

نتیجه‌گیری

گیاهی است که بیشترین نیاز آبی را در بین غلات دارد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). این گیاه تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه، حدود ۱۰۰ هزار متر مکعب و برای برنج ۱۰۰ کیلوگرم ماده خشک به آب نیاز دارد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۳). اتول و چانگ (O'Toole and Chang, 1979) اظهار نمودند که یکم از محدودی‌های اصلی که باعث کاهش عملکرد برنج می‌شود، تنش کمبود آب است. ریچاردز (Richards, 1996) نشان کرد که انتخاب بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو محیط تنش و بدون تنش باعث انتخاب ژنوتیپ‌ها با عملکرد بالا در شرایط آبی می‌شود، زیرا ال‌ای مطلوب تحت شرایط آبی خشک، انتخاب شده و همزمان پاسخ به انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل وراثت پذیری آبی می‌شود، 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 تأخیر افتاده، کمتر تحت تأثیر تنش قرار می‌گیرد (Lafitte, 2003). بردشتی 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 معنی‌داری باعث کاهش ارتفاع گیاه گردید و تعداد پنجه‌ها را نیز کاهش داد، اما در مرحله زایش و پر شدن دانه، تعداد دانه در خوشه، و وزن هزار دانه و عملکرد شلتوک نیز به طور معنی‌داری کاهش نیافت.

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

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

در شرایط مختلف و بین مقاومت و حساسیت آن‌ها ارایه شده است. پشرو و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) شاخص SSI را پیشنهاد نمودند. مقدار کمتر SSI نشان‌دهنده برتری کم عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط آبی و بدون تنش به شرایط بدون تنش و در نتیجه برداری آن ژنوتیپ است. روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص TOL را به صورت اختلاف بین عملکرد تحت شرایط آبی (Y_s) و بدون تنش (Y_p) و شاخص MP را به مقدار Y_s و Y_p بیان نمودند. مقدار TOL نشان‌دهنده تحمل بیشتر ژنوتیپ‌ها در شرایط آبی و بدون تنش است. شاخص MP در شاخص TOL، مقدار تری‌دالت بر شاخص MP را نشان می‌دهد. شاخص TOL و MP امکان تفکیک ژنوتیپ‌ها از شاخص‌های C و B از یکدیگر بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز وجود دارد (نقل از شفافزاده و همکاران، ۱۳۹۳). شاخص‌ها که اختلاف نسبی زیاده Y_s و Y_p وجود داشته باشد، شاخص MP دارای اثر آبی به طرف عملکرد بل عملکرد Y_p خواهد بود. بنابراین جهت رفع این مشکل، شاخص GMP که بر اساس میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش (Fernandez, 1992) استفاده از شاخص SSI ژنوتیپ‌های گروه B و C از سایر گروه‌ها بر اساس تقسیم‌بندی فرناندز قابل تمایز

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

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

جدول ۱- نام، منشأ و خصوصیات زراعی ژنوتیپ‌های برنج

Table 1. Name, origin and characteristics of rice genotypes

شماره No.	Genotype	ژنوتیپ	منشأ Origin	ارتفاع گیاه Plant height	رسیدگی Maturity	شماره No.	Genotype	ژنوتیپ	منشأ Origin	ارتفاع گیاه Plant height	رسیدگی Maturity
1	Abjiboujy	ابجی بوجی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	26	Kadous	کادوس	IRRI	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس
2	Sadri	صدری	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	27	Shahpasand	شاه پاساند	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	میان رس
3	Domsiah-Solimandarab	دم‌سیاه سلیمانداراب	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	28	Tarommahali	طارم محلی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس
4	Mohammadi-Chaparsar	محمدی چپرسر	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	29	Deilamani	دیلمانی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	میان رس
5	Ghashange	گاشانگ	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	30	Neda	ندا	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیر رس
6	Mehr	مهر	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	میان رس	31	Sange-Tarom	سنگ طارم	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	میان رس
7	Amol 3	آمل ۳	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس	32	Gill 1	گیل ۱	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس
8	Tarom-Mantaghe	طارم منطاقه	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	33	Gill 3	گیل ۳	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس
9	Gharib	غریب	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	34	Nemat	نemat	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس
10	Hasansaraei	حسن سرایی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	35	Gharib-Siahreihani	غریب سیاه ریحانی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس
11	Hasansaraei-Atashgah	حسن سرایی آتشگاه	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	36	Ahlami-Tarom	اهلمی طارم	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس
12	Domsephid	دم سفید	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	37	Hashemi	هاشمی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس
13	Salari	سالاری	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	38	Line 6	لاین ۶	Iran	پاکو تاه	دیررس
14	Anbarboo	انباربو	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	39	IR24		IRRI	پاکو تاه	دیررس
15	Sepidrood	سپیدرود	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	میان رس	40	IR60		IRRI	پاکو تاه	دیررس
16	Sangjo	سانجو	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	41	IR30		IRRI	پاکو تاه	دیررس
17	Champaboodar	چمپا بودار	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	42	IR50		IRRI	پاکو تاه	دیررس
18	Binam	بینام	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	43	IR36		IRRI	پاکو تاه	دیررس
19	Bejar	بچار	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس	44	New Bonnet		USA	پاکو تاه	دیررس
20	Dorfak	درفک	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	دیررس	45	Vandana		IND	پاکو تاه	دیررس
21	Domsorkh	دم سرخ	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	46	IR64		IRRI	پاکو تاه	دیررس
22	Domsiah	دم سیاه	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	47	Araguiua		BRA	پاکو تاه	دیررس
23	Khazar	خزر	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	میان رس	48	Diwani		SUR	پاکو تاه	دیررس
24	Domzard	دم زرد	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس	49	IR28		IRRI	پاکو تاه	دیررس
25	Alikazemi	علی کاظمی	Iran	۱۶۰ سانتی‌متر	زودرس						

319

۳۲.

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

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

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

Table 2: Continued

ادامه جدول ۲

تجزیه واریانس (MS)

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

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 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: شاخص برداشت و RWC: آب نسبی برگ.

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

جدول ۳- اثر تنش 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 ^{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, * and **: 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 پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه‌چه در خوشه، PNP: تعداد خوشه در بوته، PL: طول شلتوک، PW: عرض شلتوک، DF: روز تا رسیدگی کامل، DM: روز تا رسیدگی کامل، TGW: وزن هزار دانه، PY: عملکرد شلتوک، BY: عملکرد بیولوژیک، HI: شاخص برداشت و RWC: آب نسبی برگ.

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

عملکرد بالا در برنج‌های غرقابی تحت تنش خشکی می‌تواند به وسیله فنولوژی مناسب گیاه تامین شود، به-ویژه دوره رشد کوتاه (زودرسی) می‌تواند مانع از تقارن گلدهی و رسیدگی با تنش خشکی دیر هنگام (آخر فصل) شود. با توجه به اینکه رقم محمدی چیرسر 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 می‌تواند به عنوان یک رقم متحمل به شمار رود. زمان رسیدگی ارقامی مانند نعمت، بجار و IR50 می‌تواند کمتر است که کمتر تحت تاثیر تنش خشکی دیر هنگام قرار

ند و از نظر عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش (جدول ۳) نیز در وضعیت مطلوبی قرار دارند. بنابراین در تحقیقات مربوط به تحمل به خشکی (ویژه فصل‌های 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 عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج محسوب می‌شود.

درصد کاهش میان صفات در اثر تنش خشکی در جدول ۳ نشان داده شده است. میان‌آسیب‌ها از تنش خشکی، مربوط به عملکرد شلتوک (۱۲ درصد) محاسبه گردید که با در نظر گرفتن درصد تغذرات

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

میانگین مربعات (MS)

ادامہ جدول ۱۱

میانگین مربعات (MS)

ns* و ** به ترتیب غیر معنی، دار و معنی، دار در سطح احتمال ۱% و ۰.۱%.

PH: ارتفاع بوته، PL: طول خوشه، FLL: طول برگ، FLW: عرض برگ، GNP: تعداد دانه پر در خوشه، SNP: تعداد خوشه-چه در خوشه، PNP: تعداد
خوشه در بوته، PL: طول شلتوک، PW: عرض شلتوک، DF: روز تا ۵۰ درصد گلدهی، DM: روز تا رسیدگی کامل، TGW: وزن هزار دانه، PY: عملکرد شلتوک،
BY: عملکرد بیلوژیک، HI: ۱۰۰ درصد داشت و RWC: آب نسبی برگ.

صفات مبه‌توان چنین استنباط کرد که این اسب با کاهش شدید اجزای عملکرد (تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه‌چه در خوشه، تعداد خوشه در بوته و وزن هزاردانه) باشد که دلیل ان اعمال تنش کمبود آب در دوره پرشدن دانه مبه‌توان است. (Pirdashti et al., 2004) و همکاران (Jongdee et al., 1997) ژانگ و همکاران (Zheng et al., 2003) و ماتسوشیما (Matsushima, 1966) مطابق دارد. ژانگ و همکاران (Zheng et al., 2003) به آنجه دست یافتند که تنش رطوبتی در روز بعد از در صد خوشه‌دهی عملکرد

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

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

Genotype	ژنوتیپ	عملکرد شلتوک		شاخص‌های تحمل به تنش						
		Y _S	Y _P	Stress tolerance index						
				MP	GMP	HM	TOL	SSI	STI	
Abjiboujy	آبجی بوجی	2.02	3.87	2.95	2.80	2.66	1.84	1.19	0.33	
Sadri	صدری	2.08	3.92	3	2.85	2.72	1.84	1.17	0.34	
Domsiah-Solimandarab	دم‌سیاه سلیمانداراب	2.71	4.39	3.55	3.45	3.36	1.67	0.95	0.50	
Mohammadi-Chaparsar	محمدی چپرسر	2.85	3.94	3.40	3.35	3.31	1.09	0.69	0.47	
Ghashange	گاشانگ	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 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	انباربو	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	سانجو	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 بود. باشد، زیرا در اثر تنش خشکی سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد و به علت کمی مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می‌گردد، و این تنش خشکی، موجب کاهش نسبی بیشتر تعداد دانه‌ها در مقایسه با وزن دانه شد که با گزارشات فیشر و مائورر (Fischer and Maurer, 1978) در خصوص گندم نان

کاهش فتوسنتز شده و سپس موجب کاهش تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه در خوشه و تعداد خوشه در بوته یعنی اجزای عملکرد می‌گردد (Lafitte *et al.*, 2004; Kumar and Kujur, 2003). صفات تعداد خوشه در بوته (دانه/دانه) و تعداد دانه پر در خوشه (دانه/دانه) (دانه/دانه) قرار گرفتند، بطوری که کاهش شدید این عوامل باعث کاهش عملکرد شلتوک شد. بنابراین کاهش عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی به [دانه/دانه] [دانه/دانه] کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه

Table 5: Continued

Genotype	ژنوتیپ	عملکرد شلتوک		مؤشرات تحمل به تنش					
		Paddy yield		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	نemat	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 ۶	3.01	6.14	4.58	4.30	4.05	3.12	1.27	0.78
IR24		2.90	5.08	3.99	3.84	3.69	2.18	1.07	0.62
IR60		2.05	6.52	4.28	3.65	3.12	4.47	1.71	0.56
IR30		4.38	6.15	5.26	5.19	5.11	1.77	0.72	1.13
IR50		2.66	5.05	3.85	3.66	3.49	2.39	1.18	0.57
IR36		1.88	6.54	4.21	3.51	2.92	4.66	1.78	0.51
New Bonnet		3.09	4.03	3.56	3.52	3.49	0.49	0.58	0.52
Vandana		4.04	6.98	5.51	5.31	5.12	2.93	1.05	1.18
IR64		1.68	2.76	2.22	2.15	2.09	1.08	0.97	0.19
Araguiua		1.46	3.97	2.72	2.41	2.14	2.51	1.58	0.24
Diwani		2.81	5.93	4.37	4.08	3.81	3.12	1.31	0.70
IR28		2.41	3.70	3.06	2.99	2.93	1.28	0.86	0.37
	HSD (1%)	0.18	0.18	0.13	0.14	0.16	0.26	0.11	0.05

Y_p = Yield potential

Y_s = Yield in stressed condition

MP = Mean Productivity

GMP = Geometrical Mean Productivity

HM = Harmonic Mean

Tol = Tolerance Index

STI = Stress Tolerance Index

SSI = Stress Susceptibility Index

HSD = Tukey's honestly significant differences

عملکرد بالقوه

عملکرد در شرایط تنش

میانگین حاصله

میانگین هندسی حاصله

میانگین هارمونیک

مؤشر تحمل

مؤشر تحمل به تنش

مؤشر آسیب پذیری به تنش

حد اقل 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. پیردشتی و پارسا (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 مؤلفان، 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 پر شدن دانه درصد کمتر از شرایط بدون تنش بود. صفات عملکرد بیولوژیک (درصد) و شاخص برداشت (درصد/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. شاخص نسبتی آب برگ (RWC) شاخص میزان نسبی آب برگ در اثر تنش خشکی توسط پیردشتی و همکاران (۱۳۸۳) و یاداو و بوهوشان (Yadav and Bhushan, 2001) نیز گزارش شده است. مقدار نسبی آب برگ 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 فیزیولوژیک 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 شاخص‌های واریانس مرکب ژنوتیپ برای هر دو محیط بدون تنش و تنش خشکی به عنوان دو محب متفاوت ارائه شده است. نتایج حاصل نشان داد که اثر محیط برای کل صفات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. شاخص‌های ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات برای مقایسه در هر دو محیط وجود داشت که مفهوم آن این است که در نتیجه اثر دو محب شاخص‌های قابل ملاحظه و بسیار معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد. البته نتیجه فوق دور از انتظار نیز نبود، چرا که ارقام مورد مطالعه در آزمایش دارای مبدا متفاوت و شامل ارقام محلی، اصلاح شده داخلی و خارجی و حتی ارقام ابلند بوده و طبیعتاً تفاوت بین رقم نیز می‌تواند معنی‌دار 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 ملاقات

که این اثر متقابل برای شاخص صفات معنی‌دار بود، و مفهوم آن این است که میزان تغذیه اثرات ژنوتیپ مختلف در شرایط متفاوت رطوبتی برای شاخص‌های یکسان نبوده و ژنوتیپ‌ها واکنش‌های متفاوتی در دو شرایط تنش و نرمال داشتند. از طرفی به عبارت دیگر چون برخی از صفات به طور معنی‌داری با عملکرد گیاه شاخص‌ها 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 شاخص مقدار شاخص مبدا (MP) شاخص مقدار شاخص (GMP) شاخص هارمونیک (HM) شاخص کمترین مقدار شاخص (STI) و کمترین مقدار شاخص (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 ۱/۱ بود. پس از رقم نعمت، ارقام سپیدرود، IR64، بجار و IR50 دارای شاخص‌های مقادیر برای شاخص‌های GMP، MP و HM و STI بودند و با رقم نعمت اختلاف معنی‌داری داشتند. در مقابل، ارقام دم‌قو، لا، و Vandana دارای مقادیر شاخص‌های برای شاخص‌های SSI و TOL پس از رقم نعمت بودند و رقم دم‌قو اختلاف معنی‌داری با رقم نعمت نداشت (جدول ۱). بطور کلی ژنوتیپ‌های دارای مقادیر شاخص‌های GMP، MP و STI و مقادیر SSI و TOL نشان‌دهنده تحمل‌پذیری ژنوتیپ‌ها به خشکی است. نتایج توجه نمود که صرفاً با این بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای شاخص‌های ژنوتیپ‌ها منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط بالا بودن میزان عملکرد آن در شرایط است، زیاده ژنوتیپ‌ها شاخص‌ها شوند که دارای شاخص‌های نسبت به خشکی باشند، اما پتانسیل عملکرد

نژ دارند (سوری و همکاران، ۱۳۹۳).

مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در شرایط تنش (MP) و (GMP) و شاخص تحمل به تنش (STI) ژنوتیپ ها نشان داد که انتخاب بر اساس این شاخص ها منجر به انتخاب ژنوتیپ ها با عملکرد بالا در هر دو شرایط شد. این شاخص ها برای مقایسه ژنوتیپ ها در شرایط تنش و بدون تنش (TOL) برای ژنوتیپ ها مورد مطالعه نیز نشان داد که معمولاً ژنوتیپ ها که تحمل مطلوبی به تنش رطوبتی نشان دادند، عملکرد بالایی نداشتند. رقم دم بانه کمتر شاخص تحمل به خشکی (TOL) و شاخص حساسیت (SSI) را بعد از رقم نعمت نشان داد و از عملکرد بالاتر 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 های GMP، HM و STI در وضعیت تنش قرار نداشت (جدول ۱). بعد از رقم دم بانه، لا به ازای شاخص خشکی، رقم نعمت داشت ولی از عملکرد مناسبی در شرایط تنش برخوردار نبود. این ژنوتیپ ها از لحاظ شاخص حساسیت به خشکی (SSI) نیز رتبه سوم را کسب نمود (جدول ۱).

نتیجه حاصل از محاسبه میزان همبستگی بین شاخص های مقاومت به خشکی و عملکرد شلتوک در شرایط تنش و بدون تنش در جدول (۲) ارائه شده است. همبستگی بین عملکرد شلتوک در شرایط تنش خشکی و بدون تنش برابر با $r=0.94$ بود که در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. عملکرد شلتوک در شرایط بدون تنش و شاخص های GMP، HM، TOL، SSI و STI

RWC_N و RWC_S در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی داری نشان داد و عملکرد شلتوک تحت شرایط تنش و بدون تنش (GMP، HM، STI) در سطح احتمال ۱ درصد همبستگی مثبت و معنی داری داشت. برداشت و همکاران (۱۳۹۳) 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 های TOL و SSI همبستگی مثبت و معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد داشت. به طور کلی شاخص هایی که در هر دو محیط دارای همبستگی مثبت و معنی داری باشند، می توانند به عنوان شاخص های مناسب معرفی شوند، چرا که این شاخص ها قادر به جدا کردن ژنوتیپ ها با عملکرد دانه بالا در هر دو محیط (زارع و همکاران، ۱۳۹۲؛ Fernandez, 1992). در همین رابطه با توجه به نتایج ضرایب همبستگی بین شاخص های مختلف و عملکرد تحت شرایط تنش و بدون تنش، می توان شاخص های GMP، HM، STI و RWC را به عنوان شاخص های مناسب جهت دست یابی به ارقام پرمحصول در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نام برد، اما مشکل تعدادی از این شاخص ها این است که قادر به شناسایی ژنوتیپ های گروه A از سایر گروه ها نیستند، به طوری که فرناندز (Fernandez, 1992) استفاده از نتایج همبستگی بین شاخص های SSI و Y_P و Y_S نتیجه گرفت که STI شاخص مناسبی برای ارزیابی عملکرد بالقوه و تحمل به تنش می باشد و قادر است که ژنوتیپ ها را از سایر گروه ها جدا نماید. فرشادفر و همکاران (۱۳۹۳) نیز شاخص های GMP، HM و STI را به عنوان مناسب برای مقایسه ژنوتیپ ها در دو محیط تنش و بدون تنش شناسایی نمودند.

همبستگی بین شاخص های همکاران (۱۳۹۳) و سبب زاده و همکاران (۱۳۹۳) گزارش نمودند که شاخص های MP و STI به عنوان بهتر شاخص ها می توانند جهت دست یابی به ارقام پرمحصول در هر دو شرایط تنش و بدون تنش

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 **: معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: Non – significant

ns: معنی ندارد

Y_P = Yield potential

عملکرد بالقوه

Y_S = Yield in stressed condition

عملکرد در شرایط تنش

MP = Mean Productivity

میانگین حاصلخیزی

GMP = Geometrical Mean Productivity

میانگین هندسی حاصلخیزی

HM = Harmonic Mean

میانگین هارمونیک

Tol = Tolerance Index

شاخص تحمل

STI = Stress Tolerance Index

شاخص تحمل به تنش

SSI = Stress Susceptibility Index

شاخص حساسیت به تنش

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

به کار روند. این انتخاب شاخص‌های MP و GMP و STI به عنوان مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌ها در اقلیم نیمه‌گرمسیری و نیمه‌خشک، فرشادفر و همکاران (۱۳۹۳) و سوری و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه بر روی نخود کاملاً مطابقت دارد. معروف و فرشادفر (۱۳۹۳) به منظور مقایسه شاخص‌های مقاومت به خشکی و شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به تنش در گندم به اقلیم نیمه‌گرمسیری و نیمه‌خشک، شاخص‌های STI و MP و GMP و عملکرد در دو شرایط تنش و بدون تنش همبستگی بار بالا و معنی‌داری دارند.

سیاسگزاری

از کد محترم 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 تحقیقات قدردانی تشکر می‌گردد.

این با توجه به شاخص‌های محاسبه شده در این مطالعه می‌توان شاخص STI را به دلیل داشتن ضریب همبستگی بالا 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

- 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.** Defining selection criteria to improve yield under drought. Plant Growth Reg. 20: 157-166.
- Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981.** Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sci. 21: 943-946.
- Siddique, M. R. B., A. Hamid and M. S. Islam. 2000.** Drought stress effects on water relations of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 35-38.
- Winkel, A. 1989.** Breeding for drought tolerance in cereals. Vertage for pflan zenzuchtung 16: 357-368.
- Yadav, R. S. and C. Bhushan. 2001.** Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. Indian J. of Agric. Res. 2: 104-107.
- Zheng, J. G., G. J. Ren, X. J. Lu and X. L. Jiang. 2003.** Effect of water stress on rice grain yield and quality after heading stage. Chinese J. of Rice Sci. 3: 239-243.

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

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

ABSTRACT

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

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

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

Received: August, 2007

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

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

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