



ارزیابی تحمل به شوری نسل پنجم لاین‌های گندم نان، با استفاده از برخی شاخص‌های تحمل به تنش

علی‌رضا عسکری کلستانی^۱، *سیده ساناز رمضانپور^۲، اعظم برزویی^۳، حسن سلطانیلو^۲ و سعید نواب‌پور^۲
^۱ دانشجوی دکتری کشاورزی هسته‌ای، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲ دانشیار گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی گیاهی،
دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳ استادیار پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشگاه کشاورزی هسته‌ای کرج
تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۷/۱۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۳

چکیده

سابقه و هدف: اساس برنامه‌های اصلاحی، وجود تنوع ژنتیکی می‌باشد. نقش پرتوتابی هسته‌ای برای ایجاد تنوع ژنتیکی به خوبی اثبات شده است. موتاسیون‌های القا شده حاصل از پرتوتابی با اشعه گاما، در بهبود بسیاری از صفات مهم زراعی گیاهان نقش بسزایی داشته‌اند. از آنجا که عملکرد محصولات در اثر تنش شوری به‌طور قابل توجهی کاهش می‌یابد، از این‌رو تولید و معرفی ارقام پرمحصول و متحمل به شوری می‌تواند تأثیر این پدیده را به حداقل برساند.

مواد و روش‌ها: به‌منظور تعیین برخی شاخص‌های پایداری مرتبط با عملکرد دانه گندم، نسل پنجم (M5) در شرایط شوری، ۱۵ لاین انتخابی از نسل چهارم به‌همراه دو ژنوتیپ والدی (ارگ و بم) و دو ژنوتیپ تولید شده منطقه یزد (سیوند و نارین) در دو شرایط بدون تنش (۲ دسی زیمنس بر متر) و تنش شوری (۱۰ دسی زیمنس بر متر) در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در شهرستان یزد کشت گردید. هر کرت کشت دو خط یک متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. متوسط شوری در شرایط بدون تنش و تنش بر اساس نمونه‌گیری صورت گرفته، به‌ترتیب ۲/۳ و ۹/۷ دسی زیمنس بر متر به‌دست آمد. تجزیه واریانس طرح بلوک کامل تصادفی بر روی صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد و یون‌های سدیم و پتاسیم انجام و مقایسه میانگین با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار انجام شد. شاخص‌های تحمل شامل میانگین بهره‌وری حسابی (MP)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، تحمل به تنش (STI)، حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل (TOL) جهت بررسی میزان حساسیت و تحمل لاین‌ها محاسبه گردید. همچنین همبستگی پیرسون، تجزیه پایداری (مدل فرناندز) و تجزیه و تحلیل خوشه‌ای انجام شد.

یافته‌ها: بر اساس نتایج حاصل، لاین دو (ارگ-۲۰۰ گری، ۲۴۶/۶۷ گرم در مترمربع) و لاین یک (بم-۱۵۰ گری، ۱۶۵/۵۵ گرم در مترمربع) بیشترین عملکرد دانه، یون پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم و کمترین یون سدیم را در دو شرایط دارا بودند. همچنین لاین‌های متحمل به شوری، سطح کمتری از سدیم، سطح بالایی از پتاسیم و نسبت بیشتری از پتاسیم به سدیم در شرایط تنش شوری نسبت به لاین‌های حساس داشتند. با توجه به نمودار سه بعدی فرناندز لاین‌های یک، دو و هشت به‌عنوان متحمل‌ترین لاین‌ها نسبت به تنش شوری معرفی شدند.

نتیجه‌گیری: نتایج آزمایش نشان داد شاخص‌های GMP ، MP و STI به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای گزینش لاین‌های متحمل به تنش شوری می‌باشند. بنابراین بر اساس نتایج می‌توان لاین‌های یک، دو و هشت را به‌عنوان لاین‌های پایدار و با عملکرد بالا در شرایط تنش شوری و نسل پنجم انتخاب و جهت کشت در نسل ششم معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، پتاسیم به سدیم، شاخص تحمل، عملکرد دانه، گندم

مقدمه

به‌منظور همگام شدن با رشد پیش‌بینی شده جمعیت جهان، میزان تولید گندم در سال ۲۰۱۸ باید به ۷۲۲ میلیون تن برسد (۲۹). از سوی دیگر، شوری در خاک یا آب یکی از تنش‌های مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده که از عوامل اصلی کاهش رشد گیاه در سراسر جهان محسوب می‌شود و حدود هفت درصد از مساحت کل جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۳۴). گسترش تنش شوری می‌تواند تهدید بزرگی برای تولید اکثر محصولات کشاورزی باشد (۹ و ۱۹). دست‌یابی به رقم‌های متحمل به شوری که دارای عملکرد بیش‌تری در شرایط تنش شوری باشند، به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مقابله با این تنش مطرح است (۲۶ و ۳۱).

تنوع حاصل از جهش اگر موجب سازگاری شود به حفظ و بقای موجود در محیط‌های مختلف کمک می‌کند. مزیت مهم اصلاح موتاسیونی، پتانسیل اصلاح یک یا چند صفت بدون تغییر منابع ژنی می‌باشد (۳۸). یکی از مرسوم‌ترین روش‌های القای جهش، استفاده از پرتودهی گاما می‌باشد. اثر مخرب تنش شوری، به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی در محیط ریشه و تأثیر بر تعادل آبی گیاه و کاهش فشار آماس، در مراحل مختلف رشدی گندم نان توسط پژوهشگران زیادی گزارش شده است (۳، ۲۶، ۲۷ و ۳۹). تنش شوری منجر به کاهش برخی خصوصیات گیاهی مانند گسترش برگ، تولید پنجه، ارتفاع بوته، رشد سنبله و عملکرد گندم نان می‌شود (۲۱). همچنین تنش

شوری، باعث کاهش پتانسیل عملکرد (از طریق کاهش تعداد پنجه‌های بارور و کاهش تعداد دانه‌ها)، زودرسی ارقام مختلف گندم و کاهش ماده خشک گندم می‌گردد (۵، ۱۲ و ۲۶).

زیادای یون‌های سدیم (Na^+) و کلر (Cl^-) شایع‌ترین عامل شوری موجود در خاک‌ها و آب‌های شور هستند (۲۳)، زیرا این دو عنصر با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، ضمن ایجاد سمیت یونی در گیاه، تعادل یون‌های موردنیاز گیاه را برهم می‌زنند. رابطه بین نسبت یون پتاسیم به یون سدیم (K^+/Na^+) در بسیاری از گیاهان عامل تعیین‌کننده میزان عملکرد در شرایط تنش شوری بوده است (۴ و ۱۷). رابطه بین بیشبود نسبت K^+/Na^+ و مقاومت به شوری گیاهان به وسیله برخی از پژوهشگران گزارش و به‌عنوان معیار مناسب برای تعیین سطح عملکرد و تحمل به تنش شوری به کار گرفته شده است (۳، ۹ و ۱۸). در بسیاری از برنامه‌های اصلاحی، عملکرد دانه و ثبات عملکرد در شرایط مختلف محیطی به‌عنوان معیارهای اصلی انتخاب برای تحمل به تنش منظور می‌شود. ثبات عملکرد به معنای تفاوت اندک بین عملکرد پتانسیل (توان گیاه) و حقیقی (عملکرد مزرعه) گیاه در شرایط محیطی مختلف است (۲۵) که می‌تواند ناشی از ویژگی ژنتیکی، جبران اجزای عملکرد، تحمل تنش، ظرفیت بازیافت سریع پس از رفع تنش و یا تلفیقی از این عوامل باشد (۱۴).

پنجم گندم نان با استفاده از شاخص‌های تحمل و بررسی روند میزان سدیم و پتاسیم موجود در برگ پرچم گندم و همچنین شناسایی بهترین شاخص‌های تحمل به شوری جهت ارزیابی میزان حساسیت و تحمل لاین‌های انتخابی از نسل چهارم انجام شد تا با تعیین لاین‌های برتر، بتوان در تهیه رقم متحمل به شوری استفاده نمود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی در سال ۱۳۸۷ با هدف تولید رقم متحمل به شوری در مجتمع پژوهشی البرز با عنوان "تولید رقم متحمل به شوری گندم با استفاده از سازوکارهای مورفوفیزیولوژیکی و ایزوتوپ‌های پایدار 15N و 13C" آغاز شد. مراحل و کارهای انجام شده از سال ۱۳۸۷ تا سال ۱۳۹۴ به قرار زیر می‌باشد: ابتدا بذور دو رقم ارگ و بم با دو دز ۱۵۰ Gy و ۲۰۰ Gy پرتوتابی شدند، با کاشت نسل M₁ در مزرعه تحت شرایط عادی اقدام به تولید نسل M₂ گردید. از تمام بوته‌های سالم نسل اول به‌طور جداگانه بذرگیری شد. سپس دوباره بذور نسل M₂ کشت شد. در شرایط بدون تنش بوته‌های انتخابی از نظر صفات زراعی بررسی شده و تک بوته‌های انتخابی با کمک برخی نشانگرهای مورفولوژیکی (عملکرد و پاکوتاهی) مجدداً تحت گزینش گرفتند (روش انتخاب نتاج سنبه M) و موتانت‌های برتر به نسل سوم منتقل گردیدند (۳۶). نسل سوم و چهارم در قالب طرح آگمنت مانند توضیحات بالا ارزیابی گردیدند تعداد ۱۵ لاین انتخابی (نسل چهارم) به همراه چهار ژنوتیپ دیگر (دو ژنوتیپ والدی (ارگ و بم) و دو ژنوتیپ مورد کشت در منطقه یزد (نارین و سیوند) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در دو شرایط بدون تنش (آبیاری با شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر) و تنش شوری (آبیاری با شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در

ارقام یا ژنوتیپ‌های مورد بررسی را می‌توان براساس واکنش آن‌ها به شرایط محیطی واجد تنش و بدون تنش به چهار گروه A, B, C و D تقسیم کرد. گروه A شامل ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو محیط عملکرد بالایی دارند، گروه B دارای ژنوتیپ‌هایی است که در محیط بدون تنش عملکرد زیاد و در محیط تنش عملکرد کمی دارند، گروه C دارای ژنوتیپ‌هایی است که در محیط بدون تنش عملکرد زیاد دارند و در محیط تنش عملکرد زیادی دارند و گروه D نیز شامل ژنوتیپ‌هایی است که در هر دو محیط عملکرد کمی دارند (۷). فرناندز (۱۹۹۲) اظهار می‌دارد که مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تحمل به تنش، معیاری است که قادر به تشخیص گروه A از سایر گروه‌های دیگر باشد. وی همچنین شدت تنش (SI^۱) را جهت ارزیابی میزان تنش وارد شده به یک جامعه گیاهی به واسطه یک عامل نامطلوب محیطی و بر اساس میزان خسارت وارد شده به عملکرد معرفی کرد (۷). روزیل و همکاران (۱۹۸۱) شاخص‌های تحمل^۲ (TOL) و میانگین حسابی^۳ (MP) را به‌عنوان دو شاخص ارزیابی تحمل به شوری معرفی نمودند (۳۳). فیشر و مورر (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش^۴ (SSI) را پیشنهاد نموده‌اند. مقدار کم شاخص حساسیت به تنش نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش، نسبت به شرایط بدون تنش و در نتیجه پایداری بیشتر آن است (۸). فرناندز (۱۹۹۲) شاخص میانگین هندسی حسابی بهروری^۵ (GMP) و شاخص تحمل به تنش^۶ (STI) را معرفی نمود (۷). این مطالعه با هدف ارزیابی تحمل لاین‌های نسل

- 1- Stress Intensity
- 2- Tolerance
- 3- Mean productivity
- 4- Susceptibility Stress Index
- 5- Geometric Mean Productivity
- 6- Stress Tolerance Index

شیمیایی خاک محل کاشت تعیین گردیدند (جدول ۲).

میزان عناصر موردنیاز بر اساس آزمون خاک به خاک مزرعه اضافه شد. تمامی کود فسفره (۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار)، و پتاسه (۱۰۰ کیلوگرم پتاس خالص در هکتار)، به ترتیب از منبع سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم همراه با عملیات تکمیلی زمین به خاک اضافه گردید. کود نیتروژن (۱۱۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) نیز در سه قسط مساوی در زمانهای کاشت، پنجه‌دهی و غلاف‌دهی اضافه گردید.

سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقاتی شوری صدوق وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در ۵۱ کیلومتری استان یزد با مشخصات جغرافیایی ۳۱ درجه و ۸۶ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۹۵ دقیقه طول شرقی با ۱۶۰۹ متر ارتفاع از سطح دریا کشت گردیدند (جدول ۱). کاشت به صورت دستی و در کرت‌های مجزا به طول یک متر با فاصله ۲۰ سانتی‌متر با توجه به وزن هزار دانه برای هر لاین یا رقم و بر اساس ۲۴۰ دانه در مترمربع انجام شد. قبل از شروع آزمایش، در یک خاک لوم شنی نمونه‌برداری مرکب انجام گرفت و ویژگی‌های مختلف فیزیکی و

جدول ۱- اسامی لاین‌های گندم مورد بررسی در این مطالعه.

Table 1. The names of the bread wheat lines in this study.

شماره لاین Line No.	لاین Line	شماره لاین Line No.	لاین Line	شماره لاین Line No.	لاین Line
1	بم ۲۰۰-گری Bam-150 Gray	8	بم ۲۰۰-گری Bam-200 Gray	15	ارگ ۱۵۰-گری Arg-150 Gray
2	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray	9	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray	16	بم (شاهد ۱) Bam (1 Control)
3	بم ۲۰۰-گری Bam-200 Gray	10	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray	17	ارگ (شاهد ۲) Arg (2 Control)
4	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray	11	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray	18	نارین (شاهد ۳) Narin (3 Control)
5	ارگ ۱۵۰-گری Arg-150 Gray	12	بم ۲۰۰-گری Bam-200 Gray	19	سیوند (شاهد ۴) Sivand (4 Control)
6	ارگ ۱۵۰-گری Arg-150 Gray	13	ارگ ۱۵۰-گری Arg-150 Gray		
7	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray	14	ارگ ۲۰۰-گری Arg-200 Gray		

جدول ۲- ویژگی‌های خاک منطقه مورد آزمایش.

Table 2. Soil properties of the experimental site.

بافت	اسیدیته	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	آهن (میلی‌گرم در کیلوگرم)	مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی‌گرم در کیلوگرم)
Texture	pH	EC (ds.m ⁻¹)	N (%)	P (Mg. Kg ⁻¹)	K (Mg. Kg ⁻¹)	Zn (Mg. Kg ⁻¹)	Fe (Mg. Kg ⁻¹)	Cu (Mg. Kg ⁻¹)	Mn (Mg. Kg ⁻¹)
لومی-شنی	7/2	3/6	0/06	4/1	100	2/08	8	0/6	9

یکنواخت سبز شدن بوته‌ها آبیاری اول با آب غیرشور انجام شد.

در طول فصل رشد پس از هر آبیاری و در زمان ظرفیت زراعی، جهت تعیین شوری خاک در منطقه توسعه ریشه تا عمق ۹۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری

تیمار آب شور ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر با استفاده از اختلاط دو منبع آب با هدایت ۲ و ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد. مزرعه در طول فصل رشد ۸ بار آبیاری گردید. برای اطمینان از استقرار

$$SSI = \frac{1 - \frac{Y_S}{Y_P}}{1 - \frac{\hat{Y}_S}{\hat{Y}_P}} \quad (5) \text{ معادله}$$

شاخص حساسیت به تنش

کلیه تجزیه‌های آماری (تجزیه واریانس ساده، مقایسه میانگین تیمارها (LSD)، آنالیز همستگی، شاخص‌های تحمل به تنش شوری و نمودار سه بعدی (مدل فرناندز)) در این مطالعه به کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه 9.01 صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس ساده نشان داد که اثر ژنوتیپ برای صفات عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، تعداد پنجه بارور و میزان عناصر سدیم، پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم برگ پرچم در دو شرایط عدم تنش و تنش معنی‌دار بود درحالی‌که این اثر برای صفت وزن صد دانه در هر دو شرایط معنی‌دار نبود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که لاین شماره دو (۲۴۶/۶۵ گرم در مترمربع) و لاین یک (۱۶۵/۵۵ گرم در مترمربع) دارای بالاترین عملکرد دانه به ترتیب در دو شرایط عدم تنش و تنش شوری بودند، همچنین دو لاین ۱۰ (۶۹/۱۸ گرم در مترمربع) و ۱۱ (۵۸/۵۲ گرم در مترمربع) کمترین عملکرد دانه را به ترتیب در دو شرایط عدم تنش و تنش شوری نشان دادند. همچنین در مورد صفت تعداد دانه در سنبله لاین ۱۲ (۳۷/۴۱) و لاین ۱۳ (۲۷/۸۰) به ترتیب در دو شرایط عدم تنش و تنش شوری بالاترین مقدار را دارا بودند و لاین سه (به ترتیب بدون تنش و تنش ۸/۲۵ و ۹/۲۰) در هر دو شرایط دارای کمترین مقدار این صفت بود. در مورد وزن صد دانه، لاین شش (۴/۴۷ گرم) و لاین ۱۳ (۳/۶۲ گرم) به ترتیب در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری بالاترین مقدار را نشان دادند و دو لاین ۱۴ (۲/۸۰ گرم) و ۱۲ (۲/۵۰)

خاک انجام گرفت. متوسط شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد در عمق نمونه گیری در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب ۲/۳ و ۹/۷ دسی زیمنس بر متر بود. در پایان فصل رشد صفات (تاریخ کشت ۱۳۹۴/۸/۲۱، تاریخ برداشت ۱۳۹۵/۳/۷) عملکرد (Y^1) و اجزای عملکرد (وزن صد دانه (KW^2)، تعداد دانه در سنبله (NS^3) و تعداد پنجه بارور (NT^4)) اندازه‌گیری شدند. از برگ پرچم تمامی لاین‌های مورد بررسی جهت اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم نمونه‌گیری شد. نمونه‌ها آسیاب و با روش خاکستری خشک^۵ سدیم و پتاسیم استخراج شدند (۳۹). سپس مقادیر سدیم (NA^+) و پتاسیم (K^+) توسط دستگاه فلم‌فوتومتر اندازه‌گیری شد. چنانچه Y_P و Y_S به ترتیب عملکرد بالقوه هر لاین در محیط بدون تنش و تنش شوری و \hat{Y}_P و \hat{Y}_S میانگین عملکرد کلیه لاین‌ها در دو محیط بدون تنش و تنش، و همچنین SI شاخص شدت تنش وارده به گیاه باشد، می‌توان از شاخص‌های زیر جهت بررسی واکنش به شوری لاین‌های مورد مطالعه استفاده نمود.

$$MP = \frac{Y_S + Y_P}{2} \quad (1) \text{ معادله}$$

شاخص میانگین حسابی بهره‌وری

$$TOL = Y_P - Y_S \quad (2) \text{ معادله}$$

شاخص تحمل

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S} \quad (3) \text{ معادله}$$

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری

$$STI = \frac{Y_P \times Y_S}{(\hat{Y}_P)^2} \quad (4) \text{ معادله}$$

شاخص تحمل به تنش

$$SI = 1 - \frac{\hat{Y}_S}{\hat{Y}_P} \quad (4) \text{ معادله}$$

شدت تنش

- 1- Yield
- 2- Number of fertile tillers
- 3- Number of Grain per Spike
- 4- Number of fertile tillers
- 5- Dry Ashing

به ترتیب ۳، ۲/۶۵، ۳/۰۳ و ۳/۷۶ برابر میزان سدیم برگ پرچم بود و همچنین در سه لاین حساس به شوری شامل لاین‌های ۹، ۱۱ و ۱۲ میزان پتاسیم به ترتیب ۱/۴۱، ۱/۴۴ و ۱/۴۹ برابر میزان سدیم بود (جدول ۴). با توجه به این نتایج می‌توان بیان نمود، لاین‌هایی که تحمل بیشتری به تنش شوری دارند با جذب بیشتر پتاسیم از ورود سدیم به درون گیاه جلوگیری به عمل می‌آورند. لاین‌ها شماره یک، دو، چهار و هشت کمترین مقدار سدیم و بیشترین میزان پتاسیم را داشتند و در این حالت بالاترین عملکرد دانه را در دو شرایط تنش شوری و بدون تنش نشان دادند. فتوستز اثرات بلندمدت بر روی عملکرد دارد. از سمتی کارآیی فتوستز به توالی فرآیندهای متابولیسمی نظیر واکنش‌های فتوشیمیایی، آنزیم‌های دخیل در تثبیت کربن، ساختار فتوستزی و انتقال حد واسطه‌های فتوستزی بین اجزای سلول بستگی دارد. بنابراین در تنش شوری آنچه فتوستز را تحت تأثیر قرار می‌دهد، کاهش میزان رنگیزه‌های فتوستزی، کاهش سطح برگ (کاهش سطح فتوستزی)، کاهش فراهمی CO_2 به علت بسته شدن روزنه‌ها، کاهش هدایت مزوفیلی، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها به علت تغییرات در ساختار سیتوپلاسمی (آنزیم‌های رویسکو و چرخه کالوین)، سمیت نمک، افزایش پیری القا شده توسط شوری و آسیب اکسیداتیو به غشاهای فتوستزی است (۱۶ و ۳۲).

گرم) به ترتیب در دو شرایط عدم تنش و تنش دارای کمترین مقدار این صفت بودند. همچنین در مورد صفت تعداد پنجه بارور لاین دو (به ترتیب بدون تنش و تنش ۷/۲۵ و ۶/۳۲) در هر دو شرایط بدون تنش و تنش بالاترین مقدار را دارا بودند و دو لاین ۱۰ (۴/۳۶) و چهار (۴/۳۲) به ترتیب در دو شرایط عدم تنش و تنش دارای کمترین مقدار این صفت بودند (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش عملکرد دانه عمدتاً ناشی از کاهش اجزای عملکرد (تعداد دانه در سنبله و وزن صد دانه) می‌باشد. کاهش تعداد دانه می‌تواند، به دلیل اثر سوء تنش شوری بر گرده‌افشانی و سقط برخی گل‌ها رخ دهد، و همچنین شوری با کاهش سرعت رشد دانه و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه منجر به کاهش وزن دانه می‌شود (۲). تنش شوری سبب افزایش یون سدیم در برگ پرچم همه لاین‌های گندم نان مورد بررسی شد. بیشترین غلظت یون سدیم، در شرایط تنش شوری، در لاین ۱۲ (۱/۷۱ درصد)، لاین ۹ (۱/۶۹ درصد) و لاین ۱۱ (۱/۶۰ درصد) و کمترین غلظت این یون، در شرایط تنش شوری در چهار لاین شامل، لاین یک (۰/۹۳ درصد)، لاین دو (۱/۰۷ درصد)، لاین چهار (۰/۹۰ درصد) و لاین هشت (۰/۷۶ درصد) مشاهده شد (جدول ۴). تنش شوری سبب کاهش غلظت یون پتاسیم در برگ پرچم لاین‌های گندم لاین‌های گندم نان مورد بررسی شد. در شرایط تنش شوری، لاین هفت (۱/۸۲ درصد)، لاین ۱۰ (۲/۱۰ درصد) و ژنوتیپ ۱۸ (۱/۸۵ درصد) کمترین میزان غلظت یون پتاسیم برگ پرچم را داشتند. همچنین لاین یک (۲/۷۸ درصد)، لاین دو (۲/۸۴ درصد)، لاین چهار (۲/۸۶ درصد) و لاین هشت (۲/۸۶ درصد) بیشترین غلظت یون پتاسیم را داشتند. با توجه به نسبت پتاسیم به سدیم در شرایط تنش شوری، میزان پتاسیم در چهار لاین متحمل به شوری شامل لاین‌های یک، دو، چهار و هشت

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات عملکرد دانه و اجزاء عملکرد در شرایط عدم تنش و تنش شوری.

Table 3. Analysis of variance of yield and yield components under non-stress and salt stress conditions.
(Mean of Square)

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Y (gm ²)		تعداد دانه در سنبله NS		تعداد دانه (گرم) KW(g)		وزن صد دانه (گرم) NT		سدیم (%) Na ⁺ (%)		پتاسیم (%) K ⁺ (%)		پتاسیم به سدیم (%) K ⁺ /Na ⁺ (%)	
		عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش	عدم تنش	تنش
(Replication)	2	4605.79	950.16	82.5	206.46	1.94	0.93	1.39	0.01	0.05	0.001	0.07	0.05	0.09	0.11
(Genotype)	18	5774.08**	1713.96**	154.93**	67.23*	0.46 ^{ns}	0.31 ^{ns}	2.65**	0.93*	0.11**	0.27**	0.28**	0.24**	4.29**	1.28**
(Error)	36	1984.18	682.46	36.53	30.92	0.4	0.31	0.44	0.48	0.01	0	0.002	0.004	0.2	0.08
ضریب تغییرات (C.V) (%)		35.29	29	26.16	32.72	17.24	19.63	11.34	12.91	19.81	10.86	2.2	3.43	11.68	16.88

^{ns}, * , ** و ^{ns} به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال 5 درصد و 1 درصد.

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

صفات عملکرد، اجزاء عملکرد و میزان یون پتاسیم و نسبت یون پتاسیم به یون سدیم در شرایط عدم تنش بالاتر از شرایط تنش شوری بود و برای صفت یون سدیم نتیجه بالعکس حاصل گردید (جدول ۴).

پنج شاخص تحمل به شوری برای عملکرد دانه لاین‌های مورد بررسی محاسبه و در جدول ۵ نتایج آن‌ها ارائه گردید. میزان شدت تنش وارده لاین‌های مورد بررسی ($SI=0/28$) به دست آمد. با توجه به این که میزان عملکرد گندم نان در عصاره اشباع خاک ۹/۵ دسی‌زیمنس بر متر، ۳۲ درصد (۱۰)، ۲۳ درصد (۲۰)، ۵۲ درصد (۲۴) کاهش پیدا می‌کند، بنابراین با توجه به میزان عصاره اشباع این آزمایش (۹/۷ دسی‌زیمنس بر متر)، به نظر می‌رسد که شدت تنش وارد شده در این آزمایش مناسب و منطقی می‌باشد.

شاخص تحمل (TOL): بر اساس شاخص TOL لاین ۱۰ ($-175/60$) با کمترین مقدار شاخص TOL به‌عنوان لاین متحمل به تنش و لاین شماره ۲ ($1196/8$) با بیش‌ترین مقدار این شاخص به‌عنوان لاین حساس به تنش شناسایی شدند (جدول ۵).

شاخص حساسیت به تنش (SSI): بر اساس شاخص SSI، لاین ۱۰ ($-0/89$) با کمترین مقدار به‌عنوان لاین متحمل به تنش و لاین چهار با بیشترین مقدار ($2/04$) به‌عنوان حساس‌ترین لاین انتخاب شدند. هر چه این شاخص کمتر باشد، تحمل به تنش شوری لاین‌ها بهتر است (جدول ۵). انتخاب بر اساس این شاخص نیز باعث انتخاب لاین‌هایی می‌شود که متحمل به تنش هستند ولی پتانسیل عملکرد آن‌ها پایین است (۷ و ۳۵). بنابراین این شاخص نیز قادر به تشخیص لاین‌هایی که در هر دو شرایط عملکرد بالایی دارند نیست.

همچنین عملکرد دانه سه لاین ۹، ۱۱ و ۱۲ به‌علت جذب بیشتر سدیم نسبت به پتاسیم، کاهش یافت. بنابراین احتمال داده می‌شود که لاین‌های متحمل‌تر سبب انتقال کمتر سدیم از ریشه به اندام‌های هوایی می‌گردند. چن و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایش خود گزارش دادند که شوری باعث افزایش مقدار یون سدیم در ریشه و اندام هوایی شد و نسبت پتاسیم به سدیم را در برخی ژنوتیپ‌های جو کاهش داد. با افزایش انتقال سدیم از طریق آوند آبکش و میزان انزوای پائین سدیم در واکوئل‌های سلول‌های برگ، ممکن است مقدار سدیم در آپوپلاست افزایش یابد، در نتیجه سدیم زیاد ممکن است از ورود پتاسیم ممانعت کرده و به‌طور غیر مستقیم مانع از بارگیری آوندهای آبکش گردد (۳). نسبت بالای پتاسیم به سدیم را می‌توان با دفع سدیم به خارج از سلول و نیز مکان‌یابی آن در داخل سلول به‌ویژه در داخل واکوئل‌ها مرتبط دانست (۱). در نتیجه می‌توان گفت تحمل تنش شوری در تک لپه‌ای‌ها به کنترل انتقال سدیم در ۴ نقطه اساسی بستگی دارد: ۱- قابلیت انتخاب در جذب توسط سلول‌های ریشه در منطقه کورتکس و استوانه آوندی؛ ۲- بارگیری آوندهای چوبی به‌وسیله سلول‌های پارانشیمی آوند چوبی؛ ۳- حذف نمک از آوند چوبی در قسمت‌های بالایی ریشه، ساقه و غلاف برگ و ۴- بارگیری آوند آبکش. به‌طورکلی، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که، لاین‌های با تحمل بیشتر به تنش شوری کاهش کمتری در عملکرد دانه داشتند، و این عملکرد هماهنگی مناسبی با انباشت کمتر سدیم و میزان بالای پتاسیم و نسبت بالاتر پتاسیم به سدیم نشان داد. به‌طورکلی تنش‌های محیطی مانند شوری تولید مواد فتوسنتزی را محدود کرده که همراه با تأثیر منفی بر سایر متابولیسم‌های گیاه منجر به کاهش رشد گیاه می‌شود نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که، میانگین

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزاء عملکرد دانه لاین‌های نسل پنجم، در دو شرایط عدم تنش و تنش شوری.

Table 4. Mean comparisons of seed yield and yield components in M5 bread wheat lines under non-stress and salt stress condition.

شماره لاین Line No.	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Y (gm-2)		تعداد دانه در سنبله NS		وزن صد دانه (گرم) KW(g)		تعداد پیچه یارور NT		سدیم (%) Na ⁺ (%)		پتاسیم (%) K ⁺ (%)		پتاسیم به سدیم (%) K ⁺ /Na ⁺ (%)		
	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress	تنش stress	عدم تنش Non-stress
	159.66	21.54	17.82	3.88	3.02	7.12	6.15	0.44	0.93	2.19	2.78	4.97	3.00	4.97	3.00
1	159.66	21.54	17.82	3.88	3.02	7.12	6.15	0.44	0.93	2.19	2.78	4.97	3.00	4.97	3.00
2	246.66	36.06	15.31	3.82	2.58	7.25	6.32	0.50	1.07	2.28	2.84	4.54	2.65	4.54	2.65
3	130.83	8.25	9.20	3.32	2.57	6.87	5.45	0.60	1.42	1.82	2.66	3.05	1.87	3.05	1.87
4	157.86	24.50	12.21	3.88	2.58	6.47	4.32	0.49	0.78	1.54	2.86	3.12	3.03	3.12	3.03
5	146.20	23.74	25.46	3.38	2.83	6.98	5.48	0.46	0.90	2.00	2.59	4.34	2.90	4.34	2.90
6	111.56	26.79	17.75	4.47	2.85	6.19	5.14	0.64	1.55	1.82	2.53	2.85	1.64	2.85	1.64
7	90.37	14.57	9.92	3.72	2.57	4.70	5.38	1.11	1.55	1.76	1.82	1.58	1.18	1.58	1.18
8	211.45	26.33	22.03	4.12	2.52	7.01	5.32	0.49	0.76	2.69	2.86	5.46	3.76	5.46	3.76
9	107.58	24.47	18.08	3.62	2.83	6.23	6.32	0.66	1.69	1.76	2.38	2.67	1.41	2.67	1.41
10	69.19	13.98	15.83	3.62	2.57	4.36	5.65	0.80	1.11	1.88	2.10	2.34	1.88	2.34	1.88
11	95.78	18.36	16.85	3.35	2.72	5.45	4.84	0.90	1.60	1.54	2.30	1.71	1.44	1.71	1.44
12	123.59	37.41	14.66	3.53	2.50	6.27	4.98	0.64	1.71	1.76	2.55	2.76	1.49	2.76	1.49
13	99.15	29.56	27.80	3.18	3.62	5.03	4.56	0.67	1.43	1.45	2.28	2.16	1.59	2.16	1.59
14	100.91	21.65	19.87	2.80	2.82	6.01	4.98	0.77	1.35	1.82	2.35	2.36	1.74	2.36	1.74
15	103.87	24.72	13.61	3.80	2.98	5.40	5.69	0.72	1.57	2.13	2.37	2.96	1.83	2.96	1.83
16	141.82	25.02	19.11	3.60	2.87	4.80	5.78	0.64	1.08	2.00	2.61	3.15	2.41	3.15	2.41
17	112.38	26.50	12.90	3.92	2.90	4.98	5.14	0.62	1.29	1.88	2.41	3.05	1.87	3.05	1.87
18	93.45	15.74	18.40	3.72	3.55	6.58	5.95	1.10	1.08	1.92	1.85	1.74	1.71	1.92	1.71
19	95.89	19.74	16.08	4.35	3.20	5.10	5.32	0.68	1.11	1.98	2.25	2.92	2.03	2.92	2.03
LSD (5%)	73.76	10.01	9.20	1.05	0.92	1.10	1.15	0.29	0.22	0.08	0.10	0.74	0.46	0.74	0.46

دو و ۱۱ به ترتیب متحمل‌ترین و حساس‌ترین لاین شناخته شدند. لاین دو با عملکرد ۱۲۶/۹۷ کیلوگرم در هکتار، رتبه دوم را در شرایط تنش و با عملکرد ۲۴۶۶/۵۷ کیلوگرم در هکتار رتبه اول را در شرایط عدم تنش به خود اختصاص داد. مقادیر MP, GMP و STI برای لاین‌های شماره یک، دو و هشت بیشتر از سایر لاین‌ها بود و عملکرد بالایی در شرایط عدم تنش و تنش داشتند (جدول ۵).

شاخص‌های میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به شوری (STI): از نتایج مقایسه میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به شوری (STI) مشخص شد که انتخاب براساس این معیارها منجر به انتخاب لاین‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌گردد. سایر محققان نیز همین خصوصیت را برای شاخص‌های مذکور گزارش کرده‌اند (۳۰ و ۳۳). از نظر شاخص‌های MP, GMP و STI لاین شماره

جدول ۵- شاخص‌های پایداری عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گندم نان نسل پنجم در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری.

Table 5. Stability indices of grain yield of M5 bread wheat lines under non-stress and salt stress conditions.

شماره لاین Line no.	عملکرد دانه (بدون تنش) (گرم در مترمربع) Yp (g.m ⁻²)	عملکرد دانه (تنش) (گرم در مترمربع) Ys (g.m ⁻²)	حساسیت به تنش SSI	تحمل TOL	میانگین حسابی بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	تحمل به تنش STI
1	159.66	165.55	-0.13	-58.87	1626.07	1625.80	1.66
2	246.66	126.97	1.69	1196.87	1868.14	1769.69	1.97
3	130.83	84.34	1.24	464.90	1075.82	1050.41	0.69
4	157.86	65.47	2.04	923.93	1116.64	1016.59	0.65
5	146.20	94.09	1.24	521.04	1201.45	1172.86	0.86
6	111.56	81.38	0.94	301.77	964.72	952.84	0.57
7	90.37	82.24	0.31	81.33	863.04	862.08	0.47
8	211.45	114.42	1.60	970.27	1629.34	1555.43	1.52
9	107.58	70.63	1.20	369.50	891.05	871.69	0.48
10	69.19	86.75	-0.89	-175.60	779.67	774.71	0.38
11	95.78	58.52	1.36	372.57	771.49	748.66	0.35
12	123.59	74.44	1.39	491.50	990.18	959.20	0.58
13	99.15	78.77	0.72	203.80	889.57	883.71	0.49
14	100.91	83.03	0.62	178.83	919.69	915.33	0.53
15	103.87	91.34	0.42	125.33	976.07	974.05	0.60
16	141.82	90.24	1.27	515.86	1160.30	1131.27	0.80
17	112.38	85.12	0.85	272.54	987.50	978.05	0.60
18	93.45	90.91	0.10	25.43	921.79	921.70	0.53
19	95.89	87.22	0.32	86.64	915.55	914.52	0.52

زیرا قادر به جدا کردن ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌باشند (۷). نتایج حاصل از تجزیه همبستگی نشان داد که بیشترین همبستگی مربوط به MP, GMP و STI بود که می‌توان در میان شاخص‌ها آن‌ها را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب لاین‌های متحمل به شوری در نظر گرفت. ایزدوست و همکاران (۲۰۱۳)، نجفی و

همبستگی بین عملکرد دانه در دو شرایط تنش و عدم تنش و شاخص‌های تحمل به شوری: با استفاده از تحلیل همبستگی بین عملکرد دانه در دو شرایط عدم تنش و تنش شوری و شاخص‌های تحمل به شوری، بهترین شاخص‌ها انتخاب شدند (جدول ۶). براساس نظریه فرناندز (۱۹۹۲) بهترین شاخص آن‌هایی هستند که همبستگی بالایی با عملکرد دارند،

می‌شود (۸). همبستگی بین شاخص‌های TOL و SSI مثبت و معنی‌دار بود (جدول ۶). در اغلب آزمایشات مقایسه عملکرد، همبستگی میان شاخص Ys و TOL منفی و همبستگی شاخص Yp و TOL مثبت می‌باشد (جدول ۷). بنابراین این شاخص قادر به تفکیک و شناسایی گروه C از A نمی‌باشد (۷).

گراوندی (۲۰۱۱)، محمدنژاد و همکاران (۲۰۱۶) و حسینی و همکاران (۲۰۱۲) نیز در تحقیقی روی شاخص‌های محاسبه شده براساس عملکرد دانه، این شاخص‌ها را به‌عنوان بهترین شاخص‌ها جهت انتخاب ارقام متحمل به تنش معرفی کردند (۱۵، ۱۶، ۲۴ و ۲۸). فیشر و مورر (۱۹۷۸) نیز بیان کردند که انتخاب براساس SSI باعث افزایش عملکرد در شرایط تنش

جدول ۶- همبستگی بین شاخص‌های پایداری عملکرد و میزان عملکرد دانه گندم نان نسل پنجم در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری.

Table 6. Correlation between yield and yield stability indices M5 bread wheat lines under non-stress and salt stress conditions.

شاخص indices	عملکرد دانه (بدون تنش) YP	عملکرد دانه (تنش) YS	حساسیت به تنش SSI	تحمل TOL	میانگین حسابی بهره‌وری MP	میانگین هندسی بهره‌وری GMP	تحمل به تنش STI
عملکرد دانه (بدون تنش) YP	1						
عملکرد دانه (تنش) YS	0.57**	1					
حساسیت به تنش SSI	0.60**	-0.23n.s	1				
تحمل TOL	-0.83**	0.03n.s	0.89**	1			
میانگین حسابی بهره‌وری MP	0.94**	0.80**	0.34n.s	0.62**	1		
میانگین هندسی بهره‌وری GMP	0.91**	0.85**	0.27n.s	0.55*	0.99**	1	
تحمل به تنش STI	0.91**	0.85**	0.24n.s	0.54*	0.99**	0.99**	1

^{n.s}، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

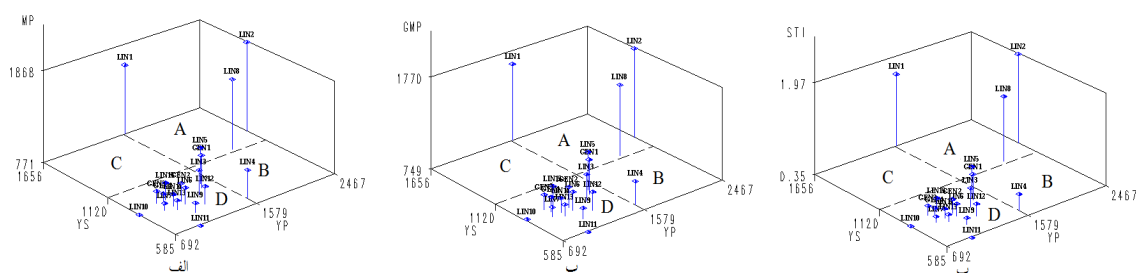
^{n.s}، * and **: Not-significant and significant at 5 and 1% probability level, respectively.

بودند (شکل ۱- پ). نتایج به‌دست آمده از نمودارهای سه بعدی YP و YS با MP و GMP نیز مشابه با شاخص STI بود (شکل ۱- الف و ب). بنابراین، براساس این یافته‌ها می‌توان پیشنهاد نمود که شاخص‌های MP، GMP و STI برای گزینش لاین‌های متحمل مناسب هستند. انتخاب بر اساس این شاخص‌ها در شرایط تنش به‌وسیله بسیاری از محققین در گیاه گندم پیشنهاد شده است (۷، ۱۱ و ۳۷).

نمودار سه بعدی (مدل فرناندز) و تجزیه خوشه‌ای: با استفاده از مقادیر شاخص‌هایی که دارای همبستگی بالا با عملکرد در هر دو شرایط بودند، نمودار سه بعدی رسم شد. در این نمودار (۱- پ) شاخص STI در مقابل عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش نشان داده شده است. بنابراین، لاین‌های شماره یک، دو و هشت به‌عنوان لاین‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط (عدم تنش و تنش شوری) و داشتن STI بالا، در گروه A فرناندز قرار گرفته و متحمل به شوری

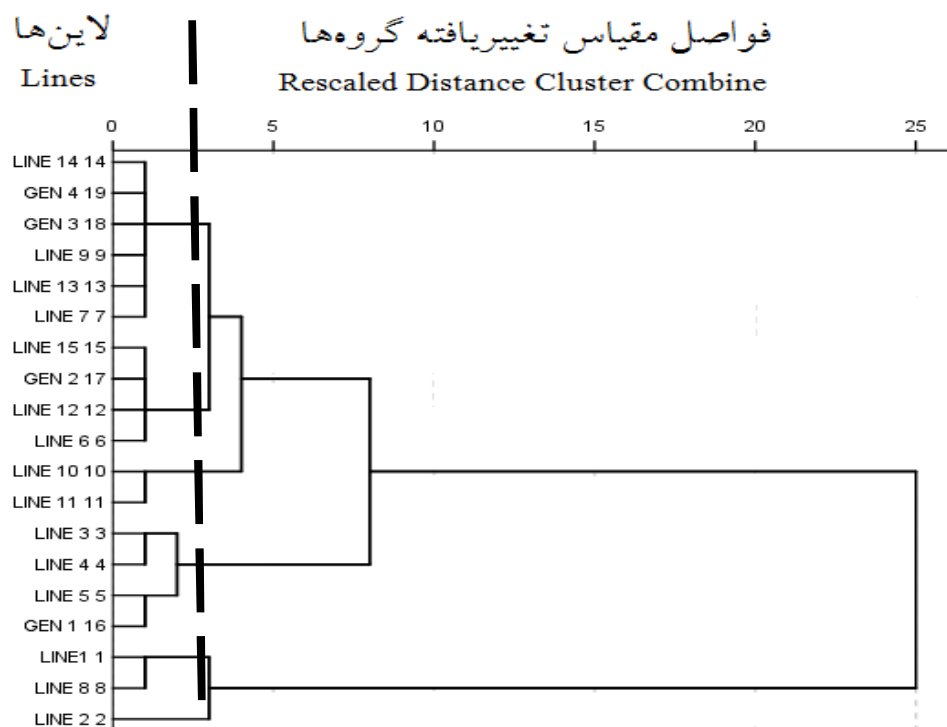
قرار گرفتند (شکل ۲)، که براساس تقسیم بندی فرناندز (۱۹۹۲) جزو لاین‌های گروه A (عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش) محسوب می‌شوند، این نتیجه براساس پراکنش سه بعدی (فرناندز، ۱۹۹۲) عملکرد دانه در هر دو شرایط و با هر کدام از سه شاخص MP، GMP و STI تأیید گردید (۷).

در نهایت تجزیه خوشه‌ای لاین‌ها بر اساس سه شاخص ارزیابی MP، GMP و STI و عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی انجام شد و با برش نمودار درختی (براساس روش تجزیه واریانس چند متغیره)، لاین‌ها در سه کلاس گروه‌بندی شدند. بیشترین تحمل به شوری مربوط به سه لاین شماره یک، دو و هشت بود و در دندروگرام تجزیه خوشه‌ای در یک گروه



شکل ۱- پراکنش سه بعدی لاین‌های مورد مطالعه براساس عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش شوری و میانگین حسابی بهره‌وری (MP) (الف)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) (ب) و شاخص تحمل به تنش (STI) (پ)

Figure 1. Three dimensional dispersion of the studied Lines based on grain yield in non-stress and salinity stress and mean productivity (MP) (a), geometric mean productivity (GMP) (b) and stress tolerance index (STI) (c).



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای لاین‌های گندم نان براساس روش حداقل واریانس وارد و سه شاخص MP، GMP و STI
Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of wheat Lines by Ward's minimum variance based on MP, GMP and STI indices

STI موید تحمل بالاتر این سه لاین به تنش شوری هستند. به طوری که لاین‌های متحمل به شوری انتخاب شده، سطح کمتری از سدیم، سطح بالایی از پتاسیم و نسبت بیشتری از پتاسیم به سدیم در شرایط تنش شوری نسبت به لاین‌های حساس داشتند. بنابراین، بر اساس این نتایج می‌توان سه لاین یک، دو و هشت را به عنوان لاین‌های متحمل معرفی و توصیه نمود که این سه لاین به منظور کشت و ارزیابی در نسل ششم معرفی گردند.

- Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan.
8. Fischer, R.A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Aust. J. Agric. Res.*, 29: 897-912.
 9. Flowers, T.J., and Yeo, A.R. 1989. Effects of salinity on plant growth and crop yield. In: *Environmental Stress in Plants*, ed. Cherry, J.H., Nato Ast series, Verlag Berlin Heidelberg, Germany. 370-410p.
 10. Gholizadeh, A., Dehghani, H., and Dvorak, J. 2013. Evaluating salt tolerance of bread wheat genotypes using stress tolerance indices. *Cereal Res.*, 2: 103-114.
 11. Golabadi, M., Arzani, A., and Maibody, S.M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *Afr. J. Agric. Res.*, 1: 162-171.
 12. Grieve, C., Lesch, S., Maas, E., and Francois, L. 1993. Leaf and spikelet primordia initiation in salt-stressed wheat. *Crop Sci.*, 33: 1286-1294.
 13. Heidari Sharif Abad, H. 2001. Plant and Salinity. Research Institute of Forests and Rangelands Press, 55p. (In Persian)
 14. Heinrich, G.M., Francis, C.A., and Eastin, J.D. 1983. Stability of grain sorghum yield components across diverse environments. *Crop Sci.*, 23: 209-212.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به این که ویژگی‌های کمی و کیفی محصولات کشاورزی تابع خصوصیات کیفی خاک و آب می‌باشد، لذا در شرایط تنش شوری باید به دنبال ژنوتیپ‌هایی بود که متوسط عملکرد آن‌ها در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری نسبتاً بالا باشد. ارزیابی نسل پنجم مورد مطالعه نشان داد که سه لاین یک، دو و هشت نسبت به لاین‌های دیگر، عملکرد نسبتاً مناسبی در هر دو شرایط داشتند. همچنین بررسی شاخص‌های تحمل به تنش MP، GMP و

منابع

1. Blumwald, E. 2004. Sodium transport and salt tolerance in plants. *Curr. Opin. Cell. Biol.*, 12: 431-434.
2. Bradford, K.J., and Haigh, A.M. 1994. Relationship between accumulated hydrothermal time during seed priming and subsequent seed germination rates. *Seed Sci. Res.*, 4: 63-63.
3. Chen, Z., Newman, I., Zhuo, M., Mendham, N., Zhang, G., and Shabala, S. 2005. Screening plants for salt tolerance by measuring K^+ flux: a case study for barely. *Plant Cell. Environ. J.*, 28: 1230-1246.
4. Cramer, G., Alberico, G., and Schmidt, C. 1994. Salt tolerance is not associated with the sodium accumulation of two maize hybrids. *Funct. Plant Biol.*, 21: 675-692.
5. El-Hendawy, S.E., Hu, Y., Y-akout, G.M., Awad, A.M., Hafiz, S.E., and Schmidhalter, U. 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *Eur. J. Agr.*, 22: 243-253.
6. FAO. 2013. Available <http://faostat.fao.org>. Last accessed 12 October.
7. Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo C.G. (Ed.), *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in*

- wheat genotypes for drought tolerance under rainfed conditions. Theme 10. Application of new technologies and technology transfer and crop improvement for dry areas. The 8th International Conference on Development of Drylands, Beijing, China. 236p.
26. Munns, R., and James, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant Soil.*, 253: 201-218.
 27. Munns, R., James, R.A., and Läuchli, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *J. Exp. Bot.*, 57: 1025-1043.
 28. Najaphy, A., and Geravandi, M. 2011. Assessment of indices to identify wheat genotypes adapted to irrigated and rain-fed environments. *Adv. Environ. Biol.*, 5: 3212-3218.
 29. Noor Mohammadi, Gh., Siadat, S.A., and Kashani, A. 2007. *Agronomy Cereal*. Shaid Chamran Univ, Press. 446p. (In Persian)
 30. Normand Moayed, F., Rostami, M., and Ghanadha, M.R. 1998. Determine the best index of drought resistance in wheat. *I.R.I Crop Sci. Congress.*, 242p. (In Persian)
 31. Orcutt D.M., and Nilsen E.T. 2000. *The physiology of Plants Under Stress, Soil and Biotic Factors*. John Wiley and Sons, New York, Pp: 177-235.
 32. Parida A.K., and Das, A.B. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants. A review, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 60: 324-349.
 33. Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non- stress environment. *Crop Sci.*, 21: 943-946.
 34. Sanjay Singh, R.S., Sengar Neeraj Kulshreshtha, D., Datta, R.S., Tomar, V.P., Rao, D., and Ashish, O. 2015. Assessment of multiple tolerance indices for salinity stress in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *J. Agric. Sci.*, 7: 49-57.
 35. Schnider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriques, B., Acosta Gallegos, J.A., Ramirez-vallejo, 15. Hosseini, S.J., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Pirdashti, H. 2012. Analysis of tolerance indices in some rice (*Oryza sativa* L.) genotypes at salt stress condition. *Int. Res. J. Appl. Basic Sci.*, 3: 1-10.
 16. Izaddoost, H., Samizadeh, H., Rabiei, B., and Abdollahi, S. 2013. Evaluation of salt tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars and lines with emphasis on stress tolerance indices. *Cereal Res.*, 3: 167-180. (In Persian)
 17. Janzen, H., and Chang, C. 1987. Cation nutrition of barley as influenced by soil solution composition in a saline soil. *Can. J. Soil Sci.*, 67: 619-629.
 18. Jeschke., W. 1984. K⁺-Na⁺ exchange at cellular membranes, intracellular compartmentation of cations, and salt tolerance. In: *Salinity Tolerance in Plants*. New York, Pp: 37-65
 19. Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A. 2003. Responses crops to growth ambient. Ferdowsi University of Mashhad Press, 298p. (in Persian)
 20. Kanafi, M.A., and Dehghani, H. 2015. Evaluation of Salt Tolerance of bread wheat using stress tolerance indices. *Cereal J.*, 4: 103-114. (In Persian)
 21. Maas, E.V., and Grieve, C.M. 1990. Spike and leaf development in salt-stressed wheat. *Crop Sci.*, 30: 1309-1313.
 22. Maluszynski, M., Ahloowalia, B.S., and Sigurbjörnsson, B. 1995. Application of *in vivo* and *in vitro* mutation techniques for crop improvement. *Euphytica. J.*, 85: 303-315.
 23. Mass, E.V. 1993. Plant growth response to salt stress. In: *Towards the Rational Use of High Salinity Tolerant Plants*. Boca Raton, CRC Press. Pp: 279-291.
 24. Mohammad nezhad, Y., Galeshi, S., Soltani, A., Ghaderifar, F., and Nourinia, A.A. 2016. Study of stress indices for selecting tolerant wheat genotypes in rain-fed conditions and moderate and severe salinity stress in Golestan province. *J. Crop Prod.*, 9: 124-144. (In Persian)
 25. Mohammadi, R., Haghparast, R., and Aghaee, M. 2005. Evaluation of bread

- high-yielding mutants in chickpea (*Cicer arietinum*). Turk. J. Biol., 32: 161-166.
39. Wu, H., Shabala, L., Liu, X., Azzarello, E., Zhou, M., Pandolfi, C., Chen, Z.H., Bose, J., Mancuso, S., and Shabala, S. 2015. Linking salinity stress tolerance with tissue-specific Na⁺ sequestration in wheat root. Front. Plant Sci., 6: 71.
40. Zarin kafsh, M. 1997. Principles of Soil Science and Environment in Relation to the Plant. Islamic Azad University, Center of Scientific Publications Press, 808p. (In Persian)
- P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci., 37: 43-50.
36. Stadler, L.J. 1928. Mutation in barley induced by X-rays and radium. Sci., 68: 186-187.
37. Talebi, R., Fayaz, F., and Naji, A.M. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Gen. Appl. Plant Physiol., 35: 64-74.
38. Wani, A., and Anis, M. 2008. Gamma ray- and EMS-induced bold-seeded

