دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

بررسی تنوع ژنتیکی ژرم‌پلاسم‌های گندم نان ایرانی از نظر تحمل به تنش شوری

امیر قلی‌زاده[۱]، حمید دهقانی[۲]، اشکبوس امینی[۳] و امیدعلی اکبرپور[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس
۲- استاد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، (نویسنده مسوول: dehghanr@modares.ac.ir)
۳- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج
۴- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان
تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۴/۱۰

چکیده

تنش شوری یکی از تنش‌های غیرزنده مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران می‌باشد. تنوع ژنتیکی بالایی میان ژنوتیپ‌های گندم نان ایرانی از نظر تحمل به شوری مشاهده شده است. به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و صفات مؤثر بر تحمل شوری، ۱۱۰ ژنوتیپ گندم نان در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی تحقیقات شوری، در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری مورد ارزیابی قرار گرفتند. شوری آب آبیاری در شرایط بدون تنش و تنش شوری به ترتیب ۲ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود داشت. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای بر اساس صفات مورفولوژیکی و زراعی، تحت هر دو شرایط مورد بررسی ژنوتیپ‌ها در ٤ گروه دسته‌بندی شدند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین گروه‌ها در شرایط بدون تنش و تنش شوری، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۳۱، ۳۵، ۳۸، ۷۳، ۸۱، ۹۷ و ۹۸ بعنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش شوری شناسایی شدند. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در مناطق شور ایران و بعنوان والدین برای بهبود ژرم‌پلاسم گندم برای تحمل به شوری در برنامه‌های اصلاحی استفاده نمود. همچنین نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری نشان دهندهٔ ارتباط مثبت صفات محتوای کلروفیل، عملکرد زیستی و شاخص برداشت با عملکرد دانه بود. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که صفت محتوای کلروفیل برگ به علت کم هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان و غیرتخریبی نسبت به سایر صفات می‌تواند به‌عنوان شاخصی مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش شوری در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: گندم، تنوع ژنتیکی، تنش شوری، تجزیه عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای

مقدمه

گندم به‌عنوان یک محصول استراتژیک سهم عمده‌ای از تولیدات کشاورزی کشور را به خود اختصاص می‌دهد و این در حالی است که بخش قابل توجهی از این محصول در اراضی شور کشت می‌شود. شوری در مناطق خشک و نیمه‌خشک همانند ایران تولید محصولات زراعی را می‌تواند به شدت محدود کند (۲۷). برای مقابله با این مشکل، بررسی تنوع ژنتیکی در گندم و یافتن ژنوتیپ‌های متحمل به تنش شوری بسیار ضروری به نظر می‌رسد. زیرا استفاده از ارقام متحمل به تنش شوری می‌تواند در افزایش عملکرد در زمین‌های شور یا تحت آبیاری با آب شور بسیار موثر واقع شود. تحقیقات زیادی در مورد تاثیر شوری بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی و شناسایی ژنوتیپ‌های جدید گیاهی که متحمل به شوری می‌باشند انجام گرفته است (۲۲،۶،۲۱). حضور نمک در خاک به دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک، عدم تعادل مواد غذایی یا ترکیبی از این عوامل، اثرات مضری بر رشد و نمو گیاه در سطوح فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و مولکولی ایجاد می‌کند (۲۲،۲۰). اثر تنش شوری بر کاهش عملکرد و اجزای عملکرد دانه، تعداد روز تا خوشه‌دهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و وزن تر و خشک اندام هوایی در گندم گزارش شده است (۹،۷). تنوع بالایی میان ارقام و لاین‌های گندم نان از نظر تحمل به شوری گزارش شده که بر وجود فرصت‌های زیادی در جهت افزایش تحمل به شوری در گندم نان از طریق اصلاح و انتخاب دلالت دارد (۱۶). تحمل شوری صفت کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد که این امر موجب مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل شوری می‌شود. اگرچه عملکرد مهمترین معیار گزینش در شرایط تنش است، ولی وراثت پیچیده و برهمکنش ژنوتیپ و محیط کارایی آن را در برنامه‌های اصلاحی محدود ساخته است (۲). عملکرد دانه در گندم ناشی از اثرات تجمعی اجزای متشکله و برهم کنش آن‌ها می‌باشد. بنابراین ارزیابی تنوع ژنتیکی و تحمل به شوری ژنوتیپ‌های گندم باید بر مبنای مجموعه‌ای از صفات و اجزای عملکرد صورت گیرد.

چندین روش برای اندازه‌گیری تنوع وجود دارد. با تجزیه‌های تک متغیره، هر صفت به طور جداگانه تجزیه می‌شود و میزان تفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی را هنگامی که صفات اندازه‌گیری شده با یکدیگر ارتباط دارند، توصیف نمی‌کند (۳۷). تجزیه خوشه‌ای یکی از روش‌های آماری چند متغیره است که برای تعیین تنوع بین جوامع مختلف گیاهی و جانوری و دسته‌بندی آن‌ها به گروه‌های مختلف براساس فاصله یا تشابه ژنتیکی مورد استفاده قرار می‌گیرد (۳۴). این روش حداقل در دو مورد می‌تواند به به‌نژادگر کمک نماید: یکی پیدا کردن گروه‌های واقعی افراد براساس تشابه ژنتیکی بین آن‌ها و دیگر کاهش داده‌ها و انتخاب افراد محدودی از هر گروه یا دسته (۱۵). از روش تجزیه خوشه‌ای در ذرت (۱۱)، چای (۱۹)، بادام زمینی (۲۹)، برنج (۲۸)، کلزا (۲۵)، نخود (۱۷)، لوبیا (۳۴) و یونجه (۸) برای تعیین تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شده است. تجزیه به عامل‌ها

یکی دیگر از روش‌های آماری چند متغیره است که به‌منظور دسته‌بندی صفات، تعیین میزان اهمیت و ارتباط هر یک از آنها در ایجاد تغییرات کل داده‌ها و شناسایی صفات موثر بر عملکرد مورد استفاده قرار می‌گیرد. تشخیص صفات موثر بر عملکرد این اجازه را به به‌نژادگر می‌دهد که بر صفات مشخصی که موجب تنوع شده است، تمرکز نماید. از روش تجزیه به عامل‌ها در گندم (۱۴)، عدس (۳۱)، جو (۱۰)، نخود (۱۷) و لوبیا (۱۳) برای بررسی روابط بین صفات استفاده شده است.

ارزیابی تنوع ژنتیکی و بررسی روابط بین صفات بر مبنای صفات مورفولوژیک و زراعی می‌تواند برای سازمان‌دهی ژرم‌پلاسم، گزینش والدین مناسب برای دورگ‌گیری و تولید جمعیت‌های در حال تفرق سودمند باشد. این تحقیق به منظور بررسی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد و صفات مورفولوژیکی و همچنین تعیین روابط بین صفات با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره (تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به عامل‌ها) انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق تعداد ۱۱۰ ژنوتیپ گندم نان (جدول ۱) از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو شرایط (بدون تنش و تنش شوری)، مورد ارزیابی قرار گرفتند. به دلیل اینکه کاشت ۱۱۰ ژنوتیپ گندم نان در یک بلوک کامل به دلیل طولانی شدن طول یک بلوک و افزایش غیریکنواختی خاک، منجر به اختلاط بین اثر تیمار و غیریکنواختی خاک می‌شود و با توجه به کوتاه بودن عرض بلوک برای ایجاد یکنواختی، بلوک کامل به دو قسمت تقسیم شد و در زیر یکدیگر قرار داده شدند تا یکنواختی برای کل بلوک شامل ۱۱۰ ژنوتیپ فراهم گردد. این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی مرکز ملی شوری، وابسته به مرکز ملی تحقیقات شوری واقع در استان یزد انجام گرفت. ژنوتیپ‌های گندم نان شامل: ۱۳ لاین پیشرفته غربال شده در شرایط تنش شوری که در مراحل نهایی اصلاحی بودند (ژنوتیپ‌های شماره ۱ تا ۱۳ در جدول ۱)، ۱۶ تودهٔ خالص بومی جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران به خصوص گرم و خشک کویر (ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ تا ۲۹ در جدول ۱)؛ ارقام شاهد شامل کراچیا به‌عنوان رقم بین‌المللی شناخته شده برای تحمل به تنش شوری، ارقام روشن، ارگ، بم و سرخ‌تخم به‌عنوان ارقام شناخته شده متحمل در ایران، شاه‌پسند و فلات به‌عنوان ارقام حساس به تنش شوری، یک رقم محلی (بومی یزد) و ۷۳ ژنوتیپ گندم تجاری که در نقاط مختلف کشور کشت می‌شوند (ژنوتیپ‌های شماره ۳۸ تا ۱۱۰ در جدول ۱) بودند. برخیی از ژنوتیپ‌های مورد استفاده در این تحقیق در مطالعات دیگران برای ارزیابی تحمل به شوری استفاده شده بودند ولی با توجه به بررسی منابع انجام گرفته، این آزمایش برای همه این مواد ژنتیکی بصورت همزمان برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری در اقلیم خشک و نیمه‌خشک کشور صورت نگرفته است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی به صورت کرتی روی خطوط، کشت و مورد ارزیابی قرار گرفتند. آبیاری در شرایط شور با آب ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر و در شرایط بدون تنش با آب ۲ دسی‌زیمنس بر متر انجام شد. حد تحمل به شوری آب برای گندم ۴ دسی‌زیمنس بر متر است. بنابراین EC آب آبیاری برابر ۲ برای شرایط بدون تنش مناسب است. میزان عناصر مورد نیاز بر اساس آزمون خاک به خاک مزرعه اضافه شد. تمامی کود فسفره (۱۱۵ کیلوگرم فسفر خاص در هکتار)، و پتاسه (۸۰ 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 (۱۴۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره) نیز در سه قسمت مساوی در زمان‌های کاشت، پنجه‌دهی و غلاف‌دهی اضافه گردید. کاشت بذرها در کرت‌های آزمایشی با دست و با توجه به قوه نامیه و وزن هزاردانه بر اساس تراکم ۵۰۰ دانه در متر مربع در آذر ماه انجام گرفت. جهت همگنی ابتدا و انتهای بلوک‌های آزمایشی، هر کرت بطور خالص شامل یک متر مربع طول و چهل سانتی‌متر عرض و دو ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و برای حذف اثر حاشیه ۴ طرف مزرعه محل آزمایش با رقم رایج منطقه کشت گردید. در طول فصل رشد در هر دو شرایط جهت تعیین شوری خاک در منطقه توسعه ریشه از خاک و تا عمق ۹۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام گرفت. متوسط میزان شوری عصاره اشباع خاک در طول فصل رشد در شرایط تنش شوری و بدون تنش به ترتیب ۹/۵ و ۲/۷ دسی‌زیمنس بر متر بود. کلیه عملیات داشت شامل کوددهی، وجین علف‌های هرز و آبیاری بر اساس نیاز گیاه انجام شد. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل طول ریشک، طول برگ پرچم، ارتفاع گیاه، وزن خوشه، وزن دانه در خوشه، تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلچه در خوشه، وزن پدانکل، طول خوشه، طول پدانکل، تعداد پنجه بارور، روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، وزن صددانه، محتوای کلروفیل (در مرحله گرده‌افشانی برای اندازه‌گیری محتوای کلروفیل برگ پرچم از دستگاه کلروفیل‌متر-SPAD-502 استفاده شد. یادآور می‌گردد که SPAD تخمینی از غلظت کلروفیل را نشان می‌دهد.)، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت بودند.

تجزیه و تحلیل آماری

ابتدا نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف -اسیمروف مورد ارزیابی قرار گرفت. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در دو شرایط بدون تنش و تنش شوری، از تجزیه خوشه‌ای به روش وارد استفاده شد و سپس آنالیز تابع تشخیص برای تایید صحت گروه‌بندی انجام شد. همچنین برای بررسی بهتر گروه‌ها از تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر استفاده شد. برای انجام این کار گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند و برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام گرفت. در نهایت برای بررسی و درک روابط پیچیده بین صفات و شناسایی عوامل

پنهانی از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. برای استخراج عامل‌ها از روش مؤلفه‌های اصلی و برای دوران عامل‌ها از روش چرخش واریماکس استفاده گردید. برای تعیین تعداد عامل‌های مناسب، آن تعداد از عامل‌ها که دارای ریشه بزرگ‌تر از یک بودند انتخاب و برای ماتریس ضرایب عامل‌ها به کار رفتند. در هر عامل اصلی و مستقل ضرایب عاملی ۰/۵ به بالا صرف نظر از علامت آن‌ها معنی‌دار در نظر گرفته شدند. برای انجام محاسبات از نرم‌افزارهای آماری SAS 9.1 (۳۲) و SPSS 19 (۳۶) استفاده شد.

نتایج و بحث

تجزیه خوشه‌ای

به‌منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر اساس صفات مورد اندازه‌گیری، تجزیه خوشه‌ای انجام شد. نتایج گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش در جدول ۲ و در شرایط تنش شوری در جدول ۳ نمایش داده شده است. به دلیل بزرگ بودن نمودار درختی و عدم وضوح نام ژنوتیپ‌های قرار گرفته در نمودار درختی (به علت تعداد زیاد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی)، امکان نمایش گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به صورت نموداری درختی وجود نداشت. به همین دلیل از جداول برای نمایش گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها استفاده شد به طوری که نام ژنوتیپ‌های موجود در هر گروه به صورت مجزا در جداول ۲ و ۳ نمایش داده شد. در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ۴ گروه دسته‌بندی شدند (جدول ۲). تحت این شرایط، ۲۵ ژنوتیپ در گروه اول، ۲۱ ژنوتیپ در گروه دوم، ۲۲ ژنوتیپ در گروه سوم و ۴۲ ژنوتیپ در گروه چهارم قرار گرفتند. همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، در شرایط تنش شوری نیز ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ۴ گروه دسته‌بندی شدند. تجزیه خوشه‌ای تحت این شرایط نشان داد که ۴۱ ژنوتیپ در گروه اول، ۳۲ ژنوتیپ در گروه دوم، ۱۶ ژنوتیپ در گروه سوم و ۲۱ ژنوتیپ در گروه چهارم قرار گرفتند. برای بررسی صحت گروه‌بندی‌های انجام شده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد که نتایج حاصل از شرایط بدون تنش در جدول ۴ و شرایط تنش شوری در جدول ۵ نمایش داده شده است. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که تمامی ژنوتیپ‌های مورد بررسی به طور صحیحی گروه‌بندی شدند و میزان موفقیت تابع تشخیص برای تمام گروه‌ها ۱۰۰ درصد است که این مقدار را میزان موفقیت کل تابع تشخیص گویند. میزان موفقیت نشان می‌دهد که تابع تشخیص تا چه حد در گروه‌بندی یا تشخیص بین گروه‌ها موفق بوده است. محققان دیگر نیز از تجزیه تابع تشخیص برای بررسی صحت گروه‌بندی انجام شده توسط تجزیه خوشه‌ای در گیاهان مختلف استفاده کرده‌اند (۸،۱۱،۱۷،۱۹،۲۹،۳۴). علاوه بر آزمون‌های فوق، از تجزیه واریانس چندمتغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادل برای صفات مورد نظر استفاده شد. برای انجام این کار گروه‌ها به‌عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به‌عنوان تکرار در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه چندمتغیره در شرایط بدون تنش و تنش شوری در جدول ۶ نمایش داده شده است. نتایج حاکی از تفاوت معنی‌دار بین گروه‌ها برای تمامی صفات در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری بود. به این ترتیب میتوان اینگونه بیان کرد که بین بردارهای میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد و ژنوتیپ‌های قرار گرفته در درون گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه‌های مختلف از نظرصفات مورد بررسی بیشترین شباهت را داشته و گروه‌بندی به نحو صحیحی انجام گرفته است. در مرحله بعد برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مورد بررسی، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام گرفت. بدیهی است که اگر میانگین یک صفت در یک گروه از میانگین آن صفت در سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل بالاتر باشد بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های آن گروه برای آن صفت ارزش بیشتری دارند. نتایج مقایسه میانگین گروه‌ها در شرایط بدون تنش نشان داد (جدول ۷) که ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر اکثر صفات زراعی شامل طول ریشک، طول برگ پرچم، تعداد دانه در خوشه، وزن صددانه، وزن دانه در خوشه، وزن پدانکل، وزن خوشه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و عملکرد دانه میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. در گروه دوم ژنوتیپ‌هایی قرار گرفتند که بالاترین مقدار میانگین را در صفات تعداد پنجه بارور، تعداد سنبلچه در خوشه، ارتفاع بوته، محتوای کلروفیل، طول پدانکل، طول خوشه، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی داشتند، بنابراین ژنوتیپ‌های این گروه نسبت به ژنوتیپ‌های سایر گروه‌ها دیررس‌تر هستند. ژنوتیپ‌های گروه سوم با توجه به صفات فنولوژیک، نسبت به سایر گروه‌ها زودرس‌تر بودند ولی از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین کمتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. در گروه چهارم ژنوتیپ‌هایی قرار گرفتند که کمترین مقدار میانگین را در اکثر صفات مورد بررسی داشتند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین گروه‌ها در شرایط بدون تنش میتوان چنین استنباط کرد که ژنوتیپ‌های موجود در گروه اول (۲، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۳۱، ۳۲، ۳۴، ۳۵، ۳۸، ۴۳، ۴۸، ۵۳، ۵۴، ۶۴، ۶۵، ۷۳، ۸۱، ۹۷، ۹۸، ۱۱۰) از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر در شرایط بدون تنش شناخته شدند. از آماره ماهالانوبیس برای تعیین فاصله گروه‌ها استفاده شد. نتایج فاصله ماهالانوبیس در شرایط بدون تنش نشان داد که بیشترین فاصله بین گروه‌های ۱ و ۳ مشاهده شد. (جدول ۹). ژنوتیپ‌های موجود در گروه ۱ بالاترین میزان میانگین را در اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد نشان دادند در حالیکه ژنوتیپ‌های گروه ۳، از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین کمتری را در میان سایر گروه‌ها داشتند ولی نسبت به سایر گروه‌ها زودرس‌تر بودند. بنابراین تلاقی ژنوتیپ‌های این دو گروه، احتمال تولید ژنوتیپ‌های زودرس با میانگین عملکرد بالا را نوید می‌دهد. در استفاده از مقیاس فاصله ژنتیکی، ژنوتیپ‌هایی که در گروه‌های گوناگون گروه‌بندی می‌شوند نسبت به ژنوتیپ‌هایی که در یک گروه

قرار می‌گیرند، شباهت کمتری وجود دارد. در برنامه‌های اصلاحی، انتخاب والدین برای برنامه‌های دورگ‌گیری بسیار پر اهمیت است. تلاقی دادن ژنوتیپ‌هایی که در یک گروه قرار دارند، نمی‌تواند پاسخ‌گوی انتظارات اصلاحگران برای افزایش عملکرد باشد. بنابراین برنامه‌های دورگ‌گیری که شامل والدین با تنوع ژنتیکی، متعلق به گروه‌های دارای فواصل ژنتیکی زیاد باشد فرصت مناسبی را برای ترکیب شدن مجموعه‌های ژنی مختلف فراهم می‌سازد. با این وجود تلاقی ژنوتیپ‌هایی که در گروه ۱ قرار گرفته‌اند با ژنوتیپ‌های گروه ۳ می‌تواند به‌نژادگر را در رسیدن به اهداف خود یعنی عملکرد مطلوب در شرایط بدون تنش یاری دهد. در شرایط تنش شوری (جدول ۸) ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین کمتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند ولی با توجه به صفات فنولوژیک، نسبت به سایر گروه‌ها زودرس‌تر بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم تنها برای صفت طول ریشک از میانگین بالاتری برخوردار بودند. در گروه سوم ژنوتیپ‌های دیررس قرار گرفتند. این گروه از نظر صفات فنولوژیکی مانند تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی و صفات زراعی مانند ارتفاع بوته، تعداد سنبلچه در خوشه، طول پدانکل و طول خوشه، بالاترین مقادیر میانگین را داشتند. ژنوتیپ‌های گروه چهارم از نظر اکثر صفات زراعی شامل طول برگ پرچم، تعداد دانه در خوشه، وزن صددانه، وزن دانه در خوشه، وزن پدانکل، وزن خوشه، عملکرد زیستی، شاخص برداشت و عملکرد دانه میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند. با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین گروه‌ها در شرایط تنش شوری می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های موجود در گروه چهارم (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۳۱، ۳۳، ۳۵، ۳۸، ۷۳، ۸۱، ۹۷، ۹۸) از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند و به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش شوری شناخته شدند. نتایج فاصله ماهالانوبیس در شرایط تنش شوری نشان داد که بیشترین فاصله بین گروه‌های ۱ و ۴ مشاهد شد (جدول ۹). ژنوتیپ‌های موجود در گروه ۱ از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین کمتری را در میان سایر گروه‌ها داشتند ولی نسبت به سایر گروه‌ها زودرس‌تر بودند. در حالیکه ژنوتیپ‌های گروه ۴، بالاترین میزان میانگین را در اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد نشان دادند. از آنجاییکه که زودرسی یکی از اهداف اصلاحی در گندم بوده است، بنابراین تلاقی ژنوتیپ‌های این دو گروه ۱ و ۴، امکان تولید ژنوتیپ‌های زودرس با میانگین عملکرد بالا را در شرایط تنش شوری نوید می‌دهد.

جدول ۱- کد و نام ژنوتیپ‌های گندم

Table 1. The codes and name of wheat genotypes

نام ژنوتیپ	شماره	نام ژنوتیپ	شماره	نام ژنوتیپ	شماره	نام ژنوتیپ	شماره
MV17	۸۵	چناب	۵۷	بومی ۱۷	۲۹	Salt18	۱
نوید	۸۶	داراب ۲	۵۸	کراچیا	۳۰	Salt19	۲
نیک‌نژاد	۸۷	دریا	۵۹	ارگ	۳۱	Salt20	۳
امید	۸۸	دز	۶۰	بم	۳۲	Salt21	۴
پارسی	۸۹	DN11	۶۱	روشن	۳۳	Salt22	۵
پیشگام	۹۰	کاسکوژن	۶۲	سرخ تخم	۳۴	Salt23	۶
پیشتاز	۹۱	گاسپارد	۶۳	رقم محلی یزد	۳۵	Salt24	۷
رسول	۹۲	قدس	۶۴	شاه‌پسند	۳۶	Salt25	۸
سبلان	۹۳	گلستان	۶۵	فلات	۳۷	Salt26	۹
سرداری	۹۴	هامون	۶۶	عدل	۳۸	Salt27	۱۰
سایسون	۹۵	هیرمند	۶۷	افلاک	۳۹	Salt28	۱۱
سپاهان	۹۶	اینیا	۶۸	اکبری	۴۰	Salt29	۱۲
شهریار	۹۷	کرج ۱	۶۹	آلاموت	۴۱	Salt30	۱۳
شیراز	۹۸	کرج ۲	۷۰	البرز	۴۲	بومی ۱	۱۴
شیرودی	۹۹	کرج ۳	۷۱	الوند	۴۳	بومی ۲	۱۵
شعله	۱۰۰	کاوه	۷۲	آرتا	۴۴	بومی ۳	۱۶
سیستان	۱۰۱	کویر	۷۳	آروم	۴۵	بومی ۴	۱۷
سیوند	۱۰۲	خزر ۱	۷۴	اروند	۴۶	بومی ۵	۱۸
استار	۱۰۳	کراشاهه	۷۵	اترک	۴۷	بومی ۶	۱۹
طبسی	۱۰۴	لاین A	۷۶	آزادی	۴۸	بومی ۷	۲۰
تجن	۱۰۵	مهدوی	۷۷	آذر ۲	۴۹	بومی ۸	۲۱
توس	۱۰۶	مارون	۷۸	بهار	۵۰	بومی ۹	۲۲
ویریناک	۱۰۷	مرودشت	۷۹	بیات	۵۱	بومی ۱۰	۲۳
زاگرس	۱۰۸	میهن	۸۰	باز	۵۲	بومی ۱۲	۲۴
زارع	۱۰۹	مغان ۱	۸۱	بک‌کراس روشن	۵۳	بومی ۱۳	۲۵
زرین	۱۱۰	مغان ۲	۸۲	بک‌کراس روشن زمستانه	۵۴	بومی ۱۴	۲۶
		مغان ۳	۸۳	بزوستایا	۵۵	بومی ۱۵	۲۷
		مروارید	۸۴	چمران	۵۶	بومی ۱۶	۲۸

جدول ۲- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم با روش حداقل واریانس وارد بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش

Table 2. Cluster analysis of wheat genotypes by Ward's minimum variance based on measured traits in non-stress conditions

گروه	شماره ژنوتیپ‌ها
۱	۱۱۰، ۹۸، ۹۷، ۸۱، ۷۳، ۶۵، ۶۴، ۵۴، ۵۳، ۴۸، ۴۳، ۳۸، ۳۵، ۳۴، ۳۲، ۳۱، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۵، ۲
۲	۱۰۴، ۹۴، ۹۳، ۸۸، ۸۶، ۷۱، ۶۹، ۳۶، ۳۳، ۲۹، ۲۷، ۲۶، ۲۴، ۲۳، ۲۰، ۱۹، ۱۸، ۱۷، ۱۶، ۱۵، ۱۴
۳	۱۰۸، ۱۰۷، ۱۰۵، ۱۰۱، ۹۹، ۹۶، ۹۲، ۷۶، ۷۴، ۷۰. ۶۸، ۶۷، ۵۶، ۵۲، ۴۹، ۴۴، ۴۰، ۳۹، ۲۸، ۲۵، ۲۲، ۲۱
۴	۹۵، ۹۱، ۹۰، ۸۹، ۸۷، ۸۵، ۸۴، ۸۳، ۸۲، ۸۰، ۷۹، ۷۸، ۷۷، ۷۵، ۷۲، ۶۶، ۶۳، ۶۲، ۶۱، ۶۰، ۵۹، ۵۸، ۵۷، ۵۵، ۵۱، ۵۰، ۴۷، ۴۶، ۴۵، ۴۲، ۴۱، ۳۷، ۳۰، ۶، ۴، ۳، ۱ ، ۱۰۹، ۱۰۶، ۱۰۳، ۱۰۲، ۱۰۰

جدول ۳- تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم با روش حداقل واریانس وارد بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش شوری

Table 3. Cluster analysis of wheat genotypes by Ward's minimum variance based on measured traits in saline stress conditions

گروه	شماره ژنوتیپ‌ها
۱	۱۰۱، ۱۰۰، ۹۹، ۹۶، ۹۵، ۹۴، ۹۲، ۹۰، ۸۵، ۸۴، ۷۴، ۷۲، ۷۰، ۶۳، ۶۲، ۶۰، ۵۹، ۵۶، ۵۵، ۵۴، ۵۲، ۵۱، ۴۹، ۴۷، ۴۶، ۴۴، ۴۰، ۳۹، ۳۷، ۳۶، ۳۴، ۲۸، ۲۶، ۲۵، ۲۲، ۲۱، ۱۹، ۱۵ ، ۱۰۸، ۱۰۷، ۱۰۵
۲	۱۰، ۱۰۹، ۱۰۶، ۱۰۳، ۱۰۲، ۹۳، ۹۱، ۸۹، ۸۷، ۸۳، ۸۲، ۸۰، ۷۹، ۷۸، ۷۷، ۷۶، ۷۵، ۶۸، ۶۷، ۶۶، ۶۵، ۶۴، ۶۱، ۵۸، ۵۷، ۵۰، ۴۸، ۴۵، ۴۳، ۴۲، ۴۱، ۳۲
۳	۱۰۴، ۸۸، ۸۶، ۷۱، ۶۹، ۵۳، ۳۰، ۲۹، ۲۷، ۲۴، ۲۳، ۲۰، ۱۸، ۱۷، ۱۶، ۱۴
۴	۹۸، ۹۷، ۸۱، ۷۳، ۳۸، ۳۵، ۳۳، ۳۱، ۱۳، ۱۲، ۱۱، ۱۰، ۹، ۸، ۷، ۶، ۵، ۴، ۳، ۲، ۱

جدول ۴- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش

Table 4. The results of discriminant function for clustering validity of wheat genotypes based on measured traits in non-stress conditions

گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای	گروه‌های پیش‌بینی‌شده بر اساس تجزیه تابع تشخیص								کل	
	۱		۲		۳		۴			
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
۱	۲۵	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۵	۱۰۰
۲	۰	۰	۲۱	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۲۱	۱۰۰
۳	۰	۰	۰	۰	۲۲	۱۰۰	۰	۰	۲۲	۱۰۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۲	۱۰۰	۴۲	۱۰۰

جدول ۵- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش شوری

Table 5. The results of discriminant function for clustering validity of wheat genotypes based on measured traits in saline stress conditions

گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای	گروه‌های پیش‌بینی‌شده بر اساس تجزیه تابع تشخیص								کل	
	۱		۲		۳		۴			
	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد	تعداد	درصد
۱	۴۱	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۴۱	۱۰۰
۲	۰	۰	۳۲	۱۰۰	۰	۰	۰	۰	۳۲	۱۰۰
۳	۰	۰	۰	۰	۱۶	۱۰۰	۰	۰	۱۶	۱۰۰
۴	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۲۱	۱۰۰	۲۱	۱۰۰

جدول ۶- تجزیه واریانس گروه‌ها بر اساس صفات اندازه‌گیری شده در شرایط بدون تنش و تنش شوری

Table 6. Analysis of variance based on measured groups in non-stress and saline stress conditions

صفات	شرایط بدون تنش		شرایط تنش شوری	
	واریانس بین گروهی	واریانس درون گروهی	واریانس بین گروهی	واریانس درون گروهی
درجه آزادی	۳	۱۰۶	۳	۱۰۶
ارتفاع بوته	۳۵۱/۵۲**	۳۸/۳۷	۳۱۰/۶۳**	۳۳/۹۸
طول ریشک	۸/۳۱*	۲/۸۴	۸/۴۶*	۲/۸۸
تعداد دانه در خوشه	۴۷۷/۵۲**	۲۸/۶۵	۳۵۴/۲۴**	۲۵/۶۶
تعداد پنجه بارور	۱۰۲/۶۱*	۳۵/۲۶	۱۷۵/۶۲**	۱۷/۶۷
تعداد سنبلچه در خوشه	۲۴/۲۴**	۱/۳۲	۱۴/۱۴**	۱/۶۰
طول برگ پرچم	۴/۷۸*	۱/۳۶	۳/۲۶*	۰/۹۵
وزن صد دانه	۱/۳۵**	۰/۲۰	۰/۵۲**	۰/۱۳
وزن دانه در خوشه	۲۵/۴۴**	۰/۸۱	۱۰/۶۴**	۰/۵۷
وزن پدانکل	۰/۵۳**	۰/۰۳	۰/۴۵**	۰/۰۲
وزن خوشه	۳۶/۷۴**	۱/۰۱	۱۸/۹۸**	۰/۸۵
محتوای کلروفیل	۱۰۲/۵۰**	۱۰/۹۲	۱۳۰/۹۶**	۱۲/۹۱
تعداد روز تا گلدهی	۶۱۳/۹۱**	۲۰/۵۱	۳۵۳/۱۳**	۱۸/۶۹
تعداد روز تا رسیدگی	۳۸۹/۳۹**	۶/۶۱	۳۶۹/۷۸**	۹/۸۴
طول پدانکل	۲۳۷/۶۲**	۱۴/۴۵	۱۱۶/۲۶**	۱۱/۰۷
طول خوشه	۵/۳۷**	۰/۵۵	۴/۹۵**	۰/۳۶
عملکرد	۱۱۲۶۷۰/۶۶**	۳۵۷۳/۳۵	۸۴۷۷۷/۳۸**	۳۸۲۵/۷۷
عملکرد دانه	۲۲۴۶۹/۱۵**	۷۲۲/۵۸	۲۹۷۶۸/۵۷**	۳۷۱/۱۱
شاخص برداشت	۰/۰۴**	۰/۰۱	۰/۱۶**	۰/۰۱

* و**: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

جدول ۷- میانگین صفات در هر گروه در شرایط بدون تنش

Table 7. The traits average in each group in non-stress conditions

صفات	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	میانگین کل
تعداد ژنوتیپ	۲۵	۲۱	۲۲	۴۲	۱۱۰
ارتفاع بوته	۶۵/۸۹^{a}	۶۸/۳۳^{a}	۶۱/۴۶^{D}	۶۰/۶۹^{D}	۶۳/۴۹
طول ریشک	۶/۱۳^{a}	۴/۷۲^{D}	۵/۵۷^{ab}	۵/۲۳^{ab}	۵/۴۰
تعداد دانه در خوشه	۳۹/۱۹^{a}	۳۲/۲۳^{D}	۳۰/۷۶^{D}	۳۸/۵۷^{a}	۳۵/۹۴
تعداد پنجه بارور	۳۳/۹۶^{ab}	۳۵/۳۳^{a}	۳۱/۹۵^{D}	۳۱/۰۸^{D}	۳۲/۷۲
تعداد سنبلچه در خوشه	۱۶/۲۰^{D}	۱۷/۰۳^{a}	۱۴/۵۷^{c}	۱۶/۳۷^{D}	۱۶/۱۰
طول برگ پرچم	۱۲/۵۶^{a}	۱۲/۲۶^{ab}	۱۲/۰۵^{ab}	۱۱/۶۴^{b}	۱۲/۰۵
وزن صد دانه	۳/۳۹^{a}	۳/۲۵^{ab}	۲/۸۷^{c}	۳/۰۲^{bc}	۳/۱۲
وزن دانه در خوشه	۷/۳۹^{a}	۶/۰۷^{b}	۴/۸۶^{c}	۶/۳۷^{b}	۶/۲۴
وزن پدانکل	۱/۵۷^{a}	۱/۵۴^{a}	۱/۲۶^{c}	۱/۳۷^{D}	۱/۴۳
وزن خوشه	۸/۶۴^{a}	۷/۴۶^{D}	۵/۵۹^{c}	۷/۴۸^{D}	۷/۳۶
محتوای کلروفیل	۵۳/۵۷^{a}	۵۴/۲۹^{a}	۴۹/۷۱^{D}	۵۱/۲۹^{D}	۵۲/۰۷
تعداد روز تا گلدهی	۱۳۹/۲۳^{D}	۱۴۸/۴۴^{a}	۱۳۶/۵۸^{c}	۱۳۸/۶۴^{bc}	۱۴۰/۲۳
تعداد روز تا رسیدگی	۱۷۲/۶۰^{D}	۱۷۶/۸۷^{a}	۱۶۷/۰۹^{a}	۱۶۹/۸۹^{c}	۱۷۱/۲۸
طول پدانکل	۳۱/۲۵^{D}	۳۶/۶۸^{a}	۲۹/۶۵^{D}	۳۰/۱۸^{D}	۳۱/۵۶
طول خوشه	۹/۱۰^{ab}	۹/۲۵^{a}	۸/۷۶^{c}	۸/۸۰^{c}	۸/۹۵
عملکرد	۳۷۶/۱۷^{a}	۲۹۵/۷۶^{D}	۲۲۴/۳۹^{c}	۲۵۱/۳۸^{c}	۲۸۲/۸۲
عملکرد دانه	۱۴۲/۰۸^{a}	۸۸/۴۳^{b}	۷۱/۶۴^{c}	۹۱/۷۵^{b}	۹۸/۵۳
شاخص برداشت	۰/۳۸^{a}	۰/۳۰^{D}	۰/۳۲^{D}	۰/۳۸^{a}	۰/۳۵

حروف مشترک در هر ردیف بیانگر عدم اختلاف بین گروه‌ها می‌باشد.

جدول ۸- میانگین صفات در هر گروه در شرایط تنش شوری

Table 8. The traits average in each group in saline stress conditions

صفات	گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	میانگین کل
تعداد ژنوتیپ	۴۱	۳۲	۱۶	۲۱	۱۱۰
ارتفاع بوته	۴۸/۳۸^{b}	۵۰/۷۹^{b}	۵۶/۰۶^{a}	۵۴/۴۹^{a}	۵۱/۳۷
طول ریشک	۴/۳۷^{ab}	۵/۲۱^{a}	۳/۹۰^{D}	۵/۰۶^{a}	۴/۶۸
تعداد دانه در خوشه	۲۵/۶۸^{c}	۳۱/۲۴^{a}	۲۹/۳۹^{D}	۳۳/۰۴^{a}	۲۹/۴۲
تعداد پنجه بارور	۲۲/۱۷^{b}	۱۹/۵۶^{c}	۲۲/۹۴^{b}	۲۵/۹۵^{a}	۲۲/۲۵
تعداد سنبلچه در خوشه	۱۳/۸۷^{c}	۱۴/۵۵^{bc}	۱۵/۷۶^{a}	۱۴/۷۱^{D}	۱۴/۵۱
طول برگ پرچم	۹/۴۸^{D}	۱۰/۱۰^{a}	۹/۸۱^{ab}	۱۰/۱۸^{a}	۹/۸۴
وزن صد دانه	۲/۳۸^{b}	۲/۴۷^{b}	۲/۵۰^{b}	۲/۷۱^{a}	۲/۴۹
وزن دانه در خوشه	۴/۰۱^{c}	۴/۹۹^{ab}	۴/۶۰^{D}	۵/۳۹^{a}	۴/۶۵
وزن پدانکل	۰/۹۸^{c}	۱/۰۸^{b}	۱/۲۳^{a}	۱/۲۵^{a}	۱/۱۰
وزن خوشه	۴/۶۴^{c}	۶/۰۴^{bc}	۵/۷۸^{b}	۶/۳۸^{a}	۵/۵۴
محتوای کلروفیل	۴۶/۵۴^{D}	۴۵/۰۲^{D}	۴۸/۶۴^{a}	۵۰/۵۶^{a}	۴۷/۰۸
تعداد روز تا گلدهی	۱۳۶/۴۰^{D}	۱۳۷/۹۸^{D}	۱۴۶/۰۰^{a}	۱۳۷/۸۴^{b}	۱۳۸/۶۶
تعداد روز تا رسیدگی	۱۶۶/۲۵^{c}	۱۶۶/۹۳^{c}	۱۷۴/۳۸^{a}	۱۶۸/۹۲^{b}	۱۶۸/۱۹
طول پدانکل	۲۲/۸۳^{D}	۲۲/۸۰^{D}	۲۷/۸۷^{a}	۲۴/۶۲^{D}	۲۳/۹۰
طول خوشه	۷/۴۹^{b}	۸/۱۸^{a}	۸/۴۳^{a}	۸/۱۶^{a}	۷/۹۶
عملکرد	۱۵۵/۷۶^{d}	۱۸۵/۷۴^{c}	۲۳۰/۹۸^{b}	۲۸۵/۱۴^{a}	۲۰۰/۱۲
عملکرد دانه	۴۸/۳۸^{D}	۵۹/۱۴^{D}	۵۴/۷۲^{D}	۱۲۵/۰۳^{a}	۶۷/۰۷
شاخص برداشت	۰/۳۳^{b}	۰/۳۳^{b}	۰/۲۵^{c}	۰/۴۷^{a}	۰/۳۵

حروف مشترک در هر ردیف بیانگر عدم اختلاف بین گروه‌ها می‌باشد.

جدول ۹- فواصل ماهالانوبیس بین گروه‌ها در شرایط بدون تنش (پایین قطر) و تنش شوری (بالای قطر).

Table 9. Mahalanobis distances between groups in non-stress (above diameter) and salinity stress (down diameter) conditions

گروه	۱	۲	۳	۴
۱		۱۶/۴۰۸**	۱۵/۶۵۳**	۴۸/۲۴۶**
۲	۱۷/۳۱۶**		۱۳/۴۷۰**	۲۷/۳۱۶**
۳	۴۳/۴۸۷**	۳۵/۸۶۶**		۲۳/۳۶۰**
۴	۲۰/۳۶۲**	۲۰/۶۸۵**	۱۵/۸۱۸**	

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

تجزیه به عامل‌ها

در شرایط بدون تنش و تنش شوری ۱۸ صفت اندازه‌گیری شده، برای تجزیه به عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. لازم به یادآوری است که مقادیر KMO[1] بدست آمده و نیز معنی‌دار بودن آزمون اسفریسیتی بارتلت بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای انجام تجزیه به عامل‌ها و کفایت مدل تجزیه به عامل‌ها در هر دو شرایط بدون تنش و تنش شوری بود. در شرایط بدون تنش، پس از انجام تجزیه به عامل‌ها شش عامل مشخص شد. این عامل‌ها مجموعاً توانستند ۷۵/۴۶ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمایند (جدول ۱۰). سهم عامل‌های اول تا ششم به ترتیب برابر ۲۶/۶۷، ۱۶/۵۸، ۱۱/۴۶، ۸/۰۱، ۶/۸۷ و ۵/۸۸ درصد برآورد گردید (جدول ۱۰). عامل اول که بیشترین میزان از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود (۲۶/۶۷ درصد)، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد دانه در خوشه، وزن دانه در خوشه و وزن خوشه می‌باشد که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر اجزای عملکرد نام‌گذاری کرد. عامل دوم که ۱۶/۵۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد پنجه بارور، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌باشد که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر عملکرد دانه نام‌گذاری کرد (جدول ۱۰). این ضرایب نشانگر آن است که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر بالای عامل دوم، دارای عملکرد بیشتری هستند. انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس افزایش عامل دوم می‌تواند منجر به افزایش عملکرد در شرایط بدون تنش در جمعیت مورد مطالعه گردد. عامل سوم که ۱۱/۴۶ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل و طول خوشه می‌باشد که این فاکتورها را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر ارتفاع بوته یا عملکرد اقتصادی نامگذاری نمود. انتخاب بر اساس این عامل منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با ارتفاع بلند و عملکرد اقتصادی بیشتر می‌شود. عامل چهارم که ۸/۰۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد سنبلچه در خوشه، محتوای کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی می‌باشد که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر خصوصیات رسیدگی نام‌گذاری کرد. صفات موثر در عامل پنجم که ۶/۸۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند شامل وزن صددانه و وزن پدانکل بودند و عامل ششم که ۵/۸۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول ریشک و طول برگ پرچم بودند که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر فتوسنتز و ذخیره مواد غذایی مورد نیاز گیاه نام‌گذاری کرد (جدول ۱۰).

در شرایط تنش شوری، پس از انجام تجزیه به عامل‌ها پنج عامل مشخص شد. این عامل‌ها مجموعاً توانستند ۷۱/۱۷ درصد از تنوع کل داده‌ها را توجیه نمایند (جدول ۱۱). سهم عامل‌های اول تا پنجم به ترتیب برابر ۲۷/۶۸، ۱۶/۶۷، ۱۲/۰۸، ۸/۳۳ و ۶/۴۱ درصد برآورد گردید (جدول ۱۱). عامل اول که بیشترین میزان (۲۷/۶۸ درصد) از تغییرات داده‌ها را توجیه نمود، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات محتوای کلروفیل برگ، عملکرد زیستی، عملکرد دانه و شاخص برداشت می‌باشد (جدول ۱۱)، که این فاکتورها را می‌توان عوامل موثر بر عملکرد دانه نام‌گذاری نمود، این ضرایب نشانگر آن است که ژنوتیپ‌های برخوردار از مقادیر بالای عامل اول، دارای عملکرد بیشتری هستند. انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس افزایش عامل اول می‌تواند منجر به افزایش عملکرد در شرایط تنش شوری در جمعیت مورد مطالعه گردد.

عامل دوم که ۱۶/۶۷ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد دانه در خوشه، تعداد سنبلچه در خوشه، وزن دانه در خوشه و وزن خوشه می‌باشد که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر اجزای عملکرد نامگذاری کرد. عامل سوم ۱۲/۰۸ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات برای ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور و وزن صددانه می‌باشد که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر عملکرد اقتصادی نام‌گذاری کرد (جدول ۱۱). صفات موثر در عامل چهارم که ۸/۳۳ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند شامل طول پدانکل، وزن پدانکل، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی بودند که این فاکتورها را می‌توان عامل موثر بر خصوصیات رسیدگی نام‌گذاری نمود (جدول ۱۱). ظهور زودتر ساقه و سنبله فرصت زیادتری را برای پر شدن دانه در اختیار بوته قرار می‌دهد تا از رطوبت موجود قبل از وقوع تنش شدید و افزایش دما برای پر کردن دانه بهره‌برداری کند. اصولاً باید بین تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا ظهور خوشه همبستگی بالایی وجود داشته باشد (۲) که این نکته در عامل دوم به خوبی دیده می‌شود (جدول ۱۱). عامل پنجم که ۶/۴۱ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه می‌کند، دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات طول ریشک، طول برگ پرچم و طول خوشه بودند که این عامل را می‌توان به‌عنوان عامل موثر بر فتوسنتز و ذخیره مواد غذایی مورد نیاز گیاه نام‌گذاری کرد (جدول ۱۱).

از آنجاییکه منابع آبی مطلوب برای آبیاری محصولات کشاورزی در جهان محدود است، بنابراین استفاده از آب‌های شور برای کشاورزی اجتناب‌ناپذیر است و در چنین شرایطی، دست‌یابی به ارقام متحمل به شوری که دارای عملکرد بیشتر در شرایط تنش شوری باشند به‌عنوان یکی از راه‌حل‌های مقابله با این تنش مطرح است. از طرفی فقدان روش‌های قابل اعتماد برای غربال کردن در شرایط مزرعه‌ای را شاید بتوان بزرگ‌ترین مشکل در بهبود تحمل به شوری گیاهان زراعی دانست (۲۱). اگر چه افزایش عملکرد از عمده‌ترین اهداف به‌نژادی گندم برای تحمل به شوری می‌باشد، ولی به دلیل نحوه کنترل ژنتیکی پیچیده و تأثیرپذیری این صفت از اثرات محیطی، گزینش ارقام بر اساس اندازه‌گیری مستقیم عملکرد از سودمندی کمی برخوردار است (۳۵). با توجه به وراثت‌پذیری پایین عملکرد دانه در گندم می‌توان از صفاتی که ارتباط بالایی با عملکرد و شوری دارند در انتخاب بهتر ارقام و لاین‌های متحمل به شوری بهره برد (۲۴).

1- Kaiser Meyer Olkin

جدول ۱۰- ضرایب عاملی در تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی و دوران واریماکس در شرایط بدون تنش در گندم

Table 10. Factor coefficients in factor analysis using principal components and varimax rotation under non-stress conditions in wheat

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	عامل ششم
ارتفاع بوته	-۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۸۹	۰/۱۲	۰/۲۶	۰/۰۴
طول ریشک	-۰/۰۱	۰/۰۷	-۰/۱۴	-۰/۱۳	-۰/۰۵	۰/۷۲
تعداد دانه در خوشه	۰/۸۷	-۰/۰۳	-۰/۰۸	۰/۰۱	-۰/۲۴	۰/۰۸
تعداد پنجه بارور	-۰/۱۹	۰/۷۱	۰/۱۴	۰/۰۹	۰/۰۹	-۰/۰۵
تعداد سنبلچه در خوشه	۰/۵۰	-۰/۰۷	۰/۲۵	۰/۵۷	-۰/۱۹	-۰/۱۶
طول برگ پرچم	-۰/۰۱	-۰/۰۷	۰/۲۲	-۰/۰۳	۰/۳۸	۰/۶۴
وزن صد دانه	۰/۰۷	۰/۲۸	۰/۰۵	۰/۰۹-	۰/۸۶	۰/۰۴
وزن دانه در خوشه	۰/۸۲	۰/۲۲	۰/۰۹	۰/۰۳	۰/۳۷	-۰/۰۴
وزن پدانکل	۰/۲۱	۰/۰۶	۰/۲۴	۰/۳۴	۰/۶۲	۰/۲۶
وزن خوشه	۰/۷۹	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۰۹	۰/۴۳	۰/۰۱
محتوای کلروفیل	۰/۱۰	۰/۴۰	۰/۰۵	۰/۶۷	-۰/۰۵	-۰/۱۳
تعداد روز تا گلدهی	-۰/۰۸	-۰/۱۴	۰/۱۰	۰/۸۸	-۰/۰۴	-۰/۰۶
تعداد روز تا رسیدگی	۰/۰۸	۰/۰۵	۰/۲۱	۰/۸۶	۰/۲۹	۰/۰۳
طول پدانکل	-۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۸۱	۰/۳۳	۰/۲۰	-۰/۲۳
طول خوشه	۰/۲۶	۰/۱۰	۰/۶۳	۰/۰۸	-۰/۳۱	۰/۲۷
عملکرد	۰/۲۶	۰/۶۱	۰/۳۰	۰/۲۱	۰/۱۹	۰/۳۸
عملکرد دانه	۰/۳۹	۰/۸۱	۰/۰۷	-۰/۰۵	۰/۲۰	۰/۱۷
شاخص برداشت	۰/۳۴	۰/۵۷	-۰/۲۳	-۰/۳۷	۰/۰۶	-۰/۲۶
مقادیر ویژه	۴/۸۰	۲/۹۸	۲/۰۶	۱/۴۴	۱/۲۴	۱/۰۶
مقدار ویژه ٪	۲۶/۶۷	۱۶/۵۸	۱۱/۴۶	۸/۰۱	۶/۸۷	۵/۸۸
سهم تجمعی	۲۶/۶۷	۴۳/۲۵	۵۴/۷۱	۶۲/۷۲	۶۹/۵۹	۷۵/۴۶

جدول ۱۱- ضرایب عاملی در تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی و دوران واریماکس در شرایط تنش شوری در گندم

Table 11. Factor coefficients in factor analysis using principal components and varimax rotation under saline stress conditions in wheat

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم
ارتفاع بوته	-۰/۰۴	-۰/۰۴	۰/۶۲	۰/۴۳	۰/۴۶
طول ریشک	۰/۴۳	-۰/۱۳	-۰/۲۷	-۰/۲۶	۰/۵۷
تعداد دانه در خوشه	۰/۱۴	۰/۸۴	-۰/۳۳	۰/۰۰	۰/۰۷
تعداد پنجه بارور	۰/۲۷	۰/۰۱	۰/۶۳	۰/۳۲	-۰/۱۴
تعداد سنبلچه در خوشه	-۰/۱۷	۰/۶۰	-۰/۲۱	۰/۴۹	۰/۰۰
طول برگ پرچم	-۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۲۳	-۰/۲۱	۰/۷۱
وزن صد دانه	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۸۱	-۰/۲۳	۰/۱۳
وزن دانه در خوشه	۰/۰۷	۰/۸۲	۰/۳۸	-۰/۰۴	۰/۰۱
وزن پدانکل	۰/۱۷	۰/۳۱	۰/۲۶	۰/۶۰	۰/۳۴
وزن خوشه	۰/۱۱	۰/۸۹	۰/۲۳	۰/۰۵	۰/۱۵
محتوای کلروفیل	۰/۶۸	-۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۱۷	-۰/۲۷
تعداد روز تا گلدهی	-۰/۳۳	۰/۰۲	-۰/۱۶	۰/۷۹	۰/۰۳
تعداد روز تا رسیدگی	-۰/۲۲	۰/۰۸	۰/۱۳	۰/۸۲	۰/۱۱
طول پدانکل	-۰/۲۴	-۰/۰۳	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۱۹
طول خوشه	-۰/۰۲	۰/۱۲	-۰/۰۱	۰/۳۰	۰/۷۵
عملکرد	۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۳۴	۰/۴۲	۰/۲۴
عملکرد دانه	۰/۷۹	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۱۲	۰/۰۹
شاخص برداشت	۰/۷۵	۰/۰۵	-۰/۰۲	-۰/۲۷	-۰/۱۲
مقادیر ویژه	۴/۹۸	۳/۰۰	۲/۱۷	۱/۵۰	۱/۱۵
مقدار ویژه ٪	۲۷/۶۸	۱۶/۶۷	۱۲/۰۸	۸/۳۳	۶/۴۱
سهم تجمعی	۲۷/۶۸	۴۴/۳۵	۵۶/۴۲	۶۴/۷۵	۷۱/۱۷

نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش شوری نشان‌دهنده ارتباط مثبت صفات محتوای کلروفیل، عملکرد زیستی و شاخص برداشت با عملکرد دانه بود. بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های با مقادیر بالای این صفات در شرایط تنش شوری منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به شوری می‌شود. اندازه‌گیری عملکرد زیستی و شاخص برداشت در مراحل نهایی رشد گیاه صورت می‌گیرد، از طرفی اندازه‌گیری این دو صفت هزینه‌بر و وقت‌گیر است و دقت اندازه‌گیری آن‌ها مخصوصا وقتی که تعداد ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی زیاد می‌باشد، پایین است. لذا باید به دنبال شاخصی آسانتر و کم هزینه‌تر بود. لذا باید به دنبال شاخصی آسانتر و کم هزینه‌تر بود.

در سال‌های اخیر تعیین محتوای نسبی کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی در مزرعه رواج یافته است. دستگاه کلروفیل‌متر دستی به دلیل کم هزینه‌بودن و اندازه‌گیری آسان و غیرتخریبی گیاه، می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ در شرایط تنش شوری در مزرعه استفاده شود. ضرایب بزرگ و مثبت محتوای کلروفیل

برگ و عملکرد دانه در عامل اول (جدول ۱۱) نشان‌دهنده ارتباط قوی و مثبت بین این صفات در شرایط تنش شوری می‌باشد. بنابراین به احتمال زیاد انتخاب ژنوتیپ‌های با محتوای کلروفیل برگ بالا در شرایط تنش شوری منجر به انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل به شوری می‌شود. پایداری کلروفیل به‌عنوان شاخصی از تحمل گیاه به تنش است. ارقام متحمل به شوری دارای شاخص پایداری بالا و واریته‌های حساس پایین‌ترین میزان پایداری را نشان می‌دهند (۱۸). تنش شوری در دوره بعد از گلدهی باعث پیر شدن گیاهان زراعی می‌شود، علامت پیری زرد شدن برگ است و آن هنگامی است که محتوای کلروفیل برگ حدود ۵۰ درصد نسبت به برگ سبز طبیعی کاهش یافته است. بنابراین مشاهده پیری با استفاده از اندازه‌گیری کلروفیل برگ قابل بررسی است (۵). ارقام متحمل به شوری دارای محتوای کلروفیل برگ بالا و واریته‌های حساس پایین‌ترین محتوای کلروفیل برگ را نشان می‌دهند (۱۸). در تحقیقی سالاما و همکاران (۱۹۹۴) با بررسی انواع حساس و متحمل به شوری گندم بیان کردند که نسبت کلروفیل در واریته‌های حساس در اثر تنش شوری کمتر از واریته‌های متحمل می‌باشد. آرائوس و همکاران (۱۹۹۸) با آزمایشی روی واریته‌های گندمگزارش کردند که محتوای کلروفیل برگ و عملکرد دانه گندم همبستگی مثبتی دارند و محتوای کلروفیل در واریته‌های متحمل در اثر تنش شوری بیشتر از واریته‌های حساس می‌باشد. در تحقیقی دیگر پسرکلی (۲۰۱۰) بیان کرد که تداوم فتوسنتز با حفظ غلظت کلروفیل در حد معمول تحت شرایط تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیکی تحمل به تنش به حساب می‌آید. همچنین محتوای کلروفیل برگ به دلیل داشتن همبستگی بالا با عملکرد دانه و سهولت اندازه‌گیری می‌تواند به‌عنوان یک شاخص مفید در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل در شرایط تنش در گندم مد نظر قرار گیرد (۳۳).

با توجه به مطالب گفته شده ژنوتیپ‌های موجود در گروه چهارم (۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۳۱، ۳۳، ۳۵، ۳۸، ۷۳، ۸۱، ۹۸) که به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر و متحمل در شرایط تنش شوری شناخته شدند (جدول ۳)، دارای بیشترین میزان عملکرد دانه و همچنین دارای بیشترین میزان محتوای کلروفیل برگ در میان ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش شوری بودند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در شرایط تنش شوری ژنوتیپ‌های متحمل و دارای عملکرد بالا از محتوای کلروفیل برگ بالایی برخوردار هستند. پس می‌توان بیان نمود که گیاهانی که تحت شرایط شوری قرار می‌گیرند، محتوای کلروفیل آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در بیشتر آن‌ها محتوای کلروفیل کاهش می‌یابد. در این میان، آن دسته از ژنوتیپ‌هایی که به شوری متحمل هستند، می‌توانند این کاهش محتوای کلروفیل را تعدیل کنند. بنابراین محتوای کلروفیل برگ به واسطه این که تطبیق خوبی با ارقام با عملکرد بالا در شرایط تنش شوری دارد، می‌تواند برای گزینش ارقام متحمل به شوری قبل از رسیدگی و برای صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌ها مورد استفاده قرار گیرد. درحالی که برای اندازه‌گیری خسارت ناشی از شوری با استفاده از شاخص عملکرد و اجزای آن، به وقت و هزینه زیادی نیاز است، از طرفی به دلیل نحوهٔ کنترل ژنتیکی پیچیده و تأثیرپذیری عملکرد دانه از عوامل محیطی، گزینش ارقام براساس اندازه‌گیری مستقیم عملکرد از سودمندی کمی برخوردار است. بنابراین می‌توان صفات دارای ارتباط معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش شوری (مقدار کلروفیل در آزمایش حاضر) را در برنامه‌های به‌نژادی در اولویت قرار داد. بسیاری از محققان نیز همبستگی مثبتی را بین عملکرد دانه و محتوای کلروفیل برگ گزارش کردند (۲۴،۱،۳،۴،۱۲).

در حالت کلی نتایج نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد و برخی از ژنوتیپ‌ها با داشتن توان تولید بالا و یا صفات مطلوب دیگر می‌توانند در برنامه‌های اصلاحی مورد استفاده قرار گیرند و منشا تولید واریته‌های اصلاح‌شده باشند. استفاده از تجزیه خوشه‌ای در جداسازی ژنوتیپ‌ها به زیرگروه‌های مشابه براساس صفات مورفولوژیکی و زراعی، به صورت مطلوب عمل نمود. با توجه به نتایج ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۳۱، ۳۵، ۳۸، ۷۳، ۸۱، ۹۷ و ۹۸ از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و میانگین کل ژنوتیپ‌ها در دو محیط بدون تنش و تنش شوری داشتند. از این ژنوتیپ‌ها می‌توان در شرایط تنش شوری آب و خاک و اصلاح برای تولید ارقام متحمل به تنش شوری استفاده نمود. علاوه بر تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به عامل‌ها در دسته‌بندی صفات و شناسایی صفات موثر بر عملکرد ژنوتیپ‌های مورد بررسی موفقیت آمیز عمل کرد. صفات محتوای کلروفیل، عملکرد زیستی و شاخص برداشت از جمله صفات مهم و تاثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش شوری شناخته شدند و می‌توان با گزینش و اصلاح برای این صفات، عملکرد دانه را به نحو مطلوبی افزایش داد. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که صفت محتوای کلروفیل برگ به علت کم هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان و غیرتخریبی نسبت به سایر صفات می‌تواند بعنوان شاخصی مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش شوری در مزرعه مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

1. Araus, J., T. Amaro, J. Voltas, H. Nakkoul and M. Nachit. 1998. Chlorophyll fluorescence as a selection criterion for grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. Field Crop Research, 55: 209-223.
2. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress environments. CRC Press Florida, 212 pp.
3. Boggs, J.L., T. Tsegaye, T.L. Coleman, K. Reddy and A. Fahsi. 2003. Relationship between hyperspectral reflectance, soil nitrate-nitrogen, cotton leaf chlorophyll, and cotton yield: a step toward precision agriculture. Journal of Sustainable Agriculture, 22: 5-16.
4. Bronson, K.F., T.T. Chua, J. Booker, J.W. Keeling and R.J. Lascano. 2003. In-season nitrogen status sensing in irrigated cotton. Soil Science Society of America Journal, 67: 1439-1448.
5. Cha, K.W., Y.J. Lee, H.J. Koh, B.M. Lee, Y.W. Nam and N.C. Paek. 2002. Isolation, characterization, and mapping of the stay green mutant in rice. Theoretical and Applied Genetics, 104: 526-532.
6. Colmer, T.D., T.J. Flowers and R. Munns. 2006. Use of wild relatives to improve salt tolerance in wheat. Journal of Experimental Botany, 57: 1059-1078.
7. El-Hendawy, S.E., Y. Hu, G.M. Yakout, A.M. Awad, S.E. Hafiz and U. Schmidhalter. 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. European Journal of Agronomy, 22: 243-253.
8. Hazegh-Jafari, P., S. Aharizad, S.A. Mohammadi, F. Noormand Moayyed and P. Behrooz. 2014. Grouping of alfalfa genotypes based on different characteristics using multivariate statistical analysis. Jornal of Crop Breeding, 13: 107-121 (In Persian).
9. Houshmand, S., A. Arzani, S.A.M. Maibody and M. Feizi. 2005. Evaluation of salt-tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. Field Crop Research, 91: 345-354.
10. Irvani, M., M. Soluki, A.M. Rezai, B. Syasar and S.H.A. Kuhkan. 2008. Investigating the diversity and relationship between agronomical traits and seed yield in barley advanced lines using factor analysis. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resourses, 45: 137-145 (In Persian).
11. Jaynes, D., T. Kaspar, T. Colvin and D. James. 2003. Cluster analysis of spatiotemporal corn yield patterns in an Iowa field. Agronmy Journal, 95: 574-586.
12. Kabanova, S. and M. Chaika. 2001. Correlation analysis of triticale morphology, chlorophyll content and productivity. Journal of Agronomy and Crop Science, 186: 281-285.
13. Keshavarznia, R., B. Mohammadi Nargesi and A.R. Abassi. 2013. Study of genetic diversity of common bean based on morphological traits under both normal and drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science, 44: 305-315 (In Persian).
14. Leilah, A. and S. Al-Khateeb. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal of Arid Environments, 61: 483-496.
15. Loos, B. 1993. Morphological variation in *Lolium* (Poaceae) as a measure of species relationships. Plant Systematics and Evolution, 188: 87-99.
16. Martin, P., M. Ambrose and R. Koebner. 1994. A wheat germplasm survey uncovers salt tolerance in genotypes not exposed to salt stress in the course of their selection. Annals of Applied Biology, 39: 215-222.
17. Mohammad Alipour H. Yamchi, M.R. Bihamta, S.A. Peighambari, M. Naghavi and M. Shafiee Khorshidi. 2011. Evaluation of genetic diversity and classification of kabuli chickpea genotypes in late season drought stress. Journal of Crop Breeding, 7: 53-70 (In Persian).
18. Mohan, M., S.L. Narayanan and S. Ibrahim. 2000. Chlorophyll stability index (CSI): its impact on salt tolerance in rice. International Rice Research Notes, 25: 38-39.
19. Moreda-Pineiro, A., A. Fisher and S.J. Hill. 2003. The classification of tea according to region of origin using pattern recognition techniques and trace metal data. Journal of Food Composition and Analysis, 16: 195-211.
20. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment, 25: 239-250.
21. Munns, R. and R.A. James. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. Plant and Soil, 253: 201-218.
22. Munns, R., R.A. James and A. Läuchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57: 1025-1043.
23. Passarkli, M. 2010. Handbook of plant and crop stress. (3rd edition). CRC press, 1245 pp.
24. Poustini, K. and A. Siosemardeh. 2004. Ion distribution in wheat cultivars in response to salinity stress. Field Crop Research, 85: 125-133.
25. Rabii, B. and M. Rahimi. 2009. Evaluation methods of canola genotypes grouped using the fisher linear detection function. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resourses, 47: 529-542 (In Persian).
26. Ramesh, K., B. Chandrasekaran, T. Balasubramanian, U. Bangarusamy, R. Sivasamy and N. Sankaran. 2002. Chlorophyll dynamics in rice (*Oryza sativa* L.) before and after flowering based on SPAD (chlorophyll) meter monitoring and its relation with grain yield. Journal of Agronomy and Crop Science, 188: 102-105.
27. Reynolds, M., A. Mujeeb-Kazi and M. Sawkins. 2005. Prospects for utilising plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought-and salinity-prone environments. Annals of Applied Biology, 146: 239-259.
28. Saburi, H., M. Nahvi, A. Torabi and M. Kanoni. 2008. Classification of rice varieties at different levels from the osmotic potential of sorbitol based on cluster analysis and fisher linear functions. Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, 28-30 August, Karaj, Iran, Crop Science Society, 7: 327-340.

29. Safari, P., R. Honarnejad and M. Esfahani. 2008. Assessment of genetic variation in peanuts (*Arachis hypogaea* L.) cultivars using Canonical Discriminant Analysis. Iranian Journal of Agriculture Research, 6: 327-334 (In Persian).
30. Salama, S., S. Trivedi, M. Busheva, A. Arafa, G. Garab and L. Erdei. 1994. Effects of NaCl salinity on growth, cation accumulation, chloroplast structure and function in wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology, 144: 241-247.
31. Salehi, M. and M. Shekari. 2006. Factor analysis of some drought traits in lentil. In: proceeding of the Science and Crop Breeding Congress Abstracts. 286 pp (In Persian).
32. SAS Institute Inc. 2011. SAS/STAT user's guide. 2nd edition. SAS institute Inc., Cary, NC, USA, 5142 pp.
33. Schonfeld, M.A., R.C. Johnson, B.F. Carver and D.W. Mornhinweg. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Science, 28: 526-531.
34. Shafiee-Khorshidi, M., M.R. Bihamta, F. Khialparast and M.R. Naghavi. 2012. Assessment of genetic variation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes under drought condition using cluster and canonical discriminant analysis (CDA). Journal of Crop Breeding, 10: 1-17 (In Persian).
35. Singh, S. and T. Singh. 2001. Correlation and path analysis in common wheat (*Triticum aestivum* L.) under light texture soil. Resarch on Crops, 2: 99-101.
36. SPSS, I. 2010. SPSS 19. Users Guied. Chicago, IL., USA.
37. Yeater, K. M., G.A. Bollero, D.G. Bullock, A.L. Rayburn and S. Rodriguez-Zas. 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. Crop Science, 44: 185-189.

Investigation of the Genetic Diversity of Iranian bread Wheat Germplasm for Tolerance to Saline Stress

Amir Gholizadeh[1], Hamid Dehghani[2], Ashkboos Amini[3] and Omidali Akbarpour[4]

1- Ph.D Student, in Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
2- Professor in Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University
(Corresponding author: dehghanr@modares.ac.ir)
3- Assistant Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
4- Assistant Professor in Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture Lorestan University, Khorramabad, Iran
Received: April 18, 2017 Accepted: July 1, 2017

Abstract

Salinity stress is one of the major abiotic stresses in arid and semi-arid regions of the world, such as Iran. High genetic diversity for salinity tolerance has been observed in Iranian bread wheat genotypes. In order to analyze genetic diversity and determine the most effective characteristics on salinity tolerance, 110 bread wheat genotypes were evaluated in two conditions (non-stress and saline stress) at the research field of the National Salinity Research Center (NSRC). The salinity of water used in irrigation in stress and non-stress conditions was 10 and 2 ds.m-1, respectively. The results showed that there was a significant genetic variation between studied genotypes. According to cluster analysis based on agronomical and morphological traits, genotypes were divided into 4 categories in both non-stress and stress conditions. According to the results of the means comparison of the groups in non-stress and saline stress conditions, the genotypes No. 2, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 31, 35, 38, 73, 81, 97 and 98 were identified as the most salinity-tolerant genotypes. These genotypes can be utilized for salt-affected areas and also as donor parents in wheat breeding programs for further improvement of germplasm for salinity tolerance. Also, the results of factor analysis in saline stress condition indicated a positive relationship between biological yield, harvest index and chlorophyll content with seed yield. Generally, it can be concluded that chlorophyll content trait due to the low cost and easy and non-destructive measurement than other traits could be used as a suitable criterion in selecting for increased seed yield in saline stress conditions in field.

Keywords: Cluster analysis, Factor analysis, Genetic diversity, Salinity stress, Wheat