

## ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خواصی بونه در ژنوتیپ‌های منتخب بومی و اصلاح شده (*Oryza sativa L.*) برنج

Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected native and improved rice (*Oryza sativa L.*) genotypes

فرناز فرجی<sup>۱</sup>، مسعود اصفهانی<sup>۲</sup>، محمدرضا علیزاده<sup>۳</sup> و علی اعلمی<sup>۴</sup>

### چکیده

فرجی، ف.، م. اصفهانی، م.ر. علیزاده و ع. اعلمی. ۱۳۹۳. ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خواصی بونه در ژنوتیپ‌های منتخب بومی و اصلاح شده برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در موسسه تحقیقات برنج کشور - رشت به اجرا گذاشته شد. ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنت جو و علی کاظمی) و سه لاین (۸۳۱ و ۸۴۱ و ۴۱۶) بودند. با توجه به نتایج تجزیه همبستگی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قطر متوسط میانگره سوم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم ( $r=0.961^{**}$ ) و قطر متوسط میانگره چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره چهارم ( $r=0.902^{**}$ ، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم با مقاومت فشاری بونه به ترتیب ( $r=0.884^{**}$ ) و ( $r=0.853^{**}$ ) وجود داشت. همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره سوم ( $r=0.937^{**}$ ) و مقاومت فشاری بونه ( $r=0.752^{**}$ ) مشاهده شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که تنها صفت قطر متوسط میانگره روی مقاومت فشاری بونه اثر معنی‌داری داشت که به تهایی ۸۸ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در مرحله بعد صفت نسبت وزن تر به طول میانگره با ضریب تبیین ۰.۸۶ تنها صفت موثر در مقاومت به شکستگی میانگره بود که این نتایج با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی مطابقت داشت. نتایج نشان داد که صفات قطر متوسط و نسبت وزن به طول میانگره‌های سوم و چهارم اهمیت زیادی در مقاومت به خواصی بونج دارند و می‌توانند به عنوان شاخص‌هایی غیر مستقیم جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با مقاومت بالا در مرحله گلدهی در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: برنج، خواصی بونه، شاخص خواصی و گشتاور خمی.

۱- این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۲

۲- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح بیات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mesfahan@yahoo.com)

۴- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور

۵- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

## مقدمه

برنج غذای اصلی حدود نیمی از مردم جهان به ویژه مردم کشورهای در حال توسعه است. این محصول یک سوم کل سطح زیر کشت جهانی غلات را در بردارد و حدود ۳۵ تا ۶۵ درصد کالری مصرفی ۲/۷ میلیارد نفر در جهان را تأمین می کند (Anonymous, 2012). همانند سایر گیاهان زراعی تولید بهینه محصول برنج توسط برخی از عوامل محیطی (زنده و غیرزنده) و مدیریتی محدود می شود.

یکی از مهم ترین این عوامل که باعث کاهش میزان تولید در سطح جهانی می شود، خوابیدگی بوته (ورس) است. خوابیدگی بوته یکی از مشکلات اصلی در تولید غلات است که باعث ایجاد خساراتی مانند کاهش میزان عملکرد، کاهش کیفیت دانه و ایجاد مشکلاتی در برداشت ماشینی محصول می شود. با توجه به خصوصیات مورفولوژیک بیشتر غلات که خوش و دانه ها در قسمت انتهایی ساقه تشکیل می شوند، تناسب بین استحکام بخش پایینی بوته و وزن قسمت های بالای آن، تعیین کننده میزان مقاومت گیاه نسبت به خوابیدگی است (Kashiwagi and Ishimaru, 2004). سه نوع خوابیدگی بوته در برنج غرقابی قابل مشاهده است؛ خمیدگی ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه. در همین رابطه گزارش شده است که خمیدگی ساقه، نوع اصلی خوابیدگی بوته در برنج غرقابی بوده که علت اصلی آن افزایش وزن خوش در دوره رسیدگی و افزایش طول میانگره پایینی با افزایش سطح آب و وقوع شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله باد و باران شدید در اواخر فصل رشد است (Kono, 1995). وقوع خوابیدگی بوته در بسیاری از ارقام بومی برنج در ایران نیز یکی از مشکلات اساسی در تولید این محصول به شمار می رود. خوابیدگی بوته های برنج در طی دوره رسیدگی نه تنها از طریق سایه اندازی بر روی سایر بوته ها باعث کاهش فتوستتر و کاهش عملکرد آنها می شود، بلکه همچنین با قطع مسیر انتقال مواد در

آوندها از انتقال آب، مواد غذایی و مواد پرورده در امداد آوندهای چوب و آبکش جلوگیری کرده و باعث کاهش فراهمی مواد پرورده در فرآیند پر شدن دانه ها می شود (Kashiwagi *et al.*, 2005). بعلاوه، خوابیدگی بوته باعث عدم امکان توسعه برداشت ماشینی محصول و افزایش هزینه های برداشت می شود. نتایج نشان داده است که افزایش تولید ماده خشک یا شاخص برداشت، یک راه مؤثر برای بهبود عملکرد بالقوه برنج است. با این حال، افزایش تولید ماده خشک در عمل اغلب با مقاومت در برابر خوابیدگی بوته رابطه عکس دارد (Zhang *et al.*, 2010). افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته با تولید رقم های نیمه پاکوتاه در اوایل دهه ۱۹۶۰ یکی از دستاوردهای بزرگی است که به وقوع انقلاب سبز در گندم و برنج منتهی شد (Chandler, 1969)، اما نتایج مطالعات اخیر نشان داده است که ارتفاع بوته در برنج و گندم نیمه پاکوتاه ممکن است فتوستتر پوشش گیاهی و تولید ماده خشک را محدود کرده و در نهایت به عملکرد دانه آسیب برساند (Kuroda *et al.*, 1989; Gent, 1995). اوکاوا و ایشیهارا (Ookawa and Ishihara, 1992) گزارش کردند که در گیاه برنج ارتفاع بوته عامل اصلی در تعیین مقاومت به خوابیدگی نیست. آنها مشاهده کردند که حساسیت به خوابیدگی در بین رقم هایی با ارتفاع بوته یکسان، متفاوت بود. گزارش شده است که خوابیدگی ساقه می تواند باعث کاهش انتقال کربن و مواد پرورده برای پر شدن دانه، افزایش تنفس و کاهش جذب و تحلیل کربن درون پوشش گیاهی برنج شود (Setter *et al.*, 1997). این موضوع به دلیل سایه اندازی بوته ها بر روی یکدیگر، کاهش جذب تابش خورشید و در نتیجه کاهش فتوستتر پوشش گیاهی می باشد. ستر و همکاران (Setter *et al.*, 1997) نشان دادند که اعمال تیمارهای خوابیدگی بوته که ارتفاع بوته را تا ۷۵ درصد کاهش دادند (۷۵ درصد خوابیدگی) به شدت بر جذب تابش توسط پوشش گیاهی تأثیر داشته و عملکرد دانه را ۶۰ تا

شد. با اجرای آبیاری تناوبی میزان آب موجود در خاک در حد ظرفیت اشبع خاک (تا حد ایجاد ترکهای مویی در سطح خاک که معادل سطح رطوبتی بالاتر از ظرفیت زراعی می‌باشد) نگهداری شد. برای کنترل کامل علف‌های هرز و بسته به شرایط رشد بوته‌ها، عملیات وجین دستی علف‌های هرز طی دو نوبت (نوبت اول دو هفته و نوبت دوم ۳۵ روز بعد از نشاکاری) انجام گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (با فاصله دو متر) با ۶ ژنتیپ برنج (هاشمی، سنگ جو، علی‌کاظمی و لاینهای ۸۴۱، ۸۳۱، ۴۱۶) که از نظر فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، فنولوژیکی و ژنتیکی دارای تنوع کافی بودند، انجام شد (جدول ۲). یک روز قبل از نشاکاری مقداری ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم بر اساس نتایج آزمون تعزیه خاک (جدول ۱) به کلیه کرتها افزوده شدند. ۳۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در هکتار در زمان حداکثر پنج‌هزار و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیز در زمان ظهر خوش به صورت سرک و به طور یکنواخت در زمین پخش شد.

۳۰ روز پس از مرحله گردەافشانی پنج کپه از هر کرت ریشه بر شده و از هر کپه ۴ عدد از بزرگترین پنج‌جهای همراه با ساقه اصلی انتخاب (Islam *et al.*, 2007) و صفات ارتفاع بوته (فاصله بین قاعده بوته تا گره گردن خوش)، طول خوش (از ناحیه گره گردن خوش تا نوک بالاترین دانه بدون احتساب ریشک)، طول میانگرهای (میانگرهای ۱، ۲، ۳ و ۴ از بالا به پایین)، وزن تر خوش و میانگرهای (شامل برگ و غلاف برگ مربوط به هر میانگره) و قطر میانگرهای (با استفاده از کولیس) اندازه گیری شدند.

با توجه به اینکه خواهیدگی بوته برنج معمولاً در میانگرهای سوم و چهارم بوته اتفاق می‌افتد

۸۰ درصد کاهش داد. نتایج حاصل از این آزمایش این فرضیه را که علت اصلی تأثیر منفی خواهیدگی بوته در طی دوره پر شدن دانه به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها و خوش‌ها روی یکدیگر می‌باشد، تایید کرد.

مقاومت به خواهیدگی بوته در برنج تحت تأثیر عوامل مورفولوژیکی و بیوشیمیایی قرار دارد. در بین صفات مورفولوژیکی، گزارش شده است که قطر و وزن ساقه به طور مستقیم با مقاومت به خواهیدگی و استحکام ساقه در ارتباط هستند (Zuber *et al.*, 1999).

در ارتباط با تأثیر ویژگی‌های فیزیکی مانند قطر بزرگ و قطر کوچک، ضخامت، سطح مقطع و اثر آنها بر مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، برای ژنتیپ‌های برنج مورد استفاده در آزمایش حاضر تا کنون از نظر صفات مورد مطالعه گزارشی منتشر نشده است. این آزمایش جهت ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با مقاومت به خواهیدگی بوته در ژنتیپ‌های بومی و اصلاح شده و شناسایی موثرترین خصوصیات مورفولوژیک به عنوان شاخص‌هایی جهت انتخاب غیر مستقیم ارقامی با مقاومت بالا به خواهیدگی بوته در برنج انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در فصل زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به اجرا گذاشته شد. عرض جغرافیایی محل آزمایش ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی آن ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی بوده است. آزمایش در مساحت ۹۶۰ متر مربع در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۵ متر پیاده شد. در نیمه اول خداداد ماه گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج در سن بیست و پنج روزگی از خزانه انتخاب و به زمین اصلی منتقل و به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی متر به تعداد یک گیاهچه در هر کپه، نشاکاری شدند. ۱۰ روز پس از نشاکاری برای مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز از علف کش بوتاکلر (ماچتی) به میزان ۳ لیتر در هکتار استفاده

### جدول ۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil properties of the experimental site

بلوک Block	هدایت الکتریکی Ec (ds.m <sup>-1</sup> )	pH	اسیدیته کل P available (mg.kg <sup>-1</sup> )	فسفر قابل استفاده Total N(%)	نیتروژن کل K available (mg.kg <sup>-1</sup> )	پتانسیم قابل استفاده مواد آلی OC (%)	کلسیم قابل استفاده Ca available (mg.kg <sup>-1</sup> )	بافت خاک Soil texture
۱ Block I	1.11	7.2	16.4	0.18	145	2.05	10.2	رسی لومی Clay loam
۲ Block II	1.11	7.5	16.4	0.16	145	1.76	10.2	رسی لومی Clay loam
۳ Block III	1.11	7.6	16.4	0.18	145	2.02	10.2	رسی لومی Clay loam

### جدول ۲- خصوصیات ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Characteristics of rice genotypes used in the experiment

Rice genotypes	ژنوتیپ‌های برنج	نوع ژنوتیپ Genotype type	ارتفاع بوته Plant height (cm)	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Day to 50% flowering	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha <sup>-1</sup> )	شجره Pedigree
Hashemi	هاشمی	رقم محلی Native	135-140	90-95	3500	-
Sangjo	سنگ جو	رقم محلی Native	120-125	90-95	4200	-
Alikazemi	علی کاظمی	رقم محلی Native	120-125	95-100	3800	-
841	841	لاین وارداتی Imported line	95-100	95-100	5400	IR67423-42-2-3-3
831	831	لاین وارداتی Imported line	100-105	95-100	4400	IR67017-180-2-1-2
416	416	لاین Line	105-110	105-110	5500	نعمت / غریب // سنگ جو / نعمت Nemat/Sangjo//Gharib/Nemat

نسبت وزن تر به طول میانگرهای سوم و وزن خشک به طول میانگرهای سوم از خشکاندن در آون ۷۵ درجه سانتی گراد، محاسبه شدند (Islam *et al.*, 2007). اندازه گیری مقاومت فشاری در مزرعه نیز با انتخاب ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت در مرحله رسیدگی انجام شده و با وارد کردن فشار در بوته (ارتفاع ۲۰ سانتیمتری از کف زمین)، جهت خواباندن گیاه از حالت عمودی به مایل (تا حد زاویه ۴۵ درجه) با استفاده از نیروسنج دیجیتالی (Lutron FG-500 A, Kashiwagi and Ishimaru, Taiwan) اندازه گیری شد (Taiwan 2004). برای تعیین عملکرد دانه نیز با مشاهده علامت رسیدگی فیزیولوژیک در هر رقم و با رعایت اثر حاشیه‌ای (حذف دو ردیف) در هر کرت اقدام به برداشت محصول شد و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

تجزیه داده‌ها شامل آزمون نرمال بودن، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تعیین ضرایب همبستگی SAS نسخه ۹ (SAS 2002) و برای تجزیه به عامل‌ها به روش مولفه‌های اصلی و چرخش وریماکس و تجزیه رگرسیون گام به گام از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ (SPSS, 2007) استفاده شد. داده‌های مرتبط با شاخن خوابیدگی که به صورت درصد بودند، به زاویه  $\sqrt{x}$  (ArcSin) تبدیل شده و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین صفات اندازه گیری شده نشان داد که بین ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه از نظر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول میانگرهای سوم و چهارم، قطر متوسط، ضخامت و سطح مقطع میانگرهای سوم و چهارم، نسبت وزن تر و خشک به طول میانگرهای سوم و چهارم، مقاومت

Hoshikawa and Wang, 1990) مورفوLOژیک و مرتبط با خوابیدگی میانگرهای سوم و چهارم اندازه گیری شدند. گشتاور خمی (Bending moment; BM در میانگرهای سوم و چهارم با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Islam *et al.*, 2007)

$$BM_3 = L_3(W_p + W_1 + W_2 + W_3) \quad (1)$$

$$BM_4 = L_4(W_p + W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \quad (2)$$

: به ترتیب گشتاور خمی میانگرهای سوم و میانگرهای چهارم بر حسب گرم در سانتی‌متر،  $L_3$ : طول میانگرهای سوم از پایین تا نوک خوش،  $L_4$ : طول میانگرهای چهارم از پایین تا نوک خوش بر حسب سانتی‌متر،  $W_p$  و  $W_1$  و  $W_2$ : به ترتیب وزن تر خوش، وزن تر میانگرهای اول و دوم همراه با برگ و غلاف و  $W_3$  و  $W_4$ : به ترتیب وزن تر میانگرهای سوم و چهارم بر حسب گرم می‌باشد. مقاومت به شکستگی (Breaking resistance; Br) در

نقشه میانگرهای سوم و چهارم همراه با غلاف برگ با استفاده از نیروسنج دیجیتالی (Lutron FG-500 A, Taiwan) اندازه گیری و سپس شاخص خوابیدگی (Lodging index; LIN) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Amano *et al.*, 1993)

$$LIN = \frac{Br}{Bm} \times 100 \quad (3)$$

سطح مقطع میانگرهای سوم و چهارم با استفاده از رابطه (Alizadeh *et al.*, 2011) و با توجه به بیضوی شکل (دو قطری) بودن ساقه برنج، قطر متوسط میانگرهای پایه (میانگرهای سوم و چهارم) با استفاده از رابطه (Chuanren *et al.*, 2004) محاسبه شد

$$(Cross-sectional area) A_c = \frac{\pi t}{2} [D + d - 2t] \quad (4)$$

$$(Avg. Stem diameter) Sd = \frac{D + d}{2} \quad (5)$$

: سطح مقطع میانگرهای سوم و چهارم بر حسب میلی‌متر مربع،  $Sd$  قطر متوسط میانگرهای سوم و چهارم بر حسب میلی‌متر،  $D$  و  $d$ : به ترتیب قطر بزرگ، قطر کوچک و ضخامت میانگرهای سوم و چهارم بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

برای بررسی رفتار صفات و گروه‌بندی آن‌ها در ارتباط با صفت خواهدگی در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج مورد مطالعه از روش تجزیه به عامل‌ها استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ذکر شده است. در مجموع دو عامل اصلی و مستقل، ۹۱/۹۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کند. بالا بودن واریانس مشترک اکثر صفات نشان دهنده انتخاب مناسب تعداد عامل‌ها می‌باشد، زیرا واریانس مشترک در حقیقت قسمتی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مرتبط است و بالا بودن آن، دقت بالای برآورده واریانس متغیر را نمایش می‌دهد. ضخامت میانگره سوم و طول میانگره چهارم صفاتی بودند که به ترتیب بیشترین و کمترین سهم را در واریانس مشترک عامل‌های استخراج شده دارا بودند. در عامل اول صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن تر به میانگره سوم و چهارم، مقاومت به ضربایر عاملی مثبت و بالایی داشتند. بالا بودن این ضربایر نشان می‌دهد که این صفات در این عامل دارای بالاترین تنوع بوده و سایر صفات دارای تنوع کمتری هستند و انتخاب جهت بهبود یا افزایش این صفات در این عامل کارآبی خواهد داشت. همچنین صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) و شاخص خواهدگی میانگره سوم و چهارم دارای ضربایر عاملی منفی بودند. این عامل دوم درصد از کل واریانس داده‌ها را شامل شد. عامل دوم با ۱۴/۴۳ درصد از کل واریانس داده‌ها شامل صفت گشتاور خمی میانگره سوم و چهارم با ضربی عاملی مثبت و بالا بود (جدول ۴). مشابه بودن علامت ضربایر عاملی نشان دهنده تاثیر صفات در یک جهت می‌باشد. به عبارت دیگر تقویت صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم،

فشاری بوته، مقاومت به شکستگی میانگرهای سوم و چهارم، گشتاور خمی میانگرهای سوم و چهارم و شاخص خواهدگی میانگرهای سوم و چهارم، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که لاین ۴۱۶ با میانگین ۵۸۱۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد دانه را دارا بود که با دو لاین ۸۳۱ و ۸۴۱ اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان عملکرد در رقم علی کاظمی با میانگین ۴۲۳۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با دو رقم هاشمی و سنگ جو اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

با توجه به اینکه مقاومت به خواهدگی به مقاومت ساقه در برابر نیروی خارجی که به عنوان مقاومت به شکستگی نشان داده می‌شود، بستگی داشته و در واقع مقدار نیروی لازم برای شکستن بافت گیاهی است (Matsuo *et al.*, 1995)، همچنین مقاومت فشاری می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین میزان مقاومت بوته برنج نسبت به خواهدگی باشد (Won *et al.*, 1998). در آزمایش حاضر مقاومت به شکستگی میانگره و مقاومت فشاری بوته به عنوان شاخص‌هایی جهت تعیین ژنوتیپ‌های مقاوم مورد توجه قرار گرفتند. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم در لاین ۸۴۱ (به ترتیب ۱۰/۴۵ و ۱۴/۱۰ نیوتن) مشاهده شد که با لاین ۸۳۱ و ۴۱۶ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). می‌توان چنین اظهار کرد که سه لاین ۸۴۱، ۴۱۶ و ۸۳۱ با داشتن بیشترین مقدار مقاومت فشاری بوته به ترتیب با میانگین‌های ۷/۷۵، ۶/۱۷ و ۶/۱۶ نیوتن، مقاوم به خواهدگی و سه رقم بومی سنگ جو، هاشمی و علی کاظمی با داشتن کمترین مقدار مقاومت فشاری بوته (به ترتیب ۴/۱۰، ۴/۱۱ و ۵/۸۳ نیوتن) همچنین، با دارا بودن کمترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم حساس به خواهدگی بوته می‌باشند (جدول ۳).

### جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبه با خواهدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج

Table 3. Mean comparison for morphological characteristics and lodging related of native and improved rice genotypes

نوعیت‌های برنج Rice genotypes	مقدار درآمد Grain yield ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول ساقه Stem length (cm)	طول میانگر، اول First internode length (cm)	طول میانگر، دوم 2 <sup>th</sup> internode length (cm)	طول میانگر، سوم 3 <sup>th</sup> internode length (cm)	طول میانگر، چهارم 4 <sup>th</sup> internode length (cm)	قطر منوسط میانگر، سوم Avg. diameter of 3 <sup>th</sup> internode (mm)	قطر منوسط میانگر، چهارم Avg. diameter of 4 <sup>th</sup> internode (mm)	ضخامت میانگر، سوم Thickness of 3 <sup>th</sup> internode (mm)	ضخامت میانگر، چهارم Thickness of 4 <sup>th</sup> internode (mm)	سطح مقطع میانگر، سوم Cross-sectional area of 3 <sup>th</sup> internode ( $\text{mm}^2$ )	سطح مقطع میانگر، چهارم Cross-sectional area of 4 <sup>th</sup> internode ( $\text{mm}^2$ )
Hashemi	4286 c	133.96 a	103.97 a	45.38 a	30.84 a	19.75 a	8.00 abc	5.60 b	6.30 b	1.75 c	2.27 cd	12.98 c	18.45 c
سنججو Sangjo	4340 bc	133.94 a	106.76 a	41.27 b	30.98 a	23.33 a	9.86 ab	5.17 b	6.25 b	1.59 c	2.22 d	10.92 c	17.91 c
علی‌کاظمی Alikazemi	4231 c	140.83 a	108.25 a	45.11 a	27.04 ab	22.54 a	10.41 a	5.46 b	6.39 b	2.06 bc	2.59 cd	20.71 b	27.42 b
۸۴۱ لاین Line 841	5388 ab	98.38 c	70.93 d	34.01 c	19.14 c	10.56 b	7.22 bc	7.37 a	7.88 a	3.98 a	3.94 a	33.18 a	36.50 a
۸۳۱ لاین Line 831	5228 abc	113.37 b	84.77 b	39.78 b	22.76 bc	13.66 b	8.57 abc	7.91 a	8.20 a	3.06 ab	3.03 bc	30.61 a	31.87 ab
۴۱۶ لاین Line 416	5815 a	106.45 bc	77.26 c	39.56 b	20.63 c	10.48 b	6.59 c	7.32 a	8.10 a	3.45 a	3.73 ab	30.38 a	36.47 a

Table 3. Continued

نوع گونهای برنج Rice genotypes	وزن خشک ب طول میانگر سوئی Dry weight/length of 3 <sup>rd</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	وزن خشک ب طول میانگر سوئی Dry weight/length of 3 <sup>rd</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	وزن خشک ب طول میانگر سوئی Dry weight/length of 4 <sup>th</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	وزن خشک ب طول میانگر سوئی Dry weight/length of 4 <sup>th</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	مقاومت فشاری ب پود Pushing resistance (N)	متاومت ب شکنگی میانگر سوئی Breaking resistance of 3 <sup>rd</sup> internode (N)	متاومت ب شکنگی میانگر سوئی Breaking resistance of 4 <sup>th</sup> internode (N)	گشتاور خمی میانگر سوئی Bending moment of 3 <sup>rd</sup> internode (g.cm)	گشتاور خمی میانگر سوئی Bending moment of 4 <sup>th</sup> internode (g.cm)	شاخص خوابیدگی میانگر سوئی Lodging index of 3 <sup>rd</sup> internode (%)	شاخص خوابیدگی میانگر سوئی Lodging index of 4 <sup>th</sup> internode (%)
Hashemi	82.02 b	110.91b	87.58 c	169.83 c	5.41 bc	6.51 c	8.93 cd	1282.52 ab	1573.09 ab	39.32 a	34.75 a
سنگجو Sangjo	60.50 b	75.63 b	65.47 c	100.50 d	4.10 c	5.21 c	7.46 d	842.14 c	1017.01 c	32.06 ab	26.79 b
علی کاظمی Alikazemi	81.30 b	111.76 b	102.53 c	187.33 c	5.83 bc	7.56 bc	10.72 bc	1396.59 a	1820.10 a	36.96 a	33.40 a
۸۴۱ لان Line 841	167.59 a	209.49 a	203.39 ab	254.24 ab	7.75 a	10.45 a	14.10 a	1043.85 bc	1306.50 b	19.57 c	18.16 c
۸۳۱ لان Line 831	168.29 a	210.36 a	172.51 b	215.64 bc	6.16 ab	9.37 ab	10.97 b	1207.12 ab	1515.74 b	25.37 bc	27.30 b
۴۱۶ لان Line 416	193.07 a	241.34 a	238.80 a	298.50 a	6.17 ab	9.26 ab	11.46 b	1157.21 ab	1440.15 b	24.51 bc	24.70 b

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی داری ندارند.

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using Tukey Test

#### جدول ۴- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورفولوژیک و صفات مرتبه با خواهد گی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج

Table 4. Factor analysis for morphological traits and lodging related traits of native and improved rice genotypes

صفات گیاهی Plant Characteristics	واریانس مشترک Communality	ضرایب عاملی Factors loading	
		عامل اول 1	عامل دوم 2
Hi	0.980	-0.968*	0.209
Ls	0.986	-0.986*	0.115
L1	0.926	-0.834*	0.479
L2	0.973	-0.983*	-0.090
L3	0.947	-0.973*	-0.014
L4	0.578	-0.759*	0.045
Th3	0.999	-0.64	0.997*
Th4	0.994	-0.49	0.996*
Sd3	0.989	0.995*	0.013
Sd4	0.592	0.976*	-0.002
Ac3	0.971	0.950*	0.260
Ac4	0.834	0.876*	0.259
D/L3	0.853	0.920*	0.076
D/L4	0.891	0.944*	0.019
F/L3	0.934	0.962*	0.091
F/L4	0.877	0.889*	-0.259
Br3	0.938	0.958*	0.145
Br4	0.922	0.871*	0.403
Bm3	0.809	0.844*	0.311
Bm4	0.958	0.959*	0.197
Pr	0.935	0.946*	0.201
LIN3	0.971	-0.919*	0.357
LIN4	0.938	-0.791*	0.558
Total		17.84	3.32
Variance (%)	میزان واریانس	77.55	14.43
Cumulative variance (%)	واریانس تجمعی	77.55	91.98

Hi: ارتفاع بوته، Ls, L1, L2, L3, L4: به ترتیب طول ساقه، طول میانگره اول، دوم، سوم و چهارم، Sd3 و Sd4: به ترتیب قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، Ac3 و Ac4: به ترتیب سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، D/L3 و D/L4: به ترتیب نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم، F/L3 و F/L4: به ترتیب نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم، Br3 و Br4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، Bm3 و Bm4: به ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، Pr: مقاومت فشاری، LIN3 و LIN4: به ترتیب شاخص خواهد گی میانگره سوم و چهارم، GY: عملکرد دانه.

Hi: Plant height; Ls, L1, L2, L3, L4: Stem length, length of internodes 1, 2, 3, 4 respectively; Th3, Th4: Thickness of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internode respectively; Sd3, Sd4: Avg. diameter of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internode respectively; Ac3, Ac4: Cross-sectional area of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; D/L3, D/L4: Dry weight:length of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; F/L3, F/L4: Fresh weight:length of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Br3, Br4: Breaking resistance of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Bm3, Bm4: Bending moment of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Pr: Pushing resistance; LIN3, LIN4: Lodging index of 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively, GY: Grain yield

به ترتیب با میانگین  $3/98$  و  $3/94$  میلی‌متر مشاهده شد. همچنین، بیشترین قطر متوسط میانگرۀ سوم و چهارم نیز در لاین  $8/41$  (به ترتیب  $7/91$  و  $8/20$  میلی‌متر) مشاهده شد که با لاین‌های  $8/31$  و  $4/16$  اختلاف معنی‌داری نداشت؛ و کمترین آن در رقم بومی سنگ‌جو به ترتیب با میانگین  $5/17$  و  $6/25$  میلی‌متر مشاهده شد که با رقم‌های هاشمی و علی‌کاظمی اختلاف معنی‌داری نداشت. به همین ترتیب، بیشترین مقدار سطح مقطع میانگرۀ سوم و چهارم در لاین‌های  $8/41$ ،  $8/31$  و  $4/16$  مشاهده شد (جدول ۳).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن خشک به طول میانگرۀ سوم و چهارم و نسبت وزن تربه طول میانگرۀ سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگرۀ سوم و چهارم مشاهده شد. بیشترین همبستگی بین نسبت وزن تربه طول میانگرۀ با مقاومت به شکستگی در میانگرۀ سوم ( $r=0/937^{**}$ ) و نسبت وزن تربه طول میانگرۀ با مقاومت به شکستگی در میانگرۀ چهارم ( $r=0/825^{**}$ ) مشاهده شد (جدول ۵). می‌توان چنین یان کرد که لاین‌های  $4/16$ ،  $8/41$  و  $8/31$  به ترتیب با داشتن بیشترین نسبت وزن به طول میانگرۀ و سه رقم بومی سنگ‌جو، هاشمی و علی‌کاظمی با داشتن کمترین مقدار این نسبت، دارای بیشترین و کمترین مقاومت به شکستگی میانگرۀ‌های سوم و چهارم بودند. با توجه به جدول تجزیه به عامل و جدول ضرایب همبستگی این طور به نظر می‌رسد که صفات ضخامت میانگرۀ سوم و چهارم، قطر متوسط میانگرۀ سوم و چهارم، سطح مقطع میانگرۀ سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگرۀ سوم و چهارم و نسبت وزن تربه میانگرۀ سوم و چهارم به عالی می‌باشد. میانگرۀ سوم و چهارم که ضرایب عاملی مثبت و بالایی دارند و نیز همبستگی مثبت و بالایی با مقاومت به شکستگی میانگرۀ و مقاومت فشاری بوته داشتند، می‌توانند شاخص‌های مهمی برای ارزیابی و انتخاب ارقام مقاوم به خواهد گشته باشند.

با توجه به تاثیر متفاوت صفات بر مقاومت گیاه به

سطح مقطع میانگرۀ سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگرۀ سوم و چهارم، نسبت وزن تربه میانگرۀ سوم و چهارم، مقاومت به شکستگی میانگرۀ سوم و چهارم و مقاومت فشاری بوته می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاه به خواهد گشته باشد احتمالاً از تحمل بالاتری صفات در آن‌ها بیشتر باشد احتمالاً از تحمل بالاتری نسبت به خواهد گشته باشد احتمالاً از تحمل بالاتری در خصوص صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگرۀ‌ها (میانگرۀ‌های  $1$ ،  $2$ ،  $3$  و  $4$ ) و شاخص خواهد گشته باشد احتمالاً از تحمل بالاتری در طور کلی صفاتی که در تجزیه عاملی ضریب مثبت داشتند در ارقام بومی نسبت به ژنتیک‌های اصلاح شده از میانگین پایین تری برخوردار بودند که نشان می‌دهد ارقام بومی نسبت به خواهد گشته باشد احتمالاً از تحمل بالاتری در آن‌ها بیشتر باشد احتمالاً از تحمل بالاتری در جهت بررسی بیشتر ارتباط دو به دوی صفات با یکدیگر و تفسیر بهتر نتایج فوق از ضرایب همبستگی استفاده شد. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی بین ضخامت، قطر، سطح مقطع میانگرۀ سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگرۀ سوم و چهارم و نسبت وزن تربه میانگرۀ سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگرۀ سوم و چهارم و مقاومت فشاری همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان اظهار کرد که افزایش ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگرۀ سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگرۀ سوم و چهارم و نسبت وزن تربه میانگرۀ سوم و چهارم افزایش مقاومت به شکستگی میانگرۀ سوم و چهارم و افزایش مقاومت فشاری را به دنبال دارد که این موضوع با نتایج تجزیه به عامل‌ها نیز همخوانی داشت. بیشترین همبستگی بین قطر متوسط با مقاومت به شکستگی ( $r=0/961^{**}$ ) و مقاومت فشاری بوته ( $r=0/884^{**}$ ) در میانگرۀ سوم و قطر متوسط با مقاومت به شکستگی ( $r=0/902^{**}$ ) و مقاومت فشاری بوته ( $r=0/853^{**}$ ) در میانگرۀ چهارم وجود داشت (جدول ۵). ضمناً بیشترین مقادار ضخامت میانگرۀ سوم و چهارم در لاین  $8/41$

### جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبه با خواهدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج

Table 5. Correlation coefficients between morphological traits and lodging related traits of native and improved rice genotypes

	Hi	Ls	L1	L2	L3	L4	Th3	Th4	Sd3	Sd4	Ac3	Ac4
Hi	1											
Ls	0.995**	1										
L1	0.904**	0.873**	1									
L2	0.910**	0.940**	0.793*	1								
L3	0.966**	0.981**	0.766*	0.921**	1							
L4	0.816**	0.821**	0.563	0.652*	0.874**	1						
Th3	-0.957**	-0.977**	-0.849**	-0.987**	-0.952**	-0.727*	1					
Th4	-0.933**	-0.956**	-0.824**	-0.975**	-0.931**	-0.747*	0.983**	1				
Sd3	-0.889**	-0.904**	-0.703*	-0.887**	-0.925**	-0.672*	0.891**	0.815**	1			
Sd4	-0.909**	-0.923**	-0.731*	-0.918**	-0.936**	-0.687*	0.912**	0.860**	0.987**	1		
Ac3	-0.820**	-0.854**	-0.634*	-0.925**	-0.877**	-0.560	0.892**	0.831**	0.967**	0.967**	1	
Ac4	-0.890**	-0.919**	-0.714*	-0.967**	-0.930**	-0.655*	0.943**	0.912**	0.955**	0.980**	0.979**	1
D/L3	-0.917**	-0.942**	-0.695*	-0.936**	-0.973**	-0.783*	0.932**	0.908**	0.956**	0.980**	0.944**	0.980**
D/L4	-0.899**	-0.894**	-0.805**	-0.858**	-0.868**	-0.711*	0.859**	0.886**	0.785*	0.868**	0.762*	0.870**
F/L3	-0.903**	-0.932**	-0.667*	-0.936**	-0.970**	-0.782*	0.929**	0.906**	0.951**	0.972**	0.947**	0.979**
F/L4	-0.763*	-0.821**	-0.481	-0.882**	-0.884**	-0.768*	0.861**	0.882**	0.783*	0.808**	0.834**	0.876**
Br3	-0.862**	-0.902**	-0.711*	-0.968**	-0.903**	-0.633*	0.901**	0.893**	0.961**	0.920**	0.917**	0.889**
Br4	-0.782*	-0.826**	-0.708*	-0.915**	-0.796*	-0.552	0.828**	0.783*	0.916**	0.902**	0.775*	0.808**
Bm3	0.266	0.175	0.535	-0.022	-0.041	0.079	-0.053	-0.069	0.025	-0.037	0.169	0.054
Bm4	0.265	0.172	0.507*	-0.054	-0.052	0.131	-0.032	-0.045	0.024	-0.031	0.189	0.074
Pr	-0.764	-0.807**	-0.663	-0.864**	-0.792*	-0.590	0.723*	0.694*	0.884**	0.853**	0.758*	0.762*
LIN3	0.948**	0.931**	0.960**	0.890**	0.857**	0.607	-0.914**	-0.887**	-0.838**	-0.877**	-0.796*	-0.864**
LIN4	0.866**	0.832**	0.986**	0.756*	0.715*	0.534	-0.805*	-0.806**	-0.623*	-0.676*	-0.563	-0.669*
GY	0.935**	-0.945**	-0.750*	-0.906**	-0.957**	-0.809**	0.911**	0.913**	0.896**	0.948**	0.871**	0.878**

  

	D/L3	D/L4	F/L3	F/L4	Br3	Br4	Bm3	Bm4	pr	LIN3	LIN4	Yield
D/L3	1											
D/L4	0.886**	1										
F/L3	0.998**	0.865**	1									
F/L4	0.900**	0.724*	0.920**	1								
Br3	0.907**	0.720*	0.937**	0.938**	1							
Br4	0.761*	0.612*	0.788*	0.825**	0.949**	1						
Bm3	0.033	-0.354	0.087	0.346	0.197	0.196	1					
Bm4	0.033	-0.338	0.087	0.348	0.220	0.232	0.994**	1				
Pr	0.735*	0.529	0.752*	0.810**	0.936**	0.984**	0.254	0.276	1			
LIN3	-0.842**	-0.912**	-0.817**	-0.619*	-0.801**	-0.730*	0.418	0.390	-0.669*	1		
LIN4	-0.650*	-0.831**	-0.618*	-0.440	-0.636*	-0.645*	0.613*	0.580	-0.578	0.944**	1	
GY	0.974**	0.962**	0.964**	0.845**	0.826**	0.688*	-0.151	-0.151	0.641*	-0.881**	-0.737*	1

میانگره با مقاومت به شکستگی میانگره‌ها در ارتباط است و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آنها وجود دارد. تراشیما و همکاران (Terashima *et al.*, 1994) نیز افزایش ضخامت ساقه را موثرترین صفت مورفولوژیک در افزایش مقاومت به خواهدگی بوته گیاه برنج گزارش کردند.

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های برنج با صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگره‌ها، گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم و شاخص خواهدگی میانگره سوم و چهارم همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. از سوی دیگر عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات موثر در عامل اول در روش تجزیه به عامل‌ها نشان داد که در این بین بیشترین همبستگی را با صفات نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم ( $r = 0.974^{**}$ ), نسبت وزن تر به طول میانگره سوم ( $r = 0.964^{**}$ ), نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم ( $r = 0.962^{**}$ ) و قطر متوسط میانگره چهارم ( $r = 0.948^{**}$ ) داشت که این نتیجه نیز با نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام همخوانی داشت. وقوع کمتر خواهدگی در میانگره‌های سوم و چهارم باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، زیرا در این شرایط انتقال مواد فتوستتری به سمت دانه‌ها بهتر انجام شده و در نتیجه تعداد دانه‌های پوک و پنجه‌های نابارور در واحد سطح به حداقل می‌رسند، بنابراین به نظر می‌رسد صفاتی که تأثیر بیشتری بر مقاومت به خواهدگی بوته دارند، با عملکرد دانه نیز همبستگی بالاتری دارند و این موضوع نشان می‌دهد که نقصان عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تأثیر خواهدگی بوته قرار دارد و می‌توان با تقویت صفات مؤثر بر مقاومت به خواهدگی، عملکرد دانه را بهبود بخشید.

### نتیجه‌گیری

در این آزمایش لاینهای برنج ۸۴۱، ۸۳۱ و ۴۱۶ به ترتیب دارای بیشترین مقاومت و سه رقم بومی

خواهدگی از روش تجزیه رگرسیون گام به گام جهت شناسایی صفات مورفولوژیک موثر بر مقاومت فشاری بوته استفاده شد. بر این اساس مقاومت فشاری به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که تنها صفت قطر متوسط میانگره (x) با ضریب رگرسیونی مثبت (۱/۰۶۵) در مدل رگرسیونی وارد شده و رابطه (۶) به دست آمد. ضریب تبیین مدل برازش یافته معادل ۰/۸۸۴ بود که نشان می‌دهد این صفت در مجموع ۸۸ درصد از تنوع مربوط به مقاومت فشاری بوته (Pr) را توجیه نمود، بنابراین صفت مذکور مهم‌ترین صفت موثر در مقاومت فشاری در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه بود و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم از طریق این صفت، اثر بخش خواهد بود. البته نتایج تجزیه‌های قبلی در بالا نیز اهمیت این صفت را در مقاومت فشاری بوته مطرح کرده بودند. در ادامه با توجه به اهمیت صفت مقاومت به شکستگی میانگره (Br) تجزیه رگرسیون گام به گام برای این صفت به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند که بر این اساس رابطه (۷) به دست آمد. تنها صفت وارد شده در این مدل، نسبت وزن تر به طول میانگره (x) بود که به تهایی ۸۶ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه می‌کند.

$$\text{Pr} = 3.083 + 1.065(x) \quad (6)$$

$$\text{Br} = 2.690 + 0.182(x) \quad (7)$$

این موضوع با نتایج آزمایش زوبیر و همکاران (Zuber *et al.*, 1999) که افزایش قطر ساقه و نسبت وزن به طول ساقه را عاملی اصلی در افزایش مقاومت به شکستگی ساقه اعلام کردند، مطابقت داشت. فلاخ (Fallah, 2012) افزایش ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم و افزایش وزن در واحد طول میانگره را عامل افزایش مقاومت به شکستگی و کاهش شاخص خواهدگی در برنج گزارش کرد. اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2007) بیان کردند که نسبت وزن به طول

بوته برنج در نظر گرفته شود. در واقع شاید حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته با صفاتی مانند قطر و نسبت وزن به طول میانگره، قابل جبران باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش مقادیر این صفات و افزایش مقاومت به خواهدگی، بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از خواهدگی بوته پیشگیری خواهد شد.

### سپاسگزاری

از دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور  
جهت حمایت و مساعدت در اجرای این تحقیق تشکر  
و قدردانی می‌شود.

سنگ‌جو، هاشمی و علی کاظمی نیز به ترتیب حساسیت پیشتری به خواهدگی بوته داشتند. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی و تجزیه رگرسیون گام به گام، می‌توان اظهار داشت که قطر میانگره‌های سوم و چهارم و نسبت وزن به طول میانگره نقش موثری در افزایش مقاومت به خواهدگی داشته و می‌توان از این صفات به عنوان شاخص‌هایی جهت شناسایی ژنتیک‌های با مقاومت بالا به خواهدگی بوته استفاده کرد. نتایج آزمایش نشان داد در بین صفات مورد ارزیابی، ارتفاع بوته با دارا بودن همبستگی منفی و معنی‌دار با مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، به تهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت تشخیص حساسیت به خواهدگی

### References

### منابع مورد استفاده

- Alizadeh, M. R., A. Dabbagh, F. Rahimi-Ajdadi, M. Rezaei and M. H. Rahmati.** 2011. Effect of salinity and irrigation regimes on the internode physical variations of rice stem. *Austr. J. Crop Sci.* 5(12): 1595-1602.
- Amano, T., Q. Zhu, Y. Wang, N. Inoue and H. Tanaka.** 1993. Case studies on high yields of paddy rice in Jiangsu Province, China. II. Analysis of characters related to lodging. *J. Crop Sci.* 62 (2): 275–281.
- Anonymous,** 2012. Available at:<http://www.irri.org>.
- Chandler, J.** 1969. Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen. In: Eastin, J. D, Haskins, F. A., Sullivan, C. Y., Van Bavel. C. H. M. (Eds.). *Physiological Aspects of Crop Yield*. Am. Soc. Agron., Madison, Wisconsin. pp: 265-285.
- Chuanren, D., W. Bochu., W. Pingqing., W. Daohong and C. Shaoxi.** 2004. Relationship between the minute structure and the lodging resistance of rice stems. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces.* (35) 155–158.
- Fallah, A.** 2012. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. *Int. J. Agric. Sci.* 2(7): 630-634.
- Gent, M. P. N.** 1995. Canopy light interception, gas exchange and biomass in reduced height isolines of winter wheat. *Crop Sci.* 35: 1636-1642.
- Hoshikawa, K. and S. B. Wang.** 1990. Studies on lodging in rice plant I: a general observation on lodged rice culms. *Japan J. Crop Sci.* 59(4): 809-814.
- Islam, M. S., S. Peng., R. M. Visperas., N. Erful., M. S. U. Bhuiya and A. W. Julwquar.** 2007. Lodging related morphological trait of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Res.* 101: 240-248.
- Kashiwagi, T. and K. Ishimaru.** 2004. Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. *Plant Physiol.* 134(2): 676-683.

- Kashiwagi, T., H. Sasaki and K. Ishimaru.** 2005. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa L.*). *J. Plant Prod. Sci.* 8(2): 166-172.
- Kono, M.** 1995. Physiological aspects of lodging. In: Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, K., Ishihara, K. and Hirata, H. (Eds.), *Science of the Rice Plant*. Vol 2. Physiol. Food and Agric. Policy Res. Center. Tokyo. Japan.
- Kuroda, E., T. Ookawa and L. Ishihara.** 1989. Analysis on difference of dry matter production inside stands. *Japan J. Crop Sci.* 58(3): 374-382.
- Matsu, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara and H. Hirata.** 1995. *Science of the rice plant*. Vol. 2. Physiol. Food and Agricul. Policy Res. Center. Tokyo. Japan.
- Ookawa, T. and K. Ishihara.** 1992. Varietal difference of physical characteristics of the culm related to lodging in paddy rice. *Japanese J. Crop Sci.* 61: 419-425.
- SAS.** 2002. The SAS system for Windows. Release 9.0. SAS Inst., Cary, NC. US.
- SPSS.** 2007. The SPSS system for Windows. Release 16.0. SPSS Inc., an IBM Company Headquarters, USA.
- Setter, T. L., E. V. Laureles and A. M. Mazaredo.** 1997. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis. *Field Crops Res.* 49: 95-106.
- Terashima, K., T. Ogata and S. Akita.** 1994. Eco-physiological characteristics related withlodging tolerance of rice in direct sowing cultivation.II. Root growth characteristics of tolerant cultivars to root lodging. *Japan J. Crop Sci.* 63: 34-41.
- Won, J. G., Y. Hirahara, T. Yoshida and S. Imabayashi.** 1998. Selection of rice lines using SPGP seedling method for direct seeding. *J. Plant Prod. Sci.* 1: 280-285.
- Zhang F.Z., Z. X. JIN, G. H. Ma, W. N. Shang, H. Y. Liu, M. L. Xu and Y. Liu.** 2010. Relationship between lodging resistance and chemical contents in culms and sheaths of Japonica rice during grain filling. *Rice Sci.* 17(4): 311-318.
- Zuber, U., H. Winzeler, M. M. Messmer, B. Keller, J. E. Schmid and P. Stamp.** 1999. Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum L.*). *J. Agron. Crop Sci.* 182: 17-24.

## Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes

Faraji, F.<sup>1</sup>, M. Esfahani<sup>2</sup>, M.R. Alizadeh<sup>3</sup> and A. Aalami<sup>4</sup>

### ABSTRACT

**Faraji, F., M. Esfahani, M.R. Alizadeh and A. Aalami.** 2014. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences.** 16(3): 250-264. (In Persian).

To evaluate the morphological characteristics and lodging related traits in local and improved rice genotypes, a field experiment was carried out using randomized complete block design with three replications in 2013 at the Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran. Rice genotypes included three local cultivars (Hashemi, Sangjo and Alikazemi) and three improved lines (841, 831 and 416). Results showed significant relationship between average diameter of internode with breaking resistance of third internode ( $r = 0.961^{**}$ ) and average diameter of fourth internode with breaking resistance of fourth internode ( $r = 0.902^{**}$ ), average diameter of third and fourth internode with pushing resistance ( $r = 0.884^{**}$  and  $r = 0.853^{**}$ , respectively). Also significant positive correlation between fresh weight:length ratio of internode with breaking resistance in third internode ( $r = 0.937^{**}$ ) and pushing resistance ( $r = 0.752^*$ ), fresh weight:length ratio of internode with breaking resistance in fourth internode ( $r = 0.825^{**}$ ) and pushing resistance ( $r = 0.810^{**}$ ) were observed. Stepwise regression analysis showed that average diameter of internode was the only trait that significantly affected the pushing resistance, and explained 88% of observed variance alone. Fresh weight:length ratio of internode had highly significant effect on breaking resistance ( $r^2 = 0.86$ ) which corresponded with the results of correlation analysis. It seems that the thickness and weight:length ratio of internode have major roles in resistance of rice plant to lodging and could be considered as indirect criteria in selection for resistant to lodging in rice breeding programs.

**Key words:** Bending moment, Lodging index and Rice.

---

Received: April, 2014

Accepted: September, 2014

1- PhD. Student, University of Guilan, Rasht, Iran

2- Associate Prof., University of Guilan, Rasht, Iran (Corresponding author) (Email: mesfahan@yahoo.com)

3- Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran

4- Assistant Prof., University of Guilan, Rasht, Iran