

ارزیابی تحمل خشکی ارقام برنج در مراحل رویشی و زایشی با استفاده از شاخص‌های مبتنی بر عملکرد دانه

فاطمه عرفانی¹، مجید شکرپور^{2*}، علی مومنی³، عبدالرحمان عرفانی³

تاریخ دریافت: 1389/10/15 تاریخ پذیرش: 1391/7/9

- 1- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی
 - 2- عضو هیات علمی گروه علوم باغبانی و فضای سبز، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران
 - 3- عضو هیات علمی مرکز تحقیقات برنج کشور، معاونت آمل
- *مسئول مکاتبه: shokrpour.majid@gmail.com

چکیده

به منظور ارزیابی تحمل به خشکی ارقام برنج در دو مرحله رویشی و زایشی، آزمایشی به صورت طرح کرت-های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با دو تکرار در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج در سال 1387 انجام شد. سه سطح تنش خشکی شامل آبیاری متداول (شاهد)، تنش مرحله رویشی و تنش مرحله زایشی به عنوان عامل اصلی و 26 ژنوتیپ برنج به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. در این بررسی شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI)، تحمل (TOL)، بهره‌وری متوسط (MP)، تحمل تنش (STI)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، میانگین هارمونیک (HM) و پاسخ به خشکی (DRI) بر اساس عملکرد دانه در شرایط تنش و غیر تنش محاسبه گردید. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها در همه شاخص‌ها در سطح احتمال 1 درصد با هم اختلاف معنی‌داری داشتند که نشان دهنده تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های مورد بررسی بود. شاخصی که انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس آن باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش شود، به عنوان بهترین شاخص در نظر گرفته شد. بر این اساس شاخص‌های STI و GMP به عنوان بهترین شاخص معرفی شده و مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها بر اساس این شاخص‌ها در هر دو مرحله تنش، شامل کادوس، ساحل، نعمت، دانیال و لاین 8 بود. نتایج حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان داد که ژنوتیپ‌های دانیال، نعمت و ساحل متحمل و ژنوتیپ‌های دمسیاه و لاین 30 حساس به تنش در هر دو مرحله رشدی گیاه برنج بودند.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش خشکی، تجزیه به مولفه‌های اصلی، عملکرد دانه، مرحله رویشی و مرحله زایشی.

Evaluation of Drought Tolerance in Rice Varieties using Yield-based Indices at Vegetative and Reproductive Stage

F Erfani¹, M Shokrpour^{2*}, A Momeni³, A Erfani³

Received: 4 Jan. 2011 Accepted: 30 Sep. 2012

¹Former graduate student in plant breeding, Faculty of agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

²Assist Prof, College of Agriculture and Natural resources, University of Tehran, Karaj, Iran

³Academic member, Rice research institute of Iran, Amol branch, Iran

Corresponding author: shokrpour.majid@gmail.com

Abstract

To evaluate drought tolerance of rice genotypes in vegetative and reproductive stages, an experiment was conducted in split plot design based on RCBD with two replications on research field of Rice Research Institute in 2008. Three levels of drought stress including normal irrigation (control), drought stress in vegetative and reproductive stages as main factor and 26 rice genotypes as sub-factor were applied. In this study, on the basis of yield performance in stressed and non-stressed environments, indices of mean productivity (MP), stress tolerance (TOL), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HM), stress susceptibility index (SSI), tolerance index (STI) and drought response index (DRI) were calculated. Analysis of variance for all indices showed significant difference among the genotypes at 0.01 probability level, which implies to exist genetic variation among genotypes. The index that select the genotypes which led to yield elevation under both normal and stress conditions, was considered as the best index. Accordingly, indices of STI and GMP were found to be the best indices for drought resistance selection. Regarding these criteria, the entries of Kadous, Sahel, Nemat, Danial and Line 8 were considered as the most tolerant genotypes. Results of principle component analysis displayed that varieties of Danial, Nemat and Sahel were tolerant and Line 30 and Domsiah were sensitive at both growth stage of rice.

Key words: Drought stress, Principle component analysis, Rice, Seed yield, Vegetative and reproductive stage

مقدمه

را وجود تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و همبستگی بالا بین شاخص مورد نظر و پتانسیل عملکرد بیان نمود. به عقیده فرناندز (1992) مناسب‌ترین معیار انتخاب برای تنش، معیاری است که بتواند ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش را از سایر ژنوتیپ-ها تفکیک نماید. محققان دیگر نیز) آزمایشات مختلفی را تحت هر دو شرایط انجام داده و در نهایت به این نتیجه رسیدند که رقمی مطلوب و پایدار است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای بهترین عملکرد باشد (روزیل و هامبلین 1981، بیدینگر و همکاران 1987، فرناندز 1992). متخصصین اصلاح نباتات و فیزیولوژی گیاهی معتقدند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح ارقام متحمل به خشکی، باید شاخص‌هایی را که در شناسایی پایداری عملکرد ارقام در شرایط تنش مؤثرند را شناسایی نمود و آنها را علاوه بر عملکرد دانه بعنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد (نور موید و همکاران 2001).

ماکارا و همکاران (2006) عنوان نمودند که تنش خشکی در طی مرحله زایشی برنج موجب کاهش عملکرد دانه به میزان 12 تا 46 درصد می‌گردد. این محققین برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در برنج از شاخص پاسخ به خشکی (DRI) استفاده نمودند. شاخص پاسخ به خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است و دلیل آن، تفاوت زمان و شدت تنش خشکی در ژنوتیپ‌ها است. شاخص پاسخ به خشکی با عملکرد دانه تحت شرایط تنش و با پتانسیل عملکرد تحت شرایط بدون تنش همبستگی نشان داد. آن‌ها بیان نمودند که شاخص پاسخ به خشکی (DRI) با سطوح آب نسبی در زمان گلدهی همبستگی ندارد. از اینرو، شاخص پاسخ به خشکی تحت شرایط تنش خشکی موجب می‌شود که به‌نژادگران لاین‌های بخشنده تحمل به خشکی را بعنوان یک مؤلفه مهم جهت اصلاح واریته-های با سازگاری بالا در مزارع آبی تشخیص دهند. زارع و همکاران (2003) شاخص‌های MP، GMP، STI و

برنج پس از گندم دومین غله مهم و غذای اصلی بیش از یک سوم جمعیت جهان است (دیوید 1991). بیش از 90 درصد برنج جهان در آسیا تولید و مصرف می‌شود که 60 درصد جمعیت جهان در آن زندگی می‌کنند (کوش 1997). تولید برنج جهان در سال 2007، 650 میلیون تن بوده است که از این مقدار 3/5 میلیون تن در ایران تولید شده است (فائو 2008). برآورد شده است که برای تامین تقاضای برنج در سال 2030، تولید آن در جهان باید 40 درصد افزایش یابد (کوش 2005). خشکی از عمده خطرات جدی برای تولید موفق محصولات زراعی بخصوص برنج در جهان است که می‌تواند در هر زمان طی فصل رشد رخ دهد. از اینرو یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی تولید غذای بیشتر با آب کمتر می‌باشد (توین و پراساد 2008). برنج سازگاری نسبتاً کمی به شرایط محدودیت آبی دارد و به شدت به کمبود آب حساس است (لافیته و همکاران 2004). از اینرو، پایداری و بهبود عملکرد در شرایط تنش آبی از اهداف مهم به‌نژادی برنج محسوب می‌شود. بهبود ژنتیکی عملکرد تحت تنش خشکی، در عمل مشکلات زیادی را برای به‌نژادگران فراهم کرده است. مهمترین مساله، شناسایی ژنوتیپ‌هایی است که از عملکرد خوبی در شرایط کمبود آب برخوردار باشند. فوکای و همکاران (2001) سه الگوی تنش خشکی را بر اساس مدت زمان تنش و مرحله رشدی گیاه برنج ارائه نمودند که شامل خشکی ابتدای فصل (Early drought stress)، اواسط دوره رشد (Intermittent drought stress) و انتهای فصل (Late drought stress) می‌باشد. شاخص‌های گزینش متعددی برای گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد آنها در محیط‌های تنش و غیر تنش پیشنهاد شده است. فرناندز (1992) کاربرد برخی از این معیارها را برای گزینش ارقام مقاوم به تنش مفید تشخیص داده است. وی خصوصیات مهم یک شاخص خوب برای بررسی و تظاهر مقاومت به خشکی

خزانه کشت شدند. اندازه واحدهای آزمایشی 2/8 متر مربع و با تراکم 30 بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. سطوح مختلف آبیاری شامل شاهد یا شرایط متداول آبیاری، قطع آبیاری از روز 14 ام تا 49 ام بعد از نشا (35 روز) (تنش مرحله رویشی) و قطع آبیاری از 50 روز بعد از نشا تا زمان برداشت (تنش مرحله زایشی) به عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ های مورد مطالعه به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. بعد از انتساب تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی، نشاکاری به صورت تک بوته و به فاصله 20 سانتی متر از طرفین انجام گرفت. جهت تامین نیاز کودی ژنوتیپها 150 کیلوگرم در هکتار کود اوره، 100 کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات و 50 کیلوگرم در هکتار کود پتاس در ابتدای کاشت به کرت های آزمایشی داده شد. برای مبارزه با علف هرز 72 ساعت قبل از کاشت سم بوتاکلر به مقدار 4 لیتر در هکتار استفاده شد. جهت مبارزه با کرم ساقه خوار یرنج نیز از سم دیازینون به مقدار 15 کیلوگرم در هکتار قبل از خوشه دهی استفاده شد. با استفاده از عملکرد دانه ژنوتیپها در شرایط بدون تنش و تنش شاخص های کمی مقاومت به خشکی شامل شاخص پاسخ به خشکی (DRI: Drought Response Index) (بیدینگر و همکاران 1987)، شاخص تحمل (TOL: Tolerance Index)، و شاخص بهره‌وری متوسط (MP: Mean Productivity Index) (روزیل و هامبلین، 1981)، شاخص حساسیت به تنش (SSI: Stress Susceptibility Index) (فیشر و مورر، 1978)، شاخص تحمل تنش (STI: Stress Tolerance Index)، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP: Geometric Mean Productivity) و میانگین هارمونیک (HM: Harmonic mean) (فرناندز 1992) مورد محاسبه قرار گرفتند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای آماری SPSS 16 و MINITAB 14 استفاده شد.

HM در سویا، نورمند موید و همکاران (2003) شاخص های GMP و STI، محمدی و همکاران (2006) GMP، HM و STI را در گندم نان به عنوان بهترین شاخصها جهت دستیابی به ارقام پر محصول در شرایط تنش و غیر تنش معرفی کردند. صفایی چایکار (2007) در بررسی 49 ژنوتیپ برنج تحت تنش خشکی انتهای فصل، ژنوتیپ های دارای مقادیر بالاتر MP، GMP، HM و مقادیر پایین تر SSI و TOL را به عنوان ژنوتیپ های با تحمل بالا نسبت به خشکی معرفی کرد. هدف از تحقیق حاضر ارزیابی ارقام مختلف برنج از نظر مقاومت به خشکی، انتخاب بهترین شاخص مقاومت به خشکی و شناسایی ارقام متحمل و حساس بر اساس شاخص های مناسب تحمل می باشد.

مواد و روشها

در این مطالعه، 26 ژنوتیپ برنج (دانپال، شیرودی، شفق، ندا، طارم محلی، نعمت، تابش، طارم هاشمی، پویا، IR60، هیبرید، فجر، خزر، دمسیاه، درفک، کادوس، IR77604، ساحل، غریب و لاین های 8، 8615، 2، 26، 30، 15 و 8608) مورد استفاده قرار گرفت. آزمایش بصورت طرح کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار در شرایط مزرعه در سال زراعی 1387 در موسسه تحقیقات برنج (معاونت مازندران - آمل) در موقعیتی با عرض جغرافیایی 36/2 درجه شمالی، طول جغرافیایی 52/2 درجه شرقی و ارتفاع 23/7 متر از سطح دریا انجام شد. میزان بارندگی سالانه محل آزمایش بر مبنای میانگین 5 ساله برابر 800 میلی متر و درجه حرارت سالانه آن 16 درجه سانتیگراد است. اگرچه میانگین بارندگی سالانه 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 محدود می باشد (شکل 1). به منظور تولید نشا، بذر ژنوتیپ های مورد مطالعه به مدت یک ماه در شرایط



شکل ۱- میزان بارندگی و متوسط درجه حرارت در فصل کشت برنج در سال ۱۳۸۷

نتایج و بحث

مقاومت به خشکی و امکان گزینش برای صفت مقاومت به خشکی در جمعیت مورد بررسی است (گلآبادی و همکاران 2006). عامل تنش برای هیچ‌کدام از شاخص‌ها معنی‌دار نشد که این می‌تواند به دلیل نزدیک بودن شدت تنش در هر دو سطح تنش باشد به طوری که مقدار شدت تنش طبق فرمول فیشر و مورر (1978) برای تنش مرحله رویشی 0/47 و برای تنش انتهایی فصل 0/45 برآورد شد. این شدت تنش خشکی که منجر به کاهش عملکرد کمتر از 50 درصد در هر دو سطح تنش شد، به عقیده فوکای و کوپر (1995) سطوح متوسط خشکی نامگذاری می‌شود. در این شرایط پتانسیل عملکرد بعنوان یک مکانیسم مهم تحمل خشکی تلقی می‌شود. اثر متقابل ژنوتیپ در تنش برای هیچ‌کدام از شاخص‌ها به جز DRI معنی‌دار نشد.

در تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت به خشکی برای ژنوتیپ‌های مورد بررسی اثر متقابل تنش در تکرار (خطای اصلی) معنی‌دار نبود. در ضمن تفکیک اثر متقابل تکرار در ژنوتیپ نیز باعث بزرگتر شدن خطای اصلی از فرعی نگردید، از اینرو، ادغام خطای اصلی و فرعی به منظور افزایش درجه آزادی خطا و قدرت آزمون صورت گرفت. در نتیجه، تجزیه واریانس بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی انجام شد (جدول 1). ژنوتیپ‌ها در همه صفات در سطح احتمال 1% با هم اختلاف معنی‌داری داشتند که نشان دهنده تنوع بین ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های مورد بررسی بود. این امر بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین رقم‌ها از نظر ژن‌های کنترل کننده عملکرد دانه و

جدول 1- تجزیه واریانس شاخص‌های مقاومت به خشکی در ارقام برنج مورد مطالعه

میانگین مربعات									منابع تغییرات
DRI	HM	GMP	SSI	STI	TOL	MP	YS	درجه آزادی	
10/63 ^{ns}	4/44 ^{ns}	3/129 ^{ns}	0/67 ^{ns}	0/003 ^{ns}	13/59 ^{ns}	3/54 ^{ns}	13/9 ^{ns}	1	تکرار
0/072 ^{ns}	25/56 ^{ns}	16/6 ^{ns}	0/011 ^{ns}	0/034 ^{ns}	23/69 ^{ns}	5/92 ^{ns}	23/7 ^{ns}	1	تنش
44/35 ^{**}	181/86 ^{**}	196/34 ^{**}	0/228 ^{**}	0/24 ^{**}	231 ^{**}	221 ^{**}	126 ^{**}	25	ژنوتیپ
20/37 [*]	90 ^{ns}	12/98 ^{ns}	0/088 ^{ns}	0/02 ^{ns}	26/07 ^{ns}	6/52 ^{ns}	26 ^{ns}	25	تنش*ژنوتیپ

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 1% و 5%

سطح تنش و بدون تنش داشتند که می‌توان آنها را به عنوان بهترین شاخص معرفی نمود. فرناندز (1992) خصوصیات مهم یک شاخص خوب برای بررسی و تظاهر مقاومت به خشکی را وجود تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و همبستگی بالا بین شاخص مورد نظر

همبستگی بین شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه در جداول 2 و 3 به ترتیب برای تنش مرحله رویشی و تنش مرحله زایشی آمده است. شاخص‌های MP، HM، GMP و STI همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با عملکرد دانه در هر دو

جدول 2- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد تحت تنش مرحله رویشی

DRI	HM	GMP	SSI	STI	TOL	MP	YP	YS	
0/82**	0/953**	0/895**	-0/5**	0/893**	0/007	0/806**	0/561**	1	YS
0/022	0/778**	0/87**	0/413*	0/851**	0/824**	0/942**	1	0/561**	YP

ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 1% و 5%

جدول 3- همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد تحت تنش مرحله زایشی

DRI	HM	GMP	SSI	STI	TOL	MP	YP	YS	
0/651**	0/973**	0/939**	-0/586**	0/916**	0/13	0/884**	0/711**	1	YS
-0/04	0/851**	0/909**	0/118	0/905**	0/79**	0/957**	1	0/711**	YP

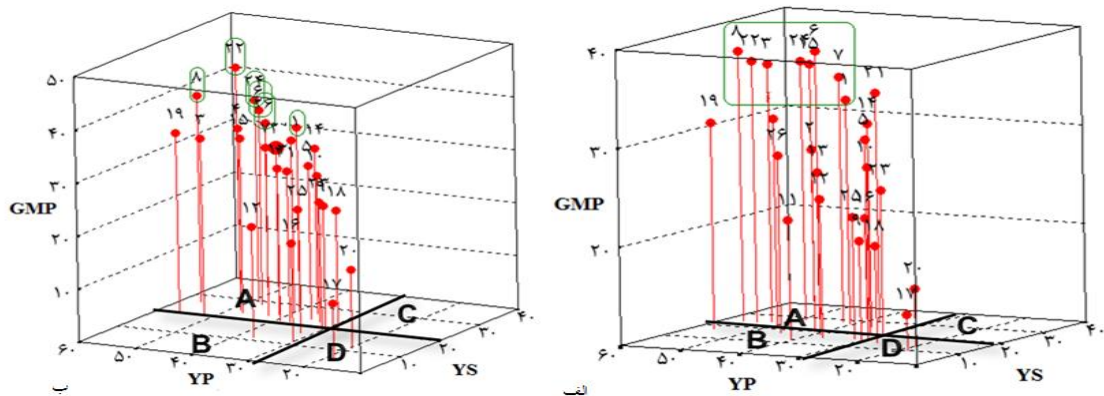
ns، ** و * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 1% و 5%

دو نمودار مربوط به تنش مرحله رویشی و ژنوتیپ‌های کادوس، ساحل، نعمت، دانیال، لاین‌های 8608 و 8 در هر دو نمودار مربوط به تنش مرحله زایشی در گروه A که نشان دهنده عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش می‌باشد، قرار گرفتند. این ژنوتیپ‌ها دارای STI و GMP متوسط تا بالایی بودند که این مساله حاکی از سودمندی این دو شاخص در تمییز افراد گروه A از گروه‌های دیگر (B، C و D) بود. مطالعات نشان داده است که شاخص‌های GMP و STI در گندم نان (نورمند موید و همکاران 2001، گل‌آبادی و همکاران 2006 و عبدی و همکاران 2010) و

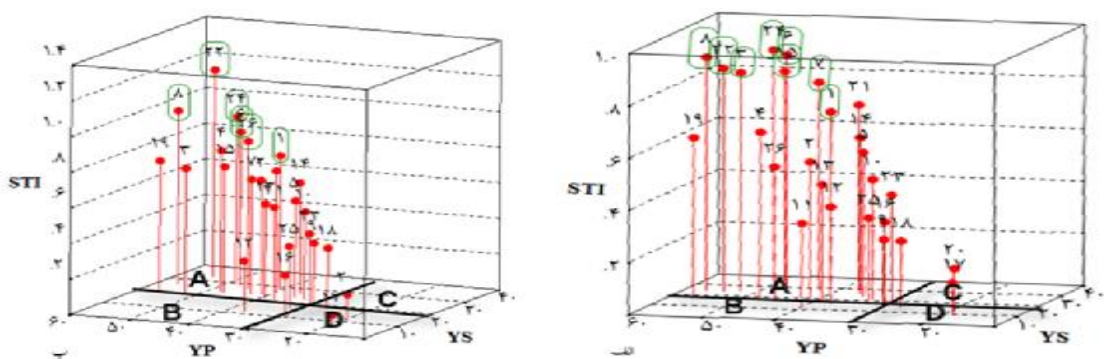
و پتانسیل عملکرد بیان نمود. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌های مذکور مؤید همسویی نتایج آنها بود. برای تعیین لاین‌های مقاوم به خشکی با عملکرد بالا در شرایط تنش و شاهد از نمودار سه بعدی استفاده گردید. با توجه به اینکه نتایج شاخص‌های MP، HM، GMP و STI مشابه بدست آمد و کارایی شاخص‌های GMP و STI در تعیین ژنوتیپ‌های گروه A (فرناندز 1992)، تنها نمودار سه بعدی مربوط به GMP (شکل 2) و STI (÷) ارائه شده است. در بررسی این شکل‌ها ملاحظه می‌شود که ژنوتیپ‌های کادوس، ساحل، نعمت، تابش، فجر، شفق، دانیال و لاین 8 در هر

برنج، STI را به عنوان بهترین شاخص جهت دستیابی به ارقام پر محصول در شرایط تنش و غیر تنش معرفی کردند.

شاخص‌های GMP، STI و MP در گندم دوروم (گل‌آبادی و همکاران 2006 و عبدی و همکاران 2010) مناسبترین شاخص برای گزینش به شمار می‌روند. همچنین صفایی چایکار و همکاران (2007) در



شکل 2- نمودار سه بعدی جهت تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس شاخص GMP (الف: تنش مرحله رویشی، ب: تنش مرحله زایشی) (1- دانیال 2- شیروودی 3- شفق 4- ندا 5- طارم محلی 6- نعمت 7- تابش 8- لاین 9-8 طارم هاشمی 10- 8615 11- لاین 12 8602 13- پویا 14- IR60 15- هیبرید 16- فجر 17- لاین 18 26 19- لاین 20 30 18- خزر 19- لاین 20 15 20- دمسیاه 21- درفک 22- کادوس 23- IR77604 24- ساحل 25- غریب 26- 8608).



شکل 3- نمودار سه بعدی جهت تعیین ارقام مقاوم به خشکی بر اساس شاخص STI (الف: تنش مرحله رویشی، ب: تنش مرحله زایشی) (1- دانیال 2- شیروودی 3- شفق 4- ندا 5- طارم محلی 6- نعمت 7- تابش 8- لاین 9-8 طارم هاشمی 10- 8615 11- لاین 12 8602 13- پویا 14- IR60 15- هیبرید 16- فجر 17- لاین 18 26 19- لاین 20 30 18- خزر 19- لاین 20 15 20- دمسیاه 21- درفک 22- کادوس 23- IR77604 24- ساحل 25- غریب 26- 8608).

کمتر باشد ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای SSI و TOL زیاد و DRI کم هستند. از آنجایی که مولفه اول تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مولفه دوم تبیین نمی‌شود و به عبارتی مستقل از هم هستند، دو مولفه را می‌توان به صورت دو محور عمود بر هم به شکل یک نمودار دو بعدی (بای‌پلات) نمایش داد (شکل 4). این نمودارها نیز موید ارتباط نزدیکتر شاخص‌های MP، STI، HM و GMP با عملکرد دانه در شرایط تنش و شاهد بودند. با توجه به زوایای خطوطی که شاخه‌ها را نمایش می‌دهد (صفایی چایکار 2007، شارما 1996) ملاحظه می‌شود که شاخص SSI همبستگی منفی و بالا با عملکرد در شرایط تنش و شاخص TOL همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش داشتند. همینطور شاخص‌های STI، GMP، MP و HM با عملکرد در شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و دو شاخص STI و GMP به عنوان بهترین شاخص‌ها همبستگی مثبت خیلی بالایی با هم داشتند.

برای بررسی روابط بین ژنوتیپ‌ها از نظر اطلاعات کلیه شاخص‌های مقاومت به خشکی، تجزیه به مولفه‌های اصلی برای هر یک از سطوح تنش به طور مجزا صورت گرفت. نتایج این تجزیه نشان داد (جداول 4 و 5) که بیشترین تغییرات بین داده‌ها توسط دو مولفه اول توجه گردید. با توجه به اینکه تنها دو مولفه اول دارای مقادیر ویژه بیشتر از یک هستند از آن‌ها در تفسیر نتایج استفاده شد. مقادیر و علامت ضرایب مولفه‌ها در هر دو سطح تنش (رویشی و زایشی) روند مشابهی داشت (جداول 4 و 5). به طوری که مولفه اول دارای ضرایب منفی بالا برای عملکرد در شرایط شاهد و تنش و شاخص‌های MP، STI، HM و GMP بود. بنابراین کم بودن میزان مولفه اول نشان دهنده بیشتر بودن مقادیر شاخص‌های مذکور در ارقام خواهد بود. همچنین مولفه دوم ضرایب منفی بزرگ برای شاخص‌های TOL و SSI و ضریب مثبت بزرگ برای DRI داشت. از آنجا که مقدار پایین شاخص‌های TOL و SSI نمایانگر مقاومت به خشکی است اگر میزان مولفه دوم

جدول 4- مقادیر ویژه و بردارهای حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های مقاومت به خشکی

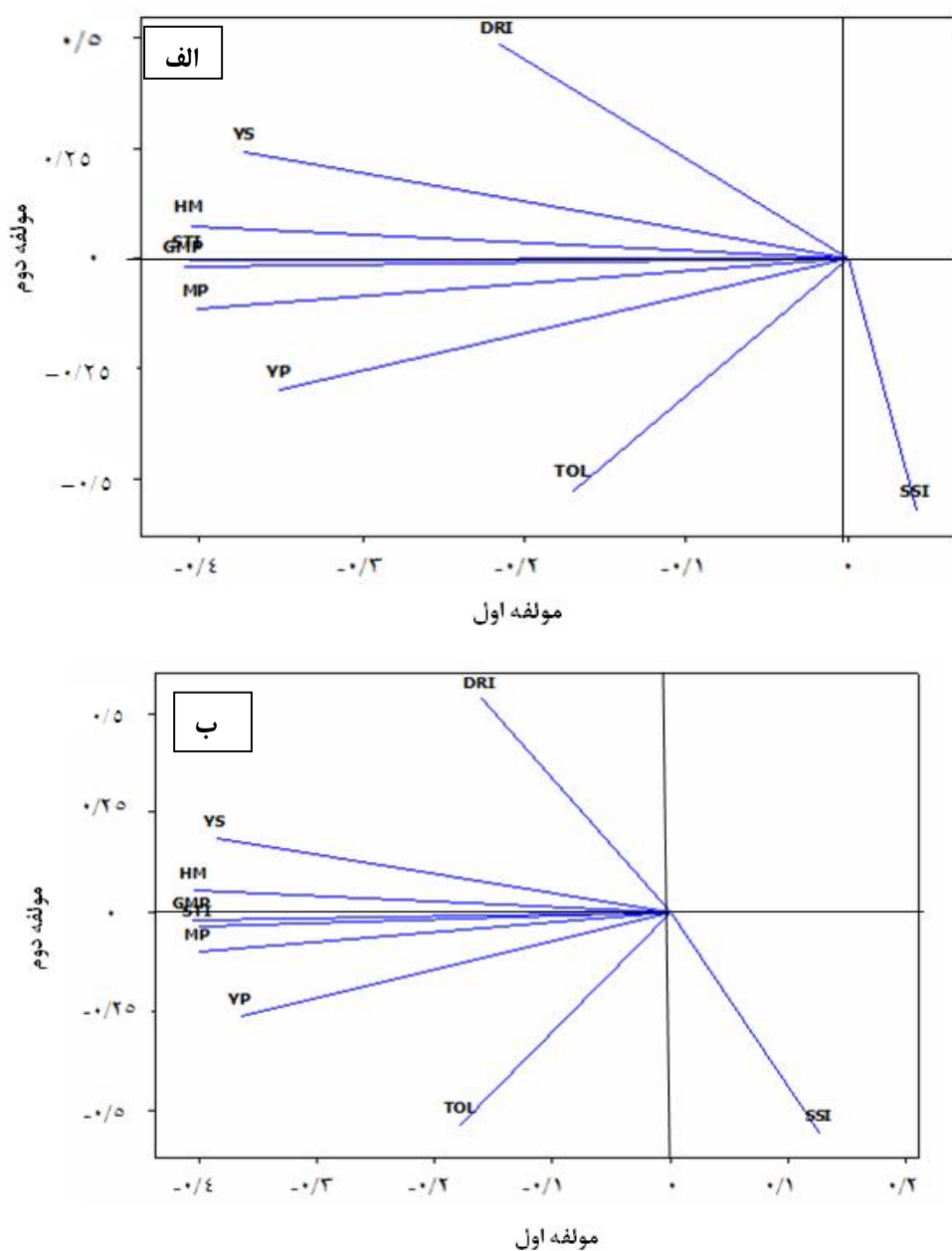
در شرایط تنش مرحله رویشی

مولفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	سهم تجمعی %	YP	YS	MP	TOL	STI	SSI	GMP	HM	DRI
1	5/93	65/9	65/9	-0/351	-0/372	-0/402	0/17	-0/407	0/042	-0/41	-0/406	-0/216
2	2/98	33/1	99	-0/297	0/241	-0/115	-0/524	-0/005	-0/57	-0/017	0/074	0/484

جدول 5 - مقادیر ویژه و بردارهای حاصل از تجزیه به مولفه‌های اصلی برای شاخص‌های مقاومت به خشکی در شرایط

تنش مرحله زایشی

مولفه	مقادیر ویژه	درصد واریانس	سهم تجمعی %	YP	YS	MP	TOL	STI	SSI	GMP	HM	DRI
1	6/0815	67/6	67/6	-0/364	-0/384	-0/4	-0/178	-0/4	0/127	-0/405	-0/403	0/16
2	2/787	31	98/5	-0/263	0/188	-0/098	-0/535	-0/036	-0/554	-0/017	0/056	0/54



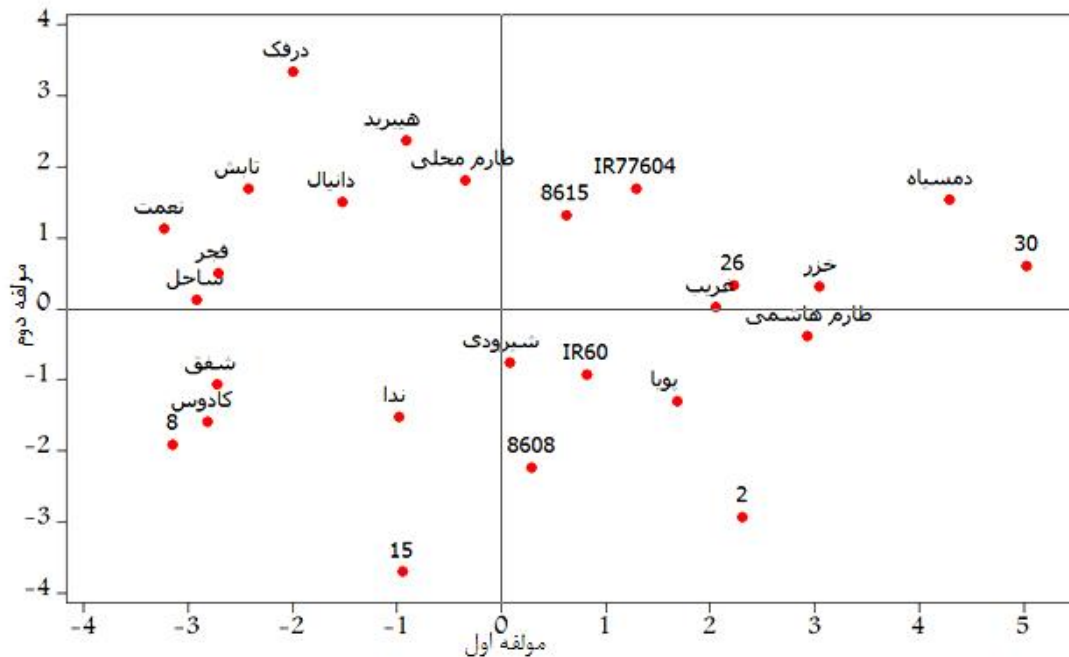
شکل 4- بای پلات شاخص های تحمل به خشکی بر اساس اولین و دومین مولفه اصلی برای تنش مرحله رویشی (الف) و زایشی (ب)

شدند. با توجه به اینکه مقادیر کم مولفه اول و مقادیر زیاد مولفه دوم مطلوب هستند، بنابراین ناحیه با عملکرد بالا و مقاومت به خشکی، قسمت بالا و چپ نمودار بود

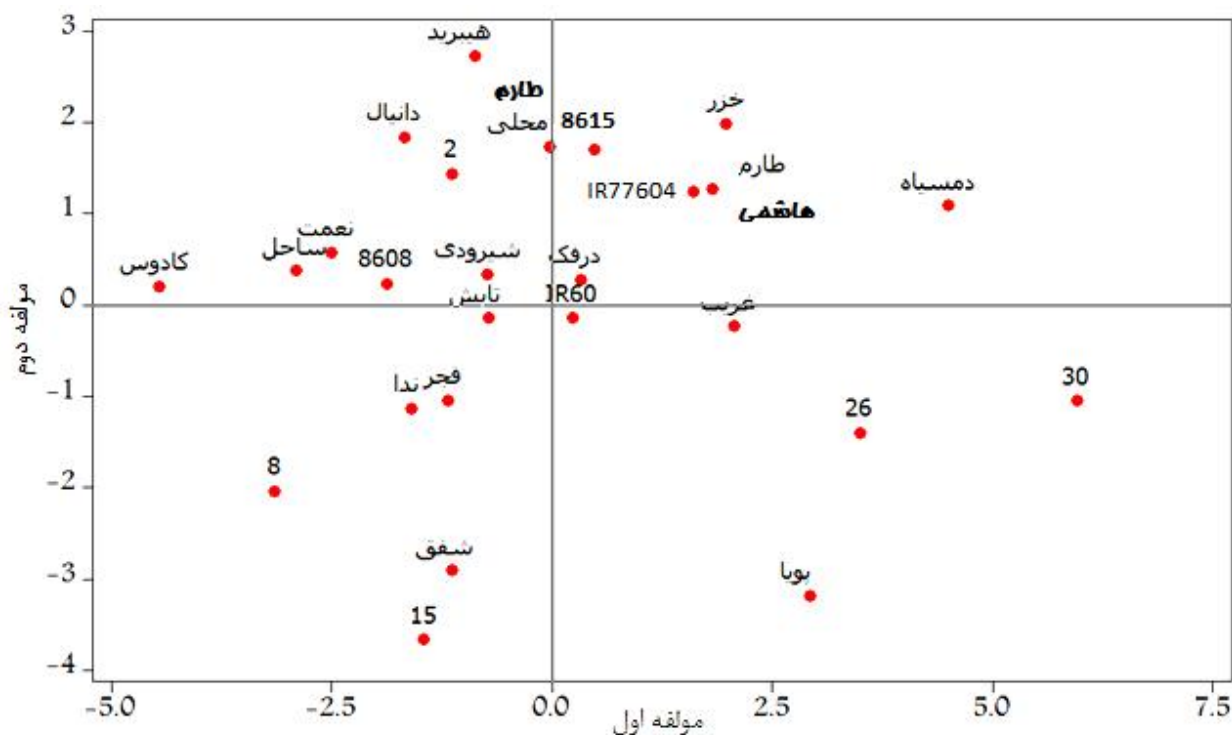
ژنوتیپها را نیز می توان بر اساس دو مولفه اول توسط نقاطی در بای پلات ترسیم کرد. بدین ترتیب ارقام در 4 ناحیه متمایز بر اساس مقادیر این دو مولفه گروه بندی

ساحل و کادوس در تنش مرحله زایشی جز ژنوتیپ‌های انتخابی از نظر بهترین شاخص‌ها یعنی STI و GMP بودند، از طرفی در ناحیه مطلوب بای پلات نیز قرار گرفتند، از اینرو این ارقام به عنوان بهترین ژنوتیپ‌ها با پتانسیل عملکرد بالا و متحمل به خشکی شناخته شدند. در مجموع دانیال، نعمت و ساحل ژنوتیپ‌های متحمل، دمسیاه و لاین 30 ژنوتیپ‌های حساس به تنش در هر دو مرحله رشد گیاه برنج بودند.

که شامل ژنوتیپ‌های درفک، دانیال، طارم محلی، هیبرید، تابش، نعمت، فجر و ساحل در تنش مرحله رویشی (شکل 5) و ژنوتیپ‌های هیبرید، دانیال، 2، شیرودی، تابش، 8608، نعمت، ساحل و کادوس در تنش مرحله زایشی (شکل 6) بودند. نقطه مقابل این ناحیه (قسمت پایین و راست نمودار) شامل ژنوتیپ‌هایی با عملکرد کم و حساسیت بالا به خشکی بود. با توجه به اینکه ارقام دانیال، تابش، نعمت، فجر و ساحل در تنش مرحله رویشی و ژنوتیپ‌های دانیال، 8608، نعمت،



شکل 5- نمودار پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس مؤلفه اول و دوم در تنش مرحله رویشی (1- دانیال 2- شیرودی 3- شفق 4- ندا 5- طارم محلی 6- نعمت 7- تابش 8- لاین 8 9- طارم هاشمی 10- 8615 11- لاین 8602 12- پویا 13- IR60 14- هیبرید 15- فجر 16- لاین 17- 26 18- 30 19- خزر 20- 15 21- دمسیاه 22- درفک 23- کادوس 24- IR77604 25- ساحل 26- 8608 27- 26 28- 27 29- 28 30- 29 31- 30 32- 31 33- 32 34- 33 35- 34 36- 35 37- 36 38- 37 39- 38 40- 39)



شکل 6- نمودار پراکنش ژنوتیپها بر اساس مولفه اول و دوم در تنش مرحله زایشی (1- دانیال 2- شیرودی 3- شفق 4- ندا 5- طارم محلی 6- نعمت 7- تابش 8- لاین 8-9 طارم هاشمی 10- 8615 11- لاین 8602 12- پویا 13- IR60 14- هیبرید 15- فجر 16- لاین 17- 26 18- 30 19- خزر 20- 15 21- دمسیاه 22- درفک 23- کادوس 24- IR77604 25- ساحل 26- غریب 26- 8608)

نتیجه گیری کلی

سپاسگزاری
از معاونت محترم موسسه تحقیقات برنج کشور، جناب آقای مهندس مهدی نصیری و همکارانشان به خاطر همکاری در اجرای این تحقیق صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.

بین ژنوتیپها تنوع بالایی از نظر شاخصهای مقاومت به خشکی مشاهده شد. نعمت و ساحل ژنوتیپهای متحمل به تنش خشکی در هر دو مرحله رشد گیاه برنج در این تحقیق معرفی شدند. همچنین به طور کلی شاخصهای GMP و STI مشابه نتایج سایر محققان شاخصهای مناسبی در شناسایی ارقام متحمل خشکی برنج می‌باشند.

منابع مورد استفاده

عبدی، ح، بی‌همتا، م، چوگان، ر، و رافضی، ر. 1389. ارزیابی تحمل خشکی در لاینهای امیدبخش گندم بر اساس شاخصهای تحمل خشکی. یازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، 3 تا 5 مرداد، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران، ص 146.

- صفائی چائی کار، ص. 1386. تحمل به تنش کمبود آب در ژنوتیپ‌های برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان.
- صفائی چائی کار، ص، ربیعی، ب، سمیع‌زاده، ح، و اصفهانی، م. 1386. ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج. مجله علوم زراعی ایران. ج نهم، ش 4، ص 315-441.
- محمدی، ا، مجیدی، ا، بی‌همتا، م، و حیدری شریف‌آباد، ح. 1385. ارزیابی تنش خشکی روی صفات زراعی برخی ارقام گندم. پژوهش و سازندگی، ش 73، ص 184-192.
- نورمند موید، ف، رستمی، م، ا، و قنادها، م. 1380. ارزیابی شاخص‌های مقتومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران، ش 32، ج 4، ص 795-805.
- زارع، م، زینالی خانقاه، ح، و دانشیان، ج. 1383. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران، ش 35، ج 4، ص 859-867.
- Bidinger, F R, Mahalakshmi, V, and Rao, G D P. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L.). II. Estimation of genotypes response to stress. *Australian Journal of Agricultural Research*, 38: 49–59.
- David, C S C. 1991. The world rice economy: Challenges ahead. In: Khush, GS ., Toenniessen, GH (eds) *Rice Biotechnology*. CAB International. UK. pp 19-54.
- Food and Agricultural Organization. 2008. FAOSTAT Database in FAO. Retrieved September 8, , from <http://www.fao.org>
- Fernandez, G C J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, In: Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, 13-16 August, Taiwan, pp. 257-270.
- Fischer, R A and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar. I. Grain yield response. *Australian journal of Agriculture research*, 29:897-912.
- Fukai, S, Basnayake, J and Cooper, M. 2001. Modelling water availability, crop growth, and yield of rainfed lowland rice genotypes in northeast Thailand. In: T P, Tuong, S P, Kam, L, Wade, S, Pandey, B A M, Bouman, and B, Hardey (Eds.), Proceedings of the International Workshop on Characterizing and Understanding Rainfed Environments, Bali, Indonesia, December 5–9, 1999. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines, pp 111–130.
- Fukai, S and Cooper, M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice. *Field Crops Research*, 40: 67-86.
- Golabadi, M, Arzani, A and Mirmohammadi Maibody, S A M. 2006. Assessment of Drought Tolerance in Segregating Populations in Durum Wheat. *African Journal of Agricultural Research*, 1 (5): 162-171
- Khush, G S. 1997. Origin, dispersal, cultivation and variation of rice. *Plant Molecular. Biology*, 35: 25- 34.

- .Khush, G S. 2005. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers by 2030. *Plant Molecular Biology*, 59: 1-6.
- Lafitte, H R, Ismail, A, and Bennet, J. 2004. Abiotic stress tolerance in rice for Asia: progress and the future, in *New directions for a diverse planet: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress*, Brisbane. Australia.
- Makara, O, Basnayake, J, Tsubo, M, Fukai, S, Fisher, KS, Cooper, M, and Nesbitt, H. 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerant genotypes in rainfed lowland rice. *Field Crops Res.*, 1: 48-58.
- Rosielle, A A, and Hambelen, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 21: 943-946.
- Sharma, S. 1996. *Applied multivariate techniques*. John Wiley & Sones, Inc.
- Tuyen, D D and Prasad, DT. 2008. Evaluating difference of yield treat among rice genotypes (*Oryza sativa* L.) under low moisture condition using candidate gene markers. *Omonrice*, 16: 24-33.