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کاشته شدند. میزان پرولین، فعالیت کمی آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز، میزان سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم و بالعکس، برای کلیه تیمارها اندازه‌گیری شدند. میزان سدیم، میزان پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم، هتروزیس والد برتر و آنزیم کاتالاز، هتروزیس برپایه میانگین والدین نشان دادند. برای نسبت سدیم به پتاسیم، پرولین و پراکسیداز هیچ نوع هتروزیسی مشاهده نشد. در پایان، سطح شوری سوم (۲۰ دسی‌زیمنس بر متر) مناسب‌ترین سطح برای بررسی وضعیت هتروزیس گیاهان حاصل از تلاقی بین ارقام حساس و متحمل بود. با توجه به هتروزیس‌های مشاهده شده می‌توان از طریق تلاقی‌های هوشمند در جهت بهبود تحمل شوری گیاهان اقدام کرد.

واژه‌های کلیدی: شوری، دورگ‌گیری، پرولین، پراکسیداز، کاتالاز، سدیم.

مقدمه

در حدود ۶ درصد از سطح کره زمین به واسطه عوامل طبیعی و آب آبیاری از شوری رنج می‌برد (ماتیوس و ساندروز، ۲۰۰۱). ایجاد گیاهان متحمل به شرایط شور نیازمند درک مکانیسم‌های تحمل شوری است (ویستوسکایا و همکاران، ۲۰۱۰). شاید اولین مطالعه برای ارزیابی توارث تحمل شوری، از طریق تلاقی بین گونه‌ای *Lycopersicon esculentum* و *L. pimpinellifolium* در سال ۱۹۴۱ و توسط لیون انجام شد (فلاورز، ۲۰۰۴). اطلاعات بدست آمده از این تحقیق نشان داد که عملکرد دورگ حاصله نسبت به والدین، به افزایش شوری (سولفات سدیم) بسیار حساس است. دورگ حاصل از تلاقی *L. esculentum* با ۳ گونه وحشی *L. cheesmanii*، *L. peruvianum* و *L. pennellii* پدیده هتروزیس را در صفت طول ساقه تحت شرایط تنش شوری (کلرید سدیم) نشان داد. استفاده از تلاقی بین جنسی *Festuca arundinacea* (به عنوان گیاه متحمل به خشکی) و *Lolium multiflorum* (به عنوان گیاه حساس به خشکی) نشان داد دورگ حاصل واجد خصوصیات حدواسط است (توماس و همکاران، ۱۹۹۹). حساسیت به آب‌کشیدگی بذر در دورگ بین گونه‌ای *Coffea pseudozanguedariae* (متحمل) و *C. liberica* (حساس) بصورت حدواسط بروز پیدا کرد (دوسرت و همکاران، ۲۰۰۴). این مثال‌ها نشان

می‌دهند به واسطه تغییراتی که در طی تکامل فردی (اونتوژنی) یک گیاه ایجاد می‌شود، ارزیابی تحمل تنش‌ها و ارتباط آن با صفات قابل اندازه‌گیری گیاه پیچیده است. با وجود این، مدارکی دال بر وجود اثرات هتروزیس، غالبیت و افزایشی برای یک صفت پیچیده ژنتیکی قابل ارایه است (فلاورز و همکاران، ۱۹۹۴).

گیاهان راه‌های گوناگون و متعددی را جهت مقابله با تنش شوری و یونی برای داشتن وضعیت مناسبی از نظر توزیع یون در سطح گیاه و سلول مورد استفاده قرار می‌دهند (عسکری، ۱۹۹۹). در گیاه جو انتقال کلر به شاخساره در رقم حساس ۲ تا ۷/۱ برابر ارقام متحمل است (گرین‌وی و همکاران، ۱۹۶۵). جذب بیشتر پتاسیم نسبت به سدیم در ایجاد تحمل نسبت به شوری در اغلب گلکوفیت‌ها مهم است (گرین‌وی و مانز، ۱۹۸۰). مطالعات نشان داده‌اند که سدیم در فرآیند جذب، رقیب پتاسیم است (گرین‌وی و همکاران، ۱۹۶۵). در گیاه جو تنظیم مجموع دو یون (Na + K) بیشتر از غلظت‌های مجزای آنها (Na, K) مورد توجه است (گرین‌وی و همکاران، ۱۹۸۰). حسن و همکاران (۱۹۷۰) دریافتند که غلظت پتاسیم در همه اندام‌های جو و ذرت در سطح پائین شوری افزایش یافته است اما زمانی که غلظت نمک افزایش پیدا کرد، میزان پتاسیم گیاه نیز کاهش یافت. در مجموع به نظر می‌رسد که در گیاهان متحمل نسبت به شوری، با افزایش جذب سدیم، میزان پتاسیم آنها تا حدودی کاهش می‌یابد ولی گونه‌های حساس به شوری همراه با افزایش جذب سدیم میزان پتاسیم خود را تا حدی افزایش می‌دهند (بنلوک و همکاران، ۱۹۹۴). تجمع پرولین با تحمل تنش خشکی در جو در ارتباط است (فلاورز و همکاران، ۱۹۹۴). میزان پرولین در پاسخ به تنش شوری افزایش می‌یابد. ولی نوع شوری، میزان شوری و عوامل بیوشیمیایی دیگر هم بر آن اثر گذار هستند. در بین اسیدآمین‌های آزاد موجود در برگ‌های مواجه به کمبود آب، افزایش پرولین بیشترین مقدار را دارد (کوهن و همکاران، ۱۹۸۰). میزان تجمع پرولین با پروتئین محلول در سیتوپلاسم در ارتباط بوده و در مقابله با تنش‌ها مفیدتر است (ووت‌برگ و استیوارت، ۱۹۸۴).

پژوهشگران مختلف گزارش کرده‌اند که فعالیت پراکسیداز در ارقام حساس به شوری، تحت تنش شوری افزایش می‌یابد ولی واضح نیست که افزایش مشاهده شده در فعالیت پراکسیداز در اثر تنش شوری، بر اثر افزایش فعالیت ژن‌های رمزکننده پراکسیداز یا افزایش فعالیت آنزیم‌های موجود است (علی‌احمد کروری و معقولی، ۱۹۹۶).

تأثیر آنزیم پراکسیداز بر آب اکسیژنه طبق فرمول روبرو انجام می‌شود:

$$H_2O_2 + AH_2 \rightarrow A + 2H_2O$$

آنزیم پراکسیداز وقتی واکنش نشان می‌دهد، که مقدار ماده سمی آب اکسیژنه در محیط کم است ولی آنزیم کاتالاز وقتی واکنش نشان می‌دهد که میزان ماده سمی آب اکسیژنه در محیط زیاد است. از مجموع مطالعات انجام شده چنین بر می‌آید که تغییرات دو آنزیم پراکسیداز و کاتالاز هم جهت با هم صورت نمی‌گیرد. زمانیکه پراکسیداز از نظر تعداد آیزوایزیمها و فعالیت، در نقطه حداکثر خود است، کاتالاز، یا وجود نداشته یا فعالیت بسیار

کمی دارد (علی احمد کروری و متینی زاده، ۱۹۹۳). سهو و ساهو (۱۹۹۳) نشان دادند که در برنج تحت تنش شوری، فعالیت کاتالاز در دو روز اول بتدریج افزایش می یابد، ولی پس از آن تا آخر دوره آزمایش کاهش پیدا می کند. هدف از این تحقیق، ارزیابی برخی ویژگی های مرتبط با تحمل شوری در دورگ F_1 حاصل از تلاقی دو رقم جو متحمل (افضل) و حساس (ریحان) و بررسی وضعیت هتروزیس است. از سوی دیگر، هدف تعیین بهترین صفتی است که بیشترین هتروزیس را نشان داده و بتواند ما را در اصلاح جو از طریق دورگ گیری کمک نماید.

مواد و روش ها:

در این پژوهش دو رقم جو بهاره افضل (متحمل) و ریحان (حساس) که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شده بودند، در شرایط گلخانه ای و در گلدان های ۳ کیلویی کاشته شده و سپس بین دو رقم فوق، تلاقی صورت گرفت (جهت اطمینان از درستی تلاقی علاوه بر صفات فیزیولوژیک، صفات ظاهری نیز ارزیابی شده و دورگ بودن نتاج اثبات شد). بذور F_1 و والدین در گلدان های مجزا و در سه تکرار کاشته شدند. در مرحله پنجه زنی (۲۱ روز پس از کاشت)، اعمال تنش شوری آغاز گردید. برای اعمال تنش، مخلوط نمک طعام و کلرور کلسیم به نسبت ۱۰ به ۱ در آب آبیاری به صورت محلول درآمده و گلدان ها با این محلول آبیاری شدند، سطوح شوری مورد استفاده (شاهد)، ۱۰ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر بود. اعمال تنش بصورت تدریجی و بر مبنای ۵ دسی زیمنس بر متر در هر روز بود تا سطوح شوری مورد نظر حاصل شود. ۱۰ روز پس از اعمال تنش، نمونه برداری ها شروع شد. برای اندازه گیری میزان سدیم و پتاسیم از روش شعله سنجی و برای اندازه گیری پرولین از روش بیتس و همکاران (۱۹۷۳) استفاده گردید. برای اندازه گیری میزان فعالیت کمی دو آنزیم پراکسیداز و کاتالاز نیز از روش تغییر یافته چانس و ماهلی (۱۹۹۵) استفاده شد. در نهایت داده های بدست آمده با نرم افزارهای SAS, MSTATC و Excel تجزیه و تحلیل شدند. برای ارائه نتایج و بحث دو نوع نمودار طراحی و رسم شدند. در یک نمودار تغییرات هر صفت براساس میانگین سه سطح شوری و در نمودار دوم روند تغییرات هر صفت در سه سطح شوری بررسی شدند. همچنین جهت سهولت در بحث، صفات اندازه گیری شده در دو بخش صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی دسته بندی شدند (از آنجائیکه شاهد در آزمایش، عدم اعمال تنش فرض شده است. بنابراین مقایسه والدین و دورگ طی آزمایش و با استفاده از صفات مختلف انجام شده است).

نتایج و بحث :

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی در جدول ۱ ارائه شده است. نتایج نشان دادند اثر شوری روی سدیم، نسبت پتاسیم به سدیم، نسبت سدیم به پتاسیم و پرولین در سطح ۱ درصد و بر پراکسیداز در سطح ۵ درصد

معنی دار بود. اثر شوری در مورد کاتالاز و پتاسیم معنی دار نبود. این نتیجه بیانگر این است که شوری اعمال شده، نتوانسته است بر میزان فعالیت کمی کاتالاز و مقدار پتاسیم اثر بگذارد. این در حالی است که بر اساس نتایج حاصله می‌توان اذعان کرد که بقیه صفات قابلیت تبیین اثر شوری روی گیاه را دارند. ژنوتیپ‌ها فقط از نظر مقدار پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و پرولین اختلاف معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) را نشان دادند. اثر متقابل ژنوتیپ و شوری به جز در مورد نسبت پتاسیم به سدیم و کاتالاز، در بقیه ویژگی‌های مورد بررسی، اختلاف آماری معنی‌داری (در سطح ۵ و ۱ درصد) را نشان دادند که مبین این است که بعضی ژنوتیپ‌ها از نظر بعضی ویژگی‌ها، در سطوح مختلف شوری، عکس العمل متفاوتی از خود نشان داده‌اند. با توجه به نتایج جدول ۲ مشاهده می‌شود که در سطح شوری صفر (شاهد) میزان پتاسیم دورگ با ژنوتیپ حساس اختلاف معنی‌داری دارد ولی با رقم مقاوم اختلاف معنی‌داری ندارد. در سطح شوری سوم نیز اختلاف بین دورگ و ژنوتیپ حساس معنی‌دار بوده ولی با ژنوتیپ مقاوم اختلاف معنی‌داری ندارد. در مورد صفت پرولین نیز در سطح شوری دوم، دورگ با ژنوتیپ حساس اختلاف معنی‌دار ندارد ولی با رقم مقاوم اختلاف معنی‌دار است. به نظر می‌رسد مقاومت دورگ از رقم مقاوم منتقل شده و صفات پرولین و پتاسیم بهترین صفات در نشان دادن این انتقال است و گیاه جو تعدیل اسمزی خود را بیشتر با استفاده از افزایش غلظت پتاسیم انجام می‌دهد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده در سطوح مختلف شوری

منابع تغییرات	درجه آزادی	واریانس						
شوری	۲	ی	کاتالاز	پراکسیداز	پرولین	سدیم به پتاسیم	پتاسیم به سدیم	پتاسیم
			۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۷*	۴/۵۴۷**	۰/۷۱۸**	۳/۰۷۵**	۰/۰۶۷۵ ^{ns}
ژنوتیپ	۲		۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۴ ^{ns}	۰/۷۰۰**	۰/۰۰۴**	۰/۰۹۹ ^{ns}	۴/۱۵۵**
اثر متقابل	۴		۰/۰۰۱ ^{ns}	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۶**	۰/۰۱۸**	۰/۱۲۲ ^{ns}	۱/۶۳۰*
خطا	۱۸		۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	۹/۶۴۴	۰/۱۵۸	۰/۰۶۸	۵۹/۲۷
ضریب تغییرات (%)	۱/۱۶	۴/۱۵	۶/۵۰	۱۲/۳۹	۱۵/۶۰	۱۱/۸۴	۱۵/۶۶	۹۶/۹۸۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح آماری ۰/۰۱ و ۰/۰۵ و ^{ns} معنی‌دار نیست.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل ژنوتیپ و شوری

شوری (دسی زیمنس بر متر)	ژنوتیپ	سدیم	پتاسیم	نسبت سدیم به پتاسیم	نسبت پتاسیم به سدیم	پرولین	پراکسیداز	کاتالاز
	مقاوم	۱۰/۸۸ c	۳۸/۵۱ ab	۰/۳۰ e	۳/۴۶ b	۲۶/۰۸ de	۰/۲۷۵ bc	۰/۰۵۲ a

۰	حساس	۶/۹۷ c	۱۹/۷۷ c	۰/۳۶ de	۳/۶۷ b	۲۳/۹۳ e	۰/۳۴۸ ab	۰/۰۴۲ a
	دورگ	۸/۴۳ c	۵۰/۳۱ a	۰/۱۷ e	۶/۰۱ a	۲۱/۵۴ e	۰/۲۱۱ c	۰/۰۵۸ a
	مقاوم	۳۴/۱۴ ab	۳۴/۶۴ b	۱/۰۱ bcd	۱/۰۱ c	۳۴/۲۵ bc	۰/۳۰۰ abc	۰/۰۵۷ a
۱۰	حساس	۲۷/۶۲ b	۳۴/۴۲ b	۰/۸۲ cde	۱/۲۹ c	۳۰/۹۴ cd	۰/۳۳۲ abc	۰/۰۵۱ a
	دورگ	۳۵/۸۶ ab	۳۱/۶۲ b	۱/۱۴ bc	۰/۸۸ c	۲۶/۹۰ de	۰/۲۸۱ abc	۰/۰۳۳ a
	مقاوم	۴۳/۵۳ ab	۲۸/۷۳ bc	۱/۵۳ ab	۰/۶۵ c	۴۳/۱۷ a	۰/۳۹۶ a	۰/۰۴۷ a
۲۰	حساس	۳۵/۸۲ ab	۲۰/۷۹ c	۱/۸۶ a	۰/۶۴ c	۴۰/۴۹ ab	۰/۳۸۰ ab	۰/۰۵۰ a
	دورگ	۳۵/۴۳ a	۳۸/۳۹ ab	۱/۴۴ abc	۰/۸۵ c	۳۵/۹۳ abc	۰/۳۵۲ ab	۰/۰۵۹ a

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم معنی داری در سطح ۵ درصد می باشد.

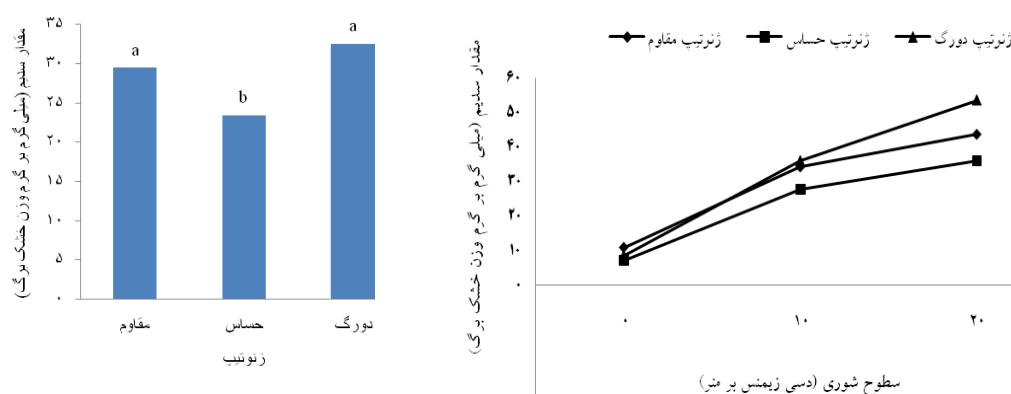
صفات فیزیولوژیک:

میزان یون سدیم در والد متحمل (افضل) بالاتر از والد حساس (ریحان) بود (اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد). تنش شوری رقم متحمل را کمتر از رقم حساس تحت تاثیر قرار می دهد و غلظت یون سدیم کمتر در اندام هوایی رقم حساس در جو گزارش شده است (تدین و امام، ۲۰۰۷). وجود سدیم بالا در برگ های والد متحمل قابل توجهی است و با همین استدلال در والد حساس بایستی سدیم کمتری تجمع یابد که نتایج حاصل از این تحقیق این مطلب را تایید می نماید. نتاج دورگ حاصل از تلاقی والدین متحمل و حساس، میزان سدیم بالاتر از هر دو والد داشتند، یعنی هتروزیس والد برتر برای این صفت مشاهده شد (شکل ۲). روند تغییرات میزان یون سدیم در سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که در اثر افزایش میزان شوری میزان تجمع سدیم در والدین و دورگ افزایش می یابد ولی شیب این افزایش در دورگ تندتر از والدین بود. با توجه به روند تغییرات، بنظر می رسد بروز هتروزیس در سطوح دوم و سوم شوری محتمل تر است (شکل ۱). در بررسی های توران و همکاران (۲۰۱۰) روی گیاه ذرت نیز افزایش میزان سدیم در اندام هوایی با افزایش شوری مشاهده شده است.

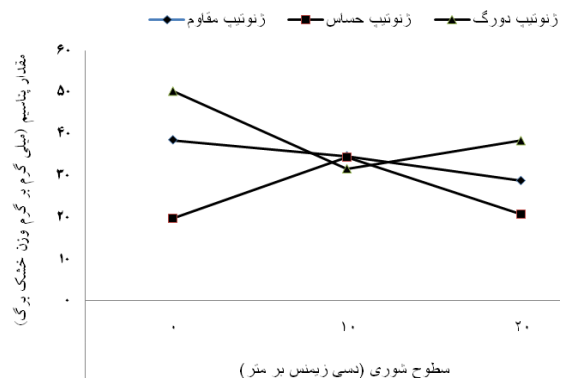
میزان یون پتاسیم در والد متحمل بالا ولی در والد حساس، پائین (اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد) بود. با توجه به نتایج گرینوی و مانس (۱۹۸۰)، احتمالاً تنظیم مجموع دو یون سدیم و پتاسیم بیشتر از غلظت مجزای آنها در گیاه جو مهم باشد. از این جهت، گیاه جو متحمل ضمن افزایش جذب سدیم، با بالا نگهداشتن سطح پتاسیم باعث می شود که نسبت پتاسیم به سدیم به حدی کاهش نیابد که منجر به مرگ آن شود، ولی والد حساس نتوانسته میزان یون پتاسیم را بالا نگهدارد. نکته قابل توجه اینکه نتاج دورگ حاصله، حتی میزان پتاسیم بالاتری از والد متحمل دارند و از این جهت هتروزیس والد برتر نشان دادند (شکل ۴). بررسی روند تغییرات میزان یون پتاسیم در سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که در اثر افزایش میزان شوری، کاهش یون پتاسیم در والد متحمل بطور منظم، ولی در والد حساس، افزایش و سپس کاهش داشته است. در نتاج دورگ، ابتدا کاهش شدید و سپس افزایش ملایم میزان

پتاسیم دیده شد. به عبارتی، در اثر شوری سطح دوم، کاهش شدید در میزان پتاسیم دیده شد ولی در سطح بالاتر شوری میزان پتاسیم افزایش یافت. با توجه به روند تغییرات به نظر می‌رسد بروز هتروزیس در سطح سوم شوری محتمل‌تر است (شکل ۳). نتایج مشابهی توسط توران و همکاران (۲۰۱۰) در ذرت گزارش شده‌است. آنها عنوان نمودند که با افزایش شوری، محتوای پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم اندام هوایی ذرت افزایش یافت. نسبت یون‌های سدیم به پتاسیم در والدین متحمل و حساس اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد نشان دادند. در حالیکه در نتاج دورگ این نسبت از هر دو والد کمتر است، یعنی در مورد این صفت هتروزیسی مشاهده نشد (شکل ۶). روند تغییرات این نسبت بر خلاف تغییرات آن منظم است و هر سه گروه ژنوتیپی، تقریباً روند صعودی نشان دادند، هرچند شدت افزایش برخی بیشتر بود (شکل ۵). این صفت در بسیاری از مقالات بررسی نشده و اطلاعات زیادی نیز موجود نیست، ولی حداقل معکوس بودن آن با نسبت پتاسیم به سدیم باعث اثبات درستی بررسی‌ها می‌تواند باشد.

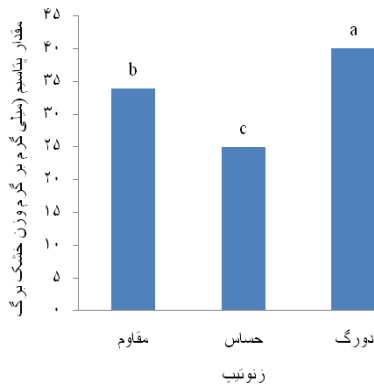
دو والد متحمل و حساس اختلاف معنی‌داری را از نظر نسبت یون‌های پتاسیم به سدیم نشان ندادند ولی در دورگ حاصله از این دو گروه ژنوتیپی، مقدار این نسبت بطور معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) بیشتر از هر دو والد بود، یعنی احتمال هتروزیس والد برتر برای این نسبت وجود دارد (شکل ۸). روند تغییرات این نسبت برخلاف تغییرات آن منظم است هرچند روند نزولی در نتاج دورگ بخصوص بین دو سطح اول شوری شدیدتر است (شکل ۷). آنچه که در اینجا قابل بحث است این است که والد حساس و متحمل از لحاظ نسبت سدیم به پتاسیم اختلاف معنی‌داری داشتند، ولی در مورد نسبت پتاسیم به سدیم این اختلاف معنی‌دار نبود. با این وجود عکس‌العمل نتاج دورگ نشان‌دهنده یک روند مطلوب از نظر اصلاح برای این تنش می‌باشد (گرین‌وی و مانس ۱۹۸۰). توران و همکاران (۲۰۱۰) هم در بررسی‌های خود روی گیاه ذرت عنوان کردند که شوری و افزایش آن به سطوح بالاتر باعث کاهش معنی‌داری در نسبت پتاسیم به سدیم شد که این کاهش در نسبت پتاسیم به سدیم را به خاطر خاصیت آنتاگونیستی بین سدیم و پتاسیم عنوان کرده‌اند.



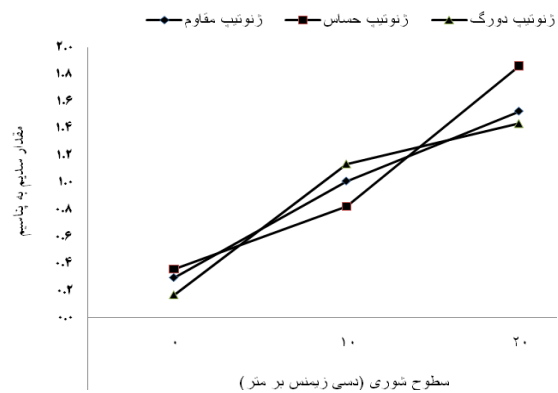
شکل ۱- روند تغییرات میزان سدیم در سطوح مختلف شوری



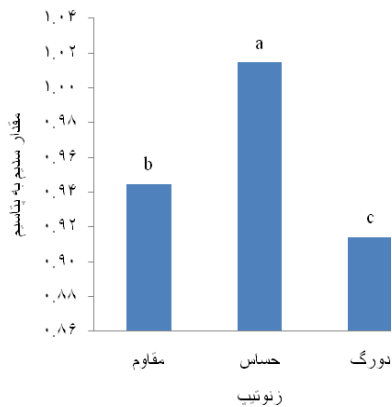
شکل ۲- تغییرات میزان سدیم در میانگین سه سطح شوری



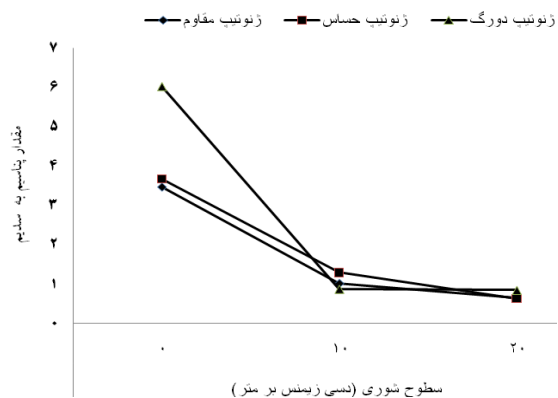
شکل ۳- روند تغییرات میزان پتاسیم در سطوح مختلف شوری



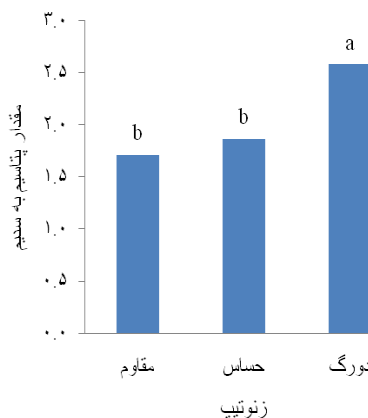
شکل ۴- تغییرات میزان پتاسیم در میانگین سه سطح شوری



شکل ۵- روند تغییرات نسبت سدیم به پتاسیم در سطوح مختلف شوری



شکل ۶- تغییرات نسبت سدیم به پتاسیم در میانگین سه سطح شوری



شکل ۷- روند تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم در سطوح مختلف شوری

شکل ۸- تغییرات نسبت پتاسیم به سدیم در میانگین سه سطح شوری

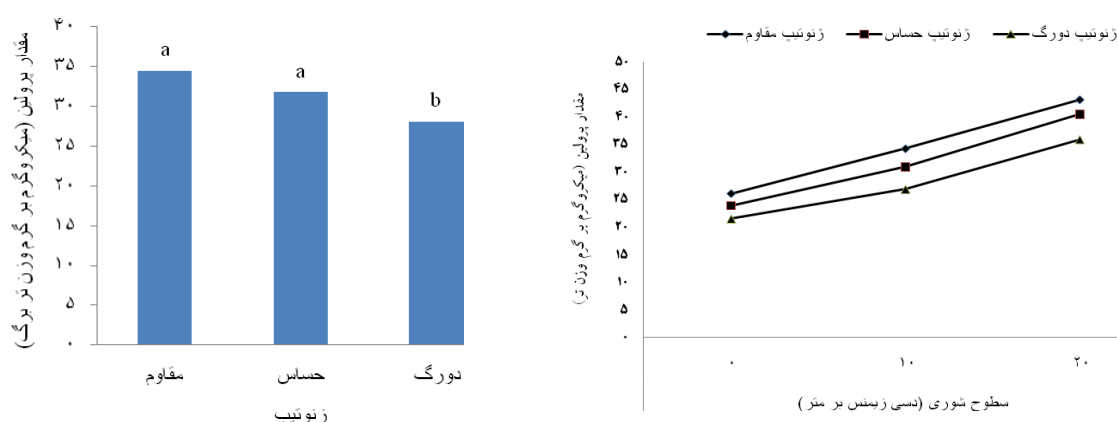
صفات بیوشیمیایی:

میزان اسید آمینه آزاد پرولین در والد متحمل بالاتر از والد حساس بود که با توجه به میزان بالای سدیم در همین والد قابل توجه است، چرا که وقتی سدیم زیادی جذب می شود، گیاه جو آنرا به واکوئل هدایت می کند و جهت حفظ تعادل اسمزی گیاه با صرف انرژی به تولید پرولین در سیتوپلاسم اقدام می کند (کوهن و همکاران، ۱۹۸۰)، ولی در والد حساس افزایش پرولین کمتر است چون جذب و حجره بندی سدیم کمتر است. با اینحال میزان پرولین بین والد حساس و متحمل، از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نشان نداد. با توجه به تحقیقات کوهن و همکاران (۱۹۸۰) که افزایش سنتز پرولین در اثر تنش شوری و خشکی را گزارش کرده اند، این اسید آمینه می تواند در حفظ تعادل اسمزی سلولی نقش بسزائی داشته باشد. در نتاج دورگ نیز میزان پرولین از هر دو والد کمتر بوده و هتروزیسی دیده نشد، هرچند اختلاف آن با والد حساس معنی دار نبود ولی اختلاف معنی داری بین نتاج دورگ و والد متحمل دیده شد، یعنی نه تنها هتروزیسی مشاهده نشد بلکه حتی میزان پرولین نتاج دورگ از والد حساس نیز کمتر شده است (شکل ۱۰). روند تغییرات میزان پرولین در سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که در اثر افزایش میزان شوری میزان افزایش پرولین در دو والد حساس و متحمل و نتاج دورگ منظم و رو به بالاست (شکل ۹) و بنابراین می توان گفت که پرولین یک اسید آمینه حساس به تنش است.

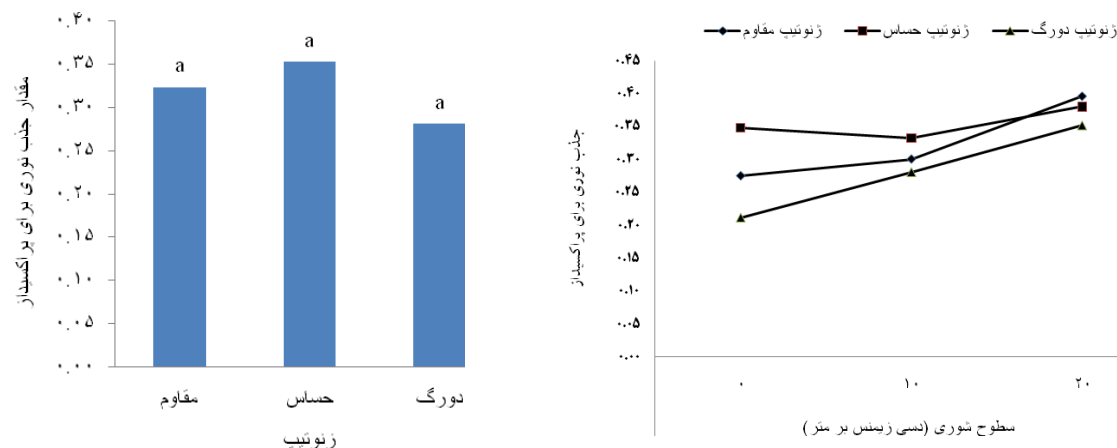
میزان فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز در والد حساس بالاتر از والد متحمل است (اختلاف معنی دار در سطح ۵ درصد) که به علت تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری در گیاه است، چون گیاه حساس آسیب بیشتری از تنش اکسیداتیو متحمل می شود، از این جهت تولید آنزیم پراکسیداز جهت دفع پراکسید هیدروژن بیشتر است. مطالعات کرووری و معقولی (۱۹۹۶) نیز نشان داده که آنزیم پراکسیداز آنزیم پاسخ دهنده به دمای پائین و شوری است. در نتاج دورگ نیز میزان پرولین از هر دو والد کمتر است و هتروزیسی دیده نمی شود، هرچند اختلاف آن با والد متحمل معنی دار نیست ولی اختلافش با والد حساس معنی دار است (شکل ۱۲). روند تغییرات این صفت بر خلاف تغییرات آن بسیار منظم و در هر سه سطح شوری تقریباً روند صعودی دارد ولی در نتاج دورگ این روند افزایشی شدیدتر است (شکل ۱۱).

میزان فعالیت کمی آنزیم کاتالاز در والد متحمل بیشتر از والد حساس است (اختلاف معنی دار در سطح ۱ درصد). آنزیم پراکسیداز وقتی واکنش نشان می دهد که میزان پراکسید هیدروژن در محیط کم است ولی کاتالاز بالعکس است (علی احمد کرووری و متینی زاده ۱۹۹۳). با توجه به این مطلب، علت تولید کاتالاز کمتر در والد حساس احتمالاً بخاطر این است که چون پراکسیداز در سطح کمتری از پراکسید هیدروژن فعال شده و آنرا تجزیه کرده است، بنابراین نیازی به تولید بیشتر کاتالاز احساس نشده است. در نتاج دورگ میزان فعالیت کمی آنزیم کاتالاز بیشتر از

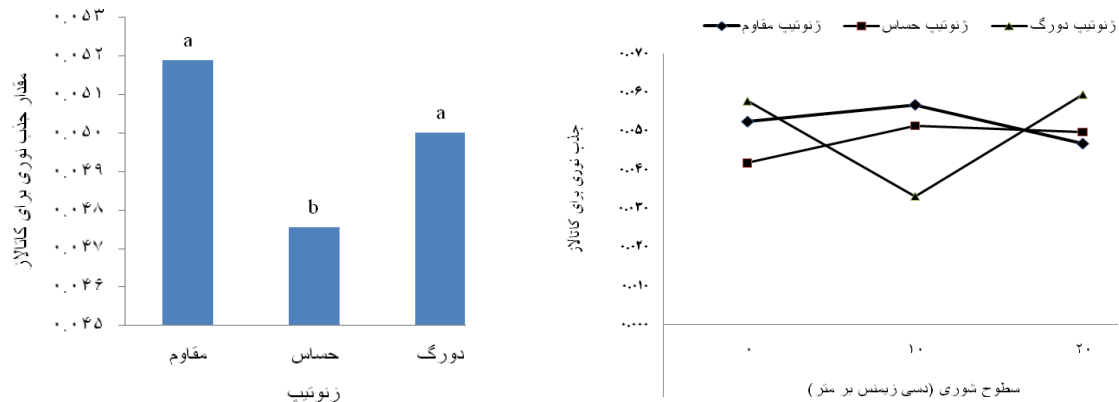
والد حساس ولی کمتر از والد متحمل است ولی میانگین فعالیت دو والد بیشتر است. بنابراین به نظر می‌رسد هتروزیس معمولی برای این صفت قابل پیش‌بینی است (شکل ۱۴). روند تغییرات میزان افزایش فعالیت کمی کاتالاز در سطوح مختلف شوری نیز نشان داد که در اثر افزایش میزان شوری میزان افزایش فعالیت کمی کاتالاز در والد حساس رو به بالا، ولی در والد متحمل ابتدا افزایش و سپس کاهش بود. در نتایج دورگ ابتدا افزایش و سپس بین دو سطح آخر شوری شیب بالعکسی به خود گرفته‌است. احتمالاً در سطوح بالاتر شوری پاسخ کاتالاز معکوس می‌شود. با توجه به روند تغییرات به نظر می‌رسد بروز هتروزیس در سطوح بالاتر شوری محتمل‌تر از سایر سطوح شوری است (شکل ۱۳).



شکل ۹- روند تغییرات میزان میزان فعالیت کمی اسید آمینه آزاد شکل ۱۰- تغییرات میزان اسید آمینه آزاد پرولین در میانگین سه سطح شوری



شکل ۱۱- روند تغییرات میزان فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز در سطوح مختلف شوری شکل ۱۲- تغییرات میزان فعالیت کمی آنزیم پراکسیداز در میانگین سه سطح شوری



شکل ۱۳- روند تغییرات میزان فعالیت کمی آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف شوری
شکل ۱۴- تغییرات میزان فعالیت کمی آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف شوری

نتیجه گیری:

با توجه به نتایج بدست آمده، بروز هتروزیس برای صفات مختلف در سطوح مختلف شوری رخ داد. به نحوی که هتروزیس برای صفت میزان سدیم در سطح سوم شوری و در مورد کاتالاز در سطح دوم شوری بروز کرد. بنابراین به نظر می رسد با توجه به تغییرات صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در والدین و نتاج و نیز با توجه به اینکه در سطح دنیا از ارقام دورگ جو استفاده می شود، می توان از طریق تلاقی های هوشمندانه نسبت به انتقال صفت تحمل به شوری به نسل های بعد اقدام کرد. بدیهی است با داشتن چنین اطلاعاتی، می توان گام موثری در جهت اصلاح برای مقاومت به شوری در گیاه جو برداشت.

منابع :

- Ali-Ahmad kroori, S. and Maagoli, F. 1996. Assesment the proteinic, enzymic and isoenzymic reaction of Haloxylon (*Haloxylon persicum*) to variation of some environmental agents (temperature, EC and pH). Pajooresh va Sazandegi Journal. 32: 16-19.
- Ali-Ahmad kroori, S. and Matinizadaeh, M. 1993. Quantitative and qualitative variations and interchanging of two peroxidase and catalase enzymes in scion and seeds of Larix. Pajooresh va Sazandegi Journal. 21: 4-7.
- Askari, H. 1999. Study of agronomic and chemical compositions of corn (*Zea mays* L.), sunflower (*Heliathus annuus* L.), sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and sesame (*Sesamunm indicum* L.) in different contents of sodium chloride and nitrogen. M.S. thesis of biology. Agriculture faculty. Shiraz University.
- Bates, L. W., Waldern, R. P. and Teare, L. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39: 205-207.
- Benlloch, M., Ojeda, M. A., Ramos, J. and Rodriguez- Navarro, A. 1994. Salt Sensivity and low discrimination between potassium and sodium in bean Plants. Plant and Soil. 166:117- 123.

- Chance, B. and Meahly, A. C.** 1995. Assay of catalase and peroxidase pp: 764-775. In: S. P. culowick, and N.O. Kaplan (eds). Methods in Enzymology. Academic press. Inc. New York.
- Chauhan, R. P. S., Chauhan, C. P. S. and Kumar, D.** 1980. Free proline accumulation in cereals in relation to salt tolerance. Plant and Soil. 57: 167-175.
- Chinnusamy, V., Jagendorf, A. and Zhu, J.** 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. Crop Science. 45:437-448.
- Dussert, S., Engelman, F., Louarn, J. and Noirot, M.** 2004. Inheritance of seed desiccation sensitivity in a coffee interspecific cross: evidence for polygenic determinism. Journal of Experimental Botany. 55(402):1541-1547.
- Flowers, T. J., Troke, P. F. and Yea, A. R.** 1994. The mechanism of salt tolerance in halophytes. Annual Review of Plant Physiology. 28: 89-121.
- Flowers, T. J.** 2004. Improving crop salt tolerance. Journal of Experimental Botany. 55(396):307-319.
- Greenway, H., Gunn, A., Pitman, M. G. and Thomas, D. A.** 1965. Plant response to saline substrates. VI. Chloride, Sodium and potassium uptake and translocation in young plants of *Hordeum Vulgare* L. during and after a short sodium Chloride treatment. Australian Journal of Biological Science. 15:39-57.
- Greenway, H. and Munns, R.** 1980. Mechanism of salt tolerance in nonhalophytes. Review Plant physiology. 31:149-190.
- Hassan, N. A. K., Drew, J. V., Kundson, D. and Olson, R. A.** 1970 a. Influence of soil salinity on production of dry matter and uptake and distribution of nutrient in barley and corn: I. Barley (*Hordeum Vulgare* L.) Agronomy Journal. 62: 43-45.
- Maathius, F. J. M. and Sanders, D.** 2001. Sodium uptake in Arabidopsis roots is regulated by cyclic nucleotides. Plant Physiology. 127:1617-1625.
- Sahoo, S. K. and Sahu, A. C.** 1993. Catalase, peroxidase and polyphenoloxidase activities during attached rice leaf senescence under NaCl-stress. Acta Botanica Hung. 38: 411-419 (Abstract).
- Tadaion, M. R. and Emam, Y.** 2007. Physiological and morphological reactions of two barley cultivar to salinity (*Hordeum vulgare*) stress and their relation to yield. Journal of Agriculture Science and techniques and natural resources. 1(A): 253-262.
- Thomas, H., James, A. R. and Humpherys, M. W.** 1999. Effects of water stress on leaf growth in tall fescue, Italian ryegrass and their hybrid: rheological properties of expansion zones of leaves, measured on growing and killed tissues. Journal of Experimental Botany. 50(331):221-231.
- Turan, M. A., Elkarim, A. H. A., Taban, N. and Taban, S.** 2010. Effect of salt stress on growth and ion distribution and accumulation in shoot and root of maize plant. African Journal of Agricultural Research. 5: 584-588.
- Voetberg, G. and Stewart, C. R.** 1984. Steady state proline levels of in salt-shocked barley leaves. Plant Physiology. 76: 567-570.
- Vystoskaya, L., Hedley, P. E., Sharipova G., Veselov D., Kudoyarva G., Morris J. and Jones H. G.** 2010. Effect of salinity on water relations of wild barley plants differing in salt tolerance. AoB PLANTS. 2010: 1-8.
- Winicov, J.** 1998. New molecular approaches to improving salt tolerance in crop plants. Annals of Botany. 82:703-713.

Improvement of salinity tolerance of barley (*Hordeum vulgare*) by heterosis exploitation

Abstract

In order to improve the salinity tolerance of barley plant through hybridization, two spring barley cultivars namely Reyhan (susceptible) and Afzal (tolerant) and their F1 hybrid were planted at three salinity levels (0, 10 and 20 dsm⁻¹) in greenhouse under a Factorial experiment with randomized complete block design with three replications. Proline content, quantitative activity of proxidase and catalase enzymes, sodium, potassium and sodium to potassium ratio and vice versa were measured for all of the treatments. Based on the results, heterobeltiosis (superior parent heterosis) was observed for sodium content, potassium content and potassium to sodium ratio, and for catalase enzyme there was an average of parents-based heterosis. For sodium to potassium ratio, proline and proxidase no heterosis was detected. Ultimately, the third salinity level was the most desirable level for heterosis status assessment of hybrid plants derived from the crossing between the susceptible and resistant cultivars. Given the observed heterosis, it is expected that the improvement of plants for salinity tolerance is possible through targeted crosses.

Keywords: Salinity, hybridization, Proline, Proxidase, Catalase, Sodium.