

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

کار، بابک ری، ب‌اله، مع زاده و مسعود اصفهان

### چکیده

کار، ص.، پ. ری، ح.، زاده و م. اصفهان. ارز. تحمل ژنوتیپ‌های (*Oryza sativa* L.) خشک انتهایی. مجله علوم زراعی ایران. ( ) -

به منظور ارز. تحمل ژنوتیپ‌های برنج به تنش خشکی انتهایی فصل و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به آن. ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی در قالب طرح بلوک، ی کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی در سال زراعی ۱ 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. ۴ واریانس نشان داد که اختلاف بسیار معنی‌دار ( $p < /$ ) بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلبه صفات مورد مطالعه در دو شرایط تنش و بدون تنش وجود داشت که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه و امکان گزینش ژنوتیپ‌ها برای تحمل به خشکی است. بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی، بین عملکرد شلتوک متعلق به رقم نعمت به ترتیب مقدار / و / تن در هکتار بود، در حالی که کمترین عملکرد شلتوک در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم، بد به مقدار / تن در هکتار و در محیط تنش خشکی متعلق به رقم Diwani به مقدار / 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 (درصد) است. از نظر شاخص‌های تحمل به خشکی: بین مقدار شاخص م. (MP) (GMP) بین هارمونیک (HM) (STI)، میزان نسبی آب برگ (RWC) و کمترین مقدار شاخص، ی (SSI) و تحمل (TOL) متعلق به رقم نعمت بود. ی مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در دو محیط بدون تنش و تنش خشکی، نشان داد که های RWC و STI HM GMP MP و 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، STI به عنوان بهترین شاخص تم.

واژه، ی کلبه، ی: برنج، تنش خشکی انتهایی فصل، شاخص‌های تحمل به خشکی، عملکرد شلتوک.

تاریخ در: //

- دانشجوی سابق کارشناس ارشد، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان

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

و ۲ - استادیار، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

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

ی متفاوتی برای ارزی واکنش گیاهان در شرایط مختلف و بین مقاومت و حساسیت آنها ارزیابی شده است. پشرو و مائورر (Fischer and Maurer, 1978)

(SSI) را پیشنهاد نمودند. مقدار کمتر SSI نشان دهنده برات کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط

به شرایط بدون تنش و در نتیجه برداری آن ژنوتیپ است. روزیلی و هامبل (Rosielle and Hamblin, 1981)

(TOL) را به صورت اختلاف بین

عملکرد تحت شرایط (Y<sub>S</sub>) و بدون تنش (Y<sub>P</sub>) و (MP) را، دو مقدار Y<sub>S</sub>

و Y<sub>P</sub> بفرمودند. مقدار TOL نشان دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ

TOL در شاخص MP، مقدار TOL تر دلالیت بر بیشتر ژنوتیپها به شرایط تنش دارد. با استفاده

از شاخصهای MP و TOL امکان تفکیک ژنوتیپهای گروه B و C از یکدیگر بر اساس تقسیم بندی فرناندز وجود دارد (نقل از شفافزاده و همکاران، ۲۰۰۳).

که اختلاف نسبی زیادی Y<sub>S</sub> و Y<sub>P</sub> وجود داشته باشد، شاخص MP دارای یک ارتباط به طرف بل عملکرد Y<sub>P</sub> خواهد بود. بنابراین جهت رفع این

مشکل، شاخص GMP که بر اساس عملکرد ژنوتیپها تحت شرایط تنش و بدون تنش (Fernandez, 1992) شود، ارزیابی گردید.

استفاده از شاخص SSI ژنوتیپهای گروه B و C از سایر گروهها بر اساس تقسیم بندی فرناندز قابل تمایز

گیاهی است که بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد (O'Toole and Chang, 1979). این گیاه تارسیدگی فیزیولوژیک دانه، حدوداً هزار متر مکعب و برای یک کیلوگرم ماده خشک به برابری از دارد (Richards, 1996).

اتول و چانگ (O'Toole and Chang, 1979) اظهار نمودند که یک از محدودیتهای اصلی که باعث کاهش عملکرد برنج شود، 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 ژنوتیپ با عملکرد بالا در شرایط

شود، زیرا آبی مطلوب تحت شرایط

خشک انتخاب شده و همزمان پاسخ به انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل وراثت پذیری کرد،

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 ژنوتیپهایی که گلدهی آن به تأخیر افتاده، کمتر تحت تأثیر تنش قرار میگیرد (Lafitte, 2003).

برداشت 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 رویش به طور معنی داری باعث کاهش ارتفاع

باز گردید و تعداد پنجهها را نیز کاهش داد، اما در مرحله زایش 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 تنش و بدون تنش به چهار گروه تقسیم کردند:

گروه A (ژنوتیپ) که عملکرد خوبی در دو محیط

1- Stress Susceptibility Index

2- Tolerance Index

3- Stress

4- Non-stress

5- Mean Productivity

6- Geometric Mean Productivity

(ابعاد کرت  $\times$ ) و با تراکم ۱ بوته در هر متر مربع در نظر گرفته شد. بعد از انتساب تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی، نشاء کاری به صورت انجام شد. در هر کرت ۱ ردیف به فاصله سانتیمتر و در هر ردیف

آبیاری مزرعه آزما. در هر دو بط تنش و بدون تنش، تا انتهای مرحله پنجه زنب ارقام به طور یکسان و به صورت غرقای انجام شد. سپس در آزمایش در شرایط تنش خشک. انتهای فصل، آبیاری طور کامل قطع شد، و حدود دو هفته طول کشید تا زمین از حالت غرقابی خارج شود. در حال 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 ۱ کیلو گرم در هکتار (نصف در زمان کاشت و نصف در مرحله پنجه دهی) و کود فسفره به میزان ۱ کیلو گرم در هکتار در ابتدای کاشت داده . کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات و

بیماری ها مطابق با روش معمول انجام شد. میزان بارندگی در دوره قطع آبیاری (تیر و مرداد) طبق آمار اداره هواشناسی رشت (IRIMO, 2006) / بوده است و به عنوان شرایط طبیعی منطقه در نظر گرفته . 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 تصادفی در هر بوته و بوته در هر کرت، از دم خوشه تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک، بر حسب (، 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) عنوان نمود که بهتر. بنش آن است که قادر به تفکیک ژنوتیپ های گروه A از سه گروه د. (Fernandez, 1992). ژنوتیپ های بدارتر بر اساس ا. شاخص دارای مقادیر STI و بنابراین انتظار رود که با استفاده از این شاخص ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه ها قابل تفکیک باشند. شاخص دیگری، شاخص میانگین هارمونیک (HM) است که توسط فرناندز (Fernandez, 1992)

منظور بررسی تحمل ژنوتیپ های به تنش خشک. انتهای شرکت ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی در دو محب بدون تنش و تنش خشکی و ارزیابی صفات مهم زراعی و مورفولوژیک و شاخص های بت و تحمل به تنش انجام شد.

## مواد و روش

به منظور بررسی واکنش ژنوتیپ های برنج به تنش خشکی انتهای ژنوتیپ برنج ایرانی و خارجی (جدول) 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 کیلان واقع در رشت با طول جغرافیایی ۱ درجه و ۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۱ درجه و ۱ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱ متر از سطح دریای آزاد، در سال زراعی ۱ انجام شد. بذر کافی از ژنوتیپ مورد مطالعه پس از ضد عفونی با وایتکس تجاری درصد در خزانه کشت شد. پس از اینکه ارتفاع نشاءها به حدود سانتیمتر رسید (رقم حدود ۱ روز پس از کاشت بذر در خزانه) نشاءها به مزرعه منتقل شدند. اندازه واحدی آزما.

جدول - نام، منشا و خصوصیات زراعی ژنوتیپ ی

Table 1. Name, origin and characteristics of rice genotypes

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

برک کلیه بوته های هر کرت محاسبه گردید) و شاخص برداشت (از تقسیم عملکرد شلتوک به عملکرد بیولوژیک بدست آمد) اندازه ی استاندارد ی صفات مطابق با دستورالعمل استاندارد موسسه بقات ب الملل (IRRI) انجام شد (Anonymous, 1996). برای اندازه ی صفات مورد مطالعه، از هر واحد از ما بوته به طور تصادفی انتخاب شد و مبنای آن ها مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. برای ارزی زان حساب ژنوتیپ ی

(MP) (GMP) بن هارمونیک  
(HM) (TOL) (STI) و  
(SSI) مورد ارزی

قرار گرفتند (Fischer and Maurer, 1978; Rosielle and Hamblin, 1981; Fernandez, 1992). مقدار نسبی آب برگ (RWC) بر اساس معادله بک و همکاران (Siddique et al., 2000)

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

( $p < 0.05$ ) ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش است (جدول ۱).

مقایسه میانگین ژنوتیپ ها نشان داد که در شرایط بدون تنش و تنش خشکی بین عملکرد شلتوک (PY) متعلق به رقم نعمت به ترتیب تعداد / و تن در هکتار بود. در حالی که کمترین عملکرد شلتوک (PY) در محیط بدون تنش متعلق به رقم دم، به مقدار / تن در هکتار و در محیط متعلق به رقم Diwani به مقدار / تن در هکتار بود (جدول ۱). بن بودن عملکرد در این ژنوتیپ را می توان با متغیر بودن اجزاء عملکرد در آنها و

( های اصلی بوته تصادفی از هر کرت بعد از رسیدن کامل دانه، تعداد خوشه چه در خوشه (تعداد کل دانه های پر و پوک در خوشه های اصلی تصادفی از هر کرت)، تعداد خوشه در بوته (تعداد های خوشه دار و قابل برداشت در بوته تصادفی از هر کرت و در مرحله خمیری شدن دانه)، طول و عرض شلتوک (طول و عرض شلتوک در هر بوته و در بوته از هر کرت بر حسب میلی متر توسط دستگاه)، مقدار نسبی آب برگ (RWC) (روی برگ پرچم اندازه گیری شد)، روز تا درصد گلدهی (تعداد روزهای از کاشت بذر در خزانه تا درصد گلدهی های هر کرت)، روز تا رسب کامل (تعداد روزهای از کاشت بذر در خزانه تا مرحله رسیدگی کامل دانه ها و برداشت محصول بوته های هر کرت) وزن هزار دانه (وزن هزار دانه تصادفی در هر کرت بر حسب گرم)، عملکرد شلتوک (عملکرد شلتوک کل های هر کرت محاسبه و بر حسب تن در هکتار بیان گردید)، عملکرد بیولوژیک (عملکرد شلتوک و ساقه و

پس از اندازه ی و ارزی ی واریانس ساده صفات در هر دو محیط، درصد میانگین کاهش صفات گیاهی در اثر تنش خشکی انتهای فصل و تجزیه واریانس مرکب آن ها در قالب به ادغام شده برای داده ی دو محیط انجام شد. همچنین ضرایب همبستگی بین شاخص ها و عملکرد تحت هر دو شرایط محاسبه گردید. برای به و تحلیل داده ها و انجام کلی ی آماری از نرم افزار SAS و SPSS استفاده گردید.

### نتیجه و بحث

به واریانس حاکم از اثر بسیار معنی داری

1- Relative water content  
2- International Rice Research Institute

3- Paddy yield

اثرات تنش آبی در مراحل مختلف رشد رویشی، کلدھی و پرشدن دانه‌ها را روی عملکرد و اجزای عملکرد رقم برنج طارم، خزر، فجر و نعمت مطالعه کردند. نتایج آنها نشان داد که تنش آبی در مرحله رویشی طور معنی داری باعث کاهش ارتفاع بوته و تعداد پنجه‌ها شد، در حالی که تنش آبی در مرحله زایش و پرشدن دانه، تعداد دانه و وزن دانه‌ها را کاهش داد. تنش آبی در مرحله کلدھی، کاهش عملکرد دانه‌ی را نسبت به بقیه مراحل نشان داد. کاهش عملکرد دانه در نتیجه کاهش باروری ها و کاهش درصد پرشدن دانه‌ها بود. اعمال تنش آبی در مراحل رویشی و پرشدن دانه میزان عملکرد را به ترتیب

اندازه و درصد کاهش داد. رقم نعمت بن کاهش عملکرد و طارم کمترین کاهش عملکرد را نشان داد. با توجه به این که آزمایش این محققین، در شرایط گلخانه‌ای صورت گرفته و شرایط کاملا متفاوتی را با زمین آزمایشی داشت و با توجه به این که در شرایط های محیطی دیگری بر روی گیاه تاثیر می‌گذارد و عملکرد آنها را دهند، نتایج آنها با برت دارد.

فوکای و کوپر (Fukai and Cooper, 1995) اظهار نمودند که با تلفیق بقات فیلوژنیک و برنامه‌ریزی نژادی می‌توان ژنوتیپ‌های برنج متحمل به خشکی را از روی عملکرد دانه آنها انتخاب نمود، به طوری که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی عملکرد دانه بالاتری را بر ژنوتیپ‌ها داشته باشند.

ان نمودند که دلیل اصلی کسری شرف در اصلاح برای مقاومت به خشکی در برنج، عدم شناسایی دقیق بقات کشت برنج است. مده آنها، ژنوتیپ‌ها که تحت شرایط کمبود آب، پتانسیل آب برک خود را در حد بالا کنند، بهتر رشد کرده و در نتیجه عملکرد دانه‌ی آنها را افزایش می‌دهند (Fukai and Cooper, 1995). فوکای (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 کلدھی 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 انتخاب

زیرا عملکرد دانه، صفت کمی بوده و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. همچنین وراثت پذیری این صفت به دلیل معنی دار بودن اثر متقابل ژنوتیپ ×

(جدول ۱) 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 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 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.

بودن عملکرد بیولوژیک رقم نعمت را می‌توان به تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه پر در خوشه و تعداد خوشه در بوته نسبت داد، زیرا عملکرد بیولوژیک بر اثر تنش (جدول ۱) وینکل

(Winkel, 1989) دریافت که در غلات حساس مرحله به خشکی حد فاصل به خوشه رفتن تا کلدھی است و وارته‌هایی که قبل از کلدھی بتوانند بیوماس بالایی تولید و ذخیره مواد پرورده در ساقه را افزایش دهند جزء وارته‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند. بردشت و همکاران (Pirdashti et al., 2004)

جدول - 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

		بین مربعات (MS)																
		Non-stressed								بدون تنش								
S.O.V.	درجه آزادی	ارتفاع بوته (PH)	طول (PL)	طول برگ (FLL)	عرض برگ (FLW)	تعداد دانه بر خوشه (GNP)	تعداد خوشه - چه در خوشه (SNP)	تعداد خوشه در (PNP)	طول شلتوک (PL)	عرض شلتوک (PW)	درصد (DF)	روز تا رسیدگی (DM)	وزن هزار دانه (TGW)	عملکرد شلتوک (PY)	عملکرد بیولوژیک (BY)	برداشت (HI)	آب نسبی برگ (RWC)	
Replication	تکرار	2	0.62 <sup>ns</sup>	1.71*	0.81 <sup>ns</sup>	0.00004 <sup>ns</sup>	2.35 <sup>ns</sup>	4.15 <sup>ns</sup>	1.80 <sup>ns</sup>	0.0002 <sup>ns</sup>	0.0002 <sup>ns</sup>	10.90**	5.14**	0.009 <sup>ns</sup>	0.01*	0.002 <sup>ns</sup>	0.00007 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>
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	0.001	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

		بین مربعات (MS)																
		Stressed																
S.O.V.	درجه آزادی	ارتفاع بوته (PH)	طول (PL)	طول برگ (FLL)	عرض برگ (FLW)	تعداد دانه بر خوشه (GNP)	تعداد خوشه - چه در خوشه (SNP)	تعداد خوشه در (PNP)	طول شلتوک (PL)	عرض شلتوک (PW)	درصد (DF)	روز تا رسیدگی (DM)	وزن هزار دانه (TGW)	عملکرد شلتوک (PY)	عملکرد بیولوژیک (BY)	برداشت (HI)	آب نسبی برگ (RWC)	
Replication	تکرار	2	2.98 <sup>ns</sup>	1.22*	3.26**	0.00004 <sup>ns</sup>	5.70*	11.10**	4.38 <sup>ns</sup>	0.0003 <sup>ns</sup>	0.00002 <sup>ns</sup>	7.63**	0.49 <sup>ns</sup>	0.00002 <sup>ns</sup>	0.001 <sup>ns</sup>	0.007 <sup>ns</sup>	0.00009 <sup>ns</sup>	0.00006 <sup>ns</sup>
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 \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱% و ۵%.

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ، FLW: عرض برگ، GNP: تعداد دانه بر خوشه، SNP: تعداد خوشه چه در خوشه، PNP: تعداد خوشه در بوته، PL: طول شلتوک، PW: عرض شلتوک، DF: 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 ۱ - بن 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

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

ns \* و \*\* به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۱% و ۵%.

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 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.

اند و از نظر عملکرد و شاخص‌های تحمل به (جدول ۱) نیز در وضعیت مطلوبی قرار دارند. بنابراین در تحقیقات مربوط به تحمل به خشکی (ویژه های 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 کننده عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج محسوب شود.

درصد کاهش بین صفات در اثر تنش خشکی در جدول ۱ نشان داده شده است. بین آسب از تنش خشکی، مربوط به عملکرد شلتوک (درصد) محاسبه گردید که با در نظر گرفتن درصد تغیرات

عملکرد بالا در برنج، ی غرقابی تحت تنش خشکی، تواند به وسیله فنولوژی مناسب گیاه تامین شود، به- ویژه دوره رشد کوتاه (زودرسی) تواند مانع از تقارن گلدهی و رسیدگی با تنش خشکی دیرهنگام (آخر) شود. با توجه به اینکه رقم محمدی چپرسر از زودرس ترین ژنوتیپ 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 تواند به عنوان یک رقم متحمل به شمار رود. زمان رسیدگی ارقامی مانند نعمت، بچار و IR50 ای است که کمتر تحت تاثیر تنش خشکی دیرهنگام قرار

جدول ۱ - 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)		1	3222.92**	904.01**	2933.61**	128799.87**	42526.53**	5326.11**
Rep (Environment)	تکرار درون محیط	4	1.80 <sup>ns</sup>	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 ×	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.(%)	یرات (درصد)		8.1	7.02	8.1	8.6	8.1	8.32

ادامه جدول

Table 4: Continued

S.O.V	منابع تغییرات	df	میانگین مربعات (MS)					
			PW	DF	DM	PY	HI	RWC
Environment (E)		1	0.79**	470.69**	881.22**	278.79**	0.25**	0.96**
Rep (Environment)	تکرار درون محیط	4	0.0001 <sup>ns</sup>	9.27**	2.82**	0.006 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>	0.0001 <sup>ns</sup>
Genotype	ژنوتیپ	48	0.48**	461.13**	367.52**	5.73**	0.015**	0.03**
Environment × Genotype	ژنوتیپ ×	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 ۱% و ۵%.

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

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ، 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 درصد گلدهی، DM: روز تا رسیدگی کامل، TGW: وزن هزار دانه، PY: عملکرد شلتوک، BY: عملکرد بیولوژیک، HI: 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. بر بعد از ۱ روز خب برف 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 / و / درصد بود (جدول ۱). 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 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 اسب از کاهش شدید اجزای عملکرد (تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه چه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزاردانه) باشد که دلایل آن اعمال تنش کمبود آب در دوره پرشدن دانه می باشد. بیج مذکور ی بردشت و همکاران (Pirdashti et al., 2004) ی و همکاران (Jongdee et al., 1997) ژانگ و همکاران (Zheng et al., 2003) و ماتسوشیما (Matsushima, 1966) ژانگ و همکاران (Zheng et al., 2003) به این وجه دست یافتند که تنش رطوبتی روز بعد از درصد خوشه ده عملکرد

جدول ۱ - های مقاومت به خشکی و عملکرد ارقام برنج در شرایط تنش خشکی و بدون تنش (با استفاده از روش توکی در سطح احتمال %)

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		های تحمل به تنش					
		Y <sub>S</sub>	Y <sub>P</sub>	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	دم سیاه 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		3.27	5.09	4.18	4.08	3.99	1.82	0.89	0.70
Mehr		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		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 آتاشگاه	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		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		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 باشد، زیرا در اثر تنش خشکی سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می.د و به علت کمی مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته ای تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می گردد، و این تنش خشکی، موجب کاهش نسبی بیشتر تعداد دانه ها 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 می گردد (Lafitte *et al.*, 2004; Kumar and Kujur, 2003). صفات تعداد خوشه در بوته ( / درصد) و تعداد دانه پر در خوشه ( / درصد) قرار گرفتند، بطوری که کاهش شدید این عوامل باعث کاهش عملکرد شلتوک شد. بنابراین کاهش عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی به: کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه

Table 5: Continued

Genotype	ژنوتیپ	عملکرد شلتوک Paddy yield		های تحمل به تنش Stress tolerance index					
		Y <sub>s</sub>	Y <sub>p</sub>	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		3.33	5.96	4.65	4.46	4.28	2.62	1.10	0.83
Gill 3		7.07	7.31	7.19	7.19	7.19	0.24	0.08	2.18
Nemat		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		4.35	4.99	4.67	4.66	4.65	0.64	0.32	0.91
Line 6		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<sub>p</sub> = Yield potential

Y<sub>s</sub> = 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 هارمونیک

حدافل تفاوت قابل اعتماد توکی

نتایج فیشر و فوکایی (Fischer and Fukaei, 2003)

مطابقت دارد. (Baker, 1978) عقیده دارد که

انتخاب برای شاخص برداشت بالاتر، در غالب اوقات

برای بهبود مقاومت به خشکی مفید است. پیر دشتی و

اران (Pirdashti et al., 2004)

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،

منجر به کاهش نسبی تعداد دانه در مقایسه با وزن دانه در

گندم نان شد. در این تحقیق تنش خشکی باعث تغییر

/ 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 ' درصد کمتر

از شرایط بدون تنش بود. صفات عملکرد بیولوژیک

( / درصد) و شاخص برداشت ( / درصد)

نسبت به تنش خشکی واکنش منفی نشان دادند که با

دانه و اثر آن در فرایندهای داخلی گیاه، شاخص برداشت کاهش می‌یابد و دلیل دیگر کاهش شاخص برداشت، کاهش قدرت انتقال مواد پرورده از ساقه به دانه‌ها است.

درصدی میزان نسبی آب برگ (RWC) .  
میزان نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی توسط پیردشتی و همکاران ( ) و یاداو و بوهوشان (Yadav and Bhushan, 2001) نیز گزارش شده است. مقدار نسبی آب برگ به طور مستقیم با تورم یاخته و پتانسیل ابی 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 فوژیک وجود دارد (Yadav and Bhushan, 2001).

جهت انجام تجزیه واریانس مرکب، آزمون یکنواختی واریانس (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 ۱ به واریانس مرکب ژنوتیپ برای هر دو بط بدون تنش و تنش خشکی به‌عنوان دو محب متفاوت ارایه شده است. بچ حاصل نشان داد که اثر بط برای کل به صفات در سطح احتمال درصد دار بود. بان ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات برات قابل ای در هر دو محب وجود داشت که مفهوم آن این است که در نتیجه اثر دو محب برات قابل ملاحظه و بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ 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 ابلند بوده و طبیعتاً تفاوت بین رقم نیز می‌تواند 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 ملا:

که این اثر متقابل برای صفات معن دار بود، و مفهوم آن این است که میزان تغییرات ژنوتیپی مختلف در شرایط متفاوت رطوبتی برای یکسان نبوده و ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی در دو شرایط تنش و نرمال داشتند. از طرفی به عبارت دیگر چون برخی از صفات به‌طور معنی‌داری با عملکرد گیاه باشند 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،

ن مقدار شاخص م (MP)

(GMP) بن هارمونیک (HM)

(STI) و کمترین مقدار شاخص ی

(SSI) و تحمل (TOL) متعلق به رقم نعمت بود (جدول ۱). لازم به ذکر است که شدت تنش (SI) بر اساس فرمول فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) معادل / بود. پس از رقم نعمت، ارقام سپیدرود، IR64، بچار و IR50 دارای ن مقادیر برای ی MP GMP HM و STI بودند و با رقم نعمت اختلاف معنی‌داری داشتند. در مقابل، ارقام دم، باه، لا، و Vandana دارای مقادیر ن برای ی (SSI) و TOL، پس از رقم نعمت بودند و رقم دم، باه اختلاف معنی‌داری با رقم نعمت نداشت (جدول ۱). طور کلی ژنوتیپی دارای مقادیر ی MP GMP HM و STI و مقادیر SSI و TOL نشان‌دهنده تحب ی ژنوتیپ خشک است. بد توجه نمود که صرفاً با ن بودن مقادیر ی SSI و TOL برای یک ژنوتیپ منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرا. بالا بودن میزان عملکرد آن در شرا. بست، زیرا ژنوتیپ شونند که دارای ر نسبت به خشک باشند، اما پتانسیل عملکرد

ز دارند (سوری و همکاران، ۱۳۹۰).

(MP)

(GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) ژنوتیپ ها نشان داد که انتخاب بر اساس این پارها منجر به انتخاب ژنوتیپ با عملکرد بالا در هر دو شرایط

شود. زیرا بجه را برای ی مذکور گزارش کرده اند (نورمند مویید، ۱۳۹۰؛ Quisenberry, 1982). از نظر شاخص، ی

STI HM GMP MP و TOL SSI رقم نعمت بهتر. رقم شناخته شد، این رقم با عملکرد شلتوک به ترتیب

مقدار / و / تن در هکتاری بین عملکرد را به ب در محیط بدون تنش و تنش خشکی به خود اختصاص داد. ارزش (TOL) برای

ژنوتیپ ی مورد مطالعه نیز نشان داد که معمولاً ژنوتیپ که تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان دادند، عملکرد بالا نداشتند. رقم دم، باه کمتر.

شاخص تحمل به خشکی (TOL) و شاخص حساس (SSI) را بعد از رقم نعمت نشان داد و از عملکرد 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 شاخص، ی MP HM GMP و STI در وضع قرار نداشت

(جدول ۱). بعد از رقم دم، باه، لا، خشکی داشت ولی از عملکرد مناسبی در شرایط تنش برخوردار نبود. این ژنوتیپ از لحاظ شاخص

بت به خشکی (SSI) بزرگتره سوم را کسب نمود (جدول ۱).

بج حاصل از محاسبه میزان همبستگی ی مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در شرایط خشکی و بدون تنش در جدول (۱) ارایه شده است.

عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی و بدون تنش برابر با  $r =$  بود که در سطح احتمال درصد معنی دار شد. عملکرد شلتوک در شرایط بدون

ی STI SSI TOL HM GMP MP

$RWC_N$  و  $RWC_S$  در سطح احتمال درصد همبستگی مثبت و معنی داری نشان داد و عملکرد شلتوک تحت شرایط STI HM GMP MP ی

$RWC_N$  و  $RWC_S$  نیز در سطح احتمال درصد مثبت و معنی داری داشت. برداشت و همکاران (۱۳۹۰) اظهار نمودند که بین مقدار آب نسبی

برگ با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری وجود دارد. عملکرد دانه تحت شرایط تنش با شاخص، ی TOL و SSI و معنی داری در سطح

احتمال درصد داشت. طور کلی شاخص هایی که در هر دو محیط داری با عملکرد دانه

توانند به عنوان شاخص های مناسب معرفی شوند، چرا که اینها قادر به جدا کردن ژنوتیپ ی با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط (زارع و همکاران، ۱۳۹۰؛ Fernandez, 1992).

در همین رابطه با توجه به نتایج ضرایب مختلف و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش، می توان شاخص، ی STI HM GMP MP و

$RWC$  را به عنوان شاخص های مناسب جهت دستب ارقام پر محصول در هر دو شرایط نمود، اما مشکل تعدادی از این شاخص ها این است که

قادر به شناسایی ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه، نیستند، به طوری که فرناندز (Fernandez, 1992) استفاده از نتایج

STI و SSI  $Y_P$  و  $Y_S$  بجه گرفت که STI عملکرد بالقوه و تحمل به تنش م باشد و قادر است که ژنوتیپ ی گروه A را از سایر گروه ها جدا نماید.

فرشادفر و همکاران (۱۳۹۰) ی STI HM GMP و STI را به عنوان مناسبی ها در دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی نمودند.

و همکاران (۱۳۹۰) و سم زاده و همکاران (۱۳۹۰) گزارش نمودند که شاخص، ی MP و STI به عنوان بهتر. توانند جهت دستب

به ارقام پر محصول در هر دو شرایط

جدول ۱ - 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 <sub>S</sub>	Y <sub>P</sub>	MP	GMP	HM	TOL	SSI	STI	RWC <sub>S</sub>	RWC <sub>N</sub>
Y <sub>S</sub>	1	0.62**	0.87**	0.93**	0.96**	-0.22**	-0.61**	0.94**	0.88**	0.62**
Y <sub>P</sub>		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 <sup>ns</sup>	0.96**	0.77**	0.87**
GMP				1	0.99**	0.14 <sup>ns</sup>	-0.30**	0.98**	0.83**	0.81**
HM					1	0.02 <sup>ns</sup>	-0.41**	0.98**	0.87**	0.75**
TOL						1	0.87**	0.06 <sup>ns</sup>	-0.18 <sup>ns</sup>	0.52**
SSI							1	-0.35**	-0.57**	0.14 <sup>ns</sup>
STI								1	0.79**	0.78**
RWC <sub>S</sub>									1	0.56**
RWC <sub>N</sub>										1

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

دار در سطح احتمال ۱% و ۵%.

\* و \*\*

ns: Non – significant

ns: دار

Y<sub>P</sub> = Yield potential

عملکرد بالقوه

Y<sub>S</sub> = Yield in stressed condition

لکرد در شرایط تنش

MP = Mean Productivity

GMP = Geometrical Mean Productivity

HM = Harmonic Mean

میانگین هارمونیک

Tol = Tolerance Index

STI = Stress Tolerance Index

SSI = Stress Susceptibility Index

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 بچار را ارقام متحمل و ارقام Diwani Araguia، دم، حسن سرایی آتشگاه و دم‌سرخ را ارقام حساس به تنش خشکی انتهای فصل شناخته شدند.

به کار روند. ن انتخاب شاخص، ی MP GMP و STI به عنوان مناسب؛ ها در ا. بیچ امام جمعه ( )، فرشادفر و همکاران ( ) و سوری و همکاران ( ) در مطالعه بر روی نخود کاملاً مطابقت دارد. معروف و فرشادفر ( ) به منظور ی مقاومت به خشکی و شناسا.

ی در گندم به ا. بجه دست.

که شاخص، ی مقاومت به خشکی STI MP و GMP عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بار بالا و معنی داری دارند.

این با توجه به شاخص‌های محاسبه شده در این توان شاخص STI را به دلیل داشتن ضریب دار 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

### سپاسگزاری

از کد. ه 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 کیلان به خاطر مساعدت‌های بی‌دریغ‌شان در انجام تحقیق قدردانی د.

## References

## منابع مورد استفاده

- امام جمعه، ع. . ن فاصله ژنتیک RAPD-PCR، ارز. ی مقاومت به خشک و تحمل سازگاری در نخود ایران. بانامه کارشناس ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه.
- بردشتم، ه.، زر. سروستان، ق. زاده و عبدالباقر. بررسی اثرات تنش خشک در مراحل رشد ارقام مختلف برنج. چکیده مقالات هشتمین کنفرانس علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.
- م.، ح. کاظم اربط، م. مقدم، م. رشکیبا و ر. چوگان. ارز. ی مقاومت به خشک در مراحل مختلف فنولوژیک ژنوتیپ های ذرت. چکیده مقالات ششمین کنفرانس علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه مازندران.
- زارع، م.، ح. زر. خانقاه و ج. دانشبان. ارز. ژنوتیپ های باه تنش خشک. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۱ - ۲.
- زاده، ح.، ع. ر. ع. گرام و ح. پوردوا. بررسی بت به خشک در ارقام نخود. چکیده مقالات پنجمین کنفرانس علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، موسسه تحقیقات اصلاح و به نهال و بذر.
- سوری، ج.، ح. دهقان و ح. صباغ پور. مطالعه ژنوتیپ های نخود در شرایط تنش آب. مجله علوم کشاورزی ایران. شماره ۱ - ۲.
- شفازاده، م.، ا. بزدان سپاس، ا. ام. و م. قنادها. بررسی تحمل به تنش خشک آخر فصل در ژنوتیپ های ام بخش گندم زمستانه و ی. ن با استفاده از شاخص، ی بت و تحمل به تنش. مجله نهال و بذر. شماره ۱ - ۲.
- فرشادفر، ع.، م. ر. زمان، م. و ع. امام جمعه. انتخاب برای مقاومت به خشک در لا. ی نخود. علوم کشاورزی ایران. شماره ۱ - ۲.
- کر. ه.، باهان زراع. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ سوم.
- معروف، ه. و ع. فرشادفر. بررسی مقاومت به خشک ی. ن وار. ی گندم در شرایط عادی و تنش خشک. چکیده مقالات هفتمین کنفرانس زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- نورمند موید، ف. بررسی تنوع صفات کم و رابطه آنها با عملکرد گندم نان در شرایط د. م و آب و تع. اومت به خشک. بانامه کارشناس ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Anon. 1996. Standard evaluation system for rice. 4<sup>th</sup> 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 4<sup>th</sup> 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, S<sup>1</sup>, B. Rabiei<sup>2</sup>, H. Samizadeh<sup>3</sup> and M. Esfahani<sup>4</sup>

### 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.