علوم و تحقیقات بذر ایران
سال هفتم/ شماره چهارم/ ۱۳۹۹ (۴۴۵ - ۴۳۳)

DOI: 10.22124/JMS.2020.4641

بررسی تاثیر پرایمینگ بذر بر جوانه‌زنی و صفات مورفوفیزیولوژیک نشاءهای برنج رقم هاشمی (*Oryza sativa* L.cv. Hashemi) تحت رژیم‌های‌مختلف‌رطوبتی

علی گنجعلی*[۱]، سید موسی موسوی کوهی[۲]، عبدالله بیک خورمیزی[۳]، سید وجیه الله حسینی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۸/۴/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۶/۲۷

چکیده

دو آزمایش مستقل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در آزمایش اول سطوح رژیم رطوبتی شامل صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار بر جوانه‌زنی بذور برنج با سه سطح پیش‌تیمار شامل بدون پیش‌تیمار (شاهد)، هالوپرایمینگ با کلریدکلسیم و هیدروپرایمینگ مورد بررسی قرار گرفت. در آزمایش دوم بذرهای پیش‌تیمارشده مشابه آزمایش اول, در گلدان‌های حاوی ماسه کشت و پنج رژیم رطوبتی شامل شاهد (ظرفیت زراعی)، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی بر روی آن‌ها اعمال شد. پس از ۲۸ روز، برخی از صفات مورفوفیزیولوژیک اندازه‌گیری شد. نتایج آزمایش اول نشان داد که رژیم‌های مختلف رطوبتی، صفات جوانه‌زنی را به‌طور منفی تحت تاثیر قرار داد. پرایمینگ بذر سبب بهبود سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه در برخی از رژیم‌های رطوبتی شد. کاربرد هیدروپرایمینگ نتایج بهتری را نسبت به هالوپرایمینگ نشان داد. در آزمایش دوم سطوح پایین رطوبتی به‌صورت معنی‌داری ارتفاع نشاء، وزن خشک بخش هوایی، سطح برگ، سطح و قطر ریشه، محتوای نسبی آب و شاخص پایداری غشا را کاهش داد. در این شرایط استفاده از پرایمینگ تاثیر مثبتی بر صفات فوق نداشت، ولی مقاومت روزنه‌ای و میزان کلروفیل برگ را افزایش داد. نتایج این ازمایش نشان داد که هم در شرایط بدون تنش و هم در سطوح پایین رطوبتی،کاربرد پرایمینگ (به‌خصوص هیدروپرایمینگ) تاثیر مثبت و معنی‌داری بر صفات مرتبط با جوانه‌زنی بذر برنج دارد.

واژه‌های کلیدی: پیش‌تیمار بذر، سرعت جوانه‌زنی، رشد رویشی، ظرفیت زراعی، محتوای نسبی آب

۱- دانشیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
۲- استادیار، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران
۳- دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۴- کارشناس ارشد فیزیولوژی گیاهی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران
*نویسنده مسئول: ganjeali@um.ac.ir

مقدمه

تنش خشکی (رژیم‌هایرطوبتی پایین) پدیده‌ای طبیعی در گیاهان است و علت اصلی تنش خشکی در گیاه، افزایش میزان تلفات آب، یا کافی‌نبودن میزان جذب آب و یا ترکیبی از هر دو عامل است که بر اثر آن میزان تلفات آب ناشی از تعرق بر میزان جذب آن توسط ریشه‌ها پیشی گرفته و میزان تنش افزایش می‌یابد (Hajebi and Heidari Sharif Abad, 2005). واکنش گیاه به تنش، وابسته به شدت، سرعت و مدت قرارگیری گیاه در معرض تنش است (Luo and Zhang, 2001). تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار تعداد پنجه، تعدادخوشه، وزن دانه و وزن هزاردانه و عملکرد دانه برنج می‌شود (Khorshidi *et al*., 2008). با توجه به محدودیت آب آبیاری و زمین‌های مناسب برای کشت برنج، تنها راه‌حل، افزایش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Price *et al*., 2002).

پرایمینگ یکی از روش‌هایی است که باعث بهبود کمی و کیفی رشد بذر و گیاهچه می‌شود. در پرایمینگ شرایطی فراهم می‌شود که بذر مقداری آب جذب می‌کند اما جوانه‌زنی انجام نمی‌شود. به عبارت دیگر، بذرها تا مرحله دوم آبنوشی پیش می‌روند، اما وارد مرحله سوم نمی‌شوند. بعد از تیمار پرایمینگ، بذرها خشک و مشابه بذرهای شاهد نگهداری و یا کشت می‌شوند (Soltani *et al*., 2008). از مهم‌ترین روش‌های پیش‌تیمار، قراردادن بذر قبل از کاشت در آب (هیدروپرایمینگ)، ماتریکس جامد یا یک محلول با پتانسیل آبی مشخص می‌باشد (McDonald, 2000). در آزمایشات متعدد تاثیر مثبت پرایمینگ بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان سورگوم (Tiryaki and Buyukcingil, 2009)، کتان و ذرت (Murungu *et al*., 2003) نشان داده شده است. همچنین افزایش سرعت جوانه‌زنی برنج رقم فجر تحت تاثیر پرایمینگ گزارش شده است (Ramezani and Rezaei Sokht Abandani, 2011). با توجه به این که پرورش گیاهچه‌های برنج در خزانه و نشاء آن در زمین‌های غرقاب، روش مرسوم کشت برنج در دنیا است، پرایمینگ، یک فن‌آوری است که توان گیاهچه خزانه را افزایش می‌دهد و باعث بهبود رشد، بهبود عملکرد و بهبود کیفیت نشاء برنج می‌شود. توسعه فن‌آوری‌های تقویت بذر برای کاهش زمان جوانه‌زنی مورد استفاده قرار می‌گیرد، تا یکنواختی در جوانه‌زنی، بهبود سرعت جوانه‌زنی و استقرار بهتر گیاهچه در گیاهان زراعی مانند گندم، ذرت و برنج فراهم شود (Farooq and Barsa, 2009; Farooq *et al*., 2006).

نتایج بررسی‌های مختلف نشان داده است هیدروپرایمینگ موجب همانندسازی سریع DNA، فراهم شدن ATP بیش‌تر، رشد سریع جنین، ترمیم و بازسازی قسمت‌های فرسوده بذور و کاهش نشت متابولیت‌ها می‌شود (Styer and Cantliffe, 1983; Saha *et al*., 1990). همچنین تأثیر مثبت اسموپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذور گیاهان زراعی از مسیرهای مختلفی نظیر افزایش فعالیت آنزیم‌های پاکسازی‌کننده گونه های فعال اکسیژن، فعال‌سازی ATP_{ase}، اسید فسفاتاز و RNA سینتاز می باشد، اما به‌نظر می‌رسد، تیمارهای اسموپرایمینگ برای دوره‌های طولانی‌تر از ۴۸ ساعت و پتانسیل اسمزی خیلی پایین (پایین‌تر ازپتانسیل بحرانی) موجب آسیب پروتئین‌های LEA و کاهش جوانه‌زنی می‌گردند (Capron *et al*., 2000). یکی ازروش‌های پیش‌تیمار بذر هالوپرایمینگ یا خیساندن بذرها در محلول‌های نمکی است که سبب افزایش جوانه‌زنی و ظهور یکنواخت گیاهچه‌ها در شرایط نامساعد محیطی می‌شود (Afzal *et al*., 2008). مورونگو و همکاران (Murungu *et al*., 2003) پیشنهاد کردند که در مواجهه با کمبود آب، استفاده از روش‌های پرایمینگ یکی از راه‌های افزایش جوانه‌زنی بذر می‌باشد. در این راستا بهبود صفات مرتبط با جوانه‌زنی سویا با کاربرد پرایمینگ ماتریکس (Vaseii Kashani *et al*., 2014) و افزایش عملکرد دانه و روغن گلرنگ تحت شرایط کم‌آبیاری با استفاده از اسموپرایمینگ (Fanaei *et al*., 2015) گزارش شده است.

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین منابع غذایی انسان است که تقاضا برای آن به‌دلیل رشد جمعیت روز به روز افزایش می‌یابد (Rosegrant *et al*., 2008). نیاز آبی برنج برای تولیدیک کیلوگرم دانه بیش از دو تا سه برابرسایر غلات است (Tuong *et al*., 2005). به‌طور کلی این گیاه به تنش‌های غیرزیستی بسیار حساس است (Roy *et al*., 2009). کمبود آب یک مشکل جدی تولید برنج در دنیا است. گیاه برنج در تمام مراحل فنولوژی حساس به خشکی است و تنش‌های شدید خشکی ممکن است باعث از دست‌دادن کل محصول شود (Lasaltia *et al*., 2008). از آن‌جا که در سال‌های اخیر، به دلایل مختلف از جمله کاهش نزولات جوی، خشکی به‌عنوان

مانع جدی برای تولید برنج مطرح است و با توجه به موارد اشاره‌شده و اهمیت رقم برنج هاشمی در کشور ایران، آزمایشی با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف خشکی و پرایمینگ بذر بر رفتار جوانه‌زنی و نیز خصوصیات مورفوفیزیولوژی نشاءهای برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات متقابل رژیم‌های مختلف رطوبتی و پرایمینگ بر جوانه‌زنی و رشد نشاءهای برنج رقم هاشمی، دو آزمایش جداگانه به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکراردر سال ۱۳۹۰ در پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد، انجام شد. در آزمایش اول عامل رژیم‌های رطوبتی شامل ۶ سطح (صفر، ۲-، ۴-، ۶-، ۸- و ۱۰- بار) بود که به‌وسیله پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ تهیه شد (Michel and Kaufmann, 1973) و عامل پیش‌تیمار بذر شامل سه سطح (بدون پیش‌تیمار بذر (شاهد)، هالوپرایمینگ با کلریدکلسیم ($CaCl_2$) و پرایمینگ با آب مقطر یا هیدروپرایمینگ) در نظر گرفته شد. بذرهای برنج با استفاده از هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد و به‌مدت یک دقیقه ضدعفونی و چندین بار با آب مقطر شستشو داده شدند. به‌منظور انجام پرایمینگ، بذرها به‌طور جداگانه در آب مقطر و محلول کلرید کلسیم ($CaCl_2$) با پتانسیل اسمزی ۱/۲۵- مگاپاسکال در تاریکی و به‌مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس غوطه‌ور شدند (Farooq and Barsa, 2009). پس از این مدت بذرها تا رسیدن به وزن تقریبی اولیه در تاریکی خشک شدند. هر پتری‌دیش که در کف آن کاغذ صافی استریل قرار داده شده بود به‌عنوان واحد آزمایشی در نظر گرفته شد. مطابق با تیمارهای آزمایش، داخل هر پتری‌دیش ۱۵ عدد بذر قرار داده شد و ۵ میلی‌لیتر از محلول مورد نظر (برای تیمار شاهد ۵ میلی‌لیترآب مقطر) اضافه گردید. برای جلوگیری از تبخیر مایع از پتری و تغییر پتانسیل آب، درب ظروف به‌طور کامل با پارافیلم پوشیده شدند، سپس پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در تاریکی قرار داده شدند. در طول مدت آزمایش، با بازبینی روزانه پتری‌دیش‌ها تعداد بذرهای جوانه‌زده یادداشت شد. بذرهایی که طول ریشه‌چه آن‌ها ۲ میلی‌متر یا بیش‌تر بود به‌عنوان بذر جوانه‌زده شده در نظر گرفته شد. برداشت پتری‌دیش‌ها ۱۰ روز بعد از شروع آزمایش انجام شد. سپس ریشه‌چه و ساقه‌چه از بذر جدا شدند و طول آن‌ها با استفاده از خط‌کش اندازه‌گیری شد. وزن خشک ریشه-چه و ساقه‌چه بعد از قراردادن در آون خشک در دمای ۷۰ درجه سلسویس به‌مدت ۴۸ ساعت، به‌طور جداگانه با ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم توزین شدند.

در پایان روز دهم درصد جوانه زنی بذور از رابطه ۱ محاسبه شد (Farahani and Maroufi, 2011).

$$\%GP = \frac{\sum ni}{N} \times 100 \quad \text{(رابطه ۱)}$$

در این معادله، GP= درصد جوانه‌زنی، n_i= تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز i و N = تعداد کل بذر می‌باشد. سرعت جوانه‌زنی تا انتهای روز دهم (i =۱۰) منظور گردید و برای محاسبه آن از رابطه ۲ استفاده شد (Piper *et al.*, 1996).

$$R = \frac{\sum Gi}{\sum NiGi} \quad \text{(رابطه ۲)}$$

در این معادله، GR= سرعت جوانه‌زنی، G_i= تعداد بذر جوانه‌زده در روز iام و N_i شماره روز می‌باشد.

در آزمایش دوم ضدعفونی و پرایمینگ بذرها مانند آزمایش اول انجام شد در این آزمایش جهت ایجاد رژیم-های مختلف رطوبتی از معیار ظرفیت زراعی (FC) استفاده گردید. در این مرحله عامل رژیم رطوبتی شامل سطوح شاهد (ظرفیت زراعی) و ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد ظرفیت زراعی در نظر گرفته شد. بذرها در ظروف پلاستیکی حاوی ماسه کاشت شدند. هر روز یک‌بار، آب تبخیرشده از گلدان‌ها به‌وسیله محلول غذایی دوباره به ظرف برگردانده شده و با ترازوی دیجیتال اندازه‌گیری می-شد تا رطوبت مورد نظر در سطوح تعیین شده ثابت بماند. گلدان‌های یک و نیم کیلویی در اتاقک رشد با درجه حرارت ۲۵ درجه سلسیوس و ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند (Hossaini *et al.*, 2014). پس از گذشت ۲۸ روز طول بخش هوایی با استفاده از خط‌کش میلی‌متری، مجموع طول، قطر و سطح ریشه‌ها با دستگاه Root analyzer و سطح برگ توسط دستگاه Leaf area meter تعیین شد. وزن خشک ریشه و بخش هوایی نیز با ترازوی دیجیتال با دقت یک هزارم گرم اندازه‌گیری شد. میزان کلروفیل (عدد SPAD) به‌وسیله دستگاه کلروفیل‌متر مدل CCM-200 و مقاومت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه Porometer اندازه گیری شد. محتوی نسبی آب (Bian and Jiang, 2008) و شاخص

پایداری غشا (Sairam and Saxena, 2001) به‌ترتیب با استفاده از رابطه‌های ۳ و ۴ سنجش شدند.

$$RWC = (\frac{FW-DW}{TW-DW}) \times 100$$ (رابطه ۳)

RWC: محتوای آب نسبی،FW: وزن تر برگ،DW: وزن خشک برگ و TW: وزن برگ در حالت تورژسانس کامل.

$$SI = [1-(C_1/C_2)] \times 100$$ (رابطه ۴)

MSI: شاخص پایداری غشا ،C_1 : هدایت الکتریکی آب در دمای ۴۰ درجه سلسیوس، C_2: هدایت الکتریکی آب در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس

تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال خطای ۵ درصد ($p\leq$۰/۰۵) استفاده شد. نمودارهای مربوطه به‌وسیله نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

آزمایش اول: مرحله جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) و مقایسه میانگین (جدول ۲) مشاهدات نشان داد که تأثیر رژیم‌های رطوبتی و پیش‌تیمار بذر بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). نتایج مقایسه میانگین مشاهدات مربوط به برهمکنش رژیم‌های رطوبتی و پرایمینگ نشان داد که در شرایط ۸- بار، کاربرد هر دو نوع پرایمینگ (هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ) و در ۱۰- بار استفاده از بذر هیدروپرایمینگ‌شده، سبب افزایش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ) شد.

افزایش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی نیز در سطوح رژیم‌های رطوبتی ۲- و ۴- بار با استفاده از هر دو نوع پرایمینگ و در ۶- و ۱۰- در شرایط هیدروپرایمینگ مشاهده شد. طول ساقه‌چه در برهمکنش دو نوع پرایمینگ و ۲- بار و مجموع طول ریشه‌چه در ۶- و ۸- بار در هالوپرایمینگ کاهش معنی‌داری نشان داد.

همچنین وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به‌ترتیب در سطوح رژیم‌های رطوبتی ۸- و ۱۰- بار در شرایط هیدروپرایمینگ نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ) افزایش معنی‌داری نشان دادند (جدول ۲).تأثیر منفی تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ بر جوانه‌زنی گیاه پیش از این به اثبات رسیده است. به‌عنوان مثال در نخود نشان داده است که درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و اپی‌کوتیل نخود در مواجهه با تنش خشکی کاهش یافته است (Macar *et al*., 2009).

تنش اسمزی سبب محدودیت جذب آب توسط دانه می‌شود و در نتیجه میزان جوانه‌زنی را کاهش می‌دهد (Dodd and Donovan, 1999). اگر جذب آب توسط بذر دچار اختلال گردد، فعالیت‌های متابولیک جوانه‌زنی در داخل بذر به آرامی انجام خواهند شد و در نتیجه مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه از بذر افزایش یافته و سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (De and Kar, 1994). نتایج مطالعه حاضر موید آن بود که سرعت جوانه‌زنی با کاربرد پرایمینگ (هیدروپرایمینگ) بهبود یافت و پرایمینگ (هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ) توانست تاثیر منفی کمبود آب را بر درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش دهد.

جدول ۱-تجزیه واریانس صفات مربوط به جوانه‌زنی برنج تحت برهمکنش پیش‌تیمار بذر و رژیم‌های مختلف رطوبتی

Table 1. Analysis of variance for related to germination of rice under interaction of seed priming and different moisture regimes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Ms)					
		درصد جوانه‌زنی Germination percentage	سرعت جوانه‌زنی (درصد در روز) Germination rate	مجموع طول ریشه‌چه Radicle length	طول ساقه‌چه Hypocotyl length	وزن خشک ریشه‌چه Radicle weight	وزن خشک ساقه‌چه Hypocotyl weight
خشکی Drought (D)	5	7684.62**	0.126**	3549.16**	1899.207**	0.900**	4.673**
پرایمینگ Priming (P)	2	981.79**	0.085**	617.42**	178.542**	0.487**	0.850*
D×P	10	159.48*	0.003ns	52.21ns	25.742ns	0.162**	0.241ns
خطا Error	36	18.22	0.002	53.93	66.564	0.000213	0.000017

ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns, *, and ** indicate not significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مربوط به جوانه‌زنی برنج تحت برهمکنش پیش تیمار بذر و رژیم‌های مختلف رطوبتی
Table 2. Mean comparison of characteristics related to germination of rice under interaction of seed priming and different moisture regimes

رژیم رطوبتی (بار) Moisture regime (Bar)	پرایمینگ Priming	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	جوانه‌زنی سرعت (درصد در روز) Germination rate (% per day)	طول ساقه‌چه Hypocotyl length(mm)	مجموع طول ریشه‌چه Radicle length(mm)	وزن خشک ساقه‌چه Hypocotyl weight (mg)	وزن خشک ریشه‌چه Radicle weight (mg)
0	شاهد Control	86.7ab	43b-d	44.92a	66.43a	2.27ab	1.27ab
	هالوپرایمینگ Halopriming	100a	51b	35.44bc	57.15a-c	2.23ab	1.17ab
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	100a	59a	47.38a	66.25a	2.67a	1.33a
-2	شاهد Control	100a	30ef	40.73ab	59.20ab	1.97a-c	1.33a
	هالوپرایمینگ Halopriming	100a	49bc	30.88cd	55.47a-c	1.83a-c	0.99ab
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	100a	46b-d	30.27c-e	57.97ab	1.83a-c	1.20ab
-4	شاهد Control	96.7ab	26f-h	25.17d-f	50.47b-d	1.70bc	1.27ab
	هالوپرایمینگ Halopriming	100a	38de	19.97fg	40.82d-f	1.33b-e	0.95a-c
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	100a	43cd	22.94ef	55.20a-c	1.57b-d	1.13ab
-6	شاهد Control	83.3b	21g-i	20.88fg	43.93c-e	1.27c-e	0.90b-d
	هالوپرایمینگ Halopriming	97.7ab	30fg	14.13gh	28.67f-h	0.76d-g	0.61c-e
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	97.7ab	38de	19.07g	48.62b-d	1.20c-f	0.90b-d
-8	شاهد Control	53.3c	19hi	15.05gh	34.45e-g	0.73d-g	0.57de
	هالوپرایمینگ Halopriming	91ab	27f-h	9.26hi	17.29hi	0.53e-g	0.47e
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	84ab	25fgh	10.77h	27.28gh	1.13a-c	0.90b-d
-10	شاهد Control	16.7e	14i	3.33i	8.17i	0.20g	0.10f
	هالوپرایمینگ Halopriming	24.3de	20hi	2.67i	7.33i	0.30fg	0.10f
	هیدروپرایمینگ Hydropriming	32d	23f-h	2.60i	16.25hi	0.50e-g	0.28e

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq۰/۰۵$) تفاوت معنی‌داری ندارند.
Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncans Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

گزارش‌های مختلف حاکی از آن است که پرایمینگ باعث افزایش درصد، سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی و سبزشدن بذر می‌شود. به‌عنوان مثال، افزایش درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیش‌تیمارشده نخود (Musa *et al.*, 2001) و رازیانه (Akramian *et al.*, 2007) و افزایش میانگین سرعت جوانه‌زنی بذور پیش‌تیمارشده فلفل (Bradford *et al.*, 1990) از آن جمله است. در بذور پرایمینگ‌شده بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوان‌زنی می‌شوند. این مسأله می‌تواند عاملی برای تسریع جوان‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Barsa *et al.*, 2003). پیش‌تیمار بذر باعث افزایش سنتز پروتئین در جنین، افزایش فعالیت آنزیم‌هایی مانند استروئاز، فسفاتاز و ۳ – فسفوگلیسرید دهیدروژناز می‌شود که به‌نوبه خود سبب افزایش متابولیسم مواد ذخیره‌ای بذر مثل کربوهیدرات‌ها،چربی‌ها و پروتئین‌ها می‌گردد (Sivritepe and Dourado, 1995).

هیدروپرایمینگ به‌صورت معنی‌داری سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی و شاخص رشد گیاهچه کلم چینی شد (Yan, 2017). قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghasemi Golazani *et al.*, 2009) نیز نشان دادند که اثر هیدروپرایمینگ بذر گندم بر سرعت جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه معنی‌دار بود. این محققان بیان داشتند که افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی در اثر پیش‌تیمار بذر، ناشی از افزایش فعالیت متابولیک است که طی جذب آب اتفاق می‌افتد و باعث می‌شود، بذور پیش‌تیمارشده از لحاظ مراحل جوانه‌زنی نسبت به بذور شاهد پیشرفته‌تر باشند.

پرایمینگ باعث افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل گلوتاتیون و آسکوربات در بذر می‌گردد که این آنزیم ها فعالیت پراکسیداسیون لیپید را در طی جوانه‌زنی کاهش می‌دهند و در نتیجه باعث افزایش درصد جوانه‌زنی می‌شوند (Hus and Sung, 1997). در تحقیقی افزایش جوانه‌زنی گیاه گندم با استفاده از هالوپرایمینگ (کلرید

کلسیم, کلریدسدیم و سولفات‌کلسیم) گزارش شده است (Afzal *et al*., 2008). علّت تسریع جوانه‌زنی در بذور پیش‌تیمارشده می‌تواند ناشی از افزایش فعالیّت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا – آمیلاز، افزایش سطح شارژ انرژی زیستی در قالب افزایش مقدار ATP، افزایش سنتز RNA و DNA، افزایش تعداد و در عین حال ارتقاء عملکرد میتوکندری‌ها باشد (Afzal *et al*., 2002). یکی از دلایل افزایش وزن خشک ساقه‌چه در اثر پیش‌تیمار، سرعت بالای جوانه‌زنی بذر در این شرایط می‌باشد (Soltani *et al*., 2008). همچنین نشان داده شده است که پرایمینگ بذر (هالوپرایمینگ و هیدروپرایمینگ) موجب بهبود جوانه‌زنی و رشدگیاهچه‌های ذرت تحت تنش‌های شوری و خشکی می‌شود (Maserrat *et al*., 2013). رمضانی و رضایی شوکت آبادیان (Ramazani and Rezaee Sokht Abandani, 2011) تاثیر مثبت اسموپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر برنج رقم فجر را نشان دادند. آن‌ها نتیجه گرفتند که پرایمینگ در برنج یک‌سری شرایط متابولیک مناسب را در بذر بوجود می‌آورد که مجموعه این شرایط علاوه بر تسریع جوانه‌زنی، توسعه بهتر اندام‌های هوایی و زیرزمینی را موجب می‌شوند که نتیجه آن استقرار بهتر و زودتر گیاهچه‌ها می‌باشد. پرایمینگ باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیزی می‌شود و بنابراین به‌علت قابلیت دسترسی آسان گیاهک به مواد غذایی در طول جوانه‌زنی، بذرهای پرایمینگ‌شده، بهتر قادر به کامل‌کردن فرآیند جوانه‌زنی در زمان کوتاه‌تر می‌شوند (Nonami *et al*., 2005).

آزمایش دوم: مرحله رشد رویشی (نشاء)

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تأثیر رژیم‌های رطوبتی و پیش‌تیمار بذر بر برخی از صفات مورفولوژیک معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رژیم‌های رطوبتی پایین سبب کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک شد. کاربرد هر دو نوع پرایمینگ (هالوپرایمینگ و هیدروپرایمینگ) تاثیر چندانی بر و وزن خشک، سطح و مجموع طول ریشه‌ها و سطح برگ نداشت اما وزن خشک بخش هوایی و قطر ریشه‌ها را به‌صورت معنی‌داری کاهش داد. کاربرد هالوپرایمینگ نیز ارتفاع گیاه را به‌صورت معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. در هیچ یک از صفات مورد بررسی به‌جز ارتفاع گیاه، تفاوت معنی‌داری بین هالوپرایمینگ و هیدروپرایمینگ مشاهده نشد (جدول ۴). نتایج اثر متقابل رژیم‌های رطوبتی و پرایمینگ نشان داد که کاربرد هر دو نوع پرایمینگ در سطوح مختلف رژیم‌های رطوبتی اثر چندانی بر صفات ارتفاع گیاه و سطح برگ نداشت. اما وزن خشک بخش هوایی در رژیم آبی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی, وزن خشک ریشه در رژیم‌های ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی, سطح ریشه در رژیم‌های ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی, قطر ریشه در رژیم‌های ۸۰ و ۶۰ درصد ظرفیت زراعی و مجموع طول ریشه در رژیم‌های ۴۰ و ۲۰ درصد ظرفیت زراعی با استفاده از هر دو پرایمینگ نسبت به شاهد کاهش معنی‌داری داشتند. همچنین کاهش وزن خشک بخش هوایی در رژیم ۶۰ درصد ظرفیت زراعی در هیدروپرایمینگ و وزن خشک ریشه در رژیم۸۰ درصد ظرفیت زراعی در هالوپرایمینگ مشاهده شد (جدول ۴).

بسیاری از آزمایشات تاثیر منفی تنش خشکی (رژیم-های رطوبتی پایین) بر صفات مورفولوژیک گیاهان را گزارش نموده اند (Ashraf and Iram, 2005; Bayoumi *et al*., 2008). کاهش ترشح هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد در شرایط تنش خشکی، به‌عنوان یکی از دلایل اصلی کاهش رشد اندام هوایی محسوب می شود (Bayoumi et al., 2008).کاهش سطح برگ‌ها یک سازوکار محافظتی است که به حفظ آب گیاه کمک می‌کند و سبب بقای گیاه در برابر تنش خشکی می‌شود، زیرا با کاهش سطح برگ تعداد روزنه‌ها کاهش یافته و از تخلیه آب موجود در گیاه جلوگیری می-شود (Lasaltia *et al*., 2008). تنش خشکی غالباً رشد برگ‌ها را کاهش داده و بنابراین سطح فتوسنتزکننده کاهش می‌یابد (Abdul Jaleel *et al*., 2009). در شرایط تنش آب، کاهش وزن خشک به‌دلیل کاهش رشد گیاهی، بسته‌شدن روزنه‌ها و متعاقباً کاهش فتوسنتز و پیری و ریزش برگ‌ها می‌باشد (Gisele *et al*., 2007). کاهش سطح برگ در برنج به‌عنوان یک روش سازگاری برای بهبود تحمل به تنش کم‌آبی مطرح است (Cabuslay *et al*., 2002). سیلوا و همکاران (Silva *et al*., 2007) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر نیشکر نشان داد که ارتباط مثبتی میان خصوصیات فیزیولوژیک (فتوسنتز) و رشد (سطح برگ، زیست‌توده و ارتفاع گیاه) وجود دارد، به-طوری‌که در شرایط خشکی رنگیزه‌ها تجزیه و روزنه‌ها بسته شده و در نهایت فتوسنتز کاهش می‌یابد. همه این

عوامل کاهش رشد گیاه را در شرایط خشکی باعث می‌شوند. همچنین تنش خشکی با اثر بر روی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی از جمله جیبرلین، اکسین و آبسیزیک‌اسید و القاء آنزیم‌های متابولیسم کربوهیدرات‌ها جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mensah *et al.*, 2006). احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2002) گزارش کردند که در مواجهه با کمبود آب، طول ساقه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ و میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی لوبیا کاهش می‌یابد. این محققان بیان داشتند که بسیاری از صدمات ناشی از تنش‌های محیطی در ارتباط با تخریب اکسیداتیو در سطح سلولی است که به‌دلیل عدم تعادل بین تشکیل گونه‌های اکسیژن فعال و سم‌زدایی آن‌ها بروز می‌کند. گونه‌های اکسیژن فعال تولیدشده در طی تنش خشکی باعث کاهش و تجزیه کلروفیل و کاروتنوئید می‌گردند (Bayoumi *et al.*, 2008).

نتایج مقایسه میانگین‌های حاصل از پیش‌تیمار بذر بر صفات مورفولوژیک برنج نشان داد که کاربرد پرایمینگ (هالوپرایمینگ و هیدروپرایمینگ)، ارتفاع گیاه را نسبت به شاهد (عدم پرایمینگ) افزایش داد. در همین راستا بهبود ارتفاع گیاه برنج به‌دلیل تقویت نشاء در خزانه به‌وسیله پیش‌تیمار بذر ذکر شده است (Farooq and Barsa, 2009). همچنین امجد و همکاران (Amjad *et al.*, 2007) در مطالعه بر روی گیاه فلفل نشان دادند که طول ساقه در گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمارشده در مقایسه با شاهد افزایش یافت. با این وجود نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بر همکنش خشکی و پیش‌تیمار بذر بر ارتفاع گیاه معنی‌دار نبود. همچنین پرایمینگ در شرایط تنش و غیر تنش، اثر افزایشی مثبتی بر دیگر صفات (وزن خشک بخش هوایی، سطح برگ، وزن خشک، سطح، قطر و مجموع طول ریشه‌ها) نداشت.

جدول ۳-تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک نشاءهای برنج تحت تأثیر برهمکنش پیش‌تیمار بذر و رژیم‌های مختلف رطوبتی
Table 3. Analysis of variance for morphologic traits of rice seedling under interaction of seed priming and different moisture regimes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Ms)						
		مجموع طول ریشه Total Root length	قطر ریشه Root diameter	سطح ریشه Root area	وزن خشک ریشه Root dry weight	سطح برگ Leaf area	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight	ارتفاع گیاه Plant height
خشکی (D) Drought	4	1644.6ns	0.0012**	11350.9**	0.000006**	112292.1**	0.00048**	35240.1**
پرایمینگ (P) Priming	2	67040.4**	0.0029**	11988.5**	0.00002**	1021.9ns	0.00039**	1948.3**
D×P	8	10268.4ns	0.00062*	3091.7ns	0.000006*	137.8ns	0.000031*	117.5ns
خطا Error	30	3084.8	0.00015	1358.6	0.0000016	632.02	0.000008	223.6

ns، * و **به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns, *, and ** indicate not significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۵) نشان داد که تأثیر رژیم‌های رطوبتی و پیش‌تیمار بذر بر برخی از صفات صفات فیزیولوژیک نیز معنی‌دار بود ($p\leq$۰/۰۵). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که رژیم‌های رطوبتی سبب کاهش محتوای نسبی آب برگ و شاخص پایداری غشا شد ولی مقاومت روزنه‌ای و میزان کلروفیل را افزایش داد. نتایج اثر ساده پرایمینگ نشان داد که کاربرد هر دو نوع پرایمینگ به‌صورت معنی‌داری مقاومت روزنه‌ای و میزان کلروفیل را نسبت به شاهد افزایش دادند اما تاثیری بر محتوی نسبی آب و شاخص پایداری غشا نداشتند (جدول ۶). نتایج برهمکنش رژیم‌های رطوبتی و پرایمینگ نشان داد که در شرایط کمبود آب کاربرد هر دو نوع پرایمینگ تاثیری بر محتوای نسبی آب نداشت و شاخص پایداری غشا به صورت معنی‌داری کاهش یافت (در رژیم آبی ۸۰ درصد ظرفیت زراعی استفاده از هر دو نوع پرایمینگ، در رژیم ۶۰ درصد ظرفیت زراعی استفاده از هیدروپرایمینگ و در رژیم ۴۰ درصد ظرفیت زراعی استفاده از هالوپرایمینگ). مقاومت روزنه‌ای و میزان کلروفیل در تمام سطوح رژیم‌های رطوبتی به‌ترتیب به‌جز ۴۰ و ۲۰ درصد با کاربرد هر دو نوع پرایمینگ افزایش معنی‌داری نشان دادند. همچنین افزایش میزان کلروفیل در رژیم ۲۰ درصد فقط با استفاده از هالوپرایمینگ مشاهده شد (جدول ۶).

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک نشاءهای برنج تحت تأثیر برهمکنش پیش‌تیمار بذر و رژیم‌های مختلف رطوبتی

Table 4. Mean comparison of morphologic traits of rice seedling under interaction of seed priming and different moisture regimes

ظرفیت زراعی (درصد) Field capacity (%)	پرایمینگ Priming	ارتفاع گیاه Plant height (mm)	وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight (mg)	سطح برگ Leaf area (mm^2)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	سطح ریشه Root area (mm^2)	قطر ریشه Root diameter (mm)	مجموع طول ریشه Total Root length (mm)
100	Control شاهد	269.3b	33.00a	282.7ab	5.47bc	245.3a-c	122a	296.0b-e
	Halopriming هالوپرایمینگ	302.3a	21.00b	283.0ab	4.93c	227.7a-d	83c-e	277.0b-e
	Hydropriming هیدروپرایمینگ	274.3b	16.67b-d	297.7a	6.00bc	187.7b-d	94bc	195.0ef
80	Control شاهد	254.3bc	29.33a	266.7a	7.83ab	225.0a-d	122a	314.3b-d
	Halopriming هالوپرایمینگ	276.3b	33.00b-d	289.0ab	4.97c	216.0b-d	78c-e	257c-e
	Hydropriming هیدروپرایمینگ	272.0b	14.00cd	284.3ab	5.43bc	256.7ab	72c-e	264.0c-e
60	Control شاهد	252.3bc	20.67b	255.3ab	9.43a	289.0a	109ab	321.7bc
	Halopriming هالوپرایمینگ	273.3b	15.00-d	276.3ab	3.80c	192.0bcd	77-e	246.0c-e
	Hydropriming هیدروپرایمینگ	275.7b	12.33d	280.0ab	4.53c	203.7bcd	69c-e	266.7c-e
40	Control شاهد	238.7c	19.33bc	243.3b	7.63ab	286.0a	92b-d	376.3ab
	Halopriming هالوپرایمینگ	262.3bc	16.00b-d	266.0ab	4.80c	181.7c-e	74c-e	218.7c-f
	Hydropriming هیدروپرایمینگ	253.7bc	13.00d	258.7ab	4.40c	188.7bcd	76c-e	253.7c-e
20	Control شاهد	122.0d	5.33e	24.00c	3.47c	160.3e	59e	426.0a
	Halopriming هالوپرایمینگ	135.0d	5.33e	26.33c	4.10c	118.7e	69de	126.7f
	Hydropriming هیدروپرایمینگ	130.3d	2.33e	25.33c	4.30c	160.7de	77c-e	211.7d-f

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq۰/۰۵$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncans Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

نتایج مشابهی در خصوص کاهش شاخص پایداری غشاء و محتوای نسبی آب برگ در گیاه عدس در شرایط تنش کم‌آبی گزارش شده است (Ahmadpour *et al*., 2015). برخی از صفات فیزیولوژیک از جمله محتوای نسبی آب برگ، شاخص پایداری غشاء، پتانسیل آب برگ گیاهان در تنش خشکی کاهش می‌یابد (Jaleel *et al*., 2009). در شرایط تنش خشکی، کاهش فشار آماس همراه با افزایش اسید آبسزیک برگ، باعث بسته شدن روزنه‌ها می‌شود و در نتیجه فتوسنتز کاهش می‌یابد (Wang *et al*., 2001).

در این شرایط معمولا سطح برگ‌ها کاهش می‌یابد و کلروفیل‌ها متراکم‌تر می شوند. احتمالا این موضوع دلیل افزایش کلروفیل در واحد سطح در شرایط کمبود آب می‌باشد.

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک نشاءهای برنج تحت تأثیر برهمکنش پیش‌تیمار بذر و رژیم‌های مختلف رطوبتی

Table 5. Analysis of variance for physiologic traits of rice seedling under interaction of seed priming and different moisture regimes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Ms)			
		میزان کلروفیل (واحد SPAD) Chlorophyl content (SPAD)	مقاومت روزنه‌ای Stomatal Resistance	شاخص پایداری غشاء membrane stability index	محتوی نسبی آب Relative Water Content
خشکی (D) Drought	4	6.443**	594.995**	2234.256**	707.899**
پرایمینگ (P) Priming	2	36.292**	335.868**	654.422ns	39.340ns
D×P	8	2.462**	34.613*	494.256**	23.507ns
خطا Error	30	0.275	8.240	82.467	58.302

ns، * و **به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns, *, and ** indicate not significant and significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات فیزیولوژیک نشاءهای برنج تحت تأثیر برهمکنش پیش‌تیمار بذر و رژیم‌های مختلف رطوبتی

Table 6. Mean comparison of physiologic traits of rice seedling under interaction of seed priming and different moisture regimes

ظرفیت زراعی (درصد) Field capacity (%)	پرایمینگ Priming	محتوی نسبی آب (درصد) Relative Water Content (%)	شاخص پایداری غشاء (درصد) Membrane stability index (%)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی‌متر) Stomatal Resistance (s/cm)	میزان کلروفیل (واحدSPAD) Chlorophyll content (SPAD units)
100	شاهد Control	85a	54c-f	26h	0.91f
	هالوپرایمینگHalopriming	71a	63a-d	36ef	4.35cd
	هیدروپرایمینگHydropriming	81a	59a-e	38d-f	4.30cd
80	شاهد Control	63ab	74ab	30gh	1.22f
	هالوپرایمینگHalopriming	77a	42e-h	38d-f	4.45cd
	هیدروپرایمینگHydropriming	84a	33gh	42b-d	5.55b
60	شاهد Control	62ab	57b-f	33fg	3.10e
	هالوپرایمینگHalopriming	63ab	40fgh	40c-e	4.93bc
	هیدروپرایمینگHydropriming	61ab	28h	42b-d	5.80ab
40	شاهد Control	58ab	69a-c	44bc	3.49de
	هالوپرایمینگHalopriming	32bc	50d-g	41b-d	5.40b
	هیدروپرایمینگHydropriming	54ab	77a	44bc	6.57a
20	شاهد Control	14c	24h	46b	4.00c-e
	هالوپرایمینگHalopriming	20c	25h	59a	6.67a
	هیدروپرایمینگHydropriming	20c	25h	57a	4.33cd

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک می‌باشند مطابق آزمون چند دامنه‌ای دانکن ($p\leq۰/۰۵$) تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different statistically, using Duncans Multiple Range Test ($p \leq 0.05$).

همچنین نتایج پرایمینگ بر صفات فیزیولوژیک برنج نشان داد که پرایمینگ، اثری بر محتوای آب نسبی و شاخص پایداری غشا نداشت و میزان کلروفیل و مقاومت روزنه‌ای را افزایش داد. به‌طور کلی پیش‌تیمار بذر برای افزایش کیفیت بذر از جمله تقویت جوانه‌زنی و افزایش توان زنده‌مانی گیاهچه به‌کار می‌رود (Azarnia and Esvand, 2013) و تاثیر آن‌ها در مراحل نموی مابعد جوانه‌زنی می‌تواند تداوم داشته باشد، هر چند لزوما این‌گونه نیست و پژوهش‌هایی نیز وجود دارد که عدم اثرگذاری پیش‌تیمار بذور در مراحل مابعد جوانه‌زنی را گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال در مطالعه‌ای بر روی گندم مشخص شد که پیش‌تیمار بذور با اسیدسالیسیلیک در شرایط شاهد (آبیاری بهینه) تأثیر مثبت معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نداشت، هر چند در شرایط تنش اثر مثبت آن مشاهده شد (Naghizadeh and Gholami Tooranposhti, 2014).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که پرایمینگ بذر برنج در رژیم‌های مختلف رطوبتی برای بهبود جوانه‌زنی مفید است. با این حال، این روش در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه امیدبخش به نظر نمی‌رسد. در مجموع پرایمینگ بذر برنج برای تقویت جوانه‌زنی، افزایش توان گیاهچه و بهبود عملکرد و کیفیت نشاءها توصیه می‌شود که در این میان، اثر هیدروپرایمینگ نسبت به هالوپرایمینگ بیش‌تر است.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مسئول پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد قدردانی می‌گردد.

منابع

Abdul Jaleel, C., Manivanan, P., Wahid, A., Farooq, M., Aljuburi, H.J., Somasundaram, R. and Paneerselvan, P. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 100–105. **(Journal)**

Afzal, I., Basra, S.M.A., Ahmad, R. and Iqbal, A. 2002. Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences, 39: 109-112. **(Journal)**

Afzal, S.R., Basra, S.M.A. and Murtaza, G. 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. Plant, Soil and Environment, 9: 382–388. **(Journal)**

Ahmadpour, R., Armand, N., Hosseinzadeh, S.R. and Rejeh, M. 2015. Evaluation of foliar application of Methanol effects on some morphological, physiological and biochemical indices of Lentil (*Lens culinaris* Medik.) under water deficit stress. Iranian Journal of Pulses Research ,7(2): 202-214. (In Persian)**(Journal)**

Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y. and Sakuratani, T. 2002. Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activity of mungbean subjected to waterlogging. Plant Science, 163: 117-123. **(Journal)**

Akramian, M., Hosseini, H., Kazerooni Monfared, A. and Rezvani Moghadam, P. 2007. Effect of seed osmopraiming on germination and seedling development of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Agricultural Research, 5(1): 37-46. (In Persian)**(Journal)**

Amjad, M., Ziaf, K., Iqbal, Q., Ahmad, I., Atif Riaz. M. and Ahmad Saqib, Z. 2007. Effect of seed priming on seed vigour and salt tolerance in hot pepper.Pakistan Journal of Agricultural Sciences,44(3): 416-408. **(Journal)**

Ashraf, M. and Iram, A. 2005. Drought stress induced changes in some organic substances in nodules and other plant parts of two potential legumes differing in salt tolerance. Flora, 200: 535-546. **(Journal)**

Azarnia, M. and Esvand, H.R. 2013. Seed quality improving by priming to increase crops growth and yield. Research Achievements for Field and Horticulture Crops, 2(4): 277-287. (In Persian)**(Journal)**

Barsa, S.M.A., Pannu, I.A. and Afzal, I. 2003. Evaluation of seedling vigor of hydro and matri primed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. International Journal of Agriculture and Biology, 5(2): 121–123. **(Journal)**

Bayoumi, T.Y., Eid, M. and Metwali, E.M. 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. African Journal of Biotechnology, 7: 2341-2352. **(Journal)**

Bian, Sh. and Jiang, Y. 2008. Reactive oxygen species, antioxidant enzyme activities and gene expression patterns in leaves and roots of Kentucky bluegrass in response to drought stress and recovery. Scientia Horticulturae, 3118: 10-17. **(Journal)**

Bradford, K.J., Steiner, J.J. and Trawatha, S.E. 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. Crop Science, 30: 718-721. **(Journal)**

Cabuslay, G.S., Ito, O. and Alejar, A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficite. Plant Science, 163:815-827. **(Journal)**

Capron, I., Corbineau, F.F., Dacher, C., Come, D. and Job, D. 2000. Sugarbeet seed priming: Effects of priming conditions on germination, solubilization of 1 I-S globulin and accumulation of LEA proteins. Seed Science Research, 10: 243-254. **(Journal)**

De, F. and Kar, R.K. 1994. Seed germination and seedling growth of mung bean (Vigna radiate) under water stress induced by PEG-6000. Seed Science and Technology, 23:301-304. **(Journal)**

Dodd, G.L. and Donovan, L.A. 1999. Water potential and ionic effects on germination and seedling growth of two cold desert shrubs. The American Journal of Botany, 86:1146-1153. **(Journal)**

Fanaei, H.R., Keikha, H. and Piri, I. 2015. Effect of seed priming on grain and oil yield of Safflower under irrigation deficit conditions. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 2(2): 49-59. (In Persian)**(Journal)**

Farahani, A.H. and Maroufi, K. 2011. Effect of hydropriming on seedling vigour in basil (Ocimum basilicum L.) Under salinity conditions. Advances in Environmental Biology, 5:828-833. **(Journal)**

Farooq, M.S. and Barsa, M.A. 2009. Enhancing the performance of transplanted coarse rice by seed priming. Paddy and Water Environment, 7:55–63. **(Journal)**

Farooq, M.S., Barsa, M.A., Tabassum, R. and Afzal, I. 2006. Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed primng. Plant Production Science, 9: 446-456. **(Journal)**

Ghasemi Golazani, K., Sheikhzada Mosadeq, P. and Valizade, M. 2009. Seed hydroperimage effects on germination, emergence and yield of chickpea. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 19(1): 49-58. (In Persian)**(Journal)**

Gisele, A., Torres, M., Gimenes, A., Rosa, V.E. and Quecini, V. 2007. Identifying water stress-response mechanisms in citrus by in silico transcriptome analysis. Genetics and Molecular Biology, 30: 888-905. **(Journal)**

Hajebi, A.H. and Heidari Sharif Abad, H. 2005. Investigation of effect of drought on growth and nodulation of three species of clover. Pajouhesh va Sazandegi, 18: 13-22.(In Persian)**(Journal)**

Hossaini, S.V., Ganjeali, A., Lahouti, M. and Beyk Khormizi, A. 2014. Effect of drought stress on seed germination and some morphopysiological and biochemical traits of *Oryza sativa* L. cv. Hashemi seedlings. Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi), 105: 182-188. (In Persian)**(Journal)**

Hus, J.L. and Sung, J.M. 1997. Antioxidant role of glutatnione associated with accelerated aginaand hydration of triploid Warermelon seeds. Physiologa Plantarum, 100: 967-974. **(Journal)**

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H.J., Somasundaram, R. and Panneerselvam, R. 2009. Drought stress plants: a review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biology, 11: 100-105. **(Journal)**

Khorshidi Benam, M.B., Abdi, M., Iranipur, Sh. and Akbari, R. 2008. Effect of end season drought stress on Morphological traits and yield of nine lines and modified cultivarsof rice. Agricultural Knowledge and Sustainable Production (Agricultural Knowledge), 19(1): 59-70. (In Persian)**(Journal)**

Lasaltia, F., Miranda, J.G. and Michelle, I. 2008. Physiological characterization for drought tolerance of selected rice varieties in Lake Sebu, Philippines.– USM R and D Journal, 16:13-16. **(Journal)**

Luo, L.J. and Zhang, Q.F. 2001. The status and strategy on drought resistance of rice (*Oryza sativa* L.). Chinese Journal of Rice Science, 15:209-214. **(Journal)**

Macar, T.K., Turan, O. and Ekmekcd, Y. 2009. Effects of water deficit induced by PEG and NaCl on Chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars and lines at early seedling stages. Gazi University Journal of Science, 22(1): 5-14. **(Journal)**

Maserrat, N., Syadat, A., Sharafizade, M. and Habibi Khaniani, B. 2013. Effect of halopriming and hydroperiming on seed germination and seedling growth of maize hybrid SC704 under salinity stress. Journal of Plant Physiology, 5(19): 45-59. (In Persian)**(Journal)**

McDonald, M.B. 2000. Seed Priming. In: Black, M. and J.D. Bewley (Eds.) Seed Technology and its Biological Basis. CRC Press, Florida. pp: 287-325. **(Book)**

Mensah, J.K., Obadoni, B.O., Eruotor, P.G. and Onome-Irieguna, F. 2006. Simulated flooding and drought effects on germination, growth and yield parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.). African Journal of Biotechnology, 5: 1249-1253. **(Journal)**

Michel, B.E and Kaufmann, M.R. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol. Plant Physiology, 51: 914-916. **(Journal)**

Murungu, F.S., Nyamuga Fata, P., Chiduza, C., Clark, L.J. and Whalley, W.R.. 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maze (*Zea mays* L.). Soil and Tillage Research, 74:161-168. **(Journal)**

Musa, A.M., Harris, D., Johansen, C. and Kumar, J. 2001. Short duration chickpea to replace fallow after Aman rice: the role of on-farm seed priming in the High Barind Tract of Bangladesh. Experimental Agriculture, 37: 509-521. **(Journal)**

Naghizadeh, M and Gholami Tooranposhti, M. 2014. The effect of seed priming with salicylic acid on yield and yield components of wheat under conditions drought stress. Journal of Agroecology, 6(1): 162-170. (In Persian)**(Journal)**

Nonami, H., Tanimoto, K., Tabuchi, A., Fukwjama, T. and Hashimoto, Y. 2005. Saltstress under hydroponic conditions causeschanges in cell wall extension during growth. Seed Science Research, 396: 91-98. **(Journal)**

Piper, E.L., Boote, K.J., Jones, J.W. and Grimm, S.S. 1996. Comparison of two phenology models for predicting flowering and maturity date of soybean. Crop Science, 36:1606-1614. **(Journal)**

Price., A.H.P., Caims, J.E. Horton, P. Joned H.G. and Grrifiths, H. 2002. Linkinrg drought-resistance mechanisms to drought avoidance in upland rice using a QTL approach: progress and new opportunities to integrate stomatal and mesophyll responses. Journal of Experimental Botany, 371: 989-1004. **(Journal)**

Ramezani, M. and Rezaei Sokht Abandani, R. 2011. The study of osmopriming on germination of rice (*Oryza Sativa* L.) Cultivars Fajr. Seed Science and Technology, 1(1): 22- 28. (In Persian)**(Journal)**

Rosegrant, M.W., Msangi, S., Ringler, C., Sulser, T.B. and Zhu, T. 2008. International modelfor policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT): Model description. International Food Policy Research Institute. Washington D.C. (USA). **(Handbook)**

Roy, R., Mazumder, P.B. and Sharma, G.D. 2009.Proline, catalase and root traits as indices of drought resistance in bold grained rice (*Oryza sativa*) genotypes. African Journal of Biotechnology, 8: 6521-6528. **(Journal)**

Saha, R., Mandal, A.K. and Basu, R.N. 1990. Physiology of seed invigoration treatments in soybean (*Glycine max* L.). Seed Science and Technology, 18: 269-276. **(Journal)**

Sairam, R.K. and Saxena, D.C. 2001. Oxidative Stress and Antioxidants in Wheat Genotypes: Possible Mechanism of Water Stress Tolerance. Journal of Agronomy and Crop Science, 184: 55-61. **(Journal)**

Silva, M.A., Jifon, J., Da Silva, L. and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast to screen for drought tolerance in sugarance. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19: 193-201. **(Journal)**

Sivritepe, H.O. and Dourado, A.M. 1995. The effects of priming treatments on the viability and accumulation of chromosomal damage in aged pea seeds. Annals of Botany, 75: 165-171. **(Journal)**

Soltani, E., Akram-Ghaderi, F. and Maemar, H. 2008. The effect of priming on germination components and seedling growth of cotton seeds under drought. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources, 14(5): 9-16. (In Persian)**(Journal)**

Styer, R.C. and Cantliffe, D.J. 1983. Evidence of repair processes in onion seed during storage at high seed moisture contents. Journal of Experimental Botany, 34: 277-282. **(Journal)**

Tiryaki, I. and Buyukcingil, Y. 2009. Seed priming conbined with plant hormones: Influence on germination and seedling emergence of sorghum at low temperature. Seed Science and Technology, 37: 303- 315. **(Journal)**

Tuong, T., Bouman, P. and Mortimer, B.A.M. 2005. More rice, less water-integrated approaches for increasing water productivity in irrigated rice-based systems in asia. Plant Production Science, 8: 229-239. **(Journal)**

Vaseii Kashani, S.M., Hamidi, A., Heidari Sharif Abad, H. and Daneshian, J. 2014. Effect of matrix priming on some germination traits improvement of three commercial soybeans [*Glycine max* (L.) Merril] cultivars seeds grew by limited irrigation conditions. Iranian Journal of Seed Research, 2(1): 1-14. (In Persian)**(Journal)**

Wang, W.X., Vinocur, B., Shoseyov, O. and Altman, A. 2001. Biotechnology of plant osmotic stress tolerance: physiological and molecular considerations. Acta Horticulturae, 560: 285-293. **(Journal)**

Yan, M. 2017. Prolonged storage reduced the positive effect of hydropriming in Chinese cabbage seeds stored at different temperatures. South African Journal of Botany, 111:313-315. **(Journal)**

Effect of seed priming on germination and morphophysiological traites of Rice transplants (*Oryza sativa* L.cv. Hashemi) under different moisture regimes

Ali Ganjeali*[1], Seyed Mousa Mousavi Kouhi[2], Abdollah Beyk Khormizi[3], Seyed Vajihollah Hossaini[4]

Received: July 8, 2019 Accepted: September 18, 2019

Abstract

Two separate factorial experiments based on the completely randomized design were conducted at the Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi university of Mashhad. In the first experiment, the effect of 0, -2, -4, -6, -8, and -10 bar of moisture regimes with three priming levels including control (without priming), halo priming by calcium chloride, and hydropriming were investigatedon the seed germination of rice. In the second experiment, the seeds primed similar to the first experiment were cultivated in the pots filled with sand, being under five levels of moisture regimes including control (filed capacity), 20, 40, 60, and 80% of field capacity. After 28 days of cultivation, some morphophysiological traits were measured. The results of the first experiment showed that under low moisture regimes the germination traites were negatively affected. However, under some moisture regimes, the use of priming improved the germination rate and percentage, and increased dry weight of radicle and hypocotyl. It was also found that improving effects of hydropriming was more than halopriming. In the second experiment, low moisture regimes significantly decreased seedling height, shoot dry weight, leaf area, root area and diameter, water relative content, and membrane stability index. Under this condition, seed priming treatment did not positively affect these traits, butincresedstomatal resistance and chlorophyl conten.According to the results, it seems that both under control and low moisture regimes the use of seed priming, specially hydropriming, can be beneficial for Riceseed germination.

Keywords: Filed Capacity; Germination Rate; Relative Water Content; Seed Priming; Seedling Growth

How to cite this article

Ganjeali, A., Mousavi Kouhi, S.M., Beyk Khormizi. A. and Hossaini, S.V. 2021. Effect of seed priming on germination and morphophysiological traites of Rice transplants (*Oryza sativa* L.cv. Hashemi) under different moisture regimes. Iranian Journal of Seed Science and Research, 7(4): 433-445. (In Persian)(**Journal)**

DOI: 10.22124/JMS.2020.4641

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. Associate Professor, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
2. Assistant Professor, Faculty of Sciences, University of Birjand, Birjand, Iran
3. PhD student of Plant Physiology, Faculty of Sciences, University of Urmia, Urmia, Iran
4. M.Sc. of Plant Physiology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran
*Corresponding author: ganjeali@um.ac.ir