ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام اصلاح‌شده برنج (*Oryza sativa* L.)

مریم برومند[۱]، مسعود اصفهانی[۲*]، محمدرضا علیزاده[۳] و علی اعلمی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۸/۱۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱)

چکیده

به‌منظور ارزیابی ویژگی‌های مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته و مقایسه ارقام اصلاح‌شده برنج از نظر مقاومت به خوابیدگی بوته، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) طراحی و اجرا شد. ارقام مورد آزمایش شامل شش رقم برنج اصلاح‌شده (کادوس، خزر، گوهر، درفک، سپیدرود و دیلم) و رقم بومی هاشمی (حساس به خوابیدگی به‌عنوان شاهد) بود. صفات مورد بررسی شامل، ارتفاع بوته، طول ساقه و میانگره‌ها، قطر، ضخامت، سطح مقطع، نسبت وزن تر و وزن خشک میانگره به طول میانگره، مقاومت به شکستگی، گشتاور خمشی و شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم و مقاومت فشاری بوته بودند. در بین ارقام مورد مطالعه، رقم خزر با دارا بودن بیشترین مقدار ضخامت میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۴/۱۱ و ۴/۲۶ میلی‌متر)، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۸/۳۳ و ۹/۴۶ میلی‌متر)، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۴۰/۹۶ و ۵۲/۳۲ میلی‌متر مربع) و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۳۰۱/۴۸ و ۴۴۴/۱۵ میلی‌گرم بر سانتی‌متر) و نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۴۹/۴۶ و ۵۰/۳۸ میلی‌گرم بر سانتی‌متر) و به‌دنبال آن با دارا بودن بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۱۴/۴۳ و ۲۰/۸۷ نیوتن)، مقاوم‌ترین ژنوتیپ در بین ارقام ارزیابی شد. در این آزمایش رقم خزر در مقایسه با سایر ارقام اصلاح‌شده بیشترین میزان ارتفاع (۱۲۱ سانتی‌متر) را دارا بود. با توجه به همبستگی بالای صفات ضخامت، قطر متوسط، سطح مقطع و نسبت وزن تر و وزن خشک در واحد طول میانگره با مقاومت به شکستگی میانگره و مقاومت فشاری بوته، به‌نظر می‌رسد این صفات می‌توانند شاخص‌هایی غیر مستقیم جهت انتخاب ارقام با مقاومت بالا به خوابیدگی بوته باشند.

واژه‌های کلیدی: برنج، شاخص خوابیدگی، مقاومت به شکستگی، مقاومت فشاری بوته

۱، ۲ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان

۳. دانشیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: esfahani@guilan.ac.ir

مقدمه

برنج، بعد از گندم مهم‌ترین محصول زراعی و غذای بیش از نیمی از مردم جهان است (۶). یکی از مشکلات عمده در زراعت برنج، خوابیدگی بوته (ورس) است که به خوابیدگی ساقه و عدم برگشت آن به حالت اولیه خود اطلاق می‌گردد و به‌عنوان یک عامل محدود کننده تولید در غلات مطرح است (۳). ورس بسته به زمان وقوع می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش عملکرد محصول را به‌دنبال داشته باشد (۸). ستار و همکاران (۱۵) گزارش کردند که خوابیدگی بوته ۶۰ تا ۸۰ درصد فتوسنتز پوشش گیاهی را کاهش می‌دهد و هر دو درصد خوابیدگی بوته، باعث کاهش یک درصد در عملکرد می‌شود. خوابیدگی بوته در مزرعه باعث عدم امکان توسعه برداشت ماشینی محصول و افزایش هزینه‌های برداشت، افزایش رطوبت و فراهم آمدن محیطی مناسب برای تکثیر قارچ‌ها، کاهش انتقال مواد غذایی به سنبله و کاهش عملکرد و کیفیت دانه می‌گردد (۱۷). خوابیدگی بوته به‌طور معمول توسط باد و باران اتفاق افتاده و ممکن است در اثر عواملی مانند آفت و بیماری‌ها (۱۳) نیتروژن اضافی خاک، تراکم بالای بوته و میزان رطوبت بالا (۴) نیز تشدید شود. خصوصیات مورفولوژیک اکثر غلات که دانه و گل‌آذین نسبتاً سنگین آنها در انتهای ساقه قرار داشته و هم‌چنین در بخش عمده‌ای از دوران رشد خود، به‌ویژه هنگام گل‌دهی دارای ساقه‌هایی با میانگره‌های توخالی هستند، باعث می‌شود تا بوته‌ها همواره در معرض خطر خوابیدگی قرار داشته باشند (۱۲). زوبر و همکاران (۱۸) ویژگی‌های مورفولوژیک وابسته به صفت مقاومت به خوابیدگی را در ۱۵ رقم اصلاح شده گندم بهاره مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که صفات قطر، ضخامت و وزن ساقه‌ها رابطه مستقیمی با مقاومت گیاه در برابر خوابیدگی بوته و استحکام ساقه در برابر شکستگی داشته و همبستگی مثبتی را بین وزن ساقه و قطر ساقه با مقاومت ساقه به خوابیدگی گزارش کردند. به‌نظر آنها هرچه ساقه ضخیم‌تر و سنگین‌تر باشد، مقاومت فشاری بوته افزایش می‌یابد. چانرن (۵) ویژگی‌های مورفولوژیک وابسته به صفت خوابیدگی را در ارقام پابلند، متوسط و پاکوتاه برنج مورد ارزیابی قرار داد. وی گزارش کرد که تعداد گره، ضخامت دیواره، تعداد دستجات آوندی، ترتیب قرارگیری منظم‌تر دستجات آوندی، طول ساقه و قطر ساقه از صفات مورفولوژیکی مؤثر در خوابیدگی می‌باشند؛ نتایج آزمایش نشان داد که ارقام با ارتفاع بوته متوسط، دارای ساختار مناسب‌تری از نظر مقاومت به خوابیدگی هستند. لی و همکاران (۱۴) با بررسی مقاومت به خوابیدگی بوته در ۹ 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 مثبت بین وزن تر ساقه و میانگره‌ها، قطر بزرگ و کوچک میانگره‌ها، مساحت سطح مقطع میانگره، مقاومت به شکستگی و گشتاور خمشی وجود داشت. فلاح (۷) نیز در آزمایشی افزایش ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم، افزایش وزن در واحد طول میانگره را عامل افزایش مقاومت به شکستگی و کاهش شاخص خوابیدگی در برنج گزارش کرد. با توجه به اهمیت خوابیدگی بوته، شناسایی خصوصیات مورفولوژیک جهت انتخاب غیر مستقیم برای مقاومت به خوابیدگی مورد توجه بوده و اثر صفاتی مانند قطر ساقه، نسبت وزن به طول ساقه و ارتفاع بوته چشم‌گیرتر بوده است (۱۳).

با توجه به اهمیت انتخاب ارقام مقاوم به خوابیدگی جهت کاهش خسارت ناشی از خوابیدگی بوته (۸) و ناکافی بودن اطلاعات مربوط به صفات مورفولوژیک مؤثر در خوابیدگی بوته برنج، این آزمایش جهت ارزیابی صفات مورفولوژیک مؤثر در خوابیدگی بوته و انتخاب مقاوم‌ترین ارقام برنج به خوابیدگی طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هفت تیمار و سه تکرار، در سال ۱۳۹۱ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به اجرا گذاشته شد. ارقام برنج شامل شش رقم برنج اصلاح‌شده (سپیدرود، دیلم، درفک، کادوس، خزر و

گوهر) و رقم بومی هاشمی که از ارقام پابلند حساس به خوابیدگی بوته و رایج در استان گیلان می‌باشد، به‌عنوان شاهد (جهت مقایسه با ارقام اصلاح‌شده) بود. 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 به‌صورت تک نشاء، نشاءکاری شدند. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک (مقدار ۰/۲۸۷ درصد نیتروژن، ۱۶/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قابل جذب و ۲۴۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاسیم قابل جذب)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپرفسفات تریپل) بلافاصله بعد نشاءکاری و هم‌چنین ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره) قبل از مرحله حداکثر پنجه‌زنی و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیز در مرحله ظهور خوشه به زمین اضافه شد. به‌منظور اندازه‌گیری صفات مربوط به خوابیدگی بوته، ۳۰ روز پس از گل‌دهی چهار بوته به‌طور تصادفی از هر کرت کف‌بُر شده و ۱۵ عدد از بزرگ‌ترین پنجه‌ها همراه با ساقه اصلی انتخاب و خصوصیات مربوط به خوابیدگی شامل ارتفاع بوته، طول ساقه (فاصله بین قاعده بوته تا گره گردن خوشه)، طول خوشه و طول میانگره‌ها (اول، دوم، سوم و چهارم از بالا به پایین)، وزن تر خوشه و میانگره‌ها (شامل برگ و غلاف برگ مربوط به هر میانگره) اندازه‌گیری شد. با توجه به اهمیت میانگره‌های پایه در مقاومت به خوابیدگی بوته (۹) و با توجه به بیضوی بودن ساقه برنج قطر بزرگ و کوچک و ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم، اندازه‌گیری شدند. گشتاور خمشی (Bending moment; BM) در میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (۱۰).

$$BM_3 = L_3(W_p + W_1 + W_2 + W_3) \quad (۱)$$

$$BM_4 = L_4(W_P + W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \quad (۲)$$

BM_4 ،BM_3: به‌ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و گشتاور خمشی میانگره چهارم برحسب گرم در سانتی‌متر، L_3: طول میانگره سوم به اضافه طول قسمت‌های بالایی تا نوک خوشه، L_4 طول میانگره چهارم به اضافه طول قسمت‌های بالایی تا نوک خوشه برحسب سانتی‌متر، W_p، W_1 و W_2 به‌ترتیب وزن تر خوشه، وزن تر میانگره اول و دوم همراه با برگ و غلاف و W_3 و W_4 وزن تر میانگره سوم و چهارم برحسب گرم می‌باشند. مقاومت به شکستگی (Breaking resistance; BR) در نقطه میانی میانگره‌های ۳ و ۴ همراه با غلاف 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 (۱).

$$LIN = \frac{Bm}{Br} \times 100 \quad (۳)$$

سطح مقطع میانگره سوم و چهارم با استفاده از رابطه ۴ (۲) و با توجه به دو قطری بودن ساقهٔ برنج، قطر متوسط میانگره‌های پایه (میانگره سوم و چهارم) با استفاده از رابطه ۵ محاسبه شد (۵).

$$\text{(Cross-sectional area)}\ A_c = \frac{\pi.t}{2}[D + d - 2t] \quad (۴)$$

$$\text{(Avg. Stem diameter)}\ Sd = \frac{D + d}{2} \quad (۵)$$

A_c: سطح مقطع میانگره برحسب میلی‌متر مربع، Sd: قطر متوسط میانگره برحسب میلی‌متر، D، d و t به‌ترتیب قطر بزرگ، قطر کوچک و ضخامت میانگره برحسب میلی‌متر می‌باشند. نسبت وزن تر به طول میانگره‌ها و وزن خشک به طول میانگره‌ها پس از خشکاندن در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد تا ثابت ماندن وزن خشک، محاسبه شدند (۱۰). به‌منظور اندازه‌گیری مقاومت فشاری در مزرعه، ۳۰ روز پس از گل‌دهی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت انتخاب 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) برحسب نیوتن اندازه‌گیری شد (۱۱). تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته: با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) بین ارقام، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. در آزمایش حاضر بیشترین ارتفاع بوته برای رقم بومی هاشمی با میانگین ۱۳۹/۷ سانتی‌متر ثبت شد. کمترین ارتفاع بوته در رقم دیلم با میانگین ۹۹/۷ وسانتی‌متر مشاهده شد که با درفک (۱۰۶/۶ سانتی‌متر) و سپیدرود (۱۰۸/۱ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشتند. ارقام خزر (۱۲۱ سانتی‌متر)، گوهر (۱۱۷/۹ سانتی‌متر) و کادوس (۱۱۲/۲ سانتی‌متر) را می‌توان ارقامی با ارتفاع متوسط معرفی کرد (جدول ۲).

طول ساقه و طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم: بین ارقام مورد مطالعه، صفات طول ساقه، طول میانگره اول، دوم و سوم در سطح احتمال یک درصد و برای صفت طول میانگره چهارم در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۱). بیشترین مقدار طول ساقه در رقم بومی هاشمی با میانگین ۱۰۸/۵۸ سانتی‌متر مشاهده شد که بیشترین مقدار طول میانگره دوم و سوم (به‌ترتیب ۳۲/۱۹ و ۲۱/۹۰ سانتی‌متر) را دارا بود. کمترین طول ساقه برای رقم دیلم با میانگین ۷۲/۴۶ سانتی‌متر ثبت شد که کمترین مقدار طول میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۹/۲۰ و ۵/۴۵ سانتی‌متر) نیز برای این رقم ثبت شد. بیشترین مقدار طول میانگره چهارم در رقم درفک (۹/۲۲ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۲).

ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگره‌های سوم و چهارم: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که بین ارقام برنج مورد مطالعه از نظر صفات ضخامت، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم و قطر متوسط میانگره چهارم تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و برای قطر متوسط میانگره سوم در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) در بین ارقام مورد مطالعه رقم خزر بیشترین مقدار ضخامت میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۴/۱۱ و ۴/۶۴ میلی‌متر)، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۸/۳۳ و ۹/۴۶ میلی‌متر) و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۴۰/۹۶ و ۵۲/۳۲ میلی‌متر مربع) را داشت. بعد از این رقم، ارقام گوهر و کادوس بیشترین مقدار ضخامت، قطر متوسط و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم را دارا بودند. رقم سپیدرود از نظر صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۲/۸۲ و ۲/۹۹ میلی‌متر)، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۷/۰۲ و ۷/۶۶) و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۲۵/۱۸ و ۲۹/۰۲ میلی‌متر مربع) تفاوت معنی‌داری با رقم بومی هاشمی با کمترین مقدار قطر متوسط میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۶/۴۶ و ۶/۹۱ میلی‌متر)، ضخامت میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۱/۹۵ و ۲/۲۱ میلی‌متر) و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم (۱۶/۸۸ و ۲۰/۲۶ میلی‌متر مربع) نداشت.

نسبت وزن به طول میانگره سوم و چهارم: ارقام مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱). در آزمایش حاضر رقم خزر بیشترین مقدار نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۴۹/۴۶ و ۵۰/۳۸ میلی‌گرم در سانتی‌متر) و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۳۰۱/۴۸ و ۴۴۴/۱۵ میلی‌گرم در سانتی‌متر) را داشت. رقم سپیدرود کمترین مقدار نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۱۹۰/۵۸ و ۲۹۴/۷۵ میلی‌گرم در سانتی‌متر) را دارا بود که با ارقام درفک و دیلم و رقم بومی هاشمی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). در آزمایش زوبر و همکاران (۱۸) نسبت وزن به طول میانگره به‌عنوان صفت مناسبی در افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته گندم معرفی شد.

مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم: بین ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۱). بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم در رقم خزر (به‌ترتیب ۱۴/۴۳ و ۲۰/۸۷ نیوتن) و بعد از آن در رقم کادوس (به‌ترتیب ۱۴/۳۷ و ۱۷/۵۲ نیوتن) مشاهده

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		ارتفاع بوته	طول ساقه	طول میانگره اول	طول میانگره دوم	طول میانگره سوم	طول میانگره چهارم	قطر متوسط میانگره سوم	قطر متوسط میانگره چهارم	ضخامت میانگره سوم	ضخامت میانگره چهارم
بلوک	۲	۸/۰۲	۱۳/۴۰	۰/۳۲	۱/۰۳	۲/۳۸	۱/۷۵	۰/۷۴	۰/۵۹	۰/۰۹	۰/۰۱
رقم	۶	۵۰۷/۵۹**	۴۲۶/۵۵**	۶۸/۶۵**	۷۱/۸۸**	۴۹/۹۳**	۴/۸۸*	۱/۱۹*	۲/۰۹**	۱/۸۷**	۲/۱۰**
خطا	۱۲	۹/۹۰	۸/۳۴	۱/۲۵	۱/۰۳	۰/۷۱	۱/۰۴	۰/۳۶	۰/۱۷	۰/۱۰	۰/۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۲/۷۳	۳/۳۴	۲/۷۲	۴/۶۴	۵/۹۷	۱۲/۷۰	۸/۰۴	۵/۱۰	۹/۷۵	۶/۰

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات									
		نسبت وزن تر به طول میانگره سوم	نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم	نسبت وزن تر به طول میانگره چهارم	مقاومت فشاری بوته	مقاومت به شکستگی میانگره سوم	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم	گشتاور خمشی میانگره سوم	گشتاور خمشی میانگره چهارم	شاخص خوابیدگی میانگره سوم	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم	عملکرد دانه
بلوک	۲	۲۹۴۷/۸۴	۳۰۱/۱۱	۲۷۶۲/۰۸	۰/۳۶	۲۱/۹۷	۱۲/۲۹	۲۵۲۳۲/۵۶	۲۱۴۸۵/۶۰	۸/۳۹	۳/۹۰	۲۰۱۱۹/۰۴
رقم	۶	۸۰۸۸/۰۱**	۱۴۸/۰**	۱۹۶۲۶/۲۶**	۱۰/۷۳**	۱۳۱/۵۹**	۴۰/۷۷**	۳۲۵۷۰۱/۶۴**	۶۱۱۶۸۶/۱۱**	۴۵/۲۳**	۳۸/۰۳**	۱۳۲۰۷۵۳/۹۶**
خطا	۱۲	۶۸۲/۱۹	۲۵/۵۸	۶۴۵/۳۵	۰/۴۹	۳/۹۴	۳/۰	۱۱۷۲۸/۹۵	۱۵۵۱۷/۴۶	۵/۳۰	۳/۵۲	۹۹۸۰/۱۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۵۱	۱۳/۳۹	۸/۸۸	۹/۴۳	۱۸/۳۵	۱۲/۰۲	۷/۹۵	۷/۲۰	۷/۶۱	۶/۴۱	۱/۹۶

ns، * و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ادامه جدول ۱.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ارقام برنج

ارقام برنج	ارتفاع بوته (cm)	طول ساقه (cm)	طول میانگره اول (cm)	طول میانگره دوم (cm)	طول میانگره سوم (cm)	طول میانگره چهارم (cm)	قطر متوسط میانگره سوم (mm)	قطر متوسط میانگره چهارم (mm)	ضخامت میانگره سوم (mm)	ضخامت میانگره چهارم (mm)	سطح مقطع میانگره سوم (mm^2)	سطح مقطع میانگره چهارم (mm^2)	نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم ($mg\ cm^{-1}$)
هاشمی	۱۳۹/۷^{a}	۱۰۸/۵۸^{a}	۴۵/۵۵^{ab}	۳۲/۱۹^{a}	۲۱/۹۰^{a}	۸/۹۲^{ab}	۶/۴۶^{b}	۶/۹۱^{c}	۱/۹۵^{c}	۲/۲۱^{d}	۱۶/۸۸^{b}	۲۰/۲۶^{c}	۲۹/۴۵^{b}
کادوس	۱۱۲/۲^{bc}	۸۲/۷۴^{cd}	۴۱/۱۷^{cd}	۱۸/۱۳^{cd}	۱۰/۸۹^{cd}	۸/۱۳^{ab}	۷/۸۷^{ab}	۸/۴۳^{ab}	۴/۰۸^{a}	۴/۲۴^{ab}	۳۷/۵۰^{a}	۴۲/۰۹^{ab}	۴۷/۱۳^{ab}
سپیدرود	۱۰۸/۱^{cd}	۷۹/۴۱^{cd}	۳۸/۴۷^{d}	۱۹/۶۹^{bcd}	۱۳/۰۱^{bc}	۷/۵۲^{ab}	۷/۰۲^{ab}	۷/۶۶^{bc}	۲/۸۲^{bc}	۲/۹۹^{cd}	۲۵/۱۸^{ab}	۲۹/۰۲^{bc}	۳۳/۴۴^{ab}
دیلم	۹۹/۷^{d}	۷۲/۴۶^{d}	۳۹/۰۱^{cd}	۱۸/۷۹^{cd}	۹/۲۰^{d}	۵/۴۵^{b}	۷/۵۷^{ab}	۷/۴۹^{bc}	۳/۸۱^{ab}	۳/۷۶^{bc}	۳۳/۸۹^{ab}	۳۳/۱۵^{bc}	۳۱/۰۴^{ab}
درفک	۱۰۶/۶^{cd}	۷۹/۱۱^{cd}	۳۳/۰۷^{e}	۱۹/۰۷^{cd}	۱۵/۹۲^{b}	۹/۲۲^{a}	۷/۴۷^{ab}	۸/۱۶^{abc}	۳/۲۲^{ab}	۳/۷۵^{bc}	۲۹/۶۹^{ab}	۳۷/۰۶^{b}	۳۴/۷۲^{ab}
خزر	۱۲۱/۰^{b}	۹۳/۴۴^{b}	۴۷/۳۹^{a}	۲۲/۸۵^{b}	۱۳/۸۴^{bc}	۸/۷۴^{ab}	۸/۳۳^{a}	۹/۴۶^{a}	۴/۱۱^{a}	۴/۶۴^{a}	۴۰/۹۶^{a}	۵۲/۳۲^{a}	۴۹/۴۶^{a}
گوهر	۱۱۷/۹^{bc}	۸۷/۸۲^{cb}	۴۲/۶۰^{cb}	۲۲/۲۸^{bc}	۱۴/۵۲^{b}	۸/۴۰^{ab}	۸/۰۱^{ab}	۸/۵۹^{ab}	۳/۷۷^{ab}	۴/۲۶^{ab}	۳۶/۲۹^{ab}	۴۳/۲۲^{ab}	۳۹/۰۷^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطوح یک و پنج درصد ندارند.

ادامه جدول ۲.

ارقام برنج	نسبت وزن تر به طول میانگره سوم ($mg\ cm^{-1}$)	نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم ($mg\ cm^{-1}$)	نسبت وزن تر به طول میانگره چهارم ($mg\ cm^{-1}$)	مقاومت فشاری بوته (N)	مقاومت به شکستگی میانگره سوم (N)	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم (N)	گشتاور خمشی میانگره سوم (g cm)	گشتاور خمشی میانگره چهارم (g cm)	شاخص خوابیدگی میانگره سوم (%)	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم (%)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)
هاشمی	۱۳۱/۴۳^{c}	۳۸/۸۳^{ab}	۱۷۹/۵۸^{c}	۴/۹۱^{d}	۷/۳۳^{b}	۹/۸۷^{c}	۱۳۲۳/۰^{bc}	۱۶۳۶/۳^{cd}	۳۵/۳^{a}	۳۲/۶^{a}	۳۸۸۳/۳^{d}
کادوس	۲۳۰/۷۷^{ab}	۴۵/۷۷^{a}	۲۹۴/۸۱^{b}	۱۰/۰۶^{a}	۱۴/۳۷^{a}	۱۷/۵۲^{ab}	۱۳۹۷/۳^{bc}	۱۷۶۷/۶^{bc}	۱۹/۳^{b}	۲۰/۱^{bc}	۵۷۱۶/۶^{a}
سپیدرود	۱۹۰/۵۸^{bc}	۳۵/۵۹^{ab}	۲۶۴/۷۵^{bc}	۶/۰^{cd}	۸/۵۵^{b}	۱۱/۷۰^{bc}	۱۰۵۳/۰^{c}	۱۳۴۳/۸^{cd}	۲۴/۴^{ab}	۲۲/۷^{abc}	۵۳۵۰/۰^{b}
دیلم	۲۲۱/۸۷^{abc}	۳۰/۰^{b}	۲۷۱/۹۶^{bc}	۷/۱۱^{bcd}	۱۰/۲۸^{ab}	۱۴/۰۵^{bc}	۱۰۳۳/۵^{c}	۱۲۴۰/۳^{d}	۱۹/۶^{b}	۱۷/۳^{c}	۵۵۱۶/۶^{ab}
درفک	۱۸۶/۵۸^{bc}	۴۴/۲۶^{ab}	۲۴۲/۶۴^{bc}	۶/۱۶^{cd}	۱۰/۰۵^{ab}	۱۳/۰۷^{bc}	۱۱۴۰/۴^{c}	۱۴۸۴/۶^{cd}	۲۲/۲^{ab}	۲۲/۱^{abc}	۵۴۸۳/۳^{ab}
خزر	۳۰۱/۴۸^{a}	۵۰/۳۸^{a}	۴۴۴/۱۵^{a}	۹/۲۸^{ab}	۱۴/۴۳^{a}	۲۰/۸۷^{a}	۱۹۰۴/۹^{a}	۲۵۱۶/۵^{a}	۲۷/۳^{ab}	۲۴/۰^{abc}	۴۴۸۳/۳^{c}
گوهر	۱۹۷/۷۳^{bc}	۴۵/۶۳^{a}	۳۰۳/۵۷^{b}	۸/۴۴^{abc}	۱۰/۷۱^{ab}	۱۳/۸۶^{bc}	۱۶۸۰/۵^{ab}	۲۱۱۱/۳^{ab}	۳۰/۷^{ab}	۲۹/۸^{ab}	۵۲۳۳/۳^{b}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطوح احتمال یک و پنج درصد ندارند.

شد. کمترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم در بین ارقام اصلاح‌شده برای ارقام سپیدرود (به‌ترتیب ۸/۵۵ و ۱۱/۷۰ نیوتن)، درفک (به‌ترتیب ۱۰/۰۵ و ۱۳/۰۷ نیوتن) و دیلم (به‌ترتیب ۱۰/۲۸ و ۱۴/۰۵ نیوتن) ثبت شد که با رقم بومی هاشمی با کمترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب ۷/۳۳ و ۹/۸۷ نیوتن) تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). در آزمایش اسلام و همکاران (۱۰) روی ۱۶ ژنوتیپ برنج هیبرید طی دو سال، پنج هیبرید به‌عنوان هیبریدهای مقاوم به خوابیدگی شناخته شدند که این مقاومت به خوابیدگی به بیشتر بودن مقاومت به شکستگی میانگره‌های پایه آنها نسبت داده شد.

مقاومت فشاری بوته: ارقام مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۱). بیشترین مقاومت فشاری بوته در رقم کادوس با میانگین ۱۰/۰۶ نیوتن مشاهده شد که با رقم خزر و گوهر (به‌ترتیب ۹/۲۸ و ۸/۴۴ نیوتن) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار در رقم سپیدرود، درفک و دیلم (به‌ترتیب ۶، ۶/۱۶ و ۷/۱۱ نیوتن) مشاهده شد که با رقم بومی هاشمی که کمترین مقدار مقاومت فشاری بوته (۴/۹۱ نیوتن) را دارا بود، تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). ترشیما و همکاران (۱۶) گزارش کردند که مقاومت فشاری بوته شاخص مناسبی برای تعیین میزان مقاومت بوته برنج نسبت به خوابیدگی می‌باشد.

گشتاور خمشی و شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم: با توجه به تجزیه واریانس (جدول ۱) بین ارقام مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین مقدار گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم در رقم خزر (به‌ترتیب ۱۹۰۴/۹ و ۲۵۱۶/۵ گرم در سانتی‌متر) مشاهده شد و کمترین مقدار گشتاور خمشی میانگره سوم در رقم دیلم، سپیدرود و درفک (به‌ترتیب ۱۰۳۳/۵۰ ، ۱۰۵۳ و ۱۱۴۰/۴ گرم در سانتی‌متر) و کمترین مقدار گشتاور خمشی میانگره چهارم برای رقم دیلم ثبت شد که با ارقام سپیدرود، درفک و هاشمی (به‌ترتیب ۱۳۴۳/۸، ۱۴۸۴/۶ و ۱۶۳۶/۳ گرم در سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم در رقم دیلم با میانگین ۱۹/۶ و ۱۷/۳ درصد و بیشترین مقدار آن در رقم هاشمی با میانگین ۳۵/۳ و ۳۲/۶ درصد مشاهده شد (جدول ۲).

عملکرد دانه: با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۱) تفاوت معنی‌داری بین ارقام مختلف در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. بیشترین میزان عملکرد در رقم کادوس با میانگین ۵۷۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد که با ارقام دیلم و درفک (به‌ترتیب ۵۵۱۶/۶ و ۵۴۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین میزان عملکرد در رقم بومی هاشمی با میانگین ۳۸۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۲).

مطالعه همبستگی بین صفات: با توجه به نتایج ضرایب همبستگی (جدول ۳) بین ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم با مقاومت فشاری بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان چنین اظهار کرد که افزایش ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم افزایش مقاومت فشاری را به‌دنبال دارد. در این بین بیشترین همبستگی مقاومت فشاری بوته، با ضخامت میانگره سوم و چهارم به‌ترتیب ($r = ۰/۷۸۳^{**}$) و ($r = ۰/۸۱۰^{**}$) مشاهده شد که می‌تواند به‌عنوان مؤثرترین صفت در افزایش مقاومت فشاری بوته معرفی شود. در آزمایش ترشیما و همکاران (۱۶) افزایش ضخامت ساقه صفتی مؤثر در افزایش مقاومت فشاری بوته معرفی شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقاومت به شکستگی با ضخامت ($r = ۰/۸۳۴^{**}$)، قطر متوسط ($r = ۰/۸۵۷^{**}$)، سطح مقطع ($r = ۰/۸۹۱^{**}$)، نسبت وزن خشک به طول میانگره ($r = ۰/۹۲۴^{**}$) و نسبت وزن تر به طول میانگره ($r = ۰/۸۶۷^{**}$) در میانگره سوم وجود داشت (جدول ۳). هم‌چنین این همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقاومت به شکستگی با ضخامت ($r = ۰/۷۸۸^{**}$)، قطر متوسط ($r = ۰/۸۲۳^{**}$)، سطح مقطع ($r = ۰/۸۴۲^{**}$)، نسبت وزن خشک به طول میانگره ($r = ۰/۶۰۴^{**}$) و نسبت وزن تر به طول میانگره

جدول ۳. ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در هفت ژنوتیپ برنج

	Hi	Ls	L1	L2	L3	L4	Th3	Th4	Sd3	Sd4
Hi	۱									
Ls	۰/۹۵۵**	۱								
L1	۰/۷۲۵**	۰/۷۳۱**	۱							
L2	۰/۹۲۸**	۰/۹۲۵**	۰/۶۲۲**	۱						
L3	۰/۸۳۵**	۰/۸۴۰**	۰/۲۷۲^{ns}	۰/۸۴۴**	۱					
L4	۰/۵۵۰**	۰/۵۷۳**	۰/۱۷۳^{ns}	۰/۳۱۸^{ns}	۰/۶۴۹**	۱				
Th3	-۰/۵۳۸*	-۰/۵۳۱*	۰/۰۰۶^{ns}	-۰/۶۶۸**	-۰/۷۷۲**	-۰/۳۰۴^{ns}	۱			
Th4	-۰/۴۳۰^{ns}	-۰/۴۱۴^{ns}	۰/۰۴۱^{ns}	-۰/۵۹۹**	-۰/۶۲۶**	-۰/۰۹۱ns	۰/۹۵۰**	۱		
Sd3	-۰/۳۴۴^{ns}	-۰/۳۴۸^{ns}	۰/۰۷۷^{ns}	-۰/۴۱۹^{ns}	-۰/۵۴۱*	-۰/۳۰۹^{ns}	۰/۸۵۹**	۰/۸۲۹**	۱	
Sd4	-۰/۱۶۰^{ns}	-۰/۱۴۷^{ns}	۰/۲۰۹^{ns}	-۰/۳۵۲^{ns}	-۰/۳۶۴^{ns}	۰/۰۹۰^{ns}	۰/۷۷۵**	۰/۸۴۴**	۰/۸۸۳**	۱
Ac3	-۰/۴۴۰*	-۰/۴۳۶*	۰/۰۶۴^{ns}	-۰/۵۶۰*	-۰/۶۶۷**	-۰/۲۸۷^{ns}	۰/۹۶۷**	۰/۹۲۴**	۰/۹۵۲**	۰/۸۶۳**
Ac4	-۰/۲۷۳^{ns}	-۰/۲۵۴^{ns}	۰/۱۶۰^{ns}	-۰/۴۶۲*	-۰/۴۸۶*	۰/۰۱۶^{ns}	۰/۸۹۲**	۰/۹۵۳**	۰/۸۸۶**	۰/۹۶۰**
D/L3	-۰/۰۵۹^{ns}	-۰/۰۶۱^{ns}	۰/۳۱۰^{ns}	-۰/۲۸۵^{ns}	-۰/۳۷۰^{ns}	۰/۰۳۸^{ns}	۰/۷۳۸**	۰/۷۴۶**	۰/۸۳۸**	۰/۹۱۵**
D/L4	۰/۲۲۶^{ns}	-۰/۲۲۶^{ns}	۰/۲۶۴^{ns}	-۰/۰۱۷^{ns}	۰/۱۰۰^{ns}	۰/۴۶۰^{ns}	۰/۳۹۸^{ns}	۰/۵۰۵*	۰/۵۹۹**	۰/۸۰۲**
F/L3	-۰/۳۴۲^{ns}	-۰/۳۱۸^{ns}	۰/۲۲۷^{ns}	۰/۴۳۶*	-۰/۶۱۷**	-۰/۳۰۴^{ns}	۰/۸۳۴**	۰/۷۹۴**	۰/۸۵۲**	۰/۸۴۱**
F/L4	-۰/۱۷۵^{ns}	-۰/۱۴۳^{ns}	۰/۳۷۳^{ns}	-۰/۳۲۱^{ns}	-۰/۴۵۴*	-۰/۰۸۱^{ns}	۰/۷۵۳**	۰/۷۹۵**	۰/۷۶۵**	۰/۸۶۹**
Br3	-۰/۲۴۷^{ns}	-۰/۲۴۲^{ns}	۰/۱۷۴^{ns}	-۰/۴۲۱^{ns}	-۰/۵۲۱*	-۰/۱۴۱^{ns}	۰/۸۳۴**	۰/۷۷۸**	۰/۸۵۷**	۰/۸۳۵**
Br4	-۰/۱۹۶^{ns}	-۰/۱۶۹^{ns}	۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۳۵۳^{ns}	-۰/۴۹۰*	-۰/۱۲۹^{ns}	۰/۷۹۴**	۰/۷۸۸**	۰/۸۷۶**	۰/۸۲۳**
Bm3	۰/۴۴۰*	۰/۴۴۶*	۰/۷۱۶**	۰/۲۵۱^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}	۰/۲۹۲^{ns}	۰/۴۳۹*	۰/۵۶۴**	۰/۵۹۵**	۰/۷۶۳**
Bm4	۰/۴۳۰^{ns}	۰/۴۴۵*	۰/۶۹۴**	۰/۲۱۶^{ns}	۰/۱۰۳^{ns}	۰/۳۸۳^{ns}	۰/۴۳۲^{ns}	۰/۵۷۶**	۰/۵۵۹**	۰/۷۷۹**
Pr	-۰/۱۹۴^{ns}	۰/۱۸۵^{ns}	۰/۲۷۹^{ns}	۰/۴۳۴*	-۰/۵۴۱*	-۰/۰۱۷^{ns}	۰/۷۸۳**	۰/۸۱۰**	۰/۵۹۶**	۰/۶۴۹**
LIN3	۰/۸۴۲**	۰/۸۳۹**	۰/۵۸۲**	۰/۸۳۲**	۰/۷۸۱**	۰/۵۱۴*	-۰/۵۸۸**	-۰/۴۲۳^{ns}	-۰/۴۵۴*	-۰/۲۵۲^{ns}
LIN4	۰/۸۳۶**	۰/۸۱۷**	۰/۵۰۰*	۰/۷۶۷**	۰/۸۰۱**	۰/۶۳۲**	-۰/۵۴۲**	-۰/۳۸۴^{ns}	-۰/۳۷۹^{ns}	-۰/۱۶۵^{ns}

ادامه جدول ۳.

	Ac3	Ac4	D/L3	D/L4	F/L3	F/L4	Br3	Br4	Bm3	Bm4	Pr	LIN3	LIN4
Hi													
Ls													
L1													
L2													
L3													
L4													
Th3													
Th4													
Sd3													
Sd4													
Ac3	۱												
Ac4	۰/۹۳۱**	۱											
D/L3	۰/۸۲۸**	۰/۸۷۲**	۱										
D/L4	۰/۵۳۴*	۰/۶۸۸**	۰/۷۹۶**	۱									
F/L3	۰/۸۸۲**	۰/۸۶۰**	۰/۸۲۰**	۰/۴۹۸*	۱								
F/L4	۰/۸۰۶**	۰/۸۸۶**	۰/۷۹۲**	۰/۵۸۴**	۰/۹۲۸**	۱							
Br3	۰/۸۹۱**	۰/۸۴۸**	۰/۹۲۴**	۰/۶۷۶**	۰/۸۶۷**	۰/۷۷۸**	۱						
Br4	۰/۸۲۴**	۰/۸۴۲**	۰/۸۴۰**	۰/۶۰۴**	۰/۹۰۴**	۰/۸۸۵**	۰/۹۱۱**	۱					
Bm3	۰/۵۴۵*	۰/۷۰۹**	۰/۷۲۶**	۰/۷۳۹**	۰/۵۶۹**	۰/۷۱۱**	۰/۵۷۷**	۰/۶۳۷**	۱				
Bm4	۰/۵۲۹*	۰/۷۲۶**	۰/۷۲۵**	۰/۷۶۳**	۰/۵۷۰**	۰/۷۳۶**	۰/۵۶۸**	۰/۶۴۵**	۰/۹۸۹**	۱			
Pr	۰/۷۲۱**	۰/۷۵۴**	۰/۷۰۱**	۰/۴۴۱*	۰/۶۴۳**	۰/۶۹۴**	۰/۷۵۰**	۰/۷۹۱**	۰/۵۶۱**	۰/۵۶۹**	۱		
LIN3	-۰/۵۳۴*	-۰/۳۳۱^{ns}	-۰/۳۲۶^{ns}	-۰/۰۰۸^{ns}	-۰/۴۶۸*	-۰/۲۳۱^{ns}	-۰/۵۵۵**	-۰/۴۲۹^{ns}	۰/۳۳۰^{ns}	۰/۳۳۲^{ns}	-۰/۳۳۴^{ns}	۱	
LIN4	-۰/۴۵۹^{ns}	-۰/۲۶۱^{ns}	-۰/۱۹۵^{ns}	۰/۱۸۱^{ns}	-۰/۴۸۲*	-۰/۲۶۴^{ns}	-۰/۴۳۸*	-۰/۴۶۰*	۰/۳۵۸^{ns}	۰/۳۵۸^{ns}	-۰/۳۱۵^{ns}	۰/۹۲۱**	۱

Hi: ارتفاع بوته، Ls، L4، L3، L2، L1: طول ساقه، طول میانگره چهارم، سوم، دوم و اول، Sd4 و Sd3: قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، Th3 و Th4: ضخامت میانگره سوم و چهارم، Ac3 و Ac4: سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، D/L3 و D/L4: نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم، F/L3 و F/L4: نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم، Pr: مقاومت فشاری بوته، Br3 و Br4: مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، Bm3 و Bm4: گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم و LIN3 و LIN4: شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم. ns، *و **: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

($r = ۰/۸۸۵^{**}$) در میانگره چهارم نیز مشاهده شد (جدول ۳). در آزمایش اسلام و همکاران (۱۰) همبستگی مثبت و معنی‌دار مقاومت به شکستگی میانگره‌ها با قطر، ضخامت، نسبت وزن به طول میانگره‌ها نشان داده شد. آنها گزارش کردند که بین مقاومت به شکستگی میانگره‌ها با درجه خوابیدگی در مزرعه همبستگی منفی وجود دارد و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم را مهم‌ترین صفت در انتخاب ارقام مقاوم به خوابیدگی معرفی کردند. در این آزمایش بیشتر بودن صفات ضخامت، قطر متوسط، سطح مقطع و نسبت وزن به طول میانگره چهارم نسبت به میانگره سوم، بیشتر بودن مقاومت به شکستگی میانگره چهارم نسبت به میانگره سوم را در تمامی ارقام به‌دنبال داشت که همبستگی مثبت این صفات با مقاومت به شکستگی را تأیید می‌کند. این موضوع با نتایج آزمایش اسلام و همکاران (۱۰) مطابقت دارد. همبستگی گشتاور خمشی با شاخص خوابیدگی معنی‌دار نبود که این موضوع با نتایج آزمایش اسلام و همکاران (۱۰) مطابقت دارد.

ارقام دیلم، درفک و سپیدرود با داشتن کوتاه‌ترین ارتفاع بوته، از نظر مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و هم‌چنین مقاومت فشاری بوته با رقم پابلند هاشمی تفاوت معنی‌داری نداشتند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که کاهش ارتفاع بوته نمی‌تواند به‌عنوان شاخصی در جهت انتخاب ارقام مقاوم به خوابیدگی محسوب شود. در آزمایش اسلام و همکاران (۱۰) روی ۱۶ ژنوتیپ برنج نشان داده شد که متوسط ارتفاع بوته پنج رقم با مقاومت بالا نسبت به ورس، ۱۲۳ سانتی‌متر و متوسط ارتفاع پنج رقم حساس به ورس، ۱۱۴ سانتی‌متر بوده است. آنها گزارش کردند که مقاومت بالا به ورس این ارقام به ارتفاع کوتاه‌تر بوته آنها مربوط نبود.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج آزمایش به‌نظر می‌رسد که مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری می‌توانند شاخص‌های مناسبی جهت تعیین مقاومت به خوابیدگی بوته برنج باشند و با توجه به همبستگی بالای ضخامت، قطر متوسط، سطح مقطع و نسبت وزن به طول میانگره با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و مقاومت فشاری بوته، احتمالاً این صفات می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های غیر مستقیم جهت تعیین میزان مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و مقاومت فشاری بوته مورد استفاده قرار گیرند. هم‌چنین تمرکز روش‌های به‌زراعی و به‌نژادی روی این صفات می‌تواند منجر به بهبود مقاومت به خوابیدگی بوته در ارقام برنج شود. در این آزمایش ارقام سپیدرود، دیلم و درفک با مقاومت کم نسبت به خوابیدگی بوته ارزیابی شدند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که ژنوتیپ‌های اصلاح‌شده علی‌رغم اینکه اصلاح‌شده هستند، لزوماً مقاوم به خوابیدگی بوته نمی‌باشند.

منابع مورد استفاده

1. 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. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 62 (2). 275–281.
2. Alizadeh, M. R., A. Dabbaghi, F. Rahimi-Ajdadi, M. Rezaei and M. H. Rahmati. 2011. Effect of salinity and irrigation regimes on the internode physical variations of rice stem. *Australian Journal of Crop Science* 5(12): 1595-1602.
3. Berry, P. M., M. Sterling, J. H. Spink, C. Baker, R. Sylvester-Bradley, S. Mooney, A. Tams and A. Ennos. 2004. Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy* 84: 217-271.
4. Champoux, M. C., G. Wang, S. Sarkarung, D. J. Mackill, J. C. O'Toole, N. Huang and S. McCouch. 1995. Locating genes associated with root morphology and drought avoidance in rice via linkage to molecular markers. *Theoretical and Applied Genetics* 90:969–981.
5. 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.

6. Esfahani, M., M. Mojtabaie-Zamani and B. Amiri-Larijani. 2009. The Growing Rice Plant - An Anatomical Monograph. (Translated). University of Guilan Press. Guilan. (In Farsi).
7. Fallah, A. 2012. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. *International Journal of Agricultural Science* 2(7): 630-634.
8. Hitaka, N. and H. Kobayashi.1992. Studies on the lodging of rice plant. I. Preliminary studies in the impeded translocation in lodged stems. *Crop Science Society of Japan* 30(2): 113-119.
9. Hoshikawa, K. and S. B. Wang. 1990. Studies on lodging in rice plant. I. a general observation on lodged rice culms. *Japanese Journal of Crop Science* 59(4): 809-814.
10. 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 Research* 101: 240-248.
11. Kashiwagi, T. and K. Ishimaru. 2004. Identification and function an analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. *Plant Physiology* 134(2): 676-683.
12. Kashiwagi, T., H. Sasaki and K. Ishimaru. 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.
13. Keller, M., C. Karutz, J. E. Schmid, P. Stamp, M. Winzeler, B. Keller, and M. M. Messmer. 1999. Quantitative trait loci for lodging resistance in a segregating wheat × spelt population. *Theoretical and Applied Genetics* 98:1171–1182.
14. Li, H. J., X. J. Zhang, W. J. Li , Z. J. Xu and H. Xu. 2009. Lodging resistance in japonica rice varieties with different panicle types. *Chinese Journal of Rice Science* 23(2): 191-196.
15. Settar, T. L., E. V. Laureles and A. M. Mazaredo. 1997. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reduction in canopy photosynthesis. *Field Crops Research* 49: 95-106.
16. Terashima, K., T. Ogata and S. Akita. 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.
17. Xue, A. G. and T. D. Warkentin. 2001. Partial resistance to Mycosphaerella pinodes in field pea. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 535–540.
18. Zuber, U., H. Winzeler, M. M. Messmer, M. Keller, B. Keller, J. E. Schmid and P. Stamp. 1999. Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agronomy and Crop Science* 182: 17-24.