نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال هفتم / شماره سوم / پاییز ۱۳۹۶

اثر پرایمینگ بذر بر شاخص‌های خوابیدگی بوته دو رقم برنج (*Oryza sativa* L.) در روش کشت مستقیم

حسن اخگری[۱]، مسعود اصفهانی[۲*]، غلامرضا محسن‌آبادی[۳] و علی اعلمی[۳]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۹/۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱/۱۶)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تیمارهای پرایمینگ بذر بر صفات و شاخص‌های خوابیدگی در شیوه‌های کاشت مستقیم برنج، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار به‌مدت دو سال (۱۳۹۲ و ۱۳۹۳) در مزرعهٔ آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. عامل اول؛ دو رقم برنج (خزر و هاشمی) و عامل دوم؛ در ده سطح (هشت تیمار پرایمینگ به‌ترتیب: t_1- هیدروپرایمینگ، t_2- اسید آسکوربیک، t_3- اسید سالیسیلیک، t_4- کلرید کلسیم، t_5- پرایمینگ با سرما، t_6- پرایمینگ با گرما + سرما، t_7- پوشش‌دار کردن بذر، t_8- بذر خشک بدون پرایم) که همگی این تیمارها در نوار بذر قرار داده شدند و دو تیمار، t_9- کاشت مستقیم (خطی) بذر جوانه‌دار شده بدون نوار و t_{10}- نشاءکاری (گیاهچه‌های ۲۵ روزه) بودند. در این مطالعه، خصوصیات مورفولوژیک و شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی بوته مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد، بین صفات مورفولوژیک و شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی بوته در دو رقم و در تیمارهای مختلف پرایمینگ تفاوت معنی‌دار وجود دارد. رقم خزر با عملکرد دانه ۵۱۴۲ کیلوگرم در هکتار و مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم (به‌ترتیب با ۵۴۹ و ۷۰۴ نیوتن) دارای مقاومت به خوابیدگی بالاتری نسبت به رقم هاشمی بود. بین شیوه‌های کاشت (مستقیم و نشاءکاری) از نظر مقاومت به خوابیدگی تفاوت معنی‌داری مشاهده شد. بیشترین شاخص گشتاور خمشی در میانگره سوم و چهارم به‌ترتیب با ۱۰۶۰ و ۱۷۰۸ گرم بر سانتی‌متر مربوط به تیمار نشاءکاری بود. تیمار هیدروپرایمینگ سبب افزایش چشمگیر در ضخامت دیواره میانگره چهارم در رقم خزر بود. به‌طورکلی می‌توان بیان نمود، تیمارهای پرایمینگ در ایجاد مقاومت به خوابیدگی بوته در سه روش کاشت (کاشت مستقیم با نوار بذر، کاشت مستقیم خطی و کاشت نشائی) و در ارقام مختلف اثرگذاری متفاوت دارند.

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

۱، ۲ و ۳. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و استادیاران، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان
*. مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: esfahani@guilan.ac.ir

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از غلات عمده جهان است. بیش از نصف مردم جهان از آن به‌عنوان غذا استفاده می‌کنند (۸). کاشت مستقیم برنج نسبت به انتقال نشاء از خزانه به مزرعه از سرعت کار بیشتری برخوردار است (۱۵ و ۲۰). کاشت مستقیم دارای مزایایی چون حذف عملیات و هزینه کارگری در خزانه‌گیری و نگهداری خزانه، نشاءکاری و سایر مسایل مربوط به آب و خاک است (۱۲ و ۱۵). یکی از روش‌های جدید در کاشت مستقیم برنج، استفاده از نوار بذر برنج است. روش نوار بذر از نظر نحوه اجرا و گروه کاری به دو مرحله تقسیم می‌شود: اولاً تولید نوارهای بذر که طی آن از روش دستی و یا استفاده از ماشین‌های خاص برای تولید نوار بذر استفاده می‌شود. این کار در هر نوع مکانی در خارج از فصل زراعی قابل انجام است. ثانیاً در مزرعه می‌توان نوارهای حاوی بذر را مستقیماً به روش دستی و یا با استفاده از ماشین‌های مخصوص کاشت نوار بذر، در داخل خاک قرار داد. روش نوار بذر تضمین کننده فاصله‌های کاشت بذر در بین ردیف و روی ردیف و تعداد بذر در واحد سطح است (۹). نتایج حاصل از یک آزمایش نشان داد، تفاوت معنی‌داری در عملکرد چهار روش کاشت (کاشت مستقیم با نوار بذر در زمین خشک، کاشت مستقیم با نوار بذر در مزرعه گل‌خراب شده، کاشت مستقیم سنتی بذر در زمین خشک و کاشت سنتی نشائی در زمین گل‌خراب شده) وجود نداشت. استفاده از روش کاشت مستقیم با استفاده از نوار بذر باعث کاهش طول دوره رشد گیاه و مدت زمان عملیات بذرکاری شده و تولید آسان و ساده نوار در خارج از فصل زراعی در محیط خارج از مزرعه، از مزیت‌های اصلی این روش محسوب می‌شود (۹). روش‌های مختلف پرایمینگ بذر باعث کارآمدی در تولید برنج گردیده و یکنواختی در جوانه‌زنی و عملکرد و کیفیت بهتر را به‌دنبال داشته‌اند (۴). نوآوری‌هایی در زمینه استقرار هرچه بهتر گیاهچه در کاشت مستقیم بذر برنج توسط محققان مختلف صورت گرفته است، ازجمله رطوبت‌دهی و خشکاندن بذر (۱۲)، سرمادهی (۳)، شوک دمایی، هوادهی، تیمار هورمونی و استفاده از مواد ایجاد کننده پتانسیل اسمزی را می‌توان نام برد (۹). یکی از مشکلات اصلی در زراعت برنج که باعث کاهش عملکرد آن می‌شود، خوابیدگی بوته است. خوابیدگی بوته باعث کاهش ۲۶ درصدی عملکرد برنج می‌شود (۱۶). بنابراین می‌توان بیان داشت که مقاومت به خوابیدگی بوته، به سه عامل بستگی دارد: پتانسیل ژنتیکی رقم که با خصوصیاتی همچون صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با مقاومت به خوابیدگی ارتباط دارد، عوامل محیطی نظیر باد و باران و شیوه کاشت و غیره که می‌تواند در میزان خوابیدگی اثرگذار باشند و عوامل مدیریتی نظیر تغذیه، تراکم بذر و عوامل تحریک کننده بذر مانند پرایمینگ و مواد ضد رشد که در تغییر مقاومت به خوابیدگی نیز دخالت دارند. بررسی سایر محققین در ارتباط با عوامل ژنتیکی بیان شده است، 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 (۱۶). همچنین بیان شده است، تنوع ژنتیکی زیادی در صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بین برنج‌های هیبرید و غیر هیبرید وجود دارد و در این رابطه، صفات مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی در گره‌های پایین‌تر، رابطه نزدیکی با مقاومت به خوابیدگی در سطح مزرعه دارند (۱۴). در بررسی دیگر نشان داده شد، صفات تعداد گره، ضخامت دیواره میانگره، تعداد دستجات آوندی، ترتیب قرارگیری منظم‌تر دستجات آوندی، اندازه ساقه، قطر ساقه، خصوصیات مکانیکی ضریب شکستگی و ضریب کشسانی در ارقام نیمه پاکوتاه بیشتر بوده و درنتیجه مقاومت بیشتری نسبت به خوابیدگی بوته نشان دادند (۲۲). در میان خصوصیات مورفولوژیک، وزن و قطر ساقه به‌طور مستقیم با مقاومت به خوابیدگی و استحکام ساقه به شکستگی همبستگی دارد (۲۵). در خصوص عوامل محیطی نیز بیان شد، شرایط نامساعد آب و هوایی مانند وزش باد و بارندگی‌های سنگین در اواخر دوره رویش گیاه (مقارن با

مرحله خوشه‌دهی)، باعث خوابیدگی بوته و به‌دنبال آن ایجاد اختلال در پر شدن دانه‌ها در اثر قطع شدن مسیر انتقال شیره پرورده در آوندها، زنده‌زایی (جوانه‌زنی بذر روی خوشه)، شیوع بیماری‌ها و در مجموع کاهش عملکرد می‌شود (۱۸). در خصوص عامل محیطی روش کاشت، در سال‌های اخیر مشاهده گردید، خوابیدگی اغلب در روش کاشت مستقیم برنج بیشتر از کاشت نشائی است (۵) و کاشت مستقیم برنج نسبت به کاشت نشائی به خوابیدگی حساس‌تر و مستعدتر می‌باشد (۲۲). در خصوص عامل مدیریتی نیز بیان شد، زیاد بودن تراکم بوته، موجب افزایش تعداد خوشه در واحد سطح و کاهش وزن دانه در خوشه می‌شود، بنابراین افزایش تراکم بوته بر سایر صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد و مقاومت به خوابیدگی مؤثر است (۲۴). در خصوص کاربرد مواد تحریک کننده بذر و پرایمینگ به‌منظور افزایش مقاومت به خوابیدگی، اظهارنظری ارائه نگردیده است. در خصوص استفاده از مواد شیمیایی تحت عنوان مواد ضد رشد به‌منظور ایجاد مقاومت به خوابیدگی گزارش شد که تنظیم رشدونمو بوته‌ها با استفاده از مواد کند کننده رشد نظیر کلرمکوات کلرید (سایکوسل) به‌منظور کاهش ارتفاع بوته و افزایش مقاومت به خوابیدگی از راه‌های حصول عملکرد بالاتر است (۲۲). تحقیق حاضر برای مقایسه اثر تیمارهای پرایمینگ بذر (عامل مدیریتی) بر شاخص‌های خوابیدگی بوته در دو رقم برنج (عامل ژنتیکی)، در روش‌های کاشت نشائی و کاشت مستقیم (عامل محیطی) است، برای این منظور، ارزیابی صفات زراعی، خصوصیات مورفولوژیک و شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه شرقی و ارتفاع ۶۱ + متر از سطح دریا اجرا شد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل دو رقم برنج خزر (اصلاح‌شده) و هاشمی (بومی) بود. این دو رقم ازنظر گروه رسیدگی، به‌ترتیب دیررس و متوسطرس بوده و خصوصیات کیفی آنها از قبیل اندازه، شکل دانه، کیفیت پخت و کیفیت تبدیل متفاوت است و ازنظر مقاومت به خوابیدگی، رقم خزر به‌عنوان رقم مقاوم و رقم هاشمی به‌عنوان رقم حساس به خوابیدگی بوته می‌باشند که از مؤسسه تحقیقات برنج کشور تهیه و ارزیابی شدند (۲). عامل دوم؛ ده تیمار ($t_1 - t_{10}$) شامل: هشت روش پرایمینگ بذر که در کلیه آنها، بذرها به‌صورت نوار بذر درآمده و کشت شدند. تیمار کاشت مستقیم بذر جوانه‌دار، بدون نوار بذر و تیمار نشاءکاری (شاهد) نیز در نظر گرفته شدند. تیمارهای پرایمینگ با هوادهی به‌مدت ۴۸ ساعت عبارت بودند از: تیمار بذر در آب مقطر (t_1: هیدروپرایمینگ)، در محلول ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسید آسکوربیک (t_2: اسید آسکوربیک)، در محلول ۱۰ میلی‌گرم در لیتر اسید سالیسیلیک (t_3: اسید سالیسیلیک)، محلول ۲۲/۲ گرم در لیتر کلرید کلسیم($CaCl_2$) (t_4: کلرید کلسیم)، ۲۴ ساعت در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد (t_5: پرایمینگ با سرما)، ابتدا به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۴۰ درجه سانتی‌گراد و سپس در محیط سرد (۲۰- درجه سانتی‌گراد) (t_6: پرایمینگ با گرما + سرما)، بذرهای هیدروپرایم‌شده با ترکیبی از مواد مغذی و محافظت کننده پوشش داده شد (ترکیبی از پودر معدنی سولفات کلسیم (گچ) ($CaSO_4$) ۳۰ درصد + کربنات کلسیم ۳۰ درصد + صمغ عربی (۳۰ درصد) + عناصر غذایی (سولفات روی $ZnSO_4$ ۱۰ میلی‌مولار + نانوکلات آهن + قارچ‌کش متالاکسیل‌ام (Metalaxyl-M) به نسبت دو در هزار) (t_7: بذر پوشش‌دار)، بذر خشک (t_8: بذر خشک بدون پرایم)، خیساندن و جوانه‌دار کردن بذر مشابه شرایط زارع (t_9: بدون پیش‌تیمار و بدون نوار بذر) و گیاهچه‌های ۲۵ روزه (t_{10}: نشاءکاری). تعداد ۱۱۰ بذر پرایمینگ شده در هر متر طول نوار (کاغذ ۷۰ گرمی) به‌صورت دستی در دو لایه نوار قرار داده شد (شکل ۱) و سپس نوارها تا

جدول ۱. مشخصات خاک مزرعه محل اجرای آزمایش

عمق نمونه (سانتی‌متر)	رس	سیلت	شن	کربن آلی	نیتروژن کل	فسفر	پتاسیم	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$
	(درصد)					(میلی‌گرم در کیلوگرم)			
۰-۱۵	۴۶	۴۹	۵	۱/۷	۰/۱۷	۸/۱	۱۳۵	۶/۱۶	۰/۶۷

شکل ۱. نوار بذر برنج

زمان کاشت در دمای ۷ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. بذرها در ۲۰ اردیبهشت هر دو سال آزمایش در زمین اصلی آماده‌سازی شده در کرت‌هایی به مساحت ۱۵ مترمربع (۳ × ۵ متر) در ۱۶ خط ۳ متری با فاصله ۳۰ سانتی‌متر با تراکم ۳۳۰ بذر در مترمربع (با مصرف ۱۵ تا ۲۰ کیلوگرم بذر در هکتار) کشت شدند (۲۱). برای تیمار نشاءکاری، در دهه سوم فروردین بذرپاشی خزانه انجام و گیاهچه‌های ۲۵ روزه با تراکم ۲۲ کپه در مترمربع (هم‌زمان با کاشت مستقیم) با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی‌متر نشاءکاری شدند. در طول دوره رشد، مزرعه عاری از هرگونه آفت، بیماری، علف‌های هرز و کمبود عناصر غذایی نگهداری شد. یک روز قبل از کاشت، مقادیر ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم براساس نتایج آزمون تجزیه خاک (جدول ۱) به کلیه کرت‌ها افزوده شد. ۳۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در هکتار در زمان حداکثر پنجه‌زنی و ۳۰ کیلوگرم در هکتار در زمان ظهور خوشه به‌صورت سرک و به‌طور یکنواخت در زمین پخش شدند.

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، در پنج ساقه اصلی از بوته‌های هر کرت طول خوشه و میانگره‌ها به‌ترتیب و از بالا به پایین (۱= پدانکل، ۲= ماقبل‌آخر، ۳ و ۴) برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. وزن تر و خشک خوشه، برگ و میانگره‌ها با ترازوی حساس اندازه‌گیری شد. وزن تر میانگره‌ها (همراه با غلاف برگ) اندازه‌گیری شد. محاسبه ضخامت دیواره میانگره‌های۱، ۲، ۳ و ۴ بدون غلاف برگ، با استفاده از کولیس برحسب میلی‌متر اندازه‌گیری گردید (۱۱). در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع ۵ بوته از هر کرت از ناحیه طوقه تا نوک بلندترین خوشه (بدون احتساب ریشک) با استفاده از خط‌کش و برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. تعداد پنجه‌ها در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، مساحت یک مترمربع در هر کرت

به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد پنجه‌های کل و مؤثر شمارش شدند (۱۴). در مرحله رسیدگی، بوته‌های شش مترمربع از مرکز هر کرت برداشت شد و پس از خرمن‌کوبی، عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. وزن هزار دانه با توزین ۱۰۰۰ دانه پر تصادفی، از شلتوک‌های ناحیه برداشت نهایی هر کرت به‌دست آمد. تعداد ۵ عدد خوشه از هر کرت انتخاب و با مشخص کردن تعداد دانه‌های پر و پوک، درصد پوکی، تعداد کل دانه در هر خوشه محاسبه شد (۱۱).

مقاومت به شکستگی میانگره‌ها با استفاده از دستگاه نیروسنج (Lutron FG500A, Taiwan) و براساس میزان نیروی (نیوتن) لازم برای شکستن میانگره‌های ۳ و ۴ بدون غلاف برگ اندازه‌گیری شد (۱۴).

شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از رابطه‌های زیر محاسبه گردید (رابطه‌های ۱ و ۲):

(۱) شاخص خوابیدگی میانگره سوم = (مقاومت به شکستگی میانگره سوم / گشتاور خمشی میانگره سوم) × ۱۰۰

(۲) شاخص خوابیدگی میانگره چهارم = (مقاومت به شکستگی میانگره چهار / گشتاور خمشی میانگره چهارم) × ۱۰۰

گشتاور خمشی (Bending moment) در میانگره‌های سوم و چهارم هر ساقه به‌ترتیب زیر محاسبه گردید:

(۳) گشتاور خمشی میانگره سوم = طول میانگره سوم از گره زیرین تا نوک خوشه × (وزن تر خوشه و وزن تر میانگره‌های ۱ و ۲ با برگ و غلاف + وزن تر میانگره ۳)

(۴) گشتاور خمشی میانگره چهارم = طول میانگره چهارم × (وزن تر خوشه و وزن تر میانگره‌های ۱ و ۲ با برگ و غلاف + وزن تر میانگره ۳ + وزن تر میانگره ۴)

مقیاس ارزیابی شدت خوابیدگی؛ مقیاس ۱: بدون خوابیدگی، مقیاس ۳: ۱۰-۰ درصد، مقیاس ۵: ۲۵-۱۱ درصد، مقیاس ۷: ۵۰-۲۶ درصد و مقیاس ۹: ۱۰۰ درصد خوابیدگی (۱۴).

داده‌های به‌دست‌آمده پس از ارزیابی آزمون همگنی واریانس اشتباه آزمایشی (F Max) تجزیه واریانس شدند. تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 2002 و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس شاخص‌های خوابیدگی، صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در دو رقم برنج خزر و هاشمی (جدول ۲) نشان داد که کلیه صفات در این دو رقم در سطح یک درصد معنی‌دار بودند. مقایسه میانگین صفات و شاخص‌های خوابیدگی در دو رقم خزر و هاشمی نشان داد که رقم خزر با عملکرد دانه ۵۱۴۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم هاشمی با عملکرد ۴۳۳۵ کیلوگرم در هکتار ضمن داشتن عملکرد دانه بالاتر، در شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی نیز از مطلوبیت معنی‌دار برخوردار بود. با بررسی ارقام مختلف بومی و اصلاح‌شده، ارقام برنج از نظر طول ساقه، طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم اختلاف معنی‌داری دارند (۶). رقم خزر از لحاظ مقاومت به خوابیدگی، در مقایسه با ارقام دیگر مقاومت بیشتری دارد (۷). به‌نظر می‌رسد، بالاتر بودن سه خصوصیت (قطر کوچک، قطر بزرگ و قطر متوسط)، همچنین بالا بودن ضخامت دیواره میانگره‌های سوم و چهارم در رقم خزر موجب افزایش مقاومت به شکستگی این رقم گردیده است. به‌نظر می‌رسد، این امر در اثر افزایش مقدار کربوهیدرات‌های غیرساختمانی در میانگره‌های مذکور در این رقم باشد؛ بالاتر بودن قطر کوچک، بزرگ، متوسط قطر میانگره و ضخامت دیواره در رقم خزر موجب افزایش مقاومت میانگره‌های سوم و چهارم در این رقم گردیده است، این موضوع می‌تواند در اثر افزایش مقدار کربوهیدرات‌های غیر ساختمانی در میانگره‌های مختلف این رقم باشد، که موجب تغییر در چگالی میانگره‌ها نیز شده است. در گزارشی بیان شد که کربوهیدرات‌های غیرساختمانی باعث استحکام و افراشتگی ساقه در برنج می‌شود (۱۹). همچنین بیان گردید که خوابیدگی وابسته به طول، قطر و ضخامت میانگره‌ها است و محتوای

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس میانگین مربعات شاخص‌های خوابیدگی در دو رقم خزر و هاشمی در تیمارهای پرایمینگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	گشتاور خمشی میانگره سوم	گشتاور خمشی میانگره چهارم	مقاومت به شکستگی میانگره سوم	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم	شاخص خوابیدگی میانگره سوم	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم	مقیاس شدت خوابیدگی
رقم	۱	۵۸۱۲۶۷۶۴**	۱۷۵۹۸۴۶۱**	۴۳۷۲۱۸۵**	۵۱۱۸۳۲۹**	۲۵۹۶۷۱۲**	۱۶۶۰۷۰۴**	۸۷۴/۲**
تیمار	۹	۷۱۱۵۳**	۱۷۴۱۳۶**	۲۰۱۵۵ns	۷۱۶۷۱ns	۶۲۰۹۱ns	۱۴۳۰۷۹ns	۹/۱**
رقم × تیمار	۹	۴۰۹۶۷ns	۱۰۹۶۹۷ns	۱۴۶۱۵ns	۲۶۳۷۹ns	۲۶۴۰۲ns	۵۲۱۵۹ns	۲/۹ns
سال × رقم	۱	۷۰۳۹ns	۳۲۶۵ns	۲۶۶۴۲۴**	۵۴۸۷ns	۱۳۸۹۰۱۶**	۶۵۰۴۰۵ns	۹۳/۰۲**
سال × تیمار	۹	۲۲۶۴۹ns	۷۵۲۳۲ns	۲۴۵۴۰ns	۵۱۷۵۴ns	۲۴۹۲۴ns	۱۲۴۸۲۹ns	۳/۲ns
سال × رقم × تیمار	۹	۱۹۷۷۲ns	۶۵۳۶۴ns	۲۳۹۳۱ns	۲۸۴۶۶ns	۲۶۸۵۲ns	۱۷۴۷۱۳ns	۵/۸*
اشتباه ۲	۱۱۴	۲۹۵۶۵	۸۱۹۶۰	۲۱۳۰۰	۲۸۳۶۷	۶۰۵۵۴	۱۱۳۰۷۳	۲/۴
ضریب تغییرات (٪)	-	۱۷	۱۸	۳۸	۳۷	۶۴	۷۵	۲۹

ns ، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌داربودن و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

لیگنین از خصوصیات مؤثر در مقاومت به خوابیدگی بوته محسوب می‌شود (۱۷).

تجزیه واریانس صفات و شاخص‌های خوابیدگی بوته در تیمارهای پرایمینگ بذر (جدول ۲) نشان داد که اثر تیمارهای پرایمینگ بر صفات گشتاور خمشی و شاخص شدت خوابیدگی، قطر بزرگ و کوچک میانگره اول و دوم، قطر متوسط میانگره چهارم و ضخامت میانگره دوم و صفات وزن تر و خشک خوشه، در سطح یک درصد و قطر کوچک میانگره سوم در سطح پنج درصد معنی‌دار بودند. برهم‌کنش رقم در تیمار نیز در صفات قطر بزرگ و کوچک میانگره اول، قطر کوچک میانگره دوم، قطر متوسط میانگره چهارم و ضخامت دیواره میانگره دوم و چهارم و صفت وزن تر خوشه در سطح یک درصد معنی‌دار بود.

مقایسه میانگین شاخص‌های خوابیدگی بوته در تیمارهای پرایمینگ بذر (جدول ۳)، نشان داد که بالاترین گشتاور خمشی در میانگره‌های سوم و چهارم در تیمار نشائی و کمترین مقدار آن در هر دو میانگره در تیمار بذر پوشش‌دار شده است. صفت قطر کوچک میانگره سوم در تیمار نشائی، بالاترین قطر (۴/۵۲ میلی‌متر) و کمترین قطر کوچک میانگره سوم در تیمار بذر خشک بدون پرایمینگ با ۴/۰۷ میلی‌متر مشاهده شد. بیشترین وزن خشک خوشه در تیمار نشائی به مقدار ۳/۰۳ گرم بود و کمترین آن نیز در تیمار بذر خشک بدون پرایمینگ و تیمار بذر پوشش‌دار شده است.

نتایج مقایسه میانگین صفات در تیمارهای مختلف پرایمینگ بذر (جدول ۳) نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در تیمارهای پرایمینگ است. این تیمارها در صفات مختلف، نتایج متفاوتی نشان دادند. نکته قابل توجه تفاوت اساسی بین تیمار کشت نشائی و تیمارهای کشت مستقیم بود. همچنین مشاهده گردید که تفاوت‌ها بین تیمارهای پرایمینگ در روش کاشت مستقیم نیز معنی‌دار است، این نشان‌دهنده اثرگذاری تیمارهای پرایمینگ بر صفات و شاخص‌های خوابیدگی است. نتیجه قابل بیان این است، که پرایمینگ بر خصوصیات مورفولوژیک و شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی اثرگذار بود، ولی برآیند اثرگذاری‌های این نوع تیمارها در روش کاشت مستقیم از مطلوبیت برخوردار نیست. به‌نظر می‌رسد که این امر ناشی از غیر مؤثر بودن، افزایش قدرت فتوسنتزی و یا در اثر تغییر در مسیر انتقال مواد فتوسنتزی به بخش‌ها و یا اندام‌های غیر مؤثر در مقاومت به خوابیدگی در اثر تیمارهای پرایمینگ در کاشت مستقیم باشد. به‌عنوان مثال می‌توان افزایش قطر کوچک میانگره سوم در اثر تیمار کلرید کلسیم در کشت مستقیم را نام برد که می‌تواند ناشی از افزایش سهم مواد پرورده سلول‌های میانگره سوم باشد که موجب استحکام ساقه در برابر خوابیدگی شد. این موضوع در بیان سایر محققین نیز آمده است، تیمارهای پرایمینگ در ایجاد رشد سلول و ترکیب ساختمانی سلول‌های میانگره‌ها اثرگذار است (۱۱). برآیند اثر این تیمار در میانگره سوم نتوانست ایجاد کننده مقاومت در این تیمار، عدم خوابیدگی را در کاشت مستقیم ایجاد نماید.

ارزیابی مقایسه میانگین صفات در برهم‌کنش رقم در تیمار پرایمینگ (جدول ۴) نشان داد که بیشترین قطر بزرگ میانگره اول در تیمار هیدروپرایمینگ در رقم خزر مشاهده شد و کمترین قطر بزرگ در تیمار اسید سالسیلیک در رقم هاشمی مشاهده شد. بیشترین ضخامت میانگره‌های دوم و چهارم به‌ترتیب با ۰/۷۱ و ۰/۵۳ میلی‌متر در تیمار هیدروپرایمینگ در رقم خزر و کمترین ضخامت در میانگره دوم با ۰/۳۰۷ میلی‌متر در تیمار پرایمینگ با کلرید کلسیم در رقم هاشمی و در میانگره چهارم در تیمار نشائی رقم هاشمی با ۰/۲۰۲ میلی‌متر مشاهده شد. بیشترین وزن تر خوشه در تیمار هیدروپرایمینگ در رقم خزر و کمترین مقدار آن در تیمار بذر خشک بدون پرایمینگ است. همچنین مشاهده شد که در رقم خزر کلیه تیمار های کشت مستقیم با تفاوت معنی‌دار نسبت به تیمار نشاءکاری در یک گروه مشابه قرار دارند. رفتار رقم هاشمی از الگوی بالا پیروی نکرده و صفات بالا در تیمارهای مختلف، واکنش‌های متفاوتی نشان دادند و در کلیه صفات و شاخص‌ها بالاترین مقدار در رقم هاشمی به تیمارهای کشت مستقیم تعلق داشت.

جدول ۳. مقایسه میانگین شاخص‌های خوابیدگی بوته در تیمارهای پرایمینگ بذر

صفات و شاخص‌ها / تیمارها	قطر کوچک میانگره ۳ (میلی‌متر)	گشتاور خمشی میانگره ۳ (گرم بر سانتی‌متر)	گشتاور خمشی میانگره ۴ (گرم بر سانتی‌متر)	مقیاس شدت خوابیدگی	وزن خشک خوشه (گرم)
t_1- هیدروپرایمینگ	۴/۳۴^{ab}	۱۰۲۳^{ab}	۱۶۶۸^{ab}	۴/۳۷^{cd}	۲/۵۸^{b}
t_2- اسید آسکوربیک	۴/۲۴^{ab}	۹۱۰^{bcd}	۱۵۳۳^{abc}	۵/۳۷^{abc}	۲/۵۵^{b}
t_3- اسید سالیسیلیک	۴/۱۷^{ab}	۹۵۵^{abcd}	۱۵۹۷^{abc}	۵/۶۲^{abc}	۲/۵۵^{b}
t_4- کلرید کلسیم	۴/۴۸^{ab}	۹۹۹^{abc}	۱۶۶۵^{ab}	۴/۵۷^{bcd}	۲/۵۲^{b}
t_5- پرایمینگ با سرما	۴/۴۰^{ab}	۱۰۰۳^{abc}	۱۶۸۴^{ab}	۵/۷۵^{abc}	۲/۴۷^{b}
t_6- پرایمینگ با گرما + سرما	۴/۴۳^{ab}	۱۰۰۷^{abc}	۱۶۵۸^{abc}	۵/۲۵^{abcd}	۲/۴۴^{b}
t_7- پوشش‌دار کردن بذر	۴/۱۵^{ab}	۸۵۳^{d}	۱۴۳۹^{c}	۶/۰۰^{ab}	۲/۳۵^{b}
t_8- بذر خشک و بدون پرایمینگ	۴/۰۷^{b}	۸۹۶^{cd}	۱۴۸۳^{bc}	۶/۳۷^{a}	۲/۳۳^{b}
t_9- کاشت مستقیم بستی خطی	۴/۱۲^{ab}	۹۱۰^{bcd}	۱۴۴۴^{c}	۵/۶۲^{abc}	۲/۳۳^{b}
t_{10}- تیمار نشاکاری	۴/۵۲^{a}	۱۰۶۰^{a}	۱۷۰۸^{a}	۳/۸۷^{d}	۳/۰۳^{a}

مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است و در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

جدول ۴. مقایسه میانگین صفات در برهمکنش تیمارهای پرایمینگ بذر و دو رقم برنج خزر و هاشمی

تیمارها / صفات	قطر بزرگ میانگره ۱ (میلی‌متر)	قطر کوچک میانگره ۱ (میلی‌متر)	قطر کوچک میانگره ۲ (میلی‌متر)	قطر متوسط میانگره ۴ (میلی‌متر)	ضخامت میانگره ۲ (میلی‌متر)	ضخامت میانگره ۴ (میلی‌متر)	وزن تر خوشه (گرم)
خزر × تیمار ۱	۲/۹۲^{a}	۲/۸۸^{a}	۴/۶۸^{a}	۶/۶۳^{abc}	۰/۷۱^{a}	۰/۵۳^{a}	۴/۸۱^{a}
خزر × تیمار ۲	۲/۶^{i}	۲/۴۳^{h}	۴/۱۴^{i}	۶/۲۷^{abcd}	/۵۷^{g}	۰/۵^{d}	۳/۶۰^{j}
خزر × تیمار ۳	۲/۷۴^{e}	۲/۵۶^{c}	۴/۳۳^{f}	۶/۲۲^{abcd}	۰/۵۵^{h}	۰/۵۲^{b}	۴/۳۳^{d}
خزر × تیمار ۴	۲/۸۱^{b}	۲/۵۳^{e}	۴/۵۷^{b}	۶/۷۳^{ab}	۰/۶۳^{c}	۰/۵۱^{c}	۳/۷۱^{t}
خزر × تیمار ۵	۲/۷۱^{f}	۲/۵۴^{d}	۴/۴۲^{d}	۶/۵۱^{abcd}	۰/۵۸۷^{f}	۰/۴۹۲^{e}	۴/۲۰^{e}
خزر × تیمار ۶	۲/۷۶^{c}	۲/۵۳^{f}	۴/۳۸^{e}	۶/۷۰^{ab}	۰/۶۴۲^{b}	۰/۴۹^{f}	۴/۴۰^{c}
خزر × تیمار ۷	۲/۶۱^{h}	۲/۳۹^{j}	۴/۱۳^{j}	۶/۶۲^{abc}	۰/۶۱۷^{d}	۰/۴۷^{g}	۳/۸۹^{h}
خزر × تیمار ۸	۲/۵۸^{j}	۲/۴۰^{i}	۴/۲۶^{h}	۶/۲۱^{abcd}	۰/۵۷^{d}	۰/۴۱^{j}	۴/۱۷^{f}
خزر × تیمار ۹	۲/۷۶^{d}	۲/۵۹^{b}	۴/۲۶^{g}	۶/۰۰^{abcd}	۰/۶۱^{e}	۰/۴۶۲^{h}	۴/۰۰^{g}
خزر × تیمار ۱۰	۲/۶۸^{g}	۲/۵۱^{g}	۴/۵۰^{c}	۷/۲^{a}	۰/۵۴۷^{i}	۰/۴۱۷^{i}	۴/۶۵^{b}
هاشمی × تیمار ۱	۱/۷۲^{s}	۱/۸۰^{p}	۳/۱۴^{p}	۶/۱۸^{abcd}	۰/۳۶۵^{o}	۰/۲۵^{q}	۲/۷۶^{o}
هاشمی × تیمار ۲	۱/۹۶^{o}	۱/۷۶^{q}	۲/۶۲^{t}	۶/۱۷^{abcd}	۰/۳۹۱^{l}	۰/۲۷^{n}	۲/۶۹^{p}
هاشمی × تیمار ۳	۱/۶۹^{t}	۱/۶۸^{r}	۲/۷۳^{s}	۶/۲۲^{abcd}	۰/۳۹۲^{k}	۰/۲۶^{o}	۲/۴۴^{q}
هاشمی × تیمار ۴	۲/۲۱^{k}	۱/۸۳^{n}	۳/۵۱^{k}	۵/۴^{bcd}	۰/۳۰۷^{r}	۰/۳۳^{m}	۲/۸۱^{n}
هاشمی × تیمار ۵	۱/۹۵^{p}	۲^{k}	۳/۲۲^{o}	۵/۹۷^{abcd}	۰/۳۶^{p}	۰/۲۵۵^{p}	۲/۸۵^{m}
هاشمی × تیمار ۶	۱/۹۸^{n}	۱/۸۳^{m}	۳/۳۲ m	۶/۱۸^{abcd}	۰/۴۵۲^{j}	۰/۳۵۱^{l}	۲/۹۱^{l}
هاشمی × تیمار ۷	۱/۸۲^{r}	۱/۵۸^{s}	۳/۰۵ q	۶/۱۸^{abcd}	۰/۳۷۲^{n}	۰/۲۲۰^{s}	۲/۴۰^{r}
هاشمی × تیمار ۸	۱/۸۶^{q}	۱/۵۰^{t}	۲/۷۶ r	۴/۹۸^{d}	۰/۳۸^{m}	۰/۲۴۵^{r}	۱/۹۸^{s}
هاشمی × تیمار ۹	۲/۰۷^{l}	۱/۹۱^{l}	۳/۲۳ n	۵/۹۷^{abcd}	۰/۳۹۲^{k}	۰/۳۶۲^{k}	۲/۸۱^{n}
هاشمی × تیمار۱۰	۲/۰۳^{m}	۱/۸۲^{o}	۳/۵۱ l	۵/۰۸^{cd}	۰/۳۲^{q}	۰/۲۰۲^{t}	۳/۱۷^{k}

تیمارهای آزمایشی: (t_1– هیدروپرایمینگ، t_2– اسید آسکوربیک، t_3– اسید سالیسیلیک، t_4– کلرید کلسیم، t_5– پرایمینگ با سرما، t_6– پرایمینگ با گرما + سرما، t_7– پوشش‌دار کردن بذر، t_8– بذر خشک و بدون پرایمینگ) که کلیه هشت تیمار در نوار قرار داده شدند و دو تیمار بعدی شامل: t_9– کاشت مستقیم سنتی خطی بذر جوانه‌دار شده و t_{10}– تیمار نشاءکاری. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شده است و در هر ستون میانگین‌های با حروف مشابه تفاوت معنی‌داری ندارند.

به‌عنوان‌مثال بالاترین ضخامت میانگره اول و دوم به تیمار بدون پرایمینگ تعلق دارد و بالاترین ضخامت میانگره چهارم در رقم هاشمی مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ است.

با بررسی نتایج برهم‌کنش تیمارهای پرایمینگ با دو رقم خزر و هاشمی (جدول ۴) مشاهده می‌شود، وجود اختلاف معنی‌دار در صفات فوق می‌تواند در اثر تأثیر تیمارهای پرایمینگ یا روش‌های کشت باشد که قبلاً نیز به آن اشاره شد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در صفت قطر بزرگ میانگره‌ها، وزن تر خوشه و همچنین در صفت ضخامت میانگره چهارم در بین تیمارهای مختلف پرایمینگ، تیمار هیدروپرایمینگ در رقم خزر بالاترین میزان را داشت و این در حالی است که این صفات در رقم هاشمی در تیمار پرایمینگ با کلریدکلسیم بالاترین قطر بزرگ میانگره اول را به خود اختصاص داد. این نتیجه نشان‌دهنده عکس‌العمل متفاوت ارقام به تیمارهای پرایمینگ و همچنین اثرات متفاوت پرایمینگ‌ها است. به‌نظر می‌رسد که این تأثیر در رقم خزر و هاشمی ناشی از افزایش چگالی و اندازه سلول‌های میانگره‌های مذکور باشد. به‌عبارت‌دیگر، تیمارهای هیدروپرایمینگ و تیمار پرایمینگ با کلرید کلسیم در افزایش چگالی میانگره‌ها مؤثر بودند که در گزارش سایرین نیز بیان شد، تیمار هیدروپرایمینگ در ایجاد رشد سلول و ترکیب ساختمانی سلول‌های میانگره‌ها اثرگذار است (۱۱). این عامل در ایجاد مقاومت به خوابیدگی در بوته مؤثر است. همچنین مشاهده شد که بیشترین تغییر در صفات در این ارقام بین تیمار نشائی و تیمارهای کشت مستقیم بود. به‌عبارت دیگر روش کاشت بیشترین تأثیر را بر صفات و شاخص‌های خوابیدگی در ارقام مختلف برجا گذاشته و در کاشت مستقیم با افزایش خوابیدگی همراه شد. این موضوع می‌تواند ناشی از تراکم بذر مصرفی در واحد سطح یا کاشت سطحی بذر و ممانعت از گسترش عمیق ریشه گیاه برنج باشد. این مطلب از سوی محققین دیگر نیز بیان گردید، خوابیدگی اغلب در سیستم کاشت مستقیم بیشتر از کاشت نشائی است (مشاهدات شخصی فاروق) که ناشی از سطحی بودن ریشه در اثر کاشت سطحی بذر در روش کاشت مستقیم بذر می‌باشد (۵). زیاد بودن تراکم بوته، موجب افزایش تعداد خوشه در واحد سطح و کاهش وزن دانه در خوشه می‌شود. بنابراین افزایش تراکم بوته بر سایر اجزاء عملکرد و مقاومت به خوابیدگی بوته نیز مؤثر است (۲۱ و ۲۵). تراکم مناسب برنج، تراکمی است که ضرری برای رشدونمو مناسب گیاه زراعی و عملکرد بالای دانه نداشته باشد. با افزایش تراکم، تعداد شاخه‌های اولیه، ثانویه و سنبلچه در خوشه، کاهش و تعداد خوشه در مترمربع به‌طور خطی افزایش می‌یابد (۱۶). نتایج به‌دست آمده، نشان‌دهنده اثرگذاری تیمارهای پرایمینگ و همین‌طور شیوه کاشت در ایجاد مقاومت به خوابیدگی است که باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در صفات مذکور گردیده است که با نتایج سایر محققین مبنی بر وجود اختلاف معنی‌دار در صفات مربوط به خوابیدگی بوته‌ها (۱۳) مطابقت دارد.

نتایج همبستگی صفات (جدول ۵) نشان می‌دهد که ضخامت میانگره‌های اول و دوم همبستگی مثبت بالاتری با شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی نشان داده است. بنابراین می‌توان بیان داشت که تیمار هیدروپرایمینگ در افزایش ضخامت دیواره میانگره مؤثر بود و باعث افزایش قدرت استقرار گیاهچه، تقویت فتوسنتز و درنهایت انتقال بیشتر مواد پرورده به میانگره‌های مذکور گردید. از سوی دیگر مشاهده شد که شاخص‌های مقاومت به شکستگی برای میانگره سوم و چهارم در رقم خزر به‌ترتیب ۵۴۹ و ۷۰۴ نیوتن بود که نسبت به رقم هاشمی بالاتر بوده و این نشان می‌دهد، مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم ارتباط مستقیم با ضخامت دیواره میانگره سوم و چهارم دارد. ضخامت دیواره میانگره سوم و چهارم در رقم خزر به‌ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۶۵ میلی‌متر و هاشمی ۰/۵۰ و ۰/۵۸ میلی‌متر بود؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بالاتر بودن ضخامت میانگره در افزایش مقاومت به شکستگی ارتباط مستقیم دارد. نتایج تحقیقات سایر محققین نیز نشان داد، بین ارقام برنج مورد مطالعه از نظر ضخامت میانگره سوم و چهارم تفاوت معنی‌دار وجود داشته و رقم خزر بیشترین

جدول ۵. جدول همبستگی صفات با شاخص‌های خوابیدگی در تیمارهای مختلف پرایمینگ در ارقام خزر و هاشمی

	وزن تر میانگره ۴	وزن تر میانگره ۳	وزن تر میانگره ۲	وزن تر میانگره ۱	ضخامت میانگره ۴	ضخامت میانگره ۳	ضخامت میانگره ۲	ضخامت میانگره ۱	قطر بزرگ میانگره ۴	قطر بزرگ میانگره ۳	قطر بزرگ میانگره ۲	قطر بزرگ میانگره۱
گشتاور خمشی میانگره ۳	۰/۶۳**	۰/۸۸**	۰/۸۷**	۰/۸۷**	۰/۱۱	۰/۲۱**	۰/۶۴**	۰/۲۸**	۰/۲۱**	۰/۲۸**	۰/۷۲**	۰/۷۷**
گشتاور خمشی میانگره ۴	۰/۷۶**	۰/۹۱**	۰/۸۸**	۰/۸۵**	۰/۳۳**	۰/۰۷	۰/۱۵	۰/۲۱**	۰/۱۹*	۰/۲۲**	۰/۶۸**	۰/۷۴**
مقاومت به شکستگی میانگره ۳	۰/۴۲**	۰/۵۳**	۰/۶۲**	۰/۶۰**	−۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۵۷**	−۰/۰۹	۰/۰۳	−۰/۰۸	۰/۵۳**	۰/۶۷**
مقاومت به شکستگی میانگره ۴	۰/۲۵**	۰/۴۲**	۰/۵۳**	۰/۵۸**	۰/۵۳**	۰/۳۶**	۰/۵۰**	۰/۲۹**	۰/۱۹*	۰/۲۷**	−۰/۳۰**	−۰/۳۴**
شاخص خوابیدگی میانگره سوم	−۰/۱۷	−۰/۲۱**	−۰/۲۹**	−۰/۲۹**	۰/۲۵**	−۰/۰۴	−۰/۴۰**	۰/۲۹**	۰/۱۹*	۰/۲۷**	−۰/۳۰**	−۰/۳۴**
شاخص خوابیدگی میانگره ۴	۰/۰۱	−۰/۰۱	۰/۱۲	−۰/۱۶	−۰/۳۹**	−۰/۱۴	−۰/۲۵**	۰/۱۴	−۰/۰۲	۰/۱۲	−۰/۰۹	−۰/۱۶*
مقیاس شدت خوابیدگی	−۰/۳۰**	−۰/۶۵**	−۰/۷۲**	−۰/۷۰**	−۰/۴۳**	−۰/۴۸**	−۰/۵۵**	−۰/۲۷**	−۰/۱۱	−۰/۲۵**	−۰/۵۸**	−۰/۶۲**

* و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

ادامه جدول ۵.

	طول میانگره ۴	طول میانگره ۳	طول میانگره ۲	طول میانگره ۱	وزن خشک میانگره ۴	وزن خشک میانگره ۳	وزن خشک میانگره ۲	وزن خشک میانگره ۱	چگالی میانگره۴	چگالی میانگره۳	چگالی میانگره ۲	چگالی میانگره ۱
گشتاور خمشی میانگره ۳	−۰/۳۲**	−۰/۴۸**	−۰/۳۵**	۰/۳۵**	۰/۱۳	۰/۳۷**	۰/۳۲**	۰/۴۱**	۰/۲۰**	۰/۵۹**	۰/۴۹**	۰/۲۹**
گشتاور خمشی میانگره ۴	−۰/۲۳**	−۰/۴۶**	−۰/۳۳**	۰/۳۲**	۰/۲۰**	۰/۳۸**	۰/۳۴**	۰/۴۴**	۰/۲۲**	۰/۵۷**	۰/۵۰**	۰/۰۷
مقاومت به شکستگی میانگره ۳	−۰/۴۵**	−۰/۶۴**	−۰/۵۶**	۰/۱۱	−۰/۰۸	۰/۱۱	−۰/۱۱	−۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۵۲**	۰/۲۰**	۰/۲۰*
مقاومت به شکستگی میانگره ۴	−۰/۵۰**	−۰/۶۳**	−۰/۵۹**	۰/۱۲	−۰/۲۳**	−۰/۰۸	−۰/۱۶*	−۰/۰۹	−۰/۰۴	۰/۵۲**	۰/۱۷*	−۰/۱۵
شاخص خوابیدگی میانگره ۳	۰/۴۰**	۰/۴۹**	۰/۴۰**	−۰/۰۶	۰/۱۹*	۰/۰۹	۰/۲۸**	۰/۲۹**	۰/۰۳	−۰/۲۸**	۰/۰۴	۰/۳۲**
شاخص خوابیدگی میانگره ۴	۰/۳۸**	۰/۴۲**	۰/۳۵**	۰/۰۳	۰/۲۳**	۰/۰۵	۰/۳۱**	۰/۳۰**	۰/۰۵	−۰/۲۳**	۰/۱۰	۰/۳۰**
مقیاس شدت خوابیدگی	۰/۵۱**	۰/۶۷**	۰/۶۶**	−۰/۰۷	۰/۱۴	−۰/۲۴**	−۰/۰۷	−۰/۱۴	−۰/۰۱	−۰/۶۶**	−۰/۴۴**	−۰/۱۱

* و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار بودن و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد

مقدار ضخامت میانگره سوم و چهارم را دارا بود و رقم بومی هاشمی کمترین ضخامت میانگره سوم و چهارم را داشت (۶). این یافته‌ها با دست‌آورد این آزمایش مطابقت دارد.

شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم و شاخص مقیاس شدت خوابیدگی بیشترین همبستگی مثبت را با صفت طول میانگره سوم و بیشترین همبستگی منفی را با صفت ضخامت میانگره اول و دوم دارند. نتایج اعلام شده از سوی سایر محققین مؤید این همبستگی‌ها می‌باشد. در آزمایشی روی ۱۶ ژنوتیپ برنج، ارتفاع بوته، طول میانگره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ با گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم همبستگی مثبت وجود داشت (۱۰ و ۲۳). همچنین بیان شد که افزایش ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم و افزایش وزن در واحد طول میانگره عامل افزایش مقاومت به شکستگی و کاهش شاخص خوابیدگی در برنج است (۱۲). در گزارش دیگر بیان شد که نسبت وزن به طول میانگره با مقاومت به شکستگی میانگره‌ها در ارتباط است و همبستگی مثبت و معنی‌دار بین آنها وجود دارد (۱۵). افزایش ضخامت ساقه مؤثرترین صفت مورفولوژیک در افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته گیاه برنج اعلام شد (۲۴).

مطلب قابل‌توجه در نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، وجود همبستگی مثبت و بالا بین شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی و صفات مورفولوژیک میانگره‌های اول و دوم است که تأثیرپذیری بالایی نیز از تیمارهای پرایمینگ داشته است. مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، شاخص خوابیدگی در میانگره سوم و چهارم و مقیاس شدت خوابیدگی به‌عنوان شاخص‌هایی جهت تعیین مقاومت ارقام در بسیاری از تحقیقات مورد تأکید است (۷ و ۱۳). در تحقیق حاضر نشان داده شد، صفات مورفولوژیک، میانگره‌های اول و دوم دارای همبستگی بالایی با شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی است و همچنین تیمارهای پرایمینگ بر خصوصیات میانگره‌های اول و دوم تأثیرات معنی‌دار نشان داده است.

بنابراین به نظر می‌رسد که در مطالعه مقاومت به خوابیدگی بوته در برنج، نقش میانگره‌های بالایی ساقه مهم است. این در حالی است که گزارش‌های سایر محققین در این خصوص متفاوت می‌باشد. در گزارشی بیان گردید که صفات مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی در گره‌های پایین‌تر، رابطه نزدیکی با مقاومت به خوابیدگی در سطح مزرعه دارند (۳ و ۱۴). ولی این تحقیق، نشان‌دهنده همبستگی بالای صفات مورفولوژیک میانگره‌های بالای ساقه با شاخص‌های مقاومت به خوابیدگی است و این بیانگر آن است که همه میانگره‌های یک بوته برنج می‌توانند در ایجاد مقاومت به خوابیدگی تأثیرگذار باشند و میانگره‌های بالایی ساقه نقش بیشتری ایفا می‌نمایند.

نتیجه‌گیری

رقم خزر از مقاومت به خوابیدگی بالاتری نسبت به رقم هاشمی برخوردار بود. عکس‌العمل متفاوت ارقام به تیمارهای مختلف پرایمینگ، تأکیدی بر اثرپذیری متفاوت ارقام از تیمارهای پرایمینگ است. اختلاف معنی‌دار در برخی صفات بیشتر ناشی از روش کاشت (نشاءکاری و کاشت مستقیم) بود. همچنین نتایج نشان داد که در رقم هاشمی، در روش کاشت مستقیم در تیمار هیدروپرایمینگ، بهبود مقاومت به خوابیدگی مشاهده شد. این موضوع می‌تواند دلیلی برای بهبود عملکرد دانه در کاشت مستقیم نسبت به کاشت نشائی در رقم هاشمی باشد. همچنین با توجه به اینکه رقم خزر در شاخص‌های خوابیدگی از مطلوبیت بالاتر نسبت به رقم هاشمی برخوردار بود، از این‌رو اندازه صفات مورفولوژیک این رقم می‌تواند معیاری برای ارزش‌گذاری میزان مقاومت به خوابیدگی در سایر ارقام برنج باشد. همچنین به‌نظر می‌رسد که با توجه به تنوع تیمارهای پرایمینگ از نظر روش کار و نوع و میزان مواد تحریک کننده بذر، برای رسیدن به روش پرایمینگ مؤثرتر در ایجاد مقاومت به خوابیدگی نیاز به بررسی بیشتر دارد. آزمایش‌های تکمیلی در خصوص ارقام مختلف و تیمارهای مختلف پرایمینگ، همچنین در رابطه با شیوه‌های تهیه نوار بذر

در کاشت مستقیم جهت شناسایی شیوه‌های بهبود مقاومت به خوابیدگی ارقام برنج در روش‌های کاشت مستقیم سودمند خواهد بود.

منابع مورد استفاده

1. Abdul Shukor, J., M. P. Anwar, A. Selamat, A. Puteh and K. Azmi. 2012. The influence of seed priming on weed suppression in aerobic rice. *Pakistan Journal of Weed Science Research* 18: 257-264
2. . Allahgholipour, M. and M. Mohamadsalehi. 2001. Characterization of Some Local Cultivars of Rice in Guilan Condition. Rice Research Institute of Iran. (In Farsi).
3. 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* 12: 1595-1602.
4. Basrah, S. M. A., M. Farooq, N. Ahmed and I. Afzal. 2011. Seed priming with $CaCl_2$ improves the stand establishment, yield and quality attributes in direct seeded rice (*Oryza sativa*). *International Journal of Agriculture and Biology* 13 (5): 786–790.
5. Berry, P. M., M. Sterling, J. H. Spink, C. J. Baker, R. Sylvester-Bradley, S. J. Mooney, A. R. Tams and A. R. Ennos. 2004. Understanding and reducing lodging in cereals. *Advances in Agronomy* 84: 217–271.
6. Broomand, M., M. Esfahani, M. R. Alizadeh and A. Alami. 2016. Evaluation of Lodging-Related Morphological Characteristics in Improved Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars. *Journal of Crop Production and Processing* 5 (18): 165-177. (In Farsi).
7. Broomand M., M. Esfahani, M. R. Alizadeh, A. Aalami. 2013. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in native and improved rice (*Oryza sativa.* L.) cultivars. *Cereal Research* 3 (3): 181-195. (In Farsi).
8. Chauhan, B. S. and D. E. Johnson. 2011. Growth response of direct seeded rice to oxadiazon and bispyribac-sodium in aerobic and saturated soils. *Weed Science* 59: 119-122.
9. Cui, H. and R. Wentao. 2012. Performance test of rice seed tape wisting mechanism. 2012. *International Agricultural Engineering Journal* 22 (03-04): 59-64.
10. Dastan, S., G. Noormohamadi, H. Madani, H. R. Mobasser and M. Sam Daliri. 2013. Evaluation of related to lodging characteristics and grain yield in Iranian rice genotypes under modified agronomical systems. *Annals of Biological Research* 4 (2): 267-275.
11. Fageria, N. K., A. Moreira and A. M. Coelho. 2011. Yield and yield component of upland rice as influenced by nitrogen sources. *Journal of Plant Nutrition* 34: 361–370.
12. Farooq, M., A. Kobayashi, O. Wahid, O. Ito, M. Shahzad and A. Basra. 2009. Strategies for Producing More Rice with Less Water. *Advances in Agronomy* 101: 351-388
13. Faraji, F., M. Esfahani, M. R. Alizadeh and A. Aalami. 2014. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences*16 (3): 250-264. (In Farsi).
14. Jones, M. P. and M. Wopereis Pura. 2002. Participatory Varietal Selection: Beyond the Flame. West Africa Rice Development Association (WARDA), Bouake, Cote d'Ivoire.
15. Islam, M. S., R. Peng, N. Visperas, M. Ereful, S. U. Bhuiya and A. W. Julfiquar. 2007. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Research* 101: 240-248.
16. Kashiwagi, T., H. Sasaki and K. Ishimaru. 2005. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Production Sciences* 8 (2): 166-172.
17. Mackill, D. J., W. R. Coffman and D. P. Garrity. 1996. Rainfed Lowland Rice Improvement. International Rice Research Institute, Los Bano ˜s, Philippines.
18. Mobasser, H. R., R. Yadi, M. Azizi, A. M. Ghanbari and M. Samdaliri. 2009. Effect of plant density on morphological characteristics related- lodging on yield and yield components in varieties rice (*Oryza sativa* L.) in Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 6 (7): 375-379.
19. Ookawa, T. and K. Ishihara. 1992. Varietal difference of physical characteristics of the culm related to loging in paddy rice. *Japanese Journal of Crop Science* 61: 419-425.
20. Pandey, S. and L. E. Velasco. 2005. Trends in crop establishment methods in Asia and research issues. *In:* Rice is Life: Scientific Perspectives for the 21st Century, Proceedings of the World Rice Research Conference, Tsukuba, Japan, pp. 178–181.

21. Pathak H., A. Tevari, S. Sankhhyan, D. Dubey, U. Mina, V. K. Singh, N. Jain and A. Bhatia. 2011. Direct-seeded rice: Potential, performance and problems. A review. *Current Advances in Agricultural Sciences* 3(2): 77-88.
22. Pirasteh A. H., Y. Emam and A. Khaliq. 2016. Response of cereals to cycocel application. Review Article. *Iranian Agricultural Research* 35(1): 1-12. (In Farsi).
23. Setter, T. I., E. V. Laureles and A. M. Mazaredo. 1997. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reduction of photosynthesis. *Field Crops Research* 49: 95–106.
24. Yadi, R., M. Siavoshi, H. Mobasser, S. Dastan, and A. Nasiri. 2012. Effect of Plant Density on Morphologic Characteristics Related to Lodging and Yield Components in Different Rice Varieties (*Oriza Sativa* L.). *Journal of Agricultural Science* 4: 127-134.
25. Zuber, U., H. Winzeler, M. M. Messmer, B. Keller, J. F. Schmid and P. Stamp. 1999. Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivun* L.). *Journal of Agronomy* and *Crop Science* 182: 17-24.

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 7, No. 3, Fall 2017, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Effect of Seed Priming on Lodging Indices of Rice (*Oryza sativa* L.) Cultivars in Direct Seeding Method

H. Akhgari[1], M. Esfahani[2*], G. Mohsenabadi[3] and A. Alami[3]

(Received: November 26-2016; Accepted: April 5-2017)

Abstract

In order to evaluate the effect of seed priming on lodging-related characteristics in direct seeding method, a study was conducted in a factorial randomized complete block design with four replicates in the research field of Rice Research Institute of Iran (Rasht) for two years. The first factor consisted of two rice cultivars (Khazar and Hashemi) and the second one consisted of ten levels of seed conditions encompassing, eight priming treatments including hydropriming, ascorbic acid, salicylic acid, $CaCl_2$, cold, cold + heat, seed coating, and non-primed dry seed, all sown with seed tap technology along with linear direct seeding of germinated seeds and transplanting (25-days-old seedlings). Agronomic and morphological characteristics and resistance to lodging indices were measured. The results showed that there were significant differences between two cultivars and ten levels of seed conditions in morphological traits and lodging resistance indices. Mean comparisons and correlation analyses showed that grain yield (5142 $kgha^{-1}$), resistance to fracture in third and fourth internodes (549 and 704 Newton, respectively) in Khazar were higher than those of Hashemi. There was a significant difference between planting methods (direct-seeded and transplanting) in terms of lodging resistance. Maximum indicators in the third and fourth internode bending momentum (1060 and 1708 gcm^{-1}) were observed in the transplanting method. Hydropriming treatment had significant effect on fourth internode thickness in cultivar Khazar. Priming treatments appeared to leave significant effect on resistance to lodging in different planting methods in a cultivar-specific manner.

Keywords: Rice, lodging index, direct seeded, bending moment, breaking resistance

1. PhD Student, Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran.
*. Corresponding Author, Email: esfahani@guilan.ac.ir