

Effect of seed priming on the early growth stages of cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] under salinity stress

Saeed Saeedipour

Department of Agronomy and Plant Breeding, Sho.C., Islamic Azad University, Shoushtar, Iran

*Corresponding Author Email: 1989411169@iau.ir

Introduction

Salinity stress is one of the most significant abiotic constraints limiting agricultural productivity worldwide, particularly in arid and semi-arid regions. In cowpea (*Vigna unguiculata* L.), salinity disrupts the physiological processes during germination, leading to reduced seedling vigor, stunted growth, and decreased crop yield. Seed priming, a pre-sowing treatment involving controlled hydration, has emerged as a promising technology to mitigate abiotic stresses. By initiating metabolic activities without radicle emergence, priming can enhance membrane integrity and antioxidant systems, thereby improving germination efficiency under stressful environments. This study aimed to evaluate the effectiveness of hydropriming and halopriming (using NaCl, CaCl₂, and CaSO₄) on two local bean cultivars (Mashhad and Kamran) under different salinity levels.

Materials and Methods

This research was carried out in the laboratory of the Seed Science and Technology Department of Islamic Azad University, Shushtar branch in 2024-2025. The study was conducted using two local cultivars of cowpea: 'Mashhad' and 'Kamran'. The seeds were subjected to three levels of salinity (0, 85, and 170 mM NaCl) to simulate different stress intensities. The priming treatments were applied for 4 hours at 25°C in total darkness. The priming methods included: 1. Hydropriming (HP): Soaking in distilled water. 2. Halopriming (HAP): Soaking in 80 mM concentrations of NaCl, CaCl₂, and CaSO₄. Control groups consisted of non-primed seeds. The experiment was arranged as a three-factor factorial based on a completely randomized design with three replications. The evaluated parameters included germination percentage (GP), germination speed (GS), final germination percentage, radicle length (RL), hypocotyl length (HL), epicotyl length (EL), and Seedling Vigor Index (SVI).

Results and Discussion

Analysis of variance showed significant effects of the salinity × genotype × priming interaction on radicle length, hypocotyl length, epicotyl length, total seedling length, and final germination percentage at the 5% probability level, and on germination rate and seedling vigor index at the 1% probability level. Increasing salinity consistently reduced germination and early seedling growth in both genotypes. The inhibitory effect was particularly pronounced at 170 mM NaCl, indicating that increasing salt concentration imposed strong osmotic constraints and possibly ionic toxicity during germination. In untreated seeds at 170 mM NaCl, germination by the fifth day was reduced to approximately 6.7% in Kamran and 30% in Mashhad. Nevertheless, priming substantially improved germination performance under stress, although the magnitude of improvement depended on genotype and salinity level. At 170 mM NaCl, hydropriming increased final germination in Kamran from 6.66% in untreated seeds to 36.66%, while in Mashhad it increased final germination from 35.66% to 86.66%. In Mashhad under the same severe salinity,

hydropriming also resulted in 46.66% germination by the second day compared with zero germination in the untreated control, while CaSO₄ halopriming increased early germination to 23.33%. Under moderate salinity (85 mM NaCl), NaCl halopriming in Kamran increased final germination from 63.33% in the untreated treatment to 86.66%. Primed seeds generally showed faster germination than untreated seeds, and hydropriming produced the highest germination rate across the salinity levels. The improved germination rate may be associated with earlier water uptake and activation of metabolic processes before radicle emergence. Overall, hydropriming and, in several combinations, halopriming with NaCl or CaSO₄ were the most promising treatments for improving germination, seedling vigor, and early growth under salt stress.

Conclusion

The results demonstrated that increasing NaCl concentration substantially impaired germination and early seedling growth of both cowpea genotypes, whereas appropriate seed priming treatments partially compensated for the negative effects of salinity. Hydropriming was particularly effective in accelerating germination and improving seedling vigor, while NaCl and CaSO₄ halopriming also produced favorable responses in several genotype × salinity combinations. The response to priming was clearly dependent on both genotype and salt concentration, emphasizing the importance of matching priming methods with genetic background and stress intensity. Under the conditions of this laboratory experiment, hydropriming and selected halopriming treatments can be considered promising approaches for improving cowpea germination and early establishment under saline conditions. However, because salinity treatments were imposed using nominal NaCl concentrations, direct comparison of their osmotic intensity was not possible. Further greenhouse and field experiments under naturally saline conditions are therefore required before practical recommendations for agricultural use can be made.

Keywords: Cowpea, Halopriming, Hydropriming, Salinity tolerance, Vigour index

تأثیر پیش تیمار بذر بر مراحل اولیه رشد لوبیا چشم‌بلبلی [*Vigna unguiculata* (L.) Walp] تحت شرایط تنش شوری

سعید سعیدی پور

گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد شوشتر، دانشگاه آزاد اسلامی، شوشتر، ایران

*ایمیل نویسنده مسئول: 1989411169@iau.ir

چکیده

این مطالعه با هدف ارزیابی اثر پیش تیمار بذر بر افزایش تحمل به شوری دو رقم لوبیا چشم‌بلبلی انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه عامل شوری، ژنوتیپ و پیش تیمار و سه تکرار انجام شد. عامل شوری شامل ۰، ۸۵ و ۱۷۰ میلی مولار NaCl، عامل ژنوتیپ شامل دو رقم/توده محلی مشهد و کامران و عامل پیش تیمار شامل شاهد بدون پیش تیمار، هیدروپرایمینگ با آب مقطر و هالوپرایمینگ با محلول‌های ۸۰ میلی مولار NaCl، CaCl₂ و CaSO₄ بود. پیش تیمارها به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در تاریکی به طور جداگانه اعمال شدند. بذور بدون پیش تیمار به عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که افزایش سطح شوری (تا ۱۷۰ میلی مولار) منجر به کاهش شدید صفات جوانه زنی شد، در حالی که پیش تیمار بذور اثر جبرانی معناداری داشت. در شرایط تنش شدید (۱۷۰ میلی مولار NaCl) هیدروپرایمینگ درصد جوانه زنی را نسبت به بذره‌های پیش تیمار نشده در رقم کامران از ۶/۶ به ۳۶/۶ درصد و در رقم محلی مشهد از ۳۵/۶ به ۸۶/۶ درصد افزایش داد؛ این تغییرات به ترتیب معادل ۳۰ و ۵۱ واحد درصد بود. در شوری ۸۵ میلی مولار، پیش تیمار هالوپرایمینگ با NaCl در رقم کامران درصد نهایی جوانه زنی را از ۶۳/۳ به ۸۶/۶ درصد افزایش داد. همچنین سرعت جوانه زنی و شاخص بنیه گیاهچه در بسیاری از ترکیب‌های تیماری با پیش تیمار بهبود یافت. بر اساس نتایج این آزمایش، اعمال تیمارهای هیدروپرایمینگ یا هالوپرایمینگ با NaCl یا CaSO₄ ۸۰ میلی مولار در بهبود جوانه زنی و رشد اولیه لوبیا چشم‌بلبلی تحت شوری امیدوارکننده بودند. با این حال، برای توصیه کاربردی در شرایط مزرعه، انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در شرایط شور واقعی ضروری است.

واژگان کلیدی: تحمل به شوری؛ شاخص بنیه؛ لوبیا چشم‌بلبلی؛ هالوپرایمینگ؛ هیدروپرایمینگ

مقدمه

لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) یکی از حبوبات استراتژیک در سیستم‌های کشاورزی مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آفریقا، آسیا، آمریکای جنوبی، قسمت‌هایی از جنوب اروپا و ایالت متحده آمریکا محسوب می‌شود (Nkoana et al., 2019)، که به دلیل ارزش غذایی بالا، دارا بودن پروتئین (حدود ۲۵٪) و کربوهیدرات (حدود ۶۴٪)، ویتامین‌ها و فیبر نقش مهمی در تأمین امنیت غذایی و بهبود حاصلخیزی خاک ایفا می‌کند (Hall., 2012). شوری به عنوان یکی از مهمترین چالش‌های محدودکننده تولیدات گیاهی در جهان، با ایجاد تغییرات بیوشیمیایی و متابولیکی، فرآیندهای فیزیولوژیک بذر در مرحله جوانه زنی و استقرار گیاهچه را مختل می‌کند و به تبع آن، رشد گیاهچه و استقرار اولیه گیاه را محدود می‌کند (Ibrahim, 2016). افزایش غلظت نمک با کاهش پتانسیل آب و ایجاد تنش اسمزی، جذب آب توسط بذر را محدود کرده و می‌تواند موجب کاهش سرعت و درصد جوانه زنی شود. همچنین تجمع یون‌های Na⁺ و Cl⁻ می‌تواند رشد اولیه گیاهچه را تحت تأثیر قرار دهد. امروزه استفاده از تکنیک‌های پیش تیمار بذر به عنوان یک روش کم هزینه، مؤثر و مناسب جهت غلبه بر تنش‌های غیرزیستی در تولید محصولات کشاورزی مورد توجه محققان قرار گرفته است (Miladinov et al., 2019; Gholami et al., 2015). هدف اصلی این فرآیند،

قراردادن بذر در شرایط کنترل شده پیش از کاشت است تا بذر بتواند پیش از مرحله جوانه‌زنی، فرآیندهای متابولیکی لازم (مانند سنتز پروتئین‌ها، فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و ترمیم غشاء) را آغاز کند (Ibrahim, 2016). گزارش‌های متعددی تحت شرایط گوناگون محیطی از قبیل شوری، کمبود رطوبت و دماهای بالا و پایین ارائه شده که نشان می‌دهد، هیدروپرایمینگ^۱ و هالوپرایمینگ^۲ (استفاده از نمک‌های معدنی) با ایجاد تغییرات در سطح سلولی و مولکولی بذور، موجب افزایش سرعت استقرار گیاهچه و مقاومت بیشتر به تنش‌های محیطی در گیاه جوان می‌شود (Davood, 2018). در بذور پیش‌تیمارشده، بخشی از پروتئین‌ها و کربوهیدرات‌ها در اثر فعالیت آنزیم‌ها و واکنش‌های هیدرولیزکننده شکسته شده و آماده شرکت در فرآیند جوانه‌زنی می‌شوند، در نتیجه؛ استقرار در گیاهان حاصل از این بذور، سریع‌تر و در عین حال یکنواخت‌تر انجام می‌پذیرد، این مسأله می‌تواند توجیهی برای تسریع جوانه‌زنی و کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی باشد (Gholami et al., 2015). بذور پیش‌تیمارشده پس از قرار گرفتن در بستر خود زودتر جوانه‌زده و در مقایسه با گیاهان پیش‌تیمارش‌نشده در زمان کوتاه‌تری سیستم ریشه‌ای خود را گسترش داده و با جذب مطلوب‌تر آب و مواد غذایی و تولید بخش‌های سبز فتوسنتزکننده به مرحله اتوتروفی می‌رسند (Kheiri, 2010). تحقق چنین شرایطی به لحاظ زیستی و اکولوژیکی موقعیت ویژه‌ای به گیاهان حاصل از بذور پیش‌تیمارش‌شده می‌دهد (Kattimani et al., 1991; Mukhtar et al., 2013). به‌طوری‌که این وضعیت امکان بهره‌برداری مناسب‌تر از نهاده‌های محیطی مثل آب، نور و غیره را به گیاه می‌دهد. همین‌طور در اثر این شرایط ممکن است توانایی ذاتی گیاه جهت چیرگی بر چالش‌های رقابتی با گیاهان و موجودات دیگر به لحاظ ویژگی‌های اکولوژیکی حاکم بر این روابط ارتقاء یابد. برآیند این موارد در نهایت می‌تواند منجر به افزایش مدت و سطح فتوسنتزکننده در این گیاهان گردد که متعاقب این امر میزان تثبیت دی‌اکسیدکربن و طبعاً فرآورده‌های فتوسنتزی تولیدی و همین‌طور ذخیره هیدروکربن‌های غیرساختاری در ارگان‌های مختلف گیاه افزایش یافته و در نتیجه زیست‌توده تولیدی بیشتر خواهد شد. همین‌طور از آنجا که بین زیست‌توده و ذخایر غذایی موجود در پیکره گیاه با تخصیص و قدرت زایشی، ارتباطی تنگاتنگ برقرار است، بر این اساس در گیاهان مورد بحث به شرط عدم وجود محدودیت مخزن، محصول دانه در مقایسه با تیمار شاهد افزایش خواهد یافت (Boubaker, 1996). مطالعات انجام‌شده بر روی لوبیا چشم‌بلبلی نشان داده‌اند که افزایش شوری می‌تواند موجب کاهش درصد و سرعت جوانه‌زنی و اختلال در استقرار اولیه گیاهچه شود (Nabi et al., 2017). همچنین، مطالعات انجام‌شده روی سایر گیاهان زراعی نشان داده‌اند که پیش‌تیمار بذر می‌تواند بخشی از اثرات منفی شوری بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه را کاهش دهد. به‌عنوان مثال، هالوپرایمینگ بذر گندم با NaCl موجب بهبود بنیه، متابولیسم ذخایر و وضعیت یونی گیاهچه‌ها در شرایط شوری شده است (Afzal et al., 2008). Jafar et al. (2012) نیز بهبود عملکرد گندم حاصل از پیش‌تیمار بذر تحت شرایط شور را گزارش کردند. در ماش، پیش‌تیمار با NaCl موجب افزایش دفاع آنتی‌اکسیدانی و تجمع اسمولیت‌ها و کاهش آثار نامطلوب شوری شد (Saha et al., 2010). Sharma et al. (2014) نیز بهبود جوانه‌زنی و بنیه گیاهچه بامیه را در اثر روش‌های مختلف پیش‌تیمار گزارش کردند. با وجود این، اطلاعات مربوط به مقایسه هم‌زمان هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ در ژنوتیپ‌های مختلف لوبیا چشم‌بلبلی تحت سطوح متفاوت شوری محدود است. لذا، هدف از این پژوهش، ارزیابی دقیق تأثیر روش‌های مختلف هالو و هیدروپرایمینگ بر بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه در ارقام لوبیا چشم‌بلبلی تحت شرایط تنش شوری است تا از این طریق، راهکارهای عملی برای افزایش پایداری تولید این محصول در اراضی شور به‌دست آید.

مواد و روش‌ها

¹ Hydropriming

² Halopriming

این آزمایش در آزمایشگاه گروه تکنولوژی و علوم بذر دانشگاه آزاد اسلامی واحد شوشتر در سال ۱۴۰۳-۱۴۰۴ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل سه‌عاملی در قالب طرح کاملاً تصادفی^۳ (CRD) با سه تکرار انجام شد. عوامل آزمایش شامل سه سطح شوری ۰، ۸۵ و ۱۷۰ میلی‌مولار NaCl، دو ماده ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی (رقم کامران و توده محلی مشهد) و پنج سطح پیش‌تیمار شامل بذرهای بدون پیش‌تیمار، هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ با NaCl، CaCl₂ و CaSO₄ بود. بذرهای لوبیا چشم‌بلبلی (رقم کامران و رقم محلی مشهد) از موسسه بین‌المللی کشاورزی (IITA)^۴، ایستگاه تحقیقات صفی آباد دزفول تهیه شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این پژوهش شامل رقم کامران (Kamran) و رقم محلی مشهد (Mashhad) از گونه *Vigna unguiculata* (L.) Walp. بودند. رقم کامران در مطالعات زراعی و ژنتیکی لوبیا چشم‌بلبلی در ایران مورد استفاده قرار گرفته و به‌عنوان رقمی زودرس با دانه‌های کرم‌رنگ و ناف قهوه‌ای گزارش شده است. عملکرد آن در برخی مناطق کشور حدود ۱ تا ۱/۵ تن در هکتار گزارش شده است. رقم محلی مشهد نیز در مطالعات زراعی ایران مورد استفاده قرار گرفته و در منابع ترویجی مربوط به زراعت لوبیا چشم‌بلبلی در مناطق گرمسیری کشور، از جمله خوزستان، مورد اشاره قرار گرفته است (Sakhavat et al., 2021; Eskandari, 2015). قبل از شروع آزمایش، بذور در محلول هیپوکلریت سدیم ۱ درصد به مدت ۳ دقیقه استریل شدند، سپس با آب شستشو داده و برای جلوگیری از آلودگی قارچی در هوا خشک شدند. برای اعمال تیمار هالوپرایمینگ، دانه‌ها به‌صورت جداگانه در محلول‌های حاوی NaCl، CaCl₂ یا CaSO₄ با غلظت اسمی ۸۰ میلی‌مولار، به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در تاریکی قرار گرفتند. این غلظت بر اساس آزمایش‌های مقدماتی انتخاب شد که نشان داد مانعی برای جوانه‌زنی ایجاد نمی‌کند (Nabi et al., 2017). نسبت وزن دانه به حجم محلول ۱:۵ (گرم/میلی‌لیتر) بود. پس از پایان دوره پیش‌تیمار، بذرها سه بار با آب مقطر شسته‌و شو داده شده و در دمای اتاق؛ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ تا رسیدن وزن آن‌ها به وزن اولیه خشک شدند (Mahmoudi et al., 2012). هیدروپرایمینگ نیز با غوطه‌وری بذرها در آب مقطر به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۵ درجه سلسیوس و در تاریکی انجام شد. سپس روی کاغذ خشک‌کن خشک شده و به مدت یک شب در دمای اتاق رها شدند، تا اطمینان حاصل شود که رطوبت بذرها به وضعیت اولیه نزدیک شده است (Pirasteh Anosheh et al., 2011). بذرها بدون پیش‌تیمار به‌عنوان شاهد در نظر گرفته شدند. پتری‌دیش‌ها (قطر ۹ سانتی‌متر) حاوی دو لایه کاغذ صافی واتمن شماره ۱ آماده شدند. در هر پتری‌دیش ده دانه قرار گرفت. پتری‌دیش‌ها، برای آزمون جوانه‌زنی در ژرمیناتور در دمای $25 \pm 0/5$ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی $80 \pm 1\%$ نگهداری شدند. فرآیند جوانه‌زنی روی کاغذهای آغشته به آب مقطر یا محلول‌های ۸۵ و ۱۷۰ میلی‌مولار NaCl جوانه‌زنی انجام شد. پتری‌دیش‌ها با پارافیلیم محکم بسته شدند تا از تبخیر جلوگیری و تغییر در غلظت محلول‌های نمکی به حداقل برسد. جوانه‌زنی زمانی در نظر گرفته شد که طول ریشه‌چه به ۲ میلی‌متر رسید (Kaya et al., 2006).

محاسبه شاخص‌های جوانه‌زنی

درصد جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد: که در آن n تعداد دانه‌های جوانه‌زده در روز n ام و N تعداد کل دانه‌ها است. درصد نهایی جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۲ محاسبه شد: در این رابطه Ng تعداد دانه‌های جوانه‌زده در آخرین روز شمارش (روز ۷) و Nt کل دانه‌ها در هر تیمار است. سرعت جوانه‌زنی از رابطه ۳ محاسبه شد: در این رابطه n تعداد بذرهایی که جدیداً در زمان t جوانه زده و t تعداد روز پس از کشت بذور است. شاخص بنیه گیاهچه با استفاده از رابطه ۴ محاسبه شد.

³ Completely Randomized Design

⁴ The International Institute of Tropical Agriculture

$$GP = n/N \times 100$$

رابطه (۱) درصد جوانه زنی (Shahba et al., 2008)

$$FGP = Ng/Nt \times 100$$

رابطه (۲) درصد نهایی جوانه زنی (Shahba et al., 2008)

$$GR = \Sigma(n/t)$$

رابطه (۳) سرعت جوانه زنی (Shahba et al., 2008)

$$SVI = [\text{Seedling length (cm)} \times FGP]$$

رابطه (۴) شاخص بنیه گیاهچه (Memon et al., 2013)

دیگر ویژگی‌های رشدی گیاهچه مانند طول ریشه‌چه، اپیکوتیل، هیپوکوتیل و طول کل گیاهچه با کمک خط‌کش مدرج بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار آماری SAS، Ver 9.2 و جهت مقایسه میانگین از روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های جوانه‌زنی

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل شوری $\times$ ژنوتیپ $\times$ پیش‌ تیمار بر طول ریشه‌چه، طول هیپوکوتیل، طول اپیکوتیل، طول کل گیاهچه و درصد نهایی جوانه‌زنی در سطح پنج درصد و بر سرعت جوانه‌زنی و شاخص بنیه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج نشان داد که شدت اثر پیش‌ تیمار به ژنوتیپ و سطح شوری وابسته بود؛ به‌طوری‌که در شرایط شوری شدید، اختلاف بین بذره‌ای پیش‌ تیمار شده و بدون پیش‌ تیمار بیشتر مشاهده شد. برای مثال، در شوری ۱۷۰ میلی‌مولار، هیدروپرایمینگ درصد نهایی جوانه‌زنی کامران را از ۶/۶ درصد در بذره‌ای بدون پیش‌ تیمار به ۳۶/۶ درصد افزایش داد؛ در ژنوتیپ مشهد نیز این مقدار از ۳۵/۶ درصد در شاهد به ۸۶/۶ درصد رسید (جدول ۱). این نتایج نشان داد که پاسخ به پیش‌ تیمار تابعی از ژنوتیپ و شوری بوده است. اعمال تنش شوری به‌طور مستمر تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی را در هر دو رقم مورد مطالعه کاهش داد که این امر بازتاب‌دهنده اثرات منفی تنش اسمزی و احتمالاً سمیت یونی سدیم و کلر در بافت‌های بذر است. طبق داده‌های جدول ۲، افزایش غلظت شوری به ۱۷۰ میلی‌مولار منجر به کاهش شدید نرخ جوانه‌زنی شد؛ به‌طوری‌که در بذره‌ای تیمار نشده (شاهد) در این سطح از شوری، درصد جوانه‌زنی تا روز پنجم در رقم کامران به ۶۷ و در رقم محلی مشهد به ۳۰ درصد کاهش یافت. مطالعات مشابه نیز نشان داده‌اند که تنش شوری موجب تأخیر و کاهش جوانه‌زنی در لوبیا چشم‌بلبلی (Nabi et al., 2017) و باقلا (Chaker-Haddadj et al., 2014) می‌شود. با وجود این، نتایج داد که پیش‌ تیمار می‌تواند راهکار مؤثری برای مقابله با این تنش باشد. پیش‌ تیمار با آب و هالوپرایمینگ به‌طور معنی‌داری عملکرد جوانه‌زنی را حتی در شرایط تنش شدید بهبود بخشیدند (شکل ۱). برای مثال، در رقم محلی مشهد تحت تنش ۱۷۰ میلی‌مولار، استفاده از هیدروپرایمینگ باعث شد درصد جوانه‌زنی در روز دوم به ۴۶ درصد برسد، در حالی که این مقدار در بذره‌ای تیمار نشده صفر بود (جدول ۲). همچنین، هالوپرایمینگ با CaSO_4 در همین شرایط، جوانه‌زنی را تا ۲۳ درصد افزایش داد (جدول ۲). علاوه بر این، در سطح شوری متوسط (۸۵ میلی‌مولار)، استفاده از پیش‌ تیمار NaCl در رقم کامران، درصد نهایی جوانه‌زنی را از ۶۳/۳ (تیمار شاهد) به ۸۶/۶ درصد افزایش داد که نشان‌دهنده بهبود ۲۳/۳ درصدی است (جدول ۲ و شکل ۱). بهبود جوانه‌زنی و رشد اولیه

مشاهده شده در این آزمایش می‌تواند با سازوکارهای گزارش شده برای اثر پیش تیمار مرتبط باشد. مطالعه پیشین در مورد کلزا نشان داد که فرآیند پیش تیمار با فعال سازی فرآیندهای متابولیک پیش از جوانه زنی، از جمله فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان (Saeedipour, 2024) و پایداری غشاء سلولی، پتانسیل گیاه را برای مقابله با تنش های محیطی افزایش می دهد. این یافته ها با گزارش های پیش تیمار بذر بامیه (Sharma *et al.* 2014) و آفتابگردان (Moghanibashi *et al.*, 2013) مطابقت دارد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات جوانه زنی و رشد اولیه لوبیا چشم بلبلی تحت تأثیر هالو و هیدرو پرایمینگ

Table 1. Analysis of variance (mean square) germination and early growth of cowpea under halo and

hydropriming

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	درصد نهایی جوانه زنی Final germination percentage	سرعت جوانه زنی Speed germination	طول ریشه چه Radicle length	طول هیپوکوتیل Hypocotyl length	طول اپیکوتیل Epicotyl length	طول کل گیاهچه Total seedling length	شاخص بنبه گیاهچه Seedling vigor index
شوری Salinity	2	11194.44**	2573.41**	171.3**	127.18**	62.94*	1006.2**	901559**
ژنوتیپ Genotype	1	13201.11**	1371.08**	28.59**	21.4**	0.76*	82.86**	1571149**
پیش تیمار Priming	4	7.95**	405.68**	4.21 ^{ns}	1.6*	4.82**	29.02**	398734**
شوری × ژنوتیپ S×G	2	34.14**	203.67**	5.56*	9.2**	2.31**	44.09**	323171**
شوری × پیش تیمار S×P	8	1.68 ^{ns}	51.78 ^{ns}	2.3 ^{ns}	2.4**	3.1**	19.36**	209708**
ژنوتیپ × پیش تیمار G×P	4	95.56 ^{ns}	21.23 ^{ns}	3.34 ^{ns}	2.3 ^{ns}	1.89*	8.35 ^{ns}	68131.6 ^{ns}
شوری × ژنوتیپ × پیش تیمار S.G.P	8	2.54*	50.50**	0.68*	0.65*	1.24*	8.27*	79696.1**
خطا Error	60	191.11	36.41	1.22	0.84	0.43	3.73	5221.2
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		16.71	15.24	23.14	18.27	18.29	19.2	6.72

ns، * و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد

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

F.G.P, S.G, R.L, H.L, E.L, T,S,L and S.V.I abbreviated of final germination percentage, speed germination, radicle length, hypocotyl length, epicotyl length, total seedling length and seedling vigor index, respectively.

جوانه زنی (درصد)									
Germination percentage (%)									
رقم	شوری	پیش تیمار	روز اول	روز دوم	روز سوم	روز چهارم	روز پنجم	روز ششم	روز هفتم
Genotype	Salinity	Priming	Day1	Day2	Day3	Day4	Day5	Day6	Day7
	Control	Unprimed	0	16.7 ^{ij}	56.6 ^g	83.2 ^c	86.5 ^d	86.5 ^d	86.5 ^e
		Hydropriming	0	60.0 ^{bc}	76.6 ^c	93.2 ^b	93.2 ^b	93.2 ^b	93.2 ^c
		NaCl	0	53.3 ^{de}	60.0 ^f	80.0 ^{cd}	83.3 ^d	83.3 ^d	83.3 ^e
		CaSO4	0	73.3 ^a	83.3 ^b	90.0 ^b	90.0 ^{bc}	90.0 ^{bc}	90.0 ^{cd}
		CaCl2	0	50.0 ^{ef}	50.0 ^h	70.0 ^{fg}	70.0 ^e	70.0 ^e	70.0 ^g
		Unprimed	0	16.7 ^{ij}	33.3 ⁱ	56.7 ^{hi}	56.7 ^f	56.7 ^f	63.3 ^h

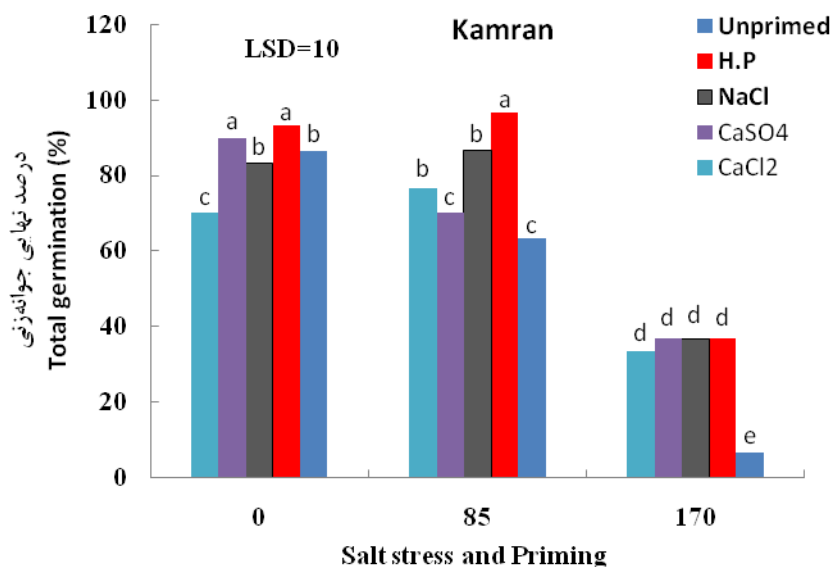
جدول ۱-۲ اثرات روش های مختلف پیش تیمار بر درصد جوانه زنی نمونه های لوبیای چشم بلبلی تحت شرایط تنش شوری و شاهد به مدت ۷ روز

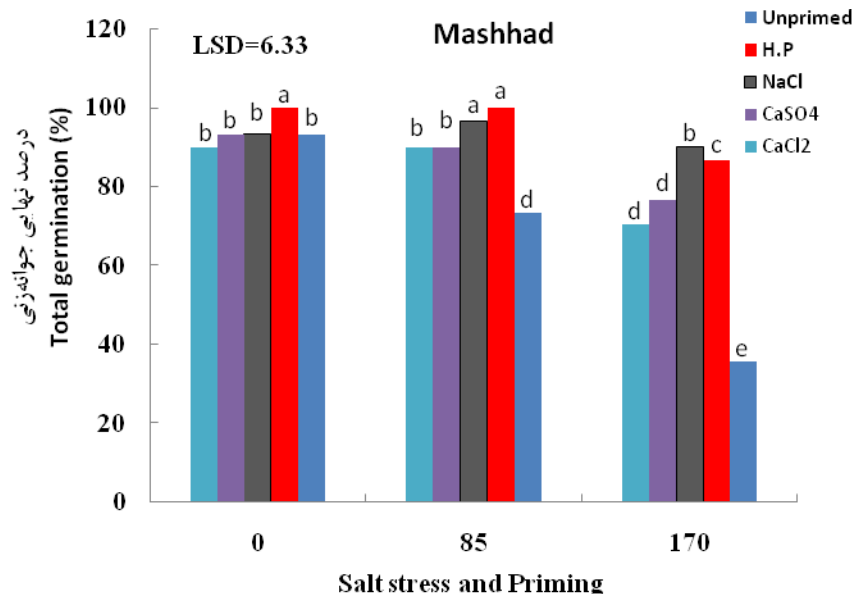
Table 2: Effects of different priming methods on germination percentage of Cowpea landraces under salt stress and control conditions for 7 days.

Kamran	85 mM	Hydropriming	0	76.7 ^a	83.3 ^b	90.0 ^b	90.0 ^{bc}	90.0 ^{bc}	96.7 ^{ab}
		NaCl	0	40.0 ^g	50.0 ^h	76.7 ^{de}	86.7 ^{cd}	86.7 ^{cd}	86.7 ^{de}
		CaSO ₄	0	46.7 ^f	50.0 ^h	66.7 ^g	70.0 ^e	70.0 ^e	70.0 ^g
		CaCl ₂	0	46.7 ^f	53.3 ^{gh}	66.7 ^g	73.3 ^e	73.3 ^e	76.7 ^f
	170 mM	Unprimed	0	0.0 ^l	3.3 ^m	6.7 ^l	6.7 ^h	6.7 ^h	6.7 ^j
		Hydropriming	0	20.0 ^{hi}	20.0 ^j	26.7 ^{jk}	36.7 ^g	36.7 ^g	36.7 ⁱ
		NaCl	0	13.3 ^j	13.3 ^k	23.3 ^{kl}	33.3 ^g	33.3 ^g	36.7 ⁱ
		CaSO ₄	0	3.3 ^{kl}	6.7 ^l	26.7 ^{jk}	33.3 ^g	33.3 ^g	36.7 ⁱ
		CaCl ₂	0	20.0 ^{hi}	20.0 ^j	23.3 ^{kl}	33.3 ^g	33.3 ^g	33.3 ⁱ
	Control	Unprimed	0	20.0 ^{hi}	63.3 ^f	93.3 ^{ab}	93.3 ^{ab}	93.3 ^{ab}	93.3 ^{bc}
		Hydropriming	0	76.7 ^a	90.0 ^a	96.7 ^a	96.7 ^a	96.7 ^a	100.0 ^a
		NaCl	0	63.3 ^b	83.3 ^b	90.0 ^b	93.3 ^{ab}	93.3 ^{ab}	93.3 ^{bc}
		CaSO ₄	0	76.7 ^a	86.7 ^a	93.3 ^{ab}	93.3 ^{ab}	93.3 ^{ab}	93.3 ^{bc}
		CaCl ₂	0	60.0 ^{bc}	70.0 ^{de}	76.7 ^{de}	86.7 ^{cd}	86.7 ^{cd}	90.0 ^{cd}
Mashhad	85 mM	Unprimed	0	13.3 ^j	53.3 ^{gh}	66.7 ^g	73.3 ^e	73.3 ^e	73.3 ^{fg}
		Hydropriming	0	56.7 ^{cd}	86.7 ^a	90.0 ^b	96.7 ^a	96.7 ^a	100.0 ^a
		NaCl	0	56.7 ^{cd}	73.3 ^{cd}	93.3 ^{ab}	96.7 ^a	96.7 ^a	96.7 ^{ab}
		CaSO ₄	0	53.3 ^{de}	66.7 ^e	80.0 ^{cd}	86.7 ^{cd}	86.7 ^{cd}	90.0 ^{cd}
		CaCl ₂	0	53.3 ^{de}	63.3 ^f	76.7 ^{de}	90.0 ^{bc}	90.0 ^{bc}	90.0 ^{cd}
	170 mM	Unprimed	0	0.0 ^l	23.3 ^j	30.0 ^j	35.7 ^g	35.7 ^g	35.7 ⁱ
		Hydropriming	0	46.7 ^f	50.0 ^h	76.7 ^{de}	86.7 ^{cd}	86.7 ^{cd}	86.7 ^{de}
		NaCl	0	6.7 ^k	30.0 ⁱ	73.3 ^{ef}	90.0 ^{bc}	90.0 ^{bc}	90.0 ^{cd}
		CaSO ₄	0	23.3 ^h	23.3 ^j	60.0 ^h	73.3 ^e	73.3 ^e	76.7 ^f
		CaCl ₂	0	0.0 ^l	0.0 ^m	50.0 ⁱ	70.0 ^e	70.0 ^e	70.3 ^g
	LSD ≤0.05		-	3.4	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4

مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار است. حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.

Values represent the mean of three replicates. Within each column the different letters indicate significant differences at LSD test $p < 0.05$.

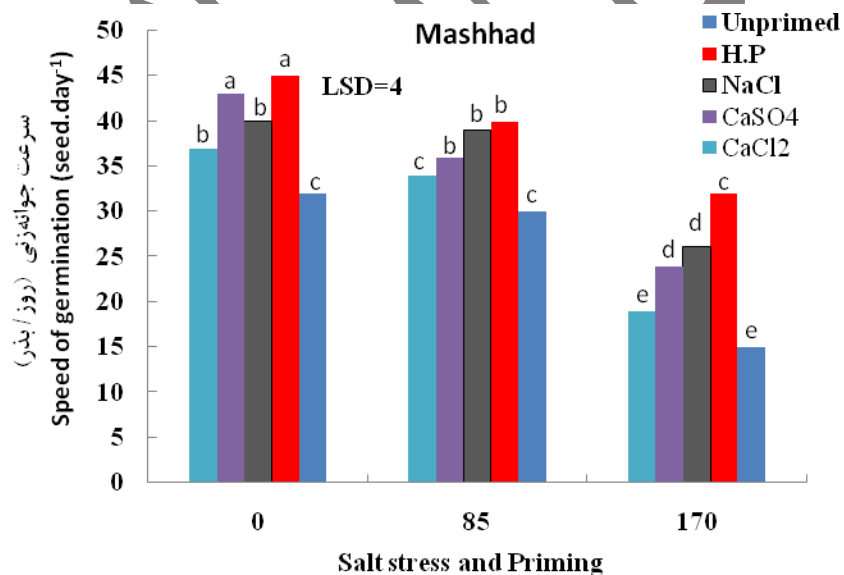
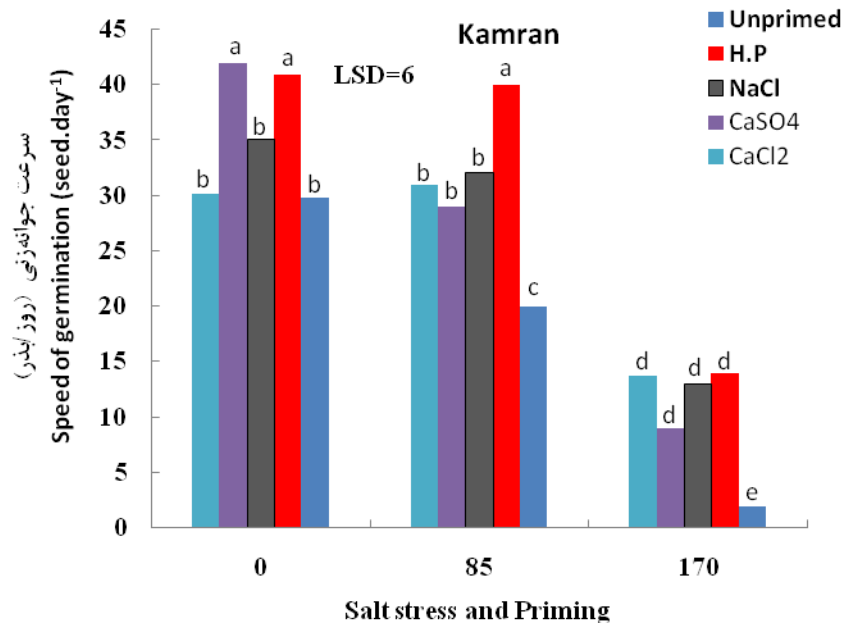




شکل ۱- درصد نهایی جوانه‌زنی دو ژنوتیپ لوبیای چشم‌بلبل (کامران و محلی مشهد) تحت سه سطح شوری (۰، ۸۵ و ۱۷۰ میلی‌مولار NaCl) و پنج سطح پیش‌ تیمار شامل بدون پیش‌ تیمار، هیدروپرایمینگ با آب مقطر و هالوپرایمینگ با NaCl، CaSO₄ و CaCl₂ مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار

Fig1. Total germination percentage of two cowpea genotypes (Kamran and Mashhad) under three salinity levels (0, 85, and 170 mM NaCl) and five seed priming treatments, including unprimed seeds, hydropriming with distilled water and halopriming with NaCl, CaSO₄ and CaCl₂. Values represent the mean of three replicates

در شرایط تنش شوری، بذره‌ای پیش‌تیمار شده سرعت جوانه‌زنی بالاتری نسبت به بذره‌ای پیش‌تیمار نشده نشان دادند (شکل ۲). پیش‌تیمار بذر منجر به تسریع جوانه‌زنی در هر دو رقم شد (شکل ۲). در مقایسات تیماری، بیشترین سرعت جوانه‌زنی در سطوح مختلف شوری، مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ بود (شکل ۲). افزایش سرعت جوانه‌زنی پس از پیش‌تیمار با افزایش نرخ تقسیم سلولی در بذور پرایم شده (Kubala *et al.* 2015) و تحریک بسیاری از فعالیت‌های متابولیکی درگیر در مراحل اولیه جوانه‌زنی بذور قابل توجیه است (Ibrahim, 2016). برخی محققان گزارش کردند که اثر مفید تیمارهای پیش‌تیمار در کاهش اثرات تنش شوری می‌تواند ناشی از افزایش تجمع پروتئین‌های محلول، ترکیبات فنولی، قندهای محلول و یون پتاسیم همراه با کاهش هم‌زمان جذب سدیم باشد (Jafar *et al.*, 2012; Saeedipour, 2024).



شکل ۲- سرعت جوانه زنی دو ژنوتیپ لوبیای چشم بلبلی (کامران و محلی مشهد) تحت سه سطح شوری (۸۵ و ۱۷۰ میلی مولار NaCl) و پنج سطح پیش تیمار شامل بدون پیش تیمار، هیدروپرایمینگ با آب مقطر و هالوپرایمینگ با NaCl، CaSO₄ و CaCl₂ مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار

Fig2. Speed of germination of two cowpea genotypes (Kamran and Mashhad) under three salinity levels (0, 85, and 170 mM NaCl) and five seed priming treatments, including unprimed seeds, hydropriming with distilled water and halopriming with NaCl, CaSO₄ and CaCl₂. Values represent the mean of three replicates

رشد گیاهچه و شاخص بنیه

اثر تیمارهای شوری، زنوتیپ، پیش تیمار و همچنین برهم کنش آن‌ها بر شاخص بنبه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). پیش تیمار بذرها موجب افزایش شاخص بنبه گیاهچه در شرایط کنترل و تنش شد (شکل ۳). تحت تنش ۸۵ میلی مولار نمک NaCl، بیشترین شاخص بنبه گیاهچه (۱۳۵۴) در بذره‌های هیدروپرایم شده رقم کامران مشاهده شد، در حالی که در بذره‌های پرایم نشده، این مقدار ۴۷۹ بود. پس از آن، تیمارهای NaCl، CaCl₂ و CaSO₄ به ترتیب مقادیر ۵۹۳، ۵۳۱ و ۵۲۸ را نشان دادند (شکل ۳). این نتایج با گزارش شارما و همکاران (Sharma et al., 2014) هم‌راستا بود.

تیمارهای آزمایش بر شاخص‌های مورفولوژیکی شامل طول ریشه‌چه، طول هیپوکوتیل، طول اپیکوتیل و طول کل گیاهچه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). شوری موجب کاهش قابل توجه طول اندام‌های گیاهچه شد، اما پیش تیمار در شرایط کنترل و تنش شوری اثر مثبت داشت (جدول ۳ و شکل ۴). البته اثر مستقیم پیش تیمار بر طول ریشه‌چه معنی‌دار نبود. این موضوع نشان می‌دهد که پیش تیمار در این شرایط موجب آمادگی متابولیکی و افزایش رشد بخش‌های هوایی بیش از توسعه ریشه می‌شود. در تیمار ۸۵ میلی مولار NaCl، طول کل گیاهچه در بذره‌های هیدروپرایم شده رقم کامران، به ۱۳/۹ سانتی متر رسید، در حالی که در تیمارهای NaCl، CaSO₄ و CaCl₂ رقم مشهد، این مقادیر به ترتیب، ۹/۵۱، ۹/۷۳ و ۸/۸۱ بود. اگرچه شوری پتانسیل رشد را کاهش داد، اما پیش تیمار موجب افزایش تحمل به تنش شد. نتایج نشان داد هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ با CaSO₄ بیشترین کارایی را در بهبود جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و شاخص بنبه داشتند. سریع‌ترین نرخ جوانه‌زنی در بذره‌های هیدروپرایم شده مشاهده شد که احتمالاً به دلیل جذب سریع‌تر آب و آغاز زود هنگام فرآیندهای متابولیکی است (Kaya et al., 2006). همچنین، جورجانی و شریفی (Jorjandi & Sharifi Sirchi, 2012) گزارش کردند که خیساندن بذر یونجه در آب، موجب افزایش طول ریشه‌چه و هیپوکوتیل در شرایط شور می‌شود.

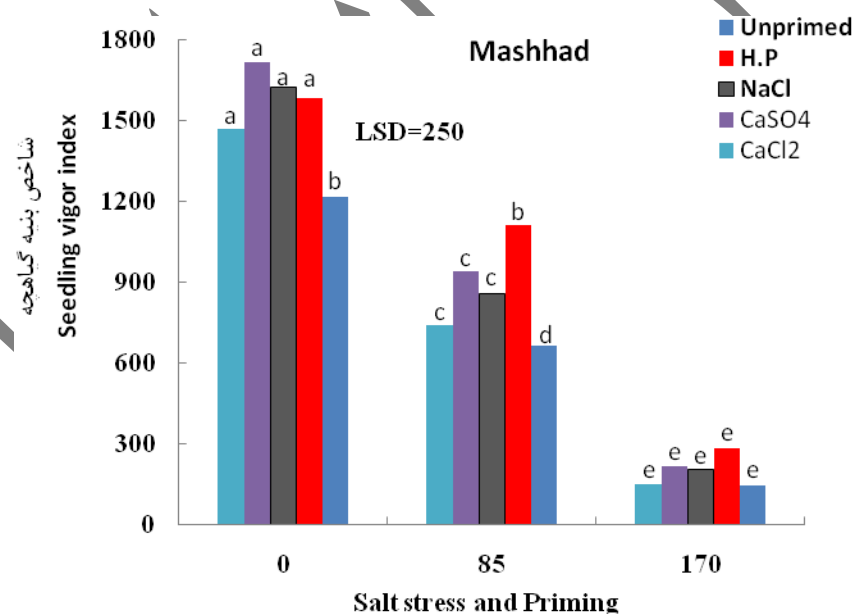
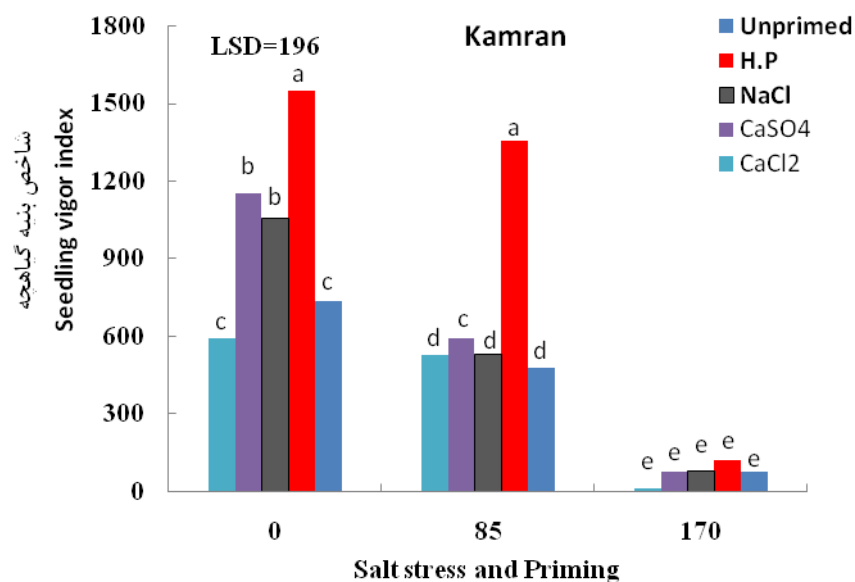
هالوپرایمینگ با NaCl نیز در تحریک جوانه‌زنی مؤثر بود و اثرات نامطلوب شوری را کاهش دهد. این نتایج با یافته‌های غلامی و همکاران (Gholami et al., 2015) همسو بود. بر اساس گزارش کایا و همکاران (Kaya et al., 2006) عملکرد بهتر جوانه‌زنی در حضور NaCl ممکن است به دلیل حفظ شیب پتانسیل آب و تسهیل جذب آن باشد. در ماش (*Vigna radita*)، پیش تیمار با NaCl توانست اثرات نامطلوب شوری را با افزایش رشد، محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و تجمع اسمولیت‌هایی مانند پرولین تعدیل کند (Saha et al., 2010). اثرات سودمند CaSO₄ نیز در بهبود رشد گیاهچه و جوانه‌زنی مشاهده شد که احتمالاً ناشی از نقش کلسیم به عنوان پیام‌رسان دوم، تثبیت غشاهای سلولی و تنظیم تعادل هورمونی است (Afzal et al., 2008; Rahman et al., 2016).

جدول ۳- اثرات روش‌های مختلف پیش تیمار بر طول ریشه‌چه، طول اپی کوتیل و طول هیپوکوتیل گیاهچه لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط کنترل و تنش شوری

Table3. Effects of different priming methods on radicle length, epicotyl length and hypocotyl length seedling of cowpea under salt stress and control conditions

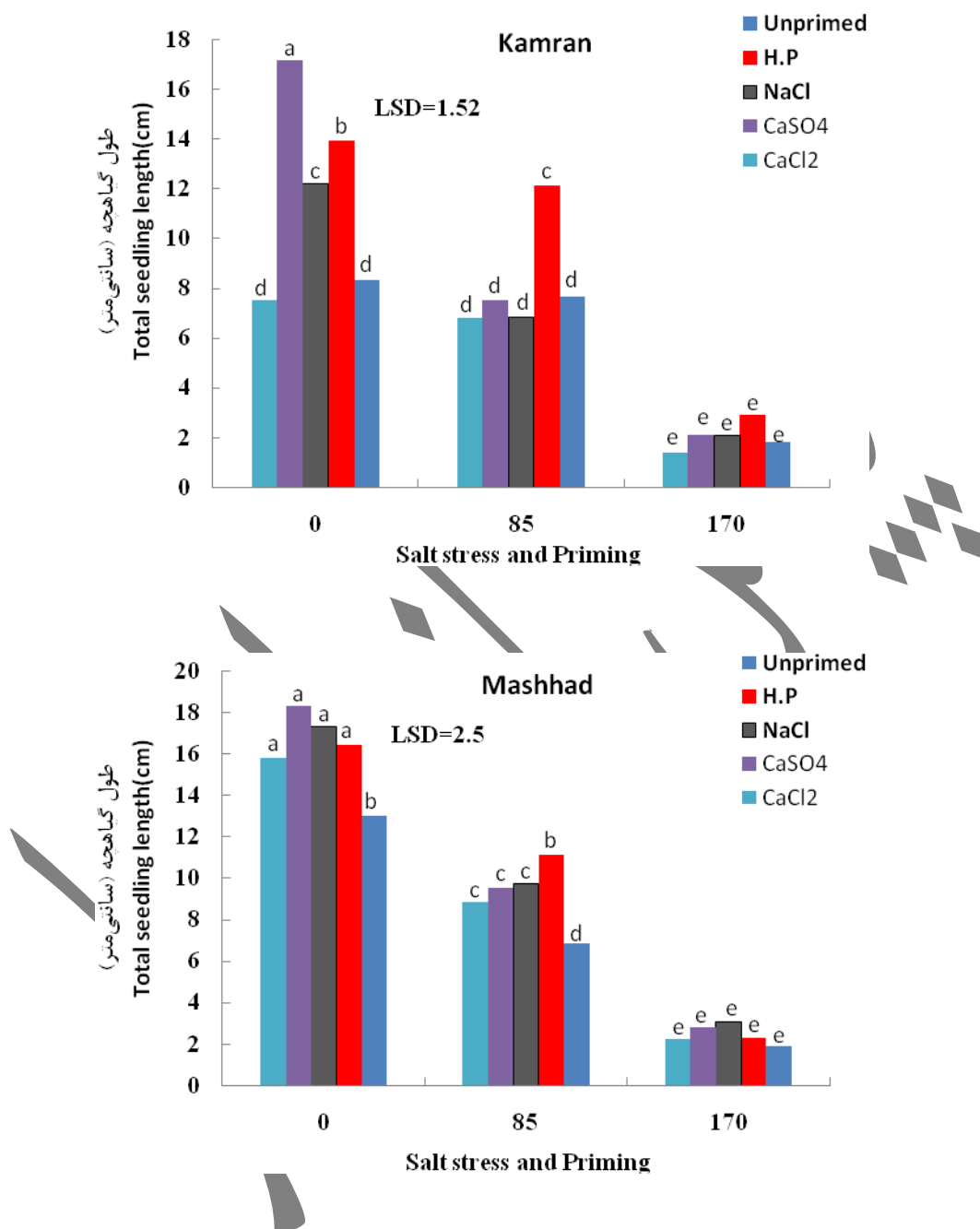
مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار است حروف در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون LSD است.
 Values represent the mean of three replicates. Within each column the different letters indicate significant differences at LSD test $p < 0.05$.

رقم	شوری	پیش تیمار	طول ریشه چه	طول اپیکوتیل	طول هیپوکوتیل
Genotype	Salinity	Priming	Radicle Length (cm)	Epicotyl Length (cm)	Hypocotyl Length (cm)
Kamran	Control	Unprimed	3.43 ^{fg hij}	1.51 ^{cd}	3.39 ^{figh}
		Hydropriming	3.74 ^{fg hi}	3.28 ^b	5.13 ^{cd}
		NaCl	4.45 ^{cdefghi}	3.47 ^{ab}	4.29 ^{defg}
		CaSO ₄	6.43 ^{abc}	4.50 ^a	6.21 ^{bc}
		CaCl ₂	2.84 ^{hijk}	0.90 ^{cdef}	3.71 ^{efgh}
	85 mM	Unprimed	3.45 ^{fg hij}	0.58 ^{def}	3.60 ^{figh}
		Hydropriming	5.24 ^{bcdefg}	3.60 ^{ab}	5.11 ^{cd}
		NaCl	2.55 ^{ijkl}	1.53 ^{cd}	2.70 ^{hijkl}
		CaSO ₄	3.92 ^{fg hi}	0.40 ^{ef}	3.17 ^{ghi}
		CaCl ₂	3.26 ^{ghij}	0.60 ^{def}	2.94 ^{ghij}
	170 mM	Unprimed	0.40 ^m	0.00 ^f	1.38 ^{lm}
		Hydropriming	0.90 ^{klm}	0.00 ^f	1.12 ^m
		NaCl	0.20 ^m	0.00 ^f	1.93 ^{ijklm}
		CaSO ₄	0.04 ^m	1.07 ^{cde}	3.60 ^{figh}
		CaCl ₂	0.15 ^m	0.00 ^f	2.79 ^{hijk}
Control	Unprimed	5.03 ^{bcdefg}	1.85 ^c	6.11 ^{bc}	
	Hydropriming	6.15 ^{abcd}	3.32 ^b	6.38 ^{abc}	
	NaCl	7.31 ^a	3.34 ^b	7.73 ^a	
	CaSO ₄	6.99 ^{ab}	3.36 ^b	7.00 ^{ab}	
	CaCl ₂	6.10 ^{abcde}	3.75 ^{ab}	6.57 ^{ab}	
85 mM	Unprimed	4.27 ^{defghi}	0.31 ^{ef}	3.22 ^{fighi}	
	Hydropriming	4.74 ^{cdefgh}	1.75 ^c	4.60 ^{def}	
	NaCl	5.33 ^{abcdef}	0.43 ^{ef}	3.96 ^{defgh}	
	CaSO ₄	4.16 ^{efghi}	0.27 ^{ef}	5.06 ^{cde}	
	CaCl ₂	4.46 ^{cdefghi}	0.32 ^{ef}	4.02 ^{defgh}	
170 mM	Unprimed	0.20 ^m	0.00 ^f	1.74 ^{ijklm}	
	Hydropriming	0.80 ^{lm}	0.00 ^f	1.52 ^{klm}	
	NaCl	1.60 ^{ijklm}	0.00 ^f	1.44 ^{klm}	
	CaSO ₄	1.00 ^{klm}	0.00 ^f	1.84 ^{ijklm}	
	CaCl ₂	0.90 ^{klm}	0.00 ^f	1.31 ^{lm}	
LSD <0.05			1.98	1.03	1.39



شکل ۳- شاخص بنيه گياهچه دو ژنوتیپ لوبیای چشم‌بلی (کامران و محلی مشهد) تحت سه سطح شوری (۰، ۸۵ و ۱۷۰ میلی‌مولار NaCl) و پنج سطح پیش تیمار شامل بدون پیش تیمار، هیدروپرایمینگ با آب مقطر و هالوپرایمینگ با NaCl، CaSO₄ و CaCl₂ مقادیر نشان‌دهنده میانگین سه تکرار

Fig3. Seedling vigor index of two cowpea genotypes (Kamran and Mashhad) under three salinity levels (0, 85, and 170 mM NaCl) and five seed priming treatments, including unprimed seeds, hydropriming with distilled water and halopriming with NaCl, CaSO₄ and CaCl₂. Values represent the mean of three replicates



شکل ۴- طول گیاهچه دو زئوتیپ لوبیای چشم بلبلی (کامران و محلی مشهد) تحت سه سطح شوری (۸۵ و ۱۷۰ میلی مولار NaCl) و پنج سطح پیش تیمار شامل بدون پیش تیمار، هیدروپرایمینگ با آب مقطر و هالوپرایمینگ با NaCl، CaSO₄ و CaCl₂ مقادیر نشان دهنده میانگین سه تکرار

Fig4. Total seedling length of two cowpea genotypes (Kamran and Mashhad) under three salinity levels (0, 85, and 170 mM NaCl) and five seed priming treatments, including unprimed seeds, hydropriming with distilled water and halopriming with NaCl, CaSO₄ and CaCl₂. Values represent the mean of three replicates

نتیجه گیری

افزایش غلظت NaCl، جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه هر دو ژنوتیپ لوبیا چشم‌بلبلی را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داد، در حالی که استفاده از پیش‌ تیمارهای مناسب بذر توانست تا حدی اثرات منفی شوری را جبران کند. پیش‌ تیمار با آب (هیدروپرایمینگ) به‌ویژه در تسریع جوانه‌زنی و افزایش شاخص بنیه گیاهچه مؤثر بود، در حالی که پیش‌ تیمارهای هالوپرایمینگ با NaCl و CaSO_4 نیز در برخی ترکیب‌های ژنوتیپ × شوری، پاسخ‌های مطلوبی ایجاد کردند. میزان اثربخشی پیش‌ تیمار به ژنوتیپ و غلظت نمک وابسته بود. بنابراین، تحت شرایط آزمایشگاهی این آزمایش، هیدروپرایمینگ و برخی پیش‌ تیمارهای هالوپرایمینگ را می‌توان به‌عنوان روش‌هایی امیدبخش برای بهبود جوانه‌زنی و استقرار اولیه لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط شوری در نظر گرفت. با این حال، پیش از ارائه توصیه‌های کاربردی برای استفاده در کشاورزی، انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در شرایط شوری طبیعی ضروری است.

منابع

1. Afzal, I., Rauf, S., Basra, S.M.A., & Murtaga, G. 2008. Halopriming improves vigor, metabolism of reserves and ionic contents in wheat seedlings under salt stress. *Plant Soil Environment* 54 : 382-388.
2. Chaker-Haddadj, A., Nabi, F., Ait Kaci-Sadji, H., & Ounane, S.M. 2014. Effects of salt stress on growth, nodulation and nitrogen fixation of faba bean (*Vicia faba* L. Minor) cultivated in Algeria. *International Journal of BioTechnology and Research (IJBTR)* 4: 1-10.
3. Dawood, M.G. 2018. Stimulating plant tolerance against abiotic stress through seed priming. In A. Rakshit & H. Singh (Eds.), *Advances in Seed Priming*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_10
4. Eskandari, H. 2015. Determination of the best harvesting time for high-quality seed from the mother plant in cowpea cultivar Kamran under Khuzestan climatic conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Research* 2(2): 41-48.
5. Gholami, M., Mokhtarian, F., & Bahram, B. 2015. Seed halopriming improves the germination performance of black seed (*Nigella sativa*) under salinity stress conditions. *Journal of Crop Science Biotechnology* 18(1): 21-26.
6. Hall, A.E. 2012. Phenotyping cowpeas for adaptation to drought. *Front. Physiology* 3: 155.
7. Ibrahim, E.A. 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *Journal of Plant Physiology* 192: 38-46. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.12.011>
8. Jafar, M.Z., Farooq, M., Cheema, M.A., Afzal, I., Basra, S.M.A., Wahid, M.A., Aziz, T., & Shahid, M. 2012. Improving the performance of wheat by seed priming under saline conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science* 198: 38-45.
9. Jorjandi, M., & Sharifi-Sirchi, G.R. 2012. The Effect of priming on germination and seedling growth of alfalfa (*Medicago sativa* L.) under salinity stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 8(3): 234-239.
10. Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cikili Y., & Kolsarici, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 291-295.
11. Kheiri, A.L., Khalighi, A., Mostoufi, Y., & Naderi, R.A. 2010. The effect of different concentrations of gibberellin and 6-BA on the quantitative and qualitative characteristics of tuberoses filled. *Journal of Crop Improvement in Agriculture* 13(1): 9-20. (In Persian with English Summary).

12. Kubala, S., Wojtyla, L., Quinet, M., Lechowska, K., Lutts, S., & Garnczarska, M. 2015. Enhanced expression of the proline synthesis gene P5CSA in relation to seed osmopriming improvement of *Brassica napus* germination under salinity stress. *Plant Science* 183: 1-12.
13. Mahmoudi, H., Ben Massoud, R., Baatour, O., Tarchoune, I., Ben Saleh, I., Nasri, N., & Abidi, W. 2012. Influence of different seed priming methods for improving salt stress tolerance in lettuce plants. *Journal of Plant Nutrition* 35: 1910-1922.
14. Memon, N., Gandahi, M.B., Pahoja, V.M., & Sharif, N. 2013. Response of seeds priming with boron on germination and seedling sprouts of broccoli. *International Journal of Agriculture of Science Research* 3(2): 183-194.
15. Miladinov, Z., Maksimovic, I., Balesević-Tubic, S., Djukic, V., Canak, P., Miladinovic, J., & Djordjevic, V. 2019. Priming seed mitigates the effects of saline stress in soybean seedlings. *Legume Research* 43(2): 263-267.
16. Moghanibashi, M., Karimmojeni, H., & Nikneshan, P. 2013. Seed treatment to overcome drought and salt stress during germination of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Journal of Agrobiology* 30: 89-96.
17. Mukhtar, K., Afzal, I., Qasim, M., Maqsood, S., Basra, A. & Shahid Muntz, M. 2013. Dose priming promote germination and early stand establishment of French marigold (*Tagetes patula* L.) seeds by inducing physiological and biochemical changes? *Acta Scientiarum Polonorum Hortorumcultus* 12: 13-21.
18. Nabi, F., Chaker-Haddadj, A., Tellah, S., Ghalem, A., Ounane, G., Ghalmi, N., Djebbar, R., & Ounane, S.M. 2017. Evaluation of Algerian cowpea genotypes for salt tolerance at germination stage. *Advances in Environmental Biology* 11(5): 79-88.
19. Nkoana, K.D., & Abe Shegro Gerrano Gwata, E.T. 2019. Evaluation of diverse cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] germplasm accessions for drought tolerance. *Legume Research* 42(2): 168-172.
20. Pirasteh Anosheh, H., Sadeghi, H., & Emam, Y. 2011. Chemical priming with urea and KNO₃ enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology* 14: 289-295.
21. Rahman, A., Nahar, K., Hasanuzzaman, M., & Fujita, M. 2016. Calcium supplementation improves Na⁺/K⁺ Ratio, antioxidant defense and glyoxalase systems in salt-stressed rice seedlings. *Frontiers in Plant Science* 7: 1-16.
22. Saeedipour, S. 2024. Investigating the effect of pretreatment on germination and seedling growth of two rape cultivars (*Brassica napus* L.) under salt stress conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Technology*, 13 (3), 19-36. <https://doi.org/10.22092/ijssst.2023.362784.1493>
23. Saha, P., Chatterjee, P., & Biswas, A.K. 2010. NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Indian Journal of Experiment Biology* 48: 593-600.
24. Sakhavat, R., Khorramian, M., Mirzashahi, K., & Makanali, A. 2021. Management of timing in cowpea cultivation in warm regions of the country. Agricultural Education Publishing, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran. ISBN: 978-964-520-975-7.
25. Shahba, M.A., Qian, Y.L., & Lair, K.D. 2008. Improving seed germination of salt grass under saline conditions. *Crop Science* 48 (2): 756-762.
26. Sharma, A.D., Rathore, S.V.S., Srinivasan, K., & Tyagi, R.K. 2014. Comparison of various seed priming methods for seed germination, seedling vigor and fruit yield in okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). *Science of Horticulture* 165: 75-81.