

## ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.)

مریم برومند<sup>۱</sup>، مسعود اصفهانی<sup>۲\*</sup>، محمدرضا علیزاده<sup>۳</sup> و علی اعلمی<sup>۴</sup>

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۲ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۸)

### چکیده

خوابیدگی بوته یکی از مشکلات عمده در زراعت برنج است که بسته به زمان وقوع می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش عملکرد محصول را به دنبال داشته باشد. شناسایی صفات موثر در مقاومت به خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های مقاوم، می‌تواند در برنامه‌ریزی بهتر برای روش‌های مقابله و کاهش خسارت ناشی از خوابیدگی استفاده شود. این آزمایش به منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. ارقام برنج مورد آزمایش شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنگ‌جو و علی‌کاظمی) و سه رقم اصلاح شده (کادوس، خزر و گوهر) بودند. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ضخامت میانگرمه سوم با مقاومت به شکستگی میانگرمه سوم ( $r=0/914^{**}$ ) و ضخامت میانگرمه چهارم با مقاومت به شکستگی میانگرمه چهارم ( $r=0/846^{**}$ ) و ضخامت میانگرمه سوم و چهارم با مقاومت فشاری بوته (به ترتیب  $r=0/935^{**}$  و  $r=0/926^{**}$ ) وجود داشت. همچنین، این همبستگی مثبت و معنی‌دار بین نسبت وزن تر به طول میانگرمه با مقاومت به شکستگی در میانگرمه سوم ( $r=0/937^{**}$ ) و مقاومت فشاری بوته ( $r=0/870^{**}$ )، نسبت وزن تر به طول میانگرمه با مقاومت به شکستگی در میانگرمه چهارم ( $r=0/922^{**}$ ) و مقاومت فشاری بوته ( $r=0/835^{**}$ ) مشاهده شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که تنها صفت ضخامت میانگرمه روی مقاومت فشاری بوته اثر معنی‌داری داشت که به تنهایی ۸۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در مرحله بعد با در نظر گرفتن مقاومت به شکستگی میانگرمه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات مورفولوژیک به عنوان متغیرهای مستقل و انجام تجزیه رگرسیون گام به گام، دو صفت نسبت وزن تر به طول میانگرمه و وزن خشک به طول میانگرمه در مدل رگرسیونی باقی ماندند که با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که صفات ضخامت و نسبت وزن به طول میانگرمه اهمیت زیادی در مقاومت به خوابیدگی برنج دارند و می‌توانند به عنوان شاخص‌های غیر مستقیم جهت انتخاب ارقام با مقاومت بالا به خوابیدگی در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: برنج، شاخص خوابیدگی، گشتاور خمشی، مقاومت به شکستگی

\* نویسنده مسئول: esfahani@guilan.ac.ir

## مقدمه

خوابیدگی بوته (ورس) در بسیاری از ارقام بومی برنج یکی از مشکلات اساسی در تولید این محصول در ایران به شمار می‌رود. خوابیدگی بوته باعث ایجاد محدودیت در مصرف بهینه کود نیتروژن و کاهش محصول ناشی از آن از یک سو و عدم امکان توسعه برداشت ماشینی محصول و افزایش هزینه‌های برداشت از سوی دیگر می‌شود. خوابیدگی بوته یکی از مشکلات اصلی در تولید غلات است که باعث ایجاد خساراتی مانند کاهش میزان عملکرد و کاهش کیفیت دانه می‌شود (Weber and Fehr, 1966).

با توجه به خصوصیات مورفولوژیک اکثر غلات که خوشه و دانه‌ها در قسمت انتهایی ساقه تشکیل می‌شوند، تناسب بین استحکام بخش پایینی بوته و وزن قسمت‌های بالایی آن، تعیین کننده میزان مقاومت گیاه نسبت به خوابیدگی است (Kashiwagi et al., 2005). خوابیدگی به معنی خم شدن ساقه به سمت زمین و افتادن آن است. خم شدن و انحنای ساقه (در صورت خوابیدگی) اغلب در قاعده غلاف برگ مربوط به میانگره‌های پایه صورت گرفته و در ناحیه گرهی رخ نمی‌دهد (Esfahani et al., 2009). شرایط نامساعد آب و هوایی مانند وزش باد و بارندگی‌های سنگین در اواخر دوره رویش گیاه (مقارن با مرحله خوشه‌دهی)، باعث خوابیدگی بوته و به دنبال آن ایجاد اختلال در پر شدن دانه‌ها در اثر قطع شدن مسیر انتقال مواد پرورده در آوندها، جوانه‌زنی پیش از برداشت دانه‌ها روی خوشه گیاه مادری، شیوع بیماری‌ها و در مجموع کاهش عملکرد می‌شود (Mobasser et al., 2009).

باساک و همکاران (Basak et al., 1962) گزارش کردند که همبستگی خطی مثبت بین کاهش عملکرد در اثر خوابیدگی بوته و افزایش مصرف نیتروژن وجود دارد. ویرسما و همکاران (Wiresma et al., 1986) گزارش کردند که شدت و میزان خسارت ناشی از خوابیدگی بوته بستگی به زمان وقوع آن دارد و بین شدت خوابیدگی و عملکرد دانه رابطه خطی منفی وجود دارد. کونو (Kono, 1995) گزارش کرد که سه نوع خوابیدگی بوته در برنج‌های غرقابی (تحت آبیاری دائمی) قابل مشاهده است که شامل خمیدگی ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه است. وی همچنین اظهار داشت که خمیدگی ساقه، نوع اصلی ورس در برنج‌های غرقابی است که علت

اصلی آن افزایش وزن خوشه در دوره رسیدگی و افزایش طول میانگره پایینی با افزایش سطح آب و شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله وقوع باد و باران در اواخر فصل رشد است. لی و همکاران (Li et al., 2009) با بررسی مقاومت به خوابیدگی بوته در نه رقم برنج گزارش کردند که شاخص خوابیدگی همبستگی مثبتی با طول ساقه و طول میانگره‌ها داشته و خوابیدگی بوته غالباً در میانگره‌های پایینی ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از سطح زمین گزارش شد. همچنین همبستگی بین وزن تر ساقه و میانگره‌ها، قطر بزرگ و کوچک میانگره‌ها، سطح مقطع میانگره‌ها، مقاومت به شکستگی و گشتاور خمشی مثبت بوده و همچنین گشتاور خمشی با شاخص خوابیدگی بوته برنج همبستگی مثبت دارد.

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 ارقام برنج مورد استفاده در آزمایش حاضر تا کنون از نظر صفات جهت ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با مقاومت به خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده و شناسایی مؤثرترین خصوصیات مورفولوژیک به عنوان شاخص‌هایی جهت انتخاب غیر مستقیم ارقامی با مقاومت بالا به خوابیدگی بوته در برنج انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در موسسه تحقیقات برنج کشور-رشت انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۹۰۰ متر مربع در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۵ متر پیاده شد و در آن شش رقم برنج شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنگ‌جو و علی‌کازمی) و سه رقم اصلاح شده (کادوس، خزر و گوهر) کشت شدند. در نیمه اول خرداد ماه، گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج در مرحله سه برگی از خزانه انتخاب و به زمین اصلی منتقل و با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به صورت تک نشا نشاکاری شدند. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل)، بلافاصله بعد نشاکاری و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره)

برگ با استفاده از نیروسنج دیجیتالی (Lutron FG-500) (A, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس شاخص خوابیدگی (Lodging index; LIN) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Amano *et al.*, 1993):

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

سطح مقطع میانگره سوم و چهارم با استفاده از رابطه (۴) (Alizadeh *et al.*, 2011) و با توجه به دو قطری بودن ساقه برنج، قطر متوسط میانگره‌های پایه (میانگره سوم و چهارم) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد (Chuanren *et al.*, 2004):

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

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

$A_c$ : سطح مقطع میانگره بر حسب میلی‌متر مربع،  $Sd$ : قطر متوسط میانگره بر حسب میلی‌متر،  $D$ ،  $d$  و  $t$ : به ترتیب قطر بزرگ، قطر کوچک و ضخامت میانگره بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

نسبت وزن تر به طول میانگره‌ها و وزن خشک به طول میانگره‌ها پس از خشکاندن در آن ۷۵ درجه سانتی‌گراد، محاسبه شدند (Islam *et al.*, 2007). اندازه‌گیری مقاومت فشاری در مزرعه نیز با انتخاب ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت 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, Taiwan) اندازه‌گیری شد (Kashiwagi and Ishimaru, 2004). تجزیه داده‌ها شامل آزمون نرمال بودن، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تعیین ضرایب همبستگی بین صفات با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ (SAS, 2002) و برای تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه خوشه‌ای از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ (SPSS, 2007) استفاده شد. داده‌های مرتبط با شاخص خوابیدگی که به صورت درصد بودند، به زاویه ( $\text{ArcSin} \sqrt{x}$ ) تبدیل شده و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها

قبل از مرحله حداکثر پنجه‌زنی و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیز در مرحله ظهور خوشه به زمین اضافه شد. در طی مراحل رویشی، عملیات سم‌پاشی با حشره‌کش دیازینون ۱۰ درصد به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار برای جلوگیری از خسارت کرم ساقه‌خوار برنج صورت گرفت و مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت دستی در دو مرحله (به ترتیب ۱۴ و ۲۸ روز پس از نشاکاری) انجام شد. با اجرای آبیاری تناوبی، محتوای آب کرت‌های آزمایشی در حد ظرفیت اشباع خاک (تا حد ایجاد ترک‌های مویی در سطح خاک) حفظ شد.

به منظور اندازه‌گیری صفات مربوط به خوابیدگی بوته، ۳۰ روز پس از گل‌دهی، چهار بوته به طور تصادفی از هر کرت کف بر شده و ۱۵ عدد از بزرگ‌ترین پنجه‌ها همراه با ساقه اصلی انتخاب و خصوصیات مربوط به ورس شامل، طول ساقه از فاصله بین قاعده بوته تا گره گردن خوشه، طول خوشه و طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم از بالا به پایین، وزن تر خوشه و میانگره‌ها شامل برگ و غلاف برگ مربوط به هر میانگره، قطر بزرگ و کوچک و ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم، اندازه‌گیری شدند. با توجه به اینکه خوابیدگی بوته برنج معمولاً در میانگره‌های سوم و چهارم بوته اتفاق می‌افتد (Hoshikawa and Wang, 1990)، خصوصیات مورفولوژیک و مرتبط با خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم اندازه‌گیری شدند. گشتاور خمشی (Bending moment; BM) در میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Islam *et al.*, 2007):

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

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

$Bm_3$ ،  $Bm_4$ : به ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و میانگره چهارم بر حسب گرم در سانتی‌متر،  $L_3$ : طول میانگره سوم از پایین تا نوک خوشه،  $L_4$ : طول میانگره چهارم از پایین تا نوک خوشه بر حسب سانتی‌متر،  $W_p$ ،  $W_1$  و  $W_2$ : به ترتیب وزن تر خوشه، وزن تر میانگره اول و دوم همراه با برگ و غلاف و  $W_3$  و  $W_4$ : به ترتیب وزن تر میانگره سوم و چهارم بر حسب گرم می‌باشند.

مقاومت به شکستگی (Breaking resistance; Br) در نقطه میانی میانگره‌های سوم و چهارم همراه با غلاف

خوابیدگی و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی با داشتن کمترین مقدار مقاومت فشاری بوته (به ترتیب ۴/۷۴، ۳/۴ و ۴/۹۱ نیوتن) همچنین، با دارا بودن کمترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگرم سوم و چهارم حساس به خوابیدگی بوته می‌باشند (جدول ۲).

برای تفکیک و تمایز ارقام برنج مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مرتبط به خوابیدگی، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward انجام شد. نتایج تجزیه خوشه ارقام مورد بررسی را در دو گروه کاملاً مجزا قرار داد که در یکی سه رقم بومی (گروه اول) و در گروه دیگر سه رقم اصلاح شده (گروه دوم) قرار گرفتند (شکل ۱). بررسی دو گروه حاصل بر اساس انحراف میانگین هر گروه از میانگین کل صفات مورد بررسی، نشان داد که ارقام اصلاح شده (گروه دوم) بیشترین مقدار مقاومت فشاری بوته، مقاومت به شکستگی میانگرم سوم و چهارم، ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگرم سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگرم سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگرم سوم و چهارم را دارا بودند. این صفات در ارقام بومی (گروه اول) دارای ارزش کمتری از میانگین کل ارقام مورد مطالعه بودند. بر عکس صفات ارتفاع و شاخص خوابیدگی میانگرم سوم و چهارم در ارقام بومی (گروه اول) بیشتر از میانگین کل و در ارقام اصلاح شده (گروه دوم) کمتر از میانگین کل ارقام مورد مطالعه، مشاهده شدند. بر اساس این نتایج مشخص می‌شود ارقام اصلاح شده مورد بررسی مقاومت به خوابیدگی بالاتری نسبت به ارقام محلی دارند که احتمالاً این ویژگی به دلیل افزایش ارزش صفات ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگرم سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگرم سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگرم سوم و چهارم است.

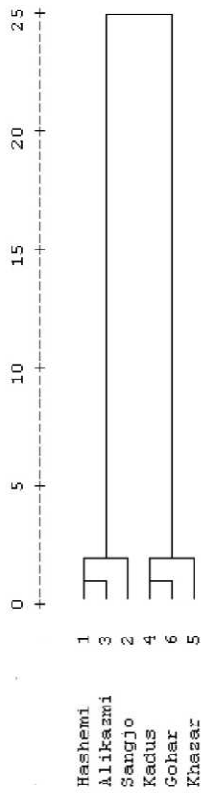
برای ارزیابی بهتر و تعیین روابط صفات مورد مطالعه از ضرایب همبستگی استفاده شد. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی بین ضخامت، قطر، سطح مقطع میانگرم سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگرم سوم و چهارم و مقاومت فشاری همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان اظهار کرد که افزایش ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگرم سوم و چهارم افزایش مقاومت به شکستگی میانگرم سوم و چهارم و افزایش مقاومت فشاری را به دنبال دارد که با نتایج تجزیه خوشه همخوانی دارند. ضمناً در این بین بیشترین همبستگی بین ضخامت

نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین ارقام برنج مورد مطالعه از نظر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگرم‌های اول، دوم و سوم، قطر متوسط، ضخامت و سطح مقطع میانگرم‌های سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگرم‌های سوم و چهارم، مقاومت فشاری بوته، مقاومت به شکستگی میانگرم‌های سوم و چهارم، گشتاور خمشی میانگرم‌های سوم و چهارم و شاخص خوابیدگی میانگرم چهارم در سطح معنی‌دار یک درصد و برای صفت شاخص خوابیدگی میانگرم سوم در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. برای صفت طول میانگرم چهارم نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم کادوس با میانگین ۵۷۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار و رقم گوهر با میانگین ۵۲۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین میزان عملکرد را دارا بودند و کمترین میزان عملکرد در رقم هاشمی با میانگین ۳۸۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲).

با توجه به اینکه مقاومت به خوابیدگی 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 خوابیدگی باشد (Won et al., 1998). در آزمایش حاضر مقاومت به شکستگی میانگرم و مقاومت فشاری بوته به عنوان شاخص‌هایی جهت تعیین ارقام مقاوم مورد توجه قرار گرفتند. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین مقاومت به شکستگی میانگرم‌های سوم و چهارم در رقم خزر (به ترتیب ۱۴/۴۳ و ۲۰/۸۷ نیوتن) مشاهده شد که با رقم کادوس (به ترتیب ۱۴/۳۷ و ۱۷/۵۲ نیوتن) و رقم گوهر (به ترتیب ۱۰/۷۱ و ۱۳/۸۶ نیوتن) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). می‌توان چنین اظهار کرد که سه رقم اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر با داشتن بیشترین مقدار مقاومت فشاری بوته به ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۰۶، ۹/۲۸ و ۸/۴۴ نیوتن، مقاوم به



شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ارقام بومی و اصلاح شده برنج بر اساس صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بونه با استفاده از روش Ward's method

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بونه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

		میانگین مربعات												
		Mean square												
بلوک	2	17916.6	4.197	8.020	0.254	3.868	1.843	2.665	0.316	0.218	0.062	0.006	25.22	7.178
Block														
رقم	5	1216583.3**	453.603**	395.062**	18.225**	87.093**	87.726**	3.881 <sup>ns</sup>	3.945**	4.060**	3.854**	3.952**	445.149**	585.930**
Cultivar														
خطا	10	12250.0	11.877	8.345	1.263	1.056	1.140	1.186	0.382	0.160	0.115	0.077	29.862	21.515
Error														
ضریب تغییرات		2.229	2.698	2.948	2.543	4.007	5.973	11.768	8.539	5.005	11.460	8.276	19.817	13.637
CV (%)														

<sup>ns</sup>، \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

<sup>ns</sup>، \* and \*\*: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

Table 1. Continued

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square			
		2	5	10	Error
نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم Dry weight/length of 3th internode		49.353	263.403**	24.335	13.236
نسبت وزن تر به طول میانگره سوم Fresh weight/length of 3th internode		1017.702	19442.677**	779.665	15.610
نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم Dry weight/length of 4th internode		85.101	93.989**	11.654	8.034
نسبت وزن تر به طول میانگره چهارم Fresh weight/length of 4th internode		748.364	43878.251**	1005.275	12.427
مقاومت فشاری بوته Pushing resistance		0.285	23.337**	0.394	9.226
مقاومت به شکستگی میانگره سوم Breaking resistance of 3th internode		8.072	43.363**	5.500	23.529
مقاومت به شکستگی میانگره چهارم Breaking resistance of 4th internode		8.237	72.374**	4.140	15.099
گشتاور خمشی میانگره سوم Bending moment of 3th internode		7700.5	377745.1**	16154.1	7.732
گشتاور خمشی میانگره چهارم Bending moment of 4th internode		1017.8	709201.5**	16154.1	6.974
شاخص خوابیدگی میانگره سوم Lodging index of 3th internode		12.091	56.877*	10.881	9.915
شاخص خوابیدگی میانگره چهارم Lodging index of 4th internode		5.258	38.451**	4.752	6.878
ضریب تغییرات CV (%)					

ns, \* and \*\* : Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج  
Table 2. Mean comparison for morphological characteristics and lodging related of native and improved rice cultivars

ارقام برنج Rice cultivars	عملکرد دانه Grain yield (kg ha <sup>-1</sup> )	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول ساقه Stem length (cm)	طول میانگین اول First internode length (cm)	طول میانگین دوم 2 <sup>th</sup> internode length (cm)	طول میانگین سوم 3 <sup>th</sup> internode length (cm)	طول میانگین چهارم 4 <sup>th</sup> internode length (cm)	قطر متوسط میانگین سوم Avg. diameter of 3 <sup>th</sup> internode (mm)	قطر متوسط میانگین چهارم Avg. diameter of 4 <sup>th</sup> internode (mm)	ضخامت میانگین سوم Thickness of 3 <sup>th</sup> internode (mm)	ضخامت میانگین چهارم Thickness of 4 <sup>th</sup> internode (mm)	سطح مقطع میانگین سوم Cross-sectional area of 3 <sup>th</sup> internode (mm <sup>2</sup> )	سطح مقطع میانگین چهارم Cross-sectional area of 4 <sup>th</sup> internode (mm <sup>2</sup> )
هاشمی Hashemi	3883.3 <sup>d</sup>	139.7 <sup>a</sup>	108.58 <sup>a</sup>	45.55 <sup>ab</sup>	32.19 <sup>a</sup>	21.90 <sup>a</sup>	8.92 <sup>a</sup>	6.46 <sup>ab</sup>	6.91 <sup>cb</sup>	1.95 <sup>b</sup>	2.21 <sup>b</sup>	16.88 <sup>bc</sup>	20.26 <sup>c</sup>
سنگ‌جو Sangjo	4650.0 <sup>c</sup>	133.4 <sup>ab</sup>	106.20 <sup>a</sup>	42.36 <sup>bc</sup>	30.03 <sup>ab</sup>	23.37 <sup>a</sup>	10.43 <sup>a</sup>	5.31 <sup>b</sup>	6.31 <sup>c</sup>	1.73 <sup>b</sup>	2.12 <sup>b</sup>	12.09 <sup>c</sup>	17.45 <sup>c</sup>
علی کاظمی Alikazemi	4583.3 <sup>c</sup>	141.7 <sup>a</sup>	109.04 <sup>a</sup>	46.01 <sup>ab</sup>	28.37 <sup>b</sup>	22.73 <sup>a</sup>	10.90 <sup>a</sup>	7.49 <sup>ab</sup>	8.25 <sup>ab</sup>	2.15 <sup>b</sup>	2.65 <sup>b</sup>	21.72 <sup>abc</sup>	28.72 <sup>bc</sup>
کادوس Kadus	5716.6 <sup>a</sup>	112.2 <sup>c</sup>	82.74 <sup>b</sup>	41.17 <sup>c</sup>	18.13 <sup>d</sup>	10.89 <sup>b</sup>	8.13 <sup>a</sup>	7.87 <sup>a</sup>	8.43 <sup>a</sup>	4.08 <sup>a</sup>	4.24 <sup>a</sup>	37.50 <sup>b</sup>	42.09 <sup>ab</sup>
خز Kharzar	4483.3 <sup>c</sup>	121.0 <sup>cb</sup>	93.44 <sup>b</sup>	47.39 <sup>a</sup>	22.85 <sup>c</sup>	13.84 <sup>b</sup>	8.74 <sup>a</sup>	8.33 <sup>a</sup>	9.46 <sup>a</sup>	4.11 <sup>a</sup>	4.26 <sup>a</sup>	40.96 <sup>a</sup>	52.39 <sup>a</sup>
گوهر Gohar	5233.3 <sup>b</sup>	117.9 <sup>c</sup>	87.82 <sup>b</sup>	42.60 <sup>bc</sup>	22.28 <sup>c</sup>	14.52 <sup>b</sup>	8.40 <sup>a</sup>	8.01 <sup>a</sup>	8.89 <sup>a</sup>	3.77 <sup>a</sup>	4.64 <sup>a</sup>	36.29 <sup>ab</sup>	43.22 <sup>ab</sup>

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 1% probability level using Tukey's multiple range test.  
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Table 2. Continued

ارقام برنج Rice cultivars	نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم Dry weight/length of 3 <sup>th</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	نسبت وزن تر به طول میانگره سوم Fresh weight/length of 3 <sup>th</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم Dry weight/length of 4 <sup>th</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	نسبت وزن تر به طول میانگره چهارم Fresh weight/length of 4 <sup>th</sup> internode (mg.cm <sup>-1</sup> )	مقاومت فشاری بوته Pushing resistance (N)	مقاومت به شکستگی میانگره سوم Breaking resistance of 3 <sup>th</sup> internode (N)	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم Breaking resistance of 4 <sup>th</sup> internode (N)	گشتاور خمشی میانگره سوم Bending moment of 3 <sup>th</sup> internode (g.cm)	گشتاور خمشی میانگره چهارم Bending moment of 4 <sup>th</sup> internode (g.cm)	شاخص خوابیدگی میانگره سوم Lodging index of 3 <sup>th</sup> internode (%)	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم Lodging index of 4 <sup>th</sup> internode (%)
هاشمی Hashemi	29.45 <sup>b</sup>	131.43 <sup>bc</sup>	38.83 <sup>ab</sup>	179.58 <sup>cd</sup>	4.91 <sup>a</sup>	7.33 <sup>b</sup>	9.87 <sup>c</sup>	1323.5 <sup>b</sup>	1636.3 <sup>c</sup>	35.3 <sup>ab</sup>	32.6 <sup>d</sup>
سنگ‌جو Sangio	28.94 <sup>b</sup>	79.23 <sup>c</sup>	35.85 <sup>b</sup>	93.28 <sup>d</sup>	4.74 <sup>a</sup>	5.76 <sup>b</sup>	8.22 <sup>c</sup>	858.0 <sup>c</sup>	1061.5 <sup>d</sup>	30.1 <sup>ab</sup>	25.4 <sup>ab</sup>
علی کاظمی Alikazemi	29.55 <sup>b</sup>	132.57 <sup>bc</sup>	38.45 <sup>ab</sup>	215.42 <sup>bc</sup>	3.4 <sup>a</sup>	7.19 <sup>b</sup>	10.50 <sup>bc</sup>	1394.1 <sup>b</sup>	1840.1 <sup>bc</sup>	39.0 <sup>a</sup>	34.6 <sup>a</sup>
کادوسی Kadusi	47.13 <sup>ab</sup>	230.77 <sup>ab</sup>	45.77 <sup>ab</sup>	294.81 <sup>bc</sup>	10.06 <sup>b</sup>	14.37 <sup>a</sup>	17.52 <sup>ab</sup>	1397.3 <sup>b</sup>	1768.6 <sup>bc</sup>	19.3 <sup>b</sup>	20.1 <sup>b</sup>
خزر Kharzar	49.46 <sup>a</sup>	301.48 <sup>a</sup>	50.38 <sup>a</sup>	444.15 <sup>a</sup>	9.28 <sup>b</sup>	14.43 <sup>a</sup>	20.87 <sup>a</sup>	1904.9 <sup>a</sup>	2516.5 <sup>a</sup>	27.3 <sup>ab</sup>	24.0 <sup>ab</sup>
گوهر Gohar	39.07 <sup>ab</sup>	197.73 <sup>b</sup>	45.63 <sup>ab</sup>	303.57 <sup>b</sup>	8.44 <sup>b</sup>	10.71 <sup>ab</sup>	13.86 <sup>abc</sup>	1680.5 <sup>ab</sup>	2111.3 <sup>ab</sup>	30.7 <sup>ab</sup>	29.8 <sup>ab</sup>

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند. Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 1% probability level using Tukey's multiple range test

ادامه جدول ۲



می‌توان اظهار داشت این صفت مهم‌ترین صفت موثر در مقاومت فشاری در ارقام برنج مورد مطالعه است و احتمالاً انتخاب ارقام 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 میانگرمه ( $Br$ ) 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. اولین صفت وارد شده در این مدل، نسبت وزن تر به طول میانگرمه ( $X_1$ ) بود که به تنهایی ۸۷ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگرمه را توجیه می‌کند. در مرحله بعدی صفت نسبت وزن خشک به طول میانگرمه ( $X_2$ ) به مدل وارد شد که به همراه نسبت وزن تر به طول میانگرمه، بیش از ۸۹ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگرمه را توجیه می‌کنند.

$$Pr = -0.114 + 2.188(x) \quad (۶)$$

$$Br = -1.763 + 0.031(x_1) + 0.170(x_2) \quad (۷)$$

این نتایج نشان می‌دهند که دو صفت ضخامت میانگرمه و نسبت وزن به طول میانگرمه در افزایش مقاومت به شکستگی حایز اهمیت هستند که البته با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی تا حد زیادی مطابقت دارند. همچنین این نتایج با نتایج آزمایش زوبر و همکاران (Zuber et al., 1999) که افزایش نسبت وزن به طول ساقه را عاملی در افزایش مقاومت به شکستگی ساقه بیان کردند، مطابقت داشت. فلاح (Fallah, 2012) افزایش ضخامت میانگرمه‌های سوم و چهارم و افزایش وزن در واحد طول میانگرمه را عامل افزایش مقاومت به شکستگی و کاهش شاخص خوابیدگی در برنج گزارش کرد. اسلام و همکاران (Islam et al., 2007) بیان کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن به طول میانگرمه با مقاومت به شکستگی میانگرمه‌ها وجود دارد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با مقاومت فشاری ( $I = -0.1867^{**}$ )، مقاومت به شکستگی میانگرمه سوم ( $I = -0.1769^{**}$ ) و میانگرمه چهارم ( $I = -0.1733^{**}$ ) وجود داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با شاخص خوابیدگی میانگرمه سوم ( $I = 0.1758^{**}$ ) و میانگرمه

با مقاومت به شکستگی ( $I = 0.1914^{**}$ ) و مقاومت فشاری بوته ( $I = 0.1935^{**}$ ) در میانگرمه سوم و ضخامت با مقاومت به شکستگی ( $I = 0.1846^{**}$ ) و مقاومت فشاری بوته ( $I = 0.1926^{**}$ ) در میانگرمه چهارم وجود داشت (جدول ۳). ضمناً بیشترین مقدار ضخامت میانگرمه سوم و چهارم در رقم خزر به ترتیب با میانگین ۴/۱۱ و ۴/۲۶ میلی‌متر مشاهده شد که با دو رقم اصلاح شده دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، بیشترین قطر متوسط میانگرمه سوم و چهارم نیز در رقم خزر (به ترتیب ۸/۳۳ و ۹/۴۶ میلی‌متر) و کمترین آن در رقم بومی سنگ‌جو به ترتیب با میانگین ۵/۳۱ و ۶/۳۱ میلی‌متر مشاهده شد. به همین ترتیب، بیشترین مقدار سطح مقطع میانگرمه سوم و چهارم در ارقام اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر مشاهده شد (جدول ۲).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن خشک به طول میانگرمه سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگرمه سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگرمه سوم و چهارم مشاهده شد. بیشترین همبستگی بین نسبت وزن تر به طول میانگرمه با مقاومت به شکستگی در میانگرمه سوم ( $I = 0.1937^{**}$ ) و نسبت وزن تر به طول میانگرمه با مقاومت به شکستگی در میانگرمه چهارم ( $I = 0.1922^{**}$ ) مشاهده شد (جدول ۳). می‌توان چنین بیان کرد که ارقام اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر به ترتیب با داشتن بیشترین نسبت وزن به طول میانگرمه و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی با داشتن کمترین مقدار این نسبت، دارای بیشترین و کمترین مقاومت به شکستگی میانگرمه‌های سوم و چهارم بودند که با اطلاعات تجزیه خوشه هماهنگی دارد.

با توجه به تأثیر متفاوت صفات بر مقاومت گیاه به خوابیدگی 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. بر اساس نتایج، تنها صفت ضخامت میانگرمه ( $X$ ) با ضریب رگرسیونی مثبت و بالا (۲/۱۸۸) در مدل رگرسیونی وارد شده و رابطه (۶) به دست آمد. ضریب تبیین مدل برازش یافته معادل ۰/۸۳۹ بود که نشان می‌دهد این صفت در مجموع ۸۳ درصد از تنوع مربوط به مقاومت فشاری بوته ( $Pr$ ) را توجیه می‌کند، بنابراین

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی پسته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج  
Table 3. Correlation coefficients between morphological traits and lodging related traits of native and improved rice cultivars

	Hi	Ls	L1	L2	L3	L4	Th3	Th4	Sd3	Sd4
Hi	1									
Ls	0.985**	1								
L1	0.490*	0.484*	1							
L2	0.921**	0.934**	0.379	1						
L3	0.931**	0.952**	0.258	0.931**	1					
L4	0.620**	0.645**	0.174	0.481*	0.694**	1				
Th3	-0.898**	-0.914**	-0.141	-0.913**	-0.957**	-0.592**	1			
Th4	-0.820**	-0.877**	-0.063	-0.874**	-0.957**	-0.505*	0.972**	1		
Sd3	-0.570*	-0.643**	0.153	-0.698**	-0.754**	-0.533*	0.834**	0.800**	1	
Sd4	-0.574*	-0.626**	0.253	-0.712**	-0.736**	-0.394	0.853**	0.869**	0.948**	1
Ac3	-0.815**	-0.844**	-0.043	-0.858**	-0.907**	-0.591**	0.978**	0.944**	0.918**	0.919**
Ac4	-0.772**	-0.792**	0.074	-0.818**	-0.856**	-0.472*	0.954**	0.976**	0.871**	0.944**
D/L3	-0.807**	-0.808**	-0.063	-0.811**	-0.893**	-0.624**	0.919**	0.865**	0.790**	0.814**
D/L4	-0.665**	-0.679**	0.078	-0.708**	-0.762**	-0.565*	0.819**	0.763**	0.771**	0.798**
F/L3	-0.718**	-0.726**	0.182	-0.746**	-0.857**	-0.601**	0.918**	0.892**	0.866**	0.896**
F/L4	-0.637**	-0.651**	0.304	-0.701**	-0.784**	-0.483*	0.879**	0.887**	0.872**	0.928**
B3	-0.769**	-0.809**	-0.083	-0.817**	-0.892**	-0.666**	0.914**	0.829**	0.828**	0.804**
B4	-0.733**	-0.732**	0.109	-0.759**	-0.852**	-0.616**	0.884**	0.846**	0.799**	0.828**
Bm3	-0.439	-0.493**	0.446	-0.514*	-0.655**	-0.470*	0.755**	0.784**	0.885**	0.907**
Bm4	-0.408	-0.455	0.497*	-0.511*	-0.621**	-0.363	0.741**	0.781**	0.867**	0.918**
Pr	-0.867**	-0.897**	-0.128	-0.889**	-0.957**	-0.631**	0.935**	0.926**	0.758**	0.765**
LIN3	0.758**	0.749**	0.502*	0.722**	0.738**	0.612**	-0.652**	-0.506*	-0.399	-0.326
LIN4	0.719**	0.653**	0.432	0.618**	0.648**	0.583**	-0.553**	-0.499	-0.245	-0.223

Hi: ارتفاع پسته، Ls: ارتفاع بوقه، L1: به ترتیب طول ساقه، طول میانگه چهارم، سوم، دوم و اول، Sd3 و Sd4: به ترتیب طول میانگه سوم و چهارم، Bm3 و Bm4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگه سوم و چهارم، Br3 و Br4: به ترتیب نسبت وزن به طول میانگه سوم و چهارم، F/L3 و F/L4: به ترتیب نسبت وزن خشک به طول میانگه سوم و چهارم، D/L3 و D/L4: به ترتیب سطح مقطع میانگه سوم و چهارم، Ac3 و Ac4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگه سوم و چهارم، Pr: مقاومت فشاری، Bm3: Bending moment of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Br3, Br4: Breaking resistance of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Bm3, Bm4: Bending moment of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Pr: Pushing resistance, Hi: Plant height, Ls: L1, L2, L3, L4: Stem length, length of internodes 1, 2, 3, 4 respectively; Sd3, Sd4: Avg. diameter of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; Th3, Th4: Thickness of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internode respectively; D/L3, D/L4: Dry weight: length of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; F/L3, F/L4: Fresh weight: length of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively; LIN3, LIN4: Lodging index of 3<sup>th</sup> and 4<sup>th</sup> Internodes respectively.

ادامه جدول ۳

	Ac3	Ac4	D/L3	D/L4	F/L3	F/L4	Br3	Br4	Bm3	Bm4	pr	LIN3	LIN4
Ac3	1												
Ac4	0.966**	1											
D/L3	0.927**	0.890**	1										
D/L4	0.860**	0.819**	0.874**	1									
F/L3	0.942**	0.933**	0.932**	0.871**	1								
F/L4	0.912**	0.938**	0.843**	0.852**	0.937**	1							
Br3	0.932**	0.857**	0.962**	0.869**	0.967**	0.849**	1						
Br4	0.890**	0.873**	0.904**	0.825**	0.967**	0.922**	0.937**	1					
Bm3	0.823**	0.853**	0.701**	0.743**	0.861**	0.920**	0.698**	0.769**	1				
Bm4	0.807**	0.857**	0.678**	0.729**	0.854**	0.931**	0.672**	0.760**	0.989**	1			
Pr	0.877**	0.873**	0.836**	0.717**	0.870**	0.835**	0.853**	0.872**	0.718**	0.697**	1		
LIN3	-0.601**	-0.463	-0.730**	-0.571*	-0.567*	-0.411	-0.785**	-0.654**	-0.161	-0.119	-0.608**	1	
LIN4	-0.475*	-0.391	-0.644**	-0.427	-0.517*	-0.351	-0.670**	-0.654**	-0.072	-0.036	-0.557*	0.905**	1

Hi: مقاومت فشاری، Pr: مقاومت فشاری، Ac3 و Ac4: به ترتیب سطح مقطع میانگه سوم و چهارم، Br3 و Br4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگه سوم و چهارم، Bm3 و Bm4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگه سوم و چهارم، D/L3 و D/L4: ارتفاع بوته، F/L3 و F/L4: به ترتیب نسبت وزن خشک به طول میانگه سوم و چهارم، Sd3 و Sd4: به ترتیب قطر متوسط میانگه سوم و چهارم، Th3 و Th4: به ترتیب ضخامت میانگه سوم و چهارم، LIN3 و LIN4: به ترتیب شاخص خوابیدگی میانگه سوم و چهارم.

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

طول میانگره بیشتر، حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته را کاهش داد و می‌توان اظهار کرد که ارتفاع بوته (به تنهایی) شاخص مناسبی برای تشخیص مقاومت به خوابیدگی بوته یک رقم محسوب نمی‌شود.

با توجه به همبستگی بالای گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم با ضخامت، قطر، سطح مقطع، نسبت وزن به طول میانگره و مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم، بیشترین مقدار گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم در رقم خزر به ترتیب با میانگین ۱۹۰۴/۹ و ۲۵۱۶/۵ گرم در سانتی‌متر و کمترین مقدار آن در رقم سنگ‌جو به ترتیب با میانگین ۸۵۸ و ۱۰۶۱/۵ گرم در سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). همبستگی گشتاور خمشی با شاخص خوابیدگی معنی‌دار نبود که این موضوع با نتایج آزمایش اسلام و همکاران (Islam et al., 2007) مطابقت داشت.

#### نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش ارقام برنج اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر به ترتیب دارای بیشترین مقاومت و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی نیز به ترتیب حساسیت بیشتری به خوابیدگی بوته داشتند. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی و تجزیه رگرسیون گام به گام، می‌توان اظهار داشت که ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم و نسبت وزن به طول میانگره نقش موثری در افزایش مقاومت به خوابیدگی داشته و می‌توان از این صفات به عنوان شاخص‌هایی جهت شناسایی ارقام با مقاومت بالا به خوابیدگی 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 تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت تشخیص مقاومت به خوابیدگی بوته برنج در نظر گرفته شود. در واقع حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته با افزایش میزان صفاتی مانند ضخامت و نسبت وزن به طول میانگره، قابل جبران است.

#### سپاسگزاری

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

چهارم (\*\* $r=0/719$ ) نشان داد که ارتفاع بوته بالا اغلب باعث کاهش مقاومت به شکستگی، کاهش مقاومت فشاری و افزایش شاخص خوابیدگی می‌شود (جدول ۳). رقم علی‌کاظمی با بیشترین میانگین ارتفاع بوته (۱۴۱/۷ سانتی‌متر)، بیشترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم (به ترتیب ۳۹ و ۳۴/۶ درصد) و رقم کادوس با کمترین میانگین ارتفاع بوته (۱۱۲/۲ سانتی‌متر)، کمترین میزان شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم (به ترتیب ۱۹/۳ و ۲۰/۱ درصد) را داشت (جدول ۲). بنابراین می‌توان اظهار داشت، افزایش شاخص خوابیدگی در ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح شده، به علت زیادتر بودن ارتفاع بوته، طول ساقه و طول میانگره‌های آن‌ها است.

فام و همکاران (Pham et al., 2004) با آزمایش روی ۱۲ ژنوتیپ مختلف برنج، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول میانگره‌های پایه (میانگره‌های چهارم و پنجم) با طول ساقه و همچنین طول ساقه با شاخص خوابیدگی (\*\* $r=0/815$ ) گزارش کردند. لذا و همکاران (Leza et al., 2001) طی آزمایشی نشان دادند که بلندتر بودن طول ساقه در ارقام برنج هیبرید می‌تواند در افزایش شاخص خوابیدگی نقش داشته باشد. در آزمایش اسلام و همکاران (Islam et al., 2007) روی ۱۶ ژنوتیپ برنج و بررسی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته، نشان دادند که میانگین ارتفاع بوته پنج رقم با مقاومت بالا نسبت به ورس ۱۲۳ سانتی‌متر و متوسط ارتفاع پنج رقم حساس به ورس ۱۱۴ سانتی‌متر بوده است. اکاوا و ایشی‌هارا (Ookawa and Ishihara, 1992) نیز گزارش کردند که ارتفاع بوته نمی‌تواند مهم‌ترین عامل در تعیین مقاومت به خوابیدگی بوته در برنج محسوب شود. آن‌ها دریافتند که اگر نسبت وزن به طول میانگره‌های پایه افزایش یابد، ارتفاع بوته بدون وقوع خوابیدگی بوته، می‌تواند تا ۱۲۰ سانتی‌متر نیز افزایش یابد. ترشیمایا و همکاران (Terashima et al., 1994) افزایش ضخامت ساقه را مؤثرترین صفت مورفولوژیک در افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته گیاه برنج گزارش کردند. در آزمایش حاضر نیز ارتفاع بوته رقم خزر که مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری بالایی داشت، با رقم پا بلند سنگ‌جو با کمترین میزان مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به این موضوع به نظر می‌رسد که در رقم خزر، ضخامت، قطر و نسبت وزن به

## References

- Amano, T., Zhu, Q., Wang, Y., Inoue, N. and Tanaka, H. 1993. Case studies on high yields of paddy rice in Jiangsu Province, China. II. Analysis of characters related to lodging. **Journal of Crop Science** 62 (2): 275–281.
- Alizadeh, M. R., Dabbaghi, A., Rahimi-Ajdadi, F., Rezaei, M. and Rahmati, M. H. 2011. Effect of salinity and irrigation regimes on the internode physical variations of rice stem. **Australian Journal of Crop Science** 5 (12): 1595-1602.
- Basak, M. N., Sen, S. K. and Bhattacharjee, P. K. 1962. Effects of high nitrogen fertilization and lodging on rice yields. **Agronomy Journal** 54: 477-480.
- Chuanren, D., Bochu, W., Pingqing, W., Daohong, W. and Shaoxi, C. 2004. Relationship between the minute structure and the lodging resistance of rice stems. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces** (35): 155–158.
- Esfahani, M., Mojtabaie-Zamani, M. and Amiri-Larjani, B. 2009. The growing rice plant: An anatomical monograph. (Translated). University of Guilan Press. (In Persian).
- Fallah, A. 2012. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. **International Journal of Agricultural Science** 2 (7): 630-634.
- Hoshikawa, K. and Wang, S. B. 1990. Studies on lodging in rice plant I: a general observation on lodged rice culms. **Japanese Journal of Crop Science** 59 (4): 809-814.
- Islam, M. S., Peng, S., Visperas, R. M., Erful, N., Bhuiya, M. S. U. and Julwquar, A. W. 2007. Lodging related morphological trait of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. **Field Crops Research** 101: 240-248.
- Kashiwagi, T. and Ishimaru, K. 2004. Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. **Plant Physiology** 134 (2): 676-683.
- Kashiwagi, T., Sasaki, H. and Ishimaru, K. 2005. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Production Science** 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. Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo, Japan.
- Leza, M. R. C., Peng, S., Sanico, A. L., Visperas, R. M. and Akita, S. 2001. Higher leaf area growth rate contributes to greater vegetative growth of F<sub>1</sub> rice hybrids in the tropics. **Journal of Plant Production Science** 4 (3): 184-188.
- Li, H. J., Zhang, X. J., Li, W. J., Xu, Z. J. and Xu, H. 2009. Lodging resistance in japonica rice varieties with different panicle types. **Chinese Journal of Rice Science** 23 (2): 191-196.
- Mobasser, H. R., Yadi, R., Azizi, M., Ghanbari, A. M. and Samdaliri, M. 2009. Effect of plant density on morphological characteristics related-lodging on yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Iran. Am-Eur. **Journal of Agricultural and Environmental Science** 5 (6): 745-754.
- Ookawa, T. and Ishihara, K. 1992. Varietal differences of physical characteristics of the culm related to lodging in paddy rice. **Japanese Journal of Crop Science** 61: 419-425.
- Pham, Q. D., Abe, A., Hirano, M., Sagawa, S. and Kuroda, E. 2004. Analysis of lodging-resistant characteristics of different rice genotypes grown under the standard and nitrogen-free basal dressing accompanied with sparse planting density practices. **Journal of Plant Production Science** 7: 243-251.
- SAS. 2002. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.
- SPSS. 2007. The SPSS system for windows. Release 16.0. SPSS Inc. An IBM Company Headquarters, USA.
- Takahashi, E. 1995. Uptake mode and physiological function of silica. In: Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, K. and Hirata, H. (Eds.). Science of the rice plant. Vol. 2. Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center Tokyo, Japan. pp: 1-111.
- Terashima, K., Ogata, T. and Akita, S. 1994. Eco-physiological characteristics related with lodging tolerance of rice in direct sowing cultivation. II. Root growth characteristics of tolerant cultivars to root lodging. **Japanese Journal of Crop Science** 63: 34-41.
- Weber, C. R. and Fehr, W. R. 1966. Seed yield losses from lodging and combine harvesting in soybean. **Agronomy Journal** 58: 287-289.

- Wiresma, D. W., Opolinger, E. S. and Guy, S. O. 1986.** Environmental and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. **Agronomy Journal** 78: 761-764.
- Won, J. G., Hirahara, Y., Yoshida, T. and Imabayashi, S. 1998.** Selection of rice lines using SPGP seedling method for direct seeding. **Journal of Plant Production Science** 1: 280-285.
- Zuber, U., Winzeler, H., Messmer, M. M., Keller, M., Keller, B., Schmid, J. E. and Stamp, P. 1999.** Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science** 182: 17-24.

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

Maryam Broomand<sup>1</sup>, Masoud Esfahani<sup>2\*</sup>, Mohammad Reza Alizadeh<sup>3</sup> and Ali Aalami<sup>4</sup>

1, 2 and 4. Graduate Student in Agronomy, Assoc. and Assist. Profs., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 3. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran (RRII)

(Received: May 12, 2013- Accepted: September 30, 2013)

### Abstract

Plant lodging is one of the major problems that may occur depending on the time to 50% reduction in yield of rice crop. Identification of plant characteristics related to lodging resistance considered as the prerequisite for reduction of losses in rice cultivation. In order to evaluate the morphological characteristics and lodging related traits in native and improved rice cultivars, a field experiment was laid out in randomized complete block design with three replications in 2012 at the Rice Research Institute of Iran, Rasht. Rice genotypes including three native rice cultivars (Hashemi, Sangjo and Alikazemi) and three improved (Kadous, Gohar and Khazar). Results showed correlation between thickness of internode whit breaking resistance of third internode ( $r=0.914^{**}$ ) and thickness of fourth internode whit breaking resistance of fourth internode ( $r=0.846^{**}$ ), thickness of third and fourth internode whit pushing resistance ( $r=0.935^{**}$  and  $r=0.926^{**}$ , respectively). Also significant positive correlation between fresh weight/length of internode whit breaking resistance in third internode ( $r=0.967^{**}$ ) and pushing resistance ( $r=0.870^{**}$ ), fresh weight/length of internode whit breaking resistance in fourth internode ( $r=0.922^{**}$ ) and pushing resistance ( $r=0.835^{**}$ ) were observed. Stepwise regression analysis showed that thickness of internode was the lone trait that significantly affected the pushing resistance. fresh weight/length of internode and dry weight/length of internode had highly significant effect on breaking resistance that was in correspondence with the results of correlation analysis. It seems that the thickness and weight/length of internode, have major roles in rice plant resistance to lodging and could be considered as indirect indices in selection for higher resistant rice cultivars.

**Keywords:** Bending moment, Breaking resistance, Lodging index, Rice

\*Corresponding author: esfahani@guilan.ac.ir