نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره دوم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

غربال‌گری ژنوتیپ‌های برنج با استفاده از برخی صفات مورفوفیزیولوژیک در شرایط تنش خشکی

مرتضی نصیری[۱]، *موسی مسکرباشی[۲]، پیمان حسیبی[۲] و همت‌اله پیردشتی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۲]دانشیار دانشگاه شهید چمران اهواز، [۳]دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۱٤ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۲۱

چکیده

سابقه و هدف: گیاه برنج به‌دلیل نیاز فراوان به آب در دوره رشد با خطر کم آبی روبرو می‌باشد. تنش خشکی باعث تغییر در تخصیص اسمیلات‌ها، رشد ریشه‌ها و اندام‌های هوایی در طول دوره رویشی و همچنین باعث کاهش پنجه‌زنی، مرگ پنجه‌ها، کاهش ارتفاع گیاه و تأخیر در گل‌دهی می‌شود. هدف از اجرا این تحقیق غربال گری ژنوتیپ‌های مختلف موجود در ایران و برخی لاین‌های ارسالی از ایری به‌منظور شناخت راهبردهای متحمل به خشکی مانند صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژی به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به‌صورت طرح کاملاً تصادفی در دو شرایط آبیاری کامل و تنش طی مرحله گیاهچه‌ای بر ٥٦ ژنوتیپ برنج در سال ۱۳۹۲ در معاونت مؤسسه تحقیقات برنج آمل اجرا شد. در این آزمایش محتوی نسبی آب برگ، عدد SPAD، رنگ برگ، ارتفاع بوته، سطح و تعداد برگ در بوته، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، طول ریشه، نشت الکترولیتی غشاء و pH عصاره برگ تعیین شد.

*مسئول مکاتبه: mmeskarshee@scu.ac.ir

یافته‌ها: نتایج نشان داد که تمام صفات در دو محیط تنش و آبیاری کامل و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط اختلاف آماری معنی‌داری نشان دادند. در شرایط تنش از بین صفات مورد بررسی، محتوی نسبی آب برگ (۱۷/۳ درصد)، وزن خشک ریشه (۲۸/۲ درصد) و وزن خشک اندام هوایی (۲۱/۹ درصد) کاهش یافتند و نشت الکترولیتی غشاء بیشتر شد (حدود ۸٦ درصد). نتایج هبستگی نشان داد که وزن خشک ریشه و اندام هوایی با وزن خشک کل بوته درشرایط تنش دارای بیشترین همبستگی بودند.

نتیجه‌گیری: ژنوتیپ‌هایی که صفات آن‌ها در شرایط تنش، برتری قابل توجهی نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی انتخاب شدند. این ژنوتیپ‌ها شامل ارقام طارم‌محلی، طارم‌دیلمانی، ندا، فجر، شفق، تابش، کوهسار، گوهر، حمر، عنبوری قرمز، درودزن، زاینده‌رود و فیروزان از ارقام بومی و اصلاح شده ایرانی و تعداد هفت لاین ارسالی از مؤسسه ایری می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تحمل خشکی، ژنوتیپ، گیاهچه برنج، نفوذپذیری غشاء، محتوی نسبی آب

مقدمه

گیاهان در شرایط محیطی نامناسب با تنش‌های مختلف زنده و غیر زنده مواجه می‌شوند. در این میان خشکی یک عامل مهم غیر زنده است که شدیداً بر رشد و بهره‌وری محصولات کشاورزی در سطح جهان اثر می‌گذارد (۱۷). تولید برنج در آسیا به‌شدت با کم آبی تهدید شده و تا سال ۲۰۲۵، دو ملیون هکتار از آبیاری مزارع برنج در فصل خشک و ۱۳ میلون هکتار از آبیاری مزارع برنج درفصل مرطوب دچار کم‌آبی شده و تقریبا ۲۲ ملیون هکتار مزارع برنج در فصل خشک در جنوب و جنوب شرقی آسیا ممکن است منجربه کاهش عملکرد ناشی از کم‌آبی شوند (۳۰). در چین به‌نژادگران واریته‌هایی از ارقامی متحمل به خشکی (ارقام هوازی) را با پتانسیل عملکرد ٦ تا ۷ تن در هکتار معرفی نمودند که در حال حاضر در حدود ۱۹۰ هزار هکتار در مناطق پست، در جایی که میزان آب برای آبیاری غرقابی کم است کشت می‌شود (۳۲). پیردشتی و همکاران (۲۰۰۹) در ارتباط با اثر تنش خشکی بر چهار رقم برنج ایرانی (طارم، خزر، فجر و نعمت) گزارش نمودند که تنش خشکی بر مقدار کلروفیل، رشد ریشه، تولید ماده خشک، عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر منفی داشته و رطوبت نسبی آب رقم فجر و نعمت بیشتر از طارم و خزر بوده است (۲۵). رابطه وضعیت آب برگ یا پتانسیل آب برگ (LWP)[1] و مقدار نسبی آب برگ (RWC)[2] با میزان کاهش عملکرد به کمبود آب در زمان شروع تنش و مدت آن وابسته است. پتانسیل آب برگ ممکن است به‌طور مستقیم بر باروری و به‌طور غیرمستقیم از طریق خروج ناقص خوشه بر میزان عملکرد اثر بگذارد (١٦ و ۱۵). حفظ عملکرد گیاه و زنده‌ماندن آن تحت تنش خشکی به ظرفیت تنظیم اسمزی بستگی دارد (۳۱ و ۱۰). فوکایی و کوپر (١٩٩٦) راهبردهای تحمل به خشکی در سیستم کشت برنج با آبیاری را بیشتر در ارتباط با اصلاح ژنتیکی تحمل به تنش خشکی بیان نمودند (۹). تحت شرایط آپلند (کشت دیم) طول و تراکم ریشه و الگوی جذب آب تا عمق ٦۰ سانتی‌متر برای برنج، ذرت و سورگوم مشابه و جذب آب در زیر ٦۰ سانتی‌متر عمق خاک در برنج خیلی کم‌تر از سورگوم و ذرت می‌باشد (۱۲). بومن و همکاران (۲۰۰۷) بیان نمودند که تنش خشکی باعث تغییر در تخصیص اسمیلات‌ها، رشد ریشه‌ها و اندام‌های هوایی در طول دوره رویشی و همچنین باعث کاهش پنجه‌زنی، مرگ پنجه‌ها، کاهش ارتفاع گیاه و تأخیر در گل‌دهی می‌شود (٤). پانتوان و همکاران (۲۰۰۲) بیان نمودند که حساسیت برنج به خشکی به ژنوتیپ و محیط‌های تحت تنش خشکی مرتبط می‌باشد (۲۳). ماری و همکاران (۲۰۱۰) درجه حرارت تاج

1- Leaf Watet Potential
2- Relative Water Content

پوش، سبزینه برگ، ارتفاع گیاه و تعداد برگ را به‌عنوان صفات مطلوب در ارزیابی تحمل به تنش خشکی و همبستگی با عملکرد گزارش نمودند (۲۰). عمق ریشه، ضخامت و مقاومت هیدرولیکی ریشه برنج نیز به مقدار زیادی به راهبرد اجتناب از خشکی در گیاه برنج مرتبط می‌باشد (۳۳). بنابراین، هدف از اجرای پژوهش حاضر شناسایی برخی راهبردهای ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک تحمل به تنش خشکی برنج در مرحله گیاهچه‌ای و غربال‌گری ژنوتیپ‌های برنج ایرانی و خارجی به‌منظور انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جهت مطالعات تکمیلی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مؤسسه تحقیقات برنج- معاونت مازندران (آمل) با طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و با عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۲۸ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۲۹/۸ متر از سطح دریا در سال ۱۳۹۲ و در شرایط گلخانه با دمای ۳۰/۲۰ درجه سانتی گراد (شب/ روز) و با رطوبت نسبی ۵±۷۰ درصد به اجرا درآمد. آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ٥٦ ژنوتیپ (۳۰ رقم و لاین ایرانی از پنج استان کشور و ۲٦ لاین انتخابی از موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج- ایری) (جدول ۱) در دو شرایط (محیط) تنش خشکی و بدون تنش در مرحله گیاهچه‌ای انجام شد. ابتدا چهار ظرف فلزی با مساحت یک مترمربع و ارتفاع ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر خاک نرم مخلوط شده با عناصر غذایی پر شده بود. سپس بذرهای برنج که در ژرمیناتور جوانه‌دار شده بودند، در آن‌ها کشت شد. بعد از بذرپاشی، آبیاری به‌صورت روزانه تا مرحله دو تا سه برگی گیاهچه (۱۵ روز بعد از بذر پاشی) انجام شد. بعد از ۱۵ روز از بذرپاشی، درشرایط بدون تنش آبیاری تا پایان دوره رشد ادامه و در محیط تحت تنش آبیاری به‌طور کامل قطع شد. بعد از این‌که رطوبت خاک به ۲۰ درصد رسید (حدود ۱۰ روز از قطع آبیاری)، صفات محتوی نسبی آب برگ، عدد SPAD، رنگ برگ، ارتفاع بوته، سطح و تعداد برگ در بوته، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، طول ریشه، نشت الکترولیتی غشاء (MEL)[1] و pH عصاره برگ به روش‌های زیر اندازه‌گیری شد. محتوی آب نسبی برگ (RWC) براساس روش ریچی و نگوین (۱۹۹۰) با تعیین وزن تازه (FW)[2]، وزن اشباع (SW)[3] و وزن خشک (DW)[4] آخرین برگ توسعه یافته و از طریق رابطه ۱ محاسبه شد (۲٦).

1- Membrane electrolyte leakage (MEL)
2- Fresh Weight
3- Saturation Weight
4- Dry Weight

$$RWC = \frac{FW-DW}{SW-DW} * 100$$ رابطه ۱

جدول ۱- نام و منشأ ژنوتیپ‌های مورد استفاده در آزمایش.

Table 1. Name and origin of the genotypes used in the experiment.

شماره NO	ژنوتیپ Genotype	منشا Origin	شماره NO	ژنوتیپ Genotype	منشا Origin	شماره No	ژنوتیپ Genotype	منشا Origin	شماره NO	ژنوتیپ Genotype	منشا Origin
1	طارم محلی (Tarom Mohali)	مازندران Maz	15	دمسیاه (Domsia)	گیلان Gilan	29	IR81025-B-327-3	ایری* (IRRI)	43	IR74719-23-3-2-2	ایری* (IRRI)
2	طارم دیلمانی (TaromDilamani	مازندران Maz	16	خزر (Khazar)	گیلان Gilan	30	IR79907-B-493-3-1	ایری* (IRRI)	44	IR64	ایری* (IRRI)
3	نعمت (Nemat)	مازندران Maz	17	حسنی (Hasani)	گیلان Gilan	31	IR79971-B-204-1-4	ایری* (IRRI)	45	OMCS2009	ایری* (IRRI)
4	ندا (Neda)	مازندران Maz	18	درفک (Dorfac)	گیلان (ilan	32	IR79971-B-201-2-3	ایری* (IRRI)	46	سازندگی Sazandgi	اصفهان (Esf)
5	فجر (Fajar)	مازندران Maz	19	کادوس Kadous	گیلان Gilan	33	IR84179-B-403	ایری* (IRRI)	47	زاینده رود Zayanderoud	اصفهان (Esf)
6	شفق (Shafagh)	مازندران Maz	20	گوهر (Gohar)	گیلان Gilan	34	IR81063-B-94-U3-2	ایری* (IRRI)	48	فیروزان Firouzan	اصفهان (Esf)
7	ساحل (Sahel)	مازندران Maz	21	چمپا (Champa)	خوزستان (Kho)	35	IRS14m3-sat	ایری* (IRRI)	49	درود زن Doroudzan	فارس (Fars)
8	شیرودی (Shirodi)	مازندران Maz	22	حمر (Hamar)	خوزستان (Kho)	36	IR8S6- sat	ایری* (IRRI)	50	لاین (Line) G28	فارس (Fars)
9	تابش (Tabesh)	مازندران Maz	23	هویزه (Hovize)	خوزستان (Kho)	37	IR8S3- Sat	ایری* (IRRI)	51	لاین G3 (Line)	فارس (Fars)
10	پویا (Poya)	مازندران Maz	24	گرده رامهرمز GerdeRamhormoz	خوزستان (Kho)	38	IR75479-199-3-3	ایری* (IRRI)	52	لاین ٤ (Line 4)	فارس (Fars)
11	کشوری (Keshvari)	مازندران Maz	25	عنبوری قرمز Anborigermez	خوزستان (Kho)	39	IR70422-95-1-1	ایری* (IRRI)	53	IR74482-135-2-3	ایری* (IRRI)
12	کوهسار (Kohsar)	مازندران Maz	26	VANDANA	ایری* (IRRI)	40	IR72860-109-2-3-2	ایری* (IRRI)	54	IR75481-104-2-3	ایری* (IRRI)
13	بینام (Binam)	گیلان (Gilan)	27	IR-78908-193-B-3-B	ایری* (IRRI)	41	PR4092-412-120-15	ایری* (IRRI)	55	IR75482-149-1-1	ایری* (IRRI)
14	طارم هاشمی (Tarom Hashemi)	گیلان (Gilan)	28	IR81429-B-3-31	ایری* (IRRI)	42	IR2574-643-1-2	ایری* (IRRI)	56	IR70416-53-2-2	ایری* (IRRI)

* ایری: مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج در فیلیپین

Maz = Mazadaran, Kho = Khozestan, Esf = Esfahan
*IRRI: International Rice Research Institute

برای تعیین نشت الکترولیتی غشاء (MEL) شش قطعه یک سانتی‌مترمربعی از آخرین برگ کاملاً توسعه یافته هر یک از تیمارها در داخل لوله‌های آزمایش با ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر یونیزه قرار گرفت.

بعد از ۳ ثانیه ورتکس هدایت الکتریکی اولیه (EC0) و سپس قرار دادن لوله‌ها در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲٤ ساعت دوباره هدایت الکترولیتی (EC1) تعیین شد. لوله‌ها به‌مدت ۱۵ دقیقه با حرارت ۱۲۰ درجه اتوکلاو شده و بعد از رسیدن دمای لوله‌ها به دمای اطاق مجددا هدایت الکتریکی (EC2) با دستگاه EC متر (مدل-Metrohm,712) اندازه‌گیری شد. مقدار نشت الکترولیتی غشاء (MEL) یا نفوذپذیری نسبی غشاء با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد (۳٤).

$$MEL = \frac{EC1-EC0}{EC2-EC0} * 100$$ رابطه ۲

مقدار pH نیز از محلول تهیه شده برای نشت الکترولیتی غشاء با دستگاه pHمتر (مدل- PB-11, Sartorius) هم زمان با اندازه‌گیری EC2 تعیین شد. برای اندازه‌گیری عدد SPAD از دستگاه SPAD (کلروفیل‌متر مدل ۵۰۲، مینولتای ژاپن) از وسط آخرین برگ توسعه یافته قرائت شد (۱٤). رنگ برگ با استفاده از چارت رنگ برگ با پنج قسمت و با شماره‌های ۱ الی ۵ (از رنگ روشن تا تیره) تعیین گردید (۱٤). سایر صفات مورد مطالعه از قبیل ارتفاع گیاهچه (از سطح زمین تا نوک آخرین برگ)، تعداد برگ، سطح برگ (با اندازه‌گیری طول و عرض برگ‌های هر بوته و با ضرب کردن در ضریب ۰/۷٤)، وزن خشک ریشه، اندام هوایی و کل بوته، طول ریشه بر اساس سیستم ارزیابی استاندارد برنج (ایری ۱۹۹٦) تعیین شد (۱٤). بعد از جمع‌آوری داده‌ها و محاسبات لازم با نرم‌افزار اکسل، تجزیه آماری و مقایسه میانگین ساده و مرکب و تعیین ضریب هبستگی صفات برای محیط‌های تنش و نرمال با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس در شرایط تنش و نرمال (جدول‌های ۲ و ۳) نشان داد که تمامی صفات مورد بررسی شامل محتوی نسبی آب برگ (RWC)، عدد SPAD، ارتفاع گیاهچه، تعداد برگ، سطح برگ بوته، وزن خشک ریشه، اندام هوایی و کل بوته، طول ریشه، چارت رنگ برگ (LCC)[1]، نشت الکترولیتی غشاء و pH از نظر آماری اختلاف آماری معنی‌داری (P≤۰/۰۱) برای ۵٦ ژنوتیپ برنج نشان داد و ژنوتیپ‌های مورد بررسی از لحاظ صفات مورد مطالعه تنوع بالایی را نشان می‌دهند. بنابراین برای غربال‌گری ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر تنش خشکی تجزیه مرکب صفات در دو محیط تنش و نرمال انجام شد.

1- Leaf Color Chart

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های مختلف برنج در مرحله گیاهچه (شرایط نرمال).

Table 2- Analysis of variance for studied triats of rice genotypes at seedling stage (Normal condition).

صفات Trait منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	pH	نفوذپذیری نسبی غشا (MEL)	چارت رنگ برگ (LCC)	طول ریشه Length (root)	وزن خشک کل Total dry (weight	ریشه به اندام هوایی (R/S)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry) (weight	وزن خشک ریشه Root) dry (weight	تعداد برگ (N-leaf)	سطح برگ بوته P-leaaf (area)	ارتفاع گیاهچه Seedling height	عدد SPAD	محتوی آب نسبی برگ (RWC)
تکرار Rep	1	0.0007	93.2	0.007	0.012	2.6	0.006*	7.3	0.2	0.007	0.002	0.07	0.37	0.12
ژنوتیپ Genotype	55	4.1**	228335**	0.3**	2.2**	574**	0.3**	303**	89.2**	0.5**	23.1**	80.9**	23.4**	669.4**
خطا Error	55	0.07	234.9	0.007	0.008	1.8	0.0009	0.66	0.27	0.006	0.08	0.43	0.44	3.8
ضریب تغییرات CV		2.6	5.6	2.6	3.1	2.7	4.9	2.5	3	2.7	2.5	2.6	2.5	3

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه برای ژنوتیپ‌های مختلف برنج در مرحله گیاهچه (شرایط تنش).

Table 3- Analysis of variance for studied triats of rice genotypes at seedling stage (stress condition).

صفات Trait منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	pH	نفوذپذیری نسبی غشا (MEL)	چارت رنگ برگ (LCC)	طول ریشه Length (root)	وزن خشک کل Total) dry (weight	ریشه به اندام هوایی (R/S)	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry) (weight	وزن خشک ریشه Root) dry (weight	تعداد برگ (N-leaf)	سطح برگ بوته P-leaaf (area)	ارتفاع گیاهچه Seedlin g height	عدد SPAD	محتوی آب نسبی برگ (RWC)
تکرار Rep	1	0.07	0.26	0.001	0.0004	0.02	0.000008	1.13	0.03	0.002	0.01	0.34	0.64	0.1
ژنوتیپ Genotype	55	0.52**	3243**	0.62**	1.8**	818**	3**	515**	98.8**	0.6**	37.8**	55**	15.8**	756**
خطا Error	55	0.06	2.4	0.01	0.006	2.3	0.0002	1.7	0.12	0.009	0.12	0.54	0.5	3.1
ضریب تغییرات CV		2.7	1.4	2.9	2.8	1.9	4.4	3.2	2.8	3.04	2.7	2.8	2.7	2.2

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively

نتایج تجزیه مرکب (جدول ٤) نشان داد که تمام صفات مورد بررسی در دو محیط تنش و نرمال و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از نظر آماری در سطح ۱ درصد اختلاف آماری معنی‌دار نشان دادند. لذا بر اساس این نتایج، ارزیابی ژنوتیپ‌ها در محیط تحت تنش انجام گرفت. به‌منظور انتخاب معیار مناسب برای غربال‌گری مقایسه میانگین‌های کلیه ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش انجام (جدول ٥) و این نتایج نشان داد، تمامی صفات مورد مطالعه به‌جز صفت عدد SPAD در دو گروه متفاوت آماری قرارگرفتند (جدول ٥). نتایج هبستگی صفات بیانگر این است که تعدادی از صفات با هم همبستگی مثبت و معنی‌دار و تعدادی از صفات مستقل از هم بودند (جدول ۷). بنابراین مقایسه ژنوتیپ‌ها با ارزیابی صفات مورد مطالعه جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی با معیار میانگین هر صفت برای ٥٦ ژنوتیپ و نتایج همبستگی بین صفات انجام شد.

وزن خشک ریشه، طول ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام هوایی: نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از نظر آماری ($P\leq$۰/۰۱) برای صفات فوق کاملا معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسات میانگین میان ژنوتیپ‌ها در مقایسه میانگین مرکب نشان داد که وزن خشک ریشه در شرایط نرمال و تنش به‌ترتیب ۱۲/٥ و ۱۷/٤ میلی‌گرم، طول ریشه به‌ترتیب ۲/۸ و ۳ سانتی‌متر و نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی ۰/۳۲ و ۰/٦۲ بود (جدول ٥). این نتایج بیانگر این است که در شرایط تنش هر سه صفت دارای مقادیر بیشتری در مقایسه با شرایط نرمال بودند که این افزایش برای وزن ریشه بیشتر از طول ریشه است. در این ارتباط یوشیدا و هاسی‌گاوا (۱۹۸۲) نسبت وزن ریشه به اندام هوایی را به‌عنوان یک شاخص برای مقاومت به خشکی با توانایی استخراج بیشتر آب از عمق زیاد خاک پیشنهاد نمودند (۳٥). وزن خشک ریشه، طول ریشه و نسبت وزن ریشه به اندام هوایی از صفات مهم در غربال‌گری ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشند و نقش مهمی در انتخاب ارقام متحمل به خشکی دارند (٤). مقایسه میانگین وزن خشک ریشه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش (جدول ٦) نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ٤، ٥، ٦، ۷، ۹ و ۱۰ (ارقام طارم محلی، طارم دیلمانی، ندا، فجر، شفق، ساحل، تابش و پویا) از مازندران، ۱٦ (خزر) از گیلان، ۲۲ و ۲٥ (حمر وعنبوری قرمز) از خوزستان، ٤۸ (فیروزان) از اصفهان، ٤۹ (درود زن) از فارس، لاین‌های ۲۷، ۳۰، ۳۱، ۳۳، ٤۰، ٤۱، ٤۳، ٤٤، ٥۳، ٥٤ و ٥٥ از مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (ایری) از میان ٥٦ ژنوتیپ بیشترین وزن خشک ریشه را در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند.

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه در تجزیه مرکب دو محیط تنش و نرمال برای ژنوتیپ‌های برنج در مرحله گیاهچه.

Table 4- Analysis of variance (mean Squar) studied triats in Combined analysis normal and stress condition for rice genotypes in seedling stage.

صفات Trait منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	pH	نفوذپذیری نسبی غشا (MEL)	چارت رنگ برگ (LCC)	طول ریشه Length (root)	وزن خشک کل Total) dry (weight	ریشه به اندام هوایی (R/S)	وزن خشک هوایی Shoot dry) (weight	خشک وزن ریشه Root) dry (weight	تعداد برگ (N-leaf)	سطح برگ بوته P-leaaf (area)	ارتفاع گیاهچه Seedling height	عدد SPAD	محتوی آب نسبی برگ (RWC)
محیط Place	1	62**	3122304**	16.5**	3.3**	710**	5**	441**	1333**	6**	235**	118**	0.35ns	10720**
تکرار (محیط) Rep (Place)	2	0.03	46.7	0.004	0.006	1.3	0.003**	4.2	0.1	0.004	0.008	0.21	0.5	0.1
ژنوتیپ Genotype	55	3.4**	115746**	0.7**	2.2**	819**	0.2**	495**	111**	0.66**	38.8**	101**	26**	401**
ژنوتیپ در محیط Gen*Place	55	1.2**	115833**	0.2**	1.9**	573**	0.14**	323**	77**	0.44**	22**	34.7**	13**	536**
خطاء Erorr	110	0.06	118	0.009	0.007	2.2	0.0005	1.2	0.2	0.007	0.1	0.5	0.5	3.5
ضریب تغییرات C.V		2.7	0.7	2.8	2.9	2.8	5	3	3	2.9	2.6	2.7	2.6	2.5

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ٥- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در دو شرایط نرمال و تنش برای ژنوتیپ‌های برنج در مرحله گیاهچه (احتمال یک درصد).

Table 5- Comparsion of mean traits in normal and stress condition for rice genotypes in seedling stage (P≤0.01).

صفات Trait محیط آزمایش (Place)	Ph	نفوذپذیری نسبی غشا MEL	چارت رنگ برگ LCC	طول ریشه Length root(cm)	وزن خشک کل Total dry weight ($g.plant^{-1}$)	نسبت ریشه به اندام هوایی R/S	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ($g .Plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight ($gr.plant^{-1}$)	تعداد برگ (NO-leaf)	سطح برگ بوته P-leaaf area(cm^2)	ارتفاع گیاهچه Seedling height (cm)	عدد SPAD	محتوی آب نسبی برگ RWC(%)
نرمال (Normal)	8.9 b	38.1 b	3.6a	2.8b	53.1a	0.32b	40.7 a	12.5b	3.2a	13.1a	26.3 a	27a	80.1a
تنش (Strres)	9.9 a	274.2a	3.1 b	3a	49.6 b	0.62a	31.8b	17.4a	2.8 b	11.1 b	24.9 b	26.9 a	66.2 b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers followed by the same are not significant (P≤0.01)

جدول ٦- مقایسه میانگین برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش در مرحله گیاهچه‌ای

Table 6: Comparsion of mean some traits morphophysiologic rice genotypes in stress condition at seedling stage

شماره NO	صفات Trait ژنوتیپ Genotype	pH	نفوذ پذیری نسبی غشا MEL	چارت رنگ برگ LCC	طول ریشه Length root (cm)	وزن خشک کل Total dry weight ($gr.plant^{-1}$)	نسبت ریشه به اندام هوایی R/S	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ($gr.plant^{-1}$)	وزن خشک ریشه Root dry weight ($gr.plant^{-1}$)	تعداد برگ (NO-leaf)	سطح برگ بوته P-leaaf area(cm^2)	ارتفاع گیاهچه Seedling height(cm)	عدد SPAD	محتوی آب نسبی برگ (RWC)
1	طارم محلی Tarom Mohali	12.1^{abc}	۱۹۹^{ijk}	2.9^{d}	2^{i}	67.6^{ef}	0.77^{e}	37.6^{h-l}	28.9^{a}	3b	10.5^{l-o}	30^{efg}	16.8^{v}	81.8^{e-h}
2	طارم دیلمانی (Tarom Dilamani)	11.9^{a-d}	152^{l-o}	2.9^{d}	4^{d}	58.7^{hi}	0.61^{g-k}	35^{mno}	21.4^{e}	2.9^{b}	6.4^{vw}	14.2^{w}	21.9^{u}	86.2^{a-c}
3	نعمت (Nemat)	12.3^{ab}	124^{np}	3.1^{d}	1.5^{j}	43^{qrs}	0.66^{f-i}	$25/3^{rs}$	$16/6^{jkl}$	$4/1^{a}$	$10/9^{km}$	$17/2^{tuv}$	$22/8^{stu}$	$81/8^{e-h}$
4	ندا (Neda)	$11/7^{bd}$	$164/5^{k-n}$	$3/5^{c}$	$2/9^{g}$	$59/5^{hi}$	0.4^{p-t}	43^{ef}	$17/4^{ij}$	$2/9^{b}$	$9/4^{opq}$	$16/5^{uvm}$	$26/6^{j-o}$	$92/7^{a}$
5	جر (Fajar)	$12/1^{abc}$	164^{m-p}	$2/4^{e}$	$3/6^{e}$	$74/9^{bc}$	0.7^{ef}	$43/3^{ed}$	$30/3^{a}$	$3/9^{a}$	$12/5^{hig}$	$18/5^{stu}$	$29/8^{d-h}$	$63/4^{nop}$
6	شفق (Shafagh)	$12/5^{a}$	$152/1^{l-o}$	$3/9^{b}$	2^{h}	$58/4^{hi}$	0.57^{j-n}	37^{h-m}	21.1^{ef}	2.9^{b}	8.4^{q-t}	15.4^{vm}	27.5^{j-m}	73.8^{i-m}
7	ساحل (Sahel)	$12.^{1abc}$	132.7^{n-p}	3.9^{c}	2.6^{h}	60.8^{gh}	0.53^{k-o}	39.2^{gh}	20.9^{efg}	2.9^{b}	5.6^{w}	20.2^{rs}	30^{d-g}	58.2^{pq}
8	شیرودی (Shirodi)	12.3^{ab}	148^{mno}	2.6^{e}	2.5^{h}	44.4^{pqr}	0.58^{i-m}	26.9^{r}	15.7^{klm}	2.9^{b}	7.4^{tuv}	17.9^{s-v}	31.3^{b-d}	51.6^{qr}
9	تابش (Tabesh)	10.7^{efg}	204^{ijk}	3.5^{c}	5.1^{b}	68^{ef}	0.59^{i-m}	42.9^{ef}	25.2^{cd}	3^{b}	14.5^{def}	23.5^{m-p}	33^{abc}	56.9^{pq}
10	پویا (Poya)	12.5^{ab}	195.9^{jkl}	3^{d}	3.6^{e}	56.2^{ij}	0.54^{k-o}	36^{j-m}	19.4^{gh}	3.1^{b}	15.4^{d}	23.4^{m-p}	28.2^{f-l}	52.7^{qr}
11	کشوری (Keshvari)	11.9^{a-d}	127.4^{n-p}	3.5^{c}	3.5^{e}	41.8^{rs}	0.45^{o-s}	29.4^{q}	13.3^{n-s}	2.9^{b}	10.6^{l-o}	18.5^{stu}	34.2^{a}	75.6^{b-l}
12	کوهسار (Kohsar)	10.2^{g-k}	114.8^{op}	2.4^{e}	۳^{g}	74.3^{bcd}	0.45^{uw}	56.7^{b}	17.2^{ij}	3^{b}	11.2^{kl}	34^{abc}	29^{d-j}	85.6^{a-f}
13	بینام (Binam)	10.2^{g-k}	100^{pq}	2.9^{d}	2.5^{h}	42^{rs}	0.3^{p-u}	30.9^{pq}	12.2^{r-t}	2.9^{b}	$10.4l^{-p}$	22.4^{pqr}	32.6^{abc}	66.5^{mno}
14	طارم هاشمی Tarom Hashm	10.2^{g-k}	100^{pq}	3^{d}	1.2^{k}	16.7^{z}	0.39^{x}	14.6^{v}	2^{z}	2^{c}	6.4^{vm}	22.7^{o-r}	32.6^{abc}	$72.7j-k$
15	دمسیاه (Domsia)	10.4^{f-i}	160.9^{k-o}	2.9^{d}	3.9^{d}	35.7^{tu}	0.13^{i-m}	21.9^{tu}	12.7^{q-t}	2^{c}	$10.2l^{-p}$	27.5^{g-k}	30.3^{de}	42.8^{st}
16	خزر (Khazar)	10.2^{g-k}	1338^{a}	2.9^{d}	5.1^{b}	68.3^{ef}	0.58^{k-o}	45.1^{de}	24^{d}	2^{c}	6.9^{uv}	23.4^{m-p}	29.3^{d-i}	42.3^{st}
17	حسنی (Hasani)	9.1^{mn}	323.7^{h}	3.4^{c}	2.5^{h}	45^{pqr}	0.48^{nop}	30.1^{q}	14.4^{m-p}	3^{b}	18.7^{a}	28.3^{g-j}	37.2^{j-m}	66.9^{mno}
18	درفک (Dorfac)	$9.2l^{m}$	533^{g}	3^{d}	3^{g}	36.5^{xw}	0.58^{i-m}	16.6^{v}	9.7^{v}	3.1^{b}	10.8^{k-n}	20.6^{qrs}	27.4^{j-m}	35.2^{u}
19	کادوس (Kadous)	10.1^{g-k}	1115^{b}	3.5^{c}	3.9^{d}	45^{pqr}	0.64^{f-j}	36.4^{v}	17^{ijk}	3^{b}	15^{de}	23.2^{n-p}	$31.^{1c-e}$	61.5^{op}
20	گوهر (Gohar)	10.3^{g-k}	223^{ij}	3.1^{d}	3^{g}	52^{kl}	0.4^{p-t}	35.8^{ko}	14.5^{m-o}	3^{b}	14.7^{de}	23.3^{n-q}	25.8^{l-r}	64.1^{nop}
21	چمپا (Champa)	11.4^{e-e}	143^{n-p}	2.9^{d}	2.5^{h}	22^{y}	0.3^{vw}	16.5^{v}	4.9^{y}	2.9^{b}	11^{klm}	27^{h-l}	23.7^{p-u}	47.6^{qr}

ادامه جدول ٦- مقایسه میانگین برخی صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش در مرحله گیاهچه‌ای

Table 6: Comparsion of mean some traits morphophysiologic rice genotypes in stress condition at seedling stage

شماره NO	صفات Trait ژنوتیپ Genotype	pH	نفوذپذیری نسبی غشا MEL	چارت رنگ برگ LCC	طول ریشه Length root (cm)	وزن خشک کل Total dry weight ($gr.plant^{-1}$)	نسبت ریشه به اندام هوایی R/S	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight ($gr.plant^{-1}$	وزن خشک ریشه Root dry weight ($gr.plant^{-1}$)	تعداد برگ (NO-leaf)	سطح برگ بوته P-leaaf area(cm^2)	ارتفاع گیاهچه Seedling height(cm)	عدد SPAD	محتوی آب نسبی برگ (RWC)
22	حمر (Hamar)	10.3^{g-k}	979^{c}	3^{d}	2.5^{h}	64.5^{f}	0.71^{ef}	37.4^{hm}	36.5^{bc}	2^{e}	15.4^{d}	34.4^{abc}	27.7^{f-m}	68.8^{l-o}
23	هویزه (Hovize)	10.7^{efg}	236^{ij}	3.5^{c}	2^{i}	39.6^{s}	0.51^{mo}	25.7_{r}	13.1^{o-s}	2.9^{b}	12.5^{hij}	27.9^{g-k}	25.9^{l-r}	77.6^{g-k}
24	گرده رامهرمز Gerde Ramhormoz	10.4^{g-j}	115^{op}	3.1^{d}	2.5^{h}	32.9^{uv}	0.64^{fj}	20.2_{v}	12.9^{p-s}	3^{b}	7.8^{stu}	$23.3m^{-q}$	23.6^{q-u}	78.1^{f-k}
25	عنبوریقرمز Anborigermez	11.2^{def}	120^{n-p}	3^{d}	2.5^{h}	71.4^{cde}	0.38^{r-u}	50.6_{e}	19.2^{gh}	2.92^{b}	9.9^{m-p}	20.5^{rs}	25.6^{l-r}	88^{a-d}
26	VANDANA	10.5^{f-i}	922^{c}	3.1^{d}	2.1^{h}	34.7^{u}	0.51^{l-o}	23.1_{st}	11.8^{stu}	2.9^{b}	15.6^{cd}	29.2^{fgh}	23.5^{r-u}	56.9^{pq}
27	IR-78908-193-B-3-B	10.3^{g-k}	192^{j-m}	3^{d}	3.1^{g}	78.2^{ab}	0.53^{k-o}	50.9_{c}	27.2^{b}	3.9^{a}	14.6^{def}	31.9^{cde}	24.1^{p-u}	35.9^{tu}
28	IR81429-B-3-31	9.6^{i-l}	1136^{b}	3.1^{d}	2^{i}	35.7^{tu}	0.6^{i-m}	22.2_{tu}	13.3^{n-s}	2.9^{b}	17.6^{b}	19.6^{st}	36^{k-r}	62.1^{nop}
29	IR81025-B-327-3	10.5^{fgh}	323^{h}	2.9^{d}	2.5^{h}	27.6^{xw}	0.67^{f-i}	16.7_{v}	11.2^{tu}	2.92	15.1^{d}	28.3^{g-j}	25.3^{m-r}	43^{st}
30	IR79907-B-493-3-1	10.6^{fgh}	536^{g}	3.1^{d}	4.8^{c}	81.4^{a}	0.36^{s-v}	60^{a}	21.7^{e}	3.1^{b}	10.4^{i-p}	33.1^{bcd}	24.2^{p-u}	67^{mno}
31	IR79971-B-204-1-4	10^{g-k}	723^{f}	2.9^{d}	2.6^{h}	44.9^{pqr}	1.1^{c}	21.6^{tu}	22.7^{d}	2.9^{b}	8.2^{rst}	36.1^{i-m}	25.4^{l-r}	41^{stu}
32	IR79971-B-201-2-3	10.1^{g-k}	819^{e}	3^{d}	2.4^{h}	28.2^{wx}	0.92^{c}	15.3^{v}	14.1^{m-q}	3^{b}	7.4^{tuv}	19.3^{st}	23.8^{p-u}	90.6^{ab}
33	IR84179-B-403	9.5^{kl}	235^{ij}	2.9^{d}	3.9^{d}	25.2^{xy}	2.2^{a}	8^{x}	17.4^{fg}	3^{b}	13.1^{ghi}	25.7^{j-n}	25.7^{l-r}	89.7^{abc}
34	IR81063-B-94-U3-2	10.4^{g-j}	972^{c}	3^{d}	2.52^{n}	17.7^{z}	0.6^{h-l}	11.3^{w}	6.8^{wx}	2^{e}	4.4^{x}	17.4^{tuv}	24.1^{p-u}	79.2^{c-i}
35	IRS14m3-sat	10.8^{efg}	137^{n-p}	2.9^{d}	1.5^{j}	54.5^{ijk}	0.39^{p-u}	38.3^{nq}	14.8^{mn}	3^{b}	9.7^{nop}	25.3^{k-o}	27.7^{j-m}	35^{u}
36	IR8S6- sat	10.3^{g-k}	805^{e}	2.6^{e}	1.6^{j}	49.3^{l-o}	0.34^{tuv}	35.3^{lmn}	12.2^{r-u}	3^{b}	4.2^{x}	7.5^{x}	36.5^{l-p}	61.9^{nop}
37	IR8S3- Sat	9.1^{lmn}	100^{pq}	2.5^{e}	3.1^{g}	40.1^{s}	0.58^{i-m}	24.5^{rs}	14.2^{m-q}	2^{e}	6.5^{vm}	25.8^{j-n}	25.5^{l-r}	61.4^{op}
38	IR75479-199-3-3	9.1^{lmn}	56.4^{qrs}	2.5^{e}	2.4^{h}	39^{st}	1.7^{b}	14.7^{v}	24.4^{d}	2^{e}	8.6^{qrs}	24.6^{l-o}	22^{u}	77.5^{g-k}
39	IR70422-95-1-1	9.7^{i-l}	296^{h}	3.1^{d}	3.9^{d}	25.8^{xw}	2.2^{a}	7.7^{x}	17.1^{ijk}	3^{b}	6.8^{uv}	16.4^{uvm}	26.7^{j-o}	80.8^{d-i}
40	IR72860-109-2-3-2	9.9^{h-l}	243^{vi}	3.6^{c}	3.4^{ef}	44.8^{pqr}	0.88^{d}	23.3^{st}	20.5^{efg}	2.9^{b}	12.3^{ij}	28.6^{fgh}	27.9^{j-m}	52.3^{ijk}
41	PR4092-412-120-15	8.1^{op}	40.4^{rs}	3.5^{c}	3^{g}	57.7^{hig}	0.51^{mo}	37.9^{h-k}	19.2^{gh}	2.9^{b}	10^{l-p}	22.4^{pqr}	26^{k-r}	53.8^{ijk}
42	IR2574-643-1-2	8.4^{op}	14.1^{s}	4.5^{a}	1.5^{j}	29.4^{vm}	0.92^{d}	14.7^{v}	13.6^{m-q}	2^{e}	6.8^{uv}	18.5^{stu}	28.7^{e-k}	83.7^{b-g}
43	IR74719-23-3-2-2	7.9^{op}	19.8^{rs}	2.9^{d}	5.5^{a}	70.8^{de}	0.72^{et}	41.2^{fg}	29.6^{a}	2.9^{b}	8.6^{qrs}	19.5^{st}	28.2^{l-l}	20.7^{v}
44	IR64	7.9^{op}	16.8^{rs}	3.6^{c}	1.6^{j}	65.9^{ef}	0.4^{p-t}	49.4^{c}	19.6^{fgh}	3^{b}	14.5^{def}	25.3^{k-o}	28.9^{d-j}	43^{st}
45	OMCS2009	8.1^{op}	33.7^{rs}	3.6^{c}	1.7^{j}	48^{m-p}	0.3^{uvw}	36.7^{j-m}	11.1^{uv}	3^{b}	11.8^{ijk}	23.2^{n-q}	27.8^{l-m}	38.9^{tu}
46	سازندگی Sazandgi	8.4^{nop}	12.9^{s}	3.6^{c}	4.1^{d}	47.4^{nop}	0.47^{opq}	30.6^{q}	14.5^{mo}	2.06^{c}	15.2^{d}	31.5^{def}	27.5^{j-m}	69.4^{lmn}
47	زایندهرود Zayanderoud	8^{op}	16.3^{s}	3.6^{c}	4.1^{d}	50.7^{k-n}	0.46^{o-p}	35.8^{klm}	16.4^{ijkl}	2.9^{b}	13.9^{efg}	33.8^{a-d}	36.4^{j-p}	50.6^{ijk}
48	فیروزان Firouzan	8.2^{op}	34.3^{rs}	3.6^{c}	3.6^{e}	76.2^{b}	0.65^{fj}	45.4^{d}	29.7^{a}	3^{b}	16.4^{c}	35.7^{a}	33.4^{ab}	56.4^{pq}
49	دورودزن Doroudzan	7.9^{op}	64.8^{qr}	3^{d}	3.6^{e}	74.8^{bc}	0.65^{fj}	33.3^{no}	29.1^{a}	2.9^{b}	14.7^{de}	36.3^{a}	29.1^{d-j}	87.7^{a-d}
50	لاین G28 (Line)	8^{op}	43.8^{rs}	3^{d}	3.2^{gf}	52.4^{kl}	0.38^{q-u}	39^{ghi}	14.8^{mn}	2^{e}	9.2^{pqr}	31.6^{def}	29.9^{d-h}	79.5^{e-i}
51	لاین G3 (Line)	9.1^{lmn}	49.2^{rs}	3^{d}	3^{g}	41^{rs}	0.25^{w}	33^{op}	8.2^{w}	2^{e}	9.2^{klm}	32.6^{bcd}	36.1^{k-r}	89.2^{abc}
52	لاین ٤ (Line 4)	$8.4m^{no}$	44.9^{rs}	2.9^{d}	2.5^{h}	51.6^{klm}	0.46^{o-r}	33.3^{no}	15.5^{m}	3.1^{b}	13.5^{fgh}	35^{ab}	25.8^{l-r}	86.7^{a-d}
53	IR74482-135-2-3	7.7^{p}	25.3^{rs}	2.9^{d}	3.5^{e}	72.2^{cd}	0.68^{e-h}	41.9^{t}	29.2^{a}	3^{b}	11.3^{kl}	29.2^{gh}	22.7^{tu}	82.3^{c-h}
54	IR75481-104-2-3	8.3^{op}	49^{rs}	3^{d}	4.1^{d}	46.7^{opq}	0.58^{i-m}	30^{q}	17.5^{ij}	2.9^{b}	10.8^{k-n}	27.7^{g-k}	25.1^{mt}	85.9^{a-f}
55	IR75482-149-1-1	7.9^{op}	22.1^{rs}	2.5^{e}	5.6^{a}	61.7^{gh}	0.41^{p-t}	45.1^{de}	18.3^{hi}	3.1^{b}	14.4^{def}	29.6^{e-h}	23.6^{q-u}	71.6^{k-i}
56	IR70416-53-2-2	8.2^{op}	24.4^{rs}	3^{d}	1.5^{j}	32.4^{uv}	0.23^{w}	25.3^{rs}	5.9^{y}	2.9^{b}	10.3^{i-p}	29.3^{fgh}	24.7^{n-t}	93.2^{a}

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

Numbers followed by the same are not significant (P≤0.01)

جدول ۷- همبستگی ساده پیرسون برای صفات موفوفیزیولوژیک در شرایط تنش خشکی گیاهچه‌های برنج.

Table 7: Pearson simple correlation for morphophysiologic traits under drought stress in rice seedling stage

	RWC	عدد SPAD	ارتفاع گیاهچه Seedling height	تعداد برگ NO-leaf	سطح برگ بوته P-leaf area	وزن خشک ریشه Root dryweight	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	ریشه به اندام هوایی (R/S)	وزن خشک کل Totaldry weight	طول ریشه Length root	چارت رنگ برگ LCC	نفوذپذیری نسبی غشا MEL	pH
RWC	1												
عدد SPAD	-0.26*	1											
ارتفاع گیاهچه Seedling height	-0.01	-0.06	1										
تعداد برگ (NO-leaf)	-0.01	-0.11	-0.14	1									
سطح برگ بوته P-leaf area	0.17	0.07	0.56**	0.29*	1								
وزن خشک ریشه Root dry weight	-0.09	-0.01	0.18	0.28*	0.17	1							
وزن خشک اندام هوایی Shoot dry weight	-0.12	-0.12	0.29*	0.27*	0.22	0.54**	1						
ریشه به اندام هوایی R/S	0.19	-0.17	-0.14	-0.005	-0.1	0.3	-0.49	1					
وزن خشک کل Total dry weight	-0.13	-0.13	0.28*	0.31*	0.22	0.79**	0.94**	0.25	1				
طول ریشه Length root	-0.11	-0.02	0.19	-0.008	0.14	0.44**	0.31**	0.17	0.4**	1			
چارت رنگ برگ LCC	-0.02	-0.02	-0.06	-0.06	0.14	-0.01	-0.03	-0.04	-0.03	0.09	1		
نفوذپذیری غشا (MEL)	-0.3	-0.14	-0.18	-0.23	-0.002	-0.06	-0.18	-0.16	-0.16	0.005	-0.11	1	
pH	-0.007	-0.07	-0.45**	0.29*	-0.02	-0.01	0.01	0.01	0.01	-0.14	-0.14	0.17	1

*، ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively

بنابراین می‌توان گفت این ژنوتیپ‌ها قابلیت افزایش رشد ریشه و جذب بیشتر آب را برای مقابله با خشکی داشته و می‌توانند گزینه‌های مناسبی برای معرفی ارقام متحمل به خشکی باشند.

نتایج حاصل از مقایسه میانگین طول ریشه (جدول ٦) حاکی از آن است که تعداد ۲۷ ژنوتیپ به شماره‌های ۲، ٤، ٥، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲ از مازندران، ۱٥، ۱٦، ۱۸، ۱۹ و ۲۰ از گیلان، ٤٦، ٤۷ و ٤۸ از اصفهان، ٥۰ از فارس، ۲۷، ۳۰، ۳۳، ۳۷، ۳۹، ٤۰، ٤۱، ٤۳، ٥٤ و ٥٥ از ایری طول ریشه بلندتری نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و نرمال به خود اختصاص دادند. بیشترین وزن خشک ریشه به اندام هوایی (جدول ٦) به ژنوتیپ‌های ۱، ۳، ۱۹، ۲۲، ۲۹، ۳۲، ۳۳، ۳۸، ۳۹، ٤۰، ٤۲، ٤۳، ٤۸، ٤۹ و ٥۲ با نسبت بیشتر از میانگین ٥٦ ژنوتیپ (جدول ٥) در شرایط تنش تعلق داشت. در بین این ژنوتیپ‌ها دو ژنوتیپ ۳۳ و ٤۳ از لاین‌های هوازی ارسالی از ایری دارای دو برابر وزن خشک ریشه نسبت به اندام هوایی بودند (جدول ٦). فوکایی و کوپر (۱۹۹٦) سیستم ریشه عمیق و برخی راهبردهای اجتناب از خشکی در شرایط آپلند را مفید و برای کشت برنج با آبیاری مداوم به‌خاطر ایجاد لایه سخت مانع نفوذ ریشه در لایه‌های عمیق‌تر خاک غیر کارآمد اعلام نمودند (۹). تحقیقات انجام شده توسط سایر محققین در ارتباط با ریشه برنج نشان می‌دهد که لاین‌هایی با تراکم طول ریشه بیشتر پتانسیل بالاتر آب برگ را حفظ نموده و مرگ برگ ناشی از تنش آب را کاهش می‌دهند (۱۹، ۷ و ۸). بلوم (۱۹۹۸) بیان داشت که تعدادی از صفات رشد ریشه برنج مانند ضخامت، تراکم و طول ریشه، نیروی کششی، قابلیت نفوذ، عمق ریشه‌دهی و تنظیم اسمزی ریشه با اجتناب از خشکی در برنج مرتبط می‌باشد (۲). بومن و همکاران (۲۰۰۷) نیز به اهمیت ریشه‌های عمیق‌تر برای استخراج آب ذخیره شده در لایه‌های عمیق خاک اشاره داشتند (٤).

وزن خشک اندام هوایی و کل بوته: نتایج تجزیه مرکب (جدول ٤) نشان می‌دهد که اثر محیط، ژنوتیپ و اثر متقابل این دو بر صفت وزن خشک اندام هوایی و کل بوته از نظر آماری در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش به‌ترتیب مقدار ٤۰/۷ و ۳۱/۸ میلی‌گرم را برای وزن خشک اندام هوایی و مقدار ٥۳/۱ و ٤۹/٦ میلی‌گرم را برای وزن خشک کل بوته نشان می‌دهد (جدول ٥). این نتایج بیانگر این است که این دو صفت در تنش خشکی در مقایسه با شرایط نرمال کاهش یافته اما اختلاف کاهش وزن کل بوته در شرایط تنش و نرمال به خاطر افزایش وزن خشک ریشه کمتر است. اوتول (۱۹۸۲) در ارتباط با اندام هوایی برنج در مقابله با خشکی سه مکانیسم سازگاری تجمع اسیدهای آمینه یا تنظیم کننده‌های رشد، اجتناب از خشکی و تنظیم

اسمزی را پیشنهاد نموده است (۲۱). نتایج مقایسه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی (جدول ٦) نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره ٤، ٥، ۹ و ۱۲ (ارقام ندا، فجر، تابش و کوهسار)، ۱٦ (خزر)، ۲٥ (عنبوری قرمز)، ۲۷، ۲۸، ٤۳، ٤٤، ٥۳ و ٥٥ (لاین‌های ایری) و ٤۸ (فیروزان) وزن خشک اندام هوایی بیشتری از میانگین ٥٦ ژنوتیپ در شرایط نرمال داشتند. ژنوتیپ‌های ۱، ۲، ٦، ۷، ۱۰ (طارم‌محلی، طارم‌دیلمانی، شفق و ساحل)، ۲۰ (گوهر)، ۲۲ (حمر)، ۳٥، ۳٦، ٤۱، ٤٥ (لاین‌های ایری)، ٤۷ (زاینده‌رود)، ٤۹، ٥۰، ٥۱ و ٥۲ (درود زن، G26، G3 و لاین ٤) وزن خشک اندام هوایی بیشتر از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی داشتند. در ارتباط با وزن خشک کل بوته ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ٤، ٥، ٦، ۷، ۹، ۱۰ و ۱۲ (طارم محلی، طارم دیلمانی، ندا، فجر، شفق، ساحل، تابش، پویا و کوهسار) از مازندران، ۱٦ و ۲۰ (خزر و گوهر) از گیلان، ۲۲ و ۲٥ (حمر و عنبوری قرمز) از خوزستان، ٤۷ و ٤۸ (زاینده رود و فیروزان) از اصفهان، ٤۹، ٥۰ و ٥۲ (درود زن، لاین G28 و لاین ٤) از فارس، ۲۷، ۳۰، ٤۱، ٤۳، ٤٤، ٥۳، و ٥٥ لاین‌های ارسالی از ایری دارای وزن خشک کل بیشتر از میانگین ٥٦ ژنوتیپ در شرایط نرمال و تنش بوده‌اند. بومن و همکاران (۲۰۰۷) گزارش نمودند که تنش خشکی هم بر تقسیم سلول و هم بر بزرگ شدن سلول اثر می‌گذارد و تقسیم سلول حساسیت کمتری نسبت به کمبود آب در مقایسه با بزرگ شدن سلول دارد (٤). بنابراین لاین‌های فوق، تحمل تنش خشکی در مرحله گیاهچه به‌مدت ۱٥ روز را داشته و می‌توان آن‌ها را به‌عنوان لاین‌های متحمل به خشکی جهت ارزیابی مقاومت به خشکی در مراحل بعدی رشد انتخاب کرد. افزایش ماده خشک در این لاین‌ها به احتمال زیاد به‌خاطر حفظ پتانسیل اسمزی، جلوگیری از پسابیدگی سلول و انتقال مواد محلول به اندام‌های هوایی می‌باشد. در این ارتباط چوآتووردی و همکاران (۱۹۹٦) بیان داشتند که تحت شرایط تنش، کربوهیدرات‌ها به‌طور نسبی در ارقام متحمل نسبت به ژنوتیپ‌های حساس سریع‌تر منتقل می‌شوند و سطح بیشتر فعالیت‌های قند محلول به‌عنوان یک عامل اسمزی در حفظ بیشتر سطح برگ و وزن خشک مؤثر می‌باشد (٦). تنظیم اسمزی به‌عنوان خنثی کننده اثرات سریع کاهش در پتانسیل آب برگ بوده و تغییرات ژنوتیپی زیادی برای این صفت مشاهده شده است (۹). بومن و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع و تعداد پنجه شده و بدین جهت وزن خشک اندام هوایی را کاهش می‌دهد (٤). ماری و همکاران (۲۰۱۰) گزارش نمودند خشکی در مرحله رویشی برنج باعث خشکی برگ، لوله‌ای شدن برگ، کاهش شاخص سطح برگ، کاهش ارتفاع گیاه، کاهش تعداد پنجه و تولید ماده خشک می‌شود (۲۰). نتایج هبستگی صفات مورد

مطالعه (جدول ۷) نشان می‌دهد که وزن خشک کل بوته با صفات ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن خشک ریشه، طول ریشه و وزن خشک اندام هوایی همبستگی مثبت و معنی‌دار و با بقیه صفات همبستگی معنی‌داری نداشت.

محتوی نسبی آب برگ (RWC): نتایج مقایسه میانگین (جدول ۵) نشان داد که محتوی نسبی آب برگ در دو شرایط نرمال و تنش در مرحله گیاهچه به‌ترتیب برابر ۸۰/۱ و ٦۲/۲ درصد بوده است. بنابراین با توجه به تفاوت زیاد در دو محیط تنش و بدون تنش این صفت می‌تواند یکی از معیارهای مناسب برای غربال‌گری و انتخاب ارقام متحمل به خشکی در مرحله گیاهچه برنج طی تنش خشکی مورد توجه قرار گیرد. در شرایط تنش (جدول ٦) ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۳، ٤، ۱۲، ۲۵، ۳۲، ۳۳، ۳۹، ٤۲، ٤۹، ۵۱، ۵۲، ۵۳، ۵٤ و ۵٦ دارای RWC بیشتر از ۸۰ درصد و بالاتر از میانگین ۵٦ ژنوتیپ در شرایط نرمال (جدول ٤) بودند. بنابراین می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در مرحله گیاهچه‌ای برنج از نظر RWC انتخاب کرد. با توجه به این‌که میانگین محتوی نسبی آب برای ۵٦ ژنوتیپ در شرایط تنش ٦٦/۲ درصد بود، بنابراین ژنوتیپ‌هایی که RWC بیشتر از ٦٦/۲ و کمتر از ۸۰ درصد را به خود اختصاص دادند می‌توان به ژنوتیپ‌های نیمه متحمل و ژنوتیپ‌هایی که مقدار RWC آن کمتر از ٦٦/۲ درصد باشد به ارقام حساس به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای برنج تقسیم‌بندی کرد (جدول ٦). در همین ارتباط چنگ و همکاران (۱۹۷۹) بیان داشتند که خشکی در مرحله گیاهچه‌ای به‌طور معمول با پتانسیل آب برگ مرتبط است و لاین‌هایی که پتانسیل آب برگ بالاتری داشتند، سبزینه‌گی برگ را حفظ نموده و از این‌رو نمره پائین خشکی می‌گیرند (۵). پیردشتی و همکاران (۲۰۰۹) در یک آزمایش زراعی رطوبت نسبی آب برگ رقم فجر و نعمت را بیشتر از طارم و خزر اعلام نمودند (۲۵). ماری و همکاران (۲۰۱۰) در ارتباط با اهمیت پتانسیل آب برگ گزارش دادند که ژنوتیپ‌هایی از برنج که پتانسیل آب برگ بیشتری را در شرایط تنش خشکی در مراحل رویشی و زایشی حفظ نمایند، عملکرد بیشتری را در مقایسه با سایر ارقام خواهند داشت (۲۰). این نتایج با نتایج اوتول و مویا (۱۹۷۸)، سینکلر و لادلاو (۱۹۸۵) در ارتباط با همبستگی بالای RWC با تحمل به تنش مطابقت داشت (۲۲ و ۲۷). با توجه به نتایج به‌دست آمده و بر اساس ارتباط نزدیک محتوی نسبی آب برگ با افزایش تحمل به خشکی در گیاهان، می‌توان این صفت را به‌عنوان یکی از شاخص‌ها در غربال‌گری ژنوتیپ‌های برنج پیشنهاد کرد. بنابراین بر اساس ارزیابی RWC، ژنوتیپ‌های شماره ۱ (طارم محلی)، ۲ (طارم دیلمانی)، ۳ (نعمت)، ٤ (ندا) و ۱۲ (کوهسار) از مازندران، ۲۵ (عنبوری قرمز)

ازخوزستان، ۳۲ (IR79971-B-201-2-3)، ۳۳ (IR84179-B-403)، ۳۹ (IR70422-95-1-1)، ٤۲ (IR2574-643-1-2)، ۵۳ (IR74482-135-2-3)، ۵٤ (IR75481-104-2-3) و ۵٦ (IR70416-53-2-2) از لاین‌های ارسالی از مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (ایری) و شماره‌های ٤۹ (درودزن)، ۵۱ (لاین G3) و ۵۲ (لاین ٤) از استان فارس RWC بالایی را در شرایط تنش خشکی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی داشتند.

عدد SPAD و رنگ برگ (LCC): دو صفت عدد SPAD و LCC برای تعیین درجه شادابی یا سبز بودن برگ برنج به‌کار می‌رود. در تجزیه واریانس این دو صفت اختلاف آماری معنی‌داری را در شرایط نرمال و تنش (جدول ۲ و ۳) و همچنین اثر متقابل محیط و ژنوتیپ (جدول ٤) نشان دادند اما اثر محیط بر مقدار عدد SPAD از نظر آماری معنی‌دار نبوده (جدول ٤) و در مقایسه میانگین ۵٦ ژنوتیپ در یک گروه آماری قرار گرفتند (جداول ۵). میانگین مقدار LCC در شرایط نرمال و تنش به‌ترتیب ۳/٦ و ۳/۱ بود که در دو گروه متفاوت آماری قرار دارند (جدول ۵). این نتیجه بیان‌گر رنگ برگ تیره‌تر و یا سبزینه‌ای بیشتر در شرایط نرمال نسبت به شرایط تنش می‌باشد و ژنوتیپی که در شرایط تنش مقدار بیشتری از نظر درجه‌بندی رنگ داشته باشد می‌توان آن را از ژنوتیپ‌های متحمل به تنش در این مرحله انتخاب کرد. در مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها بیشتر ژنوتیپ‌ها عدد SPAD نزدیک به میانگین آن در شرایط نرمال و تنش را نشان دادند و در میان آن‌ها بیشترین مقدار آن به ارقام کشوری، تابش، بینام، طارم هاشمی، کادوس، دمسیاه و شیرودی اختصاص داشت که این ارقام از نظر میزان RWC درشرایط تنش در مرتبه پائین‌تری قرارداشتند (جدول ٦). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در ارتباط با LCC نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌ها در گروه‌های مختلف آماری قرارگرفتند و ژنوتیپ‌های ٦، ۷، ٤۰، ٤۲، ٤٤، ٤۱، ٤۵، ٤۷ نمره بالاتری نسبت به میانگین تمامی ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و ژنوتیپ‌های ۳، ٤، ۹، ۱۱، ۱۷، ۱۹، ۲۰، ۲۳، ۲٤، ۲٦، ۲۸، ۳۰، ۳۹ و ٤۱ نمره بالاتری نسبت به میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش داشتند. فوکایی و کوپر (۱۹۹٦) بیان نمودند، عدد SPAD یک ویژگی مفید برای خشکی طولانی مدت شناخته شده و با تأثیر بر ارتفاع گیاه و کاربرد متعدد آن به‌عنوان یک معیار برای انتخاب ارقام متحمل به خشکی محسوب می‌شود (۹). مالابویوک و همکاران (۱۹۸۵) در ارتباط با اهمیت سبزینه‌ای برگ گزارش دادند، لاین‌هایی که برگ سبز و عدد SPAD بیشتری را در شرایط تنش خشکی حفظ می‌کنند، بعد از رفع تنش آب، زودتر بهبود می‌یابند (۱۸) اما ماری و همکاران (۲۰۱۰) بر خلاف سایر محققین بیان داشتند که گیاهان مورد مطالعه تحت شرایط خشکی نسبت به آبیاری کامل، برگ‌های

سبزتری (۲/۹ درصد افزایش) داشتند (۲۰). بوکا و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان نمودند که اثر خشکی بر مقدار عدد SPAD و تعداد پنجه تفاوتی با شرایط نرمال نداشت (۳). اگر چه این دو صفت می‌توانند معیاری برای غربال‌گری وانتخاب ژنوتیپ‌های مناسب باشند و استفاده از صفت LCC در مقایسه با عدد SPAD ترجیح داده می‌شود اما به‌خاطر اختلاف کم بین مقادیر این صفات در شرایط نرمال و تنش که احتمالا به‌خاطر طول دوره کوتاه این مرحله و یا عرض کم برگ‌ها در این مرحله باشد صفات چندان قابل اعتمادی برای غربال‌گری در مرحله گیاهچه‌ای برنج محسوب نمی‌شوند.

ارتفاع، تعداد برگ و سطح برگ گیاهچه: نتایج تجزیه مرکب این صفات نشان داد که اثر محیط آزمایش، ژنوتیپ و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). مقایسه میانگین مرکب برای ٥٦ ژنوتیپ مقادیر ٢٦/٣ و ٢٤/٩ سانتی‌متر را برای ارتفاع گیاهچه، ٣/٢ و ٢/٨ عدد را برای تعداد برگ و ١٣/١ و ١١/١ سانتی‌متر مربع را برای سطح برگ به‌ترتیب در شرایط نرمال و تنش و در دو گروه آماری متفاوت نشان می‌دهد (جدول ٥). این نتایج بیانگر این است که تنش خشکی باعث کاهش صفات فوق در مقایسه با شرایط نرمال گردید. در این ارتباط، بومن و همکاران (۲۰۰۷) بیان داشتند که تنش خشکی در برنج از تولید برگ جلوگیری و منجربه کاهش سطح برگ، جذب نور و فتوسنتز در تاج پوشش گیاه می‌شود (٤). در پژوهشی مشابه نیز خشکی کاهش تعداد پنجه، ارتفاع گیاه، تعداد برگ، عرض برگ و عملکرد دانه (به‌ترتیب ١٦/٩، ١٣/٧، ٦/٧، ٢٤/١ و ٢٦/٧ درصد) را به‌همراه داشت (۲۰). مقایسه میانگین میان ژنوتیپ‌ها نشان داد که ١٥ ژنوتیپ به شماره‌های ١ و ١٢ (طارم محلی و کوهسار) از مازندران، ١٧ (حسنی) از گیلان، ٢٢ و ٢٣ (حمر و هویزه) از خوزستان، ٤٧ و ٤٨ (زاینده رود و فیروزان) از اصفهان، ٤٩، ٥٠ و ٥١ (درود زن، لاین G3 و لاین شماره ٤) از فارس و شماره‌های ٢٧، ٥٣، ٥٥ و ٥٦ (لاین‌های IR-78908-193-B-3-B، IR74482-135-2-3، IR75482-149-1-1، IR70416-53-2-2) از ایری بیشترین ارتفاع گیاهچه را در شرایط تنش به خود اختصاص دادند. از نظر تعداد برگ در بوته شماره‌های ٣، ٥ و ٢٥ بیشتر از میانگین ٥٦ ژنوتیپ در شرایط نرمال و تعداد ٣٦ ژنوتیپ تعداد برگ بیشتری از میانگین ٥٦ ژنوتیپ در شرایط تنش داشتند. از میان ژنوتیپ‌ها، فقط ٢٥ ژنوتیپ تعداد برگ کمتری از میانگین کل ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال و تنش داشته‌اند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها (جدول ٦) از نظر سطح برگ گیاهچه، ژنوتیپ‌های شماره ٩، ١٠، ١٧، ١٩، ٢٠، ٢٢، ٢٦، ٢٧، ٢٨، ٢٩، ٣٣، ٤٣، ٤٦، ٤٧، ٤٨، ٤٩، ٥٢ و٥٥ دارای سطح برگ بیشتر نسبت به میانگین ٥٦ ژنوتیپ در شرایط نرمال و شماره‌های ٥، ١٢، ٢٣، ٤٠،

٤٥ و ٥٣ دارای سطح برگ بیشتر نسبت به میانگین کل ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش بودند. بنابراین ژنوتیپ‌های فوق از نظر این صفات در برابر تنش خشکی متحمل بوده و سایر ژنوتیپ‌ها حساسیت زیادی به تنش خشکی داشته و مقدار این صفات در تنش خشکی به مقدار زیادی کاهش یافته است (جدول ٦). با توجه به‌نتایج حاصل از این آزمایش، هر سه صفات مورد بررسی در اثر تنش خشکی کاهش یافته و بنابراین از این صفات می‌توان به‌عنوان معیارهای غربال‌گری در مرحله گیاهچه استفاده کرد. ماری و همکاران (۲۰۱۰) همبستگی بالای صفات درجه حرارت تاج پوشش، عدد SPAD، ارتفاع گیاه و تعداد برگ به‌عنوان صفات مطلوب را با عملکرد نشان دادند (۲۰).

نشت الکترولیتی غشاء: نفوذپذیری نسبی غشاء نشان‌دهنده میزان نشت الکترولیت است. نتایج تجزیه مرکب این صفت (جدول ٤) نشان می‌دهد که اثر ژنوتیپ، محیط، و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط از نظر آماری معنی‌دار بوده است ($P\leq$۰/۰۱). مقایسه میانگین ٥٦ ژنوتیپ برای این صفت در دو شرایط نرمال و تنش به‌ترتیب ۳۸/۱ و ۲۷٤/۲ می‌باشد که در دو گروه متفاوت آماری قرار گرفتند. با توجه به‌این نتایج می‌توان نتیجه گرفت این صفت شدیداً تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفته و غشای سلول‌ها در اثر تنش خشکی تخریب و منجربه افزایش نشت یون‌ها می‌شود. در پژوهشی، تنش خشکی در گیاه ذرت به‌طور معنی‌داری با عث کاهش آب نسبی برگ (RWC) و افزایش نشت الکترولیتی غشاء (MEL) سلول شد (٢٤). سیرم و همکاران (۲۰۰۲) نیز بیان نمودند که غشای سلولی گیاهان تحت تنش خشکی و گرما، پایداری خود را از دست داده و در صورت قرارگرفتن برگ گیاه تحت تنش در یک محیط آبی، مواد محلول از سلول‌های آن تراوش می‌کند و با ارزیابی تراوش یون‌ها، پایداری غشاء و تحمل گیاه به خشکی تعیین می‌گردد (۲۸). خشکی یک تنش اکسیداتیو است و در طی آن تولید و ذخیره گروه‌های سمی و مخرب اکسیژن آزاد افزایش می‌یابد و چربی‌های غشاء به سرعت پراکسید گردیده و پایداری غشای سلول از بین می‌رود (۱۳). با توجه به نتایج تحقیقات مختلف، به‌نظر می‌رسد این صفت یکی از معیارهای مناسب برای غربال‌گری ژنوتیپ‌ها نسبت به خشکی بوده و رقم یا لاینی که نشت الکترولیتی کمتری داشته باشد، می‌توان آن را به‌عنوان رقم یا لاین متحمل به خشکی در این مرحله از رشد انتخاب کرد.

مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی (جدول ٦) نشان می‌دهد که بیشترین نشت الکترولیتی به ژنوتیپ‌های شماره ١٦، ١٨، ١٩ از گیلان، ٢٢ از خوزستان و ٢٦، ٢٨، ٣١، ٣٢، ٣٤ و ٣٦ از مؤسسه تحقیقات بین‌المللی برنج تعلق داشت. کمترین نشت الکترولیتی به ژنوتیپ‌های شماره ٤١،

۴۲، ۴۳، ٤٤، ٤٥، ٥٣، ٥٤، ٥٥ و ٥٦ از ایری و شماره‌های ٤٦، ٤٩، ٥٠، ٥١ و ٥٢ از فارس و ٤٧ و ٤٨ از اصفهان تعلق داشت (جدول ٦). در گزارشی مشخص شد که نشت غشای سلول در لاین‌های متحمل به تنش شوری گیاه آفتابگردان در مقایسه با لاین‌های دیگر کمتر است و میانگین آن در شاهد از ٤٣ درصد به ٧٠/٥ درصد در شوری ٢٠٠ میلی‌موس بر سانتی‌متر رسید و در رقم حساس مقدار نشت غشای سلول ٢٥٤/٦ بود (١١). تخریب غشاءهای سلول در ژنوتیپ‌های حساس به خشکی همانند ژنوتیپ‌های حساس به شوری بیشتر از ژنوتیپ‌های مقاوم در برنج است و ژنوتیپ‌های که در شرایط تنش نشت الکترولیتی کمتری داشته باشند دارای پایداری غشاء زیادتری هستند (١). با توجه به نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها از نظر میزان pH (جدول ٥)، میانگین pH برای کل ژنوتیپ‌ها در دو شرایط نرمال و تنش خشکی ٨/٩ و ٩/٩ بود که در دو گروه متفاوت آماری قرار گرفتند. این نتایج نشان می‌دهد که میزان pH همانند نشت الکترولیتی در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط نرمال می‌باشد. نتایج آزمایش سان و همکاران (٢٠١٠) در گیاه خرفه نشان داد که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری فعالیت اسید فسفات، نشت غشای سلول و مقدار مالون دی آلدئید (MDA) را افزایش داده است (٢٩). نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها (جدول ٦) نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های شماره ١٧، ١٨، ٢٨، ٣٣، ٣٧، ٣٩، ٤٠، ٤١، ٤٢، ٤٣، ٤٤، ٤٥، ٤٦، ٤٥، ٤٨، ٤٩، ٥٠، ٥١، ٥٢، ٥٣، ٥٤، ٥٥، و ٥٦ دارای pH کمتر از میانگین ٥٦ ژنوتیپ در شرایط تنش بودند. بنابراین این ژنوتیپ‌ها که عمدتاً با ژنوتیپ‌ها از نظر حداقل نشت الکترولیتی مشترک می‌باشند می‌توان آن‌ها را به‌عنوان ارقام یا لاین‌های متحمل به خشکی در این مرحله از رشد انتخاب کرد.

نتیجه‌گیری کلی

معیار غربال‌گری برای ارقام متحمل به تنش خشکی بر اساس میانگین هر صفت برای هر ژنوتیپ در مقایسه با میانگین کل ژنوتیپ‌ها در دو شرایط تنش و نرمال و همبستگی ساده صفات در نظر گرفته شد. مقایسه ژنوتیپ‌ها در آزمون مقایسات میانگین نشان داد که واکنش همه صفات به محیط اجرا آزمایش یکنواخت نبوده و تغییرات برخی صفات در دو محیط تنش و نرمال شدیدتر از صفات دیگر بود و به‌نظر می‌رسد برای غربال‌گری یا انتخاب ارقام متحمل به خشکی همبستگی تمام صفات برای یک ژنوتیپ ضروری نباشد. بنابراین ژنوتیپ‌هایی که برتری قابل ملاحظه‌ای نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر از نظر بیشتر صفات به‌ویژه صفاتی که همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک کل بوته

داشتند به‌عنوان ژنوتیپ متحمل به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای برنج انتخاب شدند. بر اساس نتایج این آزمایش ژنوتیپ‌ها به شماره ۱ (طارم محلی)، ۲ (طارم دیلمانی)، ٤ (ندا)، ٥ (فجر)، ٦ (شفق)، ۹ (تابش) و ۱۲ (کوهسار) از مازندران، ۲۰ (گوهر) از گیلان، ۲۲ (حمر) و ۲۵ (عنبوری قرمز) از خوزستان، ٤۹ (درودزن)، ٥۰ (لاین G28) و ٥۲ (لاین ٤) از فارس، ٤۷ (زاینده‌رود) و ٤۸ (فیروزان) از اصفهان، ٤٤ (IR64) رقم شاهد بین‌المللی از ایری، ٤۱ (PR4092-412-120-15) و ٤٥ (OMCS2009) از لاین‌های IIRON، ۳۰ (IR79907-B-493-3-1) ازلاین‌های هوازی، ٤۳ (IR74719-23-3-2-2)، ٥۳ (IR74482-135-2-3) و ٥٥ (IR75482-149-1-1) از لاین‌های IIRFON (لاین‌های کیفی) ارسالی از ایری به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی جهت مطالعات تکمیلی انتخاب شدند.

سپاسگزاری

از همکاران معاونت مؤسسه تحقیقات برنج کشور به‌ویژه دکتر محمد زمان نوری رئیس بخش اصلاح و تهیه بذر و آقای حسن محمدپور که همکاری لازم را در اجرای این تحقیق داشتند تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

1.Bandeoglu, E., Eyidogan, F., Yucel, M., and Oktem, H.A. 2004. Antioxidant response of shoots and roots of lentil to NaCl salinity stress. Plant Growth Reg. 42: 69-77.
2.Blum., A. 1998. Plant Breeding for Stress Environments. CRC Press. Boca Raton. FL. USA
3.Boccoa, R., Lorieuxb, M., Secka, P.A., Futakuchia, K., Mannehc, B., Baimeyd, H., and Ndjiondjopa, M.N. 2012. Agro-morphological characterization of a population of ntrogression lines derived from crosses between IR64 (*Oryza sativa*) and TOG 5681 (*Oryza glaberrima*) for drought tolerance. Plant Sci. 183: 65-76.
4.Bouman, B.A.M., Lampayan, R.M., and Tuong, T.P. 2007. Water Management in Irrigated Rice: Coping with Water Scarcity. IRRI. Los Banos. Philippines.
5.Chang, T.T., Somrith, B., and O'Toole, J.C. 1979. Potential for improving drought resistance in rainfed lowland rice. Pages 149-164 In: Rainfed Lowland Rice: Selected papers from the 1978 International Rice Research Conference. IRRI. Los Banos. Philippines
6.Chatuverdi, G.S., Ram, P.C., Singh, A.K., Ram, P., Ingram, K.T., Singh, B.B., Singh, R.K., and Singh, V.P. 1996. Physiology of Stress Tolerance in Rice.

Proceedings of the International Conference on Stress Physiology of Rice. 28 Feb. 5 March 1994. Lucknow. U.P. India. P: 252.
7.Cruz, R.T., and O'Toole, J.C. 1985. Water stress at reproductive stage and grain yield of dryland rice. Philip Agri. 68: 551-561.
8.Ekanayake, I.J., O'Toole, J.C., Garrity, D.P., and Masajo, T.M. 1985. Inheritance of root characters and their relations to drought resistance in rice. Crop Sci. 25: 927-933.
9.Fukai, S., and Cooper, M. 1996. Stress physiology in relation to breeding for drought resistance: a case study of rice. Proceedings of the International Conference on Stress Physiology of Rice. 28 Fe–5. March. 1994. Lucknow. U.P. India. P: 252. P: 123-145.
10.Hanson, A.D., and Hitz, W.D. 1982. Metabolic responses of mesophytes to plant water deficits. Annu. Rev. Plant Physiol. 33: 163- 203.
11.Heidari, A., Mahmoud, T., Ali, B., and Mohammad-Reza, S. 2011. Effect of NaCl Stress on Growth. Water Relations Organic and Inorganic Osmolytes Accumulation in Sunflower (*Helianthus annuus L.).* Lines. Uni. J. Environ. Res. Technol. 1 (3): 351-362.
12.Inthapan, P., and Fukai, S. 1988. Growth and yield of rice cultivars under sprinkler irrigation in south- eastern Queensland in Comperison with maize and grain sorghum under wet and dry conditions. Aust. J. Exp. Agr. 28: 243-248.
13.Inze, D., and Van Montagu, M. 1995. Oxidative stress in plants. Curr. Opin. Biotechnol. 6: 153-158.
14.IRRI. 1996. Standard Evaluation System for Rice.fourth ed. International Rice Research Institute
15.Jongdee, B., Fukai, S., and Cooper, M. 2002. Leaf water potential and osmotic adjustment as physiological traits to improve drought tolerance in rice. Field Crop Res. 76: 153–163.
16.Kuma, R., Sarawgi, A.K., Ramos, C., Amarante, S.T., Ismail, A.M., and Wade, L.J. 2006. Partitioning of dry matter during drought stress in rainfed lowland rice. Field Crop Res. 98, 1–11.
17.Muhammad, N., Birgit, M., Thomas, G., Reich, E., Krzysztof, W., Angela, S. 2014. Increased drought stress resilience of maize through endophytic colonization by *Burkholderia phytofirmans* PsJN and *Enterobacter* sp. FD17. Environ. Exp. Bot. 97: 30– 39.
18.Malabuyoc, J.A., Aragon, E.L., and De Datta, S.K. 1985. Recovery from drought-induced desiccation at the vegetative growth stage in direct-seeded rainfed rice. Field Crops Res. 10: 105-112.
19.Mambani, B., and Lal, R. 1983. Response of upland rice varieties to drought stress. 1. Relation between root system development and leaf water potential. Plant Soil. 73: 59-72

20.Marie, N., Mannehb, B., Cissokoc, M., Dramea, N., Kakaid, R.G., Boccoa, R., Baimeya, H., and Wopereisa, M. 2010. Drought resistance in an interspecific backcross population of rice (*Oryza spp*) derived from the cross WAB56-104(*O.sativa*)×CG14 (*O. glaberrima*). Plant Sci. 179: 364–373.
21.O'Toole, J.C. 1982. Adaptation of rice to drought-prone environments. Pages 195-213. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI. Los Banos. Laguna. Philippines.
22.O'Toole, J.C., and Moya, T.B. 1978. Genotypic variation in maintenace of leaf potential in rice. Crop Sci. 8: 873-87.
23.Pantuwan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereekul, S., and O'Toole, J.C. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Field Crops Res. 73: 181–200.
24.Ping, B., Fang-Gong, S., Ti-Da, G.E., Zhao-Hui, S., Yin-Yan, L.U., and Guang-Sheng, Z. 2006. Effect of Soil Drought Stress on Leaf Water Status, Membrane Permeability and Enzymatic Antioxidant System of Maize t1. Pedosphere. 16(3): 326-332.
25.Pirdashti, H., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Bahmanyar, M.A. 2009. Comparison of physiological responses among four contrast rice cultivars under drought stress conditions. World Academy of Science, Eng. Tech. 49: 51-53.
26.Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Sci. 30: 105-111.
27.Sinclair, T.R., and Ludlow, M.M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. Aus. J. Plant Physiol. 12: 213-217.
28.Sairam, R.K., Rao, K.V., and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to longterm salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. Plant Sci. 163: 1037–1046.
29.Sun, C.D.W., Cheng, X., Xu, X., Zhang, Y., Sun, D., and Shi, J. 2010. The effects of drought stress on the activity of acid phosphatase and its protective enzymes in pigweed leaves. Afri. J. Bio. 9(6): 825-833.
30.Tuong, T.P., and Bouman, B.A.M. 2003. Rice production in water-scarce environments. In: Kijne. J.W. Barker, R., Molden, D. (Eds.), Water Productivity in Agriculture: Limits and Opportunities for Improvement. CABI Publishing, UK. Pp: 53–67.
31.Turner, N.C., and Jones, M.M. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation. Pages 87-103. In: Turner, N.C., and P.J Kramar, P.J., Adaptation of plants to water and high temperature stress. John Wiley and Sons, London.
32.Wang, H., Bouman, B.A.M., Dule, Z., Wang, C., and Moya, P.F. 2002. Aerobic rice in northern China opportunities and challenges. Proceedings of the

International Workshop on Water-wise Rice Production, Los Ban˜os, Philippines. 8–11 April 2002. IRRI. Los Banos. Phi. Pp: 143–154.
33. William, J.R.M. 1989. The dimensions of drought in: F.W.G. Baker (Ed.), Drought Resistance in Cereals, Published for ICSU Press, CAB International. Pp: 1–11.
34. Yang, G., Rhodes, G., and Joly, R.G. 1996. Effects of high temperature on membrane stability and chlorophyll fluorescence in glycinebetaine-deficiency and glycinebetaine-containing maize lines. Aust. J. Plant Physiol., 23: 437-443.
35. Yoshida, S., Hasegawa, S. 1982. The rice root system: its development and function. Pages 97-114. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI, Los Banos, Laguna, Philippines.