



"مقاله پژوهشی"

ارزیابی تحمل به تنفس بخندگی در لاین‌های متنوع امیدبخش گندم دوروم با استفاده از شاخص‌های مقاومت به تنفس

فاطمه محمدی آذر^۱، امید سفالیان^۲، علی اصغری^۳، اصغر عبادی^۴ و رحمت‌الله کریمی‌زاده^۵

^۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، ایران

^۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران (نویسنده مسؤول: sofalian@gmail.com)

^۳- استاد، دانشگاه محقق اردبیلی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۴- استادیار، گروه تکنولوژی تولیدات گیاهی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

^۵- استادیار، اصلاح نباتات مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویر احمد، پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی گچساران و سایت ملی دیم

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۰/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۶/۱

صفحه: ۵۲ تا ۶۲

چکیده

به منظور ارزیابی لاین‌های گندم دوروم از نظر تحمل به تنفس بخندگی، ۴۵ لاین امیدبخش گندم دوروم حاصل از تلاقی‌های بین والدین مختلف با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنفس مورد ارزیابی قرار گرفتند. این آزمایش مشتمل از آزمون گلخانه‌ای و آزمایشگاهی در دانشکده اصلاح نباتات دانشگاه محقق اردبیلی در سال زراعی ۹۷-۹۸ به اجرا درآمد. در این آزمایش لاین‌های گندم در مرحله گیاهچه مورد بررسی قرار گرفتند. لاین‌های گندم دوروم در قالب طرح فاکتوریل بر بنای بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار کاشته شدند. گیاهان تا مرحله ۳ تا ۵ برگی در شرایط گلخانه نگهداری شدند. سپس به منظور ایجاد خوسمرمایی، گلدان‌ها به اتفاق سرما با دمای ۴ درجه برده شدند تا برای اعمال تنفس آماده شوند. براساس عملکرد بیولوژیک، شاخص‌های تحمل (TOL)، حساسیت به تنفس (SI)، میانگین تولید (MP)، شاخص تحمل به تنفس (STI)، میانگین هندسی تولید (GMP)، شاخص میانگین هارمونیک تولید (HARM)، شاخص کاهش عملکرد (Yr) و شاخص تحمل R و اندام هوایی (Ti) محاسبه شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که لاین‌های مورد بررسی از نظر صفات MP، GMP و HARM و دارای اختلافات معنی‌داری بودند و شاخص‌های Yr و Ti در تنفس معنی‌دار بودند. اثر متقابل لاین در تنفس برای تمام شاخص‌ها غیرمعنی‌دار بود. با توجه به رابطه همبستگی عملکرد با شاخص‌ها، مناسب‌ترین شاخص‌ها MP، GMP و HARM و STI شناخته شدند. مقایسه میانگین لاین‌ها و تنفس به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. حداقل ضریب همبستگی (***) ۰/۹۹۹ با Yr، SI، STI و GMP مربوط به رابطه شاخص با Yr و STI با Yr بود. به طور کلی شاخص‌های MP و HARM مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنفس لاین‌ها در تمام سطوح موردمطالعه و شاخص TOL مناسب برای سطوح تنفس بالاتر بود. مطالعه لاین‌ها به وسیله شاخص‌ها با استفاده از تجزیه خوش‌های، تجزیه تابع تشخیص و تجزیه عاملی نتایج مشابهی را نشان داد. نتایج حاصل از تجزیه خوش‌های و تجزیه عاملی با سه عامل اول لاین‌های ۲۵، ۳۶ و ۳۹ را متحمل‌ترین لاین‌ها معرفی نموده و لاین‌های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ حساس‌ترین آنها شناخته شدند. در تجزیه به عامل‌ها سه عامل اول ۹۷/۵۲ درصد از واریانس موجود را توجیه کردند و شاخص‌های STI، Yr، MP، GMP و HARM بیشترین مقدار را داشتند و موثرترین شاخص‌ها در پراکنش لاین‌ها بودند. با توجه به نمودار سه بعدی پراکنش لاین‌ها، بیشترین ضرایب عاملی بر اساس سه عامل اول مربوط به لاین‌های ۵، ۷، ۲۵، ۲۶، ۳۱، ۲۸، ۳۶ و ۳۹ بود.

واژه‌های کلیدی: تجزیه تابع تشخیص، تجزیه خوش‌های، تجزیه عاملی، شاخص‌های تحمل، گندم دوروم، بخندگی

هستند. دما یکی از عوامل مهم محیطی است که گسترش و پراکنش موجودات زنده را تعیین می‌کند. خطرات دمایی معمولاً مربوط به نوسانات آن است که بیشترین خسارات را بر گیاهان زراعی وارد می‌سازد (۲۱). در تولید محصولات زراعی، دمای پائین به عنوان یک محدودیت محاسبه می‌گردد (۱). گندم نان و گندم دوروم از مهم‌ترین محصولات زراعی جهان بوده و غذای اصلی مردم را تشکیل می‌دهند (۱۵). توسعه صنعت ماکارونی سازی به همراه افزایش تقاضا برای آن و همچنین مساعد بودن شرایط آب و هوایی در بسیاری از نقاط کشور، پژوهش‌های بیشتری را، بویژه در زمینه بهنژادی گندم دوروم و گزینش ارقام متحمل به تنفس‌های محیطی طلب می‌نماید (۷). گیاهان تفاوت بسیار زیادی از نظر تحمل به دمای پایین نشان می‌دهند و می‌توانند در محدوده وسیعی از مناطق

مقدمه

رشد سریع جمعیت از یک طرف و کاهش یا ثابت ماندن منابع از طرف دیگر، بررسی راه‌های استفاده بهینه از پتانسیل‌های تولید مواد غذایی را جهت بهره‌وری بیشتر ضروری می‌سازد. طبق اعلام رسمی سازمان ملل در حال حاضر ۱۰۲ بیلیون از جمعیت جهان با کمبود مواد غذایی مواجه هستند (۸).

تنش‌های محیطی به‌ویژه تنفس بخندگی بر روی ویژگی‌های مورفولوژی، آناتومی و فیزیولوژی گیاهان تاثیر می‌گذارند. تولید محصولات زراعی در دنیا غالباً تحت تأثیر تنش‌های محیطی بوده و با محدودیت مواجه است (۳). بر اساس گزارش دودال (۶)، فقط ۱۰ درصد از زمین‌های قابل کشت و کار در دنیا قادر هرگونه تنفسی است. درصورتی که حدود ۱۵ درصد از زمین‌ها دارای تنفس سرمآذگی و بخندگی

می‌کند: گروه A، لاین‌هایی که در هر دو محیط، برتر هستند و عملکرد دانه بیشتری دارند، گروه B، لاین‌هایی که فقط در محیط بدون تنفس برتر هستند و در محیط تنفس عملکرد پایین دارند، گروه C، لاین‌هایی دارای عملکرد تا حدودی بالا فقط در محیط تنفس، به طوری که تحت محیط بدون تنفس در گروه ارقام دارای عملکرد پایین قرار می‌گیرند و گروه D شامل لاین‌هایی با عملکرد پایین در هر دو محیط بدون تنفس و تنفس هستند.

محققین زیادی از روش‌های آماری چندمتغیره برای کاهش متغیرهای همبسته به تعداد کمتری عامل اصلی استفاده کرده‌اند. مقدار کفايت نمونه‌گیری (KMO) و نیز معنی دار بودن آزمون کروی بودن بارتلت بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای انجام تجزیه به عامل‌ها بود. تجزیه عاملی اطلاعات بیشتری در مقایسه با یک ماتریس ساده در اختیار قرار می‌دهد. زیرا، در این روش گروه‌هایی از متغیرها (عامل‌ها) و نیز درصد سهم هر عامل نشان داده می‌شود (۲۳). همچنین، در این روش، گروه‌هایی از متغیرها که بیشترین همبستگی درون‌گروهی را دارند و با دیگر گروه‌ها کمترین همبستگی را نشان می‌دهند، شناخته می‌شوند.

هرآدمی برای اصلاح ژنتیکی تحمل با استفاده از تنوع ژنتیکی موجود، نیاز به یک روش ارزیابی کارآمد دارد که باید سریع بوده و قادر به انتخاب یک جمعیت بزرگ باشد. تحمل بیخ‌زدگی نتیجه صفات مختلف مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی است. بنابراین، می‌توان از این اجزای مختلف به عنوان شاخص‌های گزینش برای انتخاب تیپ ایده‌آل گیاهی استفاده کرد.

هدف این پژوهش شناسایی لاین‌های متتحمل به بیخ‌زدگی در گندم دوروم براساس شاخص‌های تحمل، شناسایی بهترین شاخص در تنفس بیخ‌زدگی و تعیین رابطه بین شاخص‌ها در گندم دوروم با تحمل به بیخ‌زدگی با استفاده از روش‌های بررسی همبستگی بین شاخص‌ها، تجزیه خوش‌هایی، تجزیه تابع تشخیص و تجزیه به عامل‌ها است.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق ۴۵ لاین امیدبخش گندم دوروم از نظر تنوع صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی در تحمل به تنفس بیخ‌زدگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. این آزمایش مشکل از آزمون گلخانه‌ای و آزمایشگاهی در دانشکده اصلاح نباتات دانشگاه حقوق اردبیلی در سال زراعی ۹۷-۹۸ به اجرا درآمد. در این آزمایش لاین‌های گندم در مرحله گیاهچه مورد بررسی قرار گرفتند. لاین‌های گندم دوروم به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کاشته شدند. گیاهان در گلدان کاشته شده و در تنظیمات گلخانه شامل رطوبت نسبی ۴۰ درصد، دمای دوره روشنایی 20 ± 3 درجه سانتی‌گراد و دمای دوره تاریکی 16 ± 3 درجه سانتی‌گراد و طول روز و شب به ترتیب ۱۶ و ۸ ساعت قرار گرفتند. گیاهان تا مرحله ۳ تا ۵ برگی در این شرایط نگهداری شدند. سپس، به منظور ایجاد خوسمایی، گلدان‌ها به اتفاق

جغرافیایی در جهان کشت شوند. قابلیت متفاوت گیاهان در تحمل به بیخ‌زدگی به میزان زیادی توسط عوامل ژنتیکی مشخص می‌شود. حتی بین قسمت‌های مختلف یک گیاه نیز از نظر تحمل به بیخ‌زدگی اختلاف وجود دارد. عوامل دیگری مانند سن، تعذیه و تنفس‌های زیستی و غیر زیستی نیز می‌توانند بر تحمل به بیخ‌زدگی گیاه تاثیر داشته باشند. تنفس بیخ‌زدگی از عوامل محدود کننده تولید گندم و جو در مناطق سرد کشور است. انتخاب ارقام متتحمل در این خصوص گامی ارزشمند در راستای افزایش محصولات کشاورزی خواهد بود. ارقام متتحمل به بیخ‌زدگی باید توانایی تولید محصول مطلوبی را هم داشته باشند (۲۲).

اصلاح برای تحمل به سرما در بهبود کمی و کیفی تولید گندم در کشور ما و اکثر کشورهای آسیایی قابل توجه بوده است. کشت پاییزه در صورت وجود ارقام مقاوم به بیخ‌زدگی برای فرار از خشکی و گرمای بهار و تابستان بر کشت بهاره ترجیح داده می‌شود (۴). شناسایی لاین‌های متتحمل به بیخ‌زدگی به کمک روش‌های مورفوژیولوژیکی و بیوشیمیایی می‌تواند در دسترس ترین و مهم‌ترین مسیر اصلاحی باشد که منجر به فهم برخی مکانیسم‌های تحمل به بیخ‌زدگی در جهت به کارگیری راهبردهای مولکولی در خصوص معرفی این صفات در اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی می‌شود.

شاخص‌های تحمل نیز توسط محققان مختلف، معرفی و به کار گرفته شده‌اند. هریک از شاخص‌ها دارای مزایا و معایبی هستند. روزیلی و هامبلین (۱۹) برای انتخاب ارقام مقاوم به تنفس شاخص تولید متوسط (MP)^۱ را پیشنهاد کردند. آن‌ها اظهار داشتند که انتخاب میکار گزینش، به هدف اصلاح‌گر بستگی دارد. اگر افزایش عملکرد در شرایط تنفس مد نظر باشد، شاخص TOL^۲ می‌تواند مفید باشد، اما اگر افزایش عملکرد در هر دو محیط عادی و تنفس بیخ‌زدگی در شرایط گر باشد، بهتر است گزینش بر اساس MP انجام شود. شاخص تحمل به تنفس (STI)^۳ توسط فرناندز (۹) برای شناسایی لاین‌هایی که در هر دو شرایط عادی و تنفس عملکرد مطلوبی تولید می‌کنند، پیشنهاد شد. محققین در بررسی شاخص‌ها به این نتیجه رسیدند که کارآمدی شاخص‌های انتخاب، به شدت تنفس محیط هدف بستگی دارد (۱۸). شاخص‌های MP و STI^۴ برای تنفس‌هایی با شدت بالا پیشنهاد می‌شوند (۲۵). به منظور گزینش برتر، رقم ایده‌آل رقمی است که در شرایط مختلف تنفس دارای عملکرد بالا و پایدار باشد، به عبارت دیگر با محیط سازگاری بالایی داشته باشد.

همتی و پاکنیت (۱۰) به منظور شناسایی و انتخاب لاین‌های متتحمل به خشکی، تعداد ۲۵ لاین گندم نان را در دو شرایط دیم و آبیاری مطلوب مورد مطالعه قرار دادند. با توجه به همبستگی معنی‌دار شاخص‌های کمی مقاومت به خشکی، میانگین تولید (MP)، میانگین هندسی تولید (GMP)^۵، شاخص تحمل به تنفس (STI)^۶ و شاخص تحمل (TOL)^۷ با عملکرد دانه در هر شرایط، این شاخص‌ها برای تعیین ارقام متتحمل به تنفس مناسب تشخیص داده شدند.

فرناندز (۹)، لاین‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط محیطی تنفس دار و بدون تنفس به چهار گروه تقسیم‌بندی

YS: عملکرد در شرایط تنش

Y1: وزن خشک ریشه/اندام هوایی در شرایط تنش

Y2: وزن خشک ریشه/اندام هوایی در شرایط بدون تنش

شاخص تحمل (TI) وزن خشک اندام هوایی و ریشه در شرایط شاهد و تنش به صورت جداگانه با توجه به فرمول ذکر شده بدست آمد (۱۳).

برای صفات فوق‌الذکر تجزیه واریانس و مقایسه میانگین انجام گرفت. با توجه به غیرمعنی دار بودن اثر متقابل تنش در لاین، اثر میانگین شاخص‌ها در تنش و لاین به صورت جداگانه در دو جدول صورت گرفت (جدول ۲ و ۳). ضرایب همبستگی با استفاده از ضریب پیرسون محاسبه گردید. تجزیه به عامل‌ها در سطوح مختلف تنش به طور جداگانه انجام شد. اختصاص صفات به عوامل مختلف براساس مقادیر ضرایب عاملی بعد از انجام چرخش عامل‌ها به روش واریماکس صورت گرفت.

گروه‌بندی لاین‌ها با استفاده از تجزیه خوش‌های بر اساس میانگین استاندارد شده صفات به روش Ward انجام شد. هدف گروه‌بندی تفکیک لاین‌های متتحمل بر اساس شاخص‌های تحمل بود. برای اطمینان از گروه‌بندی صحیح از تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه تجزیه واریانس یک‌طرفه نامتعادل استفاده شد. در گروه‌بندی، لاین‌ها در سه گروه مختلف قرار گرفتند. بهمنظور تعیین ویژگی‌های هر گروه، انحراف از میانگین کل و میانگین گروه‌ها محاسبه گردید. از نرم‌افزار MSTATC برای تجزیه و تحلیل واریانس استفاده شد، تجزیه‌های عاملی و خوش‌های با استفاده از نرم‌افزار SPSS و در نهایت نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس شاخص‌ها نشان داد که بین سطوح تنش در شاخص‌های کاهش عملکرد (Yr) و شاخص تحمل ریشه (TI) اختلاف معنی دار مشاهده شد. بین ارقام گندم نیز در شاخص‌های میانگین تولید (MP)، شاخص میانگین هندسی تولید (GMP) و شاخص میانگین هارمونیک (HARM) اختلاف معنی دار وجود داشت. اثر متقابل تنش و رقم در تمام شاخص‌های مورد مطالعه غیرمعنی دار بود. در بین شاخص‌ها کمترین ضریب تغییرات مربوط به شاخص تحمل ریشه (TI) (۱/۲۱) و بیشترین ضریب تغییرات مربوط به شاخص نسبت افت عملکرد (۲۴/۳۴) بود (جدول ۱).

شاخص STI در شرایط شاهد (بدون تنش) بیشترین مقدار را دارا بود (جدول ۲). مقادیر زیاد STI نشانه تحمل زیاد به تنش و عملکرد بالقوه زیاد است. طبق نظر پژوهشگران (۲۰ و ۱۲، ۹) بهترین شاخص برای گرینش ارقام، شاخص تحمل به تنش (STI) می‌باشد، زیرا قادر است ارقام گروه A را از دو گروه B و یا گروه C تفکیک نماید. میانگین شاخص‌های TOL، MP، GMP و HARM در شرایط تنش افزایش یافتند به صورتی که میانگین آن‌ها در تنش شدیدتر (تنش سرمایی ۱۲-) از میانگین کل بیشتر بود (جدول ۲).

سرما برده شدند. دمای اتفاق قابل برنامه‌ریزی روی ۴ درجه‌سانتی‌گراد تنظیم شد. در این شرایط دوره نوری ۱۱ ساعت روشنایی و ۱۳ ساعت تاریکی در نظر گرفته شد. روشنایی از طریق ۱ لامپ فلورسنت ۴۰۰ وات فراهم گردید. مدت خوسه‌مایی ۳ هفته بود و گیاهان در موقع نیاز آبیاری شدند. تیمارهای سرمایی در نهایت شامل چهار تیمار درجه حرارت (شاهد، ۸-۱۰ و ۱۲- درجه سانتی‌گراد) بود. که در هر سطح تنش سه تکرار برای هر لاین در نظر گرفته شد.

دمای اتفاق سرما با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت. این وضعیت شرایط را برای توزیع مجدد آب به بافت‌های گیاهی و جلوگیری از تشکیل بیخ‌زدگی در داخل سلول‌ها که در طبیعت بهندرت اتفاق می‌افتد، فراهم می‌کند (۱۶). به علت اینکه دما در گیاه به صورت ناگهانی افت نمی‌کند، گیاه دچار بیخ‌زدگی درون بافت‌های خود نمی‌شود. در دمای ۳- درجه سانتی‌گراد بهمنظور جلوگیری از پدیده فرا سرما و ایجاد هستنک بیخ در گیاهچه و اطمینان از این که سازو کار از نوع تحمل است نه اجتناب، دما به مدت ۱۲ ساعت ثابت نگه داشته شد و پس از آن دما با سرعت ۲ درجه سانتی‌گراد در ساعت کاهش یافت (۵). بهمنظور ایجاد تعادل در دمای محیط گیاهان مورد نظر بعد از اعمال کاهش دما با هر دو درجه کاهش دما، گیاهان به مدت یک ساعت در آن دما ثابت نگه داشته شدند (۲). بهمنظور کاهش سرعت ذوب، بعد از اعمال نهایی تنش، دمای اتفاق در ۴ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد و گیاهان به مدت ۲۴ ساعت در آن دما نگهداری شدند (۵). سپس گلدان‌ها به گلخانه منتقل و پس از ۲۱ روز بازیابی، صفات مورد نظر گیاهان ارزیابی شدند.

عملکرد بیولوژیک از مجموع وزن خشک ریشه و اندام هوایی به دست آمد (۱۶). شاخص‌های مورد ارزیابی شامل شاخص تحمل (TOL)، شاخص حساسیت به تنش (SI)، شاخص تولید متوسط یا میانگین حسابی تولید (MP)، شاخص تحمل به تنش (STI)، شاخص میانگین هندسی تولید (HARM)، شاخص میانگین هارمونیک تولید (GMP)، شاخص کاهش عملکرد (Yr)، شاخص مقاومت ریشه (Rیشه) و شاخص مقاومت اندام‌های هوایی (TI اندام TI هوایی) است که از طریق فرمول‌های زیر برآورد گردیدند:

$$TOL = Y_p - Y_s \quad SI = 1 - \frac{\bar{Y}_s}{\bar{Y}_p}$$

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2} \quad STI = \frac{(Y_s)(Y_p)}{(\bar{Y}_p)^2}$$

$$GMP = \sqrt{(Y_s)(Y_p)} \quad HARM = \frac{2(Y_s)(Y_p)}{Y_s + Y_p}$$

$$Y_r = 1 - \frac{Y_s}{Y_p}$$

$$TI = Y_1 / Y_2 \quad (\text{Rیشه و اندام هوایی})$$

که با توجه به فرمول‌ها:

YP: عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش

۲) بوری و همکاران (۴) در گیاه آفتابگردان بین شاخص‌های GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری را گزارش کردند. نتایج مشابه در تحقیقات زینالی خانقه و همکاران (۲۷) بر روی ارقام سویا قابل مشاهد است که شاخص GMP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل معرفی شدند. بیشترین همبستگی مربوط به شاخص‌های MP شدند. همچنانیکه همبستگی با علایق HARM و GMP بود (جدول ۴). همچنین، این سه شاخص همبستگی بالایی با عملکرد بیولوژیک در سه سطح تنفس نشان دادند (جدول ۵). در شرایط تنفس ۱۰- و ۱۲- درجه سانتی‌گراد، علاوه بر شاخص‌های MP، GMP و HARM شاخص TOL نیز همبستگی بالایی با عملکرد بیولوژیک نشان داد (جدول ۳). با توجه به تحقیقات شیبیانی راد و همکاران (۲۴) بر روی گیاه گندم، شاخص‌های MP، STI و HARM برای شناسایی لاین‌های پرمحصول در هر دو محیط با تنفس و بدون تنفس مناسب بوده و شاخص‌های MP به عنوان مناسب‌ترین معیارها برای انتخاب ارقام متتحمل به تنفس شناخته شدند. نتایج همبستگی شاخص‌ها با آزمایشات نقوی و همکاران (۱۷) نیز بسیار مطابقت داشت. تاکنون برای شناسایی ارقام متتحمل به تنفس شاخص‌های متعددی براساس روابط ریاضی بین شرایط تنفس و غیرتنفس ارائه شده‌است (۱۱)، ولی به طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنفس و غیرتنفس دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند (۱۷). همچنانی، با توجه به نتایج نقوی و همکاران (۱۷) شاخص‌های MP و GMP همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در شرایط شاهد و تنفس داشتند ولذا

برای تجویل مخصوص بر از جم مسکون سند، سفری سند.
در تجزیه خوشای، لاین‌ها در سه خوشه مختلف
گروه‌بندی شدند و به منظور تعیین ویژگی‌های هر گروه از نظر
کلیه صفات مورد مطالعه، انحراف از میانگین کل محاسبه
گردید. لاین‌های ۱، ۲، ۳، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ در گروه
اول قرار گرفتند که این گروه بیشترین انحراف از میانگین را
در شاخص‌های ATN‌دانم هوایی نسبت به دو خوشه دیگر
داشت. لاین‌های ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ در گروه دوم قرار گرفتند که این گروه نسبت به دو خوشه
دیگر در شاخص‌های TI ریشه، STI و SI بیشترین انحراف از
میانگین را نشان داد. مابقی لاین‌ها در گروه سوم قرار گرفتند
که از نظر شاخص‌های MP، GMP و HARM دارای
بیشترین انحراف از میانگین بودند (شکا، ۱).

گروه اول بیشترین مقدار شاخص TI ریشه و کمترین میانگین GMP را دارا بود. بیشترین میانگین در گروه دوم مربوط به شاخص TI ریشه و کمترین میانگین مریبوط به شاخص TOL بود. بیشترین و کمترین میانگین در گروه سوم نیز مربوط به شاخص های TI ریشه و TOL به ترتیب بود. از نظر میانگین کل شاخص های TI ریشه و TOL به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار را دارا بودند. بیشترین و کمترین میانگین گروه نیز به ترتیب مربوط به گروه های سوم و اول بود. از نظر شاخص های STI و MP خوشة اول بیشترین مقدار را داشت (جدوا، ۶).

استفاده از شاخص تولید متوسط (MP) که مقادیر بالای عددي آن نشان دهنده تحمل نسبی به تنش می باشد، اغلب منجر به گزینش ارقامی می شود که در شرایط عادی عملکرد بالای دارند ولی در شرایط تنش تحمل کمتری دارند. سی و سه مرده و همکاران (۲۵) گزارش کردند که شاخص MP زمانی برای انتخاب لاین ها تحت شرایط تنش بازده دارد که شدت تنش زیاد نبوده و اختلاف بین عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش نیز خیلی زیاد نباشد. شاخص MP سبب فراهم آمدن تحمل به تنش پتانسیل و عملکرد بالاتر می شود (۹۶).
شاخص میانگین هارمونیک (HARM) تحمل به تنش زیاد و پتانسیل عملکرد بالا را سبب می گردد (۹).

شخص‌های تحمل مناسب برای انتخاب لاین‌های مناسب، باستی طوری انتخاب شوند که بتوانند اختلاف لاین‌های گروه A را از سه گروه دیگر تشخیص دهند. بنا به نظر فرناندز (۹) شخص‌های MP، TOL، Yr و SSI در جداسازی لاین‌های گروه A از سایر گروه‌ها چندان موفق نیستند. در اکثر آزمایش‌های عملکرد، همبستگی بین TOL با Yp و مثبت می‌باشد. بنابراین شخص TOL، قادر به تشخیص اختلاف بین گروه A و گروه C نمی‌باشد. معیارهای SSI و Yr لاین‌های را برمی‌گزینند که دارای پتانسیل پایین عملکرد در شرایط عادی و پتانسیل عملکرد بالا تحت شرایط تنش باشند (۹).

با توجه به مقایسه میانگین شاخص‌ها در ارقام گندم دوروم، شاخص TOL دارای بیشترین مقدار در لاین ۲۷ و کمترین مقدار در لاین ۹ بود. لاین‌های ۱۵ و ۲۲ به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار ST بودند. لاین ۹ و ۲۷ به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار MP را دارا بودند. لاین‌های ۱۵ و ۲۲ به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین شاخص STI را دارا بودند. بیشترین و کمترین میانگین شاخص GMP و HARM به ترتیب مربوط به لاین‌های ۲۷ و ۲۰ بود. بیشترین مقدار میانگین شاخص Yr مربوط به لاین ۱۵، کمترین مقدار آن مربوط به لاین ۲۲، بیشترین مقدار TI ریشه مربوط به لاین ۴ و کمترین مقدار آن مربوط به لاین ۱۵ بود. بیشترین و کمترین مقدار TI اندام هوایی در لاین‌های ۴۲ و ۱۹ به ترتیب مشاهده شد (جدول ۳).

همبستگی بین شاخص‌ها در جدول ۲ نشان داده شده است. شاخص TOL با شاخص STI رابطه منفی و معنی‌داری نشان داد و به جز شاخص‌های TI با بقیه شاخص‌ها رابطه مثبت و معنی‌دار داشت. شاخص SI به جز شاخص‌های TI ریشه و MP با بقیه شاخص‌ها رابطه معنی‌دار نشان داد. شاخص MP با چهار شاخص دیگر، شاخص STI با پنج شاخص دیگر، شاخص GMP با هفت شاخص دیگر، شاخص HARM با هفت شاخص دیگر، شاخص Yr با شش شاخص دیگر و شاخص TI اندام هوایی با هفت شاخص دیگر رابطه معنی‌دار داشتند. شاخص TI ریشه با هیچ شاخص دیگری هم‌بستگی معنی‌دار نشان نداد. حداکثر ضریب همبستگی مربوط به رابطه منفی شاخص STI با STI، رابطه مثبت با Yr و رابطه منفی Yr با STI ($r = -0.999$) بود. کمترین همبستگی بین شاخص STI و TI، بقیه مشاهده شد (حدوا،

۲۵، ۲۶، ۳۱، ۳۶ و ۳۹ بود که در منطقه A قرار گرفتند (شکل ۳). این لاین‌ها در گروه‌بندی کلاستر نیز دارای شاخص‌های بالایی از نظر تحمل به تنش بودند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص‌های HARM، MP و GMP مناسب‌ترین شاخص‌ها برای ارزیابی تحمل به تنش ارقام در تمام سطوح مورد مطالعه و شاخص TOL مناسب برای سطوح تنش بالاتر بود. مطالعه لاین‌ها به‌وسیله شاخص‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه عاملی نتایج مشابهی را نشان داد. شاخص‌های Yr، SI، STI، MP و HARM به ترتیب در تجزیه عاملی هواپی، MP و GMP و HARM به ترتیب در تجزیه عاملی بیشترین نقش را داشتند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و تجزیه عاملی با سه عامل اول لاین‌های ۲۶، ۲۵، ۳۱، ۳۶ و ۳۹ را متحمل ترین لاین‌ها معرفی کردند. همچنین، لاین‌های ۱۱، ۱۳، ۱۵، ۱۷، ۱۸ و ۱۹ حساس‌ترین آنها بود.

از تجزیه تابع تشخیص بهمنظور تایید الگوی گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای استفاده شد. نمودار دو بعدی حاصل از دو تابع تشخیص در اکثر لاین‌ها با نمودار حاصل از تجزیه خوشه‌ای تطابق داشت (شکل ۲).

در تجزیه به عامل‌ها بر مبنای مقادیر ویژه‌ی بزرگتر از ۱، سه عامل برای تفسیر داده‌ها انتخاب شد. این عوامل ۹۷/۵۲ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول با بیشترین سهم (۴۴/۲۲ درصد) دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای شاخص‌های STI و Ti و STI و Yr بود. عامل دوم دارای ضرایب عاملی بزرگ و مثبت برای شاخص MP بود و عامل سوم ضریب بزرگ و مثبت برای Ti ریشه داشت (جدول ۱).

با توجه به نمودار سه بعدی پراکنش لاین‌ها، بیشترین ضرایب عاملی بر اساس شاخص‌ها مربوط به لاین‌های ۵، ۷،

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت به تنش

Table 1. Analysis of variance of stress resistance indices

میانگین مریعات											متابع تغییرات
اندام هواپی	Ti	زیشه	Yr	HARM	GMP	STI	MP	SI	TOL	درجه آزادی	
.۰/۶۲۵ ns	۱۵/۴۷**	۶/۷۹۹ ns	۹/۹۷۲**	۲۲/۳۹۷	.۰/۶۲۱ ns	۹/۳۹**	۶/۷۹۹ ns	۱۷/۳۸۲*	۲	نکار	
۱/۵۶۳ ns	۷/۴۹۷*	۸/۸۷۲*	.۰/۵ ns	۱/۴۶۶ ns	۱/۱۷۴ ns	.۰/۱۸۷ ns	۸/۸۷۲ ns	۸/۷۲۱ ns	۳	تنش	
.۰/۷۵۴ ns	.۰/۷۲۲ ns	.۰/۸۲۶ ns	۱/۱۶۴*	۲/۶۱۳**	.۰/۲۵۶ ns	۱/۰۶۵**	.۰/۸۲۶ ns	۱/۵۴۵ ns	۴۴	لاین	
.۰/۱۴۱ ns	.۰/۲۱۲ ns	.۰/۳۸۳ ns	.۰/۳۶ ns	.۰/۰۷۷ ns	.۰/۰۷۶ ns	.۰/۰۰۹ ns	.۰/۳۸۳ ns	.۰/۳۸۴ ns	۸۸	تنش*لاین	
.۰/۲۳۳	.۰/۳۶۴	.۰/۸۴۹	.۰/۰۹۵	.۰/۲۲۱	.۰/۱۴۱	.۰/۰۷۲	.۰/۸۴۹	.۰/۹۸۳	۲۶۸	خطا	
۱۱/۲۹	۱/۲۱	۲۴/۳۴	۳/۷۲	۶/۳۹	۳/۹۷	۳/۲	۱/۰/۴۹	۱۳/۴۲		ضریب تغییرات	

ns و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین شاخص‌های مقاومت در سه سطح تنش

Table 2. Comparison of average resistance indices in three stress levels

اندام هواپی	Ti	زیشه	Yr	HARM	GMP	STI	MP	SI	TOL	
.۰/۵۵۶۸	۱/۱۳۲	.۰/۳۲۵	.۰/۲۰۵۱	.۰/۰۹۳۸	.۰/۶۷۵	.۰/۲۲۴	.۰/۳۲۵	.۰/۱۰۳۴	۱	
.۰/۵۹۰۸	.۰/۸۳۹	.۰/۳۹۵	.۰/۲۰۴۵	.۰/۰۹۹۵	.۰/۶۰۴۲	.۰/۲۲۲۷	.۰/۳۹۵۸	.۰/۱۰۲۱	۲	
.۰/۴۹۳۲	.۰/۷۶۶۸	.۰/۴۳۸۷	.۰/۱۹۶۵	.۰/۰۹۱۸	.۰/۵۶۱۳	.۰/۲۱۶۵	.۰/۴۳۸۷	.۰/۱۱۴۴	۳	
.۰/۰۱۳۲	.۰/۰۴۶	.۰/۰۰۲۸۷	.۰/۰۰۰۶۳	.۰/۰۱۳۴۴	.۰/۰۰۲۹	.۰/۰۰۷۸	.۰/۰۰۰۲۹	.۰/۰۶۱۹	LSD	

چانچه اختلاف میانگین بین دو گروه (تیمار) بیش از مقدار ثابت LSD باشد، به معنی اختلاف معنی‌دار بین دو گروه است.

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص های مقاومت در لاین های گندم دوروم

Table 3. Comparison of mean resistance indices in durum wheat lines

لین	TOL	SI	MP	STI	GMP	HARM	Yr	ريشه Ti	اندام هوابی
۱	-۰.۴۶۲	-۰.۱۹	-۰.۱۳۹	-۰.۶۹۸۱	-۰.۴۴۷	-۰.۱۲۷۵	-۰.۲۰	-۰.۸۹۱	-۰.۷۷۶
۲	-۰.۴۶۱	-۰.۹۸۸	-۰.۱۲۲	-۰.۱۰۱۲	-۰.۳۸	-۰.۱۱۶۳	-۰.۱۰	-۰.۹۸۸	-۰.۶۱۵
۳	-۰.۴۸۲	-۰.۱۰۶	-۰.۱۲۳	-۰.۷۹۸۷	-۰.۴۷۴	-۰.۱۱۷۵	-۰.۱۰	-۰.۹۰۳	-۰.۵۶۲
۴	-۰.۷۸۱	-۰.۳۹۲	-۰.۱۴۶۹	-۰.۶۵۸	-۰.۴۷	-۰.۱۳۵	-۰.۱۰	-۰.۱۱۲	-۰.۴۰۴
۵	-۰.۷۱۸	-۰.۴۴۲	-۰.۱۷۵۱	-۰.۶۵۲	-۰.۴۷	-۰.۱۳۴۹	-۰.۱۰	-۰.۹۳	-۰.۴۶۳
۶	-۰.۵۰۹	-۰.۲۸۲	-۰.۱۷۵۱	-۰.۶۵۶	-۰.۴۷	-۰.۱۰۷۵	-۰.۱۰	-۰.۲۸۲	-۰.۵۲۴
۷	-۰.۴۹۷	-۰.۲۸۸	-۰.۱۱۴	-۰.۷۱۱۴	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴	-۰.۱۰	-۰.۸۰۳	-۰.۵۷۸
۸	-۰.۷۳۲	-۰.۴۰۷	-۰.۱۲۸۵	-۰.۵۹۳۳	-۰.۴۷	-۰.۱۰۵۷	-۰.۱۰	-۰.۶۵۳۱	-۰.۵۶۹
۹	-۰.۴۰۶	-۰.۲۸۰	-۰.۱۱۳۸	-۰.۷۱۸۷	-۰.۴۷	-۰.۱۳۵	-۰.۱۰	-۰.۸۹۱	-۰.۸۳۱
۱۰	-۰.۶۳۳	-۰.۳۹۸	-۰.۱۳۵	-۰.۴۹۸۸	-۰.۴۷	-۰.۱۳۴۹	-۰.۱۰	-۰.۹۰۷۴	-۰.۵۰۱
۱۱	-۰.۴۵۴	-۰.۴۰۴	-۰.۱۴۷۳	-۰.۵۴۰۵	-۰.۴۷	-۰.۱۴۷۳	-۰.۱۰	-۰.۹۱۳	-۰.۴۶۴
۱۲	-۰.۲۶۱	-۰.۷۸۴	-۰.۱۱۱۷	-۰.۷۱۱۸	-۰.۴۷	-۰.۱۰۷۶	-۰.۱۰	-۰.۷۸۱۶	-۰.۲۹۱۶
۱۳	-۰.۴۰۹	-۰.۲۸۴	-۰.۱۱۹۳	-۰.۷۹۱۵	-۰.۴۷	-۰.۱۰۷۴	-۰.۱۰	-۰.۵۰۵۰	-۰.۳۷۱۲
۱۴	-۰.۷۸۴	-۰.۴۵۷	-۰.۱۰۹۲	-۰.۶۳۷۹	-۰.۴۷	-۰.۱۰۹۲	-۰.۱۰	-۰.۸۰۵	-۰.۸۱۵
۱۵	-۰.۶۴۹	-۰.۳۹۳	-۰.۱۲۸	-۰.۶۵۶۶	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۴	-۰.۱۰	-۰.۹۰۸	-۰.۳۷۷۹
۱۶	-۰.۴۹۲	-۰.۴۷۴	-۰.۱۰۴	-۰.۵۴۵۳	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۸۴	-۰.۳۷۹۶
۱۷	-۰.۹۸۵	-۰.۴۵۷	-۰.۱۴۵۱	-۰.۵۴۰۶	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۵	-۰.۱۰	-۰.۸۶۷	-۰.۳۶۷۵
۱۸	-۰.۱۰۵	-۰.۶۷۴	-۰.۱۱۲۳	-۰.۷۱۷۶	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۳	-۰.۱۰	-۰.۷۷۷	-۰.۴۳۴
۱۹	-۰.۱۸۷	-۰.۴۰۱	-۰.۱۱۶۹	-۰.۷۴۵۸	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۳	-۰.۱۰	-۰.۷۶۸	-۰.۲۶۸
۲۰	-۰.۹۰۴	-۰.۳۲۱	-۰.۱۰۸۱	-۰.۶۵۶۶	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۹۰۸	-۰.۲۶۸۳
۲۱	-۰.۱۲۳۹	-۰.۳۰۱	-۰.۱۱۱۹	-۰.۶۵۳۲	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۰۷	-۰.۳۵۰۹
۲۲	-۰.۱۲۳۹	-۰.۲۵۱	-۰.۱۱۲۵	-۰.۷۱۷۲	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۸۹۶	-۰.۱۰۲۸
۲۳	-۰.۱۰۱۵	-۰.۶۷۵	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۳۶۱	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۷۰۰	-۰.۲۵۷۰
۲۴	-۰.۱۰۱۰	-۰.۳۵۵	-۰.۱۱۲۳	-۰.۷۴۴۵	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۸۳۷	-۰.۳۵۰۸
۲۵	-۰.۱۰۱۰	-۰.۲۸۱	-۰.۱۱۱۷	-۰.۷۴۴۵	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۸۱۰	-۰.۴۰۴۲
۲۶	-۰.۱۰۴۵	-۰.۲۱۰	-۰.۱۱۱۵	-۰.۶۵۹۵	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۰۷	-۰.۴۱۴۷
۲۷	-۰.۱۰۴۹	-۰.۲۳۳	-۰.۱۱۱۹	-۰.۷۱۵	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۹۲۶	-۰.۵۰۹۹
۲۸	-۰.۱۰۷۳	-۰.۳۶۰	-۰.۱۱۱۱	-۰.۷۳۹۱	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۶۰۹	-۰.۴۶۱
۲۹	-۰.۱۰۴۵	-۰.۲۵۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۳۸۳	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۵۰۹	-۰.۴۰۸۱
۳۰	-۰.۱۰۴۰	-۰.۲۰۱	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۴۵۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۱	-۰.۴۰۴۰
۳۱	-۰.۱۱۴۲	-۰.۲۲۲	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۲۷	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۲۷۷	-۰.۳۷۵۰
۳۲	-۰.۱۱۴۲	-۰.۲۵۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۲	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۲	-۰.۴۰۱۶
۳۳	-۰.۱۰۷۵	-۰.۲۷۵	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۴۷۶	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۳۴	-۰.۱۰۸۲	-۰.۲۱۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۱	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۲
۳۵	-۰.۱۰۵۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۴۴۵	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۵۰
۳۶	-۰.۱۰۷۸	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۷۸
۳۷	-۰.۱۱۴۲	-۰.۲۲۲	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۳۸	-۰.۱۰۷۳	-۰.۲۵۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۳۹	-۰.۱۰۴۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۴۰	-۰.۱۰۴۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۴۱	-۰.۱۰۹۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۴۲	-۰.۱۰۷۳	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۴۳	-۰.۱۰۴۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۴۴	-۰.۱۰۴۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰
۴۵	-۰.۱۰۴۰	-۰.۲۰۰	-۰.۱۱۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۷	-۰.۱۰۴۰	-۰.۱۰	-۰.۷۱۰۰	-۰.۴۰۸۰

چنانچه اختلاف میانگین بین دو گروه (تیمار) بیش از مقدار ثابت LSD باشد ، به معنی اختلاف معنی دار بین دو گروه است.

جدول ۴- همبستگی شاخص‌های مقاومت در لاین‌های امید بخش گندم دوروم

Table 4. Correlation of resistance indices in promising durum wheat lines

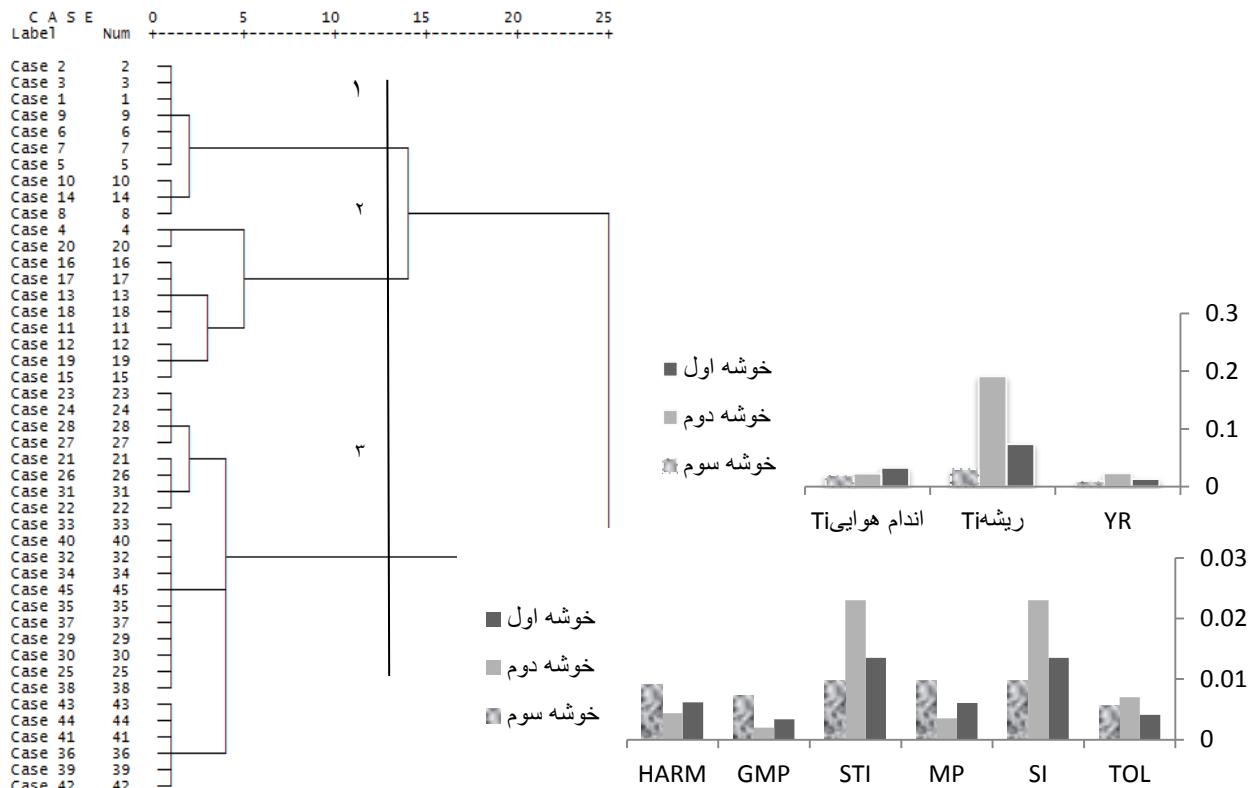
نام هواجی	TI	نام هواجی	TI	YR	HARM	GMP	STI	MP	SI	TOL	
									۱	TOL	
								۱	.۰/۴۲۹۹**	SI	
							۱	-.۰/۲۳۲	.۰/۷۵۸**	MP	
							۱	-.۰/۲۳۳	-.۰/۴۲۹۹**	STI	
						۱	-.۰/۳۱۰*	.۰/۹۹۳*	-.۰/۳۱۰*	.۰/۶۹۶**	GMP
					۱	.۰/۹۹۰**	-.۰/۳۲۸*	.۰/۹۹۴**	-.۰/۳۲۸*	.۰/۶۸۱**	HARM
				۱	-.۰/۳۲۸*	-.۰/۳۱۰*	-.۰/۹۹۹**	-.۰/۲۳۳	.۰/۹۹۹**	.۰/۴۲۹**	YR
			۱	-.۰/۱۱۵	-.۰/۱۷*	-.۰/۱۶۵	.۰/۱۱۵	-.۰/۱۹۲	-.۰/۱۱۵	-.۰/۲۷۵	نام هواجی
۱				-.۰/۳۲۲*	-.۰/۷۵۱**	-.۰/۳۹۱**	.۰/۳۸۲**	.۰/۷۵۱**	-.۰/۷۵۱**	-.۰/۱۸۱	نام هواجی

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵- همبستگی شاخص‌ها با عملکرد بیولوژیک در شرایط بدون تنش و سه سطح تنش بخ‌زدگی
Table 5. Correlation of indicators with biological performance under non-stress conditions and three levels of frost stress

عملکرد بیولوژیک	TOL	SI	MP	STI	GMP	HARM	YR	TI ریشه	TI اندام هوایی
-۸	-۰/۵۷۵**	-۰/۳۵۴*	-۰/۹۰۴**	-۰/۳۵۲*	-۰/۸۹۷**	-۰/۹۱۶**	-۰/۳۵۳*	-۰/۰۵۶	-۰/۳۶۷*
-۱۰	-۰/۶۰۶**	-۰/۴۰۴**	-۰/۹۶۵**	-۰/۴۰۴**	-۰/۹۷۹**	-۰/۹۷۹**	-۰/۴۰۴**	-۰/۱۲۳	-۰/۴۳**
-۱۲	-۰/۶۱۴**	-۰/۳۸۷**	-۰/۹۵۴**	-۰/۳۸۷**	-۰/۹۶۸**	-۰/۹۶۶**	-۰/۳۸۷**	-۰/۲۴۶	-۰/۴۶۳**

ns, * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.



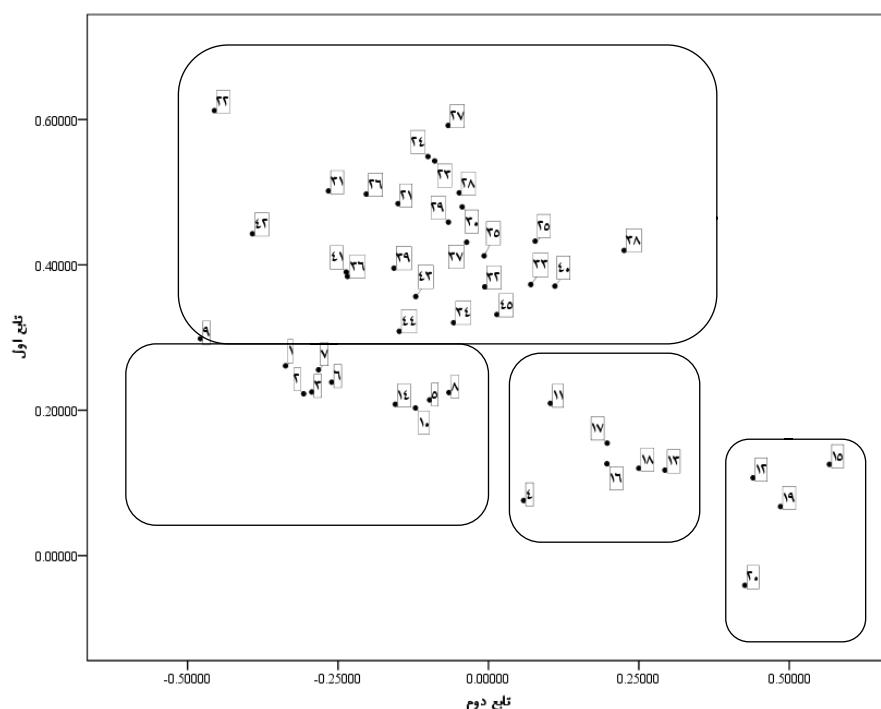
شكل ۱- گروه‌بندی لاین‌های گندم دوروم بر اساس شاخص‌های مقاومت به تنش به روش وارد و انحراف از میانگین شاخص‌های مقاومت برای هر خوشه

Figure 1. Grouping of durum wheat lines based on stress resistance indices by Ward method and deviation from the average resistance indices for each cluster

جدول ۶- میانگین شاخص‌ها در گروه‌های تشکیل شده از تجزیه کلاستر

Table 6. Mean indices in groups consisting of cluster analysis

کل	TOL	SI	MP	STI	GMP	HARM	YR	TI ریشه	TI اندام هوایی
خوشه اول	~0.0543	~0.02236	~0.01044	~0.01389	~0.00463	~0.00473	~0.0266	~0.0587	~0.05482
خوشه دوم	~0.0675	~0.0246	~0.0107	~0.01507	~0.00495	~0.00439	~0.0243	~0.05675	~0.03587
خوشه سوم	~0.059	~0.0146	~0.012845	~0.012821	~0.00514	~0.00436	~0.0265	~0.0565	~0.0469



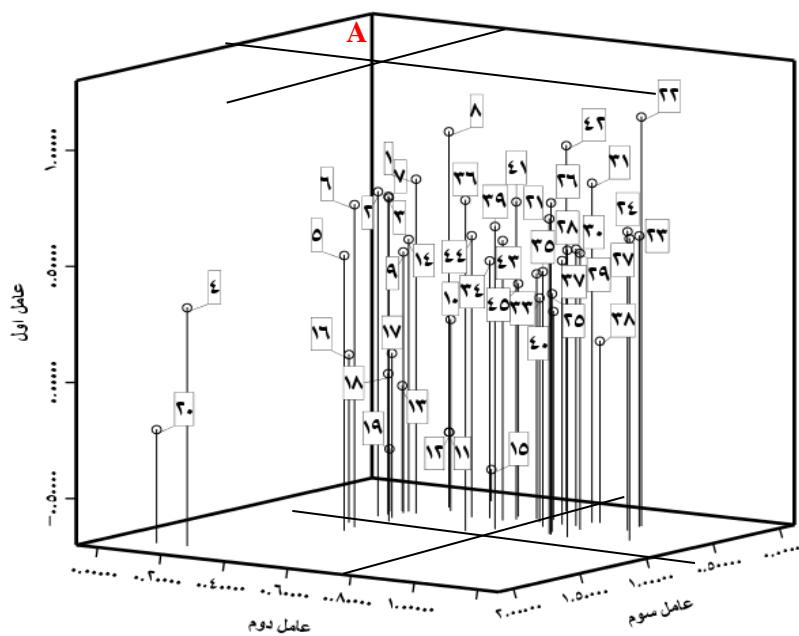
شکل ۲- نمودار دو بعدی حاصل از تجزیه تابع تشخیص براساس دو تابع اول به منظور تایید گروه‌بندی لاین‌ها

Figure 2. Two-dimensional diagram obtained from the analysis of the detection function based on the first two functions to confirm the grouping of lines

جدول ۵- ماتریس ضرایب عامل‌ها بعد از چرخش واریماکس برای شاخص‌های مورد بررسی در لاین‌های گندم
Table 5. Matrix of factor coefficients after varimax rotation for the studied indices in wheat lines

شاخص‌ها	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
STI	-0.987	0.9	+/0.85
SI	-0.987	-0.9	-/-0.85
YR	-0.987	-0.9	-/-0.85
اندام هوایی TI	0.814	0.178	-0/424
MP	0.151	0.985	-0/0.77
GMP	0.231	0.957	-0/0.58
HARM	0.248	0.958	-0/0.61
RI TI	0.126	-0/125	0/974
TOL	-0.5	0.84	-0/151
مقادیر ویژه	2/9794	3/6126	1/1852
سهم واریانس	44/2157	40/1194	13/1647
درصد واریانس تجمعی	44/216	84/355	97/524

شاخص تحمل(TOL)، حساسیت به تنفس(SI)، میانگین تولید(MP)، شاخص تحمل به تنفس(STI)، میانگین هندسی تولید(GMP)، شاخص میانگین هارمونیک تولید(HARM)، شاخص کاهش عملکرد(Yr) و شاخص تحمل ریشه و اندام هوایی(TI).



شکل ۳- نمودار سه بعدی پراکنش لاین‌های گندم دوروم بر اساس ضرایب عاملی (برای رسم نمودار پراکنش سه بعدی برای لاین‌ها، باید ضرایب مربوط به لاین‌ها برای هر تابع جداگانه مشخص شود. به این صورت که مجموع (تابع اول ضرب در صفت اول در لاین اول، تابع اول در صفت دوم در لاین اول) و به ترتیب برای تمام صفات در لاین ۱ تا ۴۵، همین کار را برای تابع دوم و سوم نیز انجام داده و عدد نهایی هر لاین را برای سه تابع را به صورت نمودار سه بعدی ترسیم می‌کنیم).

Figure 3. Three-dimensional diagram of the distribution of durum wheat lines based on coefficients

منابع

- Andrews, C.J. 1996. How do plants survive ice? *Annual Botany*, 78: 526-568.
- Auld, D.L., R.L. Ditterline, G.A. Murray and J.B. Swensen. 1983. Screening peas for winter hardiness under field and laboratory conditions. *Crop Science*, 23: 85-88.
- Blum, A. 1989. Plant breeding for stress environment. *CRD Press inoic*, 71: 99-132.
- Boluri, P., V. Rashidi, M. Yarnia, A. Razbanhagh and M. Soltani. 2010. evaluation of drough stress index in sunflower lines. *Journal of Agriculture Research*, 3(2): 133-142.
- Bridger, G.M., D.M. Falk, B.D. McKersie and D.L. Smith, 1996. Crown freezing tolerance and field winter survival of winter cereals in eastern Canada. *Crop Sciences*, 36: 150-157.
- Dudal, R. 1976. Inventory of major soils of the world with special reference to mineral stress. In M.J. Wright (ed.) *Plant Adaptation of Mineral Stress in Problem Soils*. Cornell University Agriculture Experiment Station, Ithaca, New York.
- Fabriani, G., Lintas and C. 1988. Durum wheat: Chemistry and technology. American Association of Cereal Chemists, pp: 216.
- Fao. 2020. URL. <http://fao.org/emergencies.com>.
- Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stresstolerance Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan.
- Hemati, R. and H. Pakniat. 2006. Evaluation of response of bread (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum*) genotypes in saltinity stress. *Iranian Journal of Agricultural Scienes*, Number, 3: 7-13 (In Persian).
- Huoang, B. 2000. Role of root morphological and physiological characteristic in drough resistance of plants. In: Wilkinson, r.e. (ed) and plant-environment intractions, 2: 39-64.
- Khalilzade, G.H. and H. Karbalai-Khiavi. 2002. Investigation of drought and heatstress on advanced lines of durum wheat. In proc. of the 7th Iranian congress of crop Sci. Gilan, Iran, pp: 563-564.
- Maiti, R.K., L.E.M. Delgoda, S.L. Cardona, A.M.O. Dimaso, Dela Rosa Ibarra, M., Deleon and H. Castillo. 1996. Genotypic variability in maize cultivar (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity at the seedling stage. *Journal of Plant physiology*, 148: 741-744.

14. Millan, T., H.J. Clarke, K.H. Siddique, M. Buhariwalla, H.K. Gaur, P.M. Kumar, J. Gil J. Kahl and P. Winter. 2006. Chickpea molecular breeding: New tools and concepts. *Euphytica*, 147: 81-103.
15. Munns, R., R. James and A. Lauchli. 2006. Approaches increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57: 1025-1043.
16. Murray, G.A., D. Eser, L.V. Gusta and G. Eteve. 1988. Winter hardness in pea, lentil, faba bean and chickpea. PP.831-843. In: R.J. Summerfield (Ed.), *World Crops: Cool Season food Legumes*. Kluwer Academic Publication, the Netherlands, 25: 831-843.
17. Naghavi, M., M. Moghadam, M. Tourchi and M. Shakiba. 2016. Evaluation of spring wheat cultivars based on drought resistance indices. *Journal of Crop Breeding*. 8th year. Issue17. Spring 2016. 192-207 (In Persian).
18. Panthuwan, G., S. Fokai, M. Cooper, S.O. Rajatasereekul and J.C. Toole 2002. Yield response of rice genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Part1: grain yield and yield components. *Field Crop Res*, 41: 45-54.
19. Rosielie, A.A. and J. Hamblin. 1984. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Journal Crop Sciences*, 21: 943-946.
20. Sadeghzade-Ahari, D. 2006. Evaluation for tolerance to drought stress in dry land promising durum wheat genotypes. *Iran. Journal Crop Science*, 8(1): 30-45.
21. Samach, A. and P.A. Wigge, 2005. Ambient temperature perception in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 8: 483-486.
22. Saxena, M.C. 1990. Problems and potential of chickpea production in the nineties. In Chickpea in the Nineies (eds. Van Rheenen, and M.C. Saxena). ICRISAT Patancheru, India, 25: 142-146.
23. Seiler, G.J. and R.E. Stafford. 1985. Factor analysis of component of yield in guar. *Journal Crop Science*, 25: 905-908.
24. Sheibaniraad, A., E. Farshadfar and A. Najafi. 2017. Evaluation of drought tolerance in bread wheat genotypes using drought tolerance indices. *Journal of plant Eco physiology*, 2(31): 1-14 (In Persian).
25. Sio-Se Mardeh, A., A. Ahmadi, K. Poustini and V. Mohammadi, 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditioning. *Field Crop Research*, 98: 222-229.
26. Tavakol, E. and H. Pakniyat. 2007. Evaluation of some drought criteria seedling stage in wheat (*Triticumaestivum L.*) cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(7): 1113-1117.
27. Zeynalykhanghah, H. A. Izanloo, A. Hoseinzadeh and N. Majnoonhoseini. 2004. Determininf of the suitable drough resistance indices in commercial soybeans varieties. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(4): 875-885 (In Persian).

Evaluation of Frost Stress Resistance in Various Promising lines of Durum Wheat using Stress Resistance Indices

Fatemeh Mohammadi Azar¹, Omid Sofalian², Ali Asghari³, Asghar Ebadi⁴ and Rahmatollah Karimizadeh⁵

1- PhD Student in Plant Breeding, Department of Agriculture and Plant Breeding, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil

2- Professor, Department of Agriculture and Plant Breeding, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

(Corresponding Author: sofalian@gmail.com)

3- Professor, Mohaghegh Ardabili University, Department of Agriculture and Plant Breeding, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

4- Assistant Professor, Department of Plant Production Technology, Mohaghegh Ardabili University, Ardabil, Iran

5- Assistant Professor, Plant Breeding, Agricultural Research and Training Center and Natural Resources of Kohkiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Gachsaran Agricultural Research and Training Campus and National Dryland Site

Received: January 6, 2021

Accepted: August 23, 2021

Abstract

In order to evaluate durum wheat lines in terms of frost stress tolerance, 45 promising durum wheat lines resulting from crosses between different parents were assessed using stress tolerance indices. This experiment consisting of greenhouse and laboratory tests was performed in the Faculty of Plant Breeding of MohagheghArdabili University in the 2017-18 crop year. In this experiment, wheat lines at seedling stage were studied. Durum wheat lines were planted in a factorial design based on randomized complete blocks with three replications. Plants up to 3 to 5 leaf stage were kept in greenhouse conditions. The pots were then taken to a cold room at 4°C to prepare for stress. Based on biological performance, tolerance indices (TOL), stress sensitivity (SI), average production (MP), stress tolerance index (STI) Geometric mean of production (GMP), Harmonic mean of production index (HARM), Yield reduction index (Yr) and Root and shoot tolerance index (Ti) were calculated. The results of analysis of variance showed that the studied lines had significant differences in terms of MP, GMP and HARM traits and Yr and Ti indices were significant in stress. The interaction of the line in stress was insignificant for all indices. Due to the correlation between performance and indices, the most appropriate indices were MP, GMP, HARM and TOL. Comparison of mean lines and stresses were examined separately. The maximum correlation coefficient was related to the relationship (0.999) between STI index with SI, Yr with SI and Yr with STI. In general, GMP, MP and HARM indices are the most appropriate indices to evaluate the stress tolerance of lines at all levels. The study and TOL index were suitable for higher stress levels. Study of lines by indices using cluster analysis, detection function analysis and factor analysis showed similar results. The results of cluster analysis and factor analysis with the first three factors introduce lines 25, 26, 27, 28, 31, 36 and 39 as the most tolerant lines and lines 11, 13, 15, 17, 18 and 19 as the most sensitive. They were identified. In factor analysis, the first three factors explained 97.52% of the available variance and the indices of STI, SI, Yr, Ti aerial parts, MP, GMP and HARM They had the highest value and were the most effective indicators in the distribution of lines. According to the three-dimensional diagram of line distribution, the highest factor coefficients based on the first three factors were related to lines 5, 7, 25, 26, 27, 28, 31, 36 and 39.

Keywords: Cluster analysis, Detection function analysis,Durum wheat, Factor analysis, Frost stress, Tolerance indices