University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

The Effect of Seed Priming and Coating on Emergence Indices, Root Morphology and Phenological Stages of Two Rice Cultivars

Shahram Nazari[1]✉ | Maryam Hosseini Chelshtori[2] | Mehrzad Allahgholipour[3]

1. Corresponding Author, Department of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: sh.nazari@areeo.ac.ir
2. Department of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: mhkhossieni@gmail.com
3. Department of Seed Improvement, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rasht, Iran. E-mail: mehrzadallahgholipour@yahoo.com

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received: November 21, 2021
Received in revised form: March 09, 2022
Accepted: February 22, 2022
Published online: April 16, 2023

Keywords:
Calcium chloride,
emergence percentage,
flowering,
potassium chloride,
root volume.

ABSTRACT

In order to investigate the effect of seed priming (pretreatment) and coating on seedling characteristics, root morphology and phenological stages of rice, a two-year experiment has been conducted in the Rice Research Institute of Iran (Rasht) between 2020 and 2021. The experiment is performed as a factorial in a randomized complete block design with three replications. Experimental factors include two rice cultivars (Hashemi and Gohar) and the seed pretreatment of rice cultivars in seven levels, including (1) priming with calcium chloride (-1.25 MPa in 24 hours), (2) priming with potassium chloride (1.25 MPa in 24 hours), (3) priming with zinc sulfate (concentration of 0.5 mM in 12 hours), (4) hydro-priming (48 hours) + coating the seeds with calcium chloride, (5) hydro-priming (48 hours) + coating with potassium chloride, (6) hydro-priming (48 hours) + coating with zinc sulfate, and (7) hydro-priming (48 hours as control). The results show that the highest percentage and germination rate has been observed with 99.5% and 0.23 seeds per day under seed priming with potassium chloride in the Gohar cultivar, respectively. The lowest time required to achieve 90% emergence has belonged to Hasehmi and Gohar cultivars through priming with potassium chloride and calcium chloride. The highest root length (with 24.6 cm) has been observed in priming with potassium chloride in the Gohar cultivar. The highest root dry weight in Hashemi and the Gohar cultivars has been 2.14 and 4.9 g, respectively, in priming with potassium chloride. The results also show that the maximum root volume and area are obtained with 43 cm^3 and 155.28 cm^2 in priming with potassium chloride in Gohar cultivar, respectively. The least time required to achieve maximum tillering, 50% flowering, and physiological maturation takes place in priming treatment with calcium chloride and potassium chloride. Seed priming with potassium chloride and coating with calcium chloride have increased grain yield by 22% and 13%, respectively, compared to the control. The highest biological yield is observed in potassium chloride priming and coating with calcium chloride treatments with 5552 and 5414 kg. ha^{-1} in Gohar cultivar, respectively. In general, rice seed priming with calcium chloride and potassium chloride promoted plant yield by improving seedling characteristics, root system, and phenological stages.

Cite this article: Nazari, Sh., Hosseini Chelshtori, M., & Allahgholipour, M. (2023). The Effect of Seed Priming and Coating on Emergence Indices, Root Morphology and Phenological Stages of Two Rice Cultivars. *Journal of Crops Improvement*, 25 (1), 1-16. DOI: http//doi.org/10.22059/jci.2022.334299.2643

© The Authors.
Publisher: University of Tehran Press.
DOI: http//doi.org/10.22059/jci.2022.334299.2643

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

تأثیر پرایمینگ و پوشش‌دهی بذر بر شاخص‌های سبزشدن، ریخت‌شناسی ریشه و مراحل فنولوژیک دو رقم برنج

شهرام نظری[۱]✉ | مریم حسینی چالشتری[۲] | مهرزاد اله‌قلی‌پور[۳]

۱. نویسنده مسئول، بخش اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، گیلان، ایران. رایانامه: sh.nazari@areeo.ac.ir

۲. بخش اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، گیلان، ایران. رایانامه: mhkhossieni@gmail.com

۳. بخش اصلاح و تهیه بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، گیلان، ایران. رایانامه: mehrzadallahgholipour@yahoo.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۲

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۱/۲۷

کلیدواژه‌ها:
حجم ریشه،
درصد سبزشدن،
کلریدپتاسیم،
کلریدکلسیم،
گلدهی.

چکیده

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ (پیش‌تیمار) و پوشش‌دارکردن بذر بر ویژگی‌های رشدی و عملکرد دانه برنج آزمایشی دو ساله در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) طی سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل دو رقم برنج (هاشمی و گوهر) و پیش‌تیمار بذر ارقام برنج در هفت سطح شامل پرایمینگ با کلریدکلسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، ۲- پرایمینگ با کلریدپتاسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، ۳- پرایمینگ با سولفات‌روی (غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در ۱۲ ساعت)، ۴- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+ پوشش‌دارکردن بذر با کلریدکلسیم، ۵- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم، ۶- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی و ۷- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت به‌عنوان شاهد) بود. نتایج نشان داد بالاترین درصد و سرعت سبزشدن به‌ترتیب با ۹۹/۵ درصد و ۰/۲۳ بذر در روز تحت پرایمینگ با کلریدپتاسیم در رقم گوهر مشاهده شد. کم‌ترین تعداد روز جهت رسیدن به ۹۰ درصد سبزشدن در ارقام هاشمی و گوهر موردبررسی تحت پرایمینگ با کلریدپتاسیم و کلریدکلسیم به‌دست آمد. بیش‌ترین طول ریشه با ۲۴/۶ سانتی‌متر در پرایمینگ با کلریدپتاسیم در رقم گوهر مشاهده شد. بالاترین وزن خشک ریشه در ارقام هاشمی و گوهر به‌ترتیب ۲/۱۴ و ۴/۹ گرم در پرایمینگ با کلریدپتاسیم به‌دست آمد. هم‌چنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین حجم و سطح ریشه به‌ترتیب با ۴۳ سانتی‌مترمکعب و ۱۵۵/۲۸ سانتی‌مترمربع در پرایمینگ با کلریدپتاسیم در رقم گوهر به‌دست آمد. کم‌ترین زمان لازم جهت دست‌یابی به حداکثر پنجه‌زنی، ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک در تیمار پرایمینگ با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم مشاهده شد. پرایمینگ بذر با کلریدپتاسیم و پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم به‌ترتیب ۲۲ و ۱۳ درصد عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. بالاترین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای پرایمینگ با کلریدپتاسیم و پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم به‌ترتیب با ۵۵۵۲ و ۵۴۱۴ کیلوگرم در هکتار در رقم گوهر مشاهده شد. به‌طورکلی، پرایمینگ بذر برنج با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم با بهبود ویژگی‌های گیاهچه‌ای، سیستم ریشه‌ای و مراحل فنولوژیکی موجب افزایش عملکرد گیاه شد.

استناد: نظری، ش.، حسینی چالشتری، م. و اله‌قلی‌پور، م (۱۴۰۲). تأثیر پرایمینگ و پوشش‌دهی بذر بر شاخص‌های سبزشدن، ریخت‌شناسی ریشه و مراحل فنولوژیک دو رقم برنج. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۱)، ۱-۱۶. DOI: http//doi.org/10.22059/jci.2022.334299.2643

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

۱. مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) غذای بیش از نیمی از جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد و روزانه بیش از سه و نیم میلیارد نفر حدود ۲۰ درصد کالری موردنیاز خود را از این گیاه استراتژیک تأمین می‌کنند (Priya *et al*., 2019). این گیاه به‌عنوان یکی از مهم‌ترین محصولات زراعی با سطح زیرکشت بیش از ۴۳۷ هزار هکتار و مقدار تولید حدود دو میلیون تن در ایران، نقش مهمی در تأمین نیاز غذایی مردم کشور دارد (FAOSTAT, 2020).

امروزه کاهش عملکرد برنج ناشی از عدم استقرار و رشد کُند در اوایل دوره رشد و در نتیجه آن تولید نشاهای ضعیف به‌گونه‌ای جدی‌تر موردتوجه قرار گرفته است (Farooq *et al*., 2007). باوجود پیشرفت‌های حاصل‌شده در فناوری و مدیریت زراعی، کماکان بذر، جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاهچه‌های حاصل از آن دارای اهمیت کلیدی است (Hosseini Chaleshtori & Nazari, 2021). در این میان، مدیریت تولید گیاهچه‌های قوی اهمیت خاصی دارد که توجه به آن و به‌کارگیری توصیه‌ها و نکته‌های کارشناسی، باعث موفقیت کشاورزان برنج‌کار و افزایش تولید خواهد شد. یکی از روش‌های مؤثر در فعال‌سازی پروسه جوانه‌زنی برنج، تیمار بذر برنج قبل از کاشت با ترکیبات مغذی است که می‌تواند به رشد کارآمد گیاه و عملکرد بالا در برنج کمک کند (Hussain *et al*., 2016). در این میان روش‌های فیزیولوژیکی و غیر فیزیولوژیکی برای دست‌یابی به افزایش عملکرد دانه و هم‌چنین مقابله با محدودیت‌های محیطی که شامل پرایمینگ (پیش‌تیمار) و پوشش‌دارکردن بذر برنج است (Khademi *et al*., 2021). پیش‌تیمار بذر یک روش فیزیولوژیکی جهت افزایش سریع جوانه‌زنی است که از طریق کنترل خیساندن و خشک‌کردن بر فرایند متابولیک قبل از جوانه‌زنی اثر می‌گذارد (Hosseini Chaleshtori & Nazari, 2021). این روش به‌عنوان یکی از فناوری‌های اقتصادی و مقرون به‌صرفه برای کشاورزان جهت سبزشدن یکنواخت بذر برنج در خزانه استفاده می‌شود (Farooq *et al*., 2011).

استفاده از ترکیبات معدنی (کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی) برای آماده‌سازی بذر به بهبود جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه کمک می‌کند. این عناصر باید در غلظت‌های بالا و دوره‌های آماده‌سازی طولانی‌مدت به‌کار گرفته شوند. با این‌حال، غلظت‌های پایین و دوره‌های کوتاه‌مدت آماده‌سازی با استفاده از ترکیبات معدنی نیز بر جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه تأثیر مثبت دارد (Nakaune *et al*., 2012). کلسیم به‌عنوان تنظیم‌کننده اصلی رشد و نمو گیاهان به‌طور وسیع گزارش شده است (Hepler, 2005). این عنصر نقش کلیدی در حفظ ساختار و عملکرد غشای سلولی ایفا می‌کند، بنابراین یکپارچگی ساختاری را فراهم می‌کند که به‌ویژه برای جوانه‌زنی بذر بسیار دارای اهمیت است (Karim *et al*., 2020). علاوه بر این، فعالیت برخی از آنزیم‌های دخیل در فرایند جوانه‌زنی مانند فسفاتاز و کیناز توسط کلسیم تعدیل می‌شود (Harper *et al*., 2004). پتاسیم با نقش کلیدی در واکنش‌های آنزیمی، تنفس، جذب و تثبیت CO_2، سنتز پروتئین‌ها و تأثیر آن بر فتوسنتز از طریق تنظیم کار روزنه‌ها و روابط آب در گیاه و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی دارد؛ تجمع پتاسیم در آوندهای چوبی، پتانسیل اُسمزی شیره خام را کاهش می‌دهد که این امر افزایش تحمل به تنش را در گیاه موجب خواهد شد (Wang *et al*., 2013). عنصر روی در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاه نقش فعال‌کننده، کاتالیزوری و یا ساختمانی دارد (Nazari, 2018). روی عنصری بسیار ضروری بر متابولیسم پروتئین‌های تعدادی از گیاهان است (Broadley *et al*., 2007). گزارش شده است که عنصر روی برای فعالیت بیش از ۳۰۰ آنزیم ضروری است (Fox & Guerinot, 1998). روی نقش کلیدی در حفظ و پایداری غشاهای بیولوژیک، سنتز پروتئین، فتوسنتز، تشکیل گرده و مقاومت در برابر بیماری‌ها دارد (Alloway *et al*., 2008).

در پژوهشی Johnson *et al*. (2005) گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی بذور برنج تحت پیش‌تیمار با سولفات‌روی

نسبت به تیمار شاهد به‌دلیل افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی به‌طوری معنی‌داری افزایش یافت. هم‌چنین Nawaz *et al*. (2016) نیز گزارش کردند پیش‌تیمار با کربنات‌کلسیم نسبت به هیدروپرایمینگ و تیمار عدم پرایمینگ سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در برنج شد. Farooq *et al*. (2006) طی پژوهشی اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر برنج با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم از طریق افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی سبب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، کاهش متوسط زمان جوانی، مدت زمان لازم برای شروع و ۵۰ درصد جوانه‌زنی شد.

بنابراین پژوهش حاضر با هدف ارزیابی اثرات پرایمینگ و پوشش‌دارکردن بذر بر ویژگی‌های گیاهچه‌ای، ویژگی‌های ریشه‌ای و مراحل فنولوژیک دو رقم برنج در شهرستان رشت انجام پذیرفت.

۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر پرایمینگ و پوشش‌دارکردن بذر بر ویژگی‌های گیاهچه‌ای، ریخت‌شناسی ریشه و مراحل فنولوژیکی برنج آزمایشی دو ساله در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ اجرا شد. ایستگاه پژوهشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور با طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و با ارتفاع هفت متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد قرار گرفته است. میزان متوسط بارندگی سالیانه ۱۱۰۰ میلی‌متر است. میانگین دمای سالانه منطقه اجرای پروژه در حدود ۱۵/۸ درجه سانتی‌گراد است. مقادیر ماهانه هواشناسی و ویژگی خاک محل انجام آزمایش در جدول‌های (۱) و (۲) لحاظ شده است.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در شرایط خزانه و زمین اصلی انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل دو رقم برنج (هاشمی و گوهر) و تیمار کردن ارقام برنج در هفت سطح شامل ۱- پرایمینگ با کلریدکلسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، ۲- پرایمینگ با کلریدپتاسیم (۲۲/۵ گرم در یک لیتر آب در ۲۴ ساعت)، ۳- پرایمینگ با سولفات‌روی (غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در ۱۲ ساعت)، ۴- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دارکردن بذر با کلریدکلسیم، ۵- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم، ۶- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت)+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی و ۷- هیدروپرایمینگ (۴۸ ساعت به‌عنوان شاهد) بود (Farooq *et al*., 2006; Farooq *et al*., 2007; Rehman *et al*., 2015). مشخصات ارقام موردبررسی در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۱. میانگین دما، میزان بارش و رطوبت نسبی محل آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰

ماه	میانگین دما (°C)		میزان بارندگی (mm)		رطوبت نسبی (%)	
	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۴۰۰	۱۳۹۹	۱۴۰۰
فروردین	۱۵/۹	۱۲/۳	۱۵۸/۱	۱۴۹/۴	۸۴/۹	۷۲/۵
اردیبهشت	۱۹/۶	۱۸/۱	۵۸/۱	۴۳/۳	۷۷/۵	۸۰/۶
خرداد	۲۴/۸	۲۴/۶	۲۳/۳	۲۴/۸	۶۹/۴	۷۶/۴
تیر	۲۷/۴	۲۵/۹	۲۵/۶	۲۷/۴	۶۹/۲	۷۶/۲
مرداد	۲۷/۳	۲۴/۲	۸۰	۸۷/۵	۷۷/۹	۸۲/۶
شهریور	۲۵/۲	۱۹/۴	۸۴/۵	۶۳	۷۵/۵	۷۵/۷

جدول ۲. میانگین دو ساله برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری

هدایت الکتریکی (ds.m)	اسیدیته	فسفر قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (%)	ماده آلی (%)	شن (%)	لوم (%)	رس (%)
۱/۹۳	۶/۹۴	۳۷/۱	۱۸۵	۰/۱۷	۰/۹۳	۴	۴۸	۴۸

جدول ۳. ویژگی‌های زراعی ارقام برنج موردآزمایش

نام رقم	نوع رقم	منشأ	طول دوره رسیدن	ارتفاع بوته	مقاومت به بلاست	عملکرد
هاشمی	بومی	گیلان	میان‌رس	متوسط	مقاوم	متوسط
گوهر	اصلاح شده	گیلان	دیررس	متوسط	مقاوم	بالا

طول دوره رسیدن: زود رس: ۱۱۰–۹۰ روز، متوسطرس: ۱۳۰–۱۱۰ روز، دیر رس: بیش از ۱۳۰ روز

ارتفاع بوته: پاکوتاه: ۱۰۰–۸۰ سانتی‌متر، متوسط: ۱۲۰–۱۰۰ سانتی‌متر، بلند: بیش از ۱۲۰ سانتی‌متر

عملکرد دانه: کم: ۵۰۰۰–۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار، متوسط ۶۰۰۰–۵۰۰۰ کیلوگرم در هکتار، بالا: بیش از ۶۵۰۰ کیلوگرم در هکتار

برای انجام آزمایش، ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها به‌طور کامل ضدعفونی شدند. بدین منظور بذرها با محلول هیپوکلریت سدیم سه درصد به‌مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شست‌وشو داده شد. پس از اعمال تیمارهای پرایمینگ با مواد اُسمزی، بذرها از بطری خارج و برای خشک‌شدن به‌مدت ۷۲ ساعت در محیط سایه و دمای اتاق نگهداری شد، به‌طوری‌که رطوبت آن‌ها به میزان اولیه رسید. برای تیمارهای پوشش‌دارکردن بذر برنج ابتدا کلیه بذرها ۴۸ ساعت تحت هیدروپرایمینگ قرار گرفتند و پس از خشک‌کردن بذور، پوشش‌دارکردن بذرها اعمال شد. برای تهیه چسب پوشش‌دارکردن بذور از ماده CMC (کربوکسی متیل سلولز) استفاده شد. این ماده با غلظت سه درصد (سه گرم چسب در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر) تهیه شد و به ازای هر ۱۰ گرم بذر، پنج سی‌سی از محلول موردنظر روی بذور ریخته شد و به‌همراه ترکیبات مغذی پوشش‌دار (کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی) در داخل جعبه پلاستیک ریخته و برای پنج دقیقه به‌خوبی تکان داده شد تا سطح خارجی بذرها به‌خوبی با ترکیبات مغذی آغشته شود تا لایه نازکی در اطراف بذر ایجاد شود. سپس بذرها را در داخل یک سینی ضدعفونی‌شده پخش و در سایه قرار داده شد تا سطح آن‌ها خشک شوند (Taghi Zoghi *et al*., 2018).

عملیات آماده‌سازی خزانه مطابق رویه مرسوم منطقه صورت گرفت. بذرپاشی در خزانه در سال اول و دوم کاشت به‌ترتیب اول و دوم اردیبهشت‌ماه انجام و نشاها پس از ۴–۳ برگی‌شدن (۳۰ و ۳۱ اردیبهشت‌ماه) به زمین اصلی منتقل شد. تراکم کاشت در زمین اصلی بین سه عدد نشا در هر کپه و فاصله کاشت ۲۰×۲۰ سانتی‌متر است. اندازه کرت‌ها در این آزمایش برای هر تیمار ۴×۳ متر بود که هر کرت شامل ۱۳ خط کشت بود. برای جلوگیری از خسارت بیماری بلاست از قارچ‌کش تری‌سیکلازول استفاده شد. برای کنترل و جلوگیری از کرم ساقه‌خوار برنج از دیازینون گرانول پنج درصد و برای کنترل علف‌های هرز از علف‌کش‌های بوتاکلر و بن‌سولفورن‌متیل (لونداکس) سه تا هفت روز پس از نشاکاری و قبل از دو برگی‌شدن علف‌های هرز به‌ترتیب برای کنترل سوروف (*Echinochloa crus-galli*) و جگن (*Carex nigra*) استفاده شد.

در این آزمایش ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع کود اوره و کودهای فسفر و پتاسیم به‌ترتیب از منبع فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. به‌طوری‌که ۵۰ درصد کود اوره به‌صورت پایه و ۲۵ درصد آن در زمان طویل‌شدن ساقه و ۲۵ درصد دیگر نیز در زمان تشکیل خوشه مصرف شد. کود فسفر کامل به‌صورت پایه و کود پتاس نیز ۵۰ درصد پایه و ۵۰ درصد دیگر در زمان تشکیل خوشه به شکل سرک مصرف شد. ابعاد کرت در خزانه ۲×۱ متر بود. کودهای پایه پس از شخم به‌صورت دست‌پاش و قبل از تسطیح و ماله‌کشی زمین به زمین اضافه گردید. هم‌چنین باقی‌مانده کود نیتروژن و پتاس نیز بین خطوط کاشت به‌صورت دستی در خاک پخش شد. برای ارزیابی سبزشدن بذر و رشد گیاهچه هر یک از تیمارها در خزانه تعداد ۱۰۰ بذر در هر مترمربع به‌صورت دستی قرار داده شد. بدین منظور پس از کاشت هر روز تعداد بذرهای جوانه‌دارشده در مترمربع شمارش و معیار استقرار گیاهچه در مزرعه، تعداد بذرهای سبزشده در مترمربع تا روز بیستم پس از کاشت بود (Farooq *et al*., 2007). برای محاسبه درصد و سرعت سبزشدن بذور از برنامه Germin استفاده شد که این برنامه مدت زمانی که طول می‌کشد تا سبزشدن به ۵۰

درصد حداکثر خود برسد را نیز محاسبه می‌کند. این برنامه پارامترهای یادشده را برای هر پلات از طریق درون‌یابی[1] منحنی افزایش سبزشدن در مقابل زمان محاسبه می‌کند (Soltani & Madah, 2010).

یادداشت‌برداری‌های لازم جهت اندازه‌گیری ریشه با نمونه‌گیری تصادفی ۱۰ بوته در هر کرت در مرحله شروع گلدهی (مرحله ۶۱ از کدبندی جدول BBCH)[2] انجام شد. صفات موردارزیابی شامل وزن تر و خشک ریشه، طول ریشه، حجم ریشه و سطح ریشه بود. هنگام نمونه‌برداری از ریشه‌ها، با رعایت حداقل آسیب‌دیدگی، ریشه استخراج و سپس با استفاده از آب شست‌وشو شدند. هم‌چنین جهت جداسازی ذرات خاک چسبیده به ریشه‌ها از محلول هگزامتافسفات سدیم استفاده شد (Jiriaie *et al*., 2014). وزن تر ریشه‌ها از توزین ریشه‌های برداشت‌شده به‌دست آمد و برای محاسبه وزن خشک، پس از قراردادن ریشه‌ها در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۴۸ ساعت از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم استفاده شد. طول ریشه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری و حجم ریشه‌ها از طریق غوطه‌ور ساختن ریشه تر در آب مقطر در درون استوانه مدرج با حجم یک لیتر اندازه‌گیری شد (Dargahi *et al*., 2013). به‌طوری‌که اختلاف حجم اولیه آب و حجم آب پس از غوطه‌ور ساختن ریشه‌ها، تعیین‌کننده حجم ریشه بود. سطح ریشه نیز با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد (Nazari *et al*., 2017).

$$\text{سطح ریشه} = 2\pi \times (\text{حجم ریشه} \times \text{طول ریشه})^{0.5} \quad (1)$$

هم‌چنین در طی مراحل رشد از خصوصیات فنولوژیک شامل زمان تا ۵۰ درصد گلدهی، حداکثر کانوپی و رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب مراحل ۵۵، ۶۵ و ۸۹ کدبندی BBCH یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. عملیات برداشت برای تعیین عملکرد نهایی دانه و عملکرد بیولوژیک با برداشت دو مترمربع از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای انجام شد. عملکرد دانه در واحد سطح براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی طی دو سال آزمایش از آزمون بارتلت استفاده شد (Bartlett, 1937) و با توجه به اثبات همگن‌بودن واریانس خطاهای آزمایشی، داده‌ها موردتجزیه مرکب قرار گرفتند. برای تجزیه مرکب عامل سال به‌عنوان اثر تصادفی و عوامل پیش‌تیمار و رقم به‌عنوان اثر ثابت در نظر گرفته شدند. تجزیه و تحلیل آماری و هم‌چنین نرمال بودن خطاهای آزمایشی در این طرح با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (Version 9.1) و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

۳. ۱. درصد و سرعت سبزشدن

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر درصد و سرعت سبزشدن معنی‌دار است (جدول ۴). به‌طورکلی در هر دو رقم موردبررسی، پیش‌تیمار بذر برنج توانست درصد و سرعت سبزشدن را نسبت به تیمار شاهد بهبود بخشد که این افزایش در رقم اصلاح‌شده گوهر نسبت به رقم هاشمی بیش‌تر بود (جدول ۵). بنابراین چنین استنباط می‌شود که ارقام اصلاح‌شده نسبت به ارقام بومی دارای پتانسیل ژنتیکی و کیفیت فیزیولوژیکی بالایی هستند (Khademi *et al*., 2021). هم‌چنین نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار نشان داد که در هر دو رقم موردبررسی درصد سبزشدن در تیمارهای پرایمینگ بالاتر از پوشش‌دارکردن بذر بود (جدول ۵). در همین راستا Saadat *et al*. (2015) اظهار داشتند پوشش‌دهی بذر به‌دلیل وجود مواد پوشش‌دهنده باعث تأخیر در آغاز زمان سرعت سبزشدن بذرهای پوشش‌دار در مقایسه با بذرهای بدون پوشش شده است. Saadat & Ehteshami (2015) در بررسی تأثیر پوشش‌دارکردن بذر در گیاهان مختلف گزارش دادند که پوشش‌دارکردن بذر بر جوانه‌زنی و استقرار گیاهان تأثیر داشته و در برخی موارد باعث تأخیر در جوانه‌زنی شده است.

1. Interpolation
2. Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt and Chemical Industry

جدول ٤. تجزیه مرکب سال، رقم و پیش‌تیمارکردن بذر برنج بر درصد و سرعت سبز شدن، زمان تا ۵۰ درصد سبزشدن

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد سبز شدن	سرعت سبز شدن	زمان تا ۵۰ درصد سبزشدن
سال	۱	۳۶/۰۱ n.s	$۰/۲\times۱۰^{-۳}$ n.s	۰/۴۵ n.s
بلوک (سال)	۴	۴۱/۸۳	$۰/۱\times۱۰^{-۲}$	۱/۹۴
رقم	۱	۸۸۷/۲۵*	$۰/۴\times۱۰^{-۲*}$	۴۴/۰۸*
سال× رقم	۱	۰/۵۸ n.s	$۰/۱\times۱۰^{-۴}$ n.s	۰/۰۳ n.s
پیش‌تیمار	۶	۷۱/۴۱**	$۰/۵\times۱۰^{-۲**}$	۳/۱۵**
سال× پیش‌تیمار	۶	۰/۴۳ n.s	$۰/۵\times۱۰^{-۴}$ n.s	۰/۰۱ n.s
رقم× پیش‌تیمار	۶	۱۰/۱۷**	$۰/۴\times۱۰^{-۳**}$	۰/۴۵**
سال× رقم× پیش‌تیمار	۶	۱/۲۷ n.s	$۰/۳\times۱۰^{-۴}$ n.s	۰/۰۰۵n.s
خطای آزمایشی	۵۲	۲۵/۶۷	$۰/۲\times۱۰^{-۳}$	۱/۳۷
ضریب تغییرات (%)	–	۵/۵۶	۷/۰۷	۱۹/۹۷

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۵. برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمارکردن بذر برنج بر درصد و سرعت سبزشدن، زمان تا ۵۰ درصد سبزشدن

رقم	پیش‌تیمار	درصد سبزشدن	سرعت سبزشدن ($1.day^{-1}$)	زمان تا ۵۰ درصد سبزشدن (day)
هاشمی	پرایمینگ با کلریدکلسیم	۸۸/۶۷fg	۰/۱۸e	۷/۵c
	پرایمینگ با کلریدپتاسیم	۹۱/۱۷de	۰/۲c	۷/۱de
	پرایمینگ با سولفات‌روی	۸۶/۸۳gh	۰/۱۷f	۷/۸۶b
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم	۹۰/۰۰ef	۰/۲c	۷/۰۱e
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم	۸۷/۸۳g	۰/۱۸e	۷/۶۴c
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی	۸۵/۸۳hi	۰/۱۷f	۷/۹b
	شاهد	۸۴/۸۳i	۰/۱۶g	۸/۵۲a
گوهر	پرایمینگ با کلریدکلسیم	۹۶/۵b	۰/۲c	۶/۳۷fg
	پرایمینگ با کلریدپتاسیم	۹۹/۵a	۰/۲۳a	۶/۰۲h
	پرایمینگ با سولفات‌روی	۹۲/۰۰d	۰/۱۷f	۷/۲۱d
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم	۹۶/۰۰bc	۰/۲۲b	۶/۵۱f
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم	۹۴/۱۷c	۰/۱۹d	۶/۳۶g
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی	۹۲/۰۰d	۰/۱۷f	۷/۱de
	شاهد	۹۰/۵def	۰/۱۶g	۷/۵۶c

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

اثر برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بذر برنج نشان داد که بالاترین درصد و سرعت سبزشدن به‌ترتیب با ۹۹/۵ درصد و ۰/۲۳ بذر در روز تحت پرایمینگ با کلریدپتاسیم در رقم گوهر مشاهده شد (جدول ۵). در همین راستا Anwar *et al*. (2011) بیان داشتند پرایمینگ بذر برنج با ترکیبات مختلف اُسمزی سبب افزایش درصد جوانه‌زنی و کاهش میانگین مدت زمان جوانه‌زنی شد که در این بین اثر پرایمینگ با کلریدپتاسیم و کلریدکلسیم ملموس‌تر بود. پرایمینگ بذر برنج به‌واسطه اصلاح متابولیکی در طی جذب آب، تنظیم اُسمزی و تحریک فرایندهای متابولیکی پیش از جوانه‌زنی در بذرهای پرایم‌شده، درصد و سرعت سبزشدن را بهبود می‌بخشد (Ibrahim, 2016). پرایمینگ بذر دربردارنده تأثیراتی بر روی تحرکات اولیه ذخایر، مکانیسم‌های اصلاح و پردازش DNA در طول تکثیر هستند (Lutts *et al*., 2016). طی پژوهشی Khan *et al*. (2018) دلیل افزایش درصد و سرعت سبزشدن تیمار بذر برنج با مواد مغذی را به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی آنزیمی (سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاتالاز) و غیر آنزیمی (گلوتاتیون) نسبت دادند. در همین رابطه Huang *et al*. (2021) دلیل فیزیولوژیکی افزایش درصد و سرعت سبزشدن در اثر پرایمینگ را به بهبود غشای سیتوپلاسمی و در نتیجه کاهش اتلاف الکترولیت‌ها نسبت دادند.

هم‌چنین نتایج نشان داد که درصد سبزشدن در تیمارهای پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم، کلریدکلسیم و سولفات‌روی به‌ترتیب ۹۰، ۸۷/۸۳ و ۸۵/۸۳ درصد در رقم هاشمی و به‌ترتیب ۹۶، ۹۴/۱۷ و ۹۲ درصد در رقم گوهر بود (جدول ۵). پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی به‌ترتیب ۲۵، ۱۲ و ۶ درصد در رقم هاشمی و به‌ترتیب ۳۷، ۱۹ و ۶ درصد در رقم گوهر نسبت به تیمار شاهد سبب بهبود سرعت سبزشدن شد (جدول ۵). به‌نظر می‌رسد پوشش‌دارکردن بذر برنج از طریق تکمیل مرحله متابولیسمی سبب بهبود درصد سبزشدن می‌شود. در واقع بذور پیش‌تیمارشده از لحاظ طی مراحل جوانه‌زنی نسبت به بذور پیش‌تیمارنشده یک گام جلوتر هستند. طی آزمایشی علت تسریع درصد سبزشدن در اثر پوشش‌دهی بذر با ترکیبات اُسمزی را 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 ارتقای عملکرد میتوکندری‌ها نسبت دادند (Shivankar *et al*., 2003). علاوه بر آن، رشد و توسعه مناسب گیاهچه حاصل از بذر تیمارشده ممکن است به علت سیالیت غشای پلاسمایی تحریک‌شده، تقسیم سلولی، طویل‌شدن و پروتئین‌های واکنش‌دهنده به تنش غیرزیستی باشد (Ibrahim, 2016).

۳. ۲. زمان تا ۵۰ درصد سبز شدن

نتایج نشان داد که اثر برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر روزهای لازم جهت دست‌یابی به ۵۰ درصد سبزشدن معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج پژوهش حاضر حاکی از این بود که به‌کارگیری تکنیک پیش‌تیمار بذر در فرمولاسیون پرایمینگ و پوشش‌دهی باعث کاهش مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به ۵۰ درصد سبزشدن در هر دو رقم موردبررسی می‌شود (جدول ۵). به‌طورکلی، نتایج مقایسه میانگین نشان داد که پیش‌تیمار بذر در هر دو رقم مورد پژوهش، بین ۲-۱ روز زمان لازم جهت دست‌یابی به ۵۰ درصد سبزشدن را کاهش داد (جدول ۵).

نتایج نشان داد که کم‌ترین زمان جهت دست‌یابی به ۵۰ درصد سبزشدن در رقم گوهر با ۶/۰۲ و ۶/۳۷ روز به‌ترتیب در پرایمینگ با کلریدپتاسیم و کلریدکلسیم مشاهده شد (جدول ۵). هم‌چنین کم‌ترین روزهای لازم جهت رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن در رقم هاشمی نیز با ۷/۰۱ و ۷/۱ روز به‌ترتیب در پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم و پرایمینگ با کلریدپتاسیم گزارش شد (جدول ۳). از طرفی، بیش‌ترین زمان جهت رسیدن به ۵۰ درصد سبزشدن در هر دو رقم در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). در همین راستا Nawaz *et al*. (2016) نیز گزارش کردند پرایمینگ بذر برنج با کربنات‌کلسیم از طریق تحریک متابولیسم جوانه‌زنی و سنتز پروتئین سبب کاهش مدت زمان لازم جهت شروع و ۵۰ درصد سبزشدن شد. Farooq *et al*. (2006) با انجام پژوهشی اظهار داشتند که پیش‌تیمار بذر برنج با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم از طریق افزایش فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی سبب کاهش مدت زمان لازم برای شروع و ۵۰ درصد جوانه‌زنی در برنج شد. در همین راستا گزارش شد پیش‌تیمار بذر برنج با آب و کلریدپتاسیم سبب کاهش مدت زمان لازم جهت رسیدن به ۱۰ و ۵۰ درصد سبزشدن شد (Rehman *et al*., 2015). طی پژوهشی Ali *et al*. (2021) کاهش زمان لازم جهت جوانه‌زنی برنج در اثر پرایمینگ را به افزایش تقسیم سلولی، جذب آب توسط بذر، ترمیم و سنتز DNA و RNA، افزایش تحرک ذخایر آنزیمی مانند اسید فسفاتاز، دهیدروژناز، آلفا و بتا آمیلاز نسبت دادند. Soltani *et al*. (2009) اظهار داشتند که پرایمینگ بذر پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) توانست مدت زمان لازم برای سبزشدن ۹۰ درصد را نسبت به تیمار شاهد کاهش دهد. مطالعه‌ای بر روی برنج نشان داد پرایمینگ از طریق افزایش فعالیت تعدادی از آنزیم‌های درگیر در متابولیسم کربوهیدرات‌ها (آلفا و بتا آمیلاز)، پروتئاز و تجزیه لیپیدها سبب شکستن ماکرومولکول‌ها برای رشد و توسعه جنین و در نهایت موجب سبزشدن سریع و کاهش زمان لازم جهت شروع جوانه‌زنی می‌شود

(Sharma *et al*., 2014). هم‌چنین گزارش شد که پرایمینگ بذر برنج با سلنیت سدیم از طریق افزایش مالون‌دی‌آلدهید و کاتالاز سبب کاهش مدت زمان لازم جهت ۵۰ درصد سبزشدن در برنج شد (Du *et al*., 2019).

۳. ۳. خصوصیات ریشه

اثر سال و برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر طول و وزن خشک ریشه معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج آزمایش مؤید این است که در سال اول و دوم کاشت طول ریشه به‌ترتیب ۱۸/۵ و ۱۹/۹ سانتی‌متر و وزن خشک نیز به‌ترتیب ۲/۴۴ و ۲/۷۳ گرم بود (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد افزایش طول و وزن خشک ریشه برنج در سال دوم نسبت به سال اول کاشت به‌دلیل اختلافات جزئی از جمله پایین‌بودن دما (جدول ۱) و طولانی‌بودن طول دوره رشد باشد که در این شرایط بوته‌ها در مدت زمان بیش‌تری منابع فتوسنتزی را به ریشه منتقل می‌کنند.

نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بالاترین طول ریشه با ۲۴/۶ و ۲۲/۱ سانتی‌متر به‌ترتیب در پرایمینگ با کلریدپتاسیم و کلریدکلسیم در رقم گوهر مشاهده شد (جدول ۸). در رقم هاشمی نیز پرایمینگ با کلریدپتاسیم و سولفات‌روی سبب شد طول ریشه افزایش یابد (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد افزایش طول ریشه‌چه به‌دلیل تأثیر پرایمینگ بر افزایش قابلیت گسترش دیواره سلولی جنین باشد که توسط Basra *et al*. (2005) نیز تأیید شده است. طی پژوهشی Karim *et al*. (2020) گزارش کردند پرایمینگ با کلریدکلسیم در مدت زمان ۱۲ ساعت و هیدروپرایمینگ ۲۴ ساعت سبب افزایش طول ریشه گیاه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) شد. مطالعات بسرا و همکاران (as cited in Nazari, 2018) نشان داد که 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 ریشه می‌گردد.

جدول ٦. تجزیه مرکب سال، رقم و پیش‌تیمارکردن بذر بر ویژگی‌های ریشه و مراحل فنولوژیک برنج

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	سطح ریشه	مراحل فنولوژیک		
						روز تا حداکثر پنجه‌زنی	زمان تا ۵۰ درصد گلدهی	زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک
سال	۱	۳۸/۱۹**	۱/۶۹**	۳۷۲/۹۶**	۱۶۷۰/۶۸**	۱۳۸/۸۶ n.s	۹۲/۱۹ n.s	۴۹۰/۵۸**
بلوک (سال)	۴	۰/۸۶	۰/۰۵	۷/۰۳	۱۶/۰۸	۸۱/۵	۵۷/۸۱	۲۲۵/۵۱
رقم	۱	۲/۱۰ n.s	۴۷/۱۳**	۲۳۱۵/۲۵**	۵۴۲۰/۹۱**	۳۵۷۵/۰۵*	۲۳۰۴/۷۶**	۴۹۲۲/۰۱**
سال× رقم	۱	۱/۱۴ n.s	۰/۴×۱۰−۳n.s	۱۸/۱۱ n.s	۸/۲۶ n.s	۵/۷۶ n.s	۰/۱۹ n.s	۰/۵۸ n.s
پیش‌تیمار	۶	۳۹/۶۴**	۲/۴۳**	۴۴۲/۴۲**	۱۶۴۹/۹۸**	۱۰۹/۱۱**	۲۲۸/۶۳**	۱۳۸/۸۳**
سال× پیش‌تیمار	۶	۰/۰۶ n.s	۰/۰۰۳ n.s	۱/۴۶ n.s	۲/۵۷ n.s	۱/۶۹ n.s	۰/۴۱ n.s	۷/۷۲ n.s
رقم× پیش‌تیمار	۶	۲۸/۹**	۱/۰۰**	۲۱/۰۳**	۱۰۱/۵۳**	۸/۲۷ n.s	۴/۰۹ n.s	۶/۳۷ n.s
سال× رقم× پیش‌تیمار	۶	۰/۰۸ n.s	۰/۰۰۴ n.s	۰/۵۵ n.s	۰/۹۶ n.s	۲/۳۷ n.s	۰/۵۲ n.s	۵/۱۷ n.s
خطای آزمایشی	۵۲	۱/۳۴	۴/۷۷	۱۵/۰۵	۳۲/۴۸	۶۲/۸۲	۱۰۸/۸۲	۵۳/۶
ضریب تغییرات (%)	–	۶/۰۲	۱۱/۷۱	۱۳/۴۹	۶/۹۲	۱۲/۱	۱۱/۸۹	۵/۸۴

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۷. اثر سال بر ویژگی‌های ریشه و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک برنج

سال	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (g)	حجم ریشه (cm^3)	سطح ریشه (cm^2)	زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک (day)
اول	۱۸/۵b	۲/۴۴b	۲۶/۶b	۷۷/۹۴b	۸۱b
دوم	۱۹/۹a	۲/۷۳a	۳۰/۹a	۸۶/۸۶a	۸۷a

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

جدول ۸. برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بذر بر ویژگی‌های ریشه و عملکرد بیولوژیک

رقم	پیش‌تیمار	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (g)	حجم ریشه (cm^3)	سطح ریشه (cm^2)	عملکرد بیولوژیک ($kg.h^{-1}$)
هاشمی	پرایمینگ با کلریدکلسیم	۱۷/۱gh	۱/۸۱f-i	۲۳/۲gh	۷۰/۵۸h	۳۲۶۳gh
	پرایمینگ با کلریدپتاسیم	۲۱/۱c	۲/۱۴e	۲۳/۵g	۷۸/۹۲f	۲۸۷۰i
	پرایمینگ با سولفات‌روی	۲۱/۰c	۱/۹۵e-h	۲۰/۸i	۷۶/۰۷g	۲۸۴۰i
	هیدروپرایمینگ+پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم	۱۸/۶e	۱/۷hi	۱۸/۵j	۶۵/۷۴i	۳۳۴۱fg
	هیدروپرایمینگ+پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم	۱۹/۸d	۲/۰۳efg	۳۲/۷e	۹۰/۱۷c	۳۴۶۰f
	هیدروپرایمینگ+پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی	۱۷/۷f	۱/۷۳ghi	۲۹/۰۰f	۸۰/۲۹f	۳۱۲۸h
	شاهد	۱۶/۷h	۱/۵۱i	۱۶/۸k	۵۹/۳۶j	۲۷۴۳i
گوهر	پرایمینگ با کلریدکلسیم	۲۲/۱b	۴/۰۶a	۳۸/۵b	۱۰۳/۳۷b	۵۰۵۸c
	پرایمینگ با کلریدپتاسیم	۲۴/۶a	۴/۹a	۴۳/۰۰a	۱۱۵/۲۸a	۵۴۱۴ab
	پرایمینگ با سولفات‌روی	۱۷/ ۷f	۲/۱۳ef	۳۳/۲e	۸۵/۹۲d	۴۶۱۶e
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم	۱۷/۴fg	۳/۳۸bc	۳۷/۲c	۹۰/۱۶c	۵۵۵۲a
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم	۱۸/۴e	۳/۶۷b	۲۹/۵f	۸۲/۵۶e	۵۳۶۰b
	هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی	۱۹/۶d	۳/۱۱cd	۲۲/۵h	۷۴/۴۲g	۴۷۷۳d
	شاهد	۱۶/۹h	۲/۸۱d	۲۰/۵d	۶۶/۰۰i	۴۶۲۶e

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

کم‌ترین طول ریشه نیز با ۱۶/۷ سانتی‌متر در تیمار شاهد رقم هاشمی گزارش شد (جدول ۸). هم‌چنین پوشش-دارکردن با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی به‌ترتیب حدود ۱۱، ۱۹ و ۶ درصد در رقم هاشمی و به‌ترتیب حدود ۳، ۹ و ۱۶ درصد در رقم گوهر نسبت به تیمار شاهد سبب افزایش طول ریشه برنج شد (جدول ۸).

نتایج برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار نشان داد پوشش‌دهی بذر برنج با فرمولاسیون پرایمینگ و پوشش‌دارکردن سبب بهبود وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸). باوجود این برتری نتایج نشان داد که در هر دو رقم موردبررسی تیمارهای پرایمینگ در بهبود وزن خشک ریشه نسبت به تیمارهای پوشش‌دارکردن مؤثرتر بودند؛ به‌طوری‌که بالاترین وزن خشک ریشه در ارقام هاشمی و گوهر به‌ترتیب ۲/۱۴ و ۴/۹ گرم در پرایمینگ با کلریدپتاسیم به‌دست آمد که نسبت به تیمار پوشش‌دارکردن در این ارقام به‌ترتیب ۲۶ و ۳۴ درصد سبب افزایش وزن ریشه شد (جدول ۸). به‌نظر می‌رسد وجود مواد پوشش‌دهنده در اطراف بذر باعث تأخیر در خروج ریشه‌چه (Saadat & Ehteshami, 2015) شده و متقابلاً باعث کاهش وزن خشک ریشه‌چه می‌شود. نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که پوشش‌دارکردن بذر برنج با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی وزن خشک ریشه را نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۱۳، ۳۴ و ۱۵ درصد در رقم هاشمی و هم‌چنین ۲۰، ۳۱ و ۱۱ درصد در رقم گوهر افزایش داد (جدول ۸).

اثر سال و برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر حجم و سطح ریشه معنی‌دار بود (جدول ۶). نتایج به‌دست‌آمده حاکی از آن است که حجم و سطح ریشه نیز در سال دوم بالاتر از سال اول بود؛ به‌طوری‌که در سال اول و دوم کاشت حجم ریشه به‌ترتیب ۲۶/۶ و ۳۰/۹ سانتی‌مترمکعب و سطح ریشه نیز به‌ترتیب ۷۷/۹۴ و ۸۶/۸۶ سانتی‌مترمربع بود (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین حجم ریشه و سطح ریشه به‌ترتیب با ۴۳ سانتی‌مترمکعب و ۱۵۵/۲۸ سانتی‌مترمربع در پرایمینگ بذر برنج با کلریدپتاسیم در رقم گوهر به‌دست آمد (جدول ۸). نتایج نشان داد که پوشش‌دارکردن بذر برنج با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی در هر دو رقم موردبررسی حدود ۹۵–۱۰ درصد حجم ریشه و ۵۲–۱۰ درصد سطح ریشه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۸). Nazari *et al.* (2017) طی پژوهشی دریافتند که پیش‌تیمار بذر سبب افزایش حجم و چگالی سطح ریشه در کلزا (*Brassica napus*) شد.

۳. ۴. مراحل فنولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات رقم و پیش‌تیمار بر مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به حداکثر پنجه‌زنی، ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۶). به‌طورکلی نتایج به‌دست‌آمده مؤید آن است که رقم هاشمی نسبت به رقم اصلاح‌شده گوهر فاز رویشی و زایشی خود را سریع‌تر کامل کرد که به‌نظر می‌رسد این اختلاف در طول دوره رشد را با پتانسیل ژنتیکی و ویژگی ذاتی این رقم می‌توان توجیه کرد. نتایج نشان داد که مدت زمان لازم جهت رسیدن به حداکثر پنجه‌زنی در ارقام هاشمی و گوهر به‌ترتیب ۵۹ و ۷۲ روز بود (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که کم‌تر زمان‌های لازم جهت دست‌یابی به حداکثر جوانه‌زنی، ۵۰ درصد گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک به‌ترتیب با ۵۹، ۸۲ و ۱۱۸ روز در رقم هاشمی و هم‌چنین با ۷۲، ۹۳ و ۱۳۳ روز در رقم گوهر مشاهده شد (جدول ۹).

به‌طورکلی، نتایج نشان داد که پرایمینگ و پوشش‌دارکردن بذر برنج سبب کاهش زمان‌های لازم جهت دست‌یابی به مراحل فنولوژیک می‌شود. اثر پرایمینگ با کلریدپتاسیم و پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم سبب کاهش مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به حداکثر پنجه‌زنی به‌ترتیب شش و هشت روز نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۷). کم‌ترین زمان لازم جهت رسیدن به ۵۰ درصد گلدهی با ۸۳ و ۸۲ روز به‌ترتیب در پوشش‌دارکردن بذر برنج با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم مشاهده شد (جدول ۹). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به رسیدگی فیزیولوژیکی با ۱۳۱ روز در تیمار شاهد به‌دست آمد. کم‌ترین زمان لازم جهت رسیدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نیز با ۱۲۲ روز در پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم مشاهده شد (جدول ۹). هم‌چنین نتایج نشان داد که پرایمینگ با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی به‌ترتیب هفت، چهار و سه روز مدت زمان لازم جهت رسیدگی فیزیولوژیک را نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (جدول ۹). در پژوهشی نشان داده شد که پرایمینگ بذر برنج در ارقام طارم هاشمی و شیرودی با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و آسکوربات مدت زمان لازم جهت شروع پنجه‌زنی، ظهور خوشه و شروع گلدهی را سه تا پنج روز کاهش داد (Khademi *et al*., 2021). آزمایشی نشان داد شد که پوشش‌دارکردن بذر ارزن مرواریدی (*Linum usitatissimum*) مدت زمان لازم جهت گلدهی را حدود ۱۴–۱۰ روز نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (Karanam & Vabez, 2010). در همین راستا علت کاهش مدت زمان لازم جهت تکمیل مراحل فنولوژیکی را به بالابودن درصد و سرعت سبزشدن در این تیمارها نسبت دادند (Esmailtabar, 2021). Dhillon *et al*. (2021) با بررسی اثر پیش‌تیمار با نیترات‌پتاسیم بر روی برنج در شرایط کشت مستقیم اذعان داشتند مدت زمان لازم جهت گلدهی نسبت به تیمار شاهد دو روز کاهش نشان داد. یافته‌های پژوهشی نشان داد که پیش‌تیمار بذر برنج با کلریدپتاسیم و کلریدکلسیم مدت زمان لازم جهت ظهور خوشه را به‌ترتیب ۱۵ و ۱۷ روز و زمان لازم جهت رسیدگی فیزیولوژیکی را نیز به‌ترتیب سه و نُه روز نسبت به تیمار شاهد کاهش داد (Farooq *et al*., 2006).

جدول ۹. اثرات رقم و پیش‌تیمار بذر بر مراحل فنولوژیک برنج

رقم	زمان تا حداکثر پنجه‌زنی (day)	زمان تا ۵۰ درصد گلدهی (day)	زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک (day)	پیش‌تیمار	زمان تا حداکثر پنجه‌زنی (day)	زمان تا ۵۰ درصد گلدهی (day)	زمان تا رسیدگی فیزیولوژیک (day)
هاشمی	۵۹b	۸۲b	۱۱۸b	پرایمینگ با کلریدکلسیم	۶۵cd	۸۸d	۱۲۴d
گوهر	۷۲a	۹۳a	۱۳۳a	پرایمینگ با کلریدپتاسیم	۶۴d	۸۵e	۱۲۷bc
				پرایمینگ با سولفات‌روی	۶۸b	۹۲b	۱۲۸b
				هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم	۶۲e	۸۳f	۱۲۲d
				هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم	۶۳e	۸۲f	۱۲۲d
				هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی	۶۶c	۸۸c	۱۲۴cd
				شاهد	۷۰a	۹۵a	۱۳۱a

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

به‌نظر می‌رسد سرعت سبزشدن بالا موجب بهبود استقرار گیاهچه‌ها در مزرعه شده و در نهایت تکمیل مراحل فنولوژیکی سریع را میسر می‌سازد. Rehman *et al*. (2014) نتایج تحقیقات نشان داد که تیمار بذر کتان (*Pennisetum glaucum*) با کلریدکلسیم، مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به گلدهی و رسیدگی را نسبت به تیمار شاهد چهار روز کاهش داد. اثر سال بر زمان لازم جهت دست‌یابی به رسیدگی فیزیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۷). به‌طوری‌که مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به مرحله حداکثر رسیدگی فیزیولوژیک در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۸۱ و ۸۷ روز بود (جدول ۷).

۳. ۵. عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات رقم و پیش‌تیمار بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱۰). نتایج مقایسه میانگین حاکی از آن است که عملکرد دانه در ارقام هاشمی و گوهر به‌ترتیب ۳۰۹۲ و ۵۰۵۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱۱). نتایج پژوهش حاضر نشان داد که پیش‌تیمار بذر برنج به‌صورت سبب بهبود عملکرد دانه گردید که در این بین نقش پرایمینگ بذر ملموس‌تر بود. به‌طوری‌که پرایمینگ با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی به‌ترتیب ۱۸، ۲۲ و ۷ درصد و پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم، کلریدپتاسیم و سولفات‌روی نیز به‌ترتیب ۱۳، ۱۲ و ۳ درصد عملکرد دانه را نسبت به تیمار شاهد افزایش داد (جدول ۱۱). نتایج تجزیه مرکب نشان داد که برهم‌کنش رقم و پیش‌تیمار بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۱۱). نتایج مقایسه میانگین مؤید این است که بالاترین عملکرد بیولوژیک در تیمارهای پرایمینگ با کلریدپتاسیم و پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم به‌ترتیب با ۵۵۵۲ و ۵۴۱۴ کیلوگرم در هکتار در رقم گوهر مشاهده شد که از نظر آماری در یک گروه معنی‌دار قرار گرفتند (جدول ۱۱). نتایج نشان داد که کم‌ترین عملکرد بیولوژیک با ۲۷۴۳، ۲۸۴۰ و ۲۸۷۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب تحت تیمار شاهد، پرایمینگ با کلریدپتاسیم و سولفات‌روی در رقم هاشمی به‌دست آمد (جدول ۱۱). به‌طورکلی افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به وسیله پرایمینگ بذر هم‌چنان که پژوهش‌گران دیگر نیز گزارش کرده‌اند، می‌تواند به‌دلیل بهبود ویژگی‌های آنتی‌آکسیدانی، رشد سریع گیاهچه، استقرار مناسب و در نهایت استفاده مطلوب از عوامل محیطی نور، رطوبت خاک و عناصر غذایی باشد (Abbas Dokht *et al*., 2015; Seyami *et al*., 2017). طی پژوهشی نشان داده شد که پیش‌تیمار با کلریدپتاسیم و کلریدکلسیم سبب افزایش به‌ترتیب ۱۸ و ۱۵ درصدی عملکرد دانه در برنج می‌شود نیز مطابقت دارد (Farooq *et al*., 2006). آن‌ها هم‌چنین افزایش عملکرد دانه بذرهای پیش‌تیمارشده را به بهبود ویژگی گیاهچه‌ای ناشی از افزایش فعالیت آنزیم‌های تجزیه‌کننده مثل آلفا آمیلاز، افزایش سطح انرژی به‌دلیل افزایش ATP، سنتز DNA و RNA، افزایش و هم‌چنین ارتقای عملکرد میتوکندری‌ها دانستند. طی آزمایشی بیان شد پیش‌تیمار بذر برنج با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم با بهبود ویژگی‌های گیاهچه‌ای و فیزیولوژیکی سبب افزایش ۱۹–۱۴ درصدی عملکرد گیاه برنج شدند (Khademi *et al*., 2021).

جدول ۱۰. تجزیه مرکب سال، رقم و پیش‌تیمار کردن بذر بر عملکرد دانه و بیولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک
سال	۱	۶۴۱۹۰۱ n.s	۴۸۵۵۲۱۵ n.s
بلوک (سال)	۴	۶۱۱۲۳۵	۷۳۹۶۰۳
رقم	۱	۸۱۰۶۸۰۴۱*	۲۷۰۶۸۲۴۱۱ n.s
سال× رقم	۱	۱۳۹۹۷۷ n.s	۳۹ n.s
پیش‌تیمار	۶	۱۱۲۴۴۷۵**	۱۶۱۷۸۶۴**
سال× پیش‌تیمار	۶	۱۲۴۰۳۴ n.s	۲۰۳۹ n.s
رقم× پیش‌تیمار	۶	۲۶۳۷۲۷ n.s	۵۳۶۷۹۸**
سال× رقم× پیش‌تیمار	۶	۱۰۲۱۱۴ n.s	۵۲۲۶ n.s
خطای آزمایشی	۵۲	۱۸۴۲۴۴	۱۹۳۲۱۱
ضریب تغییرات (%)	–	۱۰/۵۳	۴/۶۸

ns، * و **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

جدول ۱۱. اثرات رقم و پیش‌تیمار بذر برعملکرد دانه

رقم	عملکرد دانه ($kg.h^{-1}$)	پیش‌تیمار	عملکرد دانه ($kg.h^{-1}$)
هاشمی	۳۰۹۲ b	پرایمینگ با کلریدکلسیم	۴۳۵۱ ab
گوهر	۵۰۵۷ a	پرایمینگ با کلریدپتاسیم	۴۵۰۶ a
		پرایمینگ با سولفات‌روی	۳۹۵۱ cd
		هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم	۴۱۶۱ abc
		هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با کلریدپتاسیم	۴۱۴۲ bc
		هیدروپرایمینگ+ پوشش‌دارکردن با سولفات‌روی	۳۷۲۸ d
		شاهد	۳۶۸۴ d

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

۴. نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این پژوهش نشان داد که پرایمینگ بذر برنج با کلریدکلسیم و کلریدپتاسیم در ارقام هاشمی و گوهر از طریق افزایش درصد و سرعت سبزشدن، موجب بهبود نظام ریشه‌ای شد. هم‌چنین پرایمینگ بذر برنج با این ترکیبات با کاهش مدت زمان لازم جهت دست‌یابی به مراحل مختلف فنولوژیک در حدود ۱۰-۳ روز سبب کاهش اثر نامطلوب تأخیر در برداشت شد. بالاترین عملکرد دانه و بیولوژیک تحت پرایمینگ بذر برنج با کلریدپتاسیم و پوشش‌دارکردن با کلریدکلسیم به‌دست آمد. لذا، می‌توان به کشاورزان شالیکار توصیه کرد که از روش‌های مدیریت زراعی ساده و ارزان‌قیمت مثل پرایمینگ در بهبود رشد برنج استفاده نمایند.

۵. تشکر و قدردانی

از مؤسسه تحقیقات برنج کشور به‌خاطر حمایت مالی این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Abbas Dokht, H., & Aref beyki, M. (2015). The effects of hydropriming, planting depth and nitrogen split application on grain yield and it'scomponents of 370 double cross hybrid corn in arid zone. *Journal of Plant Production Research*, *22*(1), 149-172. (In Persian).

Alloway, B.J. (2008). *Zinc in Soils and Crop Nutrition*, 2nd ed., International Zinc Association (IZA) and International Fertilizer Association (IFA), Brussels, Belgium and Paris, France.

Anwar, M.P., Juraimi, A.S., Puteh, A., Selamat, A., Rahman, M.S., & Samedani, B. (2011). Seed priming influences weed competitiveness and productivity of aerobic rice. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, *62*(6), 499-509.

Bartlett, M.S. (1937). Properties of Sufficiency and Statistical Test. *Proceedings of the Royal Society*, *160*, 268-282.

Basra, S.M.A., Farooq, M., & Tabassum, R. (2005). Physiological and biochemical aspects of seed vigour enhancement treatments in fine rice (*Oryza sativa* L.). *Seed Science and Technology*, *33*, 623-628.

Broadley, M.R., White, P.J., Hammond, J.P., Zelko, L., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, *173*, 677-702.

Du, B., Luo, H., He, L., Zheng, L., Liu, Y., Mo, Z., Pan, S., Tian, H., Duan, M., & Tang, X. (2019). Rice seed priming with sodium selenate: Effects on germination, seedling growth, and biochemical attributes. *Scientific Reports*, *9*(1), 4311. DOI: 10.1038/s41598-019-40849-3.

Esmailtabar, M. (2021). *Variations of three rice (Oryza sativa L.) cultivars in different weed control managements in direct seeding with dry substrate.* MSc. Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University Faculty of Crop Sciences, Iran, 84p. (In Persian).

Dhillon, B.S., Kumar, V., Sagwal, P., Kaur, N., Mangat, G.S., & Singh, S. (2021). Seed priming with potassium nitrate and gibberellic acid enhances the performance of dry direct seeded rice. (*Oryza sativa* L.) in North-Western India. *Agronomy*, *11*, 1-20.

Dargahi, Y., Asghari, A., Shokrpour, M., & Rasoulzadeh, A. (2013). Effect of water deficit stress on root morphological characters in sesame cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, *5*(4), 151-172. (In Persian).

Ibrahim, E.A. (2016). Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology, 15(192), 38-46.*

Farooq, M., Basra, S.M.A., & Wahid, A. (2006). Priming of field-sown rice seed enhances germination, seedling establishment, allometry and yield. *Plant Growth Regulation, 49*, 285-294.

Farooq, M., Barsa, S.M.A., & Khan, M.B. (2007). Seed priming improves growth of nursery seedlings and yield of transplanted rice. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *53*, 315-326.

Farooq, M., Siddique, K.H.M., Rehman, H., Azizi, T., Lee, D.J., & Wahid, A. (2011). Rice direct seeding: Experiences, challenges and opportunities. *Soil & Tillage Research, 111*, 87-98.

Food and Agriculture Organization Corporate Statistical Database (FAOSTAT). (2020). *Food and Agriculture Organization of the United Nations Database; Food and Agriculture Organization (FAO)*, Rome. Available online: http://www.fao.org.

Fox, T.C., & Guerinot, M.L. (1998). Molecular biology of cation transport in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, *49*, 669-696.

Harper, J.F., Breton, G., & Harmon, A. (2004). Decoding Ca^{2+} signals through plant protein kinases. *Annual Review of Plant Biology*, *55*, 263-288.

Hepler, P.K. (2005). Calcium: A central regulator of plant growth and development. *Plant Cell*, *17*, 2142-2155.

Hosseini Chaleshtori, M., & Nazari, S. (2021). *Rice Seed Pretreatment Technology*. Rice Research Institute of Iran Press. (In Persian).

Huang, P., He, L., Abbas, A., Hussain, S., Du, D., Hafeez, M.B., Balooch, S., Zahra, N., Ren, X., & Saqib, M. (2021). Seed Priming with Sorghum Water Extract Improves the Performance of Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz.) under Salt Stress. Plants, *10*(4), https://doi.org/10.3390/plants10040749.

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

Jiriaie, M., Fateh, E., & Aynehband, A. (2014). Evaluation of *Mycorrhiza* and *Azospirillum* effect on some characteristics of wheat cultivars in establishment stage. *Electronic Journal of Crop Production*, *7*(1), 45-62. (In Persian).

Johnson, S.E., Lauren, J.G., Welch, R.M., & Duxburi, J.M. (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. *Experimental Agriculture*, *41*(4), 427-448.

Karanam, P.V., & Vabez, V. (2010). Phosphorus coating on pearl millet seed in low P Alfisol improves plant establishment and increases stover more the seed yield. *Experimental Agriculture*, *46*, 457-469.

Karim, M.N., Sani, M.N.H., Uddain, J., Azad, M.O.K., Kabir, M.S., Rahman, M.S., Choi, K.Y., & Naznin, T. (2020). Stimulatory effect of seed priming as pretreatment factors on germination and yield performance of yard long bean (*Vigna unguiculata*). *Horticulturae*, *6*(104), 1-13.

Khademi, M., Zaefarian, F., Nazari, S., & Esmaeili, M.A. (2021). Effect of osmotic and water priming on yield and yield components of two rice cultivars (*Oryza sativa* L.) in dry bed in Mazandaran climatic conditions. *Crop Physiology Journal*, *49*(13), 5-23. (In Persian).

Khan, F., Hussain, S., Tanveer, M., Khan, S., Hussain, H. A., Iqbal, B., & Geng, M. (2018). Coordinated effects of lead toxicity and nutrient deprivation on growth, oxidative status, and elemental composition of primed and non-primed rice seedlings. *Environmental Science and Pollution Research*, *25*, 21185-21194.

Lutts, S., Benincasa, P., Wojtyla, L., Kubala, S., Pace, R., Lechowska, K., Quinet, M., & Garnczarska M. (2016). *Seed priming: new comprehensive approaches for an old empirical technique*. In: Araujo S, Balestrazzi A (eds) New challenges in seed biology – basic and translational research driving seed technology, IntechOpen, pp. 1-47.

Nakaune, M. Hanada, A., Yin, Y.G., Matsukura, C., Yamaguchi, S., & Ezura, H. (2012). Molecular and physiological dissection of enhanced seed germination using short-term low-concentration salt seed priming in tomato. *Physiology and Biotechnology*, *52*, 28-37.

Nawaz, A., Farooq, M., Ahmad, R., Basra, S.M.A., & Lal, R. (2016). Seed priming improves stand establishment and productivity of no till wheat grown after direct seeded aerobic and transplanted flooded rice. *European Journal of Agronomy*, *76*, 130-137.

Nazari, S., Aboutalebian, M.A., & Golzardi, F. (2017). Seed priming improves seedling emergence time, root characteristics and yield of canola in the conditions of late sowing. *Agronomy Research, 15*(2): 501-514.

Nazari, S. (2018). *Evaluation of seed priming potential for offsetting the effects of delayed sowing date of some winter rapeseed cultivars in Karaj*. Ph.D. Thesis in Agronomy Science the Field of Crop ecology. Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Iran, 222p. (In Persian).

Priya, T. S. R., Nelson, A. R. L. E., Ravichandran, K., & Antony, U. (2019). Nutritional and functional properties of coloured rice varieties of South India: A review. *Journal of Ethnic Foods*, *6*, 1-11.

Rehman, H.U., Nawaz, M.Q., Basara, S.M.A., Afzal, I., Yasmeen, A., & Hassan, F.U. (2014). Seed priming influence on early crop growth, phenological development and yield performance of linola. *Journal of Integrative Agriculture*, *13*(5), 990-996.

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

Saadat, F., & Ehteshami, S.M.R. (2015). Effect of seed coating with micronutrients on some germination and vigor characteristics of marigold (*Calendula officinalis*). *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *2*(2), 29-40. (In Persian).

Saadat, F., Ehteshami, S.M.R., Asghari, J., & Rabiee, M. (2015). Effect of seed coating with growth promoting bacteria and micronutrients on quantitative and qualitative yield of forage corn (*Zea mays* L. SC. 640). *Iranian Journal of Filed Crop Science*, *46*(3), 485-496.

Seyami, R., Mirshekari, B., Farahvash, F., Rashidi, V., & Tari Nejad, A.R. (2017). The effect of seed priming with salicylic acid and water deficit tension on enzyme activity and yield of grain corn. *Crop Physiology*, *9*(34), 23-35. (In Persian).

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

Shivankar, R.S., Deore, D.B., & Zode, N.G. (2003). Effect of pre-sowing seed treatment on establishment and seed yield of sunflower. *Journal of Oilseeds Research*, *20*, 299-300.

Soltani, E., Miri, A.A., & Ghaderifar, F. (2009). The effect of seed priming on emergence and yield of cotton at different sowing dates. *Journal of Plant Production, 16*(3), 163-174.

Soltani, A., & Madah, V. (2010). *Simple Applied Programs for Education and Research in Agronomy*. Iranian Society of Ecologic. Agric. Tehran. Iran. Pp. 80. (In Persian).

Taghi Zoghi, Sh., Soltani, E., Allahdadi, I., & Sadeghi, R. (2018). The effects of seed coating treatments on seedling emergence and growth of rapeseed and the growth of pathogenic fungi. *Iranian Journal of Seed Science and Research*, *5*(3), 103-115. (In Persian).

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International Journal of Molecular Sciences*, *14*(4), 7370-7390.