"نشریه علوم و فناوری بذر ایران"
جلد دهم، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰
(ص ۱۲۶-۱۱۱)
مقاله پژوهشی

Iranian Journal of
Seed Science and Technology
Vol.: 10, No.: 2, Summer 2021
(pp: 111-126)
DOI: 10.22034/ijsst.2020.342788.1338
*Research Article*

# مطالعه تأثیر هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ بر بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای دو رقم برنج

**محمد خادمی[1]، فائزه زعفریان[2*]، شهرام نظری[3]، محمدعلی اسماعیلی[2]**

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. استادیار پژوهش، بخش اصلاح و تهیه بذر، موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۵/۰۶)

**چکیده**

به‌منظور بررسی اثر هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ بر خصوصیات گیاهچه‌ای برنج آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای اعمال شده این تحقیق شامل دو رقم برنج (طارم هاشمی و شیرودی) و پیش تیمار در پنج سطح شامل پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم (پتانسیل اُسمزی ۱/۲۵- بار در ۲۴ ساعت)، اسید آسکوربیک (۱۰ میلی گرم در یک لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت)، آب (به مدت ۴۸ ساعت) و شاهد (بدون پیش تیمار) بود. نتایج نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی در محدوده ۱۰۰-۹۷ درصد در ارقام شیرودی و طارم هاشمی تحت پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم مشاهده شد. بیش‌ترین سرعت جوانه-زنی در پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌دست آمد؛ به‌طوری که سبب افزایش به‌ترتیب ۵۲ و ۵۴ درصدی سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد گردید. نتایج نشان داد با اعمال پیش تیمار در هر دو رقم ، مدت زمانی که طول کشید تا بذرها ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه بزنند، کاهش یافت. اثر رقم و پیش تیمار بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و همچنین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید آسکوربیک و آب به-ترتیب ۶۹، ۶۴، ۱۳ و ۳۲ درصد در رقم شیرودی و به‌ترتیب ۹۱، ۷۰، ۴۷ و ۴۳ درصد در رقم طارم هاشمی نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش شاخص طولی بنیه بذر گردید. همچنین پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید آسکوربیک و آب به‌ترتیب ۱۱۰، ۹۵، ۵۰ و ۴۷ درصد شاخص وزنی بنیه بذر را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بطورکلی نتایج به دست آمده از این مطالعه نشان داد پرایمینگ با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم موجب بهبود کارکرد بذر می‌شود.

**کلمات کلیدی:** برنج، درصد جوانه‌زنی، شاخص طولی بنیه بذر، کلرید پتاسیم، کلرید کلسیم

# Effect of Hydropriming and Osmopriming on Seedling Improvement of Two Rice Cultivars

**M. Khademi[1], F. Zaefarian[2*], Sh. Nazari [3], M.A. Esmaeeli[2]**

1. MSc student of Aronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
2. Associate professor of Agronomy, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
3. Research Assistant Professor, Department of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran.
(Received: Apr. 30, 2020 – Accepted: Jul. 27, 2020)

**Abstract**

In order to investigate the effect of hydropriming and osmopriming on the characteristics of experimental rice seedlings, the factorial was performed in a completely randomized design in three replications. Applied treatment in this study included two rice cultivars (Tarom hashemi and Shiroudi) and priming at five levels including calcium chloride and potassium chloride priming ($\Psi_s$ -1.25 MPa), ascorbate acid (10 mg $l^{-1}$), hydropriming (for 48 hours) and control (no priming). Interaction of cultivar and priming showed that the highest germination percentage was observed in the range of 97-100% in Shiroudi and Tarom hashemi cultivars primed with calcium chloride and potassium chloride. The highest germination rate was obtained in priming with calcium chloride and potassium chloride, which increased the germination rate by 52 and 54%, respectively. Results showed that in both cultivars priming decreased the time for seed germination by 10 and 50%. The effect of cultivar and priming on root and shoot length as well as root and shoot dry weight were significant at 1% probability level. The results showed that priming with calcium chloride, potassium chloride, ascorbic acid and water increased seedling length vigor index 69, 64, 13 and 32% in Shiroudi and 91, 70, 47 and 43% in Tarom hashemi, respectively compared to control. Also, priming with calcium chloride, potassium chloride, ascorbic acid and water increased seedling weight vigor index by 110, 95, 50 and 47%, respectively. In general, the results of this study showed that priming with calcium chloride and potassium chloride improves seed performance.

**Keywords:** Rice, Germination percentage, Seedling length vigor index, Potassium chloride, Calcium chloride

* Email: fa_zaefarian@yahoo.com

## مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی نیمی از مردم جهان است و تقریباً یک پنجم از کل کالری دریافتی انسان را فراهم می‌کند (Abubakar *et al*., 2018). امروزه این محصول استراتژیک با توجه به جایگاه آن در تأمین غذا و کالری مورد نیاز مردم، نقش مهمی در سبد غذایی مردم ایران ایفاء می‌کند. کشور ایران در حال حاضر حدود ۳/۴ میلیون تن مصرف برنج دارد که پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۳۵ مقدار مصرف به ۵/۱ میلیون تن برسد؛ اما مطالعه وضعیت ۲۰ سال گذشته نشان می‌دهد که در طی این سال‌ها سطح زیر کشت برنج در کشور از یک روند نسبتاً ثابت و تا حدی نزولی تبعیت کرده است (۶۰۰-۵۲۰ هزار هکتار) که به دلیل محدودیت زمین‌های قابل کشت امکان افزایش سطح زیر کشت وجود ندارد (FAO, 2019). از این‌رو، بهبود بهره‌وری در واحد سطح، مهم‌ترین راهبرد در افزایش تولید برنج می‌باشد. بنابراین برای بالا بردن توان و ظرفیت تولید باید از روش‌های پیشرفته استفاده نمود. این روش‌ها که امروزه به نام مدیریت صحیح زراعی از آن نامبرده می‌شود، به‌عنوان راهکاری اثربخش برای افزایش عملکرد بیش‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در این راستا شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد و محدودیت‌هایی که در رابطه با عملکرد بالا در این گیاه وجود دارد؛ می‌تواند اقدام مؤثری در جهت افزایش تولید در واحد سطح باشد.

کمبود منابع آب، کشاورزان تولیدکننده برنج را مجبور به ایجاد رویکردی مناسب یعنی کشت مستقیم برنج به جای کشت غرقابی در جهت کاهش میزان مصرف آب کرده است که بسیار ارزشمند می‌باشد (Khaliq *et al*., 2015). کشت مستقیم برنج علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب دارای مزایایی همچون کاهش هزینه‌ها و مراقبت‌های ناشی از خزانه برنج و بهبود نظام زراعی برنج-گندم از طریق تسهیل زمان استقرار و بهبود رشد گیاه زراعی زمستانه می‌گردد (Farooq *et al*., 2007). به علت بحران انرژی عصر حاضر و هزینه زیاد کشت نشائی، کشت مستقیم در بسیاری از کشورهای جهان رو به افزایش است. در این راستا شناخت عوامل مؤثر بر عملکرد و محدودیت‌هایی که در رابطه با عملکرد بالا در این گیاه وجود دارد می‌تواند اقدام مؤثری در جهت افزایش تولید در واحد سطح باشد. علف‌های هرز و عدم جوانه‌زنی و به‌تبع آن عدم سبز شدن مطلوب بذرهای برنج در مزرعه از عواملی هستند که تولید برنج در شرایط کشت مستقیم را تحت تأثیر قرار می‌دهند (Ruttanaruangboworn *et al*., 2017).

بنابراین جوانه‌زنی بذور و استقرار گیاهچه از عوامل مهم تولید برنج در مزارع است (Li *et al*., 2020). همان‌طور که درک ما از فرآیندهای مربوط به جوانه‌زنی گسترش یافته است، روش‌هایی برای تغییر این فرآیندها برای تولید بذر در کشاورزی به‌وجود آمده است. یکی از متداول‌ترین روش‌های شناخته شده در این زمینه پیش تیمار بذر می‌باشد (Boukari *et al*., 2019). رایج‌ترین روش‌های پیش تیمار شامل هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ است. اُسموپرایمینگ نوع خاصی از آماده‌سازی پیش از کاشت بذرها می‌باشد که از طریق خوابانیدن بذرها در محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی پایین است. در روش هیدروپرایمینگ، بذرها با آب خالص و بدون استفاده از هیچ‌گونه ماده شیمیایی تیمار می‌شوند که این نوع پیش تیمار بسیار ساده و ارزان بوده و مقدار جذب آب از طریق مدت زمانی که بذرها در تماس با آب هستند، کنترل می‌شود (Majda *et al*., 2019). البته باید توجه داشت هر روش دارای نقاط قوت و ضعفی است و بسته به نوع گیاه، مرحله رشد گیاه، غلظت و میزان عامل پیش تیمار تأثیرگذاری مختلفی دارد.

پرایمینگ بذر روشی است که سبب فعال شدن مکانیسم‌های اولیه جوانه‌زنی قبل از کاشت می‌گردد. برای این عمل در گیاهان مختلف مزایای زیادی ذکر شده است که از مهم‌ترین آن‌ها افزایش درصد جوانه‌زنی و سرعت

جوانه‌زنی بذر است (Feghhenabi *et al*., 2020). پیش تیمار از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و افزایش درگیر شدن تعدادی از آنزیم‌ها در متابولیسم کربوهیدرات‌ها (آلفا و بتا آمیلاز) ، پروتئاز و تجزیه لیپیدها سبب شکستن ماکرومولکول‌ها برای رشد و توسعه جنین و در نهایت موجب سبز شدن سریع و توسعه گیاهچه‌ها می‌شوند (Gamboa *et al*., 2006; Varier *et al*., 2010; Di-Girolamo and Barbanti, 2012). گزارش‌هایی مبنی بر بهبود آسیب‌های کروموزمی، رونویسی DNA، افزایش RNA و سنتز پروتئین *de novo* و کاهش نشت متابولیت‌ها از دیواره سلولی توسط پیش تیمار وجود دارد (Sharma *et al*., 2014). در این راستا جانسون و همکاران (Johnson *et al*., 2005) گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی بذور برنج تحت پیش تیمار با سولفات روی نسبت به تیمار شاهد به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. دشت‌میان و همکاران (Dashtmain *et al*., 2014) گزارش کردند که پیش تیمار بذور با افزایش فرآیندهای بیوشیمیایی سبب بهبود خصوصیات ریشه برنج تحت شرایط کاهش دما می‌شود. استفاده از محلول‌های نمکی (کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم) برای آماده‌سازی بذر به بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه کمک می‌کند. این محلول‌ها باید در غلظت‌های بالا و دوره‌های آماده‌سازی طولانی مدت به‌کار گرفته شوند. با این حال، غلظت‌های پایین و دوره‌های کوتاه مدت آماده‌سازی با استفاده از محلول‌های نمکی نیز بر جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه تأثیر مثبت دارد (Nakaune *et al*., 2012). در همین راستا محققین زیادی در بکارگیری کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌عنوان پیش‌تیمار در پتانسیل اُسمزی ۱/۲۵- بار در مدت زمان ۲۴ ساعت در بهبود خصوصیات گیاهچه‌ای ارقام مختلف برنج اتفاق نظر دارند. به‌طوری‌که نواز و همکاران (Nazwaz *et al*., 2017) نیز گزارش کردند اُسموپرایمینگ با کربنات کلسیم در پتانسیل اُسمزی ۱/۲۵- بار طی ۲۴ ساعت نسبت به پیش تیمار با آب و تیمار بدون پیش تیمار سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در برنج شد. فاروق و همکاران (Farooq *et al*., 2006) طی پژوهشی اظهار داشتند که پیش تیمار بذر برنج با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم در پتانسیل اُسمزی ۱/۲۵- بار طی مدت زمان ۲۴ ساعت از طریق افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانی، مدت زمان لازم برای شروع و ۵۰ درصد جوانه‌زنی شد. در صورتی‌که حسین و همکاران (Hussain *et al*., 2016) طی پژوهشی اظهار داشتند که کاهش غلظت کلرید کلسیم به ۰/۵۵- بار طی مدت زمان ۲۴ ساعت نسبت به سایر ترکیبات پرایمینگ کم‌تر موجب بهبود خصوصیات جوانه‌زنی دو رقم برنج (YLY6 و HHZ) گردید. ایلا و همکاران (Ella *et al*., 2011) نیز گزارش دادند کاهش غلظت پرایمینگ با کلرید پتاسیم از ۱/۵- بار به ۰/۷۵- سبب کاهش خصوصیات گیاهچه‌ای چهار رقم برنج (IR42، FR13A، Khao و Khaiyan) گردید. یوسف (Yousof, 2013) با بررسی پرایمینگ سطوح مختلف کلرید کلسیم (۰/۷۵-، ۱-، ۱/۲۵- و ۱/۵- بار) طی مدت ۲۴ ساعت در برنج بیان داشت که بالاترین درصد و سرعت جوانه‌زنی در غلظت ۱/۲۵- بار مشاهده شد. طی مطالعه‌ای گزارش شد پیش تیمار بذر برنج با آب و کلرید پتاسیم (پتانسیل اُسمزی ۱/۲۵- بار در ۲۴ ساعت) سبب کاهش مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد سبز شدن، سرعت و درصد سبز شدن گردید (Rehman *et al*., 2015). بنابراین این پژوهش با هدف ارزیابی خصوصیات گیاهچه‌ای ارقام طارم هاشمی و شیرودی که به‌ترتیب به‌عنوان ارقام بومی و پرمحصول منطقهمی‌باشند؛ در واکنش به هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ برای شناسایی بهترین تیمار جهت کاشت در مزرعه انجام پذیرفت.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثرات هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ بر خصوصیات جوانه‌زنی بذر برنج، پژوهشی آزمایشگاهی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال ۱۳۹۸ انجام گردید. این آزمایش، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای اعمال شده این تحقیق شامل ارقام شیرودی که گواهی شده تولیدی سال ۱۳۹۷ معاونت مؤسسه تحقیقاتی برنج کشور و رقم بومی طارم هاشمی و همچنین پیش تیمار در پنج سطح شامل پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم (پتانسیل اُسمزی ۱/۲۵- بار در ۲۴ ساعت)، اسید آسکوربیک (۱۰ میلی‌گرم در یک لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت)، آب (به مدت ۴۸ ساعت) و شاهد (بدون پیش تیمار) بود (Farooq *et al*., 2006; Farooq *et al*., 2007; Rehman *et al*., 2015). برای انجام آزمایش، ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها به‌طور کامل ضدعفونی شدند. بدین منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو گردیدند. بعد از اتمام مدت زمان هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ ، بذرها از بطری خارج و با آب مقطر شستشو شدند و بعد جهت خشک شدن به مدت ۷۲ ساعت در محیط سایه و دمای اتاق نگهداری شدند، به‌طوری‌که رطوبت آن‌ها به میزان اولیه رسید. در این بررسی از بذر تیمار نشده به‌عنوان شاهد استفاده شد. جهت اجرای این آزمایش از پتری‌دیش‌هایی با قطر ۹ سانتی‌متری جهت بررسی خصوصیات مختلف جوانه‌زنی استفاده شد. ابتدا پتری‌ها جهت استریل با محلول هیپوکلریت سدیم ۵ درصد کاملاً شسته شد و داخل فویل آلومینیومی در آون با دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت حرارت داده شدند (Kaya *et al*., 2006). درون هر پتری‌دیش تعداد ۵۰ عدد بذر از هر تیمار مورد مطالعه روی کاغذ صافی کشت گردیده و به آن‌ها ۵ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه شد. فرآیند جوانه‌زنی با جذب آب توسط بذر خشک در حال استراحت شروع و با خروج ریشه‌چه از ساختارهایی که آن را فرا گرفته‌اند؛ کامل می‌شود. براین اساس، خروج دو میلی‌متری ریشه‌چه به‌عنوان معیار بذر جوانه‌زده در نظر گرفته شد (Soltani *et al*., 2001). به‌منظور تعیین درصد و سرعت جوانه‌زنی، پس از شروع جوانه‌زنی از روز دوم آغاز و هر ۲۴ ساعت یک‌بار با بازدید روزانه در هر پتری، گیاهچه‌های جوانه‌زده شمارش شد. این آزمایش تا روز دهم در داخل ژرمیناتور در دمای ۱۸ تا ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. برای محاسبه درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور از برنامه Germin استفاده شد که این برنامه $D_{10}$ و $D_{50}$ (مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی به ۱۰ و ۵۰ درصد حداکثر خود برسد) را نیز محاسبه می‌کند. این برنامه پارامترهای یاد شده را برای هر پلات از طریق درون‌یابی (Interpolation) منحنی افزایش سبز شدن در مقابل زمان محاسبه می‌کند (Soltani and Madah, 2001). در روز دهم بعد از انجام آزمایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و وزن خشک آن‌ها با استفاده از متوسط داده‌های ۱۰ گیاهچه به‌صورت تصادفی انتخاب و اندازه‌گیری شد. در این آزمایش برای محاسبه شاخص طولی بنیه بذر، شاخص وزنی بنیه بذر، ضریب آلومتری و میانگین جوانه‌زنی روزانه به ترتیب از روابط ۱، ۲، ۳ و ۴ استفاده شد (Bewley and Black, 194; Nazari *et al*., 2016):

رابطه ۱) شاخص طولی بنیه بذر= میانگین گیاهچه (طول ریشه‌چه+طول ساقه‌چه) (سانتی‌متر)× درصد جوانه‌زنی

رابطه ۲) شاخص وزنی بنیه بذر= میانگین وزن خشک گیاهچه (وزن خشک ساقه‌چه+وزن خشک ریشه‌چه) (گرم) × درصد جوانه‌زنی

رابطه ۳) ضریب آلومتری= طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)/طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)

رابطه ۴) $$\text{میانگین جوانه‌زنی روزانه} = \frac{\text{درصد جوانه‌زنی}}{\text{طول دوره جوانه‌زنی (روز)}}$$

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.2) مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

## نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد برهمکنش رقم و پیش تیمار بر درصد جوانه‌زنی، روز تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی معنی‌دار بود (جدول ۱). روند کلی تأثیر متقابل رقم و پیش تیمار حاکی از آن است که در هر دو رقم مورد بررسی پیش تیمار سبب افزایش درصد جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۲). در این رابطه لطیف‌زاده و همکاران (Latifzadeh *et al*., 2013) نیز طی پژوهشی بیان داشتند هیدروپرایمینگ و اُسموپرایمینگ در مقایسه با شاهد سبب افزایش درصد جوانه‌زنی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) شد. ابوطالبیان و همکاران (Aboutalebian *et al*., 2012) نیز اظهار داشتند پیش تیمار بذر گندم (*Triticum aestivum* L.) با ترکیبات اُسموپرایمینگ باعث افزایش درصد سبز شدن بذر به میزان ۲۴/۶ نسبت به تیمار شاهد گردید. واریر و همکاران (Varier *et al*., 2010) دلیل افزایش درصد جوانه‌زنی در تیمارهای تحت پیش تیمار را به افزایش فعالیت آنزیم‌های آلفا و بتا آمیلاز، ایزوسیترات لیاز و ۳-فسفوگلیسرید دهیدروژناز در بذور تیمار شده نسبت دادند. نتایج اثر متقابل رقم و پیش‌تیمار بر درصد جوانه‌زنی در این پژوهش حاکی از آن است که رقم شیرودی در کلیه تیمارهای پیش تیمار شده عکس‌العمل بهتری نسبت به رقم طارم هاشمی از خود نشان داد (جدول ۲)؛ بنابراین چنین استنباط می‌شود که رقم شیرودی نسبت به رقم طارم هاشمی دارای پتانسیل ژنتیکی و کیفیت فیزیولوژیکی بالایی است. شاید علت این اختلاف بین ارقام را می‌توان با کیفیت فیزیولوژیکی بذر توجیه کرد. از آنجاکه دوام هر مرحله جذب آب وابسته با خواص توارثی از جمله ساختمان، ساختارهای شیمیایی بذر، نفوذپذیری پوشش بذر و غیره دارد، لذا چنین به‌نظر می‌رسد که این شرایط در رقم شیرودی بهتر بوده است. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و پیش تیمار نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی در محدوده ۱۰۰-۹۷ درصد در ارقام شیرودی و طارم هاشمی تحت پرایم با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم مشاهده شد که از نظر آماری در یک گروه قرار گرفتند. همچنین کم‌ترین درصد جوانه‌زنی با ۸۵/۳۳ و ۷۷/۳۳ درصد به‌ترتیب در رقم شیرودی و طارم هاشمی در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۲). حسن و همکاران (Hasan *et al*., 2016) نیز طی پژوهشی با بررسی انواع ترکیبات اُسموپرایمینگ نشان دادند که پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم در غلظت‌های سه درصد و مدت زمان ۴۸ ساعت دارای بالاترین درصد جوانه‌زنی در برنج بود. آن‌ها همچنین دلیل فیزیولوژیکی افزایش درصد جوانه-زنی با ترکیبات اُسمزی را به بهبود غشاء سیتوپلاسمی و در نتیجه کاهش اتلاف الکترولیت‌ها نسبت دادند. ایلا و همکاران (Ella *et al*., 2011) نیز طی آزمایشی اظهار داشتند که پیش تیمار با کلرید پتاسیم (۱/۵- بار طی مدت ۲۴ ساعت) در ارقام مختلف برنج نسبت به تیمار شاهد باعث افزایش درصد جوانه‌زنی گردید. سابدی و همکاران (Subedi *et al*., 2015) نیز با بررسی پیش تیمار با کلرید پتاسیم، نیترات پتاسیم، کلرید سدیم، پلی‌اتیل گلایکول، کلرید کلسیم و آب روی برنج بیان داشتند بالاترین درصد جوانه‌زنی در کلرید کلسیم و آب مشاهده شد.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات رقم و پیش تیمار بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، روز تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی برنج

Table 1- Analysis of variance effect of cultivar and priming on germination percentage, germination rate, $D_{10}$ and $D_{50}$ of rice

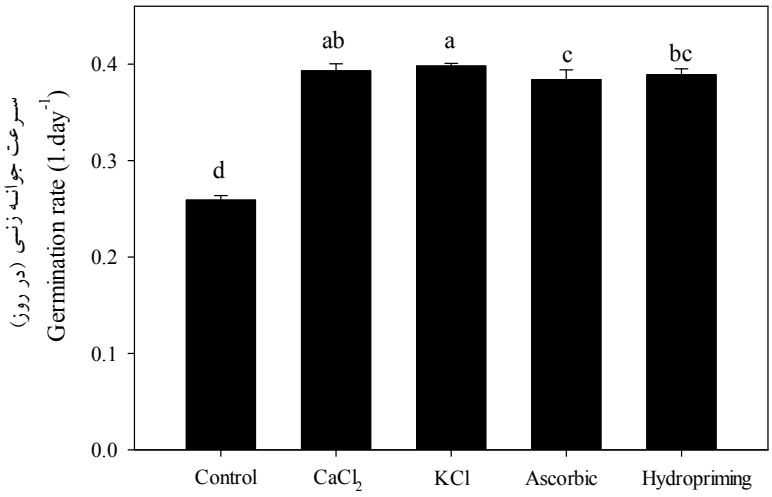
| منابع تغییرات S.O.V | درجه آزادی d.f | درصد جوانه‌زنی Germination percentage | سرعت جوانه‌زنی Germination rate | روز تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی $D_{10}$ | روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی $D_{50}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| رقم Cultivar (C) | 1 | $2.13^{n.s}$ | $0.02^{n.s}$ | $0.5\times10^{-4\ n.s}$ | $0.1\times10^{-2\ n.s}$ |
| پیش‌تیمار Priming (P) | 4 | $339.47^{**}$ | $2.12^{**}$ | $1.34^{**}$ | $2.01^{**}$ |
| رقم×پیش‌تیمار C×P | 4 | $46.13^{**}$ | $0.02^{n.s}$ | $0.3\times10^{-3*}$ | $0.7\times10^{-2*}$ |
| خطای آزمایش Error | 18 | 9.06 | 0.08 | $0.8\times10^{-4}$ | $0.2\times10^{-2}$ |
| ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) | - | 3.24 | 5.71 | 2.48 | 1.57 |

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

n.s,* and ** non-significant, significance at 0.05 and 0.01 probability level.

سرعت جوانه‌زنی یکی از مؤلفه‌های مهم خصوصیات جوانه‌زنی است که نقش زیادی در استقرار گیاهچه‌ها در ابتدای فصل رشد دارد، بدیهی است که سرعت جوانه‌زنی بالا موجب بهبود استقرار گیاهچه‌ها در مزرعه شده و در نهایت دستیابی به عملکرد مطلوب را میسر می‌سازد (Jafarnezhad *et al*., 2009). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر پیش تیمار بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌طورکلی تمامی تیمارهای پیش تیمار سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل ۱). یکی از دلایل اصلی افزایش سرعت جوانه‌زنی با کاربرد پیش تیمار، تکمیل مرحله متابولیسمی در جوانه‌زنی بذر است. در واقع بذور پیش تیمار شده از لحاظ طی مراحل جوانه‌زنی نسبت به بذور پیش تیمار نشده یک گام جلوتر هستند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی در پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌دست آمد؛ به‌طوری‌که سبب افزایش به‌ترتیب ۵۲ و ۵۴ درصدی سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پرایم گردید. همچنین سرعت جوانه‌زنی در پیش تیمار با اسید آسکوربیک و آب نیز به‌ترتیب با ۰/۳۸۴ و ۰/۳۸۹ به‌دست آمد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد (شکل ۱). جمشیدی‌جم و همکاران (Jamshidi Jam *et al*., 2012) نیز با بررسی پیش تیمار با کلرید کلسیم و سالیسیلیک اسید در گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) اظهار داشتند که پیش تیمار با کلرید کلسیم در غلظت ۵۰۰ میکرومولار سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی نسبت به سالیسلیک اسید گردید. باسرا و همکاران (Basra *et al*., 2004) با بررسی تیمارهای مختلف پرایمینگ (کلرید کلسیم، کلرید سدیم، نیترات پتاسیم و کلرید پتاسیم) بر سرعت جوانه‌زنی برنج اظهار داشتند که کاربرد تیمارهای پرایمینگ نسبت به افزایش تیمار شاهد سبب افزایش درصد سبز شدن گردید که در این بین نقش کلرید کلسیم با ۴۲ درصد افزایش کاملاً ملموس‌تر بود. رحمان و همکاران (Rehman *et al*., 2011) نیز افزایش سرعت سبز شدن برنج با کاربرد پرایمینگ کلرید کلسیم تحت سیستم کشت مستقیم را نیز گزارش کردند. علت تسریع سرعت سبز شدن در اثر پیش تیمار را می‌توان به افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های تجزیه‌کننده مانند 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 نسبت داد (Afzal *et al*., 2002; Shivankar *et al*., 2003). همچنین علت دیگر افزایش سرعت سبز شدن در بذور تحت شرایط پیش تیمار را می‌توان به افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نسبت داد (Nouman *et al*., 2014). همچنین در پژوهشی گالاردو و همکاران (Gallardo *et al*., 2001) افزایش سرعت جوانه‌زنی در اثر پیش تیمار بذر را به تنظیم بیان ژن و افزایش فعالیت چرخه سلولی و تقسیم سلولی نسبت دادند.




شکل ۱- مقایسه میانگین اثر پیش تیمار بر سرعت جوانه‌زنی
Figure 1- Mean comparisons effect of priming on germination rate

نتایج نشان داد با اعمال پیش تیمار در هر دو رقم، مدت زمانی که طول می‌کشد که بذرها به ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی برسد، کاهش می‌یابد و بذرهای پیش تیمار شده، جوانه‌زنی خود را نسبت به بذرهای شاهد سریع‌تر شروع می‌کنند (جدول ۲). نواز و همکاران (Nawaz *et al*., 2017) طی پژوهشی اظهار داشتند که اُسموپرایمینگ و هیدروپرایمینگ مدت زمان لازم جهت شروع و ۵۰ درصد سبز شدن برنج را کاهش دادند. آن‌ها همچنین این کاهش مدت زمان سبز شدن را به افزایش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک‌کننده مانند آلفا آمیلاز و تحریک سنتز پروتئین نسبت دادند. به‌نظر می‌رسد اثرات مفید پیش تیمار ممکن است به واسطه نقش آن در تسریع و بهبود سبز شدن از یک طرف و افزایش طویل شدن و تقسیم سلولی در گیاهچه تولیدی از طرف دیگر باشد. در همین راستا گائو و همکاران (Gao *et al*., 2002) نیز اظهار داشتند که پیش تیمار بذر کلزا (*Brassica napus*) موجب کاهش مدت زمان جهت شروع جوانه‌زنی نسبت به تیمار عدم پرایم گردید. آن‌ها همچنین دلیل بهبود سبز شدن را به افزایش پراکسیداز و کالمودولین در تیمارهای تحت شرایط پیش تیمار نسبت دادند. روتاناروانگ باورن و همکاران (Ruttanaruangboworn *et al*., 2017) با بررسی اُسموپرایمینگ در برنج بیان داشتند که پیش تیمار سبب کاهش مدت زمان لازم جهت شروع و ۵۰ درصد جوانه‌زنی شد. فاروق و همکاران (Farooq *et al*., 2006) نیز با بررسی روی گیاه برنج اظهار داشتند که پیش تیمار با کلرید کلسیم مدت زمان لازم جهت شروع جوانه‌زنی را از

۴/۰۳ به ۲/۰۳ روز و مدت زمان لازم جهت دستیابی بـه ۵۰ درصد جوانـه‌زنـی را از ۵/۰۸ بـه ۴/۳ روز نسـبت بـه تیمـار شاهد کاهش داد.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و پیش تیمار بر درصد جوانه‌زنی، روز تا ۱۰ و ۵۰ درصد جوانه‌زنی برنج

Table 2- Mean comparisons of cultivar and priming interaction effect on germination percentage, $D_{10}$ and $D_{50}$ of rice

| رقم Cultivar | پیش تیمار Priming | درصد جوانه‌زنی Germination percentage | روز تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی $D_{10}$ | روز تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی $D_{50}$ |
|---|---|---|---|---|
| شیرودی Shiroudi | شاهد Control | 85.33 c | 3.16 a | 3.80 a |
| | کلرید کلسیم $CaCl_2$ | 97.33 ab | 2.10 b | 2.51 b |
| | کلرید پتاسیم KCl | 100.00 a | 2.10 b | 2.50 b |
| | اسید آسکوربیک Ascorbic acid | 86.67 c | 2.13 b | 2.64 b |
| | آب Hydropriming | 94.67 b | 2.12 b | 2.59 b |
| طارم هاشمی Taroom hashmi | شاهد Control | 77.33 d | 3.18 a | 3.89 a |
| | کلرید کلسیم $CaCl_2$ | 98.67 ab | 2.11 b | 2.56 b |
| | کلرید پتاسیم KCl | 98.67 ab | 2.10 b | 2.52 b |
| | اسید آسکوربیک Ascorbic acid | 93.33 b | 2.11 b | 2.56 b |
| | آب Hydropriming | 94.67 b | 2.11 b | 2.55 b |

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test.

اثـر رقـم و پـیش تیمـار بـر طـول ریشـه‌چـه و سـاقه‌چـه و همچنین وزن خشک ریشـه‌چه و سـاقه‌چـه در سـطح احتمـال یک درصد معنی‌دار بود. درحالی‌که برهمکنش رقـم و پـیش تیمار در هیچ‌کدام از ایـن صـفات معنـی‌دار نبـود (جـدول ۳). نتایج اثر رقم نشان داد که طول ریشه‌چـه و سـاقه‌چـه در رقـم شـیرودی بـه‌ترتیـب ۵/۹۷ و ۵/۴ سـانتی‌متـر و در رقـم طـارم هاشمی نیز ۴/۰۱ و ۴/۵۹ سانتی‌متر بـود. همچنـین اثـر رقـم بـر وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه بیـانگر برتـری رقـم شـیرودی نسبت به رقم طارم هاشمی بـود (جـدول ۴). بـه‌نظر مـی‌رسـد برتری رقم شیرودی در صفات مورد بررسـی بـه خصوصـیات ذاتی رقم شیرودی نسبت به رقم طـارم هاشـمی مـرتبط باشـد. نتایج مقایسه میانگین اثر پیش تیمار نشـان داد کـه بـیش‌تـرین طول ساقه‌چه و ریشه‌چـه و بـالاترین وزن خشـک سـاقه‌چـه و ریشه‌چـه در پـیش تیمـار بـا کلریـد کلسـیم و کلریـد پتاسـیم بـه‌دسـت آمـد کـه نسـبت بـه یکـدیگر اخـتلاف معنـی‌داری مشاهده نشد (جـدول ۵). بـه‌نظرمی‌رسـد بـالاتر بـودن سـرعت جوانـه‌زنی در تیمارهـای تحـت پـیش تیمـار باعـث افـزایش بهره‌بـرداری از ذخـایر موجـود در بـذر توسـط گیاهچـه جوانـه‌زده شـده باشـد و احتمـال مـی‌رود همـین عامـل موجـب افـزایش طـول و وزن گیاهچـه گردیـده اسـت.

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات رقم و پیش تیمار بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه برنج

Table 3- Analysis of variance effect of cultivar and priming on radicle length, shoot length, root dry weight and shoot dry weight of rice

| درصد جوانه‌زنی S.O.V | درجه آزادی d.f | طول ریشه‌چه Radicle length | طول ساقه‌چه Shoot length | وزن خشک ریشه‌چه Root dry weight | وزن خشک ساقه‌چه Shoot dry weight |
|---|---|---|---|---|---|
| رقم Cultivar (C) | 1 | $28.61^{**}$ | $4.96^{**}$ | $0.3\times10^{-6**}$ | $0.2\times10^{-6**}$ |
| پیش‌تیمار Priming (P) | 4 | $5.26^{**}$ | $2.36^{**}$ | $0.6\times10^{-6**}$ | $0.2\times10^{-6**}$ |
| رقم×پیش‌تیمار C×P | 4 | $0.19^{n.s}$ | $0.41^{n.s}$ | $0.1\times10^{-7n.s}$ | $0.2\times10^{-8n.s}$ |
| خطای آزمایش Error | 18 | 0.38 | 0.39 | $0.9\times10^{-7}$ | $0.2\times10^{-6}$ |
| ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) | - | 12.42 | 12.43 | 11.83 | 18.23 |

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

n.s,* and ** non-significant, significance at 0.05 and 0.01 probability level.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر رقم بر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه برنج

Table 4- Mean comparisons effect of cultivar on radicle length, shoot length, root dry weight and shoot dry weight of rice

| رقم Cultivar (C) | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shoot length (cm) | وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Root dry weight (gr) | وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Shoot dry weight (gr) |
|---|---|---|---|---|
| شیرودی Shiroudi | 5.97 a | 5.40 a | 0.0029 a | 0.0031 a |
| طارم هاشمی Taroom hashmi | 4.01 b | 4.59 b | 0.0022 b | 0.0025 b |

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر پیش تیماربر طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و وزن خشک ساقه‌چه برنج

Table 5- Mean comparisons effect of priming on radicle length, shoot length, root dry weight and shoot dry weight of rice

| پیش تیمار Priming | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Radicle length (cm) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shoot length (cm) | وزن خشک ریشه‌چه (گرم) Root dry weight (gr) | وزن خشک ساقه‌چه (گرم) Shoot dry weight (gr) |
|---|---|---|---|---|
| شاهد Control | 3.86c | 4.42c | 0.0018 c | 0.0018 c |
| کلرید کلسیم $CaCl_2$ | 6.02 a | 5.87 a | 0.0031 a | 0.0034 a |
| کلرید پتاسیم KCl | 5.75 a | 5.37 ab | 0.0030 ab | 0.0031 ab |
| اسید آسکوربیک Ascorbic acid | 4.92b | 4.42c | 0.0026 b | 0.0026 b |
| آب Hydropriming | 4.58b | 4.9bc | 0.0021 c | 0.0027 b |

میانگین‌های در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 5% probability levels using LSD test.

باسرا و همکاران (Basra *et al*., 2003) دریافتند مواد اُسموپرایمینگ از طریق افزایش میزان دی فسفاتیدیل گلیسرول در بذرها موجب سازمان‌دهی غشاهای میتوکندری شده و تولید ATP افزایش یافته که موجب افزایش رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه می‌گردد. در همین راستا گزارش شد افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی از طریق افزایش تقسیم سلولی موجب افزایش طول ریشه شد و به دنبال آن نیز وزن خشک ریشه‌چه در بذرهای گوجه‌فرنگی افزایش یافت (Farooq *et al*., 2005).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش رقم و پیش تیمار بر شاخص طولی بنیه بذر و میانگین جوانه‌زنی روزانه معنی‌دار بود (جدول ۶). آزمایش حاضر نشان داد که هر دو رقم تحت تیمارهای پیش تیمار در مقایسه با تیمار شاهد توانستند به‌طور مؤثری شاخص طولی بنیه گیاهچه را بهبود بخشند که در این بین نقش پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم کاملاً ملموس‌تر بود. نتایج پژوهش حاضر نشان داد شاخص طولی بنیه بذر تحت پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید آسکوربیک و آب به‌ترتیب ۶۹، ۶۴، ۱۳ و ۳۲ درصد در رقم شیرودی و به‌ترتیب ۹۱، ۷۰، ۴۷ و ۴۳ درصد در رقم طارم هاشمی نسبت به تیمار شاهد افزایش نشان داد (شکل ۲). علت آن نیز مربوط به افزایش دو جزء مهم شاخص وزنی بنیه بذر یعنی طول گیاهچه (طول ریشه‌چه و ساقه‌چه) و درصد جوانه‌زنی در تیمارهای تحت پیش تیمار است (Nazari *et al*., 2016). در بذرهای پیش تیمار شده با محلول‌های اسمزی تراوش متابولیت‌های درون‌سلولی از غشای بذرها کم‌تر بوده و به‌تبع آن هدایت الکتریکی عصاره این بذرها نیز کم‌تر است (Ghassemi-Golezani *et al*., 2010)، این موضوع نیز می‌تواند توجیهی برای تسریع صفات جوانه‌زنی و به دنبال آن افزایش شاخص طولی بنیه بذر باشد.

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین میانگین جوانه‌زنی روزانه در رقم شیرودی و طارم هاشمی به‌ترتیب تحت پیش تیمار با کلرید پتاسیم و کلرید کلسیم مشاهده شد. پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید آسکوربیک و آب به‌ترتیب ۱۴، ۱۷، ۱۱ و ۱۳ درصد در رقم شیرودی سبب افزایش میانگین جوانه‌زنی روزانه نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین در رقم طارم هاشمی پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید آسکوربیک و آب نیز به‌ترتیب ۲۹، ۲۸، ۲۱ و ۲۶ درصد باعث افزایش این صفت نسبت به تیمار بدون پیش تیمار شد (شکل ۳).

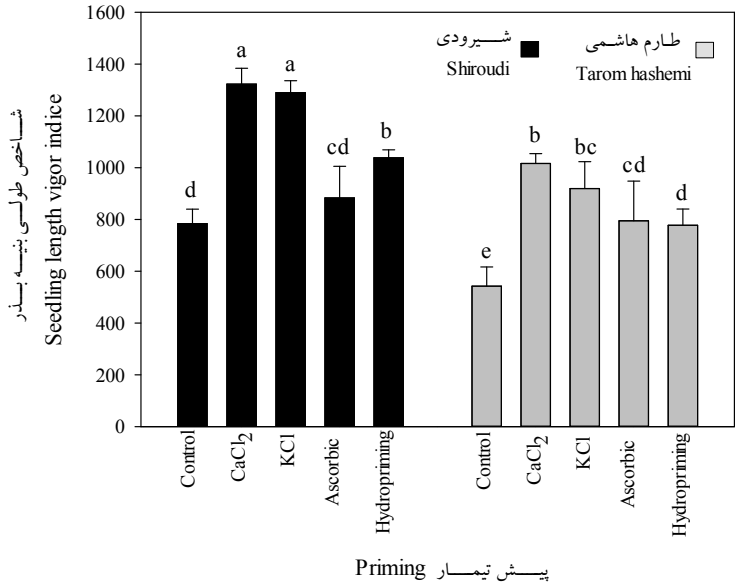
جدول ۶- تجزیه واریانس اثرات رقم و پیش تیمار بر شاخص طولی بنیه بذر، شاخص وزنی بنیه بذر، میانگین جوانه‌زنی روزانه و ضریب آلومتری برنج

Table 6- Analysis of variance effect of cultivar and priming on Seedling length vigour index, Seedling weight vigour index, mean daily germination and allometric coefficient of rice

| درصد جوانه‌زنی S.O.V | درجه آزادی d.f | شاخص طولی بنیه بذر Seedling length vigour index | شاخص وزنی بنیه بذر Seedling weight vigour index | میانگین جوانه‌زنی روزانه Mean daily germination | ضریب آلومتری Allometric coefficient |
|---|---|---|---|---|---|
| رقم Cultivar (C) | 1 | 481840.13** | 0.09** | 0.02n.s | 0.47* |
| پیش‌تیمار Priming (P) | 4 | 251439.14** | 0.11** | 3.39** | 0.11n.s |
| رقم×پیش‌تیمار C×P | 4 | 16465.32* | 0.005n.s | 0.46** | 0.02n.s |
| خطای آزمایش Error | 18 | 5438.16 | 0.006 | 0.09 | 0.06 |
| ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%) | - | 7.86 | 14.49 | 3.25 | 24.23 |

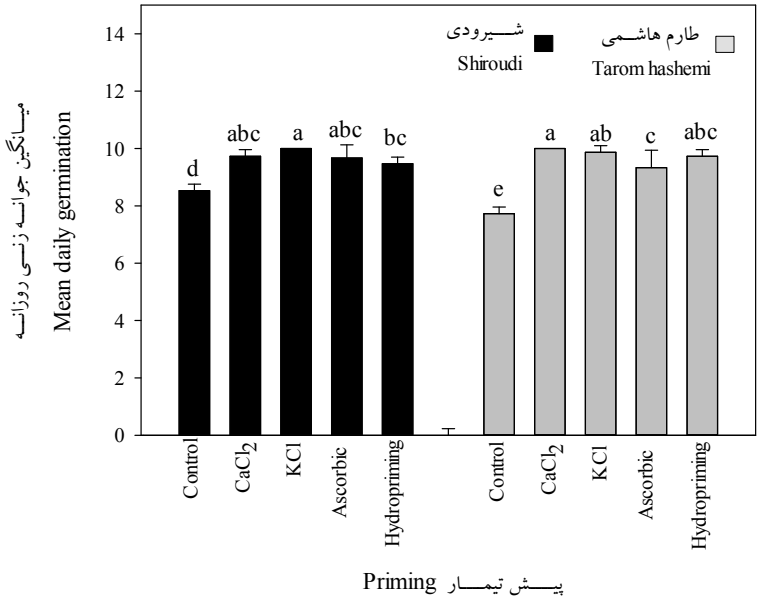
ns، * و ** به ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطوح پنج و یک درصد می‌باشند.

n.s,* and ** non-significant, significance at 0.05 and 0.01 probability level.




شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و پیش تیمار بر شاخص طولی بنیه بذر

Figure 2- Mean comparisons of cultivar and priming interaction effect on seedling length vigor index



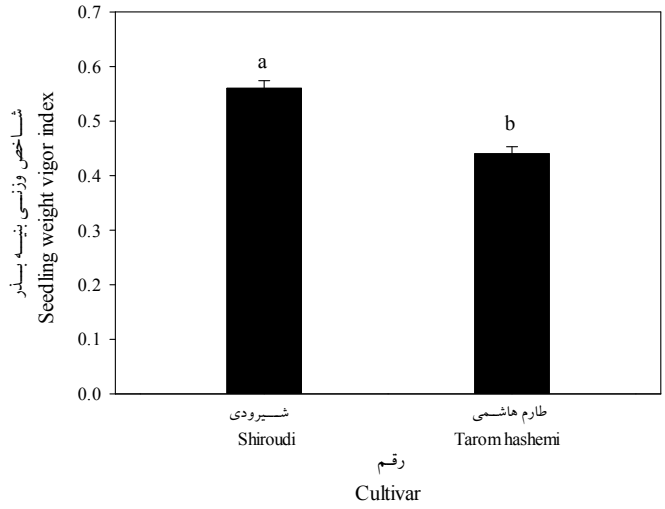

شکل۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل رقم و پیش تیمار بر میانگین جوانه‌زنی روزانه

Figure 3- Mean comparisons of cultivar and priming interaction effect on mean daily germination

در تحقیقی نیز پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید سدیم، جیبرلیک اسید و پلی‌اتیل گلایکول، میانگین جوانه‌زنی روزانه در برنج را بهبود بخشید که در این بین نقش کلرید کلسیم محسوس‌تر بود (Ruan *et al*., 2002). اسموپرایم و

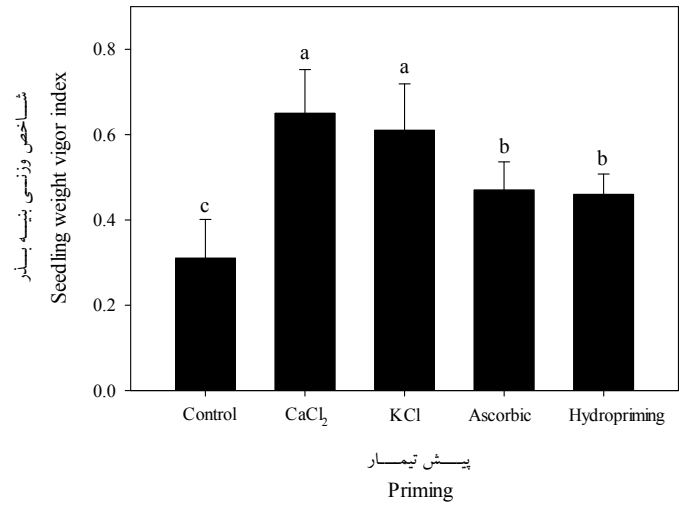
هیدروپرایم کردن بذور ذرت شیرین تحت شرایط نامناسب دمایی موجب افزایش میانگین جوانه‌زنی روزانه گردید (Welch, 2001).

اثر رقم و پیش تیمار بر شاخص وزنی بنیه بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص وزنی بنیه بذر در ارقام شیرودی و طارم هاشمی به‌ترتیب ۰/۵۶ و ۰/۴۴ بود (شکل ۴). همچنین نتایج نشان داد که پیش تیمار با کلرید کلسیم، کلرید پتاسیم، اسید آسکوربیک و آب به‌ترتیب ۱۱۰، ۹۵، ۵۰ و ۴۷ درصد شاخص وزنی بنیه بذر را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (شکل ۵). در همین رابطه اوزترک و همکاران (Ozturk *et al*., 2005) بیان داشتند که اُسموپرایمینگ سبب افزایش شاخص وزنی بنیه بذر در گندم گردید.




شکل ۴- مقایسه میانگین اثر رقم بر شاخص وزنی بنیه بذر

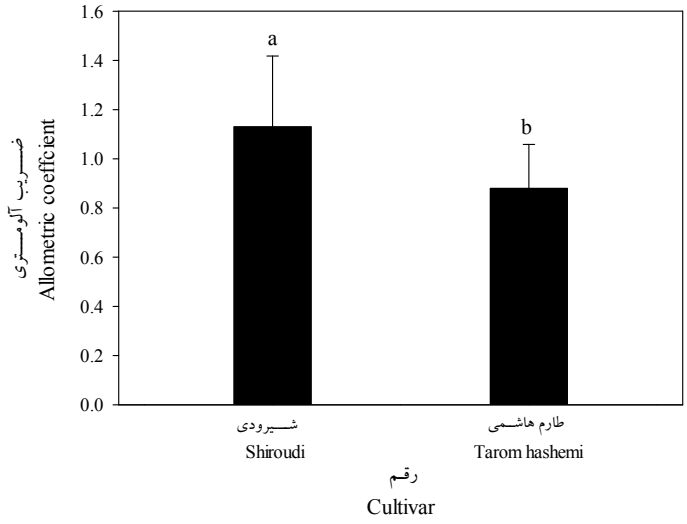
Figure 4- Mean comparisons effect of cultivar on seedling weight vigor index




شکل ۵- مقایسه میانگین اثر پیش تیمار بر شاخص وزنی بنیه بذر

Figure 5- Mean comparisons effect of priming on seedling weight vigor index

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر رقم بر ضریب آلومتریک معنی‌دار بود (جدول ۶) به‌طوری‌که مقدار این صفت در ارقام شیرودی و طارم هاشمی به‌ترتیب ۱/۱۳ و ۰/۸۸ بود (شکل ۶). علت بالا بودن ضریب آلومتریک در رقم شیرودی را علاوه بر اختلاف پتانسیل ژنتیکی این رقم می‌توان با افزایش طول ساقه‌چه در رقم شیرودی نسبت به طول ریشه‌چه توجیه کرد.




شکل ۶- مقایسه میانگین اثر رقم بر ضریب آلومتری
Figure 6- Mean comparisons effect of cultivar on allometric coefficient

## نتیجه‌گیری کلی

استفاده از تکنیک پیش‌تیمار بذر می‌تواند یکی از روش‌های مؤثر در جبران عوارض ناشی از کشت مستقیم برنج و افزایش کیفیت بذر باشد. اغلب کشت مستقیم برنج می‌تواند با تنش‌های محیطی از جمله سرمای ابتدای فصل رشد همراه باشد. بکارگیری پیش‌تیمارهای مناسب قبل از کاشت می‌تواند از طریق تسریع در فرآیندهای فیزیولوژیکی جوانه‌زنی و استقرار یکنواخت‌تر گیاهچه‌ها سبب افزایش تحمل به تنش‌های محیطی گردند. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد پیش تیمار با کلرید کلسیم و کلرید پتاسیم به‌عنوان بهترین تیمار بذری در هر دو رقم معرفی شد؛ به‌طوری‌که با بهبود خصوصیات جوانه‌زنی سبب افزایش رشد گیاهچه‌ای برنج گردید. این مسئله می‌تواند در بهبود کارکرد و افزایش کیفیت بذر در شرایط غرقابی و شناسایی ترکیب مناسب پیش‌تیمار جهت بکارگیری در کشت مستقیم بذر مؤثر باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه، ارقام دارای پتانسیل ژنتیکی متفاوتی می‌باشند و در این بین رقم شیرودی از بنیه بذر قوی‌تری نسبت به رقم طارم هاشمی برخوردار بود.

## منابع

## Reference

**Aboutalebian, M.A., G. Zare Ekbatani, and A. Sepehri. 2012.** Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars. Ann. Biol. Res. 3(10): 4790 4796.

**Abubakar, B., H.M. Yakasai, N. Zawawi, and M. Ismail. 2018.** Compositional analyses of white, brown and germinated forms of popular Malaysian rice to offer insight into the growing diet-related diseases. J. Food Drug Anal. 26: 706-715.

**Afzal, I., B. Ahmad, S.M.A. Basra, R. Ahmad, and A. Iqbal. 2002.** Effect of different seed vigoure enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pak. J. Agric. Sci. (39): 109-112.

**Basra S.M.A., M. Farooq, K. Hafeez, and N. Ahmad N. 2004.** Osmohardening: A new technique for rice seed invigoration, Int. Rice Res. Notes. 29: 80–81.

**Basra, A.M.S., I.A. Pannu, and I. Afzal. 2003.** Evaluation of seedling vigor of hydro and matriprimed wheat (*Triticum aestivum* L.) seeds. Int. J. Agric. Biol. 2: 121-123.

**Boukari, N., N. Jelali, J.B. Renaud, R.B. Yousef, C. Abdelly, and A. Hannoufa. 2019.** Salicylic acid seed priming improves tolerance to salinity, iron deficiency and their combined effect in two ecotypes of Alfalfa. Env. Exp. Bot. 167: 103820. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2019.103820

**Dashtmian, F.P., M.K. Hosseini, and M. Esfahani. 2014.** Improving rice seedling physiological and biochemical processes under low temperature by seed priming with salicylic. Int. J. Plant. Animal. Environ. Sci. 4: 565-572.

**Di-Girolamo, G., and L. Barbanti, L. 2012.** Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. Italian J. Agron. 7: 178-188.

**Ella, E.S., M.L. Dionisio-Sese, and A.M. Ismail. 2011.** Seed pre-treatment in rice reduces damage, enhances carbohydrate mobilization and improves emergence and seedling establishment under flooded conditions. AoB PLANTS. 2011 plr007 doi:10.1093/aobpla/plr007.

**FAO, 2019.** [Online] Available at http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

**Farooq, M., S.M.A. Basra, and K. Hafeez. 2006.** Seed invigoration by osmohardening in coarse and fine rice. Seed Sci. Technol. 34: 181-187.

**Farooq, M., S.M.A. Basra, and N. Ahmad. 2007.** Improving the performance of transplanted rice by seed priming. Plant Growth Regul. 51: 129-137.

**Farooq, M., S.M.A. Basra, B.A. Saleem, M. Nafees, and S.A. Chishti. 2005.** Enhancement of tomato seed germination and seedling vigour by osmopriming. Pak. J. Agric. Sci. 42: 36-41.

**Feghhenabi, F., H. Hadi, H. Khodaverdiloo, and M.T.V. Genuchten. 2020**. Seed priming alleviated salinity during germination and emergence of wheat. Agric. Water Manag. 231, DOI: 10.1016/j.agwat.2020.106022.

**Gallardo, K., C. Job, S.P.C. Groot, M. Puype, H. Demol, and D. Job. 2001.** Proteomic analysis of Arabidopsis seed germination and priming. Plant Physiol. 126: 835-848.

**Gamboa, A., R. Cruz-Ortega, E. Martinez-Barajas, M.E. Sanchez-Coronado, and A. Orozco-Segovia. 2006.** Natural priming as an important metabolic event in the life history of *Wigandia urens* (*Hydrophyllaceae*) seeds. Physiol. Plantarum. 128: 520-530.

**Gao, Y.P., P. Bonham-Smith, and L.V. Gusta. 2002.** The role of peroxiredoxin and antioxidant and calmodulin in ABA-primed seeds of *Brassica napus* exposed to abiotic stresses during germination. Plant Physiol. 159: 951-958.

**Ghassemi-Golezani, K., A. Chadordooz-Jeddi, S. Nasrollahzadeh, and M. Moghaddam. 2010.** Effect of hydropriming duration on seedling vigour and grain yield of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. 38(1): 109-113.

**Hasan, M.N., M.A. Salam, M.M.L. Chowdhury, M. Sultan, and N. Islam. 2016.** Effect of osmopriming on germination of rice seed. Bangladesh Agric. Res. 41(3): 451-460.

**Hussain, S., F. Khan, W. Cao, L. Wu, and M. M. Geng. 2016.** Seed priming alters the production and detoxification of reactive oxygen intermediates in rice seedlings grown under sub-optimal temperature and nutrient supply. Front. Plant Sci. 7: 1-14.

**Jafarnezhad, A., G. Taheri, and A.A. Rahchamanie. 2009.** Study of drought tolerance in four wheat genotypes, at germination stage. Environ. Stresses Agric. Sci. 2(1): 73-85.

**Jamshidi Jam, B., F. Shekari, M.R. Azaimi, and E. Zangani. 2012.** Effect of priming by salicylic acid and germination and seedling growth of safflower seeds under $CaCl_2$ stress. Int. J. Agric. Res. Rev. 2: 1097-1105.

**Johnson, S.E., J.G. Lauren, R.M. Welch, and J.M. Duxburi. 2005.** A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea, lentil, rice and wheat in Nepal. Exp. Agric. 41(4): 427-448.

**Kaya, M.D., G. Okcu, M. Atak, Y. Cikili, and O. Kolsaric, O. 2006.** Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Eur. J. Agron. 24: 291-295.

**Khaliq, A., F. Aslam, A. Matloob, S. Hussain, M. Geng, A. Wahid, and H. Rehman. 2015.** Seed priming with selenium: consequences for emergence, seedling growth, and biochemical attributes of rice. Biol. Trace Element Res. 166(2): 236-244.

**Latifzadeh, M., M.A. Aboutalbian, M. Zavareh, and M. Rabiei. 2013.** Effects of seed priming and sowing dates on seedling emergence, yield and yield components of a local genotype bean as a double crop in Rasht. Iranian J. Field Crop Sci. 44(1): 23-33.

**Li, Q.F., Y. Zhou, M. Xiong, X.Y. Ren, L. Han, J.D. Wang, C.Q. Zhang, X.L. Fan, and Q.Q. Liu. 2020.** Gibberellin recovers seed germination in rice with impaired brassinosteroid signaling. Plant Sci. 293, DOI: 10.1016/j.plantsci.2020.110435.

**Majda, C., D. Khalid, A. Aziz, B. Rachid, A.S. Badr, A. Lotfi, and B. Mohamed. 2019.** Nutripriming as an efficient means to improve the agronomic performance of molybdenum in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Sci. Total Environ. 661: 654-663.

**Nakaune, M., A. Hanada, Y.G. Yin, C. Matsukura, S. Yamaguchi, and H. Ezura. 2012.** Molecular and physiological dissection of enhanced seed germination using short-term low-concetration salt seed priming in tomato. Plant Physiol. Biotechnol. 52: 28-37.

**Nawaz, A., M. Farooq, R. Ahmad, S.M.A. Basra, and R. Lal. 2017.** Seed priming improves stand establishment and productivity of no till wheat grown after direct seeded aerobic and transplanted flooded rice. Eur. J. Agron.76: 130-137.

**Nazari Sh., M.A. Aboutalbian, and F. Golzardi. 2016.** Investigation of hydropriming and osmopriming with $ZnSO_4$ effects on characteristics germination of three winter rapeseed cultivars. Iran. J. Seed Res. 3(1):39-58. (In Persian, with English Abstract)

**Nouman, W., S.H. Maqsood, A. Basra, A. Yasmeen, T. Gull, S.B. Hussain, M. Zubair, and R. Gull. 2014.** Seed priming improves the emergence potential, growth and antioxidant system of *Moringa oleifera* under saline conditions. Plant Growth Regul.73: 267-278.

**Ozturk, L., M.A. Yazici, C. Yucel, C. Cekic, A. Bagci, H. Ozkan, H.J. Braun, Z. Sayers, and I. Cakmam. 2006.** Concentration and localization of zinc during seed development and germination in wheat. Physiologia Plantarum. 128: 144-152.

**Rehman, H., SM.A. Basra, M. Farooq, N. Ahmad, I. Afzal. 2011.** Seed priming with CaCl2 improves the stand establishment, yield and some quality attributes in direct seeded rice (*Oryza sativa* L.). Int. J. Agric. Biol. 13: 786-790.

**Rehman, H.U., M. Kamran, S.M.B. Basra, I. Afzal, and M. Farooq. 2015.** Influence of seed priming on performance and water productivity of direct seeded rice in alternating wetting and drying. Rice Sci. 22(4): 189-196.

**Ruan, S., Q. Xue, and K. Tylkowska. 2002.** The influence of priming on germination of rice (*Oryza sativa* L.) seeds and seedling emergence and performance in flooded soil. Seed Sci. Technol. 30(1): 61-67.

**Ruttanaruangboworn, A., W. Chanprasert, P. Tobunluepop, and D. Onwimol. 2017.** Effect of seed priming with different concentrations of potassium nitrate on the pattern of seed imbibition and germination of rice (*Oryza sativa* L.). J. Integ. Agric. 16(3): 605-613.

**Sharma, A.D., S.V.S. Rathore, K. Srinivasan, and R.K. Tyagi. 2014**. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigour and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). Sci. Hortic. 165: 75-81.

**Shivankar, R.S., D.B. Deore, and N.G. Zode. 2003.** Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. J. Oilseeds Res. 20: 299-300.

**Soltani, A. and V. Madah. 2010.** Simple applied programs for education and research in agronomy. Iranian Society of Ecologic. Agric. Tehran. Iran. (In Persian)

**Soltani, A., E. Zeinali, S. Galeshi, and N. Latifi, N. 2001.** Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea coast of Iran. Seed Sci. Technol. 29: 653-662. (In Persian, with English Abstract)

**Subedi, R., Maharjan, B.K. and Adhikari, R. 2015.** Effect of different priming methods in rice. J. Agric. Environ. 16: 156-160.

**Varier, A., A.K. Vari, and M. Dadlani. 2010.** The subcellular basis of seed priming. Curr. Sci. 99: 450-456.

**Welch, R.M. 2001.** Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a world wide scale. Plant Nutr- Dev. Plant Soil Sci. 92: 284-258.

**Yousof, F.I. 2013.** Effect of rice seed priming with calcium chloride ($CaCl_2$) on germination and seedling vigor under salinity stress. J. Plant Prod. Mansoura Univ. 4(4): 523-535.