تحقیقات غلات
دوره هفتم/ شماره اول/ بهار ۱۳۹۶ (۱۵۳-۱۴۳)

بررسی عملکرد و شاخص‌های تحمل به شوری در لاین‌های پرمحصول جو تحت شرایط شور

مجید رجایی [۱*]، سیروس طهماسبی [۲] و محمود عطارزاده [۳]

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۳

چکیده

سطح زیر کشت جو به‌علت تحمل به خشکی و شوری در سال‌های اخیر در ایران افزایش یافته است. به‌منظور ارزیابی تعدادی از لاین‌های امیدبخش جو تحت شرایط شور و معرفی لاین‌های برتر، آزمایشی مزرعه‌ای در دو سال کشت پیاپی (۱۳۹۰-۱۳۸۹ و ۱۳۹۱-۱۳۹۰) در شهرستان زرین‌دشت انجام شد. در این آزمایش، رقم نیمروز به‌عنوان شاهد به‌همراه سیزده لاین امیدبخش جو در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. متوسط شوری خاک و آب محل انجام آزمایش به‌ترتیب حدود ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد دانه از لاین EBYT-79-10 (با میانگین عملکرد دو ساله ۵۰۹۵ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد که ۲۱/۳ درصد نسبت به شاهد آزمایش (با عملکرد ۴۱۷۳ کیلوگرم در هکتار) بیشتر بود. پس از آن لاین‌های L.527/Chn-01...، MBD-85-8، Karoon/Kavir//...، لاین چهار شوری یزد، MBD-85-6، ...//Rihanee"s" و Productive/Rojo به‌ترتیب با عملکرد ۴۷۴۰ ، ۴۷۰۵ ، ۴۵۷۵، ۴۴۷۰، ۴۳۹۰، ۴۲۷۵ و ۴۲۰۵ کیلوگرم در هکتار دارای عملکرد بالاتری از شاهد و سایر لاین‌ها دارای عملکرد کمتری از شاهد بودند. عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی همبستگی منفی و معنی‌داری با غلظت سدیم برگ و همبستگی مثبت و معنی‌داری با غلظت پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ نشان داد. در بین لاین‌های مورد بررسی، لاین EBYT-79-10 به‌دلیل داشتن عملکرد بیشتر، زودرسی قابل توجه، مصرف آب کمتر و تحمل به شوری مناسب به‌عنوان لاین برتر برای کاشت در منطقه زرین‌دشت داراب معرفی شد.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، تنش شوری، سدیم، کلر، لاین‌های امیدبخش

۱- استادیار، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۲- استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
۳- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران
* نویسنده مسئول: rajaie.majid@yahoo.com

مقدمه

تنش شوری از جمله عوامل محدود کننده عملکرد محصولات در جهان به‌شمار می‌رود و به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌عنوان یکی از اساسی‌ترین مشکلات بخش کشاورزی است (Munns, 2002). در این میان، ایران با دارا بودن اقلیم گرم و خشک از این امر مستثنی نیست، به‌نحوی که بیش از نیمی از زمین‌های قابل کشت آن (در حدود ۲۷ میلیون هکتار) از خاک‌های شور و قلیا تشکیل شده است (Rezvani Moghaddam and Koocheki, 2001). اصلاح خاک‌های شور و بهبود تکنیک‌های آبیاری از جمله روش‌های مدیریتی در خاک‌های شور هستند که به‌علت گرانی و مقطعی بودن به آسانی قابل استفاده نیستند (Ashraf, 1994; Shannon, 1997). غربال ژنوتیپ‌ها بخش مهمی از برنامه‌های اصلاح نباتات است که جهت جداسازی و شناسایی ارقام دارای ویژگی‌های برتر مانند تحمل به شوری استفاده می‌شود. هر چند که به‌علت شرایط ناهمگون و متغیر مزرعه، برخی آزمایش‌های مربوط به غربال‌کردن و معرفی ارقام متحمل به شوری در شرایط کنترل شده انجام گرفته است، اما ارزیابی مزرعه‌ای ارقام متحمل به شوری جهت معرفی رقم متحمل و سازگار با شرایط هر منطقه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Houshmand *et al.*, 2005).

علاوه بر عملکرد و اجزای آن، ویژگی‌های فیزیولوژیک نیز برای غربال ارقام متحمل به شوری استفاده می‌شوند. به‌عنوان مثال، دفع سدیم و تجمع آن در واکوئل‌ها، نسبت پتاسیم به سدیم و کنترل میزان انتقال سدیم از ریشه به اندام هوایی، از جمله ویژگی‌هایی هستند که به‌عنوان معیارهای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به شوری به‌کار رفته‌اند (Poustini and Siosemardeh, 2004; Houshmand, *et al.*, 2005). داداشی و همکاران (Dadashi *et al.*, 2007) ده لاین جو را جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری بررسی کردند و نشان دادند که شوری سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در نسبت سدیم به پتاسیم برگ شد. همچنین، ژنوتیپ‌های مورد مطالعه دارای آستانه حساسیت به تنش متفاوتی بودند و تعداد سنبلچه در سنبله مهم‌ترین جزء موثر بر عملکرد دانه تحت تنش شوری بود. طباطبایی و همکاران (Tabatabaei *et al.*, 2014) نیز تنش شوری ۱، ۷ و ۲۱ دسی‌زیمنس بر متر را بر مراحل مختلف رشد و عملکرد پنج رقم جو (افضل، نصرت، ریحان، لاین شماره ۴ متحمل به شوری و رودشت) مورد ارزیابی قرار دادند و گزارش کردند که شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در دانه ارقام جو شد. از لحاظ عملکرد نیز رقم افضل نسبت به سایر ارقام برتری داشت و دارای غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم دانه کمتری نسبت به سایر ارقام بود. افزایش میزان کلرید سدیم در خاک، باعث برهم زدن تعادل یونی و اختلال در جذب مواد غذایی می‌شود و امکان جذب بیشتر سدیم و کلر و جذب کمتر عناصری هم‌چون نیتروژن و پتاسیم توسط ریشه گیاه را فراهم می‌کند (Deinlein *et al.*, 2014). با توجه به این مطالب، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی عملکرد لاین‌های امیدبخش و پرمحصول جو، ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری و نیز معرفی بهترین لاین‌ها جهت کاشت تحت شرایط شور منطقه زرین‌دشت داراب انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه میزان عملکرد دانه لاین‌های امیدبخش و پرمحصول جو، آزمایشی تحت شرایط شور منطقه زرین‌دشت داراب با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع حدود ۱۱۵۰ متر از سطح دریا طی دو سال زراعی پیاپی (۱۳۹۰-۱۳۸۹ و ۱۳۹۱-۱۳۹۰) انجام شد. ویژگی‌های هواشناسی منطقه طی مدت انجام پژوهش در جدول ۱ ارایه شده است. در این تحقیق، رقم نیمروز تحت عنوان شاهد آزمایش به‌همراه ۱۳ لاین امیدبخش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. شجره لاین‌های مورد آزمایش در جدول ۲ ارایه شده است. در ابتدای آذرماه نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و ویژگی‌هایی مانند هدایت الکتریکی با هدایت‌سنج الکتریکی، بافت به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، pH در گل اشباع، کربن آلی به روش واکی‌بلاک (Jackson, 1958)، فسفر قابل جذب به روش آبی آسکوربیک (Watanabe and Olsen, 1965)، پتاسیم با دستگاه فلیم فتومتر و روی، مس، منگنز و آهن قابل استفاده به روش DTPA (Lindsay and Nortvell, 1987) تعیین شد (جدول ۳). هم‌چنین ترکیب آنیونی و کاتیونی آب مورد استفاده در مزرعه نیز به روش آزمایشگاه شوری ایالات متحده (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954) اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

جدول ۱- ویژگی‌های هواشناسی منطقه مورد مطالعه

Table 1. Meteorological characteristics of the experimental site

سال Year	بارندگی (میلی‌متر) Rainfall (mm)	متوسط رطوبت نسبی (درصد) Average relative humidity (%)	متوسط حداقل دما Average minimum temperature (°C)	متوسط حداکثر دما Average maximum temperature (°C)
2010-11	280.7	35	10.7	26.7
2011-12	107.4	38	10.8	25.6

جدول ۲- شجره لاین‌های جو مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Pedigree of the barley lines used in this experiment

لاین‌های جو Barley lines	شجره Pedigree
Line 1	Wl2269/Espe/3/Wl2291/Bgs//Hml-02
Line 2	Avt/Attiki//M-Att-73-337-1/3/Alns/Lignee686/4/…
Line 3	Rihanee"s"//Karoon/KavirS-81-18
Line 4	Karoon/Kavir//Rhodes"s"//Tb/chzo/3/Gloria"s"
Line 5	L.527/Chn-01//Gustoe/5/Alanda-01/4/Wl2291/3/Api
Line 6	MBD-85-6
Line 7	MBD-85-8
Line 8	ABYT-M2-14
Line 9	EBYT-79-10
Line 10	Anoidium/Arabiayan-01/3/lignee727/Nk1272//jlb70-63
Line 11	Productive/Rojo
Line 12	On-Farm No.4 (Yazd)
Line 13	On-Farm No.5 (Yazd)

مزرعه ابتدا به‌وسیله گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و بعد از آن کلوخه‌ها توسط دیسک خرد و تسطیح کامل با ماله انجام شد. پس از آماده‌سازی کامل زمین و پیاده کردن نقشه آزمایش، کودهای مورد نظر به‌صورت مخلوط و یکنواخت در مزرعه آزمایشی پخش شدند. میزان کودهای شیمیایی مورد نیاز بر اساس آزمون خاک تعیین شد، به‌طوری‌که تمامی کودهای فسفر (۱۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش) و پتاس (به‌ترتیب ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم در سال اول و دوم) و یک سوم از کود ازت با دستگاه خطزن با خاک مخلوط شد و بقیه کود ازت، یک سوم در مرحله پنجه‌زنی و یک سوم در مرحله ساقه‌رفتن و در مجموع ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره استفاده شد. پس از کرت‌بندی زمین، کاشت بذر در هر دو سال آزمایش در آذرماه انجام شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. هر لاین در ۸ خط ۶ متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. عملیات آبیاری با دور ۱۰ روزه تا قبل از رسیدگی کامل محصول ادامه داشت. برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش ایلوکسان استفاده شد. برداشت محصول در خردادماه پس از حذف دو خط از طرفین و نیم متر از بالا و پایین هر کرت، از ۴ خط ۵ متری وسط هر کرت به مساحت ۴ متر مربع انجام و عملکرد دانه در هکتار و اجزاء آن تعیین شد.

نمونه‌گیری برگ جهت اندازه‌گیری عناصر قبل از گلدهی انجام شد. نمونه‌های برداشت شده با آب مقطر کاملاً شسته و به مدت دو روز در آون در دمای ۷۰ درجه سلسیوس خشک شدند. یک گرم از نمونه خشک‌شده توزین و در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس به مدت ۵ ساعت خاکستر شد. از خاکستر عصاره‌گیری و مقادیر سدیم و پتاسیم آن با دستگاه فلیم‌فتومتر قرائت شد. در نهایت اعداد قرائت شده به وسیله مقایسه با نمودار حاصل از نمونه‌های استاندارد تعدیل شدند (Patterson *et al.*, 1984). جهت اندازه‌گیری غلظت کلر برگ، نیم گرم برگ خشک با اکسید کلسیم و آب دوبار تقطیر مخلوط و خمیر حاصل به مدت ۵ ساعت در کوره با دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس خاکستر شد. خاکستر حاصل با ۵۰ میلی‌لیتر آب دو بار تقطیر صاف و غلظت کلر عصاره به روش تیتراسیون با نیترات نقره، اندازه‌گیری شد (Banuls and Primo-Millo, 1995). کلیه محاسبات آماری با نرم‌افزار SAS نسخه ۹ و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد (Soltani, 2007).

جدول ۳- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

Table 3. Physical and chemical characteristics of the experimental soil

سال Year	بافت Texture	عمق Depth (cm)	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	میلی‌گرم بر کیلوگرم mg/kg						کربن آلی Organic carbon
					Cu	Fe	Zn	Mn	K	P	
2010-11	Silty loam	0- 30	6.02	8.2	1.25	5.8	0.61	6.4	161	5.2	0.81
2011-12	Silty loam	0-30	6.43	8.1	0.96	6.6	0.75	8.6	189	8.1	0.77

جدول ۴- ویژگی‌های آب مورد استفاده در این آزمایش

Table 4. Characteristics of the water used in this experiment

سال Year	مجموع کاتیون‌ها Total cations (me/lit)	K^+ (me/lit)	Na^+ (me/lit)	Ca^{2+} (me/lit)	pH	EC ($dS.m^{-1}$)
2010-11	103	8	65.2	30	6.72	9.29
2011-12	102.9	7.9	64	31	6.70	9.43

Table 4. Continued

جدول ۴- ادامه

سال Year	مجموع آنیون‌ها Total anions (me/lit)	$SO4^{2-}$ (me/lit)	Cl^- (me/lit)	HCO_3^- (me/lit)	CO_3^{2-} (me/lit)	SAR
2010-11	138.9	ناچیز Little	130.5	8.4	ناچیز Little	16.8
2011-12	150.5	ناچیز Little	142	8.5	ناچیز Little	16.7

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد جو نشان داد که اثر لاین و برهمکنش لاین × سال بر عملکرد جو معنی‌دار ($P<0/01$) بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین میانگین عملکرد دانه از لاین EBYT-79-10 (با میانگین عملکرد دو ساله ۵۰۹۵ کیلو گرم در هکتار) به‌دست آمد که افزایش ۲۱/۳ درصدی نسبت به تیمار شاهد را نشان داد. پس از آن لاین های …L.527/Chn-01،MBD-85-8، …//Karoon/Kavir، لاین شماره چهار شوری یزد و MBD-85-6 به‌ترتیب با عملکرد ۴۷۴۰ ، ۴۷۰۵ ، ۴۵۷۵ و ۴۴۷۰ کیلو گرم در هکتار با اختلاف معنی‌دار نسبت به تیمار برتر در گروه بعدی آماری قرار گرفتند. در مجموع از بین لاین‌های مورد بررسی لاین‌های …L.527/Chn-01، MBD-85-8، …//Karoon/Kavir، لاین چهار شوری یـــــــزد، MBD-85-6، …/Rihanee"s"//Karoon و Productive/Rojo دارای عملکرد بالاتری از شاهد و سایر لاین‌ها دارای عملکرد کمتری از شاهد بودند (شکل ۱). عملکرد بیشتر لاین EBYT-79-10 تحت شرایط تنش شوری نشان می‌دهد که به‌طور نسبی این لاین در مقایسه با لاین‌های دیگر حساسیت کمتری نسبت به تنش شوری دارد. کاهش عملکرد تحت شرایط شوری امری طبیعی است، زیرا تحت تنش شوری میزان یون‌های سمی کلر و سدیم در برگ افزایش می‌یابد. بنابراین، می‌توان بخشی از کاهش عملکرد تحت تنش شوری را به تجمع این یون‌ها در گیاه نسبت داد (Tabatabaei *et al.*, 2014). مرور منابع نشان می‌دهد که یک رابطه منفی بین میزان سدیم بافت گیاه و عملکرد وجود دارد (Zayed *et al.*, 2011). نصیر (Naseer, 2001) کاهش عملکرد جو تحت شرایط شور را به‌دلیل کاهش هر سه جزء تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه عنوان کرد.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به روز تا ظهور سنبله و وزن هزار دانه در لاین‌های جو نشان داد که اثر لاین، سال و برهمکنش لاین × سال بر آن‌ها معنی‌دار نبود، اما اثر لاین بر روز تا رسیدگی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین زمان روز تا رسیدگی به‌مدت ۱۳۹ روز مربوط به لاین شماره ۱۳ یعنی

لاین On-Farm No. 5 (Yazd) بود که با لاین شماره ۱۲ یعنی On-Farm No. 4 (Yazd) (با ۱۳۱ روز) اختلاف معنی‌داری نشان نداد و کمترین روز تا رسیدگی (۱۱۹ روز) نیز مربوط به لاین .../Wl2269/Espe بود (شکل ۲). همچنین، لاین‌های .../Wl2269/Espe و EBYT-79-10 دارای روز تا رسیدگی کوتاه‌تری نسبت به رقم نیمروز بودند و در مقابل، لاین‌های دیگر مورد بررسی زمان رسیدگی طولانی‌تری داشتند (شکل ۲). لاین‌های .../Karoon/Kavir// و EBYT-79-10 دارای عملکرد و زودرسی مناسب و مصرف آب کمتری نسبت به سایر لاین‌ها بودند و می‌توان از آن‌ها در گزینش ارقام استفاده کرد. به‌عنوان یک فرضیه می‌توان عنوان کرد که زودرسی، فرار از شوری و کمتر در معرض شوری قرار گرفتن می‌تواند یکی از عوامل موثر در تحمل لاین‌ها به شوری باشد و بهتر است که در شرایط تنش شوری از ارقام زودرس و دارای عملکرد اقتصادی قابل قبول استفاده شود. پوستینی و سی‌وسه‌مرده (Poustini and Siosemardeh, 2004) گزارش کردند که زمان لازم برای پر شدن دانه و رسیدگی تحت تاثیر شرایط تنش شوری قرار می‌گیرد. در واقع کوتاه کردن طول دوره رشد در شرایط نامساعد یکی از راه‌کارهای اجتناب از تنش است، هرچند که این زودرسی ممکن است پتانسیل عملکرد گیاه را تحت تاثیر قرار دهد (Dastfal *et al.*, 2008).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به ارتفاع بوته نشان داد که اثر لاین بر ارتفاع بوته جو معنی‌دار ($P<0/01$) بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته متعلق به لاین Productive/Rojo بود (۱۰۴ سانتی‌متر) که در بالاترین گروه آماری قرار گرفت و کمترین ارتفاع بوته نیز در لاین ...Anoidium (۶۶/۵ سانتی‌متر) مشاهده شد (شکل ۳). نتایج نشان داد که ارتفاع بوته لاین‌های .../Wl2269/Espe (۶۸/۹ سانتی‌متر) و .../Anoidium (۶۶/۵ سانتی‌متر) کاهش معنی‌داری نسبت به رقم نیمروز داشت و در مقابل، رقم نیمروز نسبت به لاین‌های دیگر مورد مطالعه کاهش معنی‌داری نشان داد (شکل ۳). هر چند ارتفاع بوته بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ است، اما به‌نظر می‌رسد که تحت شرایط شور، گیاه جهت مقابله با آثار شوری مقدار زیادی از انرژی را که برای رشد خود از اندام هوایی دریافت می‌کند، صرف مقابله با تنش شوری می‌کند که این عمل باعث کاهش رشد اندام هوایی می‌شود (Deinlein *et al.*, 2014). از سوی دیگر با افزایش غلظت نمک در محیط رشد، نوعی خشکی فیزیولوژیک به گیاه تحمیل می‌شود که خود عامل اصلی در جلوگیری از ایجاد فشار تورژسانس در سلول‌های گیاه و جلوگیری از رشد و تقسیم سلولی است که در نهایت موجب کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Munns and Tester, 2008).

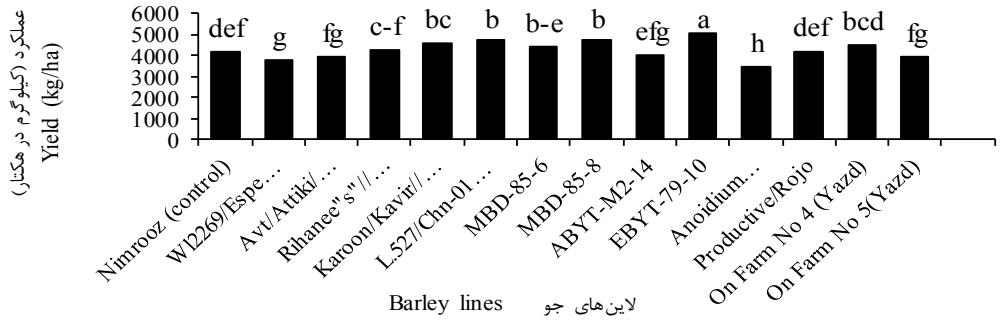
جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در لاین‌های جو

Table 5. Analysis of variance (mean square) of the studied traits in barley lines

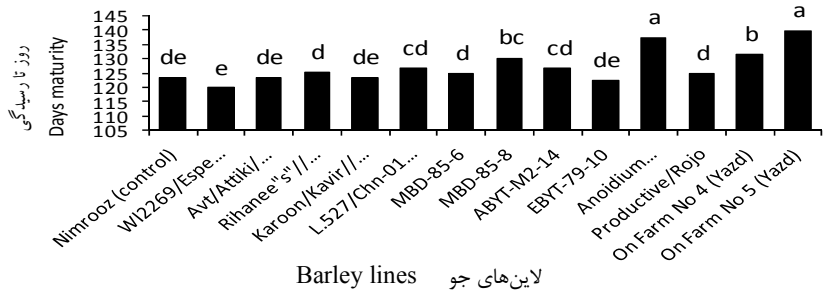
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield	روز تا ظهور سنبله Days to spike	روز تا رسیدگی Days to maturity	وزن هزار دانه 1000-grain weight	ارتفاع بوته Plant height
سال Year	1	255814 ^{ns}	3868.1 ^{ns}	855 ^{ns}	124.5 ^{ns}	8.614 ^{ns}
تکرار درون سال Replication/Year	4	2924666	1717.9	158.6	28.99	113.5
لاین Line	13	1117349**	150.85 ^{ns}	198.6 *	29.03 ^{ns}	639.7 **
لاین × سال Line × Year	13	251529**	14.48 ^{ns}	9.92 ^{ns}	1.81 ^{ns}	190.07 ^{ns}
خطای آزمایش Error	52	78519	140.59	1108.3	27.66	183.7
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	9.9	12.6	20.3	11.99	15.98

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی جو طی دو سال اجرای آزمایش
Figure 1. Mean comparisons of grain yield of the studied barley lines during two years



شکل ۲- مقایسه میانگین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در لاین‌های مورد بررسی جو طی دو سال اجرای آزمایش
Figure 2. Mean comparisons of days to maturity of the studied barley lines during two years

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تغییر معنی‌داری در شاخص‌های عملکرد، روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی، ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه در دو سال مورد مطالعه ایجاد نشد (جدول ۵). اگرچه وزن هزار دانه در سال دوم ۴۲/۶۵ گرم بود که نسبت به سال اول (۴۵/۰۸ گرم) کاهش کمی نشان داد. همچنین، صفاتی مانند روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی و ارتفاع بوته در سال دوم برتری اندکی نسبت به سال اول داشتند.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به محتوای کلر برگ نشان داد که تفاوت معنی‌داری بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر محتوای کلر برگ در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین و بیشترین محتوای کلر به‌ترتیب در لاین‌های Rihanee"s"//Karoon/... (۲/۲۲ درصد) و MBD-85-8 (۲/۷۶) مشاهده شد. لاین‌های MBD-85-8، ABYT-M2-14، Productive/Rojo، Anoidium/... و Avt/Attiki//... (به‌ترتیب با ۲/۷۶، ۲/۷۳، ۲/۷۳، ۲/۷۱ و ۲/۶۹ درصد) نسبت به شاهد (رقم نیمروز) محتوای کلر بیشتری داشتند. در مجموع از بین لاین‌های مورد بررسی لاین Rihanee"s"//...، Karoon/Kavir//...، MBD-85-6، EBYT-79-10 و لاین چهار و پنج شوری یزد دارای محتوای کلر کمتری نسبت به شاهد بودند (جدول ۷). یکی از مکانیزم‌های تحمل به شوری در گیاهان ناشی از توانایی در تجمع کمتر کلر در برگ است. در واقع کلر زیاد در بافت‌های برگ، فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه را دچار اختلال می‌کند (Tsai *et al.*, 2004). نتایج این پژوهش نشان داد که لاین‌های با جذب کمتر کلر، عملکرد بیشتری تحت شرایط شور تولید کردند. مشخص شده است که تحمل ژنوتیپ‌های مختلف به شوری از جذب کلر کمتر به‌وسیله ریشه و انتقال کمتر آن به اندام‌های هوایی ناشی می‌شود (Teakle and Tyerman, 2010). استفاده از ژنوتیپ‌های مختلف جو می‌تواند در شناسایی ژنوتیپ متحمل به یون‌های سدیم و کلر تحت شرایط شوری کمک کند (Tavakkoli *et al.*, 2010).

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) غلظت کلر، پتاسیم و سدیم برگ در لاین‌های مورد مطالعه جو

Table 6. Analysis of variance (mean square) for chlorine, potassium and sodium in leaf of the studied barley lines

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	کلر Chlorine	پتاسیم Potassium	سدیم Sodium
سال Year	1	0.013 ^{ns}	0.039**	0.168 ^{ns}
تکرار درون سال Replication/Year	4	0.066	0.001	0.215
لاین Line	13	0.196*	0.245**	0.367*
لاین × سال Line × Year	13	0.015 ^{ns}	0.044 ^{ns}	0.016 ^{ns}
خطای آزمایش Error	52	0.088	0.095	0.151
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	11.59	11.7	26.1

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

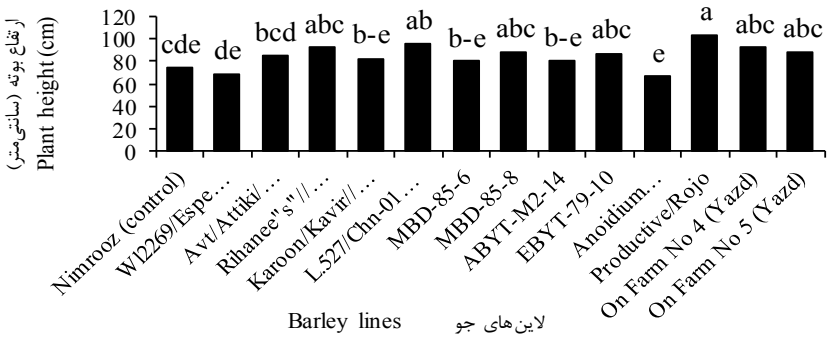
^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

نتایج تجزیه واریانس محتوای پتاسیم برگ نشان داد که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۱) بین لاین‌ها در محتوای پتاسیم وجود داشت (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین محتوای پتاسیم برگ (۲/۳۲ درصد) مربوط به لاین .../Wl2269/Espe و بیشترین (۲/۹۷ درصد) مربوط به لاین .../Karoon/Kavir بود (جدول ۷). از بین لاین‌های مورد بررسی، لاین‌های L.527/Chn، .../Karoon/Kavir، MBD-85-8 و EBYT-79-10 محتوای پتاسیم بیشتری نسبت به شاهد و سایر لاین‌ها محتوای پتاسیم کمتری نسبت به شاهد داشتند. یکی از عوامل موثر در شناسایی و گزینش لاین‌های متحمل به تنش شوری، محتوای پتاسیم برگ است. تحت شرایط تنش شوری با توجه به کاهش پتاسیم و افزایش سدیم در گیاه می‌توان به رابطه رقابتی بین سدیم و پتاسیم پی برد. افزایش سدیم باعث کاهش کاتیون‌های دیگر مانند پتاسیم و برهم زدن تعادل کاتیونی گیاه می‌شود (Deinlein *et al.*, 2014). کاهش پتاسیم تحت شرایط تنش شوری می‌تواند به‌دلیل رقابت سدیم بر سر مکان‌های اتصال به ناقل‌ها در غشاء پلاسمایی و یا نشت پتاسیم به‌دلیل عدم ثبات غشاء باشد (Ferreira-Silva *et al.*, 2008). اگر تنش شوری با کمبود پتاسیم همراه شود، صدمه به گیاه شدیدتر می‌شود (Zheng *et al.*, 2008).

نتایج تجزیه واریانس محتوای سدیم نشان داد که تفاوت معنی‌داری (P<۰/۰۱) بین لاین‌ها در محتوای سدیم وجود داشت (جدول ۶). مقایسه میانگین‌ها نیز نشان داد که کمترین محتوای سدیم (۱/۲۴ درصد) در لاین MBD-85-8 و بیشترین (۲/۰۹ درصد) در لاین پنج شوری یزد وجود داشت (جدول ۷). لاین‌های MBD-85-8، .../Karoon/Kavir، L.527/Chn، .../"Rihanee"s، لاین چهار شوری یزد، ABYT-M2-14 و EBYT-79-10 (به‌ترتیب با ۱/۲۴، ۱/۲۶، ۱/۲۹، ۱/۳۰، ۱/۳۷ و ۱/۳۸ درصد) محتوای سدیم کمتری نسبت به شاهد داشتند، اما بقیه لاین‌های مورد بررسی دارای محتوای سدیم بیشتری نسبت به شاهد بودند (جدول ۷). محتوای سدیم برگ نیز یکی از شاخص‌های مهم جهت شناسایی لاین‌های متحمل به شوری است. یکی از راهکارهای تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های مختلف جو ناشی از توانایی در جذب کمتر سدیم توسط ریشه و انتقال کم آن به اندام‌های هوایی است (Kamboj *et al.*, 2015). شوری سبب افزایش معنی‌دار غلظت یون سدیم در اندام‌های هوایی گندم دوروم شد (Hadi *et al.*, 2008).

ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، غلظت پتاسیم، غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در لاین‌های مورد مطالعه جو در جدول ۸ ارایه شده است. نتایج نشان داد که همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد روز تا رسیدگی در لاین‌های مورد بررسی منفی، ولی بسیار پایین بود، به‌طوری‌که روز تا رسیدگی در لاین‌های با عملکرد بالاتر، کوتاه‌تر از سایر لاین‌ها بود. علاوه بر آن،

عملکرد دانه، همبستگی منفی و معنی‌داری با غلظت سدیم برگ و همبستگی مثبتی با غلظت پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم نشان داد. ضرایب همبستگی محتوای سدیم نشان می‌دهد که همبستگی منفی با پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم وجود دارد. این امر بیانگر این حقیقت است که این شاخص‌ها می‌توانند به‌عنوان معیاری برای درجه تحمل ارقام به شوری استفاده شوند. محققان گزارش کردند که کنترل ژنتیکی عملکرد جو به‌طور غیرمستقیم تحت تاثیر صفاتی است که با عملکرد همبستگی دارند. در واقع شناخت همبستگی بین عملکرد و اجزای آن و یافتن نوع رابطه بین آن‌ها می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود (Sinebo, 2002). با افزایش شوری، محتوای سدیم افزایش می‌یابد و غلظت بیشتر یون پتاسیم می‌تواند از ویژگی‌های ارقام متحمل به شوری در گیاه جو باشد (Tabatabaei *et al.*, 2014). محققان گزارش کردند که که عملکرد گیاه جو و بیشتر صفات وابسته به آن مانند ارتفاع گیاه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و نسبت پتاسیم به سدیم برگ تحت تنش شوری کاهش می‌یابد (Demiral *et al.*, 2005).



شکل ۳- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در لاین‌های مورد مطالعه جو طی دو سال اجرای آزمایش

Figure 3. Mean comparisons of plant height in the studied barley lines during two years

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر دو ساله غلظت کلر، پتاسیم و سدیم در برگ جو

Table 7. Mean comparisons of two years effects of chlorine, potassium and sodium contents in barley leaves

لاین Line	کلر (درصد) Chlorine (%)	پتاسیم (درصد) Potassium (%)	سدیم (درصد) Sodium (%)
Nimrooz (control)	2.617 abc	2.637 abcd	1.457 bc
Wl2269/Espe/3/…	2.617 abc	2.322 d	1.613 abc
Avt/Attiki//M-Att-73-…	2.692 a	2.327 d	1.495 bc
Rihanee"s"//…	2.225 b	2.580 abcd	1.305 c
Karoon/Kavir//…	2.363 ab	2.975 a	1.260 c
L.527/Chn-…	2.682 a	2.910 ab	1.292 c
MBD-85-6	2.565 ab	2.607 abcd	1.458 bc
MBD-85-8	2.765 a	abc 2.845	1.245 c
ABYT-M2-14	2.732 a	2.497 bcd	1.373 bc
EBYT-79-10	2.488 ab	2.822 abc	1.383 bc
Anoidium/…	2.717 a	2.537 bcd	1.690 abc
Productive/Rojo	2.733 a	2.453 cd	1.872 ab
On Farm No 4 (Yazd)	2.427 ab	2.590 abcd	1.347 bc
On Farm No 5 (Yazd)	2.278 b	2.592 abcd	2.092 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% probability level.

جدول ۸- همبستگی بین عملکرد دانه، روز تا رسیدگی، غلظت پتاسیم و سدیم و نسبت پتاسیم به سدیم در لاین‌های مطالعه شده جو

Table 8. Correlation coefficients among grain yield, days to maturity, sodium and potassium contents and sodium to potassium ratio in the studied barley lines

صفت Trait	عملکرد دانه Grain yield	روز تا رسیدگی Days to maturity	غلظت پتاسیم Potassium content	غلظت سدیم Sodium content
روز تا رسیدگی Days to maturity	-0.10 ^{ns}			
غلظت پتاسیم Potassium content	0.58 **	0.002 ^{ns}		
غلظت سدیم Sodium content	-0.34 **	0.20 ^{ns}	-0.25 ^{ns}	
نسبت پتاسیم به سدیم Potassium to sodium ratio	0.58 **	-0.07 ^{ns}	0.67 **	-0.81 **

^{ns} و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ٪.

^{ns} and **: Not-significant and significant at 1% probability level, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که تعدادی از لاین‌های امیدبخش مورد مطالعه این پتانسیل را دارند که بتوانند جایگزین مناسبی برای رقم شاهد نیمروز برای کشت تحت شرایط شور و خشک منطقه باشند. بررسی شاخص رشد و عملکرد لاین‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده برتری لاین‌های L.527/Chn-01...، MBD-85-8 و Karoon/Kavir//... نسبت به شاهد (رقم نیمروز) بود. بدیهی است که علاوه بر عملکرد دانه، زودرسی هم نقش مهمی در انتخاب لاین‌ها دارد، به‌طوری‌که لاین Karoon/Kavir//... عملکرد و زودرسی مناسب و مصرف آب کمتری نسبت به سایر لاین‌ها داشت. اما با توجه به مجموعه صفات مورد مطالعه شامل عملکرد و اجزای عملکرد دانه، زودرسی و شاخص‌های فیزیولوژیک تحمل به شوری، به‌طور نسبی لاین EBYT-79-10 در مقایسه با لاین‌های دیگر مورد بررسی در این پژوهش به‌عنوان لاین برتر انتخاب و معرفی می‌شود. از طرف دیگر، زودرسی قابل قبول این لاین نسبت به سایر لاین‌ها، موجب مصرف آب کمتر آن و در نتیجه مزیت نسبی بیشتر این لاین تحت شرایط شور و خشک منطقه زرین‌دشت می‌شود.

References

Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plant. **Critical Review in Plant Science** 13: 17-42.

Banuls J. and Primo-Millo, E. 1995. Effects of salinity on some citrus scion-combinations. **Annals of Botany** 76: 97-102.

Bouyoucos, C. J. 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. **Agronomy Journal** 54: 406-465.

Dadashi, M. R., Majidi Hervan, I., Soltani, A. and Noorinia, A. A. 2007. Evaluation of different genotypes of barley to salinity stress. **Journal of Agricultural Science** 13 (1): 182-190. (In Persian with English Abstract).

Dastfal, M., Barati, V., Navabi., F. and Haghightnia, H. 2008. Effect of terminal drought stress on grain yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes in dry and warm conditions in south of Fars province. **Plant and Seed Journal** 25 (3): 331-346. (In Persian with English Abstract).

Deinlein, U., Stephan, A. B., Horie, T., Luo, W., Xu, G. and Schroeder, J. I. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. **Trends in Plant Science** 19: 371-379.

Demiral, M. A., Aydin, M. and Yorulmaz, A. 2005. Effect of salinity on growth, chemical composition and anti-oxidative enzyme activity of two malting barley (*Hordeum vulgar* L.) cultivars. **Turkish Journal of Biology** 29: 117-123.

Ferreira-Silva, S. L., Silveira, J., Voigt, E., Soares, L. and Viegas, R. 2008. Changes in physiological indicators associated with salt tolerance in two contrasting cashew rootstocks. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 20: 51-59.

Hadi, M. R., Khosh-Kholgh, S., Khavarinezhad, N. A., Khayam, R. A. and Nekouei, S. M. 2008. The effect of elements accumulation on salinity tolerance in seven genotype durum wheat (*Triticum turgidum* L.) collected from the of middle east. **Iranian Journal of Biology** 21: 326-340. (In Persian with English Abstract).

Houshmand, S., Arzani, A., Maibody, S. A. and Feizi, M. 2005. Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. **Field Crops Research** 91: 345-354.

Jackson, M. L. 1958. Soil chemical analysis. Englewood Cliffs, NJ, Prentice Hall.

Kamboj, A., Ziemann, M. and Bhave, M. 2015. Identification of salt-tolerant barley varieties by a consolidated physiological and molecular approach. **Acta Physiologiae Plantarum** 37: 1716.

Lindsay, W. L. and Nortvell, W. A. 1987. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese, and copper. **Soil Science Society of American Journal** 42: 421-428.

Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, Cell and Environment** 25: 239-250.

Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology** 59: 651-681.

Naseer, Sh. 2001. Response of barley (*Hordeum vulgare* L.) at various growth stages to salt stress. **Journal of Biological Science** 1 (5): 326-359.

Patterson, B., Macrae, E. and Ferguson, I. 1984. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts using titanium (IV). **Annual Biochemical** 139: 487-492.

Poustini, K. and Siosemardeh, A. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. **Field Crops Research** 85: 125-133.

Rezvani Moghaddam P. and Koocheki A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects: Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.

Shannon, M. 1997. Adoption of plants to salinity. **Advances in Agronomy** 60: 75-120.

Sinebo, W. 2002. Yield relationship of barley grown in tropical highland environments. **Crop Science** 42: 428-437.

Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. JDM Press, Mashhad, Iran.

Tabatabaei, S. A., Kouchaki, A. R. and Molasadeghi, J. 2014. Evaluation of salinity tolerance of barley cultivars in vitro and field conditions. **Crop Physiology Journal** 5 (20): 87-101. (In Persian with English Abstract).

Tavakkoli, E., Rengasamy, P. and Mcdonald, G. K. 2010. The response of barley to salinity stress differs between hydroponics and soil systems. **Functional Plant Biology** 37: 621-633.

Teakle, N. L. and Tyerman, S. D. 2010. Mechanisms of Cl transport contributing to salt tolerance. **Plant, Cell and Environment** 33: 566-589.

Tsai, Y. C., Hong, C. Y., Liu, L. F. and Kao, H. 2004. Relative importance of Na^+ and Cl^- in NaCl induced antioxidant systems in roots of rice seedlings. **Physiologia Plantarum** 122: 86-94.

U.S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington DC. USDA Handbook No. 60.

Watanabe, F. S. and Olsen, S. R. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorous in water and $NaHCO_3$ extract from soil. **Soil Science of American Procedure** 29: 677-678.

Zayed, B. A., Salem, A. K. M. and El-Sharkawy, H. M. 2011. Effect of different micronutrient treatments on rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield under saline soil conditions. **World Journal of Agricultural Sciences** 7 (2): 179-184.

Zheng, Y., Aijun, J., Tangyuan, N., Xud, J., Zengjia, L. and Gaoming, J. 2008. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. **Journal of Plant Physiology** 165: 1455-1465.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 1, Spring 2017 (143-153)

Evaluation of yield and salinity tolerance indices in productive barley lines under saline condition

Majid Rajaie [1*], Sirous Tahmasabi [2] and Mahmood Attarzadeh[3]

Received: September 23, 2015 Accepted: Febraury 12, 2016

Abstract

Recently barley cultivated area has been increased in Iran due to its adaptation to drought and salinity. To investigate some barley promising lines under saline conditions and introducing the superior lines, a field experiment was carried out in Zarrindasht region, Darab, Iran, during two consecutive years (2010-2011 and 2011-2012). In this experiment, Nimrooz as the control variety along with 13 promising barley lines were compared in a randomized complete block design with three replications. The average soil and water salinity of the experimental site were about 6 and 9 $dS.m^{-1}$, respectively. The results showed that the highest grain yield belonged to EBYT-79-10 line in both years (with two years mean of 5095 $kg.ha^{-1}$) which was 21.3% more than the control variety Nimrooz (with average grain yield of 4173 kg ha^{-1}). Also, L.527/Chn-01…, MBD-85-8, Karoon/Kavir//…, On-Farm No. 4 (Yazd), MBD-85-6, ‹Rihanee"s"//… and Productive/Rojo with grain yield of 4740, 4705, 4575, 4470, 4390, 4275 and 4205 $kg.ha^{-1}$, respectively, were superior than control and the other lines produced lower yield than control. Grain yield of the studied lines showed a significant negative correlation with sodium concentration of plant leaf and a significant positive correlation with potassium concentration and potassium to sodium ratio. In the present study, EBYT-79-10 with highest grain yield, proper early maturity, less water consumption and suitable salinity tolerance was identified as the best line for cultivating under saline conditions of Zarindasht regions, Darab, Iran.

Keywords: Chlorine, Potassium, Promising lines, Salt stress, Sodium

1. Assist. Prof., Dept. of Soil and Water Research, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Fars Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Seed and Plant Improvement Research, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Fars Province, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran
3. Ph.D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Yasouj University, Yasouj, Iran
[*] Corresponding author: rajaie.majid@yahoo.com