اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ های برنج هوازی در شمال خوزستان

Assessing Performance of Some Aerobic Rice Genotypes for Grain Yield and Yield Components under Water Deficit Conditions in the north of Khuzestan

کاوه لیموچی[۱]، مهرداد یارنیا[۲*] ، عطا اله سیادت[۳]، ورهرام رشیدی[۴]، عبدالعلی گیلانی[۵]

۱. دانشجوی دکتری تخصصی زراعت، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران (نگارنده مسئول)
۳. استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران
۵. استادیار، عضو هیأت علمی بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۱۰

چکیده

لیموچی، ک. یارنیا، م. سیادت، ع.، رشیدی، و.، گیلانی، ع.، اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ های برنج هوازی در شمال خوزستان
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره۲۹ - شماره ٤ - پیاپند ۱۱۳ زمستان ۹۵: ۷۱-۶۰

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر کاهش دور آبیاری به عنوان تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج بود. آزمایش به صورت کرت های یک بار خرد شده، در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی و سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹۳ و ۱۳۹٤) اجرا شد. سطوح رژیم آبیاری شامل ۳ و ۷ روز یک بار در کرت های اصلی و ۱۲ ژنوتیپ برنج در کرت های فرعی قرار گرفتند. عملکرد دانه، درصد دانه های نیمه پر، پر و وزن هزار دانه، در شرایط مطلوب و تنش اندازه گیری شد. شاخص تحمل در شرایط مطلوب و تنش نیز برآورد شد. نتایج نشان داد که تحت شرایط تنش و مطلوب، میزان شاخص تحمل به تنش خشکی دانه پر، شاخص حساسیت به خشکی وزن دانه، شاخص تحمل به تنش و عملکرد دانه، شاخص خسارت خشکی، شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل و میزان کاهش عملکرد ژنوتیپ های مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی داری با یکدیگر داشتند. در بین شاخص های مورد استفاده شاخص تحمل به خشکی توانایی بهتری در شناسایی ژنوتیپ های برنج متحمل به خشکی داشت. بیشترین درصد افزایش عملکرد با افزایش خشکی مربوط به ژنوتیپ بسیار متحمل به خشکی وندانا بود ولی در سایر ژنوتیپ ها تنش خشکی تأثیر منفی بر عملکرد دانه داشت.

واژه های کلیدی: آبی، تحمل، تنش، حساسیت، شاخص

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول:yarnia@iaut.ac.ir

مقدمه

برنج به عنوان یکی از مهم ترین محصولات زراعی دنیا، در بخش های وسیعی از سراسر جهان کشت می شود و غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان است (Park *et al.,* 2014). خوزستان با سطح ۵۳۶۱۱ هکتار کشت برنج، ۲۴۰۵۰۳ تن از تولید برنج کشور را به خود اختصاص داده است، همچنین روش رایج آبیاری برنج در خوزستان به صورت غرقابی بوده که با مصرف ۳۵۰۰۰ متر مکعب بیشترین هدر روی آب و کمترین راندمان استفاده از آب را دارد (Sedaghat *et al.,* 2015; Gilani, 2010). خشکی از عمده خطرات جدی برای تولید موفق محصولات زراعی به ویژه برنج در جهان است که می تواند در هر زمان طی فصل رشد رخ دهد. از این رو، یکی از چالش های اصلی در کشاورزی تولید غذای بیشتر با آب کمتر است (Tuyen & Prasad, 2008). افزایش خشکی به لحاظ صرف انرژی در حفظ پتانسیل آب گیاه منجر به کاهش عملکرد دانه می شود (Majd *et al.,* 2009). از ۲۵ درصد آب های شیرین موجود در دنیا ۷۰ درصد آن در بخش کشاورزی مصرف شده که از این مقدار ۲۵ الی ۳۰ درصد آن به زراعت برنج اختصاص دارد (Sedaghat *et al.,* 2015). برنج بیش ترین مقدار مصرف آب را در بین محصولات کشاورزی دارا بوده و حدود ۸۰ درصد کل منابع آب شیرین مصرفی آسیا را شامل می شود (Sedaghat *et al.,* 2015).

هر چند که نیاز به تولید ارقام پر محصول وجود دارد، ولی باید ظرفیت تحمل به تنش در رقم های محلی نیز مورد توجه قرار داده شود (Wu *et al.,* 2011). کاهش آب در دسترس گیاه در رژیم های آبیاری چند روزه بیش از تحمل گیاه به ویژه در مرحله گیاهچه ای بر صفات رشدی گیاه اثر منفی گذاشته و سبب کاهش رشد رویشی می شود (Salehifar *et al.,* 2014). آبیاری تکمیلی در مرحله زایشی می تواند گزینه مدیریتی برای کاهش جنبه های منفی خشکی انتهای فصل باشد (Nehbandani *et al.,* 2016). کمبود آب در مرحله گلدهی و گرده افشانی باعث کاهش شدید عملکرد از طریق نمو غیر طبیعی کیسه جنینی، عقیمی دانه گرده و نهایتاً کاهش تعداد دانه های بارور می شود (Denmead & Shaw, 1960)، چرا که در شرایط تنش خشکی رشد زایشی گیاه بیشتر به ذخایر برگ و ساقه وابسته است و عدم تشکیل مناسب دانه می تواند به دلیل ناکافی بودن مواد فتوسنتزی فراهم در زمان گرده افشانی، پر شدن دانه و یا قبل از آن باشد (Denmead & Shaw, 1960). کمبود آب به ویژه در دوره‌های فنولوژیکی حساس به تنش، باعث کاهش عملکرد محصول خواهد شد (Majidian & Ghadir, 2003). در مناطق گرم نظیر خوزستان، تنش خشکی از معمول‌ترین تنش‌های محیطی می‌باشد که ممکن است به دلیل محدودیت منابع آب و گستردگی اراضی تحت کشت، رقابت سایر بخش‌های مصرف کننده‌ی آب و حتی زیربخش‌های کشاورزی و یا هم زمانی کشت گیاهان با یکدیگر حادث شود (Sphere-Mdrs-Sanvy, 2003). در زمان پر شدن دانه تنش خشکی از طریق تقلیل فتوسنتز باعث کاهش عملکرد دانه می شود، بنابراین نیاز مقصد برای پر شدن دانه

از طریق انتقال مجدد مواد فتوسنتزی ذخیره شده تأمین می گردد (Tavakoli, 2004). به طور کلی با توجه به تولید ۷۵ درصدی برنج در مزارعی که به صورت غرقاب آبیاری می شوند، می توان گفت خشکی در برنج مهمترین عامل محدود کننده تولید در سطح جهان است که لزوم استفاده بهینه از منابع آبی جهت تعیین نیاز آبی واقعی گیاه برنج را می طلبد (MacLean *et al.*, 2002). با تر و خشک کردن سطح خاک مزرعه از طریق آبیاری متناوب، تبادل هوا بین خاک و اتمسفر برقرار شده (Tuong *et al.*, 2005) در آبیاری های چند روز یک بار اکسیژن کافی در اختیار سیستم ریشه ای گیاه قرار می گیرد که این امر موجب سرعت بخشیدن به معدنی شدن مواد آلی و تثبیت نیتروژن خاک می شود. همه این موارد باعث بهبود افزایش مواد مغذی گیاهی و در نتیجه افزایش رشد آن می شود (Dong *et al.*, 2012; Tan *et al.*, 2013). مدیریت آبیاری متناوب می تواند نیاز گیاه را در شرایط بحرانی تأمین کند (Shanmugasundaram, 2015). مهمترین مزیت روش آبیاری متناوب با دورآبیاری چند روزه برنج صرفه جویی در مصرف آب است (Uphoff *et al.*, 2013). لذا این پژوهش با هدف تعیین اثر کاهش دور آبیاری به عنوان تنش آبی بر عملکرد و صفات وابسته به دانه ژنوتیپ های مختلف برنج جهت شناخت و بکارگیری سازوکار مناسب در برنامه های اصلاحی به اجرا گذاشته شد.

مواد و روش ها

این پژوهش به صورت کرت های یک بار خرد شده با دو عامل و سه تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به روش خشکه‌کاری در کرت های ۳×۴ متری به مدت دو سال (۱۳۹۳ و ۱۳۹۴) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که در ۷۰ کیلومتری شمال اهواز حدفاصل دو رودخانه کرخه و کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۸ دقیقه و ارتفاع ۳۳ متر از سطح دریا واقع شده است، اجرا گردید. خاک مزرعه دارای بافت رسی- لومی، pH = ۷/۵ – ۷، هدایت الکتریکی ۲/۵ میلی موس بر سانتی متر و مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی آن به ترتیب ۰/۰۹ درصد، ۱۰-۱۲، ۱۲۰ و ۲/۵ قسمت در میلیون بود. رژیم آبیاری شامل تناوب‌های سه روزه (مطلوب) و هفت روزه (تنش) به عنوان سطوح عامل اصلی و ۱۲ ژنوتیپ برنج (جدول ۱) در کرت های فرعی قرار گرفتند.

بذر خشک هریک از ژنوتیپ ها پس از تهیه زمین توسط بذرکار همدانی در ردیف‌های ۲۰ سانتی متری برای کشت آماده شد و سپس تیمار رژیم‌های آبیاری از اواسط پنجه‌زنی اعمال شد (قبل از پنجه زنی تمامی کرت های به صورت یکسان با تناوب یک روزه آبیاری شدند). کرت ها با آبی که توسط پمپ تأمین و کنترل می‌گردید تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر آبیاری شدند و پس از آن آبیاری متوقف شد. این روند در تمام دوره رشد و رژیم های آبیاری اعمال شد. برای جلوگیری از نفوذ آب به کرت‌های مجاور تمام پشته‌ها تا عمق یک متری داخل خاک و نیز دیواره جویهای آبیاری توسط پلاستیک

پوشانده شدند. نوع رژیم آبیاری نیز با توجه به شرایط و پتانسیل آب انتخاب و برای تعیین میزان آب ورودی به درون کرت ها با توجه به ارتفاع آب و اندازه کرت در طول مدت آبیاری که حدوداً ۷ ساعت بود، همچنین با توجه به دبی آب که از طریق پمپ تعیین می گردید اندازه گیری شد. برخی پارامترهای هواشناسی در جدول شماره ۲ آورده شده است. برای تأمین عناصر غذایی؛ نیتروژن از منبع اوره به میزان ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت ۲۵٪ پایه (۲۵-۲۰ روز پس از سبز شدن) و ۷۵٪ باقیمانده در سه تقسیط ۲۵٪ به عنوان سرک‌های اوّل تا سوم به ترتیب در ابتدای شکل‌گیری جوانه اولیه خوشه (۴۰- ۳۵ روز پس از مصرف کود پایه) ابتدای آبستنی (۳۵-۳۰ روز پس از سرک اوّل) و زمان ظهور ۵۰٪ خوشه استفاده شد. کود فسفره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل، کود پتاسه به میزان ۱۰۰ و عنصر روی به مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات به صورت خاک کاربرد مصرف شدند. کنترل علف‌های هرز به صورت تلفیقی شامل وجین و مصرف سم توفوردی به میزان ۲-۱/۵ لیتر در هکتار (۴۰- ۳۵ روز پس از سبز شدن) انجام گردید.

صفات مورد بررسی شامل: عملکرد دانه (با رسیدن ۸۵ درصد دانه ها در خوشه برداشت از مساحت ۱/۵ متر مربع از میانه هر کرت با حذف حاشیه ها با رطوبت ۱۴ درصد انجام شد)، وزن هزار دانه، درصد دانه های پر و نیمه پر (توزین و شمارش دانه ها با استفاده از ترازوی دیجیتال و شمارش دستی محاسبه شد) بودند، که مورد اندازه گیری قرار گرفتند. به منظور شمارش دانه های نیمه پر، پس از شمارش ، دانه ها در آب قرار داده شدند و دانه هایی که روی سطح آب باقی مانده بودند، دانه، نیمه پر محسوب گردیده و شمارش شدند، سایر دانه ها نیز به عنوان دانه پر در نظر گرفته شدند. کلیه این صفات در شرایط مطلوب و در شرایط تنش محاسبه گردیدند و شاخص های تحمل به تنش خشکی، حساسیت به خشکی، خسارت خشکی، SSI، همچنین شاخص تحمل تنش خشکی و میزان کاهش عملکرد مطابق فرمول های زیر محاسبه گردید.

شاخص تحمل خشکی

با استفاده از درصد دانه‌های نیمه پر در دو شرایط تنش و مطلوب و مطابق فرمول پیشنهادی Mackill *et al*., (۱۹۸۲) محاسبه شد.

فرمول (۱)

$$\text{شاخص تحمل خشکی} = \frac{\text{درصد دانه‌های نیمه‌پر در شرایط تنش}}{\text{درصد دانه‌های نیمه‌پر در شرایط مطلوب}} \times ۱۰۰$$

شاخص حساسیت به خشکی وزن دانه

تعداد ۵۰۰ دانه نیمه پر شده به صورت تصادفی از تیمارهای تنش خشکی و مطلوب انتخاب و وزن شدند و سپس براساس رابطه ارائه شده توسط Blum (۱۹۹۸) محاسبه گردید.

فرمول (۲)

$$\text{شاخص حساسیت به خشکی وزن دانه} = ۱ - \frac{\text{وزن دانه در خشکی زیاد}}{\text{وزن دانه در شرایط مطلوب}} \times ۱۰۰$$

شاخص خسارت خشکی

در این شاخص که از درصد دانه‌های پر در هر خوشه استفاده می شود بر اساس فرمول Shen & Li (۱۹۹۶) میزان خسارت خشکی طبق

فرمول ذیل تعیین شد.

فرمول (۳)

$$\text{شاخص خسارت خشکی} = 1 - \frac{\text{درصد دانه‌های پر در خشکی زیاد}}{\text{درصد دانه‌های پر در شرایط مطلوب}}$$

برای برآورد شاخص‌های حساسیت و یا تحمل به تنش به ترتیب از رابطه‌های پیشنهادی توسط Fischer & Byerlee (۱۹۹۱) و Fernandez (۱۹۹۲) استفاده گردید.

فرمول (۴)

$$SSI = (1 - \frac{Y_s}{Y_p}) / SI$$

فرمول (۵)

$$SI = (1 - \frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p})$$

فرمول (۶)

$$\text{شاخص تحمل به تنش} = \frac{Y_p \times Ys}{Y_p}$$

Ys، Y_p و به ترتیب میانگین‌های صفت یک ژنوتیپ در محیط‌های تنش و بدون آن است. همچنین SI، $\overline{Y}_s$ و $\overline{Y}_p$ نشان دهنده شدت سختی خشکی (شدت تنش)، میانگین صفت تمام ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش می‌باشند.

مقایسه میانگین داده‌های حاصل از این پژوهش، با استفاده از نرم‌افزار SAS صورت گرفت که بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج مربوط به مقدار شاخص تحمل به خشکی مشخص نمود ژنوتیپ های متحمل از مقادیر بسیار بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ ها برخوردار می‌باشند، به گونه ایی که در ژنوتیپ های متحمل به خشکی IR 78908-193-B-3-B و IR 81429-B-31 شاخص تحمل به خشکی حدود ۳۲ درصد در شرایط تنش زا در رژیم آبیاری با تناوب هفت روزه نسبت به شرایط مطلوب در رژیم آبیاری با تناوب سه روزه افزایش داشت. با توجه به اینکه در این شاخص ارقام و ژنوتیپ ها بر اساس نسبت میزان باروری (تعداد دانه های نیمه پر) در دو شرایط تنش و بدون آن مقایسه می شوند، لذا مقادیر بیشتر

جدول ۱- شاخص تحمل به خشکی، منشاء و تلاقی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه

Table 1- Drought tolerance, origin and cross characteristics of genotypes used in the study

	ژنوتیپ Genotype	تلاقی Cross	منشاء Origin	تحمل به خشکی Drought Tolerance
V1	VANDANA	C 22/KALAKERI	INDIA	1
V2	IR 78908-193-B-3-B	VANDANA/IR 65	IRRI	1
V3	IR 81429-B-31	IR 78908-44/IR 78908-86	IRRI	1
V4	IR 78875-176-B-1-B	PSB RC 9/IR 64	IRRI	3
V5	IR 79971-B-202-2-4	VANDANA/WAYRAREM	IRRI	5
V6	IR 80508-B-194-4-B	PSB RC 9/AUS 257	IRRI	7
V7	IR 80508-B-194-3-B	PSB RC 9/AUS 257	IRRI	5
V8	IR 79907-B-493-3-1	IR 55419-04/IR 64	IRRI	5
V9	IR 81025-B-347-3	NSIC RC 140/IR 74371-3-1-1	IRRI	5
V10	IR 81025-B-327-3	NSIC RC 140/IR 74371-3-1-1	IRRI	3
V11	NADA	SANG TARAM/AMOL3	IRAN	3
V12	TARUM	-	IRAN	9

جدول ۲- میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهیانه (کاشت تا برداشت) طی سال‌های زراعی ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاوور

Table 2. Average of minimum and maximum temperature of months (sowing to harvesting) at Shavoor Agricultural Research Station for two years (2014 and 2015)

Month	ماه	۱۳۹۳ (2014)		۱۳۹۴ (2015)	
		حداقل درجه حرارت Min. (ºC)	حداکثر درجه حرارت Max. (ºC)	حداقل درجه حرارت Min. (ºC)	حداکثر درجه حرارت Max. (ºC)
Jun.	خرداد	26	44	26.6	46.2
Jul.	تیر	27.8	46.7	27.8	45.7
Aug.	مرداد	27.8	46.5	29.1	47.5
Sep.	شهریور	25.2	44.5	27.4	44.6
Oct.	مهر	21	38	22.2	39.5
Nov.	آبان	12.7	29	15.8	27.8
Average	میانگین	23.4	41.4	24.8	41.9

آن بیانگر نوعی تحمل بیشتر به تنش خشکی در ژنوتیپ های مزبور است. بررسی شاخص خسارت خشکی نشان داد، بیشترین میزان خسارت، مربوط به ژنوتیپ IR 79971-B-202-2-4 بود و در شاخص حساسیت به خشکی وزن دانه، بالاترین میزان را ژنوتیپ طارم داشت. برآورد این شاخص ها بر اساس عملکرد دانه مشخص نمود که ژنوتیپ وندانا نه‌تنها بیشتر از سایر ژنوتیپ ها بود بلکه ۱۷/۹۳ درصد نیز بیشتر از شرایط مطلوب سایر ژنوتیپ ها بود. نتایج بدست آمده بیانگر آن است که اثرمتقابل ژنوتیپ مزبور و خشکی از نظر میزان باروری و وزن دانه بیشتر از سایر ژنوتیپ ها است، به نظر می‌رسد با توجه به عدم کاهش طول دوره رسیدگی در ژنوتیپ مزبور به عنوان مکانیزم غالب ارقام و ژنوتیپ ها جهت کاهش خسارت به این اجزا می توان نتیجه گرفت شرایط مطلوب برای ژنوتیپ متحمل وندانا دور آبیاری ۷ روزه می باشد حال با افزایش میزان آبیاری مانند آنچه که برای دیگر ژنوتیپ ها مطلوب می باشد به دلیل مکانیزم مقاومت به خشکی که هزینه بر می باشد سبب کاهش عملکرد و مصرف بیشتر احتمالی نهاده ها به جهت هزینه بر بودن این مکانیزم می باشد. (جدول ۳).

شاخص های تحمل و حساسیت در تنش های زنده و غیره زنده از عوامل بسیار مهم کاهش تولید در گیاهان زراعی محسوب می شوند. در حال حاضر میزان آب قابل دسترس و درجه حرارت از مهمترین عوامل موثر در عملکرد بشمار می آیند. با توجه به واکنش متفاوت ژنوتیپ ها و ارقام برنج به تنش خشکی، پایداری عملکرد یک ژنوتیپ از طریق عدم تغییرات قابل ملاحظه و اثر متقابل آن با خشکی وقتی که شرایط آبیاری ثابت نباشد ارزیابی می‌شود. بنابراین استفاده از شاخص هایی برای ارزیابی عکس العمل آنها در رژیم های آبیاری مختلف و تعیین مقاومت و حساسیت آنها امری ضروری است (Gilani, 2010). در این آزمایش نیز اثرات تغییر رژیم آبیاری بر پایداری تولید ارقام برنج از طریق محاسبه شاخص های

حساسیت و تحمل ارقام به تنش گرما مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به اینکه مقادیر عددی پایین‌تر شاخص حساسیت به تنش (SSI)، نشان دهنده تحمل بالای ژنوتیپ ها است، لذا ژنوتیپ وندانا با مقادیر ۰/۵۲- که به دلیل مقاومت بالا منفی نیز گردیده است از تحمل بالایی برخوردار بود درحالی که دیگر ژنوتیپ ها (IR 78875-176-B-1-B، IR 80508-B-194-4-B، IR 80508-B-194-3-B، IR 79907-B-493-3-1، IR 81025-B-347-3، IR 81025-B-327-3، ندا و طارم محلی) با مقادیر حدود یک و بیشتر از یک، حساسیت زیادی نسبت به تنش داشتند (جدول ۳). محاسبه شدت تنش (SI) در رژیم های آبیاری تنش و مطلوب نشان داد که مقدار آن در محیط اول به علت اینکه ارقام علاوه بر خشکی بالای محیط پیرامون، واحدهای خشکی بیشتر نیز دریافت کردند، با توجه به اینکه در شاخص (SSI) اگر رقمی در شرایط تنش و بدون آن دارای عملکرد بالاتری بوده اما درصد تغییرات آن زیاد نباشد، به عنوان رقم متحمل شناسایی می‌شود. لذا ژنوتیپ های IR 78908-193-B-3-B و IR 81429-B-31 که دارای بیشترین عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و مطلوب بودند از لحاظ ژنتیکی، ژنوتیپ های بسیار مناسب برای کاشت در هر دو شرایط می باشند. پس از ژنوتیپ های مزبور کمترین تغییرات را رقم وندانا با حدود ۱۷/۹۳ درصد افزایش عملکرد در شرایط تنش خشکی به دلیل سازگاری ژنتیکی بیشتر با شرایط تنش زا داشت که می تواند یکی از ژنوتیپ های مورد کاشت در شرایط تنش زا باشد. کاهش شاخص مزبور در دیگر ژنوتیپ ها می تواند به دلیل هزینه ایی باشد که برای افزایش تحمل به تنش در این ژنوتیپ ها صرف می شود. همچنین ژنوتیپ IR 81025-B-327-3 که فقط در شرایط بدون تنش از عملکرد بالایی برخوردار بود از سایر ژنوتیپ ها جدا گردید. برای شاخص تحمل به تنش خشکی، ژنوتیپ IR 81429-B-31 مقادیر بیشتری داشت. چون در این شاخص صورت کسر حاصل ضرب دو کمیت (Yp×Ys) است و به دلیل خاصیت ضرب اعداد ممکن است برای جفت هایی از مقادیریی که با یکدیگر تفاوت دارند، مربع میانگین یکسان باشد. بنابراین شاید ارقامی که به عنوان متحمل شناسایی می شوند به دلیل داشتن عملکرد پایین و بالا به ترتیب در شرایط تنش و بدون آن، عملاً متحمل نباشد. بنابراین شاخص اخیر زمانی می تواند قابل اطمینان باشد که رقم مورد بررسی در شرایط تنش دارای افزایش عملکرد باشد یا کاهش عملکرد معنی داری را نداشته باشد. با توجه به بحث گذشته ژنوتیپ وندانا دارای عملکرد قابل قبولی در شرایط تنش زا بود. در راستای اظهارات اخیر بررسی شاخص تحمل که تغییرات حاصل از شرایط تنش زا را بیان می کند، نیز نشان داد که ژنوتیپ وندانا بیشترین تحمل نسبی به شرایط تنش زای خشکی را دارا بود. لذا ارقام یا ژنوتیپ های دارای مقدار پایین‌تری از این شاخص، از تغییرات کمتری نیز برخوردار هستند و بالعکس. در این راستا ژنوتیپ وندانا، مقادیر کمتری نسبت به سایر ژنوتیپ ها داشت. از طرف دیگر درصد کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش در مقایسه با بدون تنش ژنوتیپ وندانا نه تنها کمتر

جدول ۳- برآورد شاخص‌های اندازه‌گیری شده مرتبط با تنش خشکی در ژنوتیپ‌های برنج

Table 3. Measured indices associated with drought stress in rice genotypes

ژنوتیپ‌ها Genotypes	درصد دانه‌های نیمه‌پر در شرایط مطلوب Half-full grains under favorable conditions (%)	درصد دانه‌های نیمه‌پر در شرایط تنش Half-full grains under water deficit conditions (%)	شاخص تحمل به تنش خشکی DTI	درصد دانه‌های پر در شرایط مطلوب Fully filled grain under favorable conditions (%)	درصد دانه‌های پر در شرایط تنش Fully filled grain under water deficit conditions (%)	شاخص خسارت خشکی DDI	وزن هزار دانه در شرایط مطلوب 1000-grain weight under favorable conditions (g)	وزن هزار دانه در شرایط تنش 1000-grain weight under water deficit conditions (g)	شاخص حساسیت به خشکی وزن دانه DSI for 1000-grain weight
V1	58.95 c	41.05 fg	75.93 bc	54.86 e	37.22 f	0.25 cd	20.99 a-c	20.06 ab	4.37 ab
V2	66.63 bc	87.35 a	131.22 a	62.54 de	83.37 a	-0.33 e	19.27 d	20.08 ab	-4.43 c
V3	72.67 b	82.16 b	132.30 a	67.98 cd	75.98 b	-0.30 e	19.09 d	19.82 bc	-3.84 c
V4	91.46 a	76.72 c	83.88 b	84.36 ab	67.53 c	0.19 d	20.69 bc	18.95 d	8.31 ab
V5	73.62 b	24.46 h	33.24 e	69.64 cd	20.29 g	0.71 a	21.50 ab	20.57 a	4.22 b
V6	62.75 bc	36.11 g	57.30 c-e	58.30 e	30.94 f	0.47 a-c	21.14 ab	19.17 d	9.13 ab
V7	68.70 bc	36.56 fg	53.18 c-e	63.95 de	32.08 f	0.49 a-c	21.52 ab	20.52 a	4.59 ab
V8	46.12 d	23.44 h	50.86 c-e	42.26 f	20.35 g	0.51 a-c	21.14 ab	19.22 cd	9.32 ab
V9	59.97 c	50.99 e	85.26 b	56.01 e	46.75 e	0.16 d	16.99 e	16.03 f	5.49 ab
V10	87.21 a	41.77 f	47.87 de	77.20 bc	32.26 f	0.58 ab	20.51 bc	19.41 cd	5.34 ab
V11	96.57 a	70.28 d	75.85 b-d	90.91 a	55.20 c	0.39 b-d	21.78 a	20.49 a	5.80 ab
V12	95.38 a	50.98 e	53.43 c-e	88.78 a	32.27 f	0.63 ab	19.97 cd	18.06 e	9.52 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

ادامه جدول ۳-

Table 3. Continued

ژنوتیپ‌ها Genotypes	عملکرد دانه در شرایط مطلوب Grain yield under favorable conditions (kg/h)	عملکرد دانه در شرایط تنش Grain yield under water deficit conditions (kg/h)	شاخص تحمل به خشکی عملکرد دانه DTI (%)	شاخص خسارت خشکی DDI	شاخص حساسیت به تنش SSI	شاخص تحمل TOL	شاخص تحمل به تنش خشکی SDTI	میزان کاهش عملکرد Extent of yield reduction (%)
V1	3531.7 g	3922.3 b	117.93 a	-0.17 c	-0.52 c	-390.7 d	0.52 de	-17.93 c
V2	4479.8 ef	4065.7 ab	95.41 b	0.04 b	0.13 b	414.2 d	0.69 b-d	4.59 b
V3	5361.2 cd	4811.8 a	91.14 b	0.08 b	0.25 b	549.3 d	0.99 a	8.86 b
V4	5113.3 de	3325.7 b-d	65.50 c	0.34 a	1.00 a	1787.7 c	0.66 c-e	34.50 a
V5	4145.5 fg	3639.2 bc	90.31 b	0.09 b	0.25 b	506.3 d	0.59 c-e	9.69 b
V6	4128.0 fg	1869.5 e	49.30 c	0.50 a	1.48 a	2258.5 a-c	0.28 f	50.70 a
V7	5398.8 cd	2939.0 cd	54.26 c	0.45 a	1.33 a	2459.8 a-c	0.62 c-e	45.74 a
V8	5530.3 cd	3660.7 bc	66.17 c	0.33 a	0.98 a	1869.7 bc	0.78 a-c	33.83 a
V9	6362.6 ab	3167.3 b-d	50.37 c	0.49 a	1.45 a	3195.2 a	0.77 bc	49.63 a
V10	6555.0 a	3497.7 b-d	53.47 c	0.46 a	1.36 a	3057.3 ab	0.88 ab	46.53 a
V11	4501.5 ef	2711.8 d	62.81 c	0.37 a	1.08 a	1789.7 c	0.46 fe	37.19 a
V12	6024.0 a-c	2607.5 de	42.93 c	0.57 a	1.66 a	3416.5 a	0.61 c-e	57.07 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means in each column followed by at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan's Multiple Range Test.

بلکه افزایش قابل توجهی نسبت به دیگر ژنوتیپ ها داشت.

نتایج بدست آمده با گزارشات Moradi (۱۹۹۶) و Gilani (۲۰۱۰) مبنی بر وجود تنوع ژنتیکی بالا در واکنش به تنش ها و سازوکارهای مقابله با آن می‌باشد که امکان توسعه ارقام جدید برنج از طریق برنامه های کوتاه یا دراز مدت اصلاحی را فراهم می سازد (جدول ۳).

اثر متقابل دو عامل نشان داد که مطابق بررسی های سایرین (Sarayloo *et al.,* 2015; Tavala *et al.,* 2015) واکنش ژنوتیپ ها نسبت به رژیم های مختلف آبیاری با توجه به آستانه تحمل آنها در نتیجه صفات وابسته به ژنوتیپ متفاوت بود (جدول ۳).

همچنین این نتایج با دیگر بررسی ها (Durand *et al.,* 2016; Mohd-Zain & Razi-Ismail, 2016; Pandey *et al.,* 2014) مبنی بر کاهش عملکرد دانه در شرایط افزایش تنش، بیش از آستانه تحمل گیاه به دلیل اختلال رشد در مرحله زایشی و عدم انتقال و تخصیص کربوهیدارتها و قندها به دانه مطابقت دارد.

نتیجه گیری

یافته های این آزمایش نشان داد ژنوتیپ هایی که کمترین مقاومت به خشکی را داشتند، بیشترین شاخص حساسیت به خشکی و کمترین شاخص تحمل به خشکی را نیز داشتند که در نهایت منجر به کاهش عملکرد بیشتر در این ژنوتیپ ها شد ولی ژنوتیپ هایی که از بیشترین مقاومت به خشکی برخوردار بودند از بیشترین شاخص تحمل به تنش خشکی نیز برخوردار بودند و با سازگاریی که توانستند با شرایط تنش زا ایجاد کنند عملکرد دانه خود را افزایش یا حفظ نمایند. در این راستا ژنوتیپ هوازی وندانا در شرایط تنش خشکی نه تنها کاهش عملکردی نداشت بلکه افزایش ۳۹۰/۶ کیلوگرمی در هکتار را نیز داشت که می تواند بسیار مناسب برای کاشت در شرایط خشکی باشد. از شاخص های برتری ژنوتیپ وندانا می توان در برنامه های کوتاه یا درازمدت اصلاحی تولید ارقام با سازگاری بیشتر استفاده نمود.

Reference

Blum, A. 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilization", *Euphytica,* 100: 771-781.

Dong, N. M., Brandt, K. K., Sørensen, J., Hung, N. N., Hach, C. V., Tan, P. S. and Dalsgaard, T. 2012. Effects of alternating wetting and drying versus continuous flooding on fertilizer nitrogen fate in rice fields in the Mekong Delta, Vietnam. *Soil Biol. Biochem,* 47: 166–174.

Denmead, O. T. and Shaw, R. H. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn, *Agronomy Journal,* 52: 272 - 274.

Durand, M., Porcheron, B., Hennion, N., Maurousset, L., Lemoine, R. and Pourtau, N. 2016. Water deficit Enhances export to the roots in arabidopsis thaliana plants with contribution of sucrose transporters in both shoot and roots, *Plant Physiology,* 170 (1): 1460-1479.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance, P:257-28.In: Proceeding of the International symposium on adaptation of vegetables and other crops in temperature and water stress, *Taiwan.* Aguest 13-18.

Fischer. R. A. and Byerlee, D. B. 1991. Trends of wheat production in the warmer areas, Maj orissuse and economic considerations. In: D.A. Sawnders (ed.) Wheat for nontraditional, *Warm areas. Mexico. D.F.CIMMYT,* P: 13-27.

Gilani, A. 2010. *Determination of tolerance mechanisms and physiological effect of heat stress on rice cultivars in Khouzestan.* PhD. Thesis, Agriculture and Natural Resources University of Ramin, Ahwaz, Iran, P. 250. (In Persian with English Summary).

Hoshear, R., Miri, H. R. and Tadaun, S. 2010. The effect of irrigation on yield and yield components of wheat in the later stages of growth, *Journal of Plant Ecophysiology,* 1 (1): 1-14.

Mackill, D. J., Coffman, W. R. and Rutger, J. N. 1982. Pollen shedding and combining ability for high temperature tolerance in rice, *Crop Science,* 22: 730 -733.

MacLean, J. L., Dawe, D. C., Hardy, B. and Hettel, G. P. 2002. Rice Almanac, third ed. IRRI, Los Banos, *Philippines,* P. 253.

Majd, A., Jonobi, P. and Zanipour, M. 2009. Effects of drought stress on anatomical structure of the sunflower plant, *Developmental Biology*, 1 (4): 11-24.

Majidian, M., and Ghadir, H. 2003. Effects of water stress and nitrogen fertilizer at different growth stages on yield, yield components and water use efficiency and some physical properties of corn, *Iranian Journal of Agricultural Sciences,* 33 (3): 521-533 (In Persian with English Summary).

Mohd-Zain, N. A., and Razi-Ismail, M. 2016. Effects of potassium rates and types on growth, leaf gas exchange and biochemical changes in rice (*Oryza sativa L.*) planted under cyclic water stress, *Agricultural Water Management,* 164 (1): 83-90.

Nehbandani, A., Soltani, A. and Darvishirad, P. 2016. Effect of terminal drought stress on water use, growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Journal of Plant Ecophysiology,* 7(23): 17-27. (In Persian with English Summary).

Pandey, A., Kumar, A., Pandey, D. S. and Thongbam, P. D. 2014. Rice quality under water stress, *Indian Journal of Advances in Plant Research,* 1 (2): 23-26.

Park, G. H., Kim, J. H. and Kim, K. M. 2014. QTL analysis of yield components in rice using a

cheongcheong/nagdong doubled haploid genetic map, *American Journal of Plant Sciences,* 5: 1174-1180.

Salehifar, M., Rabiei, B., Afshar Mohammadian, M. and Asghari, J. 2014. Effect of IAA and Kinetin application on plant characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in rice seedlings under drought stress condition. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 16(4): 293-307. (In Persian with English Summary).

Sarayloo, M., Sabouri, H. and Dadras, A. R. 2015. Assessing genetic diversity of rice genotypes using microsatellite markers and their relationship with morphological characteristics of seedling stage under non- and drought-stress conditions, *Cereal Research,* 5(1): 1-15.

Saremi, M. 1994. *Physiological susceptibility of wheat varieties at different growth stages to lack of moisture,* the First Congress of Crop Sciences Iran, Karaj.

Sedaghat, N., Pirdashti, H., Asadi, R. and Mousavi-Taghani, Y. 2015. Effect of Different Irrigation Methods on Rice Water Productivity, *Journal of Water Research in Agriculture,* 28 (1): 1-9.

Shanmugasundaram, B. 2015. Adoption of system of rice intensification under farmer participatory action research programme (FPARP). *Indian Research Journal of Extension Education,* 15 (1): 114-117.

Shen, B., and Li, T. G. 1996. Evaluation of high temperature injury on new rice variety (combination), *seeds,* 86: 19-20.

Sphere-Mdrs-Sanvy, M. 2003. Chlorophyll fluorometry under temporary nitrogen deficiency and drought on corn growth period, Proceedings of the Seventh Congress of Crop Sciences, Tehran University, University of Tehran. P. 578.

Tan, X., Shao, D., Liu, H., Yang, F., Xiao, C. and Yang, H. 2013. Effects of alternate wetting and drying irrigation on percolation and nitrogen leaching in paddy fields. *Paddy Water Environ,* 11: 1–15.

Tavakoli, A. R. 2004. The effect of different doses of supplemental irrigation and nitrogen fertilizer on wheat yield components and sabalan, *Seed Magazine,* 19 (3): 367-380.

Tavala, R., Aalami, A., Sabouri, H. and sabouri, A. 2015. Evaluation of haplotype and allelic diversity of SSR markers linked to major effect QTL on chromosome 9 controlling drought tolerance in rice, *Cereal Research,* 5 (1): 107-119.

Tuong, T. P., Bouman, B. A. M. and Mortimer, M. 2005. More rice, less water integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in Asia, *Plant Production Science,* 8: 231– 41.

Tuyen, D. D. and Prasad, D. T. 2008. Evaluating difference of yield trait among rice genotypes (*Oryza sativa L.*) under low moisture condition using candidate gene markers, *Omonrice,* 16: 24-33.

Uphoff, N., Kassam, A. and Thakur, A. 2013. Challenges of increasing water saving and water productivity in the rice sector: introduction to the system of rice intensification (SRI) and this issue, *Taiwan Journal Water Conserv,* 61: 1–13.

Wu, N., Guan, Y. and Shi, Y. 2011. Effect of water stress on physiological traits and yield in rice backcross lines after anthesis, *Energy Procedia,* 5: 255–260.

Assessing Performance of Some Aerobic Rice Genotypes for Grain Yield and Yield Components under Water Deficit Conditions in the north of Khuzestan

K. Limouchi[1], M. Yarnia[2*], A. Siyadat[3], V. Rashidi[4] ,A. Guilani[5]

1. Ph.D Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
2. Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
3. Professor., University of Agricultural and Natural Resources of Ramin, Ahwaz, Iran.
4. Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.
5. Assistant Professor of Seed and Plant Improvement Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran.

Received: November 2016 Accepted: August 2017

Extended Abstract

Limouchi, K., Yarnia, M., Siyadat, A., Rashidi, V., Guilani., Assessing Performance of Some Aerobic Rice Genotypes for Grain Yield and Yield Components under Water Deficit Conditions in the north of Khuzestan
Applied Field Crops Research Vol 29, No. 4, 2016 P: 15-18: 60-71(in Persian)

Introduction: Rice is one of the important crops that is grown in large areas of the globe and is the staple food for half of the world`s population (Park et al., 2014). Khuzestan province of Iran with having 53611 hectares of land under rice cultivation produces about 240503 tons of rice annually. The prevalent irrigation method for rice production in Khuzestan is conventional water-flooding, which is considered to be inefficacious and wastes huge quantities of irrigation water (Sedaghat *et al.,* 2015). Drought stress poses a major threat to the successful production of the crops worldwide. Therefore, one of the main challenges encountered by the agricultural sector is the production of more food with less water (Tuyen and Prasad, 2008). Rice is particularly affected by water stress. The severe decrease in the available water under alternating watering regimes (at a few day's irrigation interval) can exceed the plant tolerance, particularly at seedling establishment stage, which can have negative impacts on vital plant developmental processes, resulting in inhibited vegetative growth. (*Salehifar et al.,* 2014). Since the climate of Khuzestan is extremely hot, this region is prone to the frequent occurrence of drought stress. Wetting and drying of soil surface at the farm through alternating irrigation methods can facilitate the exchange of gases between the soil and its surrounding atmosphere and provide the plant root with adequate oxygen. Adopting

Email address of the corresponding author:yarnia@iaut.ac.ir

alternating irrigation management strategy can meet crop water demands under critical water conditions (Shanmugasundaram, 2015). An important benefit of employing alternating watering methods for rice production is saving water. Thus it is important to determine how agronomic and physiological traits of different aerobic rice genotypes are impacted by the limited availability of water resulting from the use of alternating irrigation methods.

Materials and Methods: This study was conducted at the farm of Agricultural Research Station of Shavoor which is affiliated with Agricultural Research Center and Natural Resources of Khuzestan province for two growing seasons of 2013-2014 and 2014-2015. The study site is between latitude 31°50' and longitude 48°28' at an altitude of 33m above sea level. The experiment was based on split plot design using completely randomized block layout with three replications. The main plots were allocated to two alternating watering regimes i.e. irrigation with 3 days interval (considered to be the favorable condition) and irrigation with 7 days interval (considered to be the stressful condition). The sub plots were assigned to12 rice aerobic genotypes (*Oryza Sativum* L. namely Vandana, IR 78908-193-B-3-B, IR 81429-B-31, IR 78875-176-B-1-B, IR 79971-B-202-2-4, IR 80508-B-194-4-B, IR 80508-B-194-3-B, IR 79907-B-493-3-1, IR 81025-B-347-3, IR 81025-B-327-3, Nada, Tarum). After the land preparation, the dry seeds of each genotype were sown in rows spaced 20 cm apart using Hamadani seed drill. Watering regimes were applied when the rice genotypes were at the middle of the tillering stage. Irrigation water for plots was supplied and controlled by a pump. The height of water in each plot was allowed to reach 5 cm, after which, the irrigation was ceased. This watering pattern implemented and maintained for the all irrigation regimes throughout the rice genotypes growing cycle. The plant responses were evaluated on the basis of several growth and physiological parameters including grain yield, 1000-grain weight, percentage of half-filled and fully-filled grains under water deficit and favorable conditions. Moreover, tolerance (TOL), drought tolerance index (DTI), drought susceptibility index (DSI), drought damage index (DDI), stress susceptibility index (SSI) and the extent of yield reduction were quantified.

Results & Discussion: The results revealed that there was a large variation amongst the rice genotypes in terms of their response to alternating watering regimes. The highest drought tolerance was observed with the genotypes IR 78908-193-B-3-B and IR 81429-B-31 where their DRI was 32 % more under the stress condition (the irrigation interval of 7 days) than under the favorable condition (the irrigation interval of 3 days). The greatest drought damage occurred with genotype the IR 79971-B-202-2-4. On the basis of the grain weight susceptibility index, the genotype Tarum was found to be the most sensitive to stress. The estimation of these indices

based on the grain yield demonstrated that Vandana not only outperformed other genotypes under the stress conditions but its grain yield was 17.93 higher than the other genotypes under the favorable condition. This indicates that the interaction effect between Vandan genotype and water deficit on fertility rate and grain yield was greater as compared to other genotypes. Since grain maturity period, which is considered to be a dominant mechanism in genotypes for yield loss reduction, did not decline in Vandana, it can be stated that the favorable watering condition for this tolerant genotype is the irrigation interval of 7 days. The genotypes that underwent yield decline as the result of the exposure to water-limited conditions had increased energy-expenditure due to stress endurance. Since the lower values of SSI are indicative of tolerant genotypes, Vandana with a lower SSI (- 0.522) was identified as a tolerant genotype, while other genotypes (IR 78875-176-B-1-B, IR 80508-B-194-4-B, IR 80508-B-194-3-B, IR 79907-B-493-3-1, IR 81025-B-347-3, IR 81025-B-327-3, Neda and Tarum with higher SSI (about 1 or more) were more susceptible to the stress.

Conclusion: Our findings showed that the genotypes with the least tolerance to water deficit were associated with the highest drought susceptibility index and the lowest drought tolerance index, which ultimately contributed to their reduced yield. However, the genotypes that exhibited the most tolerance to drought stress were associated with the highest drought tolerance and consequently were able to acclimate to the stressful condition which helped them maintain their grain yield. In this regard, the Vandana aerobic genotype not only did not experience any decline in its yield under the stress condition, but also showed a yield increase of 390.6 kg per hectare. This makes the Vandana genotype a suitable candidate for growing under water-limited conditions. The superior indices observed in Vandana can be used in long or short-term plant breeding programs to produce more adaptable cultivars. Amongst the indices used in this study, DTI was better able to detect the drought-tolerant rice genotypes.

Key words: Drought stress, susceptibility, alternating irrigation, tolerance

References:

Park, G. H., Kim, J. H. and Kim, K. M. 2014. QTL analysis of yield components in rice using a cheongcheong/nagdong doubled haploid genetic map, *American Journal of Plant Sciences,* 5: 1174-1180.

Salehifar, M., Rabiei, B., Afshar Mohammadian, M. and Asghari, J. 2014. Effect of IAA and Kinetin application on plant characteristics and chlorophyll fluorescence parameters in rice seedlings under drought stress condition. *Iranian Journal of Crop Sciences,* 16(4): 293-307. (In Persian with English Summary).

Sedaghat, N., Pirdashti, H., Asadi, R. and Mousavi-Taghani, Y. 2015. Effect of Different Irrigation Methods on Rice Water Productivity, *Journal of Water Research in Agriculture,* 28 (1): 1-9.

Shanmugasundaram, B. 2015. Adoption of system of rice intensification under farmer participatory action research programme (FPARP). Indian Research Journal of Extension Education, 15 (1): 114-117.

Tuyen, D. D. and Prasad, D. T. 2008. Evaluating difference of yield trait among rice genotypes (*Oryza sativa L.*) under low moisture condition using candidate gene markers, *Omonrice,* 16: 24-33.