Archive of SID

"مجله علوم زراعی ایران"
جلد نهم، شماره ٤، زمستان ١٣٨٦

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

صنم صفائی چائی کار[1]، بابک ربیعی[2]، حبیب اله سمیع زاده[3] و مسعود اصفهانی[4]

چکیده

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

به منظور ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج به تنش خشکی انتهای فصل و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به این تنش، ۴۹ ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی در قالب طرح بلوک‌های 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 خوشه‌چه در خوشه، عملکرد شلتوک، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت بود. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌دار ($p < ۰/۰۱$) بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط محیطی تنش و بدون تنش وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و امکان گزینش ژنوتیپ‌ها برای تحمل به خشکی است. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های 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 حالی‌که کمترین عملکرد شلتوک در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم‌سفید 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 خوشه‌چه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه در محیط تنش و بدون تنش نیز 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) می‌باشد. از نظر شاخص‌های 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 شاخص‌های حساسیت به تنش (SSI) و تحمل (TOL) متعلق به رقم نعمت بود. نتایج همبستگی بین شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی، نشان داد که شاخص‌های MP، GMP، HM، STI و RWC همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش داشتند و به‌عنوان شاخص‌های مناسب جهت گزینش به ارقام پرمحصول در هر دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی شدند. در بین این شاخص‌ها نیز شاخص STI به عنوان بهترین شاخص تعیین شد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش خشکی انتهای فصل، شاخص‌های 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

www.SID.ir

Archive of SID

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 آلل‌های 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 به‌طور معنی‌داری 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 ارایه شده است. فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص حساسیت به تنش (SSI)[1] 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)[2] را به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط تنش (Y_S)[3] و بدون تنش (Y_P)[4] و شاخص میانگین حسابی (MP)[5] 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 شفازاده و همکاران، ۱۳۸۳). هنگامی‌که اختلاف نسبی زیادی بین Y_S و Y_P وجود داشته باشد، شاخص MP دارای یک اریب به طرف پتانسیل عملکرد Y_P خواهد بود. بنابراین جهت رفع این مشکل، شاخص GMP[6] که بر اساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود، ارایه 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

www.SID.ir

Archive of SID

(Fernandez, 1992). فرنانـــدز (Fernandez, 1992) شـاخص تحمـل بـه تـنش (STI)[1] را نیـز معرفـی نمـود و عنوان نمود که بهترین شاخص گزینش آن است که قادر به تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از سه گروه دیگـر باشـد (Fernandez, 1992). ژنوتیپ‌های پایدارتر بـر اسـاس ایـن شاخص دارای مقادیر بالاتر STI هستند و بنـابراین انتظـار می‌رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ‌های گروه A از سـایر گـروه‌هـا قابـل تفکیـک باشـند. شـاخص دیگـر، شـاخص میـانگین هارمونیـک (HM)[2] اسـت کـه توسـط فرناندز (Fernandez, 1992) معرفی شد.

این تحقیق بـه‌منظـور بررسـی مقـدماتی حساسـیت یـا تحمل ژنوتیپ‌های برنج به تنش خشکی انتهـای فصـل بـا شرکت ۴۹ ژنوتیپ برنج ایرانـی و خـارجی در دو محـیط بدون تنش و تنش خشکی و ارزیابی صفات مهـم زراعـی و مورفولوژیک و شاخص‌های مهم حساسیت و تحمل به تنش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌هـای بـرنج بـه تـنش خشکی انتهای فصل، ۴۹ ژنوتیپ برنج ایرانـی و خـارجی (جدول ۱) در دو آزمـایش جداگانـه هـر کـدام در قالـب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد مطالعـه قرار گرفتند. آزمـایش‌هـا در مزرعـه تحقیقـاتی دانشـکده علوم کشاورزی دانشگاه گـیلان واقـع در رشـت بـا طـول جغرافیـــایی ۴۹ درجـــه و ۳۶ دقیقـــه شـــرقی و عـــرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۷ متـر از سطح دریای آزاد، در سال زراعی ۱۳۸۵ انجـام شـد. بـذر کافی از ۴۹ ژنوتیپ مورد مطالعه پـس از ضـد عفـونی بـا وایتکس تجاری ۱۰ درصد در خزانه کشت شـد. پـس از اینکه ارتفاع نشاءها به حدود ۳۰ سانتیمتر رسید (بسـته بـه رقم حدود ۲۵ تا ۳۵ روز پـس از کاشـت بـذر در خزانـه) نشاءها به مزرعه منتقل شدند. اندازه واحدهـای آزمایشـی ۲ متر مربع (ابعاد کرت ۱×۲) و با تـراکم ۲۵ بوتـه در هـر متـر مربـع در نظـر گرفتـه شـد. بعـد از انتسـاب تصـادفی تیمارها به واحدهای آزمایشـی، نشـاء کـاری بـه صـورت تک بوتـه انجـام شـد. در هـر کـرت ۵ ردیـف بـه فاصـله ۲۰ سـانتیمتر و در هـر ردیـف ۱۰ بوتـه بـه فاصـله ۲۰ سانتیمتر کاشته شـد. آبیـاری مزرعـه آزمایشـی در هـر دو محیط تنش و بدون تنش، تا انتهای مرحله پنجه‌زنی ارقـام به طور یکسان و به صورت غرقابی انجـام شـد. سـپس در آزمایش در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، آبیاری بـه طور کامل قطع شد، و حدود دو هفته طول کشید تا زمین از حالت غرقابی خارج شود. در حالی‌که در آزمـایش در شرایط بدون تنش، آبیاری به طور کامـل تـا انتهـای دوره رسیدگی انجام شد. جهت تامین نیاز کـودی ارقـام، کـود نیتروژن بـه میـزان ۱۵۰ کیلـو گـرم در هکتـار (نصـف در زمان کاشت و نصف در مرحله پنجه دهی) و کود فسفره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در ابتـدای کاشـت داده شد. کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و بیمـاری‌هـا مطـابق بـا روش معمـول انجـام شـد. میـزان بارندگی در دوره قطع آبیاری (تیـر و مـرداد) طبـق آمـار اداره هواشناسی رشـت (IRIMO, 2006) ۵۰/۶ میلـی متـر بوده است و به عنوان شرایط طبیعی منطقه در نظـر گرفتـه شـد. تـنش خشـکی در مرحلـه زایشـی (مـرداد) و بـرای تمامی ارقـام بـه طـور یکسـان اعمـال شـد. صـفات مـورد مطالعه شامل ارتفاع بوته (ارتفاع بلنـدترین پنجـه از ناحیـه طوقـه در سـطح خـاک تـا نـوک خوشـه بـدون احتسـاب ریشک، بر حسب سانتیمتر)، طول خوشه (طول ۳ خوشـه تصادفی در هر بوته و ۱۰ بوته در هر کرت، از دم خوشـه تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشـک، بـر حسـب سانتی‌متر)، طول (از نوک برگ پرچم تا قسـمت انتهـایی برگ پرچم بر حسب سانتی متر) و عرض برگ پـرچم از پهن ترین قسمت برگ پرچم بر حسب سانتی متر)، تعداد دانـه پـر در خوشـه (تعـداد دانـه‌هـای پـر و سـالم در

1- Stress Tolerance Index

2- Harmonic mean

www.SID.ir

جدول ١- نام، منشا و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های برنج

Table 1. Name, origin and characteristics of rice genotypes

شماره No.	Genotype	ژنوتیپ	منشا Origin	ارتفاع گیاه Plant height	رسیدگی Maturity	شماره No.	Genotype	ژنوتیپ	منشا 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 سلیماندراب	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 ٣	Iran	متوسط	دیررس	32	Gill 1	گیل ١	Iran	پابلند	دیررس
8	Tarom-Mantaghe	طارم منطقه	Iran	پابلند	زودرس	33	Gill 3	گیل ٣	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 ٦	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	بجار	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						

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

(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)[1] (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 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)[2] 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 حسابی (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% = (وزن تر–وزن خشک) / (وزن آماس–وزن خشک) × ۱۰۰

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 9.1 و SPSS11 استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس حاکی از اثر بسیار معنی‌داری ($p < ۰/۰۱$) 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)[3] متعلق به رقم نعمت به ترتیب با تعداد ۷/۳۱ و ۷/۰۷ تن در هکتار بود. در حالی‌که کمترین عملکرد شلتوک (PY) در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم‌سفید 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

1- Relative water content
2- International Rice Research Institute
3- Paddy yield

www.SID.ir

Archive of SID

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 × محیط (جدول ۴) پایین بوده و بنابراین انتخاب بر اساس صرفا 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 نسبتا 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 واریته‌هایی که قبل از گلدهی بتوانند بیوماس بالایی تولید و ذخیره مواد پرورده در ساقه را افزایش دهند جزء واریته‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند. پیردشتی و همکاران (Pirdashti *et al*., 2004) 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 کاملا متفاوتی را با زمین آزمایشی داشت و با توجه به این‌که در شرایط طبیعی تنش‌های محیطی دیگری برروی 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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس ساده برای صفات زراعی و مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های 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)															
			بدون تنش Non-stressed															
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته (PH)	طول خوشه (PL)	طول برگ پرچم (FLL)	عرض برگ پرچم (FLW)	تعداد دانه پر در خوشه (GNP)	تعداد خوشه-چه در خوشه (SNP)	تعداد خوشه در بوته (PNP)	طول شلتوک (PL)	عرض شلتوک (PW)	روز تا ۵۰ درصد گلدهی (DF)	روز تا رسیدگی کامل (DM)	وزن هزار دانه (TGW)	عملکرد شلتوک (PY)	عملکرد بیولوژیک (BY)	شاخص برداشت (HI)	آب نسبی 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)															
			تنش Stressed															
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df	ارتفاع بوته (PH)	طول خوشه (PL)	طول برگ پرچم (FLL)	عرض برگ پرچم (FLW)	تعداد دانه پر در خوشه (GNP)	تعداد خوشه‌چه در خوشه (SNP)	تعداد خوشه در بوته (PNP)	طول شلتوک (PL)	عرض شلتوک (PW)	روز تا ۵۰ درصد گلدهی (DF)	روز تا رسیدگی کامل (DM)	وزن هزار دانه (TGW)	عملکرد شلتوک (PY)	عملکرد بیولوژیک (BY)	شاخص برداشت (HI)	آب نسبی 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، * 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 پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه‌چه 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.

www.SID.ir

Archive of SID

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 conditions

صفت Trait	شرایط تنش خشکی Stressed condition	شرایط بدون تنش Non-stressed condition	درصد کاهش Reduction (%)	مقدار t t - Value
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 پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه‌چه 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.

عملکرد بالا در برنج‌های غرقابی تحت تنش خشکی می‌تواند به‌وسیله فنولوژی مناسب گیاه تامین شود، به‌ویژه 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 دیر هنگام قرار 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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف در ژنوتیپ‌های 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

			میانگین مربعات (MS)					
S.O.V	منابع تغییرات	df	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

			میانگین مربعات (MS)					
S.O.V	منابع تغییرات	df	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،* 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 level, respectively

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ پرچم، FLW: عرض برگ پرچم، GNP: تعداد دانه پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه‌چه 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.

صفات می‌توان چنین استنباط کرد که این آسیب ناشی از کاهش شدید اجزای عملکرد (تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزاردانه) می‌باشد که دلیل آن اعمال تنش کمبود آب در دوره پرشدن دانه می‌باشد. نتایج مذکور با یافته‌های 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 خوشه‌دهی عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری 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 می‌باشد، به این ترتیب احتمالا 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 می‌دهد که کاهش طول و عرض برگ پرچم در برنج باعث

www.SID.ir

Archive of SID

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 Paddy yield		شاخص‌های تحمل به تنش 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 سلیماندراب	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 آتشگاه	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	بجار	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

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، بطوری‌که کاهش شدید این عوامل باعث کاهش عملکرد شلتوک شد. بنابراین کاهش عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب به علت کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه 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

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۵
Table 5: Continued

Genotype	ژنوتیپ	عملکرد شلتوک Paddy yield		شاخص‌های تحمل به تنش Stress tolerance index					
		Y_S	Y_P	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	غریب 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 ٦	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	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
HSD = Tukey's honestly significant differences	حداقل تفاوت قابل اعتماد توکی

مطابقت دارد. بر اساس اظهارات آن‌ها 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 پرشدن 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 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. پیر دشتی و همکاران (Pirdashti *et al*., 2004) همچنین علت کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی را به حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها در مرحله رشد زایشی در مقایسه با مرحله رشد رویشی نسبت داده‌اند و همچنین به دلیل کاهش رطوبت خاک و بروز تنش خشکی در دوره رشد

www.SID.ir

Archive of SID

دانـه و اثـر آن در فرآینـدهای داخلـی گیـاه، شـاخص برداشت کاهش می‌یابد و دلیـل دیگـر کـاهش شـاخص برداشت، کاهش قدرت انتقـال مـواد پـرورده از سـاقه بـه دانه‌ها است. همچنـین تـنش خشـکی باعـث تغییـر ۱۷/۹۱ درصـدی میـزان نسـبی آب بـرگ (RWC) شـد. کـاهش میـزان نسـبی آب بـرگ در اثـر تـنش خشـکی توسـط پیردشـتی و همکـاران (۱۳۸۳) و یـاداو و بوهوشـان (Yadav and Bhushan, 2001) نیـز گـزارش شـده اسـت. مقدار نسبی آب برگ بـه طـور مسـتقیم بـا تـورم یاختـه و پتانسیل آبی گیـاه ارتبـاط دارد. از طـرف دیگـر تـورم در ارتباط بـا توسـعه و تقسـیم سـلولی اسـت و بـدین ترتیـب ارتباط نزدیکـی بـین میـزان نسـبی آب بـرگ و عملکـرد بیولوژیک وجود دارد (Yadav and Bhushan, 2001).

جهـت انجـام تجزیـه واریـانس مرکـب، آزمـون یکنواختی واریانس‌ها (آزمون بارتلت) انجام شد. به دلیـل غیریکنواخت بودن واریانس صفات عرض برگ پـرچم، طول شلتوک، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیـک، ایـن صفات وارد تجزیه واریانس مرکب نشـدند. در جـدول ۴ نتایج تجزیـه واریـانس مرکـب ۴۹ ژنوتیـپ بـرای هـر دو محیط بـدون تـنش و تـنش خشـکی بـه‌عنـوان دو محـیط متفاوت ارایه شده است. نتـایج حاصـل نشـان داد کـه اثـر محـیط بـرای کلیـه صـفات در سـطح احتمـال ۱ درصـد معنی‌دار بود. همچنین میان ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صـفات تغییرات قابل ملاحظه‌ای در هر دو محـیط وجـود داشـت کـه مفهـوم آن ایـن اسـت کـه در نتیجـه اثـر دو محـیط تغییرات قابل ملاحظه و بسیار معنی‌داری بـین ژنوتیـپ‌هـا مشاهده شد. البته نتیجه فوق دور از انتظـار نیـز نبـود، چـرا که ارقام مورد مطالعه در آزمایش دارای مبـدا متفـاوت و شامل ارقام محلی، اصلاح شده داخلی و خارجی و حتـی ارقام آپلند بوده و طبیعتا تفاوت بین ۴۹ رقم نیز مـی‌توانـد معنـی‌دار باشـد. امـا هـدف آزمـایش بررسـی واکـنش ژنوتیـپ‌هـا در دو محـیط و شناسـایی رقـم یـا رقـم‌هـای متحمل به خشکی بود. بر این اساس تجزیـه واریـانس اثـر متقابل ژنوتیپ × محیط صـورت گرفـت و ملاحظـه شـد که این اثر متقابـل بـرای تمـامی صـفات معنـی‌دار بـود، و مفهـوم آن ایـن اسـت کـه میـزان تغییـرات ژنوتیـپ‌هـای مختلف در شرایط متفاوت رطوبتی بـرای تمـامی صـفات یکسان نبـوده و ژنوتیـپ‌هـا واکـنش‌هـای متفـاوتی در دو شرایط تنش و نرمال داشـتند. از طرفـی بـه عبـارت دیگـر چون برخی از صفات به‌طور معنی‌داری با عملکـرد گیـاه مرتبط می‌باشند و از طرفی چون میزان تغییـرات عملکـرد در شرایط مختلف رطوبتی برای کلیه ژنوتیـپ‌هـا یکسـان نیست، انتظار می‌رود که تغییرات اجزای عملکـرد هـم در این وضعیت برای ژنوتیپ‌های مختلف یکسان نباشد.

بررسی شاخص‌های مقاومت به خشکی نشان داد که، بیشترین مقدار شاخص میـانگین حسـابی (MP)، میـانگین هندسـی (GMP)، میـانگین هارمونیـک (HM)، شـاخص تحمل (STI) و کمترین مقدار شاخص‌های حساسـیت بـه تـنش (SSI) و تحمـل (TOL) متعلـق بـه رقـم نعمـت بـود (جـدول ۵). لازم بـه ذکـر اسـت کـه شـدت تـنش (SI) بـر اسـاس فرمـول فیشـر و مـائورر (Fischer and Maurer, 1978) معـادل ۰/۴۰ بـود. پـس از رقم نعمـت، ارقـام سـپیدرود، IR64، بجـار و IR50 دارای بـالاترین مقـادیر بـرای شـاخص‌هـای MP، GMP، HM و STI بودند ولی با رقم نعمت اختلاف معنـی‌داری داشـتند. در مقابل، ارقام دم‌سیاه، لاین ۶ و Vandana دارای مقادیر نسبتا پایین برای شاخص‌های حساسـیت بـه تـنش (SSI) و شاخص تحمـل TOL، پـس از رقـم نعمـت بودنـد و رقـم دم‌سـیاه اخـتلاف معنـی‌داری بـا رقـم نعمـت نداشـت (جدول ۵). به‌طور کلی ژنوتیپ‌های دارای مقـادیر بـالاتر شاخص‌هـای MP، GMP، HM و STI و مقـادیر پـایین‌تـر SSI و TOL نشان‌دهنده تحمل بالای ژنوتیپ‌ها نسـبت بـه خشـکی اسـت. بایـد توجـه نمـود کـه صـرفا پـایین بـودن مقادیر شاخص‌هـای SSI و TOL بـرای یـک ژنوتیـپ بـه منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد آن در شرایط تنش نیسـت، زیـرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شـوند کـه دارای حساسـیت بسـیار پایینی نسبت به خشـکی مـی‌باشـند، امـا پتانسـیل عملکـرد

www.SID.ir

Archive of SID

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 موید، ۱۳۷۶; Quisenberry, 1982). از نظر شاخص‌های MP، GMP، HM، STI، 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 معمولا 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 نسبتا 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) ارایه شده است. همبستگی عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی و بدون تنش برابر با r=۰/۶۲ بود که در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. عملکرد شلتوک در شرایط بدون تنش با شاخص‌های MP، GMP، HM، TOL، SSI، STI، RWC_S و RWC_N در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد و عملکرد شلتوک تحت شرایط تنش با شاخص‌های MP، GMP، HM، STI، RWC_S و RWC_N 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 TOL، MP، SSI و STI با Y_S و Y_P 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 پر محصول در هر دو شرایط محیطی

www.SID.ir

Archive of SID

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: غیرمعنی‌دار

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

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 کاملا 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.

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

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.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده References

امام جمعه، ع. ۱۳۷۸. تعیین فاصله ژنتیکی توسط RAPD-PCR، ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی و تحلیل سازگاری در نخود ایرانی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه.

پیردشتی، ه.، ز. طهماسبی سروستانی، ق. نعمت‌زاده 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. شکیبا و ر. چوگان. ۱۳۷۹. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در مراحل مختلف فنولوژیکی ژنوتیپ‌های 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 ژنوتیپ‌های سویا به تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳۵، شماره ۴، صفحه ۸۶۷-۸۵۹.

سمیع‌زاده، ح.، ع. ر. طالعی، ع. گرامی و ح. پوردوایی. ۱۳۷۷. بررسی تعیین مناسب‌ترین 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 ژنوتیپ‌های 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 ژنوتیپ‌های امید بخش گندم زمستانه و بینابین با استفاده از شاخص‌های 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 لاین‌های 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 لاین‌های جایگزینی بین واریته‌های 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 آن‌ها 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 evalution 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

www.SID.ir

Archive of SID

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.

www.SID.ir

Archive of SID

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

Safaei Chaeikar, S[1]., B. Rabiei[2], H. Samizadeh[3] and M. Esfahani[4]

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. Studant, 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.

www.SID.ir