



ارزیابی شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa* L.)

صنم صفائی چائی کار^۱، بابک ربیعی^۲ و مهدی رحیمی^۳

۱- استادیار پژوهشی، پژوهشکده چای، موسسه تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان، ایران
(نویسنده مسوول: s.safaie@areeo.ac.ir)

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- استادیار گروه بیوتکنولوژی، پژوهشگاه علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، دانشگاه تحصیلات تکمیلی صنعتی و فناوری پیشرفته، کرمان، ایران
تاریخ دریافت: ۹۴/۶/۳ تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۰/۱

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی در گیاهان زراعی است که بر حسب زمان، مدت و شدت تنش می‌تواند عملکرد دانه را با تأثیر بر هر یک از اجزای آن کاهش دهد. این پژوهش با هدف ارزیابی پتانسیل ژنتیکی تحمل به خشکی روی عملکرد دانه (سلتوک) در ژنوتیپ‌های برنج انجام شد. آزمایش به صورت دو طرح مجزا در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال ۱۳۸۵ انجام شد. آبیاری مزرعه آزمایشی در هر دو محیط تنش و بدون تنش، تا ابتدای دوره پنجه‌دهی ژنوتیپ‌ها به طور یکسان و به صورت غرقابی انجام شد. سپس در آزمایش در شرایط خشکی، آبیاری به طور کامل قطع گردید، در حالی که در آزمایش بدون تنش، آبیاری به طور کامل تا انتهای دوره رسیدگی انجام شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی بر اساس عملکرد دانه، ارقام Diwani, Araguuiua, دم سفید، دم سرخ و حسن سرابی آتسگاه را به عنوان ژنوتیپ‌های حساس به خشکی معرفی نمودند این ارقام دارای بیشترین حساسیت به خشکی بودند و کمترین عملکرد سلتوک (به ترتیب ۱/۶۸، ۱/۴۸، ۱/۸۲، ۱/۹۶ و ۲/۱۴ تن در هکتار) را تولید نمودند. همچنین، ارقام نعمت، سپیدرود، IR64، بجار و IR50 بیشترین تحمل را به تنش خشکی نشان دادند و دارای بالاترین عملکرد سلتوک (به ترتیب ۷/۰۷، ۴/۵۹، ۴/۰۴، ۴/۰۳ و ۴/۳۸ تن در هکتار) بودند. این ارقام برای کشت در سال‌های خشک و شرایط کم آب و نیز به عنوان والدین تلاقی برای افزایش تحمل به خشکی ارقام والدین تجاری برنج توصیه می‌شوند. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی در شرایط تنش خشکی دو مولفه اصلی را شناسایی نمود که بیش از ۹۸ درصد از واریانس شاخص‌ها را توجیه نمودند. ترسیم بای‌پلات بر اساس دو مولفه اصلی نشان داد که مولفه اول (پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی) همبستگی مثبت و بالایی را با شاخص‌های *YS*، *YP*، *MP*، *GMP*، *HM* و *STI* دارد. دومین مولفه (پاسخ به خشکی) همبستگی مثبت با شاخص‌های *DRI* و *RDI* داشت. تجزیه خوشه‌ای داده‌ها بر مبنای تمامی صفات مطالعه شده به روش حداقل واریانس وارد ژنوتیپ‌ها را در ۴ گروه طبقه‌بندی نمود. برآورد میانگین گروه‌ها و تفاوت آنها از میانگین کل ژنوتیپ‌ها نشان داد که اختلاف معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر کلبه صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک اندازه‌گیری شده وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بای‌پلات، برنج، تجزیه خوشه‌ای، شاخص‌های خشکی، مولفه‌های اصلی

مقدمه

می‌گردد. لفیت و همکاران (۱۱) گزارش نمودند که در برنج ارزیابی همزمان در شرایط تنش و بدون تنش موجب گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط می‌شود، بنابراین بررسی صفات مختلف و از جمله عملکرد نسبی ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی و بدون تنش به عنوان یک نقطه‌ی شروع برای شناخت فرآیند تحمل به خشکی و انتخاب ژنوتیپ‌ها برای اصلاح در محیط‌های خشک است. فیشر و مائورر (۸) اظهار داشتند که عملکرد بالا در شرایط تنش، یا ناشی از مکانیسم فرار از خشکی است یا منتج از سازگاری رقم به علت فرآیندهای خاص در شرایط تنش است که باعث تحمل به خشکی می‌شود. بنابراین معیاری را بر اساس عملکرد و ثبات آن برای ارزیابی ژنوتیپ‌ها از لحاظ واکنش به تنش خشکی پیشنهاد کردند. این معیار به عنوان شاخص حساسیت به تنش^۱ (SSI) بر مبنای عملکردهای محیط تنش و بدون تنش، مطرح شد. بین این شاخص و عملکرد در شرایط رطوبت بالا همبستگی منفی وجود دارد. روزیل و هامبلین (۲۲) بر اساس شاخص تحمل^۲ (TOL) یا تفاوت عملکرد دو ژنوتیپ در دو محیط معمولی و تنش و متوسط تولید^۳ (MP) یا میانگین عملکرد هر ژنوتیپ در دو محیط معمولی و تنش بیان کردند که مقدار بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت ژنوتیپ‌ها به تنش است. فرناندز (۷) در سال ۱۹۹۲ ژنوتیپ‌های ماش را به گروه‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش

برنج به عنوان یک گیاه غرقابی، از حساس‌ترین گیاهان در برابر کمبود آب است و بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد (۲۶ و ۲۷). در طول تکامل گیاهان، بروز انواع خشکی موجب شده است که مکانیسم‌های مختلف مقاومت به خشکی در سطوح مختلف نظام حیاتی از مولکول تا سلول بافت و بالاتر به وجود آید. مطالعه این مکانیسم‌ها اطلاعات مهمی را در جهت اصلاح گیاهان زراعی به منظور افزایش تحمل به تنش خشکی فراهم می‌نماید. گیاهان از طریق مکانیسم‌های مختلف و پیچیده‌ای که به واسطه سازگاری آنها در مقابل تنش خشکی به وجود آمده است، مانند فرار یا اجتناب از خشکی، می‌توانند تنش خشکی را تحمل کنند (۱۲، ۱۳). اجتناب از خشکی و تحمل به خشکی دارای مکانیسم‌ها و فرآیندهای متفاوتی هستند. فنولوژی گیاه، عامل بسیار مهم تأثیرگذار بر اجتناب گیاه از تنش خشکی است. واکنش گیاهان در برابر تنش خشکی با توجه به شدت تنش و مرحله رشد و نمو گیاه بسیار متفاوت است (۶) و از این رو سبب کاهش عملکرد دانه از طریق تأثیر بر هر یک از اجزای آن می‌گردد (۱۵). برنج حدود ۱۲ روز قبل و ۷ روز بعد از ۵۰ درصد گلدهی بسیار حساس به کمبود آب است (۲۰). ماتسوشیما (۱۳) اظهار نمود که بیشترین حساسیت برنج به تنش خشکی در مرحله رشد زایشی است و باعث بیشترین کاهش در عملکرد دانه

دو محیط آزمایشی نرمال و تنش خشکی مشخص شوند. کهنسال واجارگاه و همکاران (۱۰) در انتخاب ژنوتیپ‌های برنج متحمل به خشکی شاخص‌های MP، GMP، HM و STI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و یا متحمل به تنش خشکی در مرحله رویش و شاخص MP را به‌عنوان بهترین شاخص در شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم و یا متحمل به تنش خشکی در مرحله زایش در ارقام برنج معرفی نمودند و با توجه به شاخص‌های مذکور ارقام درفک و محمدی را به‌ترتیب به‌عنوان ارقام متحمل و ارقام هاشمی، خزر، گوهر، علی کاظمی، نعمت و ندا را به‌ترتیب به‌عنوان ارقام حساس به تنش خشکی در مرحله رویش معرفی نمودند و ارقام محمدی و ساحل را به‌ترتیب به‌عنوان ارقام متحمل و خزر، سنگ جو و هاشمی را به‌ترتیب به‌عنوان ارقام حساس به تنش خشکی در مرحله زایش معرفی نمودند. نظری و پاکنیت (۱۵) در ارزیابی تحمل به خشکی در ارقام جو MP، GMP و STI را به‌عنوان بهترین معیار برای ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و بدون تنش معرفی نمودند.

با توجه به اینکه ارقام مختلف برنج واکنش‌های متفاوتی به تنش خشکی دارند و تنوع ژنتیکی قابل توجهی از نظر حساسیت و تحمل به خشکی در بین ارقام برنج مشاهده می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی اثرات تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های مختلف برنج و تعیین ژنوتیپ‌های متحمل نسبت به تنش کمبود آب بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان در سال زراعی ۱۳۸۵ انجام شد. بر اساس تقسیمات هواشناسی، این منطقه جزء مناطق نیمه مدیترانه‌ای گرم می‌باشد که تابستان‌های گرم و زمستان‌های ملایم دارد. اگرچه میانگین بارندگی سالانه منطقه مورد آزمایش بسیار بالاست، اما توزیع بارندگی در طول سال عموماً طوری است که در طول دوره‌ی رشد و نمو برنج، یعنی در فاصله فروردین تا شهریور، میزان بارندگی بسیار پایین می‌باشد. اطلاعات هواشناسی مربوط به ۶ ماهه‌ی اول سال زراعی ۱۳۸۵ در جدول ۱ نشان داده شده است. ژنوتیپ‌های مورد بررسی شامل ۴۹ ژنوتیپ ایرانی، خارجی و چند رقم آپلند بود. (مشخصات ارقام مورد مطالعه در جدول ۲ ارائه شده است). ارزیابی ژنوتیپ‌ها در دو آزمایش جداگانه هر کدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر واحد آزمایشی شامل ۵ ردیف به فاصله ۲۰ سانتیمتر و طول ۲ متر با تراکم کاشت ۲۵ بوته در مترمربع بود. قبل از کاشت بذور با وایتکس تجارتي (هیپو کلرید سدیم) به میزان ۲ در هزار ضدعفونی شدند. بذریاشی در خزانه انجام و نشاءها پس از ۳-۴ برگ شدن به زمین اصلی منتقل شدند. بعد از آماده‌سازی زمین به‌منظور تامین نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر قبل از کاشت به خاک اضافه شد. در جدول ۳ نتایج ارزیابی بافت خاک را نشان داده شده است.

(A)، عملکرد بالا در شرایط بدون تنش (B)، عملکرد بالا در شرایط تنش (C) و عملکرد پایین در هر دو محیط (D)، تقسیم کرد. وی بیان کرد که انتخاب بر اساس شاخص‌های TOL و MP ژنوتیپ‌های گروه‌های B و D را تفکیک می‌کند. انتخاب بر اساس شاخص MP باعث افزایش عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش می‌شود و این شاخص نمی‌تواند گروه A را از B تشخیص دهد. شاخص متوسط تولید نیز باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی دارند ولی تحمل آن‌ها به تنش پایین است (۷). هنگامی که اختلاف نسبی زیادی بین عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش موجود باشد، شاخص MP دارای آریبی به سمت عملکرد در شرایط بدون تنش می‌شود، بنابراین برای رفع این مشکل شاخص میانگین هندسی عملکرد^۱ (GMP) که بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود، توسط فرناندز (۷) ارائه گردید. از آنجایی که این شاخص به مقادیر متفاوت عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش حساسیت کمتری دارد، فرناندز (۷) شاخص دیگری به نام شاخص تحمل به تنش^۲ (STI) را به‌منظور تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش و دارای پتانسیل تحمل به خشکی معرفی کرد که می‌تواند گروه‌های B و C را از یکدیگر تفکیک کند. این شاخص شدت تنش^۳ (SI) (تفاضل نسبت متوسط عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش به متوسط عملکرد در محیط بدون تنش از یک) و مقادیر عملکرد در دو محیط را در نظر می‌گیرد و می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها تفکیک نماید و بنابراین شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌باشد. در تعیین ژنوتیپ‌های متحمل به تنش مقدار بالای GMP و STI مورد نظر است. شاخص میانگین هارمونیک^۴ (HM) نیز توسط فرناندز (۷) معرفی شد. بیدینگر و همکاران (۵) شاخص پاسخ به خشکی^۵ (DRI) را پیشنهاد نمودند. ارزش‌های مثبت DRI نشانگر تحمل به خشکی بوده که مستقل از اثرات عملکرد بالقوه و تاریخ گلدهی است. شاخص خشکی نسبی^۶ (RDI) توسط فیشر و مائورر (۸) معرفی شد، ژنوتیپ‌هایی که دارای RDI بزرگتر از یک می‌باشند، دارای مقاومت نسبی به خشکی بوده و اگر ارزش فوق کوچکتر از یک باشد، ژنوتیپ مربوطه دارای حساسیت نسبی به خشکی می‌باشد. اوک ماکارا و همکاران (۱۸) شاخص پاسخ به خشکی (DRI) را براساس عملکرد دانه به منظور بررسی تنوع در عملکرد بالقوه و تاریخ گلدهی به کار بردند. عملکرد دانه در طی خشکی در محدوده ۱۲٪ تا ۴۶٪ کاهش یافت. خشکی اکثراً در طی فاز زایشی رخ می‌دهد، اما تنش آبی از نزدیک مرحله رویشی وجود داشت. تنوع ژنتیکی در DRI در اکثر آزمایشات ثابت و پایدار بود و میانگین ژنتیکی DRI در دامنه ۰/۵۴- تا ۰/۴۷ (LSD_{۵=۰/۴۷}) بود. انتخاب برای DRI تحت شرایط خشکی به اصلاحگران اجازه خواهد داد تا لاین‌های بخشنده با تحمل خشکی بالا شناسایی شوند. زو و همکاران (۲۸)، بیان کردند که ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌توانند توسط اندازه‌گیری صفاتی نظیر پتانسیل عملکرد، تاخیر در گلدهی، کاهش ارتفاع بوته یا DRI در هر

1- Geometric Mean Productivity
3- Stress Intensity
5- Drought Response Index

2- Stress Tolerance Index
4- Harmonic Mean
6- Relative Drought Index

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی مربوط به شش ماهه‌ی اول سال زراعی ۱۳۸۵

Table 1. Meteorological information for the first six months of the year 2006

ماه	تعداد روزهای ثبت شده	درجه حرارت (سانتی گراد)		رطوبت نسبی (درصد)		میزان بارندگی (میلی متر)	تعداد روزهای بارانی
		حداقل	حداکثر	حداقل	حداکثر		
فروردین	۳۱	۱۰/۳	۱۷/۸	۶۹/۱۶	۹۸/۱	۳۹	۱۱
اردیبهشت	۳۱	۱۳/۹۷	۱۹/۲۳	۷۵/۱۶	۹۶/۸۷	۶۱/۲	۱۹
خرداد	۳۱	۱۹/۷۴	۲۸/۳۹	۵۲/۳۴	۹۵/۵۵	۷	۳
تیر	۳۱	۲۱/۷۱	۳۰/۰۳	۵۳/۱۷	۹۱/۷۴	۳۸/۸	۴
مرداد	۳۱	۲۱/۷۱	۳۲/۷۷	۴۹/۸۴	۹۲/۸۴	۱۱/۸	۲
شهریور	۳۱	۲۰/۸۷	۲۹/۲۳	۶۱/۱	۹۵/۷۹	۱۹۶/۸	۹

جدول ۲- مشخصات و خصوصیات مهم ۴۹ رقم برنج مورد مطالعه در این تحقیق

Table 2. Specification and characterization of 49 rice genotypes in this study

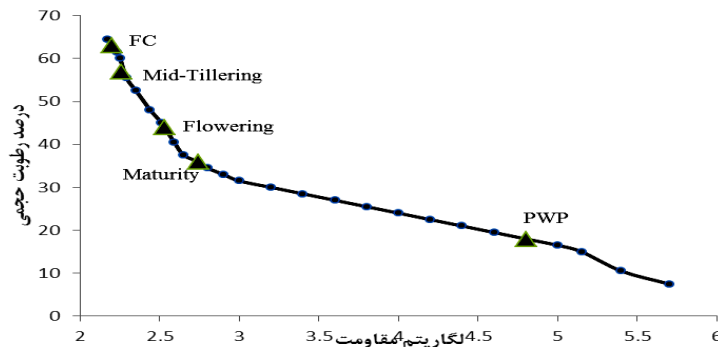
کد رقم	نام رقم	منشاء	تیپ	دوره رسیدگی
۱	ابجی بوجی	ایران	پابلند	زودرس
۲	صدری	ایران	پابلند	زودرس
۳	دم سیاه سلیمانداراب	ایران	پابلند	زودرس
۴	محمدی چپرسر	ایران	پابلند	زودرس
۵	قشنگه	ایران	پابلند	زودرس
۶	مهر	ایران	متوسط	میان رس
۷	آمل ۳	ایران	متوسط	دیررس
۸	طارم منطقه	ایران	پابلند	زودرس
۹	غریب	ایران	پابلند	زودرس
۱۰	حسن سرایی	ایران	پابلند	زودرس
۱۱	حسن سرایی آتشگاه	ایران	پابلند	زودرس
۱۲	دم سفید	ایران	پابلند	زودرس
۱۳	سالاری	ایران	پابلند	زودرس
۱۴	عنبربو	ایران	پابلند	زودرس
۱۵	سپیدرود	ایران	متوسط	میان رس
۱۶	سنگ جو	ایران	پابلند	زودرس
۱۷	چمپا بودار	ایران	پابلند	زودرس
۱۸	بینام	ایران	پابلند	زودرس
۱۹	بجار	ایران	متوسط	دیررس
۲۰	درفک	ایران	متوسط	دیررس
۲۱	دم سرخ	ایران	پابلند	زودرس
۲۲	دم سیاه	ایران	پابلند	زودرس
۲۳	خزر	ایران	پابلند	میان رس
۲۴	دم زرد	ایران	پابلند	زودرس
۲۵	علی کاظمی	ایران	پابلند	زودرس
۲۶	کادوس	ایری	متوسط	دیررس
۲۷	شاه پسند	ایران	پابلند	میان رس
۲۸	طارم محلی	ایران	پابلند	زودرس
۲۹	دیلمانی	ایران	پابلند	میان رس
۳۰	ندا	ایران	متوسط	دیر رس
۳۱	سنگ طارم	ایران	متوسط	میان رس
۳۲	گیل ۱	ایران	پابلند	دیررس
۳۳	گیل ۳	ایران	متوسط	دیررس
۳۴	نعمت	ایران	متوسط	دیررس
۳۵	غریب سیاه ریحانی	ایران	پابلند	زودرس
۳۶	اهلمی طارم	ایران	پابلند	زودرس
۳۷	هاشمی	ایران	پابلند	زودرس
۳۸	لاین ۶	ایران	پاکوتاه	دیررس
۳۹	IR24	ایری	پاکوتاه	دیررس
۴۰	IR60	ایری	پاکوتاه	دیررس
۴۱	IR30	ایری	پاکوتاه	دیررس
۴۲	IR50	ایری	پاکوتاه	دیررس
۴۳	IR36	ایری	پاکوتاه	دیررس
۴۴	New Bonnet	امریکا (آیلند)	پاکوتاه	دیررس
۴۵	Vandana	هند (آیلند)	پاکوتاه	دیررس
۴۶	IR64	ایری	پاکوتاه	دیررس
۴۷	Araguiva	برزیل (آیلند)	پاکوتاه	دیررس
۴۸	Diwani	SUR	پاکوتاه	دیررس
۴۹	IR28	ایری	پاکوتاه	دیررس

جدول ۳- برخی از خصوصیات فیزیکی خاک مزرعه

درصد شن	درصد رس	درصد سیلت	بافت خاک	جرم مخصوص ظاهری (گرم بر سانتی‌متر مکعب)
۱۳	۳۰	۵۷	سیلتی رسی	۱/۳

خشکی است، تنش متوسطی تا بالایی ایجاد شده است. توجه داشته باشیم که برنج گیاهی است که در شرایط کاملاً غرقاب رشد می‌کند، به طوری که در طول دوره رشد از مرحله انتقال نشاء تا چند روز قبل از رسیدگی محصول، حدود ۵ سانتی‌متر آب همیشه در پای بوته‌ها وجود دارد. بنابراین، کاهش آب مزرعه به سطحی که آب غرقاب در سطح مزرعه نباشد، آستانه نیاز گیاه بوده و کاهش بیشتر از آن موجب وارد شدن گیاه به خسارات ناشی از تنش می‌شود. همچنین، خسارت غیرمستقیم ناشی از کمبود آب مزرعه در برنج، خسارت وارد شده به ریشه‌ها و پاره شدن آن‌ها به خاطر تشکیل سله شدید در خاک است، به طوری که در بیشتر مناطق تحت کشت برنج در شمال کشور و از جمله خاک مزرعه تحقیق حاضر، یک خاک رسی کامل می‌باشد که نتیجه کاهش آب مزرعه ایجاد سله شدید در خاک می‌باشد.

در مرحله پنجه‌دهی نیز معادل ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت. عملیات آبیاری تمامی کرت‌ها ت پس از نشاکاری و استقرار کامل گیاهچه‌ها و تا مرحله پنجه‌دهی در شرایط نرمال و تنش به صورت غرقابی انجام شد و سپس آبیاری مزرعه برای شرایط تنش از مرحله پنجه‌دهی تا آخر فصل به‌طور کامل قطع گردید و در شرایط نرمال تا زمان رسیدگی آبیاری غرقابی به‌طور کامل انجام شد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده می‌شود، با کاهش رطوبت حجمی خاک میزان لگاریتم مقاومت و در نتیجه مقاومت خاک افزایش پیدا می‌کند. میزان رطوبت اشباع خاک در مقاومت ۱۶۰ اهم برابر ۶۳ درصد بود. میزان رطوبت حجمی در سه مرحله رشدی گیاه اواسط پنجه‌زنی، اواسط گلدهی و رسیدگی به ترتیب برابر ۵۷، ۴۴ و ۳۶ درصد بود. شکل ۱ نشان می‌دهد که در زمان گلدهی و رسیدگی که حساس‌ترین مراحل رشد برنج در برابر کمبود آب و تنش



شکل ۱- منحنی رطوبتی خاک مزرعه
Figure 1. Soil moisture curve

$$STI = \frac{Y_P}{\bar{Y}_P} \times \frac{Y_S}{\bar{Y}_S} \times \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P} = \frac{Y_P \times Y_S}{(\bar{Y}_P)^2} \quad (8)$$

۵- شاخص حساسیت به خشکی (SSI)

$$SI = 1 - \frac{\bar{Y}_S}{\bar{Y}_P}$$

$$1 - \frac{Y_S}{Y_P}$$

$$SSI = \frac{Y_P}{SI}$$

۶- شاخص تحمل (TOL) (۲۲):

$$TOL = Y_P - Y_S$$

در این روابط Y_P و Y_S به ترتیب عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و \bar{Y}_P و \bar{Y}_S به ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند.

برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها نسبت به تنش خشکی شاخص‌های (MP)، (GMP)، (HM)، (STI)، (SSI)، (TOL)، (DRI) و (RDI) محاسبه شدند فرمول‌های هر یک از این شاخص‌ها عبارتند از:

۱- شاخص میانگین حسابی عملکرد دانه (MP) (۲۲):

$$MP = \frac{Y_P + Y_S}{2}$$

۲- شاخص میانگین هندسی عملکرد دانه در هر دو محیط (GMP) (۷):

$$GMP = \sqrt{Y_P \times Y_S}$$

۳- میانگین هارمونیک عملکرد در هر دو محیط (HM) (۷):

$$HM = \frac{2 \times Y_P \times Y_S}{Y_P + Y_S}$$

۴- شاخص تحمل به تنش (STI) (۷):

HM بودند. در بین شاخص‌های متفاوت ارزیابی مقاومت به خشکی هرچه مقدار شاخص‌های STI یا شاخص تحمل به تنش (Y)، شاخص میانگین هندسی (GMP) (Y)، شاخص میانگین حسابی (MP) یا شاخص متوسط محصول دهی (۲۲) و شاخص میانگین هارمونیک (HM) بالاتر باشد، نشان‌دهنده تحمل به خشکی بالاتر آن ژنوتیپ ویژه است. این شاخص‌ها زمانی قابل اعتماد هستند که با عملکرد بالا در شرایط تنش در نظر گرفته شوند. به‌طور کلی عکس‌العمل گیاهان زراعی و ارزیابی آنها برای حداکثر عملکرد در شرایط محیطی متنوع وابسته به توانایی متفاوت آنها در استفاده از شرایط محیطی است. این امر از طریق تنظیم اجزای عملکرد و اثرات متقابل ارقام به هنگام بروز شرایط نامطلوب و مطلوب امکان‌پذیر است (۵). ابر شهر و همکاران (۱) ارقام نعمت، سپیدرود، IR28، کادوس و بجار را دارای بالاترین مقادیر برای شاخص‌های فوق عنوان کردند. سایر محققین نیز این نتیجه را برای شاخص‌های مذکور گزارش کرده‌اند (۱۹، ۱۷). ارقام نعمت، سپیدرود و IR50 دارای مقادیر مثبت برای شاخص DRI و مقادیر بزرگتر از یک برای شاخص RDI هستند. ارزش‌های مثبت شاخص پاسخ به خشکی (DRI) (۵)، نشانگر تحمل به خشکی بوده که مستقل از اثرات عملکرد بالقوه و تاریخ گلدهی است. DRI متناسب با SI-1 (شدت تنش منهای یک) در فرمول فیشر و مائورر (۸) می‌باشد. ژنوتیپ‌هایی که دارای شاخص خشکی نسبی (RDI) بزرگتر از یک می‌باشند، دارای مقاومت نسبی به خشکی بوده و اگر ارزش فوق کوچکتر از یک باشد، ژنوتیپ مربوطه دارای حساسیت نسبی به خشکی می‌باشد (۸). لازم به ذکر است که شدت تنش وارده بر اساس فرمول فیشر و مائورر (۸) در این آزمایش (SI= ۰/۴۰) بود. کمترین مقدار شاخص حساسیت به تنش (SSI) متعلق به رقم نعمت بود. همچنین رقم نعمت دارای کمترین شاخص تحمل به خشکی (TOL) و نیز بیشترین شاخص پاسخ به خشکی (DRI) را نشان داد و از عملکرد مناسبی در شرایط تنش برخوردار بود (جدول ۴). هرچه میزان شاخص حساسیت به تنش (SSI) (۸) کمتر باشد، نشان‌دهنده حساسیت کمتر ژنوتیپ به تنش و مقاومت بیشتر آن خواهد بود. هرچقدر مقدار شاخص تحمل (TOL) (۲۲) افزایش یابد نمایانگر حساسیت بیشتر به خشکی بوده و هرقدر مقدار این شاخص پایین‌تر باشد، مطلوب‌تر خواهد بود. مقادیر بالای شاخص TOL و SSI حساسیت بیشتر به تنش رطوبتی را نشان می‌دهد. بنابراین ژنوتیپ‌ها بر اساس مقدار کم TOL انتخاب می‌شوند، زیرا در این صورت ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش کاهش عملکرد کمتری نسبت به شرایط بدون تنش خواهند داشت (۲۲). فرناندز (۷) اظهار داشت که انتخاب بر مبنای این شاخص به نفع ژنوتیپ‌های با عملکرد پایین در شرایط بدون تنش و ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی است. این شاخص در تمایز ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا کارایی ندارد. آکوستا و آدامز (۳) اظهار داشتند که انتخاب بر اساس SSI زمانی موثر است که محیط آزمایش دارای شرایط خشکی باشد. مقدار کمتر SSI، تغییرات کمتر عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و پایداری بیشتر آن را

۷- شاخص پاسخ به خشکی (DRI) (۵):

$$DRI = (Y_A - Y_{ES}) / S_{ES}$$

Y_A : عملکرد حقیقی تحت شرایط تنش
 Y_{ES} : تخمین عملکرد از طریق رگرسیون تحت شرایط تنش
 S_{ES} : اشتباه استاندارد رگرسیون چند متغیره

۸- شاخص خشکی نسبی (RDI) (۸):

$$RDI = DI / \bar{X}_{DI}$$

$$DI = Y_S / Y_P$$

$$\bar{X}_{DI} = \bar{Y}_S / \bar{Y}_P$$

برای بررسی اثر تنش روی ژنوتیپ‌ها، شانزده صفت ارزیابی شدند که عبارت بودند از: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول خوشه (سانتی‌متر)، طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)، طول شلتوک (میلی‌متر)، عرض شلتوک (میلی‌متر)، روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا رسیدگی کامل، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد خوشه در بوته، وزن هزاردانه (گرم)، عملکرد شلتوک (تن در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار) و مقدار آب نسبی برگ (درصد). برای اندازه‌گیری RWC، برگ پرچم به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب و به آزمایشگاه منتقل و سپس در قطعات بسیار کوچک (حدود ۵ میلی‌متر) برش داده شد (۱۷). پس از اندازه‌گیری وزن تر قطعات برش داده شده، قطعات برگ در آب مقطر غوطه‌ور شدند و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس برگ‌ها از آب مقطر خارج شده و قطرات آب روی برگ‌ها با کاغذ خشک‌کن خشک شد و سپس وزن آماس با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری شد. آنگاه قطعات برگ به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و پس از آن وزن خشک نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در نهایت RWC به صورت زیر محاسبه شد (۲۳، ۲۴):

$$RWC(\%) = 100 \times (\text{وزن خشک} - \text{وزن آماس}) / (\text{وزن خشک} - \text{وزن تر})$$

در این تحقیق مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی، به‌منظور معرفی ارقام متحمل و حساس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد و سپس تجزیه به مولفه‌های اصلی به‌منظور کاهش تعداد متغیرها با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ و ترسیم بای پلات مربوطه با استفاده از نرم‌افزار Stat Graphics نسخه ۲/۱ صورت گرفت سپس برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها، از تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس "وارد" با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از مقایسه میانگین شاخص‌های مختلف تحمل و حساسیت به خشکی بر اساس عملکرد دانه (جدول ۴) نشان داد که ارقام نعمت، سپیدرود، IR64، بجار و IR50 دارای مقادیر بالا برای چهار شاخص STI، GMP، MP و

بدون تنش و مقادیر بالای DRI و RDI را جدا می‌کند. با توجه به دو مولفه، ژنوتیپ‌ها در درون گروه‌های مشخص قرار می‌گیرند که مرتبط با میانگین عملکردشان و تحمل به تنش آن‌ها است. بر اساس مولفه اول و دوم، بای پلات ترسیم گردید. همان‌طور که از شکل ۲ پیداست با توجه به زوایای خطوطی که شاخص‌ها نمایش می‌دهند، ملاحظه می‌شود که شاخص‌های DRI و RDI همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد شلتوک در شرایط تنش (Y_s) و همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد شلتوک در شرایط بدون تنش (Y_p) دارند. این در حالی است که شاخص‌های MP، GMP، HM و STI دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه در هر دو آزمایش هستند. در نمودار بای پلات ترسیمی (شکل ۲) ناحیه سمت راست (بالا و پایین نمودار) بای پلات که ارزش مثبت مولفه‌های اول و دوم را دارند، برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل مناسب می‌باشند. بر این اساس، شاخص‌هایی که در این ناحیه قرار دارند و همچنین بر اساس همبستگی مثبت و بالای این شاخص‌ها با عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش، چهار شاخص MP، GMP، HM و STI به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تحت تنش خشکی انتخاب شدند. در بای پلات حاصل ارقام نعمت، سپیدرود، بچار، IR50 و IR64 در ناحیه مورد نظر قرار گرفته‌اند و به‌عنوان ارقام متحمل به خشکی شناسایی می‌شوند. ارقام Diwani، Araguia، و دم‌سفيد، دم‌سرخ و حسن سرایی آتسگاه دارای عملکرد پایین بوده و جزو ارقام حساس به خشکی شناسایی شدند. رحیمی و همکاران (۲۱) با بررسی ۱۵۰ فامیل F5 حاصل از تلاقی بین ارقام سپیدرود و غریب در دو محیط تنش خشکی و آبیاری نرمال نشان دادند که شاخص‌های MP، GMP، HM و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد در هر دو شرایط تحت تنش و بدون تنش داشتند و به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش در هر دو محیط تحت تنش و بدون تنش شناسایی شدند که مشابه با نتایج این پژوهش بود. ابر شهر و همکاران (۲) نیز همانند تحقیق حاضر این چهار شاخص را به‌عنوان شاخص‌های مناسب برای شناسایی ژنوتیپ‌های برتر گزارش کردند.

نشان می‌دهد (۳). به‌طور کلی ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالاتر شاخص‌های MP، GMP، HM و STI و مقادیر پایین‌تر SSI و TOL نشان‌دهنده تحمل بالای ژنوتیپ‌ها نسبت به خشکی است. باید توجه نمود که صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد آن در شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به خشکی می‌باشند، اما پتانسیل عملکرد پایینی نیز دارند (۲۵،۹). بنابراین با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان ارقام نعمت، سپیدرود، IR64، بچار و IR50 را به‌عنوان ارقام متحمل به خشکی معرفی کرد که تمامی آن‌ها جزو ارقام اصلاح‌شده هستند. در این تحقیق، بای پلات ابزار مفیدی برای تجزیه اطلاعات بوده و ارزیابی نظری ساختار یک ماتریس بزرگ دو طرفه را ممکن می‌سازد. بدین منظور، ماتریس مورد نظر را که از اطلاعات جدول ۱ تشکیل شده بود، از طریق تکنیک تجزیه به مولفه‌های اصلی، به هشت مولفه تقسیم شد که دو مولفه اول در مجموع ۹۸/۶۸ درصد از تغییرات موجود بین داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۵). استفاده از این دو مولفه و چشم‌پوشی از سایر مولفه‌ها، تنها موجب از دست رفتن بخش بسیار ناچیزی از تغییرات شده و تفسیر نتایج بر اساس دو مولفه اول و دوم دارای کارایی بالا می‌باشد و بدین لحاظ ترسیم بر اساس دو مولفه اول صورت می‌گیرد. مقادیر ویژه دو مولفه اول در جدول ۵ ارائه شده است. مولفه اول ۶۲/۶۲ درصد از کل تغییرات را شامل شد، این مولفه همبستگی مثبت و بالایی را با شاخص‌های Y_s ، MP، GMP، HM و STI نشان داد که شاخص‌های مرتبط با عملکرد دانه را در بر می‌گیرد، بنابراین این مولفه به عنوان مولفه پتانسیل عملکرد و تحمل به تنش خشکی نام‌گذاری می‌شود. این مولفه ژنوتیپ‌های دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا و متحمل به خشکی را از ژنوتیپ‌های با میانگین عملکرد دانه پایین و حساس جدا می‌کند. دومین مولفه ۳۶/۰۶ درصد از تغییرات کل را تفسیر نموده و همبستگی منفی با عملکرد تحت شرایط بدون تنش (Y_p) و همبستگی مثبت بالا با شاخص‌های DRI و RDI داشت، بنابراین مولفه دوم را می‌توان به عنوان مولفه پاسخ به خشکی نام‌گذاری نمود که ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه پایین در شرایط

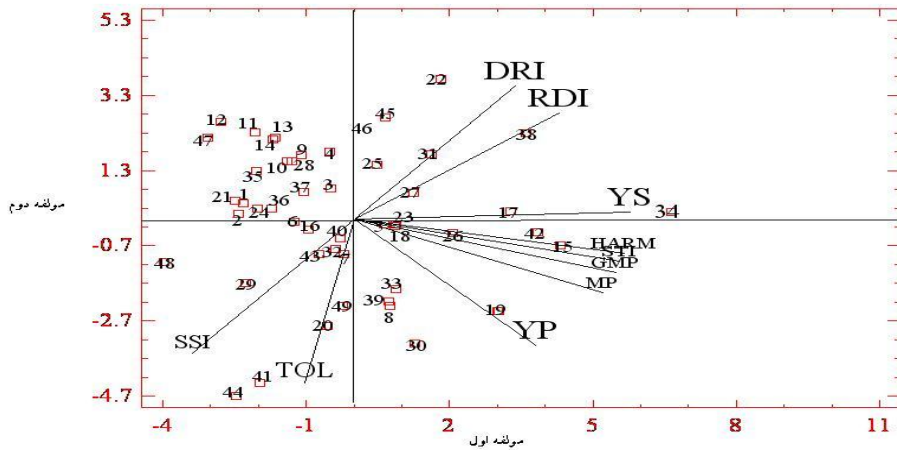
جدول ۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد در شرایط تنش (Y_S) و بدون تنش (Y_P) و شاخص‌های تحمل به خشکی در ۴۹ ژنوتیپ برنج
Table 4. Comparison of means of the yield in stress (Y_S) and non-stress (Y_P) conditions and drought tolerance indices in 49 rice genotypes

RDI	DRI	SSI	STI	TOL	HM	GMP	MP	Y_S	Y_P	ژنوتیپ
-۰/۳۷	-۰/۸۷	۱/۱۹	-۰/۳۳	۱/۸۴	۲/۶۶	۲/۸۰	۲/۹۵	۲/۰۲	۳/۸۷	آبجی بوجی
-۰/۶۵	-۰/۸۸	۱/۱۷	-۰/۳۴	۱/۸۴	۲/۷۲	۲/۸۵	۳	۲/۰۸	۳/۹۲	صدری
-۰/۲۳	۱/۰۳	-۰/۹۵	-۰/۵۰	۱/۶۷	۳/۳۶	۳/۴۵	۳/۵۵	۲/۷۱	۴/۳۹	دم‌سیاه سلیمانداراب
-۰/۱۷	۱/۲۰	-۰/۶۹	-۰/۴۷	۱/۰۹	۳/۳۱	۳/۳۵	۳/۴۰	۲/۸۵	۳/۹۴	محمدی چپرسر
-۰/۰۵	۱/۰۷	-۰/۸۹	-۰/۷۰	۱/۸۲	۳/۹۹	۴/۰۸	۴/۱۸	۳/۲۷	۵/۰۹	قشنگه
-۰/۰۷	-۰/۹۲	۱/۱۲	-۰/۴۵	۱/۹۸	۳/۱۴	۳/۲۸	۳/۴۲	۲/۴۴	۴/۴۲	مهر
-۰/۲۸	-۰/۸۸	۱/۱۷	-۰/۶۱	۲/۴۶	۳/۶۴	۳/۸۲	۴/۰۱	۲/۷۸	۵/۲۴	آمل ۳
-۰/۹۰	-۰/۸۴	۱/۲۴	-۰/۸۱	۳/۰۵	۴/۱۴	۴/۳۸	۴/۶۴	۳/۱۱	۶/۱۷	طارم منطقه
-۰/۱۹	۱/۱۱	-۰/۸۳	-۰/۳۹	۲/۲۵	۲/۹۴	۳/۰۵	۳/۱۲	۲/۴۹	۳/۷۴	غریب
-۰/۰۵	۱/۰۷	-۰/۸۹	-۰/۳۸	۱/۳۴	۲/۹۲	۳	۳/۰۷	۲/۴۰	۳/۲۴	حسن سرایی
-۰/۰۸	۱/۱۴	-۰/۷۸	-۰/۲۸	-۰/۹۹	۲/۵۵	۲/۵۹	۲/۶۴	۲/۱۴	۳/۱۳	حسن سرایی آتشگاه
-۰/۳۴	۱/۱۰	-۰/۸۴	۰/۲۱	-۰/۹۲	۲/۱۹	۲/۲۴	۲/۲۸	۱/۸۲	۲/۷۴	دم سفید
-۰/۱۴	۱/۱۷	-۰/۷۴	-۰/۳۲	-۰/۹۹	۲/۷۴	۲/۷۳	۲/۸۳	۲/۳۳	۳/۳۳	سالاری
-۰/۳۶	۱/۱۴	-۰/۷۹	-۰/۳۱	۱/۰۴	۲/۶۹	۲/۷۴	۲/۷۹	۲/۲۷	۳/۳۱	عنبربو
۱/۰۷	۱/۱۷	-۰/۷۴	۱/۲۶	۱/۹۳	۵/۴۰	۵/۴۸	۵/۵۶	۴/۵۹	۶/۵۳	سپیدرود
-۰/۶۸	-۰/۹۱	۱/۱۲	-۰/۵۱	۲/۱۱	۳/۳۳	۳/۴۸	۳/۶۴	۲/۵۸	۴/۶۹	سنگ جو
-۰/۹۸	۱/۱۸	-۰/۷۲	۱/۰۱	۱/۶۶	۴/۸۲	۴/۸۹	۴/۹۶	۴/۱۲	۵/۷۹	چمپا بودار
-۰/۰۱	۱/۰۳	-۰/۹۵	-۰/۷۱	۲/۰۱	۳/۹۹	۴/۱۱	۴/۲۳	۳/۲۲	۵/۳۳	بینام
-۰/۰۸	-۰/۹۶	۱/۰۵	۱/۱۸	۲/۹۵	۵/۱۱	۵/۳۰	۵/۵۰	۴/۰۳	۶/۹۸	بجارج
-۱/۰۲	-۰/۷۳	۱/۳۹	-۰/۶۸	۳/۳۸	۳/۷۲	۴/۰۴	۴/۳۸	۲/۶۸	۶/۰۷	درفک
-۰/۴۲	-۰/۸۵	۱/۲۱	-۰/۳۱	۱/۸۳	۲/۵۹	۲/۷۳	۲/۸۸	۱/۹۶	۳/۸۰	دم سرخ
۱/۳۲	۱/۵۶	۰/۱۶	-۰/۲۲	۰/۲۵	۳/۷۹	۳/۷۹	۳/۷۹	۳/۶۷	۳/۹۲	دم سیاه
-۰/۳۳	۱/۰۳	-۰/۹۴	-۰/۷۲	۱/۹۹	۴/۰۳	۴/۱۵	۴/۲۷	۳/۲۷	۵/۲۶	خزر
-۰/۴۰	-۰/۹۲	۱/۱۰	-۰/۳۷	۱/۷۷	۲/۸۶	۲/۹۸	۳/۱۱	۲/۲۲	۳/۹۹	دم زرد
-۰/۴۶	۱/۱۹	-۰/۷۱	-۰/۵۷	۱/۲۵	۳/۶۶	۳/۷۱	۳/۷۶	۳/۱۳	۴/۳۹	علی کاظمی
-۰/۶۱	۱/۰۸	-۰/۸۷	-۰/۸۷	۱/۹۷	۴/۴۴	۴/۵۴	۴/۶۴	۳/۶۶	۵/۶۳	کادوس
-۰/۷۸	۱/۱۵	-۰/۷۷	-۰/۷۱	۱/۵۳	۴/۰۴	۴/۱۱	۴/۱۸	۳/۴۱	۴/۹۴	شاه پسند
-۰/۰۲	۱/۰۹	-۰/۸۶	-۰/۳۷	۱/۲۸	۲/۹۳	۲/۹۹	۳/۰۶	۲/۴۱	۳/۷۰	طارم محلی
-۰/۹۷	-۰/۷۰	۱/۴۴	-۰/۴۲	۲/۸۱	۲/۹۱	۳/۱۸	۳/۴۸	۲/۰۷	۴/۸۸	دیلمانی
-۰/۷۸	-۰/۷۹	۱/۳۰	-۰/۹۳	۳/۵۵	۴/۴۱	۴/۷۱	۵/۰۴	۳/۲۶	۶/۸۲	ندا
۱/۰۳	۱/۲۹	-۰/۵۶	-۰/۷۰	۱/۰۶	۴/۰۵	۴/۰۹	۴/۱۲	۳/۵۹	۴/۶۵	سنگ طارم
-۰/۳۹	-۰/۹۲	۱/۱۲	-۰/۵۹	۲/۲۶	۳/۵۹	۳/۷۵	۳/۹۱	۲/۷۸	۵/۰۴	گیل ۱
-۰/۳۴	-۰/۹۳	۱/۱۰	-۰/۸۳	۲/۶۲	۴/۲۸	۴/۴۶	۴/۶۵	۳/۳۳	۵/۹۶	گیل ۳
۳/۹۵	۱/۶۱	۰/۰۸	۲/۱۸	۰/۲۴	۷/۱۹	۷/۱۹	۷/۱۹	۷/۰۷	۷/۳۱	نعمت
-۰/۲۸	۱/۰۴	-۰/۹۳	-۰/۳۳	۲/۳۳	۲/۷۴	۲/۸۲	۲/۸۹	۲/۳۳	۲/۵۶	غریب سیاه ریحانی
-۰/۴۱	-۰/۹۴	۱/۰۸	-۰/۴۰	۱/۷۸	۲/۹۶	۳/۰۸	۳/۲۱	۲/۳۲	۴/۱۰	اهلمی طارم
-۰/۳۱	۱/۰۱	-۰/۹۷	-۰/۴۴	۱/۶۲	۳/۱۷	۳/۲۶	۳/۳۶	۲/۵۵	۴/۱۷	هاشمی
۱/۷۲	۱/۴۵	-۰/۳۲	-۰/۹۱	-۰/۶۴	۴/۶۵	۴/۶۶	۴/۶۷	۴/۳۵	۴/۹۹	لاین ۶
-۰/۱۱	-۰/۸۲	۱/۳۷	-۰/۷۸	۳/۱۲	۴/۰۵	۴/۳۰	۴/۵۸	۳/۰۱	۶/۱۴	IR24
-۰/۱۱	-۰/۹۵	۱/۰۷	-۰/۶۲	۲/۱۸	۳/۶۹	۳/۸۴	۳/۹۹	۲/۹۰	۵/۰۸	IR60
-۲/۰۹	۰/۵۲	۱/۷۱	-۰/۵۶	۴/۴۷	۳/۱۲	۳/۶۵	۴/۲۸	۲/۰۵	۶/۵۲	IR30
۱/۰۷	۱/۱۸	-۰/۷۲	۱/۱۳	۱/۷۷	۵/۱۱	۵/۱۹	۵/۲۶	۴/۳۸	۶/۱۵	IR50
-۰/۱۸	-۰/۸۸	۱/۱۸	-۰/۵۷	۲/۳۹	۳/۴۹	۳/۶۶	۳/۸۵	۲/۶۶	۵/۰۵	IR36
-۲/۳۸	۰/۴۷	۱/۷۸	-۰/۵۱	۴/۶۶	۲/۹۲	۳/۵۱	۴/۲۱	۱/۸۸	۶/۵۴	New Bonnet
۱/۰۱	۱/۳۷	-۰/۵۸	-۰/۵۲	-۰/۴۹	۳/۴۹	۳/۵۲	۳/۵۶	۳/۰۹	۴/۰۳	Vandana
-۰/۳۷	-۰/۹۶	۱/۰۵	۱/۱۸	۲/۹۳	۵/۱۲	۵/۳۱	۵/۵۱	۴/۰۴	۶/۹۸	IR64
-۰/۰۹	۱/۰۱	-۰/۹۷	۰/۱۹	۱/۰۸	۲/۰۹	۲/۱۵	۲/۲۲	۱/۶۸	۲/۷۶	Araguigua
-۱/۰۱	-۰/۶۱	۱/۵۸	۰/۲۴	۲/۵۱	۲/۱۴	۲/۴۱	۲/۷۲	۱/۴۶	۳/۹۷	Diwani
-۱/۲۵	-۰/۷۹	۱/۳۱	-۰/۷۰	۳/۱۲	۳/۸۱	۴/۰۸	۴/۳۷	۲/۸۱	۵/۹۳	IR28
-۰/۳۷	-۰/۰۷	-۰/۱۱	-۰/۰۵	-۰/۲۶	-۰/۱۶	-۰/۱۴	-۰/۱۳	-۰/۱۸	-۰/۱۸	HSD

Y_P : عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط بدون تنش، Y_S : عملکرد هر ژنوتیپ تحت شرایط تنش خشکی، SSI: شاخص حساسیت به تنش، TOL: شاخص تحمل تنش، MP: شاخص میانگین حسابی، STI: شاخص تحمل به تنش، GMP: شاخص میانگین هندسی، HM: شاخص میانگین هارمونیک، RDI: شاخص خشکی نسبی، DRI: شاخص پاسخ به خشکی و HSD: حداقل اختلاف قابل اعتماد در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۵- درصد واریانس، واریانس تجمعی و ریشه‌های مشخصه مولفه اصلی اول و دوم در روش تجزیه به مولفه‌های اصلی
Table 5. Percentage of variance, cumulative variance, and characteristic roots of main component I and II in principal components analysis

مولفه‌های اصلی	ریشه مشخصه	درصد واریانس مولفه‌ها	درصد تجمعی واریانس
۱	۶/۲۶	۶۲/۶۲	۶۲/۶۲
۲	۳/۶۰	۳۶/۰۶	۹۸/۶۸



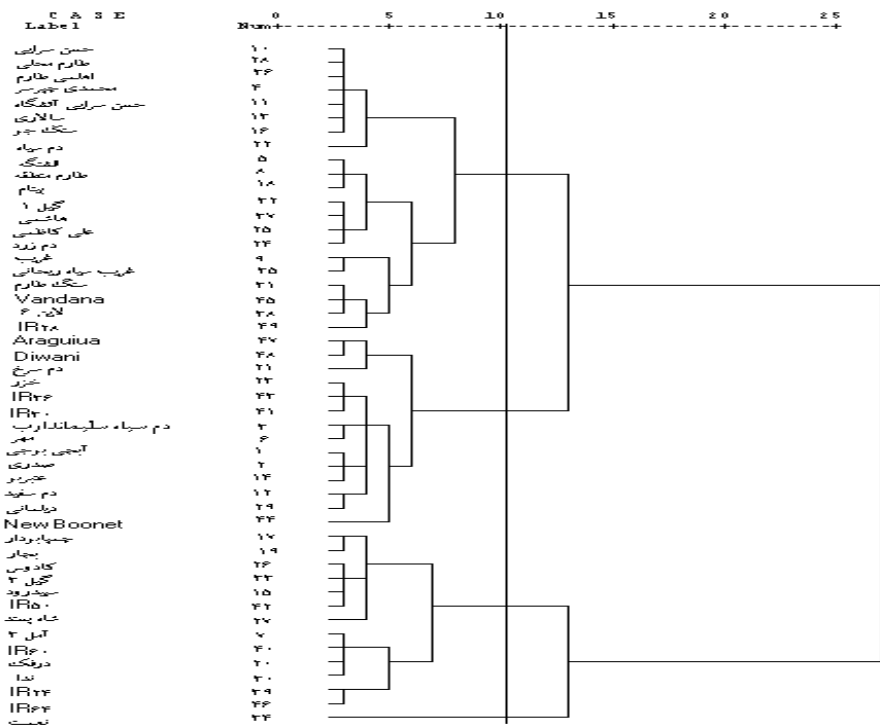
شکل ۲- ترسیم گرافیکی بای‌پلات بر اساس مولفه‌های اصلی اول و دوم. اعداد داخل شکل، شماره ژنوتیپ‌های برنج می‌باشند.
Figure 2. Graphic drawing biplot based on main component I and II. The numbers inside the figure are the numbers of rice genotypes

نسبی برگ (۰/۷۱) بیشترین میانگین را به خود اختصاص داد. با توجه به نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و انحراف از میانگین هر کدام از کلاسترها از میانگین کل کلاسترها (جدول ۶) مشخص شد که بین کلاستر دوم و چهارم اختلاف چشمگیری از لحاظ اکثر صفات مورد مطالعه به ویژه عملکرد و اجزای عملکرد در شرایط تنش خشکی ایجاد شده در این آزمایش وجود داشت. به این ترتیب می‌توان با انتخاب نماینده‌هایی از هر یک از گروه‌ها و انجام تلاقی بین آنها باعث ایجاد حداکثر تنوع ژنتیکی شده و امکان انتخاب ژنوتیپ‌های مطلوب را در شرایط تنش خشکی افزایش داد و در جهت بهبود و اصلاح صفات مرتبط با عملکرد شلتوک نظیر تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه و طول و عرض برگ پرچم و نهایتاً افزایش عملکرد شلتوک در شرایط تنش اقدام نمود. با مقایسه ارقام موجود در این گروه‌ها، در صورت تلاقی بین رقم اصلاح شده نعمت از گروه چهارم (که دارای بالاترین میانگین برای اکثر صفات مورد مطالعه در شرایط تنش بود) و رقم آپلند از Araguigua (که دارای کمترین میانگین برای اکثر صفات مورد مطالعه بود) و گزینش ژنوتیپ‌های حاصل در نسل‌های در حال تفرق حاصل از این تلاقی می‌توان به لاین‌هایی دست یافت که ممکن است تحمل بیشتری به شرایط تنش خشکی داشته و عملکرد شلتوک بالاتری نسبت به ارقام مطالعه شده در این آزمایش تولید نمایند. ابرشهر و همکاران (۱) در تحقیقی با ۳۰ رقم برنج و ۱۹ صفت در شرایط تنش خشکی با انجام تجزیه خوشه‌ای ارقام را در ۳ گروه دسته‌بندی کردند، گروه اول شامل ۷ رقم اصلاح‌شده به همراه یک رقم محلی که از نظر اکثر صفات مهم ارزیابی شده دارای بیشترین میانگین بودند. گروه دوم شامل ۱۲ رقم محلی، آپلند و اصلاح‌شده و گروه سوم شامل ۱۰ رقم بود که غیر از رقم اصلاح شده خزر بقیه جزو ارقام محلی و ایرانی بودند و برخلاف گروه اول از نظر اکثر صفات دارای کمترین میانگین بودند بنابراین آنها رقم نعمت را به‌عنوان نماینده گروه اول و

برای آنکه ایده‌های از میزان شباهت‌ها و تفاوت‌های بین ارقام برنج مورد مطالعه تحت شرایط تنش خشکی از نظر کلیه صفات بدست آید، تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها براساس داده‌های کلیه صفات مورد مطالعه به روش حداقل واریانس وارد انجام شد و گروه‌بندی حاصل از آنها مورد مقایسه قرار گرفت. نقطه برش براساس پرش ناگهانی در فاصله ادغام دو گروه انجام شد و براساس نقطه برش، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه مجزا قرار داد (شکل ۳). در گروه اول ۱۷ رقم بومی به همراه ۲ رقم اصلاح شده، یک رقم خارجی و یک رقم آپلند قرار گرفت. این گروه از لحاظ صفاتی نظیر ارتفاع بوته (۱۳۰/۸۶) و عرض شلتوک (۲/۵۶) بالاترین میانگین را نسبت به سه گروه دیگر و از لحاظ صفات طول شلتوک (۹/۳۷)، روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۸۱/۶۱)، روز تا رسیدگی کامل (۱۰۴/۰۴) کمترین میانگین را در هر گروه داشت (جدول ۴). گروه دوم شامل ۱۴ رقم بود، ۳ رقم آپلند دیگر به همراه تعدادی از ارقام بومی و اصلاح شده در این گروه قرار گرفتند (شکل ۳). این گروه از نظر صفات طول خوشه (۲۵/۶۹)، طول برگ پرچم (۳۱/۱)، عرض برگ پرچم (۱/۳۱)، تعداد دانه پر در خوشه (۹۸/۹)، تعداد خوشه‌چه در خوشه (۱۳۱/۵۸)، تعداد خوشه در بوته (۱۴/۲۴)، وزن هزار دانه (۲۱/۹۹)، عملکرد شلتوک (۲/۱۷)، عملکرد بیولوژیک (۵/۴۰) و مقدار آب نسبی برگ (۰/۴۸) کمترین میانگین را داشت (جدول ۶). گروه سوم که شامل ۱۳ رقم بود، به غیر از ارقام بومی چمپابودار و شاه‌پسند دارای ارقام اصلاح شده ایرانی و خارجی بود. این گروه فقط از نظر صفت روز تا ۵۰ درصد گلدهی دارای بیشترین ارزش بود (۱۱۶/۳۸). رقم موجود در گروه چهارم یعنی رقم نعمت از نظر صفات طول خوشه (۳۶/۲)، طول برگ پرچم (۵۳/۲)، عرض برگ پرچم (۱/۵۸)، تعداد دانه پر در خوشه (۱۹۷/۲)، تعداد خوشه‌چه در خوشه (۲۱۳/۲)، تعداد خوشه در بوته (۴۰/۲)، طول شلتوک (۱۱/۱۰)، روز تا ۵۰ درصد گلدهی (۹۶)، وزن هزار دانه (۲۶/۳۲)، عملکرد شلتوک (۷/۰۸)، عملکرد بیولوژیک (۱۳/۶۱)، شاخص برداشت (۰/۵۲) و مقدار آب

میانگین بود برای تلاقی با رقم آپلند Araguigua که از نظر اکثر صفات دارای کمترین میانگین بود، پیشنهاد شد. با توجه به اینکه رقم نعمت از نظر عملکرد در شرایط تنش (۰/۰۷) در وضعیت مطلوبی قرار داشت (جدول ۴) و در بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی نیز رقم نعمت جزو ارقام متحمل به خشکی بود، بدین لحاظ می‌توان آن را مناسب‌ترین رقم برای کاشت در شرایط تنش توصیه نمود. ابرشهر و همکاران (۱) نیز این نتیجه را تایید کردند که نشان دهنده این است که سال آزمایشی اثر معنی‌داری را بر نتیجه آزمایش نداشته است. رقم آپلند Araguigua دارای عملکرد پایین (۱/۶۸) بود و در بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی جزو ارقام حساس به خشکی قلمداد شد که با نتیجه تجزیه خوشه‌ای مشابهت داشت.

رقم محلی دم سفید در گروه سوم را برای تلاقی و رسیدن به حداکثر تنوع ژنتیکی پیشنهاد کردند. بهپوری و همکاران (۴) با انجام تجزیه خوشه‌ای روی ۱۰۰ رقم برنج با ۶ صفت و انجام روش‌های مختلف، بهترین گروه‌بندی را با روش دورترین همسایه و وارد عنوان کردند و ارقام را در ۳ کلاستر گروه‌بندی کردند و بیان کردند کلاستر اول (شامل لاین شاهد و محلی و سایر ارقام و از نظر اکثر صفات ارزیابی شده دارای میانگین بالا بودند) دارای اختلاف بالایی با کلاستر سوم (شامل ارقام بومی گیلان و از نظر اکثر صفات دارای میانگین پایین بودند) است و می‌توان برای افزایش عملکرد و کیفیت برنج از تلاقی والدین برگزیده از این دو کلاستر استفاده کرد. همان‌طور که در نتایج تجزیه خوشه‌ای نیز بیان شد، رقم اصلاح شده نعمت به‌عنوان ژنوتیپی که از نظر اکثر صفات دارای بیشترین



شکل ۳- دندوگرام تجزیه خوشه‌ای ۴۹ رقم برنج مورد مطالعه بر اساس کلیه صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش خشکی (نقطه برش براساس پرش ناگهانی فاصله ادغام انجام شد)

Figure 3. Cluster analysis dendrogram of 49 rice genotypes based on all measured traits under drought stress condition (cutting point based on the jump of the merger distance)

جدول ۶- میانگین، اشتباه استاندارد و انحراف میانگین گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای از میانگین کل صفات در ۴۹ رقم برنج مورد مطالعه در شرایط تنش خشکی

Table 6. Mean, standard error and mean deviation of cluster analysis groups from the mean of total traits in 49 rice genotypes under drought stress condition

(اشتباه استاندارد \pm میانگین)			
عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	طول برگ پرچم (سانتی‌متر)	طول خوشه (سانتی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
۱/۳۸ \pm ۰/۶۹	۳۶/۰۶ \pm ۱۸/۱۵	۲۷/۴۵ \pm ۱۳/۷۹	۱۳۰/۸۶ \pm ۶۶/۹۷
-۰/۰۲	-۰/۵۷	-۰/۵۸	۱۱/۴۸
۱/۳۱ \pm ۰/۶۰	۱/۳۱ \pm ۰/۶۰	۲۵/۶۹ \pm ۱۱/۸۲	۱۲۲/۱۱ \pm ۵۷/۷۵
-۰/۰۹	-۰/۱۰	-۲/۳۴	۲/۷۴
۱/۵۲ \pm ۰/۶۸	۳۹/۹۱ \pm ۱۷/۸۳	۳۰/۸۸ \pm ۱۳/۸۳	۹۹/۴۸ \pm ۴۶/۰۶
۰/۱۳	۳/۲۷	۲/۸۴	-۱۹/۸۹
۱/۵۸ \pm ۰/۲۲	۵۳/۲ \pm ۷/۶	۳۶/۲ \pm ۵/۱۷	۹۸/۴ \pm ۱۴/۰۵
۱/۴۰	۱۶/۵۶	۸/۱۶	-۲۰/۹۷
۱/۴۰	۳۶/۶۳	۲۸/۰۳	۱۱۹/۳۷

ادامه جدول ۶

(اشتباه استاندارد \pm میانگین)			
طول شلتوک (میلی‌متر)	تعداد خوشه در بوته	تعداد خوشه‌چه در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه
۹/۳۷ \pm ۴/۷۲	۱۵/۷۹ \pm ۸/۰۷	۱۴۴/۳۸ \pm ۷۲/۷۵	۱۱۵/۹۵ \pm ۵۸/۳۲
-۰/۱۶	-۱/۲۴	-۱/۴۶	۰/۴۷
۹/۳۸ \pm ۴/۳۰	۱۴/۲۴ \pm ۶/۵۸	۱۳۱/۵۸ \pm ۶۰/۲۸	۹۸/۹ \pm ۴۵/۳۰
۹/۳۸ \pm ۴/۳۰	۱۴/۲۴ \pm ۶/۵۸	۱۳۱/۵۸ \pm ۶۰/۲۸	۹۸/۹ \pm ۴۵/۳۰
۹/۸۳ \pm ۴/۴۰	۲۰/۲۶ \pm ۹/۱۵	۱۵۸/۴ \pm ۷۰/۸۵	۱۲۶/۲۹ \pm ۵۶/۴۱
۰/۳۰	۳/۲۳	۱۲/۵۴	۱۰/۸۱
۱۱/۱۰ \pm ۱/۵۸	۴۰/۲ \pm ۵/۷۴	۲۱۳/۲ \pm ۶/۸۶	۱۹۷/۲ \pm ۲۸/۱۷
۱/۵۷	۲۳/۱۶	۶۷/۳۴	۸۱/۷۱
۹/۵۳	۱۷/۰۳	۱۴۵/۸۵	۱۱۵/۴۸

ادامه ۶

(اشتباه استاندارد \pm میانگین)			
وزن هزار دانه	روز تا رسیدگی کامل	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	عرض شلتوک (میلی‌متر)
۲۳/۵۹ \pm ۱۱/۸۷	۱۰۴/۰۴ \pm ۵۲/۱۲	۸۱/۶۱ \pm ۴۰/۹۴	۲/۵۶ \pm ۱/۲۹
۰/۶۲	-۶/۱۵	-۷/۴۴	۰/۰۸
۲۱/۹۹ \pm ۱۰/۱۴	۱۱۳/۳۵ \pm ۵۱/۷۸	۹۴/۳۵ \pm ۴۳/۱۵	۲/۴۰ \pm ۱/۱۰
-۰/۹۸	۳/۱۵	۵/۲۹	۲/۴۸
۲۲/۷۸ \pm ۱۰/۱۹	۱۱۶/۳۸ \pm ۵۲/۰۹	۹۴/۸۴ \pm ۴۲/۴۳	۲/۴۵ \pm ۱/۱۰
-۰/۳۰	۶/۱۸	۵/۷۸	-۰/۰۳
۲۶/۳۲ \pm ۳/۷۶	۱۱۵ \pm ۱۶/۴۲	۹۶ \pm ۱۳/۷۱	۲/۲۳ \pm ۰/۳۱
۳/۳۴	۴/۷۹	۶/۹۲	-۰/۲۵
۲۲/۹۸	۱۱۰/۲۰	۸۹/۰۶	۲/۴۸

ادامه جدول ۶

(اشتباه استاندارد \pm میانگین)			
آب نسبی برگ (درصد)	شاخص برداشت	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	عملکرد شلتوک (تن در هکتار)
۰/۵۶ \pm ۰/۲۸	۰/۴۳ \pm ۰/۲۱	۶/۶۱ \pm ۳/۴۰	۲/۸۴ \pm ۱/۴۷
۰/۰۰	۰/۰۰	-۰/۱۴	-۰/۰۸
۰/۴۸ \pm ۰/۲۲	۰/۴۰ \pm ۰/۱۸	۵/۴۰ \pm ۲/۵۲	۲/۱۷ \pm ۱/۰۱
-۰/۰۸	-۰/۰۳	-۱/۳۵	-۰/۷۵
۰/۶۱ \pm ۰/۲۷	۰/۴۵ \pm ۰/۲۰	۷/۸۹ \pm ۳/۶۲	۳/۵۲ \pm ۱/۶۰
۰/۰۶	-۰/۰۲	۱/۱۵	۰/۶۱
۰/۷۱ \pm ۰/۱۰	۰/۵۲ \pm ۰/۰۷	۱۳/۶۱ \pm ۱/۹۴	۷/۰۸ \pm ۱/۰۱
۰/۱۶	۰/۴۳	۶/۸۶	۰/۳۳
۰/۵۶	۰/۴۳	۶/۷۵	۲/۹۲

منابع

1. Abarshahr, M. 2009. Drought stress tolerance in Rice genotypes. M.Sc. Thesis, Guilan University, Rasht, Iran, 191 pp (In Persian).
2. Abarshahr, M., B. Rabiei and H. Samizadeh-Lahigi. 2011. Assessing genetic diversity of rice varieties under drought stress conditions. *Notulae Scientia Biologicae*, 3: 114-123.
3. Acosta-Gollegos, J.A. and M.W. Adams. 1991. Plant traits and yield stability of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars under drought stress. *The Journal of Agricultural Science-Cambridge Journals*, 117: 213-219.
4. Behpouri, A., M. Kheradnam and E. Bijanzadeh. 2006. Evaluation of genetic variation in Rice (*Oryza sativa* L.) genotypes using some agronomic and morphological traits. *Journal of Agricultural Sciences Islamic Azad University*, 12: 799-809 (In Persian).
5. Bidinger, F.R., V. Mahalkshmi and G.D.P. Rao. 1978. Assessment of drought resistance in millet. Factors effecting yields under stress. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38: 37-78.
6. Chaves, M.M., J.S. Pereira, J. Maroco, M.L. Rodrigues, C.P.P. Ricardo, M.L. Osorio, L. Carvatho, T. Faria and C. Pinheiro. 2002. How plants cop with water stress in the field photosynthesis and growth? *Annals of Botany*, 89: 907-916.
7. Fernandes, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C. G. (ed.). *Proceedings of the International on Adaptation of Vegetables and other Food Crop to Temperature Water Stress*, Taiwan, 13-18 August, pp: 257-270.
8. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research*, 29: 879-912.
9. Golabadi, M., A. Arzani and S.A.M. Maibody. 2006. Assessment of drought tolerance in segregating populations in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 5: 162-171.
10. Kohansal Vajargah, F., E. Amiri, F. Paknejad, S. Vazan and S. Kohansal Vajargah. 2010. Determination of suitable drought tolerance indices in rice genotypes. *Journal of Crop Production Research*, 2: 299-313 (In Persian).
11. Lafitte, R., A. Blum and G. Altin. 2003. Using secondary traits to help identify drought tolerant genotypes. In: Fischer, K. S., R. Lafitte, S. Fukai, G. Altin and B. Hardy, (eds.). *Breeding rice for drought-prone environment*. International Rice Research Institute. Los Banos, Philippines, 37-48.
12. Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses: Water, radiation, salt and other stresses. *Crop research*. Academic press, New York, 698 pp.
13. Matsushima, S. 1966. *Crop science in rice: Theory of yield determination and its application*. Fujii Publishing, Tokyo, 365 pp.
14. Mostajeran, A. and V. Rahimi-Eichi. 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). *Pakistan Journal of Biological Science*, 11: 2173-2183.
15. Nahvi, M., M. Yazdani, M. Alah-Gholipour and M. Hosieni. 2004. The effects of different intervals of irrigation on water use efficiency and yield of Khazar variety. *Journal of Agriculture*, 6: 53-70 (In Persian).
16. Nazari, L. and H. Pakniat. 2010. Assessment of drought tolerance in barley genotypes. *Journal of Applied Sciences*, 10: 151-156.
17. Noormand Moayad, F. 1997. Study of quantitative traits variation and their relationships with bread wheat yield in stress and non-stress conditions and determination of drought tolerance indices. M.Sc. Thesis, Tehran University, Tehran, Iran, 145 pp (In Persian).
18. Ouk, Makara, J., M. Basnayake, S. Tsubo, K.S. Fukai, M. Fischerooper and H. Nesbitt. 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. *Field Crop Research*, 99: 48-58.
19. Quizenberry, J.E. 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In M. N. Christiansen and C.F. Lewis (eds.), *Breeding Plant for Less Favorable Environments*. Wiley-Interscience, New York, 289-327.
20. Rabiei, B. and S. Safaei Chaeikar. 2008. *Breeding Rice for drought prone environments*. Guilan University press Rasht, Iran, 187 pp (In Persian).
21. Rahimi, M., H. Dehghani, B. Rabiei and A. Tarang. 2012. Multi-trait mapping of QTLs for drought tolerance indices in rice. *Cereal Research*, 2: 107-121 (In Persian).
22. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non stress environments. *Crop Science*, 21: 943-945.
23. Schonfled, M.A., R.C. Johnson, B. Carver and D.W. Morhinweg. 1988. Water relation in winter wheat as drought resistance indicator. *Crop Science*, 28: 526-531.
24. Siddique, M.R.B., A. Hamid and M.S. Islam. 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Butanical Bulletin of Academia Sinica*, 41: 35-38.
25. Sori, J., H. Dehghani and H. Sabaghpour. 2005. Study of pea genotypes in drought stress condition. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 36: 1517-1527 (In Persian).
26. Tao, H., H. Brueck, K. Dittert, C. Kreye, S. Lin and B. Sattelmacher. 2006. Growth and yield formation for rice (*Oryza sativa* L.) in the water-saving ground cover rice production in stressed environments. Springer, The Netherlands, 214 pp.
27. Yang, J.C., K. Liu, S.F. Zhang, X.M. Wang, Z.Q. Wang and L.J. Liu. 2008. Hormones in rice spikelets in responses to water stress during meiosis. *Acta Agronomica Sinica*, 34: 111-118.
28. Zhou, G.S., D.M. Jin and F.Z. Mei. 2007. Effects of drought on rice grain indices at booting stage. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 3: 219-222.

Evaluation of Drought Tolerance Indices in Rice Genotypes (*Oryza Sativa* L.)

Sanam Safaei Chaeikar¹, Babak Rabiei² and Mahdi Rahimi³

-
- 1- Research Assistant, Tea Research Center, Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, Iran. (Corresponding Author: s.safaie@areeo.ac.ir)
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
3- Assistant Professor, Department of Biotechnology, Institute of Science and High Technology and Environmental Sciences, Graduate University of Advanced Technology, Kerman, Iran
Receive: August 25, 2015 Accepted: December 22, 2015
-

Abstract

Drought stress is one of the most important abiotic stresses in crops that can reduce yield and yield components in terms of time, duration and severity of the stress. Current research was carried out in order to evaluate drought stress tolerance in rice genotypes. Experiment done in two separate schemes using randomized complete blocks design with three replications in Research Field, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University in 2006. Irrigation was conducted equally as flooding until the beginning of tillering stage of genotypes in both stressed and non-stressed conditions, then irrigation was completely cut off in stressed condition, while it was full until the end of maturity in non-stressed condition. Results of mean comparison of different tolerance and susceptible indices based on paddy yield introduced Araguia, Diwani, Domsefid, Dom sorkh and Hasan Saraei Atashgah as susceptible genotypes which these genotypes were the highest sensitivity to drought and produced the lowest paddy yield (1.68, 1.48, 1.82, 1.96, 2.14 ton/ha respectively). Also genotypes such as Nemat, Sepidrood, IR64, Bejar and IR50 showed the highest tolerance to drought stress and have the highest paddy yield (7.07, 4.59, 4.04, 4.03 and 4.38 ton/ha respectively), so that these genotypes are recommended for planting in dried conditions, as well as, cross parents for increasing drought tolerance of commercial variety. Results of principle components analysis identified two main components in drought conditions that were explained more than 98% of the variance of indices. Drawing by-plot based on two main components showed that the first component had high and positive correlation with Y_s , Y_p , MP, GMP, HM and STI, so it named as yield potential and drought tolerance. The second component had positive correlation with RDI and DRI indices and is called as drought response. Cluster analysis based on all studied traits using Ward method attributed genotypes into four groups. The estimation of groups mean and their differences from genotypes total mean showed that there were significant differences between groups for physiological and morphological traits.

Keywords: By plot, Cluster analysis, Drought indices, Principle components, Rice