



به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۵

صفحه‌های ۱۸۳-۲۰۱

ارزیابی اثر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ساقه بر خوابیدگی بوته در ۱۲ ژنوتیپ برنج

فرناز فرجی^۱، مسعود اصفهانی^{۲*}، محمدرضا علیزاده^۳ و علی اعلمی^۴

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، رشت - ایران

۲. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت - ایران

۳. دانشیار بخش فنی و مهندسی، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت - ایران

۴. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت - ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۴/۰۴/۱۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۳/۱۲/۲۴

چکیده

به منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته و محتوای کربوهیدرات‌های ساقه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج، آزمایشی در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) طی سال‌های زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ اجرا شد. ژنوتیپ‌های برنج شامل سه رقم بومی ('هاشمی'، 'علی‌کاظمی' و 'سنگ جو')، شش رقم اصلاح شده ('خزر'، 'سپیدرود'، 'کادوس'، 'گوهر'، 'درفک' و 'دیلیم') و سه لاین امیدبخش (۸۳۱، ۸۴۱ و ۴۱۶) بودند. نتایج نشان داد که بیشترین مقاومت به شکستگی میانگروه‌های سوم و چهارم مربوط به رقم اصلاح شده 'خزر' بود. به علاوه همبستگی مثبت و معنی‌داری بین متوسط قطر میانگروه، نسبت وزن به طول میانگروه‌ها و محتوای کربوهیدرات‌های غیرمحلول ساقه با مقاومت به شکستگی میانگروه سوم و چهارم وجود داشت. همچنین، بین تعداد سلول‌های پارانشیمی با محتوای کربوهیدرات‌های غیرمحلول در دو مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد. از سوی دیگر، بین کارایی انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها با مقاومت به شکستگی میانگروه همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. نتایج تجزیه به عامل‌ها، صفات را در دو گروه مجزا قرار داد. عامل اول به عنوان عامل مقاومت به خوابیدگی نامگذاری و ۷۱/۰۱ درصد از کل واریانس داده‌ها را شامل شد. عامل دوم با دارا بودن ۱۹/۷۴ درصد از کل واریانس داده‌ها به عنوان عامل مورفولوژیک حساسیت به خوابیدگی نامگذاری شد. براساس نتایج تحقیق حاضر، به نظر می‌رسد که قطر متوسط میانگروه، ضخامت میانگروه و نسبت وزن به طول میانگروه‌های سوم و چهارم و همچنین خصوصیات شیمیایی ساقه نقش اصلی در مقاومت به خوابیدگی بوته برنج ایفا می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: انتقال مجدد، برنج، خوابیدگی بوته، شاخص قدرت مخزن، محتوای کربوهیدرات‌ها

۱. مقدمه

خوابیدگی بوته (ورس) یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده عملکرد دانه در غلات از جمله برنج (*Oryza sativa* L.) می‌باشد. در تراکم‌های بالای گیاهی، خوابیدگی بوته باعث از بین رفتن ساختمان طبیعی سایه‌انداز گیاهی و کاهش میزان فتوسنتز و ماده خشک آن می‌شود [۷]. 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 [۲۴]. سایه-اندازی برگ‌ها و خسارت دستجات آوندی در اثر شکستن ساقه، فتوسنتز و جذب و تحلیل نوری را کاهش داده و موجب پر شدن ضعیف دانه و کاهش عملکرد می‌شود. همچنین خوابیدگی بوته از انتقال آب، مواد غذایی و مواد فتوسنتزی از طریق آوندهای چوب و آبکش ممانعت به عمل می‌آورد که به کاهش مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه منجر می‌شود [۱۱ و ۱۳]. با توجه به خصوصیات مورفولوژیک بیشتر غلات که خوشه و دانه‌ها در قسمت انتهایی ساقه تشکیل می‌شوند، تناسب بین استحکام بخش پایینی بوته و وزن قسمت‌های بالایی آن، تعیین‌کننده میزان مقاومت گیاه نسبت به خوابیدگی است [۱۲].

مقاومت به خوابیدگی بوته در برنج تحت تأثیر ویژگی‌های مورفولوژیک و بیوشیمیایی قرار دارد. در بین صفات مورفولوژیک، قطر و وزن ساقه به طور مستقیم با مقاومت به خوابیدگی و استحکام ساقه در ارتباط هستند [۲۹]. از سوی دیگر، مقاومت ساقه در ارتباط با اجزای تشکیل‌دهنده شیمیایی و بیوشیمیایی آن نیز می‌باشد. به‌طور کلی، محتوای لیگنین یا سلولز ساقه مقاومت فیزیکی آن را تعیین می‌کنند و پایین بودن محتوای لیگنین یا سلولز باعث شکنندگی بیشتر ساقه می‌شوند [۲۱]، به‌علاوه محتوای کربوهیدرات‌های ساقه برنج و محتوای بالاتر

سیلیسیوم و پتاسیم آن با مقاومت فیزیکی بوته به خوابیدگی در ارتباط هستند و تجمع بیشتر نشاسته، سلولز، لیگنین، سیلیسیوم و پتاسیم، استحکام و مقاومت ساقه در برابر خوابیدگی را افزایش می‌دهند [۲۵ و ۲۶]. نشاسته و قندهای محلول در ساقه باعث افزایش قدرت فیزیکی ساقه و سبب ترمیم ساقه‌های خمیده شده توسط باد می‌شوند [۹]. انتقال ماده خشک در طول پر شدن دانه ارقام حساس به خوابیدگی به مقدار قابل توجهی بیشتر از ارقام مقاوم به خوابیدگی است که نشان‌دهنده اهمیت میزان ماده خشک در مقاومت ساقه می‌باشد [۲۸]. افزایش پلی‌ساکاریدها نیز می‌تواند سنتز و تجمع سلولز و همی‌سلولز را افزایش دهد که باعث افزایش ضخامت و انعطاف‌پذیری ساقه می‌شود [۲۸]. کربوهیدرات‌های غیرساختمانی از طریق افزایش فشار تورژسانس ساقه و کربوهیدرات‌های غیرساختمانی موجود در غلاف‌های برگ از طریق تأخیر در فرآیند پیری، استحکام ساقه را افزایش می‌دهند [۱۳]. امکان اصلاح مقاومت به خوابیدگی بوته‌های در برنج از طریق اصلاح ژنتیکی برای افزایش تجمع نشاسته در بخش بالایی ساقه وجود دارد [۹].

باتوجه به اهمیت موضوع و خسارتی که هر ساله بر اثر پدیده خوابیدگی بوته ناشی از باران‌های انتهایی فصل زراعی به کشاورزان تحمیل می‌شود، هدف از انجام پژوهش حاضر، ارزیابی رابطه بین خوابیدگی بوته با خصوصیات مورفولوژیک و تغییرات محتوای کربوهیدرات‌ها در ساقه برنج و تعیین عوامل مؤثر در استحکام و مقاومت ساقه به خوابیدگی در گیاه برنج می‌باشد.

مواد و روش‌ها

تحقیق حاضر طی سال‌های ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. عرض جغرافیایی محل آزمایش ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی بوده است.

جدول ۱. خصوصیات ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در آزمایش [۱]

شجره	عملکرد دانه (kg/ha)	روز تا ۵۰ درصد گلدهی	طول دوره رسیدگی	ارتفاع بوته (cm)	میزان حساسیت به خوابیدگی	نوع ژنوتیپ	ژنوتیپ‌های برنج
-	۴۱۰۰	۹۰-۹۵	زودرس	۱۳۵-۱۴۰	حساس	بومی	سنگ‌جو
-	۴۲۰۰	۹۰-۹۵	زودرس	۱۲۰-۱۲۵	حساس	بومی	علی‌کاظمی
-	۳۹۰۰	۹۵-۱۰۰	زودرس	۱۲۰-۱۲۵	حساس	بومی	هاشمی
تی‌ان‌ای‌بو ۴۵۶/آی‌آر ۵۲-۱-۵۲-۱-۵۲-۶۲۵-۲۰۷۱	۴۲۰۰	۱۰۰-۱۰۵	میان‌رس	۱۱۵-۱۲۰	مقاوم	اصلاح شده	خزر
سالاری/سپیدرود	۵۵۰۰	۹۵-۱۰۰	دیورس	۱۰۵-۱۱۰	نیمه حساس	اصلاح شده	درفک
آی‌آر ۴۲۶۸۶/آی‌آر ۲۵-۱۰۵	۵۲۰۰	۱۰۵-۱۱۰	میان‌رس	۱۰۰-۱۰۵	نیمه حساس	اصلاح شده	دیلم
صدری/آی‌آر ۲۸/آی‌آر ۸	۵۶۰۰	۱۰۰-۱۰۵	میان‌رس	۹۰-۹۵	نیمه مقاوم	اصلاح شده	سپیدرود
آی‌آر ۲-۳-۱۵۳-۶۶۶۹	۵۵۰۰	۱۰۵-۱۱۰	میان‌رس	۹۵-۱۰۰	مقاوم	اصلاح شده	کادوس
پی‌یواس‌ای ۱۲۳۸-۸۱-۶/پی‌یواس‌ای ۱۲۳۸-۱	۵۳۰۰	۱۰۰-۱۰۵	میان‌رس	۱۱۰-۱۱۵	مقاوم	اصلاح شده	گوهر
نعمت/غریب/سنگ‌جو/نعمت	۵۴۰۰	۹۵-۱۰۰	دیورس	۹۵-۱۰۰	نیمه حساس	لاین	۴۱۶
آی‌آر ۲-۱-۲-۱۸۰-۶۷۰۱۷	۴۴۰۰	۹۵-۱۰۰	دیورس	۱۰۰-۱۰۵	نیمه مقاوم	لاین وارداتی	۸۳۱
آی‌آر ۳-۲-۳-۶۷۴۲۳	۵۵۰۰	۱۰۵-۱۱۰	دیورس	۱۰۵-۱۱۰	نیمه مقاوم	لاین وارداتی	۸۴۱

ژنوتیپ برنج ('هاشمی'، 'علی کاظمی'، 'سنگ جو'، 'خزر'، 'سپیدرود'، 'کادوس'، 'گوهر'، 'درفک' و 'دیلیم' و لاین-های امیدبخش ۸۴۱، ۸۳۱ و ۴۱۶) که از نظر خصوصیات فیزیولوژیک، مورفولوژیک، فنولوژیک و ژنتیک دارای تنوع کافی بودند، انجام شد (جدول ۱).

آزمایش در مساحت ۹۶۰ مترمربع در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۵ متر پیاده شد. در چهاردهم خرداد ماه گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج در مرحله سه تا چهاربرگی از خزانه انتخاب و به زمین اصلی منتقل و به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به صورت تک نشاء کشت شدند. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار با ۱۲

جدول ۲. اطلاعات هواشناسی مربوط به محل اجرای آزمایش در شش ماه اول سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

ماه	درجه حرارت (°C)		رطوبت نسبی (%)	میزان بارندگی (mm)	ساعات آفتابی
	حداقل	حداکثر			
فروردین	۱۰/۱	۲۲/۲	۷۶/۵	۷/۶	۵/۵
اردیبهشت	۱۲/۰	۲۲/۱	۷۸/۸	۰/۹	۶/۲
خرداد	۱۷/۲	۲۱/۰	۷۵/۲	۵۹/۱	۹/۰
تیر	۱۹/۷	۲۰/۱	۸۲/۲	۱۲۷/۷	۵/۲
مرداد	۲۱/۱	۲۵/۲	۷۰/۰	۲۵/۸	۸/۷
شهریور	۲۰/۵	۲۲/۲	۸۵/۹	۲۲/۱	۴/۱
فروردین	۹/۸	۱۹/۰	۷۹/۶	۱/۲	۲/۵
اردیبهشت	۱۲/۰	۲۲/۶	۷۲/۷	۱/۶	۷/۶
خرداد	۱۸/۱	۲۸/۲	۷۰/۲	۰/۲	۸/۷
تیر	۲۰/۲	۲۰/۲	۷۱/۹	۰/۱	۸/۸
مرداد	۲۰/۲	۲۸/۲	۸۲/۲	۲/۵	۲/۷
شهریور	۲۰/۲	۲۸/۸	۸۲/۲	۲/۱	۴/۲

استفاده از کولیس دیجیتالی^۱ اندازه‌گیری شدند. باتوجه به دو قطری بودن ساقه برنج، قطر متوسط هر میانگره محاسبه شد [۵]:

$$Sd = \frac{D+d}{2} \quad (1)$$

در این رابطه، Sd قطر متوسط میانگره (برحسب

۳۰ روز پس از مرحله گرده‌افشانی پنج کپه از هر کرت ریشه‌بر شده و از هر کپه چهار عدد از بزرگترین پنجه‌ها همراه با ساقه اصلی انتخاب شدند [۱۰]. با توجه به اینکه خوابیدگی بوته برنج معمولاً در میانگره‌های پایین بوته اتفاق می‌افتد [۸]، میانگره‌های سوم و چهارم (از بالا به پایین) از پنجه‌ها جدا و قطر بزرگ و کوچک آن‌ها با

1. Mitutoya, Japan

میلی‌متر)، D و d به ترتیب قطر بزرگ و قطر کوچک (برحسب میلی‌متر) می‌باشند.

گشتاور خمشی^۱ در میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند [۱۰]:

$$BM_3 = L_3(W_p + W_1 + W_2 + W_3) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$BM_4 = L_4(W_p + W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \quad \text{رابطه (۳)}$$

در این رابطه‌ها، Bm_3 ، Bm_4 به ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و میانگره چهارم (برحسب گرم در سانتی‌متر)، L_3 طول میانگره سوم از پایین تا نوک خوشه، L_4 طول میانگره چهارم از پایین تا نوک خوشه (برحسب سانتی‌متر)، W_1 ، W_p 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 (برحسب گرم) می‌باشند.

مقاومت به شکستگی^۲ در نقطه میانی میانگره‌های سوم و چهارم همراه با غلاف برگ با استفاده از نیروسنج دیجیتالی^۳ اندازه‌گیری شد [۱۹] و سپس شاخص خوابیدگی^۴ با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد [۳]:

$$LIN = \frac{Bm}{Br} \times 100 \quad \text{رابطه (۴)}$$

نسبت وزن تر به طول میانگره‌ها و وزن خشک به طول میانگره‌ها پس از خشک کردن نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد، محاسبه شدند [۱۰].

جهت شمارش تعداد سلول‌های پارانشیمی میانگره چهارم، ۲۰ روز پس از ظاهر شدن خوشه‌ها، پنج بوته از هر کرت انتخاب و میانگره‌های چهارم آنها پس از رنگ‌آمیزی، تعداد سلول‌های پارانشیمی موجود در یک سانتی‌متر مربع از سطح برش داده شده با استفاده از میکروسکوپ با بزرگنمایی ۱۰۰ ایکس شمارش شدند

[۱۶]. در مرحله رسیدگی در هر کرت بوته‌های پنج کپه مشابه که همزمان وارد خوشه‌دهی شده بودند، انتخاب و با استفاده از روبان رنگی علامت‌گذاری شدند، سپس تعداد انشعابات اولیه و ثانویه خوشه شمارش شد [۱۶]. در مرحله رسیدگی، تعداد پنج خوشه به‌طور تصادفی از فضای عملکرد هر کرت برداشت و وزن خوشه و تعداد دانه‌های پر و پوک در خوشه ثبت و فراوانی تعداد دانه پر در طول خوشه از طریق نسبت تعداد دانه‌های پر به طول خوشه محاسبه شد. صفت شاخص قدرت مخزن^۵ نیز از حاصل ضرب طول مخصوص ساقه (نسبت طول ساقه به وزن ساقه) در وزن خشک خوشه به‌دست آمد [۲۳].

به منظور اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های اندام هوایی در هر کرت بوته‌های پنج کپه مشابه که همزمان وارد خوشه‌دهی شدند، انتخاب و علامت‌گذاری شدند. نمونه‌برداری در دو مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک انجام و در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشکانده شده و سپس محتوای نشاسته و قندهای محلول آنها اندازه‌گیری شد [۲ و ۱۹]:

$$REM = CCa - CCm \quad \text{رابطه (۵)}$$

در این رابطه، REM مقدار انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از ساقه به دانه (میلی گرم بر گرم وزن خشک ساقه)، CCa محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ساقه در مرحله گرده-افشانی و CCm محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ساقه در مرحله رسیدگی (بدون دانه) می‌باشند.

$$E.REM = CCa/REM \times 100 \quad \text{رابطه (۶)}$$

در این رابطه، E.REM کارایی انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از ساقه به دانه (درصد)، CCa حداکثر محتوای کربوهیدرات‌های محلول در ساقه در مرحله گرده-افشانی و REM مقدار انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها از ساقه به دانه می‌باشند.

1 Bending moment

2 Breaking resistance

3 Lutron FG-500 A, Taiwan

4 Lodging index

5 Sink Strength Index

تجزیه داده‌ها شامل آزمون نرمال بودن، آزمون F_{max} ، تجزیه مرکب، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک و پنج درصد و تعیین ضرایب همبستگی بین صفات با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹) [۱۸] و برای تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس و تجزیه رگرسیون گام به گام از نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۱۶) استفاده شد [۲۰].

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که بین ژنوتیپ‌های برنج تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین دوساله ژنوتیپ‌ها نشان داد که بیشترین افزایش عملکرد دانه نسبت به عملکرد دانه مورد انتظار در رقم اصلاح شده 'کادوس' و 'لاین ۸۳۱' (به ترتیب ۴۳۸ و ۴۱۴ کیلوگرم در هکتار) بوده است (جدول ۲). به‌طورکلی، ارقام برنج اصلاح شده کارایی بالایی در تخصیص مواد پرورده به دانه‌ها داشته و باعث سنگین‌تر شدن دانه‌ها و افزایش عملکرد دانه آن‌ها می‌شود. این موضوع را می‌توان با بالاتر بودن شاخص قدرت مخزن این ارقام مرتبط دانست. ارقام بومی کارایی پایین‌تری در تخصیص مواد پرورده به دانه‌ها دارند که با پایین‌تر بودن وزن دانه‌ها در این ارقام همراه بوده و کمتر بودن شاخص قدرت مخزن در ارقام بومی این موضوع را تأیید می‌کند. در آزمایش مشابه‌ای بر روی پنج ژنوتیپ برنج گزارش شد که بالاتر بودن عملکرد دو رقم برنج 'اس‌ال ۸' و 'بیگانت' به دلیل بالاتر بودن کارایی آن‌ها در تخصیص ماده خشک به دانه‌ها بود که براساس شاخص قدرت مخزن آن‌ها مشخص شد [۲۳].

در تحقیق حاضر، در میانگرمه سوم و چهارم کم‌ترین مقاومت به شکستگی در ارقام محلی 'سنگ جو'، 'هاشمی' و 'علی‌کاظمی' و بیشترین مقادیر در دو رقم اصلاح شده

'کادوس' و 'خزر' مشاهده شد (جدول ۴). مقاومت به خوابیدگی بوته به مقاومت ساقه در برابر نیروی خارجی برای شکستن بافت گیاهی لازم است [۱۵] بستگی دارد. همبستگی بالا و مثبت مقاومت به شکستگی میانگرمه سوم و چهارم با ضخامت، نسبت وزن به طول میانگرمه‌ها و همچنین قطر میانگرمه‌ها نشان می‌دهد که این ویژگی‌ها باعث افزایش مقاومت به شکستگی میانگرمه‌ها و کاهش خوابیدگی بوته می‌شود. در آزمایش دیگری با ارزیابی ۱۶ برنج هیبرید طی دوسال، پنج هیبرید به عنوان ارقام مقاوم به خوابیدگی بوته شناخته شدند که این مقاومت به خوابیدگی به بیشتر بودن مقاومت به شکستگی میانگرمه‌های پایه آن‌ها نسبت داده شد [۱۰]. بنابراین می‌توان سه رقم اصلاح شده 'کادوس'، 'خزر' و 'گوهر' را مقاوم به شکستگی، سه رقم بومی را حساس و سایر ارقام را ما بین این دو گروه تقسیم‌بندی کرد. ضخامت میانگرمه سوم و چهارم، نسبت وزن به طول میانگرمه و همچنین قطر متوسط را که در سه رقم 'کادوس'، 'خزر' و 'گوهر' از سایر ارقام به‌ویژه سه رقم بومی مقادیر بیشتری را داشتند، می‌توان از دلایل این تفاوت محسوب کرد. بیشترین مقدار نسبت وزن تر به طول میانگرمه سوم و چهارم در رقم 'خزر' مشاهده شد که بیشترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگرمه سوم و چهارم را نیز دارا بود و بعد از آن ارقام 'کادوس' و 'گوهر' قرار داشتند. به همین ترتیب، رقم 'سنگ‌جو' با داشتن کم‌ترین میزان نسبت وزن تر به طول میانگرمه، مقاومت به شکستگی کم‌تری نسبت به سایر ارقام داشت. آزمایشی روی نه ژنوتیپ برنج شامل سه گروه پابلند، پامتوسط و پا کوتاه نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین وزن میانگرمه‌های پایه و مقاومت به خوابیدگی بوته وجود داشت. افزایش وزن میانگرمه‌های پایه در افزایش استحکام و مقاومت ساقه مؤثر است [۱۲]. برای بررسی رفتار صفات و گروه‌بندی آن‌ها در ارتباط با صفت خوابیدگی در ارقام بومی و اصلاح شده برنج مورد مطالعه از روش تجزیه به عامل‌ها استفاده شد (جدول ۵).

1. SL8
2. Bigante

جدول ۳. تجزیه مرکب صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج در دو سال زراعی ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول خوشه	طول میانگره	طول میانگره	فطر متوسط	ضخامت	نسبت وزن	نسبت وزن تر به	تعداد سلول‌های پارانشیمی میانگره	منابع تغییرات
سال	۱	۱/۲۶ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۱۳ ^{ns}	۰/۵۳ ^{ns}	۱/۳۳ ^{ns}	۰/۱۰ ^{ns}	۱۱/۴ ^{ns}	۱۵/۵۵ ^{ns}	۷۲۱۶/۰۱ ^{ns}	سال
تکرار (سال)	۴	۲/۷۷	۰/۰۷	۰/۳۷	۰/۹۰	۰/۲۹	۰/۱۱	۰/۲۸	۲۲۵/۴۸	۶۱۸۳/۳۰	تکرار (سال)
ژنوتیپ	۱۱	۵۶۶/۵۶ ^{**}	۷/۶۸ ^{**}	۶۸/۳۳ ^{**}	۵۹۴ ^{**}	۲/۳۸ ^{**}	۱/۹۴ ^{**}	۱۷۰/۳۳ ^{**}	۸۸۴۶/۶۱ ^{**}	۱۸۶۸۶/۳۵ ^{**}	ژنوتیپ
ژنوتیپ × سال	۱۱	۳/۹۴ ^{ns}	۰/۱۶ ^{ns}	۰/۴۹ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۰/۲۴ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۵/۶۳ ^{**}	۴۹۳/۰۴ ^{ns}	۲۰۲۵/۲۳ ^{ns}	ژنوتیپ × سال
اشتباه آزمایشی	۴۴	۷/۸۰	۱/۴۹	۱/۱۹	۰/۸۲	۰/۲۳	۰/۰۴	۱/۲۵	۵۲۶/۲۹	۱۷۸۷/۱۲	اشتباه آزمایشی
ضریب تغییرات (%)	۲/۴۱	۴/۲۴	۸/۶۲	۷/۲۷	۱۰/۶۲	۶/۷۱	۶/۳۹	۶/۸۹	۱۲/۲۱	۳/۲۶	ضریب تغییرات (%)

ns: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۳. تجزیه مرکب صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

میانگین مربعات											
منابع تغییرات	درجه آزادی	نسبت وزن خشک به طول	نسبت وزن تر به طول میانگره	مقاومت به شکستگی	مقاومت به شکستگی	گشادگی	گشادگی	شاخص	شاخص	انحرافات اولیه	منابع تغییرات
سال	۱	۲۸/۶۶ ^{ns}	۲۳۴/۳۶ ^{ns}	۱/۹۵ ^{ns}	۰/۳۰ ^{ns}	۵۰۰/۲۶ ^{ns}	۸۶۰/۲۹ ^{ns}	۸۶۰/۲۹ ^{ns}	۱۲/۹۲ ^{ns}	۰/۵۲ ^{ns}	سال
تکرار (سال)	۴	۱/۵۸	۲۰۱۰/۰۴	۱/۱۴	۰/۶۲	۶۶۸۶/۲۸	۳۴۵۸۰/۶۸	۳۴۵۸۰/۶۸	۴/۶۲	۴/۲۷	تکرار (سال)
ژنوتیپ	۱۱	۸۱/۸۶ ^{**}	۲۱۳۹۵/۸۵ ^{**}	۱۹/۸۵ ^{**}	۳۰/۸۵ ^{**}	۱۹۵۱۶۵/۶۱ ^{**}	۴۴۱۹۵/۹۵ ^{**}	۸۱/۸۶ ^{**}	۳۴/۲۴ ^{**}	۹/۱۶ ^{**}	ژنوتیپ
ژنوتیپ × سال	۱۱	۵/۲۸ ^{**}	۲۵۵/۸۶ ^{ns}	۰/۵۷ ^{ns}	۱/۳۱ ^{ns}	۱۰۱۸۱/۸۳ ^{ns}	۶۰۵۲/۲۵ ^{ns}	۵/۲۸ ^{**}	۲/۶۳ ^{ns}	۰/۲۸ ^{ns}	ژنوتیپ × سال
اشتباه آزمایشی	۴۴	۰/۸۱	۱۱۷۲/۴۰	۰/۶۱	۰/۶۴	۱۲۸۲۰/۴۲	۲۲۳۹۱/۹۹	۰/۸۱	۳/۶۲	۱/۰۴	اشتباه آزمایشی
ضریب تغییرات (%)	۲/۱۵	۱۲/۹۹	۷/۹۳	۶/۲۹	۹/۱۰	۹/۳۸	۲/۱۵	۲/۱۵	۶/۲۴	۱۰/۰۷	ضریب تغییرات (%)

ns: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ادامه جدول ۳. تجزیه مرکب صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوبایستگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج در دو سال ۱۳۹۱ و ۱۳۹۲

[illegible]

به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد *** و ** و *

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

[illegible]

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

ارزیابی اثر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ساقه بر خوابیدگی بوته در ۱۲ ژنوتیپ برنج

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

تعداد سلول‌های پارانشیمی میانگروه	انواعیات اولیه	انواعیات ثانویه	شاخص قدرت مخزن (cm)	شاخص خوابیدگی (%)	شاخص خوابیدگی (%)	میانگروه چهارم	گشتاور خمشی (g/cm)	میانگروه سوم	مقاومت به شکست (N)	مقاومت به شکست (N)	ارقام برنج
چهارم	خوشه	خوشه									
۹۴۵ c	۹/۰ bc	۱۶/۵ c	۸۹/۷ c	۳۵/۰ ab	۳۴/۸ a	۱۶۰/۴ cd	۱۳۰/۲ abc	۷/۴۲ de	۹/۴۰ cd	۹/۴۰ cd	هاشمی
۹۸۷ c	۶/۸ c	۱۲/۸ c	۹۶/۶ de	۳۱/۱ abc	۳۹/۵ ab	۱۰۷/۲ e	۸۸/۳ e	۵/۹۹ e	۷/۸۴ f	۷/۸۴ f	سنگ جو
۱۰۷۰ bc	۸/۸ bc	۱۵/۳ c	۷۹/۰ f	۳۶/۸ a	۳۴/۷ a	۱۸۳/۰ bc	۱۳۹/۵ abc	۷/۵۴ de	۱۰/۶۱ de	۱۰/۶۱ de	علی کاظمی
۱۳۰/۲ ab	۱۱/۵ a	۳۳/۵ b	۱۰۹/۵ ab	۳۳/۴ d	۳۴/۶ cd	۱۸۴/۷ bc	۱۴۶/۱ ab	۱۴/۴۵ a	۱۷/۰۷ a	۱۷/۰۷ a	کادوسی
۱۲۴۶ b	۱۰/۵ ab	۳۴/۸ b	۱۰۰/۷ d	۲۷/۵ bcd	۲۵/۸ cd	۱۲۳/۹ de	۱۰۵/۹ de	۸/۴۴ cd	۱۱/۵۵ cd	۱۱/۵۵ cd	سپندارود
۱۴۰/۳ ab	۹/۸ ab	۳۳/۰ b	۱۰۷/۰ bc	۲۲/۹ d	۲۱/۱ d	۱۲۴/۱ de	۱۰۳/۸ de	۱۰/۳۶ bc	۱۳/۹۸ b	۱۳/۹۸ b	دیلم
۱۲۲۵ b	۱۱/۵ a	۳۲/۸ b	۱۱۱/۴ a	۲۵/۷ cd	۲۵/۲ cd	۱۴۸/۴ cd	۱۱۴/۰ cde	۹/۸۴ bc	۱۳/۰۴ bc	۱۳/۰۴ bc	درفک
۱۴۸۵ ab	۱۱/۸ a	۳۶/۳ b	۱۰۸/۶ ab	۲۶/۸ cd	۲۴/۳ cd	۲۳۹/۴ a	۱۷۴/۷ a	۱۴/۲۹ a	۱۹/۶۸ a	۱۹/۶۸ a	خزر
۱۲۱۱ b	۱۰/۳ ab	۳۷/۸ ab	۱۰۹/۴ ab	۲۹/۶ bcd	۳۰/۳ bc	۲۱۱/۵ a	۱۵۸/۸ ab	۱۱/۱۵ b	۱۳/۷۱ bc	۱۳/۷۱ bc	گوهر
۱۵۱۲ a	۹/۳ ab	۳۰/۳ b	۸۶/۷ g	۲۵/۳ cd	۲۳/۷ cd	۱۳۰/۵ de	۱۰۳/۶ de	۹/۰۳ bc	۱۲/۴۱ bc	۱۲/۴۱ bc	۸۴۱
۱۵۳۵ a	۱۱/۵ a	۴۲/۸ a	۸۸/۹ e	۲۸/۵ bcd	۳۷/۲ bc	۱۵۰/۷ cd	۱۱۹/۱ cde	۸/۸۵ cd	۱۲/۱۱ cd	۱۲/۱۱ cd	۸۳۱
۱۵۰۰ a	۱۱/۳ a	۳۹/۳ ab	۱۰۹/۳ ab	۲۷/۱ bcd	۳۷/۴ bc	۱۴۲/۶ cd	۱۱۵/۴ cde	۹/۲۱ bc	۱۱/۳۲ cd	۱۱/۳۲ cd	۴۱۶

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۵

ادامه جدول ۴. مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

کارایی انتقال مجدد	میزان انتقال مجدد	کربوهیدرات‌های غیرمحلول ساقه در مرحله رسیدگی (mg/gdw)	کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله رسیدگی (mg/gdw)	کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله رسیدگی (mg/gdw)	کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله رسیدگی (mg/gdw)	ارقام برنج
کربوهیدرات‌ها (%)	کربوهیدرات‌ها (%)	کربوهیدرات‌ها (%)	کربوهیدرات‌ها (%)	کربوهیدرات‌ها (%)	کربوهیدرات‌ها (%)	
۲۶/۲ ab	۱۰/۰ bcd	۱/۲ cd	۱/۲ de	۲۸/۳ de	۳۸/۳ de	هائمی
۲۸/۱ a	۸/۵ d	۰/۹ d	۱/۴ e	۲۱/۸ e	۳۰/۳ e	سنگ جو
۲۶/۲ ab	۸/۹ cd	۱/۱ d	۱/۵ de	۲۵/۲ e	۳۴/۱ e	علی کاظمی
۲۰/۵ e	۱۱/۹ abc	۳/۲ a	۳/۹ a	۴۵/۹ a	۵۷/۸ ab	کادوس
۳۳/۲ bcd	۱۱/۲ abcd	۱/۸ bc	۲/۶ d	۳۶/۴ cd	۴۷/۶ cd	سپیدارود
۳۲/۱ cde	۱۱/۹ abc	۲/۴ b	۳/۳ bc	۴۱/۶ b	۵۳/۴ b	دیلیم
۲۲/۵ cde	۱۱/۹ abc	۲/۱ bc	۳/۰ cd	۴۱/۰ b	۵۲/۹ b	درنک
۲۰/۸ de	۱۱/۵ ab	۲/۹ a	۳/۹ a	۴۷/۶ a	۶۰/۱ a	خوز
۳۲/۴ bcde	۱۳/۶ a	۲/۶ ab	۳/۸ ab	۴۴/۷ ab	۵۸/۳ a	گوهر
۳۲/۸ bcd	۱۳/۹ a	۲/۹ ab	۳/۸ ab	۴۴/۸ ab	۵۸/۶ a	۸۴۱
۲۴/۵ bc	۱۲/۴ ab	۲/۵ ab	۳/۴ bc	۳۸/۲ bc	۵۰/۶ bc	۸۴۱
۲۴/۵ bc	۱۳/۳ a	۲/۸ ab	۳/۶ bc	۴۱/۱ b	۵۴/۳ b	۴۱۶

جدول ۵. تجزیه به عامل‌ها برای خصوصیات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

صفات گیاهی	واریانس مشترک	ضرایب عاملی	
		عامل اول	عامل دوم
Hi	۰/۹۹۴	-۰/۷۶۰	۰/۶۳۰
Lp	۰/۷۹۸	-۰/۳۱۱	۰/۶۸۱
L3	۰/۹۹۱	-۰/۸۶۴	۰/۶۶۶
L4	۰/۹۶۱	-۰/۲۹۳	۰/۵۹۱
Bm3	۰/۹۹۴	۰/۶۱۶	۰/۱۹۴
Bm4	۰/۹۹۳	۰/۶۴۹	۰/۲۷۰
Th3	۰/۹۴۵	۰/۹۰۹	۰/۱۹۷
Th4	۰/۹۱۴	۰/۸۷۱	۰/۳۱۴
Br3	۰/۹۹۵	۰/۸۷۷	۰/۳۴۹
Br4	۰/۹۶۸	۰/۸۸۹	۰/۲۴۱
Sd3	۰/۹۶۰	۰/۹۶۵	-۰/۰۰۷
Sd4	۰/۹۶۵	۰/۹۴۹	۰/۱۳۰
D/L3	۰/۹۸۰	۰/۸۲۹	۰/۲۳۷
D/L4	۰/۹۵۴	۰/۷۱۴	۰/۳۶۳
F/L3	۰/۹۷۸	۰/۹۶۹	-۰/۰۹۳
F/L4	۰/۸۵۵	۰/۸۹۱	۰/۱۷۷
PC	۰/۹۳۸	۰/۸۶۴	-۰/۱۱۱
LIN3	۰/۹۸۷	-۰/۸۳۶	۰/۴۵۳
LIN4	۰/۹۶۷	-۰/۷۶۲	۰/۵۰۰
FB	۰/۹۰۵	۰/۸۶۲	۰/۱۹۶
SB	۰/۹۵۱	۰/۸۹۸	-۰/۱۶۶
Yield	۰/۹۸۳	۰/۶۵۶	-۰/۳۱۶
SSI	۰/۸۹۱	۰/۹۴۴	۰/۰۱۹
St (1)	۰/۹۷۸	۰/۹۸۴	-۰/۰۶۹
St (2)	۰/۹۶۰	۰/۹۶۸	-۰/۰۰۹
Su (1)	۰/۹۶۷	۰/۹۷۸	-۰/۰۶۷
Su (2)	۰/۹۷۵	۰/۹۸۳	۰/۰۴۲
Rem	۰/۹۱۰	۰/۸۹۱	-۰/۱۶۳
e.Rem	۰/۸۸۲	-۰/۸۸۳	-۰/۱۷۶
سهم کلی عامل	-	۲۲/۸۱	۵/۵۰
میزان واریانس (%)	-	۷۱/۰۱	۱۹/۷۴
واریانس تجمعی (%)	-	۷۱/۰۱	۹۰/۷۵

Hi: ارتفاع بوته، L3 و L4: طول میانگره سوم و چهارم Lp: طول خوشه، Th3، Th4: ضخامت میانگره چهارم و سوم، Sd3، Sd4: قطر متوسط میانگره چهارم و سوم، D/L3، D/L4: نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم F/L3، F/L4: نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم Br3، Br4: مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، Bm3، Bm4: گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، LIN3، LIN4: شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم، PC: تعداد سلول‌های پارانشیمی، FB: انشعابات اولیه خوشه، SB: انشعابات ثانویه خوشه، Yield: عملکرد دانه، SSI: شاخص قدرت مخزن، St(1): محتوای کربوهیدرات‌های غیرمحلول ساقه در مرحله رسیدگی، Su(1): محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله رسیدگی، Rem: میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها، e.Rem: کارایی انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها.

در مجموع دو عامل اصلی و مستقل پس از چرخش وریماکس، ۹۰/۷۵ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند. بالا بودن واریانس مشترک صفات نشان دهنده انتخاب مناسب تعداد عامل‌ها بود. مقاومت به شکستگی میانگره سوم، گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم و طول خوشه صفاتی بودند که به ترتیب بیشترین و کمترین سهم را در واریانس مشترک عامل‌های استخراج شده داشتند. همچنین در این ارزیابی، صفات با ضریب عاملی بیش از ۰/۵ به عنوان ضرایب موثر در مدل در نظر گرفته شدند. در عامل اول صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم، مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم، گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاه به خوابیدگی شود و ژنوتیپ‌هایی که مقادیر این صفات در آن‌ها بیشتر باشد احتمالاً از تحمل بالاتری نسبت به خوابیدگی برخوردار خواهند بود و برعکس در خصوص صفات ارتفاع بوته و طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۳ و ۴) این روال برقرار است. به طور کلی، صفاتی که در تجزیه به عامل‌ها ضریب مثبت داشتند در ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح شده از میانگین پایین‌تری برخوردار بودند که نشان می‌دهد ارقام بومی نسبت به خوابیدگی مقاومت کمتری دارند.

در ادامه جهت بررسی بیشتر ارتباط دو به دوی صفات با یکدیگر و تفسیر بهتر نتایج فوق از ضرایب همبستگی استفاده شد. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که بین قطر، نسبت وزن خشک و تر به میانگره سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، محتوای کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول ساقه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان اظهار کرد که افزایش قطر، نسبت وزن به میانگره سوم و چهارم و محتوای کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول ساقه،

آن می‌باشد. عامل دوم با دارا بودن ۱۹/۷۴ درصد از کل واریانس داده‌ها شامل صفات ارتفاع بوته، طول خوشه و طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۳ و ۴) با ضریب عاملی مثبت و بالا بود. این عامل به عنوان عامل مورفولوژیک حساسیت به خوابیدگی نامگذاری شد (جدول ۵).

مشابه بودن علامت ضرایب عاملی نشان دهنده تاثیر صفات در یک جهت می‌باشد. به عبارت دیگر تقویت صفاتی مانند ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم، گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاه به خوابیدگی شود و ژنوتیپ‌هایی که مقادیر این صفات در آن‌ها بیشتر باشد احتمالاً از تحمل بالاتری نسبت به خوابیدگی برخوردار خواهند بود و برعکس در خصوص صفات ارتفاع بوته و طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۳ و ۴) این روال برقرار است. به طور کلی، صفاتی که در تجزیه به عامل‌ها ضریب مثبت داشتند در ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح شده از میانگین پایین‌تری برخوردار بودند که نشان می‌دهد ارقام بومی نسبت به خوابیدگی مقاومت کمتری دارند.

در ادامه جهت بررسی بیشتر ارتباط دو به دوی صفات با یکدیگر و تفسیر بهتر نتایج فوق از ضرایب همبستگی استفاده شد. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد که بین قطر، نسبت وزن خشک و تر به میانگره سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، محتوای کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول ساقه همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان اظهار کرد که افزایش قطر، نسبت وزن به میانگره سوم و چهارم و محتوای کربوهیدرات‌های محلول و غیر محلول ساقه،

افزایش مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم را به دنبال دارد. همچنین بیش‌ترین همبستگی مثبت شاخص خوابیدگی با ارتفاع، طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم و طول خوشه مشاهده شد. این موضوع نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع بوته و طول میانگره‌ها افزایش شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم را به دنبال دارد. همچنین ارقام پابلند به ترتیب 'علی‌کاظمی'، 'هاشمی' و 'سنگ‌جو' بیش‌ترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم را داشتند و کم‌ترین میزان شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم نیز مربوط به ارقامی است که کوتاه‌ترین ارتفاع بوته را داشتند و ژنوتیپ‌هایی که ارتفاع بوته ما بین این دو گروه را داشتند، از نظر شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم بین این دو گروه قرار داشتند. در این آزمایش گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم با ضخامت میانگره، قطر متوسط میانگره و نسبت وزن تر و وزن خشک به طول میانگره همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۶). بنابراین می‌توان اظهار کرد که ضخامت، قطر و نسبت وزن به طول میانگره تأثیر بیش‌تری نسبت به افزایش ارتفاع بوته در گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم دارند.

بیش‌ترین مقدار گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم برای رقم 'خزر' ثبت شد که بیش‌ترین ضخامت، قطر و نسبت وزن به طول میانگره را داشت و کم‌ترین مقدار گشتاور خمشی در رقم 'سنگ‌جو' که کم‌ترین مقدار میانگین این صفات را داشت، مشاهده شد (جدول ۴). انتظار می‌رود که بر اساس رابطه (۴) افزایش گشتاور خمشی، افزایش شاخص خوابیدگی را به دنبال داشته باشد، اما همبستگی معنی‌داری بین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم و گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم

مشاهده نشد، در حالی که همبستگی شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم منفی و بالا بود، بنابراین به نظر می‌رسد که افزایش ضخامت، قطر و نسبت وزن به طول میانگره که باعث افزایش گشتاور خمشی و مقاومت به شکستگی می‌شوند، کاهش شاخص خوابیدگی را به دنبال داشته باشند. با بررسی تأثیر سطوح کودی سیلیسیوم و نیتروژن روی برنج رقم نعمت مشخص شد که افزایش کود سیلیس با افزایش ضخامت میانگره‌ها، گشتاور خمشی و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، باعث کاهش شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم شد. در حالی که افزایش سطوح کودی سیلیسیوم افزایش طول میانگره‌ها و ارتفاع بوته را به دنبال داشت. این موضوع نشان می‌دهد که افزایش ارتفاع بوته و طول میانگره‌ها به تنهایی نمی‌تواند عامل موثری در افزایش شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و ۱۶]. بین تعداد سلول‌های پارانشیمی ساقه با ضخامت میانگره، قطر میانگره، نسبت وزن به طول میانگره و مقاومت به شکستگی میانگره‌ها همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). بنابراین با توجه به نتایج دیده شد که ارقام اصلاح شده که مقاومت بالاتری در برابر خوابیدگی بوته داشتند ('خزر'، 'کادوس' و 'لاین‌های ۸۳۱ و ۴۱۶')، از تعداد سلول‌های پارانشیمی بیش‌تری نیز نسبت به ارقام بومی با مقاومت پایین‌تر در برابر خوابیدگی، برخوردار بودند؛ همچنین این ارقام محتوای کربوهیدرات‌های غیرمحللول بالاتری داشتند و بین تعداد سلول‌های پارانشیمی میانگره با محتوای کربوهیدرات‌های غیرمحللول در دو مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی (به ترتیب $r=0/88^{**}$ و $r=0/90^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۶).

فرناز فرجی و همکاران

جدول ۶: ضرایب همبستگی بین خصوصیات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بونه در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

LIN4	LIN3	Br4	Br3	F/L4	F/L3	D/L4	D/L3	Bm3	Bm3	Bm3	Th4	Th3	Sd4	Sd3	L4	L3	Lp	HI	HI
																		۱	۱
																		۰/۵۹	Lp
																	۰/۴۰	۰/۹۱**	L3
																۰/۶۹**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	L4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Sd3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Sd4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Th3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Th4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Bm3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Bm4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	D/L3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	D/L4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	F/L3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	F/L4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Br3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Br4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	LIN3
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	LIN4
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	FB
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	SB
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	PC
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	SSI
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Yield
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	St (1)
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	St (2)
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Su (1)
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Su (2)
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	Rem
																۰/۸۳**	۰/۸۳**	۰/۸۳**	eRem

HI: ارتفاع بونه، L3: طول میانگرم سوم و چهارم، Lp: طول خوشه، Th3، Th4: ضخامت میانگرم چهارم و سوم، Sd3، Sd4: قطر متوسط میانگرم چهارم و سوم، Bm3، Bm4: گشادوار خمشی میانگرم سوم و چهارم، LIN3، LIN4: شاخص خوشه‌ای میانگرم سوم و چهارم، PC: تعداد سلول‌های نسبت وزن تر به طول میانگرم سوم و چهارم، Br3، Br4: مقاومت به شکستگی میانگرم سوم و چهارم، SSI: شاخص قدرت مغز، Yield: عملکرد دانه، Su(1)، Su(2): محتوای کربوهیدرات‌های غیرمحلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی، FB: انشعابات اولیه خوشه، SB: انشعابات ثانویه خوشه، Rem: میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها، eRem: کارایی انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها.

به‌زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۵

ارزیابی اثر خصوصیات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ساقه بر خوابیدگی بوته در ۱۲ ژنوتیپ برنج

ادامه جدول ۶. ضرایب همبستگی بین خصوصیات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

e.Rem	Rem	Su (2)	Su (1)	St (2)	St (1)	Yield	SSI	PC	SB	FB	
											FB
										۱	SB
									۱	۰/۸۵**	PC
								۱	۰/۸۹**	۰/۷۶**	SSI
							۱	۰/۳۷	۰/۵۴	۰/۵۴	Yield
						۱	۰/۶۶**	۰/۴۷	۰/۷۳**	۰/۵۹	St (1)
					۱	۰/۶۶**	۰/۵۱	۰/۸۸**	۰/۸۹**	۰/۸۲**	St (2)
				۱	۰/۹۹**	۰/۵۹**	۰/۵۹**	۰/۹۰**	۰/۸۴**	۰/۸۰**	Su (1)
			۱	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۰/۶۵**	۰/۶۱**	۰/۸۰**	۰/۸۹**	۰/۸۳**	Su (2)
		۱	۰/۹۹**	۰/۹۵**	۰/۹۷**	۰/۶۳**	۰/۶۶**	۰/۷۹**	۰/۸۸**	۰/۸۳**	Rem
	۱	۰/۹۰**	۰/۹۳**	۰/۸۸**	۰/۹۶**	۰/۶۳**	۰/۴۴	۰/۷۷**	۰/۸۸**	۰/۷۳**	e.Rem
۱	-۰/۶۳**	-۰/۸۹**	-۰/۸۸**	-۰/۸۱**	-۰/۸۲**	-۰/۵۹**	-۰/۶۴**	-۰/۶۵**	-۰/۷۳**	-۰/۸۰**	

به زراعی کشاورزی

دوره ۱۸ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۵

ارقام مقاوم در برابر خوابیدگی، دارای تعداد سلول‌های پارانشیمی بیشتر با دیواره‌های سلولی ضخیم‌تر و محتوای سلولز و همی سلولز بالاتری هستند [۱۷]. کربوهیدرات‌های غیرمحلول ساقه شامل نشاسته، سلولز، همی سلولز و لیگنین است که باعث استحکام و افزایش ساقه می‌شوند [۱۷]. همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بین محتوای کربوهیدرات‌های محلول ساقه در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی با مقاومت به شکستگی در میانگرمه سوم (به ترتیب $r = 0.83^{**}$ و $r = 0.86^{**}$) و مقاومت به شکستگی در میانگرمه چهارم (به ترتیب $r = 0.85^{**}$ و $r = 0.88^{**}$) وجود داشت (جدول ۶).

ارقام برنج با محتوای بالاتر نشاسته در ساقه پس از اینکه ساقه در اثر باد شدید خم شد، خیلی راحت‌تر به حالت طبیعی برمی‌گردند [۹]. کربوهیدرات‌های غیرساختمانی (محلول) ساقه نقش ذخیره‌ای ساقه را بر عهده دارند. توانایی ذخیره کربوهیدرات‌ها در ساقه، انتقال و کارایی انتقال این ذخایر به دانه دو جزء تاثیرگذار بر مقدار تخمینی سهم ذخایر ساقه در عملکرد دانه هستند. توانایی ذخیره کربوهیدرات در ساقه بوسیله وزن مخصوص ساقه و طول ساقه تعیین شده و شرایط محیطی قبل و بعد از گرده‌افشانی تا مرحله خطی رشد دانه بر مقدار تجمع کربوهیدرات در ساقه تاثیرگذار است. یکی از عوامل تعیین کننده پتانسیل تجمع کربوهیدرات‌ها در قسمت‌های مختلف ساقه و انتقال مجدد آن‌ها به دانه‌های در حال رشد، وزن مخصوص (نسبت وزن به طول میانگرمه) آن‌ها می‌باشد. با افزایش وزن مخصوص بخش‌های مختلف ساقه، میزان ذخایر آن‌ها برای انتقال مجدد افزایش می‌یابد [۴]. بر اساس نتایج این تحقیق، بیشترین میزان نسبت وزن به طول میانگرمه در ارقام اصلاح شده مشاهده شد (جدول ۴).

بیشترین محتوای کربوهیدرات‌ها نیز در همین ارقام

اصلاح شده مشاهده شد که باعث افزایش فراهمی مواد قابل انتقال به دانه‌ها شد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها با وزن مخصوص میانگرمه سوم و چهارم نیز می‌تواند تأییدی بر همین مطلب باشد. بالاتر بودن این همبستگی بین میزان انتقال مجدد کربوهیدرات‌ها با وزن مخصوص میانگرمه سوم احتمالاً نشان‌دهنده بالاتر بودن نقش میانگرمه سوم در انتقال مجدد قندهای محلول به دانه‌های در حال رشد باشد. این موضوع با نتایج سایر تحقیقات [۲] مطابقت داشت. نتایج نشان می‌دهند که صفات مقاومت فیزیکی ساقه به‌طور مستقیم با محتوای کربوهیدرات‌های موجود در ساقه در ارتباط است و افزایش این صفات در افزایش مقاومت فیزیکی ساقه نقش مؤثری دارد. می‌توان چنین بیان کرد که ارقام اصلاح شده 'خزر'، 'کادوس' و 'گوهر' با داشتن بیشترین قطر متوسط میانگرمه، ضخامت میانگرمه، نسبت وزن به طول میانگرمه و محتوای و کربوهیدرات‌های محلول و غیرمحلول ساقه و سه رقم بومی 'سنگ‌جو'، 'هاشمی' و 'علی‌کاظمی' با داشتن کمترین مقدار این صفات، دارای بیشترین و کمترین مقاومت به شکستگی میانگرمه‌های سوم و چهارم بودند. همچنین با توجه به نتایج بدست آمده به نظر می‌رسد صفاتی که تأثیر بیشتری بر مقاومت به خوابیدگی بوته دارند، با عملکرد دانه نیز همبستگی بالاتری دارند و این موضوع نشان می‌دهد که نقصان عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تأثیر خوابیدگی بوته قرار دارد و می‌توان با تقویت صفات مؤثر بر مقاومت به خوابیدگی بوته‌ها، عملکرد دانه برنج را بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج از نظر مقاومت به خوابیدگی وجود داشت. در بین صفات مورد ارزیابی،

منابع

۱. اله‌قلی‌پور م، محمدصالحی م ص و عبادی ع الف (۱۳۸۳) بررسی تنوع ژنتیکی و طبقه‌بندی ارقام مختلف برنج. علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۴): ۹۸۳-۹۷۳.
۲. سعیدی م، مرادی ف و جلالی هنرمند س (۱۳۹۰) سهم فتوستتز جاری سنبله و برگ‌ها و انتقال مجدد قندهای محلول ساقه در شکل‌گیری عملکرد دانه دو رقم گندم نان در شرایط تنش رطوبتی پس از گرده-افشانی. به‌زراعی نهال و بذر. ۲(۲۷): ۱۹-۱.
3. 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.
4. Blum A, Sinmena J, Mayer G and Shpiler L (1994) Stem reserve mobilization supports wheat grain filling under heat stress. Australian Journal of Plant Physiology. 21: 771-781.
5. 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.
6. Fallah A (2012) Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. International Journal of Agricultural Science. 2(7): 630-634.
7. Hitaka N and Kobayashi H (1992) Studies on the lodging of rice plant. I. Preliminary studies in the impeded translocation in lodged stems. Crop Science Society of Japan. 3: 113-119.
8. Hoshikawa K and Wang SB (1990) Studies on lodging in rice plant I: a general observation on lodged rice culms. Japan Journal of Crop Science. 59(4): 809-814.

ارتفاع بوته با دارا بودن همبستگی منفی و معنی‌دار با مقاومت به شکستگی به تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت تشخیص حساسیت به خوابیدگی بوته برنج در نظر گرفته شود. در واقع شاید حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته با صفاتی مانند قطر، ضخامت و نسبت وزن به طول میانگرم قابل جبران باشد. به نظر می‌رسد که گشتاور خمشی، مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی میانگرم سوم و چهارم می‌توانند صفات مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خوابیدگی بوته باشد. با توجه به نتایج این تحقیق ارقام 'کادوس'، 'خزر' و 'گوهر' در گروه ارقام مقاوم به خوابیدگی قرار داشتند و سه رقم بومی 'سنگ‌جو'، 'هاشمی' و 'علی‌کاظمی' به عنوان ارقام حساس به خوابیدگی ارزیابی گردیدند و سایر ژنوتیپ‌ها از حد متوسط مقاومت در برابر خوابیدگی بوته برخوردار بودند و افزایش ضخامت میانگرم، قطر متوسط میانگرم و افزایش نسبت وزن تر به طول میانگرم از عوامل موثر بر افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه بودند. از سوی دیگر اختلاف معنی‌داری در محتوای کربوهیدرات‌های موجود در ساقه در بین ارقام مختلف برنج وجود داشت و ارقام مقاوم به خوابیدگی نسبت به ارقام حساس تر از محتوای کربوهیدرات بیشتری برخوردار بودند. همچنین افزایش مقاومت فیزیکی ساقه به افزایش محتوای شیمیایی ساقه وابسته بود، بنابراین افزایش قطر میانگرم، افزایش نسبت وزن به طول میانگرم، افزایش تعداد سلول‌های پارانشیمی میانگرم و بالا بودن محتوای کربوهیدرات‌های ساقه را می‌توان از ویژگی‌های مهم بهبود مقاومت به خوابیدگی در ارقام برنج برشمرد. به نظر می‌رسد که از طریق اصلاح ارقامی با خصوصیات فوق می‌توان از کاهش عملکرد دانه ناشی از خوابیدگی بوته‌های برنج پیشگیری نمود.

9. Ishimaru K, Kashiwaga T, Madoka Y, Hirotsu N, Togama E and Ookawa T (2008) New target for rice lodging resistance and its effect in a typhoon. *Planta Journal*. 227:601-609.
10. Islam MS, Peng S, Visperas RM, Erful N, Bhuiya MSU and Julwquar AW (2007) Lodging related morphological trait of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Research*. 101: 240-248.
11. 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.
12. 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.
13. Kashiwagi T, Togawa E and Horotsu N (2008) Improvement of lodging resistance with QTLs for Stem diameter in rice (*Oryza sativa* L.). *Theoretical and Applied Genetics*. 117(5): 749-757.
14. Kono M and Takahashi J (1961) Studies on the relationship between breaking strength and chemical components of Paddy stem. *Journal of Science of Soil and Manure, Japan*. 32: 149-152. (In Japanese with English abstract).
15. Matsu T, Kumazawa K, Ishii R, Ishihara K and Hirata H (1995) *Science of the rice plant*. Vol. 2. Physiology Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo. Japan. 220 pp.
16. Ookawa T, Hobo T, Yano M, Murata K, Ando T, Miura H, Asano K, Ochiai Y, Ikeda M, Nishitani R, Ebitani T, Ozaki H, Angeles ER, Hirasawa T and Matsuoka M (2010) New approach for rice improvement using a pleiotropic QTL gene for lodging resistance and yield. *Nature Communications* 1, Article number:132.
17. Ookawa T, Inaue K, Matsuoka M, Ebitani T, Takarada T, Yamamoto T, Ueda T, Yokoyama T, Sugiyama C, Nakaba S, Funada R, Kato H, Kanekatsu M, Toyota K, Motobayashi T, Vazirzanjani M, Tojo S and Hirasawa T (2014) Increased lodging resistance in long-culm, low-lignin *gh2* rice for improved feed and bioenergy production. *Scientific Reports*. 4: 65-67.
18. SAS (2002) *The SAS system for Windows*. Release 9.0. SAS Inst., Cary, NC. US.
19. Sheligl HQ (1986) Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal*. 47-51. (With English abstract).
20. SPSS (2007) *The SPSS system for Windows*. Release 16.0. SPSS Inc., an IBM Company Headquarters, USA.
21. Tanaka K, Murata K, Yamazaki M, Onosato K, Miyao A and Hirochika H (2003) Three distinct rice cellulose synthase catalytic subunit genes required for cellulose synthesis in the secondary wall. *Plant Physiology*. 133: 73-83.
22. Tavakoli M, Tavakoli H, Azizi MH and Haghayegh GH (2010) Comparison of mechanical properties between two varieties of rice straw. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 2(1): 50-54.
23. Wiangsamut B, Lafarge TA, Mendoza TC and Pasuquin EM (2013) Agronomic traits and yield components associated with broadcasted and transplanted high-yielding rice genotypes. *Esci Journal of Crop Production*. 2: 19-30.
24. Wiersma DW, Opolinger ES and Guy SO (1986) Enviromental and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. *Agronomy Journal*. 78: 761-764.
25. Yang J, Zhang J, Wang Z and Zhu Q (2001) Activities of starch hydtplytic enzymes and sucrose-phosphate synthase in the stems of rice subjected to water stress during grain filling. *Journal of Experimental Botany*. 52: 2169-2179.

26. Zhang FZ, JIN ZX, Ma GH, Shang WN, Liu HY, Xu ML and Liu Y (2010) Relationship between lodging resistance and chemical contents in culms and sheaths of Japonica rice during grain filling. *Rice Science*. 17(4): 311–318.
27. Zhou LH (2006) Effects of stem physiological properties on lodging resistance in hybrid rice. *Journal of Henan Agricultural Science*. (6):20-23.
28. Zou DT, Qiu TQ, Zhao HW and Cui CH (1997) Correlation and pathanalysis on the lodging index and other characters in rice. *Journal of Northeast Agricultural University*. 28(2): 112–118.
29. Zuber U, Winzeler H, Messmer M.M, Keller M, Keller B, Schmid JE and Stamp P (1999) Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agronomy of Crop Science*. 182: 17-24.