

ارزیابی تحمل ژنوتیپ های برنج (*Oryza sativa* L.) به تنش خشکی انتهایی فصل Evaluation of tolerance to terminal drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes

صنم صفائی چائی کار^۱، بابک ربیعی^۲، حبیب اله سمیع زاده^۳ و مسعود اصفهانی^۴

چکیده

صفائی چائی کار، ص، ب، ربیعی، ح، سمیع زاده و م. اصفهانی. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل ژنوتیپ های برنج (*Oryza sativa* L.) به تنش خشکی انتهایی فصل. مجله علوم زراعی ایران. ۹ (۴): ۳۳۱-۳۱۵.

به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ های برنج به تنش خشکی انتهایی فصل و شناسایی ژنوتیپ های متحمل و حساس به این تنش، ۴۹ ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان مورد مطالعه قرار گرفتند. صفات مورد مطالعه شامل: ارتفاع بوته، تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه چه در خوشه، عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بسیار معنی دار ($p < 0.01$) بین ژنوتیپ ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ های مورد مطالعه و امکان گزینش ژنوتیپ ها برای تحمل به خشکی است. مقایسه میانگین ژنوتیپ های مورد مطالعه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، بیشترین عملکرد شلتوک متعلق به رقم نعمت به ترتیب به مقدار ۷/۳۱ و ۷/۰۷ تن در هکتار بود، در حالی که کمترین عملکرد شلتوک در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم سفید به مقدار ۲/۷۴ تن در هکتار و در محیط تنش خشکی متعلق به رقم Diwani به مقدار ۱/۴۶ تن در هکتار بود. لازم به ذکر است که رقم نعمت از نظر اجزای عملکرد از جمله شامل تعداد خوشه در بوته، تعداد خوشه چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه در محیط تنش و بدون تنش و وضعیت مطلوبی داشت. بررسی میزان درصد کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی، مربوط به عملکرد شلتوک (۴۰ درصد) می باشد. از نظر شاخص های تحمل به خشکی نیز بیشترین مقدار شاخص میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل (STI)، میزان نسبی آب برگ (RWC) و کمترین مقدار شاخص های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) متعلق به رقم نعمت بود. نتایج همبستگی بین شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی، نشان داد که شاخص های MP، GMP، HM، STI و RWC همبستگی مثبت و معنی داری را با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشتند و به عنوان شاخص های مناسب جهت گزینش به ارقام پرمحصول در هر دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. در بین این شاخص ها نیز شاخص STI به عنوان بهترین شاخص تعیین شد.

واژه های کلیدی: برنج، تنش خشکی انتهایی فصل، شاخص های تحمل به خشکی، عملکرد شلتوک.

تاریخ دریافت ۸۶/۲/۱۳

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

۲- استادیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان (مکاتبه کننده)

۳ و ۴- استادیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

مقدمه

برنج گیاهی است که بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد (کریمی، ۱۳۷۰). این گیاه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها به حدود ۸ تا ۲۰ هزار متر مکعب و برای تولید یک کیلوگرم ماده خشک به ۷۰۰ لیتر آب نیاز دارد (کریمی، ۱۳۷۰). اتول و چانگ (O'Toole and Chang, 1979) اظهار نمودند که یکی از محدودیت‌های اصلی که باعث کاهش عملکرد برنج می‌شود، تنش کمبود آب است. ریچاردز (Richards, 1996) بیان کرد که انتخاب بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش می‌شود، زیرا آل‌های مطلوب تحت شرایط تنش خشکی انتخاب شده و همزمان پاسخ به انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل وراثت پذیری بالاتر عملکرد، حداکثر است. برنج در مرحله گلدهی بسیار حساس به تنش خشکی است و این بدان معنی است که پس از خارج نمودن آب مزرعه، ژنوتیپ با دوره گلدهی کوتاهتر نسبت به ژنوتیپی که گلدهی آن به تاخیر افتاده، کمتر تحت تاثیر تنش قرار می‌گیرد (Lafitte, 2003). پیردشتی و همکاران (Pirdashti *et al.*, 2004) اثر تنش کمبود آب را در مراحل مختلف رشد برنج مورد بررسی قرار دادند و اظهار نمودند که تنش کمبود آب در مرحله رشد رویشی به طور معنی داری باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید و تعداد پنجه‌ها را نیز کاهش داد، اما در مرحله زایشی و پرشدن دانه، تعداد دانه در خوشه، و وزن هزار دانه و عملکرد شلتوک نیز به طور معنی داری کاهش یافت.

ژنوتیپ‌ها را بر اساس واکنش آن‌ها به شرایط محیطی تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم می‌کنند: گروه A (ژنوتیپ‌هایی که عملکرد خوبی در دو محیط

تنش و بدون تنش دارند)، گروه B (ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط بدون تنش دارند)، گروه C (ژنوتیپ‌هایی که فقط عملکرد خوبی در محیط تنش دارند) و گروه D (ژنوتیپ‌هایی که عملکرد پایینی در هر دو محیط دارند (Fischer and Maurer, 1978)).

شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش گیاهان در شرایط محیطی مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آن‌ها ارائه شده است. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد نمودند. مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده تغییرات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش و در نتیجه پایداری آن ژنوتیپ است. روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص تحمل (TOL) را به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط تنش (Y_S) و بدون تنش (Y_P) و شاخص میانگین حسابی (MP) را میانگین دو مقدار Y_S و Y_P تعریف نمودند. مقادیر پایین‌تر شاخص TOL نشان‌دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش می‌باشد. برخلاف شاخص TOL در شاخص MP، مقادیر پایین‌تر دلالت بر حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش دارد. با استفاده از شاخص‌های MP و TOL امکان تفکیک ژنوتیپ‌های گروه B و C از یکدیگر بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز وجود دارد (نقل از شفافزاده و همکاران، ۱۳۸۳). هنگامی که اختلاف نسبی زیادی بین Y_P و Y_S وجود داشته باشد، شاخص MP دارای یک اریب به طرف پتانسیل عملکرد Y_P خواهد بود. بنابراین جهت رفع این مشکل، شاخص GMP^* که بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود، ارائه گردید (Fernandez, 1992). با استفاده از شاخص SSI ژنوتیپ‌های گروه B و C از سایر گروه‌ها بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز قابل تمایزند

1- Stress Susceptibility Index
2- Tolerance Index
3- Stress

4- Non-stress
5- Mean Productivity
6- Geometric Mean Productivity

* ارزیابی تحمل ژنوتیپ های برنج...*

۲ متر مربع (ابعاد کرت ۲×۱) و با تراکم ۲۵ بوته در هر متر مربع در نظر گرفته شد. بعد از انتساب تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی، نشاء کاری به صورت تک بوته انجام شد. در هر کرت ۵ ردیف به فاصله ۲۰ سانتیمتر و در هر ردیف ۱۰ بوته به فاصله ۲۰ سانتیمتر کاشته شد. آبیاری مزرعه آزمایشی در هر دو محیط تنش و بدون تنش، تا انتهای مرحله پنجه زنی ارقام به طور یکسان و به صورت غرقابی انجام شد. سپس در آزمایش در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، آبیاری به طور کامل قطع شد، و حدود دو هفته طول کشید تا زمین از حالت غرقابی خارج شود. در حالی که در آزمایش در شرایط بدون تنش، آبیاری به طور کامل تا انتهای دوره رسیدگی انجام شد. جهت تامین نیاز کودی ارقام، کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار (نصف در زمان کاشت و نصف در مرحله پنجه دهی) و کود فسفره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت داده شد. کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیماریها مطابق با روش معمول انجام شد. میزان بارندگی در دوره قطع آبیاری (تیر و مرداد) طبق آمار اداره هواشناسی رشت (IRIMO, 2006) ۵۰/۶ میلی متر بوده است و به عنوان شرایط طبیعی منطقه در نظر گرفته شد. تنش خشکی در مرحله زایشی (مرداد) و برای تمامی ارقام به طور یکسان اعمال شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته (ارتفاع بلندترین پنجه از ناحیه طوقه در سطح خاک تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک، بر حسب سانتیمتر)، طول خوشه (طول ۳ خوشه تصادفی در هر بوته و ۱۰ بوته در هر کرت، از دم خوشه تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک، بر حسب سانتی متر)، طول (از نوک برگ پرچم تا قسمت انتهایی برگ پرچم بر حسب سانتی متر) و عرض برگ پرچم از پهن ترین قسمت برگ پرچم بر حسب سانتی متر)، تعداد دانه پر در خوشه (تعداد دانه های پر و سالم در

(Fernandez, 1992). فرناندز (Fernandez, 1992) شاخص تحمل به تنش (STI)^۱ را نیز معرفی نمود و عنوان نمود که بهترین شاخص گزینش آن است که قادر به تفکیک ژنوتیپ های گروه A از سه گروه دیگر باشد (Fernandez, 1992). ژنوتیپ های پایدارتر بر اساس این شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند و بنابراین انتظار می رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه ها قابل تفکیک باشند. شاخص دیگر، شاخص میانگین هارمونیک (HM)^۲ است که توسط فرناندز (Fernandez, 1992) معرفی شد.

این تحقیق به منظور بررسی مقدماتی حساسیت یا تحمل ژنوتیپ های برنج به تنش خشکی انتهای فصل با شرکت ۴۹ ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی و ارزیابی صفات مهم زراعی و مورفولوژیک و شاخص های مهم حساسیت و تحمل به تنش انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ های برنج به تنش خشکی انتهای فصل، ۴۹ ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی (جدول ۱) در دو آزمایش جداگانه هر کدام در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش ها در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در رشت با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷ متر از سطح دریای آزاد، در سال زراعی ۱۳۸۵ انجام شد. بذر کافی از ۴۹ ژنوتیپ مورد مطالعه پس از ضد عفونی با وایتکس تجاری ۱۰ درصد در خزانه کشت شد. پس از اینکه ارتفاع نشاءها به حدود ۳۰ سانتیمتر رسید (بسته به رقم حدود ۲۵ تا ۳۵ روز پس از کاشت بذر در خزانه) نشاءها به مزرعه منتقل شدند. اندازه واحدهای آزمایشی

1- Stress Tolerance Index

2- Harmonic mean

جدول ۱- نام، منشأ و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های برنج

Table 1. Name, origin and characteristics of rice genotypes

شماره No.	Genotype	ژنوتیپ	منشأ Origin	ارتفاع گیاه Plant height	رسیدگی Maturity	شماره No.	Genotype	ژنوتیپ	منشأ Origin	ارتفاع گیاه Plant height	رسیدگی Maturity
1	Abjiboujy	آبجی بوجی	Iran	پابلند	زودرس	26	Kadous	کادوس	IRRI	متوسط	دیررس
2	Sadri	صدری	Iran	پابلند	زودرس	27	Shahpasand	شاه پسند	Iran	پابلند	میان رس
3	Domsiah-Solimandarab	دم‌سیاه سلیمانداراب	Iran	پابلند	زودرس	28	Tarommahali	طارم محلی	Iran	پابلند	زودرس
4	Mohammadi-Chaparsar	محمدی چپرسر	Iran	پابلند	زودرس	29	Deilamani	دیلمانی	Iran	پابلند	میان رس
5	Ghashange	قشنگه	Iran	پابلند	زودرس	30	Neda	ندا	Iran	متوسط	دیر رس
6	Mehr	مهر	Iran	متوسط	میان رس	31	Sange-Tarom	سنگ طارم	Iran	متوسط	میان رس
7	Amol 3	آمل ۳	Iran	متوسط	دیررس	32	Gill 1	گیل ۱	Iran	پابلند	دیررس
8	Tarom-Mantaghe	طارم منطقه	Iran	پابلند	زودرس	33	Gill 3	گیل ۳	Iran	متوسط	دیررس
9	Gharib	غریب	Iran	پابلند	زودرس	34	Nemat	نعمت	Iran	متوسط	دیررس
10	Hasansaraei	حسن سرایی	Iran	پابلند	زودرس	35	Gharib-Siahreihani	غریب سیاه ریحانی	Iran	پابلند	زودرس
11	Hasansaraei-Atashgah	حسن سرایی آتشگاه	Iran	پابلند	زودرس	36	Ahlami-Tarom	اهلمی طارم	Iran	پابلند	زودرس
12	Domsephid	دم سفید	Iran	پابلند	زودرس	37	Hashemi	هاشمی	Iran	پابلند	زودرس
13	Salari	سالاری	Iran	پابلند	زودرس	38	Line 6	لاین ۶	Iran	پاکوتاه	دیررس
14	Anbarboo	عنبربو	Iran	پابلند	زودرس	39	IR24		IRRI	پاکوتاه	دیررس
15	Sepidrood	سپیدرود	Iran	متوسط	میان رس	40	IR60		IRRI	پاکوتاه	دیررس
16	Sangjo	سنگ جو	Iran	پابلند	زودرس	41	IR30		IRRI	پاکوتاه	دیررس
17	Champaboodar	چمپا بودار	Iran	پابلند	زودرس	42	IR50		IRRI	پاکوتاه	دیررس
18	Binam	بینام	Iran	پابلند	زودرس	43	IR36		IRRI	پاکوتاه	دیررس
19	Bejar	بچار	Iran	متوسط	دیررس	44	New Bonnet		USA	پاکوتاه	دیررس
20	Dorfak	درفک	Iran	متوسط	دیررس	45	Vandana		IND	پاکوتاه	دیررس
21	Domsorkh	دم سرخ	Iran	پابلند	زودرس	46	IR64		IRRI	پاکوتاه	دیررس
22	Domsiah	دم سیاه	Iran	پابلند	زودرس	47	Araguiua		BRA	پاکوتاه	دیررس
23	Khazar	خزر	Iran	پابلند	میان رس	48	Diwani		SUR	پاکوتاه	دیررس
24	Domzard	دم زرد	Iran	پابلند	زودرس	49	IR28		IRRI	پاکوتاه	دیررس
25	Alikazemi	علی کاظمی	Iran	پابلند	زودرس						

برگ کلیه بوته‌های هر کرت محاسبه گردید) و شاخص برداشت (از تقسیم عملکرد شلتوک به عملکرد بیولوژیک بدست آمد) اندازه‌گیری شدند. اندازه‌گیری تمامی صفات مطابق با دستورالعمل استاندارد موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (IRRI)^۲ انجام شد (Anonymous, 1996). برای اندازه‌گیری صفات مورد مطالعه، از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و میانگین آن‌ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای ارزیابی میزان حساسیت یا تحمل ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی، شاخص‌های میانگین حساسی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، تحمل (TOL)، تحمل به تنش (STI) و حساسیت به تنش (SSI) مورد ارزیابی قرار گرفتند (Fischer and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1981; Fernandez, 1992). مقدار نسبی آب برگ (RWC) بر اساس معادله سیدیک و همکاران (Siddique et al., 2000) محاسبه شد.

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

($p < 0.01$) ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش است (جدول ۲).

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بیشترین عملکرد شلتوک (PY)^۳ متعلق به رقم نعمت به ترتیب با تعداد ۷/۳۱ و ۷/۰۷ تن در هکتار بود. در حالی که کمترین عملکرد شلتوک (PY) در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم سفید به مقدار ۲/۷۴ تن در هکتار و در محیط تنش خشکی متعلق به رقم Diwani به مقدار ۱/۴۶ تن در هکتار بود (جدول ۵). بالا یا پایین بودن عملکرد در این ژنوتیپ‌ها را می‌توان با متغیر بودن اجزاء عملکرد در آنها و

(خوشه‌های اصلی ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت بعد از رسیدن کامل دانه‌ها)، تعداد خوشه‌چه در خوشه (تعداد کل دانه‌های پر و پوک در خوشه‌های اصلی ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت)، تعداد خوشه در بوته (تعداد پنجه‌های خوشه‌دار و قابل برداشت در ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت و در مرحله خمیری شدن دانه)، طول و عرض شلتوک (طول و عرض ۵۰ شلتوک در هر بوته و در ۱۰ بوته از هر کرت بر حسب میلی‌متر توسط دستگاه کولیس)، مقدار نسبی آب برگ (RWC)^۱ (روی برگ پرچم اندازه‌گیری شد)، روز تا ۵۰ درصد گلدهی (تعداد روزهای از کاشت بذر در خزانه تا ۵۰ درصد گلدهی بوته‌های هر کرت)، روز تا رسیدگی کامل (تعداد روزهای از کاشت بذر در خزانه تا مرحله رسیدگی کامل دانه‌ها و برداشت محصول بوته‌های هر کرت)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه تصادفی در هر کرت بر حسب گرم)، عملکرد شلتوک (عملکرد شلتوک کل بوته‌های هر کرت محاسبه و بر حسب تن در هکتار بیان گردید)، عملکرد بیولوژیک (عملکرد شلتوک و ساقه و

پس از اندازه‌گیری و ارزیابی شاخص‌های مختلف، تجزیه واریانس ساده صفات در هر دو محیط، درصد میانگین کاهش صفات گیاهی در اثر تنش خشکی انتهای فصل و تجزیه واریانس مرکب آن‌ها در قالب تجزیه ادغام شده برای داده‌های دو محیط انجام شد. همچنین ضرایب همبستگی بین شاخص‌ها و عملکرد تحت هر دو شرایط محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و انجام کلیه تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای SAS^{۹.۱} و SPSS^{۱۱} استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر بسیار معنی‌داری

1- Relative water content
2- International Rice Research Institute

3- Paddy yield

اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد رویشی، گلدهی و پرشدن دانه‌ها را روی عملکرد و اجزای عملکرد ۴ رقم برنج طارم، خزر، فجر و نعمت مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که تنش آبی در مرحله رویشی به‌طور معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع بوته و تعداد پنجه‌ها شد، در حالی‌که تنش آبی در مرحله زایشی و پرشدن دانه، تعداد دانه و وزن دانه‌ها را کاهش داد. تنش آبی در مرحله گلدهی، کاهش عملکرد دانه بیشتری را نسبت به بقیه مراحل نشان داد. کاهش عملکرد دانه در نتیجه کاهش باروری گلچه‌ها و کاهش درصد پرشدن دانه‌ها بود. اعمال تنش آبی در مراحل رویشی، گلدهی و پرشدن دانه میزان عملکرد را به ترتیب به اندازه ۲۱، ۵۰ و ۲۱ درصد کاهش داد. رقم نعمت بیشترین کاهش عملکرد و طارم کمترین کاهش عملکرد را نشان داد. با توجه به این‌که آزمایش این محققین، در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفته و شرایط کاملاً متفاوتی را با زمین آزمایشی داشت و با توجه به این‌که در شرایط طبیعی تنش‌های محیطی دیگری بر روی گیاه تاثیر می‌گذارند و عملکرد آنها را تغییر می‌دهند، نتایج آنها با نتایج تحقیق حاضر مغایرت دارد.

فوکایی و کوپر (Fukai and Cooper, 1995) اظهار نمودند که با تلفیق تحقیقات فیزیولوژیکی و برنامه‌های به‌نژادی می‌توان ژنوتیپ‌های برنج متحمل به خشکی را از روی عملکرد دانه آن‌ها انتخاب نمود، به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی عملکرد دانه بالاتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشته باشند. این محققین همچنین بیان نمودند که دلیل اصلی کسری پیشرفت در اصلاح برای مقاومت به خشکی در برنج، عدم شناسایی دقیق محیط کشت برنج است. به عقیده آنها، ژنوتیپ‌هایی که تحت شرایط کمبود آب، پتانسیل آب برگ خود را در حد بالایی حفظ می‌کنند، بهتر رشد کرده و در نتیجه عملکرد دانه بیشتری نیز تولید می‌کنند (Fukai and Cooper, 1995). فوکایی (Fukai, 1999) نیز اظهار داشت که پایداری و

همچنین واکنش متفاوت نسبت به شرایط محیطی مرتبط دانست. با توجه به عملکرد و شاخص برداشت بالای رقم نعمت تحت شرایط رشدی و زمان گلدهی مناسب، این رقم جهت فرار از خشکی و حفظ رشد در خلال دوره خشکی رقمی مناسب برای کاشت در شرایط خشکی محسوب می‌گردد. لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش، عملکرد ژنوتیپ‌ها تنها شاخص انتخاب نیست، زیرا عملکرد دانه، صفت کمی بوده و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. همچنین وراثت پذیری این صفت به دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط (جدول ۴) پایین بوده و بنابراین انتخاب بر اساس صرفاً عملکرد دانه در جهت بهبود تحمل به خشکی چندان موثر نخواهد بود و باید اجزای عملکرد و سایر صفات مرتبط با عملکرد دانه را مدنظر قرار داد. صفات مورفولوژیک و فنولوژیک به سادگی و با دقت زیاد قابل اندازه‌گیری بوده و وراثت پذیری نسبتاً بالایی دارند، پس انتخاب بر اساس این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد (Richards, 1996). در حقیقت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی علاوه بر اینکه باید با توجه به نتایج هر دو آزمایش انجام شود، باید بر مبنای شاخص انتخاب که علاوه بر عملکرد، صفات مرتبط با عملکرد مثل تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه و صفات فنولوژیک را نیز در بردارد انجام شود. بیشتر بودن عملکرد بیولوژیک رقم نعمت را می‌توان به تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد خوشه‌چه در بوته نسبت داد، زیرا عملکرد بیولوژیک بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (جدول ۳). وینکل (Winkel, 1989) دریافت که در غلات حساس‌ترین مرحله به خشکی حد فاصل به خوشه رفتن تا گلدهی است و وارثه‌هایی که قبل از گلدهی بتوانند بیوماس بالایی تولید و ذخیره مواد پرورده در ساقه را افزایش دهند جزء وارثه‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند. پیردشتی و همکاران (Pirdashti et al., 2004)

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده برای صفات زراعی و مورفولوژیکی در ژنوتیپ های برنج در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 2. Analysis of variance for agromorphological traits in rice genotypes under non-stressed and stressed conditions

		میانگین مربعات (MS)																
		Non-stressed									بدون تنش							
		تعداد									روز تا ۵۰							
		خوشه در									روز تا							
		تعداد خوشه -									درصد							
		تعداد دانه پر									رسیدگی							
		تعداد خوشه -									وزن هزار							
		تعداد خوشه -									عملکرد							
		تعداد خوشه -									عملکرد							
		تعداد خوشه -									شاخص							
		تعداد خوشه -									آب نسبی							
S.O.V.	منابع تغییرات	df	ارتفاع بوته (PH)	طول خوشه (PL)	طول برگ (FLL)	عرض برگ (FLW)	تعداد دانه در خوشه (GNP)	تعداد خوشه در خوشه (SNP)	تعداد خوشه در بوته (PNP)	طول شلتوک (PL)	عرض شلتوک (PW)	درصد گلدهی (DF)	کامل (DM)	وزن هزار دانه (TGW)	عملکرد شلتوک (PY)	عملکرد بیولوژیک (BY)	برداشت (HI)	برگ (RWC)
Replication	تکرار	2	0.62 ^{ns}	1.71*	0.81 ^{ns}	0.00004 ^{ns}	2.35 ^{ns}	4.15 ^{ns}	1.80 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	10.90**	5.14**	0.009 ^{ns}	0.01*	0.002 ^{ns}	0.00007 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	48	2242.45**	38.69**	154.52**	0.07**	1277.68**	1481.18**	207.25**	1.63**	0.29**	266.53**	193.45**	9.25**	4.31**	12.89**	0.007**	0.02**
Error	اشتباه	96	1.60	0.43	0.66	0.0001	1.48	1.66	0.61	0.0001	0.0001	0.75	0.48	0.007	0.003	0.001	0.00003	0.00004
C.V.(%)	ضریب تغییرات (درصد)		10.00	9.02	8.91	9.60	7.70	7.60	6.03	4.10	4.00	9.90	6.10	0.34	17.20	15.32	15.21	4.00

Table 2: Continued

ادامه جدول ۲

میانگین مربعات (MS)

		Stressed																
		تنش									تنش							
		تعداد									روز تا ۵۰							
		تعداد خوشه -									روز تا							
		تعداد خوشه -									درصد							
		تعداد دانه در									رسیدگی							
		تعداد خوشه -									وزن هزار							
		تعداد خوشه -									عملکرد							
		تعداد خوشه -									عملکرد							
		تعداد خوشه -									شاخص							
		تعداد خوشه -									آب نسبی							
S.O.V.	منابع تغییرات	df	ارتفاع بوته (PH)	طول خوشه (PL)	طول برگ (FLL)	عرض برگ (FLW)	تعداد دانه در خوشه (GNP)	تعداد خوشه در خوشه (SNP)	تعداد خوشه در بوته (PNP)	طول شلتوک (PL)	عرض شلتوک (PW)	درصد گلدهی (DF)	کامل (DM)	وزن هزار دانه (TGW)	عملکرد شلتوک (PY)	عملکرد بیولوژیک (BY)	برداشت (HI)	برگ (RWC)
Replication	تکرار	2	2.98 ^{ns}	1.22*	3.26**	0.00004 ^{ns}	5.70*	11.10**	4.38 ^{ns}	0.0003 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	7.63**	0.49 ^{ns}	0.00002 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.00009 ^{ns}	0.00006 ^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	48	2270.50**	33.22**	61.30**	0.06**	938.99**	981.69**	63.68**	2.23**	0.23**	208.77**	193.72**	15.43**	2.79**	10.64**	0.009**	0.01**
Error	اشتباه	96	1.94	0.29	0.43	0.0003	1.26	1.65	0.70	0.0003	0.00009	0.88	0.66	0.0002	0.003	0.007	0.0001	0.00005
C.V.(%)	ضریب تغییرات (درصد)		16.11	9.31	8.10	7.21	9.70	8.80	9.54	8.10	4.50	10.50	7.30	0.90	19.81	18.31	16.21	5.10

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns, * and **: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ پرچم، FLW: عرض برگ پرچم، GNP: تعداد دانه پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه چه در خوشه، PNP: تعداد خوشه در بوته، PL: طول شلتوک، PW: عرض شلتوک، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DM: روز تا رسیدگی کامل، TGW: وزن هزار دانه، PY: عملکرد شلتوک، BY: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت و RWC: آب نسبی برگ.

PH: Plant height, PL: Panicle Length, FLL: Flag leaf length, FLW: Flag leaf width, GNP: Grain number per panicle, SNP: Spikelet number per panicle, PNP: Panicle number per plant, PL: Paddy length, PW: Paddy width, DF: Days to flowering, DM: Days to maturity, TGW: Thousand grain weight, PY: Paddy yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, RWC: Relative water content.

جدول ۳- میانگین و درصد کاهش آنها در ژنوتیپ‌های برنج در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 3. Means and the reduction percentage of them in rice genotypes under non-stressed and stressed

صفت Trait	شرایط تنش خشکی		درصد کاهش Reduction (%)	مقدار t t - Value
	Stressed condition	Non-stressed condition		
PH	119.56	126.18	5.24	1.20 ^{ns}
PL	27.94	31.44	11.13	5.00 ^{**}
FLL	36.58	42.89	14.71	5.09 ^{**}
FLW	0.40	1.55	9.67	4.78 ^{**}
GNP	115.41	157.27	26.61	10.76 ^{**}
SNP	145.39	169.44	14.19	5.79 ^{**}
PNP	16.97	25.48	33.39	6.23 ^{**}
PL	9.53	9.81	2.85	1.77 ^{ns}
PW	2.48	2.58	3.87	1.72 ^{ns}
DF	88.82	91.35	2.76	1.50 ^{ns}
DM	110.13	113.59	3.04	2.19 [*]
TGW	22.97	25.32	9.28	5.75 ^{**}
PY	2.92	4.87	40.04	8.96 ^{**}
BY	6.74	9.86	31.64	7.79 ^{**}
HI	0.43	0.49	12.24	5.82 ^{**}
RWC	0.55	0.67	17.91	7.06 ^{**}

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability levels, respectively

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ پرچم، FLW: عرض برگ پرچم، GNP: تعداد دانه بر در خوشه، SNP: تعداد خوشه‌چه در خوشه، PNP: تعداد خوشه در بوته، PL: طول شلتوک، PW: عرض شلتوک، DF: روز تا رسیدگی کامل، DM: روز تا رسیدگی کامل، TGW: وزن هزار دانه، PY: عملکرد شلتوک، BY: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت و RWC: آب نسبی برگ.

PH: Plant height, PL: Panicle Length, FLL: Flag leaf length, FLW: Flag leaf width, GNP: Grain number per panicle, SNP: Spikelet number per panicle, PNP: Panicle number per plant, PL: Paddy length, PW: Paddy width, DF: Days to flowering, DM: Days to maturity, TGW: Thousand grain weight, PY: Paddy yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, RWC: Relative water content.

گرفته‌اند و از نظر عملکرد و شاخص‌های تحمل به خشکی (جدول ۵) نیز در وضعیت مطلوبی قرار دارند. بنابراین در تحقیقات مربوط به تحمل به خشکی (به‌ویژه تنش‌های آخر فصل) توجه به صفت زودرسی گیاه ضرورت دارد تا اثر تنش در زمان گلدهی به حداقل برسد، چون زمان گلدهی به عنوان مرحله اصلی تعیین کننده عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج محسوب می‌شود.

درصد کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی، مربوط به عملکرد شلتوک (۴۰ درصد) محاسبه گردید که با در نظر گرفتن درصد تغییرات

عملکرد بالا در برنج‌های غرقابی تحت تنش خشکی می‌تواند به وسیله فنولوژی مناسب گیاه تامین شود، به-ویژه دوره رشد کوتاه (زودرسی) می‌تواند مانع از تقارن گلدهی و رسیدگی با تنش خشکی دیرهنگام (آخر فصل) شود. با توجه به اینکه رقم محمدی چپرسر از زودرس ترین ژنوتیپ‌ها محسوب شده و اثر تنش در زمان گلدهی آن حداقل است. با وجود این که این رقم بدلیل زودرسی از مکانیسم فرار از خشکی استفاده کرده ولی به علت دارا بودن عملکرد پایین در شرایط تنش نمی‌تواند به عنوان یک رقم متحمل به شمار رود. زمان رسیدگی ارقامی مانند نعمت، بجار و IR50 به گونه‌ای است که کمتر تحت تاثیر تنش خشکی دیرهنگام قرار

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف در ژنوتیپ های برنج در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی

Table 4. Combined analysis of variance for different traits in rice genotypes under non – stressed and stressed conditions

S.O.V	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (MS)					
			PH	PL	FLL	GNP	SNP	PNP
Environment (E)	محیط	1	3222.92**	904.01**	2933.61**	128799.87**	42526.53**	5326.11**
Rep (Environment)	تکرار درون محیط	4	1.80 ^{ns}	1.46**	2.04**	4.02*	7.62**	3.09**
Genotype	ژنوتیپ	48	4451.49**	63.32**	184.31**	1806.36**	2033.21**	216.85**
Environment × Genotype	ژنوتیپ × محیط	48	61.45**	8.59**	31.51**	410.30**	429.66**	54.08**
Error	اشتباه آزمایشی	192	1.77	0.36	0.55	1.37	1.66	0.65
C.V.(%)	ضریب تغییرات (درصد)		8.1	7.02	8.1	8.6	8.1	8.32

ادامه جدول ۴

Table 4: Continued

S.O.V	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (MS)					
			PW	DF	DM	PY	HI	RWC
Environment (E)	محیط	1	0.79**	470.69**	881.22**	278.79**	0.25**	0.96**
Rep (Environment)	تکرار درون محیط	4	0.0001 ^{ns}	9.27**	2.82**	0.006 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	48	0.48**	461.13**	367.52**	5.73**	0.015**	0.03**
Environment × Genotype	ژنوتیپ × محیط	48	0.04**	14.17**	19.65**	1.36**	0.001**	0.008**
Error	اشتباه آزمایشی	192	0.01	0.81	0.57	0.003	0.00009	0.00005
C.V.(%)	ضریب تغییرات (درصد)		4.00	10.00	6.70	14.10	12.20	5.11

ns, * and **: Non-significant, significant at 5% and 1% probability level, respectively.

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ پرچم، FLW: عرض برگ پرچم، GNP: تعداد دانه پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه چه در خوشه، PNP: تعداد خوشه در بوته، PL: طول شلتوک، PW: عرض شلتوک، DF: روز تا رسیدگی کامل، DM: روز تا رسیدگی کامل، TGW: وزن هزار دانه، PY: عملکرد شلتوک، BY: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت و RWC: آب نسبی برگ.

PH: Plant height, PL: Panicle length, FLL: Flag leaf length, FLW: Flag leaf width, GNP: Grain number per panicle, SNP: Spikelet number per panicle, PNP: Panicle number per plant, PL: Paddy length, PW: Paddy width, DF: Days to flowering, DM: Days to maturity, TGW: Thousand grain weight, PY: Paddy yield, BY: Biological yield, HI: Harvest index, RWC: Relative water content.

دانه را به طور معنی داری کاهش داد. این تاثیر بعد از ۲۵ روز خیلی ضعیف شده و آب موجود در خاک نیاز آبی گیاه را تا ده روز تامین کرد.

درصد کاهش طول برگ پرچم و عرض برگ پرچم در اثر تنش خشکی به ترتیب ۱۴/۷۱ و ۹/۶۷ درصد بود (جدول ۳). از آنجایی که برگ پرچم یکی از اجزای فعال در فتوسنتز برنج می باشد، به این ترتیب احتمالاً کاهش طول و عرض برگ پرچم یکی از دلایل کاهش تعداد دانه پر در خوشه و متعاقب آن عملکرد دانه بوده است. نتایج تحقیقات سایر محققین نیز نشان می دهد که کاهش طول و عرض برگ پرچم در برنج باعث

صفات می توان چنین استنباط کرد که این آسیب ناشی از کاهش شدید اجزای عملکرد (تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه چه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزار دانه) می باشد که دلیل آن اعمال تنش کمبود آب در دوره پر شدن دانه می باشد. نتایج مذکور با یافته های پیردشتی و همکاران (Pirdashti et al., 2004)، جونگدی و همکاران (Jongdee et al., 1997)، ژانگ و همکاران (Zheng et al., 2003) و ماتسوشیما (Matsushima, 1966) مطابقت دارد. ژانگ و همکاران (Zheng et al., 2003) به این نتیجه دست یافتند که تنش رطوبتی تا ۲۵ روز بعد از ۸۰ درصد خوشه دهی عملکرد

جدول ۵- میانگین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد ارقام برنج در شرایط تنش خشکی و بدون تنش (با استفاده از روش توکی در سطح احتمال ۱٪)

Table 5. Mean comparison of paddy yield and drought tolerance indices in rice genotypes under stress and non-stress (using Tukey method at the 1% probability level) conditions

Genotype	ژنوتیپ	عملکرد شلتوک		شاخص‌های تحمل به تنش					
		Paddy yield		Stress tolerance index					
		Y _S	Y _P	MP	GMP	HM	TOL	SSI	STI
Abjiboujy	آبجی بوجی	2.02	3.87	2.95	2.80	2.66	1.84	1.19	0.33
Sadri	صدری	2.08	3.92	3	2.85	2.72	1.84	1.17	0.34
Domsiah-Solimandarab	دم‌سیاه سلیمانداراب	2.71	4.39	3.55	3.45	3.36	1.67	0.95	0.50
Mohammadi-Chaparsar	محمدی چپرسر	2.85	3.94	3.40	3.35	3.31	1.09	0.69	0.47
Ghashange	قشنگه	3.27	5.09	4.18	4.08	3.99	1.82	0.89	0.70
Mehr	مهر	2.44	4.42	3.43	3.28	3.14	1.98	1.12	0.45
Amol 3	آمل ۳	2.78	5.24	4.01	3.82	3.64	2.46	1.17	0.61
Tarom-Mantaghe	طارم منطقه	3.11	6.17	4.64	4.38	4.14	3.05	1.24	0.81
Gharib	غریب	2.49	3.74	3.12	3.05	2.99	1.25	0.83	0.39
Hasansaraei	حسن سرایی	2.40	3.74	3.07	3	2.92	1.34	0.89	0.38
Hasansaraei-Atashgah	حسن سرایی آتشفشان	2.14	3.13	2.64	2.59	2.55	0.99	0.78	0.28
Domsephid	دم سفید	1.82	2.74	2.28	2.24	2.19	0.92	0.84	0.21
Salari	سالاری	2.33	3.33	2.83	2.73	2.74	0.99	0.74	0.32
Anbarboo	عنبربو	2.27	3.31	2.79	2.74	2.69	1.04	0.79	0.31
Sepidrood	سپیدرود	4.59	6.53	5.56	5.48	5.40	1.93	0.74	1.26
Sangjo	سنگ جو	2.58	4.69	3.64	3.48	3.33	2.11	1.12	0.51
Champaboodar	چمپا بودار	4.12	5.79	4.96	4.89	4.82	1.66	0.72	1.01
Binam	بینام	3.22	5.23	4.23	4.11	3.99	2.01	0.95	0.71
Bejar	بچار	4.03	6.98	5.50	5.30	5.11	2.95	1.05	1.18
Dorfak	درفک	2.68	6.07	4.38	4.04	3.72	3.38	1.39	0.68
Domsorkh	دم سرخ	1.96	3.80	2.88	2.73	2.59	1.83	1.21	0.31
Domsiah	دم سیاه	3.67	3.92	3.79	3.79	3.79	0.25	0.16	0.22
Khazar	خزر	3.27	5.26	4.27	4.15	4.03	1.99	0.94	0.72
Domzard	دم زرد	2.22	3.99	3.11	2.98	2.86	1.77	1.10	0.37
Alikazemi	علی کاظمی	3.13	4.39	3.76	3.71	3.66	1.25	0.71	0.57
Kadous	کادوس	3.66	5.63	4.64	4.54	4.44	1.97	0.87	0.87
Shahpasand	شاه پسند	3.41	4.94	4.18	4.11	4.04	1.53	0.77	0.71

بود. از آنجایی که در اثر تنش خشکی طول دوره زایشی گیاهان کاهش یافته بود این نتیجه دور از انتظار نمی‌باشد، زیرا در اثر تنش خشکی سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد و به علت کمی مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می‌گردد، و این تنش خشکی، موجب کاهش نسبی بیشتر تعداد دانه‌ها در مقایسه با وزن دانه شد که با گزارشات فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) در خصوص گندم نان

کاهش فتوسنتز شده و سپس موجب کاهش تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در بوته یعنی اجزای عملکرد می‌گردد (Lafitte et al., 2004; Kumar and Kujur, 2003). صفات تعداد خوشه در بوته (۳۳/۴۰ درصد) و تعداد دانه پر در خوشه (۲۶/۶۰ درصد) بیشتر تحت تاثیر تنش قرار گرفتند، بطوری که کاهش شدید این عوامل باعث کاهش عملکرد شلتوک شد. بنابراین کاهش عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی به ترتیب به علت کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه

ادامه جدول ۵
Table 5: Continued

Genotype	ژنوتیپ	عملکرد شلتوک		شاخص های تحمل به تنش					
		Y _s	Y _p	Stress tolerance index					
		MP	GMP	HM	TOL	SSI	STI		
Deylamani	دیلمانی	2.07	4.88	3.48	3.18	2.91	2.81	1.44	0.42
Tarommahali	طارم محلی	2.41	3.70	3.06	2.99	2.93	1.28	0.86	0.37
Deilamani	دیلمانی	3.26	6.82	5.04	4.71	4.41	3.55	1.30	0.93
Neda	ندا	3.59	4.65	4.12	4.09	4.05	1.06	0.56	0.70
Sange-Tarom	سنگ طارم	2.78	5.04	3.91	3.75	3.59	2.26	1.12	0.59
Gill 1	گیل ۱	3.33	5.96	4.65	4.46	4.28	2.62	1.10	0.83
Gill 3	گیل ۳	7.07	7.31	7.19	7.19	7.19	0.24	0.08	2.18
Nemat	نعمت	2.23	3.56	2.89	2.82	2.74	1.33	0.93	0.33
Gharib-Siahreihani	غرب سیاه ریحانی	2.32	4.10	3.21	3.08	2.96	1.78	1.08	0.40
Ahlami-Tarom	اهلمی طارم	2.55	4.17	3.36	3.26	3.17	1.62	0.97	0.44
Hashemi	هاشمی	4.35	4.99	4.67	4.66	4.65	0.64	0.32	0.91
Line 6	لاین ۶	3.01	6.14	4.58	4.30	4.05	3.12	1.27	0.78
IR24		2.90	5.08	3.99	3.84	3.69	2.18	1.07	0.62
IR60		2.05	6.52	4.28	3.65	3.12	4.47	1.71	0.56
IR30		4.38	6.15	5.26	5.19	5.11	1.77	0.72	1.13
IR50		2.66	5.05	3.85	3.66	3.49	2.39	1.18	0.57
IR36		1.88	6.54	4.21	3.51	2.92	4.66	1.78	0.51
New Bonnet		3.09	4.03	3.56	3.52	3.49	0.49	0.58	0.52
Vandana		4.04	6.98	5.51	5.31	5.12	2.93	1.05	1.18
IR64		1.68	2.76	2.22	2.15	2.09	1.08	0.97	0.19
Araguiua		1.46	3.97	2.72	2.41	2.14	2.51	1.58	0.24
Diwani		2.81	5.93	4.37	4.08	3.81	3.12	1.31	0.70
IR28		2.41	3.70	3.06	2.99	2.93	1.28	0.86	0.37
	HSD (1%)	0.18	0.18	0.13	0.14	0.16	0.26	0.11	0.05

Y_p = Yield potential
 Y_s = Yield in stressed condition
 MP = Mean Productivity
 GMP = Geometrical Mean Productivity
 HM = Harmonic Mean
 Tol = Tolerance Index
 STI = Stress Tolerance Index
 SSI = Stress Susceptibility Index
 HSD = Tukey's honestly significant differences

عملکرد بالقوه
 عملکرد در شرایط تنش
 میانگین حسابی
 میانگین هندسی
 میانگین هارمونیک
 شاخص تحمل
 شاخص تحمل به تنش
 شاخص حساسیت به تنش
 حداقل تفاوت قابل اعتماد توکی

نتایج فیشر و فوکایی (Fischer and Fukaei, 2003) مطابقت دارد. بیکر (Baker, 1978) عقیده دارد که انتخاب برای شاخص برداشت بالاتر، در غالب اوقات برای بهبود مقاومت به خشکی مفید است. پیردشتی و همکاران (Pirdashti et al., 2004) همچنین علت کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی را به حساسیت بیشتر ژنوتیپ ها در مرحله رشد زایشی در مقایسه با مرحله رشد رویشی نسبت داده اند و همچنین به دلیل کاهش رطوبت خاک و بروز تنش خشکی در دوره رشد

مطابقت دارد. بر اساس اظهارات آن ها خشکی شدید منجر به کاهش نسبی تعداد دانه در مقایسه با وزن دانه در گندم نان شد. در این تحقیق تنش خشکی باعث تغییر ۹/۲۸ درصدی وزن هزار دانه شد. پیردشتی و همکاران (Pirdashti et al., 2004) عنوان نمودند که وزن هزار دانه در شرایط تنش، طی دوره پر شدن دانه ۱۷ درصد کمتر از شرایط بدون تنش بود. صفات عملکرد بیولوژیک (۳۱/۶۴ درصد) و شاخص برداشت (۱۲/۲۴ درصد) نیز نسبت به تنش خشکی واکنش منفی نشان دادند که با

که این اثر متقابل برای تمامی صفات معنی دار بود، و مفهوم آن این است که میزان تغییرات ژنوتیپ‌های مختلف در شرایط متفاوت رطوبتی برای تمامی صفات یکسان نبوده و ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی در دو شرایط تنش و نرمال داشتند. از طرفی به عبارت دیگر چون برخی از صفات به‌طور معنی داری با عملکرد گیاه مرتبط می‌باشند و از طرفی چون میزان تغییرات عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی برای کلیه ژنوتیپ‌ها یکسان نیست، انتظار می‌رود که تغییرات اجزای عملکرد هم در این وضعیت برای ژنوتیپ‌های مختلف یکسان نباشد.

بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که، بیشترین مقدار شاخص میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP)، میانگین هارمونیک (HM)، شاخص تحمل (STI) و کمترین مقدار شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) متعلق به رقم نعمت بود (جدول ۵). لازم به ذکر است که شدت تنش (SI) بر اساس فرمول فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) معادل ۰/۴۰ بود. پس از رقم نعمت، ارقام سپیدرود، IR64، بجار و IR50 دارای بالاترین مقادیر برای شاخص‌های MP، GMP، HM و STI بودند ولی با رقم نعمت اختلاف معنی داری داشتند. در مقابل، ارقام دم‌سیاه، لاین ۶ و Vandana دارای مقادیر نسبتاً پایین برای شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و شاخص تحمل TOL، پس از رقم نعمت بودند و رقم دم‌سیاه اختلاف معنی داری با رقم نعمت نداشت (جدول ۵). 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

دانه و اثر آن در فرآیندهای داخلی گیاه، شاخص برداشت کاهش می‌یابد و دلیل دیگر کاهش شاخص برداشت، کاهش قدرت انتقال مواد پرورده از ساقه به دانه‌ها است. همچنین تنش خشکی باعث تغییر ۱۷/۹۱ درصدی میزان نسبی آب برگ (RWC) شد. کاهش میزان نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی توسط پیردشتی و همکاران (۱۳۸۳) و یاداو و بوهوشان (Yadav and Bhushan, 2001) نیز گزارش شده است. مقدار نسبی آب برگ به‌طور مستقیم با تورم یاخته و پتانسیل آبی گیاه ارتباط دارد. از طرف دیگر تورم در ارتباط با توسعه و تقسیم سلولی است و بدین ترتیب ارتباط نزدیکی بین میزان نسبی آب برگ و عملکرد بیولوژیک وجود دارد (Yadav and Bhushan, 2001).

جهت انجام تجزیه واریانس مرکب، آزمون یکنواختی واریانس‌ها (آزمون بارتلت) انجام شد. به دلیل غیریکنواخت بودن واریانس صفات عرض برگ پرچم، طول شلتوک، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک، این صفات وارد تجزیه واریانس مرکب نشدند. در جدول ۴ نتایج تجزیه واریانس مرکب ۴۹ ژنوتیپ برای هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی به‌عنوان دو محیط متفاوت ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که اثر محیط برای کلیه صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همچنین میان ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات تغییرات قابل ملاحظه‌ای در هر دو محیط وجود داشت که مفهوم آن این است که در نتیجه اثر دو محیط تغییرات قابل ملاحظه و بسیار معنی داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. البته نتیجه فوق دور از انتظار نیز نبود، چرا که ارقام مورد مطالعه در آزمایش دارای مبدا متفاوت و شامل ارقام محلی، اصلاح شده داخلی و خارجی و حتی ارقام آپلند بوده و طبیعتاً تفاوت بین ۴۹ رقم نیز می‌تواند معنی دار باشد. اما هدف آزمایش بررسی واکنش ژنوتیپ‌ها در دو محیط و شناسایی رقم یا رقم‌های متحمل به خشکی بود. بر این اساس تجزیه واریانس اثر متقابل ژنوتیپ × محیط صورت گرفت و ملاحظه شد

پایینی نیز دارند (سوری و همکاران، ۱۳۸۴).

مقایسه میانگین حسابی (MP)، میانگین هندسی (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) ژنوتیپ‌ها نشان داد که انتخاب بر اساس این معیارها منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط می‌شود. سایر محققین نیز این نتیجه را برای شاخص‌های مذکور گزارش کرده‌اند (نورمند مویید، ۱۳۷۶; Quisenberry, 1982). از نظر شاخص‌های MP، GMP، HM، STI و TOL و SSI رقم نعمت بهترین رقم شناخته شد، این رقم با عملکرد شلتوک به ترتیب با مقدار ۷/۳۱ و ۷/۰۷ تن در هکتار بیشترین عملکرد را به ترتیب در محیط بدون تنش و تنش خشکی به خود اختصاص داد. ارزیابی شاخص تحمل (TOL) برای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نیز نشان داد که معمولاً ژنوتیپ‌هایی که تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان دادند، عملکرد بالایی نداشتند. رقم دم‌سیاه کمترین شاخص تحمل به خشکی (TOL) و شاخص حساسیت به تنش (SSI) را بعد از رقم نعمت نشان داد و از عملکرد مناسبی در شرایط تنش برخوردار بود و میزان کاهش عملکرد آن در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش در حد نسبتاً پایین بود، ولی از نظر شاخص‌های MP، GMP، HM و STI در وضعیت مطلوبی قرار نداشت (جدول ۵). بعد از رقم دم‌سیاه، لاین ۶ نیز تحمل به خشکی بالایی داشت ولی از عملکرد مناسبی در شرایط تنش برخوردار نبود. این ژنوتیپ از لحاظ شاخص حساسیت به خشکی (SSI) نیز رتبه سوم را کسب نمود (جدول ۵).

نتایج حاصل از محاسبه میزان همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی و بدون تنش در جدول (۶) ارائه شده است. همبستگی عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی و بدون تنش برابر با $r=0/62$ بود که در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. عملکرد شلتوک در شرایط بدون تنش با شاخص‌های MP، GMP، HM، TOL، SSI، STI،

RWC_N و RWC_S در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد و عملکرد شلتوک تحت شرایط تنش با شاخص‌های MP، GMP، HM، STI، RWC_N و RWC_S نیز در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. پیردشتی و همکاران (۱۳۸۳) اظهار نمودند که بین مقدار آب نسبی برگ با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. عملکرد دانه تحت شرایط تنش با شاخص‌های TOL و SSI همبستگی منفی و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. به‌طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو محیط دارای همبستگی بالایی با عملکرد دانه باشند می‌توانند به عنوان شاخص‌های مناسب معرفی شوند، چرا که این شاخص‌ها قادر به جدا کردن و شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط می‌باشند (زارع و همکاران، ۱۳۸۳; Fernandez, 1992). در همین رابطه با توجه به نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌های مختلف و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش، می‌توان شاخص‌های MP، GMP، HM، STI و RWC را به عنوان شاخص‌های مناسب جهت دستیابی به ارقام پرمحصول در هر دو شرایط محیطی معرفی نمود، اما مشکل تعدادی از این شاخص‌ها این است که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها نیستند، به طوری که فرناندز (Fernandez, 1992) با استفاده از نتایج همبستگی بین شاخص‌های MP، TOL، SSI و STI با Y_p و Y_s نتیجه گرفت که STI، شاخص عملکرد بالقوه و تحمل به تنش می‌باشد و قادر است که ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها جدا نماید. فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) شاخص‌های MP، GMP و STI را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی نمودند.

محققینی نظیر خلیلی و همکاران (۱۳۷۹) و سمیع‌زاده و همکاران (۱۳۷۷) گزارش نمودند که شاخص‌های MP و STI به عنوان بهترین شاخص‌ها می‌توانند جهت دستیابی به ارقام پرمحصول در هر دو شرایط محیطی

جدول ۶- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد شلتوک برای ژنوتیپ‌های برنج در شرایط بدون تنش و تنش خشکی

Table 6. Correlation coefficients between drought tolerance and susceptibility indices and paddy yield for rice genotypes under non – stressed (N) and stressed (S) conditions

شاخص تحمل به خشکی Drought tolerance indices	Y _S	Y _P	MP	GMP	HM	TOL	SSI	STI	RWC _S	RWC _N
Y _S	1	0.62**	0.87**	0.93**	0.96**	-0.22**	-0.61**	0.94**	0.88**	0.62**
Y _P		1	0.92**	0.86**	0.79**	0.62**	0.20**	0.81**	0.56**	0.91**
MP			1	0.99**	0.96**	0.27**	-0.18 ^{ns}	0.96**	0.77**	0.87**
GMP				1	0.99**	0.14 ^{ns}	-0.30**	0.98**	0.83**	0.81**
HM					1	0.02 ^{ns}	-0.41**	0.98**	0.87**	0.75**
TOL						1	0.87**	0.06 ^{ns}	-0.18 ^{ns}	0.52**
SSI							1	-0.35**	-0.57**	0.14 ^{ns}
STI								1	0.79**	0.78**
RWC _S									1	0.56**
RWC _N										1

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: Non – significant

ns: غیر معنی‌دار

Y_P = Yield potential

عملکرد بالقوه

Y_S = Yield in stressed condition

عملکرد در شرایط تنش

MP = Mean Productivity

میانگین حسابی

GMP = Geometrical Mean Productivity

میانگین هندسی

HM = Harmonic Mean

میانگین هارمونیک

Tol = Tolerance Index

شاخص تحمل

STI = Stress Tolerance Index

شاخص تحمل به تنش

SSI = Stress Susceptibility Index

شاخص حساسیت به تنش

جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش و در عین حال با عملکرد بالا در برنج پیشنهاد نمود. از نظر این شاخص ارقام نعمت، سپیدرود، IR50، IR64 و بچار را ارقام متحمل و ارقام Diwani، Araguiua، دم‌سفید، حسن سرایی آتشگاه و دم‌سرخ را ارقام حساس به تنش خشکی انتهای فصل شناخته شدند.

به کار روند. همچنین انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها در این تحقیق با نتایج امام جمعه (۱۳۷۸)، فرشادفر و همکاران (۱۳۸۰) و سوری و همکاران (۱۳۸۴) در مطالعه بر روی نخود کاملاً مطابقت دارد. معروفی و فرشادفر (۱۳۸۱) به منظور تعیین شاخص‌های مقاومت به خشکی و شناسایی بهترین لاین‌های جایگزینی در گندم به این نتیجه دست یافتند که شاخص‌های مقاومت به خشکی STI، MP و GMP با عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بسیار بالا و معنی‌داری دارند.

سپاسگزاری

از کلیه همکاران و کارکنان دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان به خاطر همکاری صمیمانه آن‌ها در اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌شود. همچنین از قطب علمی برنج کشور مستقر در دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان به خاطر مساعدت‌های بیدریغ‌شان در انجام تحقیق قدردانی می‌شود.

بنابراین با توجه به شاخص‌های محاسبه شده در این تحقیق می‌توان شاخص STI را به دلیل داشتن ضریب همبستگی معنی‌دار و بالاتر از سایر شاخص‌ها در هر دو شرایط تنش و بدون تنش و جدا کردن ژنوتیپ‌های گروه A از سایر ژنوتیپ‌ها به عنوان بهترین شاخص

References

منابع مورد استفاده

- امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه.
- پیردشتی، ه.، ز. طهماسبی سروستانی، ق. نعمت زاده و ا. عبدالباقی. ۱۳۸۳. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد ارقام مختلف برنج. چکیده مقالات هشتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.
- خلیلی، م.، ح. کاظمی اربط، م. مقدم، م. ر. شکبیا و ر. چوگان. ۱۳۷۹. ارزیابی شاخص های مقاومت به خشکی در مراحل مختلف فنولوژیکی ژنوتیپ های ذرت. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. بابلسر، دانشگاه مازندران. صفحه ۱۰۹.
- زارع، م.، ح. زینالی خانقاه و ج. دانشیان. ۱۳۸۳. ارزیابی تحمل برخی ژنوتیپ های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۴، صفحه ۸۶۷-۸۵۹.
- سمیع زاده، ح.، ع. ر. طالعی، ع. گرامی و ح. پوردوایی. ۱۳۷۷. بررسی تعیین مناسب ترین شاخص حساسیت به خشکی در ارقام نخود. چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. صفحه ۲۴۸.
- سوری، ج.، ح. دهقانی و ح. صباغ پور. ۱۳۸۴. مطالعه ژنوتیپ های نخود در شرایط تنش آبی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۶، شماره ۶، صفحه ۱۵۲۷-۱۵۱۷.
- شفازاده، م.، ا. یزدان سپاس، ا. امینی و م. قنادها. ۱۳۸۳. بررسی تحمل به تنش خشکی آخر فصل در ژنوتیپ های امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص های حساسیت و تحمل به تنش. مجله نهال و بذر. جلد ۲، شماره ۱، صفحه ۷۱-۵۷.
- فرشادفر، ع.، م. ر. زمانی، م. مطلبی و ع. امام جمعه. ۱۳۸۰. انتخاب برای مقاومت به خشکی در لاین های نخود. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۲، صفحه ۷۶-۶۵.
- کریمی، ه. ۱۳۷۰. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم. ۳۸۷ صفحه.
- معروفی، ه. و ع. فرشادفر. ۱۳۸۱. بررسی مقاومت به خشکی لاین های جایگزینی بین واریته های گندم در شرایط عادی و تنش خشکی. چکیده مقالات هفتمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- نورمند موید، ف. ۱۳۷۶. بررسی تنوع صفات کمی و رابطه آن ها با عملکرد گندم نان در شرایط دیم و آبی و تعیین شاخص مقاومت به خشکی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- Anon. 1996. Standard evaluation system for rice. 4th edition. Manila, Philippines.
- Baker, R. J. 1978. Issues in diallels analysis. Crop Sci. 18: 553-536.
- Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C. G. (ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crop to Temperature and Water Stress, Taiwan, 13-18 August, pp. 257-270.
- Fischer, K. S. and S. Fukai. 2003. How rice response to drought? 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.
- Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978.** Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian J. of Agric. Res. 29: 897-912.
- Fukai, S. 1999.** Phenology in rainfed lowland rice. Field Crops Res. 64: 51-60.
- Fukai, S. and M. Cooper. 1995.** Development of drought resistant cultivars using physio-morphological traits in rice. Field Crops Res. 40: 67-86.
- I.R. of Iran Meteorological Organization (IRIMO). 2006.** <http://www.weather.ir>
- Jongdee, B., J. H. Mitchell, S. Fukai. 1997.** Modeling approach for estimation of rice yield reduction due to drought in Thailand. ACIAR Proceedings 77: 65-73.
- Kumar, R. and R. Kujur. 2003.** Role of secondary traits in improving the drought tolerance during flowering stage in rice. Indian J. of Plant Physiology 8: 236-240.
- Lafitte, H. R., A. H. Price and B. Courtois. 2004.** Yield response to water deficit in an upland rice mapping population: Associations among traits and genetic markers. Field Crops Res. 6: 1237-1246.
- Lafitte, R. 2003.** Managing water for controlled drought in breeding plots. In: Fischer, R. A., R. Lafitte, S. Fukai, G. Altin and B. Hardy. (eds.). Breeding rice for drought-prone environment. International Rice Research Institute, Los Banos Philippines.
- Matsushima, S. 1966.** Crop science in rice: Theory of yield determination and its application. Fuji Publishing, Tokyo. pp. 125-136.
- O'Toole, J. C. and T. T. Chang. 1979.** Drought resistance in cereals. Rice: A case study. In: Messel, H. and R. C. Taples. (eds.). Physiology of crop plants. John Wiley and Sons, New York. pp. 347-405.
- Pirdashti, H., Z. T. Sarvestani, G. Nematzadeh and A. Ismail. 2004.** Study of water stress effects in different growth stage on yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. New directions for a diverse planet: Proceeding of 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 26 Sep. – 1 Oct. 2004.
- Quisenberry, J. E. 1982.** Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. In: Christiansen, M. N. and C. P. Lewis. (eds.). Breeding plants for less favorable environments Wiley Intersciences. New York, USA. pp. 193-212.
- Richards, R. A. 1996.** Definding selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Reg. 20: 157-166.
- Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 943-946.
- Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 2000.** Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-38.
- Winkel, A. 1989.** Breeding for drought tolerance in cereals. Vertage for pflan zenzuchtung 16: 357-368.
- Yadav, R. S. and C. Bhushan. 2001.** Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. Indian J. of Agric. Res. 2: 104-107.
- Zheng, J. G., G. J. Ren, X. J. Lu and X. L. Jiang. 2003.** Effect of water stress on rice grain yield and quality after heading stage. Chinese J. of Rice Sci. 3: 239-243.

Evaluation of tolerance to terminal drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes

Safaei Chaeikar, S¹., B. Rabiei², H. Samizadeh³ and M. Esfahani⁴

ABSTRACT

Safaei Chaeikar, S., B. Rabiei, H. Samizadeh and M. Esfahani. 2008. Evaluation of tolerance to terminal drought stress in rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 9 (4): 315-331.

In order to evaluate rice genotypes for tolerance to terminal drought stress and to identifying tolerant and sensitive genotypes to this stress, 49 rice genotypes were studied in two environments (stressed and non - stressed conditions) using randomized complete blocks design with three replications in Research Field, Faculty of Agricultural Sciences, Guilan University in 2006 cropping season. The studied traits were included: plant height, panicle number plant, grain number panicle, spikelet number panicle, paddy yield, harvest index, relative water content, etc. Analysis of variance showed that there were significant effect ($p < 0.01$) of genotypes on all traits in two environments, which implies genetic variation among genotypes. Mean comparison of genotypes showed that in two environments, the highest paddy yield belonged to Nemat cultivar (7.31 and 7.07 t/ha respectively), whereas the least paddy yield in non - stressed environment belonged to Dom - sefid's cultivar (2.74 t/ha) and in drought stressed environment to Diwani's cultivar (1.46 t/ha). Considering yield components (panicle number/ plant, spikelet number/ panicle, grain number/panicle in Nemat contributed to its higher paddy yield in stressed and non - stressed conditions. Percentage of reduction in traits means by drought stress showed that the paddy yield (40%) was the most affected trait. According to drought resistant indices, the highest mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), harmonic mean (HM), stress tolerance index (STI), relative water content (RWC) and the least stress susceptibility index (SSI) and tolerance index (TOL) belonged to Nemat's cultivar. Relationship between drought resistant indices and paddy yield in stressed and non - stressed environments showed that MP, GMP, HM, STI and RWC indices had positive and significant correlation with yield in stress and non - stress environments and would be suitable indices in both environments for selection of drought tolerant cultivars. It is concluded that STI, is the most suitable index among drought indices.

Keywords: Rice, Terminal drought stress, Drought tolerance indices, Paddy yield, Panicle.

Received: August, 2007

1. Former M.Sc. Student, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.

2. Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran (Corresponding author).

3 and 4. Assistant Professor, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.