

## تأثیر تیمار پرایمینگ بذر بر تحمل به تنش شوری گیاه فلوس (*Cassia fistula* L.) در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه

اسماعیل ابراهیمی<sup>۱</sup>، سید امیر موسوی<sup>۲\*</sup>، سید عطاالله سیادت<sup>۳</sup>، نوراله معلمی<sup>۴</sup> و محمد صباغیان<sup>۵</sup>

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
  ۲. استادیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
  ۳. استاد گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان
  ۴. استاد گروه مهندسی باغبانی، دانشگاه شهید چمران اهواز
  ۵. دانشیار گروه فیزیک، دانشگاه شهید چمران اهواز
- (تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۳/۲۲)

### چکیده

جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل رشد و نمو گیاهان می‌باشد، به طوری که اهمیت و اثر بسزایی در سایر مراحل رشد آن دارد. فلوس، گیاهی از خانواده نیامداران و دارای خواص داروئی فراوان است. تکثیر فلوس به وسیله بذر انجام می‌شود، اما هنوز مطالعه و گزارشی در خصوص میزان تحمل این بذر به تنش شوری در کشور ارائه نشده است. دو آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان انجام شد. در آزمایش اول، اثر تیمار هورمون پرایمینگ با جیبرلین، هالوپرایمینگ با نیتراپتاسیم و هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر فلوس بررسی شد. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که بیشترین بینه بذر در تیمار ۵۰ میلی گرم در لیتر جیبرلین و مدت ۱۲ ساعت پرایمینگ ایجاد شد. پس از انتخاب بهترین تیمار (جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر به مدت ۱۲ ساعت)، ویژگی‌های جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده در شرایط تنش شوری (صفر، ۴، ۸، ۱۴، ۱۶ و ۲۰ دسی زیمنس بر متر) با بذرهای پرایم نشده مقایسه شدند. نتایج بدست آمده نشان داد که تیمار نتایج نشان داد که میزان تحمل به تنش شوری فلوس در مرحله جوانه‌زنی بطور قابل توجهی با پرایمینگ بذر افزایش یافت. در تیمار پرایم، تا سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری در شاخص جوانه‌زنی مشاهده نشد، اما افزایش سطح شوری به ۱۶ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌دار شاخص جوانه زنی انجامید، البته تفاوتی بین سطوح شوری ۱۶ و ۲۰ دسی زیمنس مشاهده نشد.

کلمات کلیدی: بینه، تنش، شاخص جوانه‌زنی

## Effect of seed priming on salinity tolerance of (*Cassia fistula* L.) at seed germination and seedling growth stages using digital image analysis

E. Ebrahimi<sup>1</sup>, S. A. Moosavi<sup>2\*</sup>, S. A. Siadat<sup>3</sup>, N. Moallemi<sup>4</sup>, M. Sabaecian<sup>5</sup>

1. Master Student in Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
2. Assistant Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
3. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan.
4. Professor of Horticultural Sciences, Shahid Chamran University of Ahvaz
5. Associate Professor, Department of Physics, Shahid Chramran University of Ahvaz

(Received: Mar. 24, 2022 – Accepted: Jun. 12, 2022)

### Abstract

Seed germination is one of the most important and basic stages of plant growth and development so it has great importance and effect on other stages of its growth. Cassia is a plant from the legume family and has many medicinal properties. Cassia propagation is done by seeds, but no study and report on the tolerance of these seeds to salinity stress in the country have been presented yet. Two factorial experiments were performed in a completely randomized design at the Seed Technology Laboratory of Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. In the first experiment, the effect of hormone priming treatment with gibberellin, halopriming with potassium nitrate, and hydro priming on Cassia seed germination was investigated. The results of this experiment showed that the highest seed vigor was obtained in the treatment of 50 mg/l gibberellin for 12 hours of priming. After selecting the best treatment (gibberellin 50 mg/l for 12 hours), germination characteristics of primed seeds compared with no primed seeds under salinity stress (0, 4, 8, 14, 16, and 20 dS/m). The results showed that seed tolerance to salinity stress at the germination stage increased significantly with seed priming. The highest seed vigor was observed in priming treatment at no salinity stress condition (339.89) while the lowest seed vigor of primed treatment was observed in 20 dS/m. Unprimed seeds could not withstand salinity stress beyond 4 dS/m.

**Keywords:** Vigor, Stress, Germination index

\* Email: amirmoosavi@asnruk.ac.ir

## مقدمه

تغییر اقلیم، یکی از مؤثرترین عوامل تغییر دهنده الگوی بارندگی در هر منطقه است؛ بنابراین باتوجه به آثار گسترده و متقابل اقلیم با بخش‌های مختلف کشاورزی، محیط زیست و جوامع انسانی، امروزه از تغییر اقلیم به عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های زیست محیطی پیش روی اکوسیستم‌های کشاورزی نام می‌برند (Arora, 2019). تغییر اقلیم می‌تواند باعث تغییر الگوی بارش، کاهش یا افزایش میزان بارش‌های جوی و همچنین وقوع حوادث و بلاهای طبیعی غیرقابل پیش‌بینی شود. پیامدهای تنش شوری، سالیانه حدود ۱۰ میلیون هکتار از زمین‌های زراعی جهان را تحت تأثیر آثار مخرب خود قرار می‌دهد به طوری که از قابلیت کشت، کار و کیفیت آن‌ها می‌کاهد (Raven, 2021). در ایران اراضی قابل توجهی با EC (هدایت الکتریکی) بالاتر از استاندارد و درگیر با تنش شوری وجود دارد (Fathizah et al., 2020). تنش شوری یکی از مهم‌ترین عوامل طبیعی است که اثر مستقیمی روی کاهش رشد گیاهان می‌گذارد و به دلیل تغییرات، اقلیم فراوانی این تنش در جهان نیز رو به افزایش است (Corwin, 2021; Isayenkov, et al., 2019). بیشترین اثر منفی این تنش بر شاخص جوانه‌زنی بذر اتفاق می‌افتد (Uçarlı, et al., 2020). ادامه این روند اثر مستقیمی بر کاهش پارامترهای جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه خواهد گذاشت (Parihar et al., 2015). در بررسی اثر تنش شوری بر روی فلوس گزارش شده است که مکانیسم موثری برای کنترل میزان جذب خالص یون سدیم انتقال آن به بافت‌های در این گیاه وجود ندارد و با افزایش سطح تنش شوری از ۰/۲ دسی‌زیمنس بر متر تا ۱۱/۹ درسی‌زیمنس بر متر جذب سدیم افزایش یافت، اما از میزان جذب نیتروژن و پتاسیم کاسته شد. همچنین تنش شوری باعث کاهش محتوای آب بافتی گیاه فلوس شد (Hardikar and Pandey, 2011). سدیم با پتاسیم در

جذب توسط گیاه رقابت دارد و بنابراین زیاد شدن میزان سدیم در محیط باعث کاهش جذب پتاسیم توسط فلوس خواهد شد و این علت کاهش میزان پتاسیم در بافت‌های گیاه در معرض تنش شوری می‌تواند باشد. همچنین با افزایش شدت تنش شوری به دلیل بالا رفتن غلظت کلرید سدیم، میزان کلر در بافت‌های گیاه فلوس از جمله برگ‌ها نیز افزایش می‌یابد (Bala et al., 2018).

یکی از راه کارهای مواجه شدن با پدیده تغییر اقلیم و کاهش آسیب به زیست بوم، یافتن گیاهانی است که بتوانند در شرایط تنش شوری به بقاء خود ادامه دهند و علاوه بر رشد و نمو، بتوانند محصولات قابل استفاده برای انسان و دام تولید نمایند. اولین گام در تولید و پرورش چنین گیاهانی شناخت زیست‌شناسی جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه می‌باشد.

حساس‌ترین مرحله زندگی گیاه، مرحله جوانه‌زنی بذر است؛ زیرا موفقیت در این دوره اثر زیادی در استقرار و کیفیت حیات بذر و گیاهچه دارد (Lamichhane et al., 2018). جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین و اساسی‌ترین مراحل رشد و نمو گیاهان می‌باشد، به طوری که اهمیت و اثر بسزایی در سایر مراحل رشد آن دارد (Jiménez-Alfaro et al., 2016). در این مرحله گیاهان مختلف حساسیت‌های متفاوتی به عوامل محیطی نشان می‌دهند. عمده‌ترین چالشی که گیاهان در مرحله جوانه‌زنی در مناطق گرم و خشک با آن مواجه هستند، وجود خواب بذر و همین‌طور تنش‌های شوری و خشکی می‌باشد که با اثر بر کیفیت جوانه‌زنی، رشد و استقرار آن‌ها را محدود می‌سازند.

امروزه شیوه‌های متفاوتی برای بهبود و افزایش خصوصیات بذر وجود دارد. یکی از مهم‌ترین آن‌ها استفاده از روش پرایمینگ است. پرایمینگ باعث بهبود کارایی پارامترهایی مانند درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، بینه بذر و استقرار بهتر گیاهچه می‌شود (Waqas et al., 2019). همچنین

۳۴ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه با ارتفاع ۲۷ متر از سطح دریا اجرا شد.

### تهیه و آماده سازی بذر

غلاف‌های سالم گیاه فلوس در سال ۱۳۹۸ از فروشگاه‌های مجاز گیاهان دارویی در شهر اهواز تهیه و سپس اقدام به بذرگیری از آن‌ها شد. برای این که دخالت عوامل بیماری‌زا به حداقل برسد، ابتدا بذرها با قارچ کش هگزاکونازول (۵ درصد سوسپانسیون قارچ کش سیستمیک با اثر حفاظتی و معالج) تولید شرکت آریا شیمی (غلظت دو در هزار) ضدعفونی شدند.

در آزمایش مقدماتی که توسط محققین انجام گرفت مشخص شد که بذر فلوس دارای پوسته نفوذ ناپذیری است و این اصلی ترین مانع برای جوانه‌زنی آن محسوب می‌شود. بذرها در ابتدا فاقد جوانه‌زنی بودند و به همین خاطر آزمون زنده‌مانی با تترازولیم انجام شد تا مشخص شود بذرها مرده هستند یا زنده اما دارای خواب هستند. در پیش آزمایش که انجام شد انواع روش‌های شکست خواب بذر بر روی این گیاه آزمایش گردید و بهترین و موثرترین روش شکست خواب بذر که خراش دهی پوسته به منظور برطرف ساختن خواب فیزیکی بذرهاست مشخص گردید. تیمارهای مختلفی برای شکست خواب بذر انجام گرفت و نهایتاً مشخص گردید که با ایجاد خراش روی پوسته جوانه‌زنی امکان پذیر شد. بنابراین تمامی بذرها ابتدا ساکاریفاید شدند و در ادامه مورد استفاده قرار گرفتند (ابراهیمی و همکاران، ۱۴۰۰).

### آزمایش اول: آزمون تترازولیم

در ابتدا دو نوع محلول بافر (۱) و (۲) از نمک‌های  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  و  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  تهیه شد و سپس به نسبت ۲ قسمت از محلول شماره (۱) و ۳ قسمت از محلول شماره (۲) باهم مخلوط شدند. در نهایت ۱۰۰ سی سی از محلول حاصل را با یک گرم نمک تترازولیم مخلوط کرده و محلول حاصل تترازولیم ۱ درصد به دست آمد. برای انجام این

نتایج دیگر پژوهش‌ها مبین این است که به کارگیری تکنیک پرایمینگ ضمن بهبود درصد و سرعت جوانه‌زنی منجر به یکنواختی سبز شدن گیاهچه‌ها شده و آستانه تحمل بذرها برای جوانه‌زنی در شرایط نامناسب تنش‌های محیطی مثل شوری، دما و خشکی را افزایش می‌دهد (Banerjee et al., 2018). اتفاقی که در تکنیک پرایمینگ برای بذرها رخ می‌دهد، موجب می‌شود بذرها در مدت زمان اندکی آب راطی دو مرحله آبنوشی جذب کنند؛ بنابراین در صورت انتقال و کاشت در زمین اصلی باعث بهبود کارایی در جوانه‌زنی سریع‌تر و یکنواختی در سبز شدن آن‌ها می‌شود (Sing et al., 2015; Waqas et al., 2019).

گیاه فلوس درختی خزان کننده و با نام علمی *Cassia fistula* و متعلق به خانواده نیامداران با خواص دارویی است. و به دلیل فراوانی گل‌های زرد زیبایش در فضای سبز نیز استفاده می‌شود. از طرفی چون این گیاه از خانواده لگومینوزه است، باعث حاصلخیزی و کاهش نیاز به مصرف کود شیمیایی در فضای سبز شهری نیز می‌شود (Pawar et al., 2017; Danish et al., 2011). تکثیر گیاه فلوس به وسیله بذر انجام می‌شود، اما هنوز مطالعه و گزارش دقیق در خصوص میزان تحمل این بذر به تنش شوری در کشور ارائه نشده و مرور منابع انجام شده نیز نشان داد که گزارش‌های بسیار محدودی در خصوص میزان تحمل به تنش‌های محیطی در این گیاه وجود دارد. بنابراین هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر تنش شوری روی صفات جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه فلوس و تأثیر استفاده از فناوری پرایمینگ بذر در افزایش تحمل به تنش شوری آن است.

### زمان و محل انجام پژوهش

پژوهش حاضر در سال ۱۴۰۰-۱۳۹۹ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در ملاتانی در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز در حاشیه رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و

نشریه علوم و فناوری بذر ایران / جلد ۱۱ / شماره ۴ / زمستان ۱۴۰۱

پرایمینگ در دمای ۲۵ درجه سلسیوس انجام شدند. تیمارهای انجام شده عبارت بودند از:

- شاهد (پرایم نشده)

- هیدروپرایمینگ به مدت زمان (۱۲ و ۲۴ ساعت)

- پرایمینگ هورمونی توسط هورمون اسید جیبرلیک

در ۵ سطح (۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم بر لیتر) به مدت زمان (۱۲ و ۲۴ ساعت)

- پرایمینگ با نمک نترات پتاسیم در ۳ سطح (۵/۰، ۱ و ۲ درصد)، به مدت زمان (۱۲ و ۲۴ ساعت)

برای انجام آزمایش، ابتدا کلیه ظروف و سپس بذرها به طور کامل ضدعفونی گردید. به این منظور، بذرها توسط محلول هیپوکلریت سدیم ۳ درصد به مدت ۳۰ ثانیه ضدعفونی و پس از آن چند بار با آب مقطر شستشو داده شد (Sauer et al., 1986). در هنگام اعمال تیمار پرایمینگ، بذرها فلوس را در داخل ظروف شیشه‌ای مناسبی قرار داده و سپس محلول‌های مورد نظر در هر ظرف به گونه‌ای اضافه شد که بخشی از سطح بذرها خارج از محلول قرار گرفته و محدودیت اکسیژن ایجاد نگردد. بعد از خارج کردن از محیط پرایم برای رسیدن به تعادل رطوبتی در دمای محیط آزمایشگاه (۲۵ درجه سلسیوس) بذرها برای ارزیابی به روش جوانه‌زنی استاندارد (ISTA, 2017) به ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سلسیوس منتقل شد.

مرحله ۲ آزمایش: بررسی تاثیر تنش شوری بر جوانی زنی و رشد گیاهچه و نقش تیمار پرایمینگ بر تر در کاهش اثر تنش شوری

بر اساس نتیجه به دست آمده از مرحله ۱ آزمایش، تیمار برتر پرایمینگ بذر با تیمار پرایم نشده بذر (شاهد) در شدت‌های مختلف تنش شوری مورد بررسی و مقایسه قرار گرفتند. آزمایش به صورت فاکتوریل دو عاملی با ۶ سطح تنش شوری شامل صفر، ۴، ۸، ۱۲، ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر و ۲ سطح پرایمینگ شامل تیمار برتر پرایمینگ و تیمار شاهد (عدم اجرای پرایمینگ) در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار انجام شد. در این

تأثیر تیمار پرایمینگ بذر بر تحمل به تنش شوری گیاه فلوس...

آزمایش در بررسی ابتدایی بذور، بذور سالم و یکدست انتخاب و جداسازی شد سپس، تعداد ۱۵۰ عدد بذر به صورت تصادفی انتخاب و در دو گروه ۷۵ تایی تقسیم شد.

### روش ساخت محلول‌های آزمون ترازولیوم

برای به دست آوردن محلول بافر شماره یک، مقدار ۹/۰۷۸ گرم نمک  $KH_2PO_4$  در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد؛ و سپس برای تهیه محلول شماره دو، مقدار ۹/۴۷۲ گرم از نمک  $Na_2HPO_4$  در ۱۰۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. در ادامه ۲۰۰ میلی لیتر از محلول بافر شماره یک  $KH_2PO_4$  و از محلول شماره دو ۳۰۰ میلی لیتر برداشت کرده و با هم مخلوط شد. در این شرایط pH محلول بایستی بین ۶/۵ تا ۷/۵ باشد. سپس از محلول به دست آمده ۱۰۰ سی سی برداشته و یک گرم نمک ترازولیوم را با ترازو وزن کرده و با هم مخلوط کرده و کاملاً هم زده شد و مخلوط حاصل در تاریکی و در جای خنک قرار داده شد (Leist, 2003). البته قبل از انجام آزمون ترازولیوم، بذور مورد نظر به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیس‌انده شدند تا ضمن جذب آب، بافت‌های آن به طور کامل آبدار شوند. سپس آن‌ها را به گونه‌ای که جنین آسیب نیند به وسیله تیغ یا چاقو به دو قسمت تقسیم شد. تعداد ۲۵ عدد بذر مورد نظر به پتری دیش شیشه‌ای حاوی محلول ترازولیوم یک درصد بذر منتقل شد. در ظرف را بسته و آن را درون فویل قرار داده و در دستگاه ژرمیناتور با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت نگهداری و سپس بذرها به منظور ارزیابی میزان رنگ‌پذیری مورد سنجش قرار گرفتند (França-Neto et al., 2019).

طرح آزمایشی شامل ۲ مرحله بود:

مرحله ۱ آزمایش: تعیین بهترین تیمار پرایمینگ از نظر بهبود جوانی زنی و رشد گیاهچه مرحله  
آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۹ تیمار در سه تکرار انجام شد. در هر ظرف پتری دیش تعداد ۲۵ عدد بذر قرار داده شد. کلیه تیمارهای

$$MGT = \sum n_i \cdot d_i / \sum n_i$$

در این فرمول  $n_i$  = تعداد بذرهای جوانه زده در روز  $d_i$  ،  $n_i$  = تعداد روزی که بعد از شروع آزمون و از روز اول، دوم و غیره بعد از شروع آزمون را نشان می دهد.

### ضریب سرعت جوانه زنی

این شاخص (CVG)، مشخصه سرعت و شتاب جوانه زنی بذور است که از رابطه زیر محاسبه شد (Maguire 1962)

$$CVG = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n}{(1 \times G_1) + (2 \times G_2) + (3 \times G_3) + \dots + (n \times G_n)}$$

$G_n - G_1$  تعداد بذور جوانه زده از روز اول تا روز آخر را نشان می دهد.

### شاخص جوانه زنی

شاخص جوانه زنی (GI)، که مشخصه سرعت و درصد جوانه زنی استتیز بر اساس فرمول زیر محاسبه شد (Scott et al., 1984)

$$GI = \sum T_i N_i / S$$

$T_i$  تعداد روز بعد از کشت،  $N_i$  = تعداد بذر جوانه زده در روز  $N_i$  و  $S$  تعداد کل بذر کشت شده است.

### شاخص رشد گیاهچه

به منظور ارزیابی شاخص رشد گیاهچه، طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه بعد از پایان آزمون جوانه زنی اندازه گیری شد. برای این کار از میانگین تمام گیاهچه های طبیعی هر پتری دیش استفاده شد. تصاویر توسط دوربین دیجیتال دارای سنسور تصویر CCD از پنج گیاهچه هر پتری دیش دریافت و پس از ذخیره سازی به کامپیوتر برای پردازش داده منتقل شدند. از نرم افزار پردازش تصویر، دی جی مایزر (Digimizer) و تکنیک تحلیل تصویر دیجیتال بر اساس کالیبراسیون واحد مقیاس خط کش در تصویر انجام شد (شکل ۱).

### آزمون جوانه زنی

آزمایش تعداد ۱۲۰۰ عدد بذر مورد استفاده قرار گرفت. برای اجرای تنش شوری از نمک کلرید سدیم (ساخت شرکت مرک آلمان) استفاده شد. تیمار صفر شوری یا شاهد توسط آب مقطر انجام شد.

ابتدا ظروف پتری دیش های ۱۲ سانتی متری، در اتوکلاو با دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس به مدت ۳ ساعت ضد عفونی شد. تعداد ۲۵ عدد بذر سالم در هر پتری قرار گرفت. قبل از اجرای آزمایش بذور از هر گونه گرد و غبار و ناخالصی پاک شد. سپس در هر پتری دیش بسته به نوع تیمار، مقدار ۵ میلی لیتر از محلول های آزمایش ریخته و به ژرمیناتور منطبق با دستورالعمل ISTA, 2017 در دمای ۲۵ درجه سلسیوس منتقل شد. همچنین برای به حداقل رساندن خطای تبخیر، پتری دیش ها درون پلاستیک کاملاً بسته شد. شمارش بذرهای جوانه زده در روز (هر ۲۴ ساعت) صورت گرفت تا زمانی که تعداد بذرهای جوانه زده در دو شمارش متوالی ثابت شود. معیار برای جوانه زدن بذرها، خروج ریشه چه به طول ۲ میلی متر یا بیشتر در نظر گرفته شد (Soltani et al., 2015).

### صفات مورد ارزیابی

#### درصد جوانه زنی

درصد جوانه زنی (GP) بذرها پس از گذشت یک ماه از شروع آزمایش، بر اساس رابطه زیر محاسبه شد (Ellis and Roberts, 1981).

$$(GP) = \frac{\sum n_i}{N} \times 100$$

که در این رابطه  $n_i$ : تعداد بذرهای جوانه زده و  $N$ : تعداد کل بذرهای هر تیمار است.

#### متوسط زمان لازم برای جوانه زنی

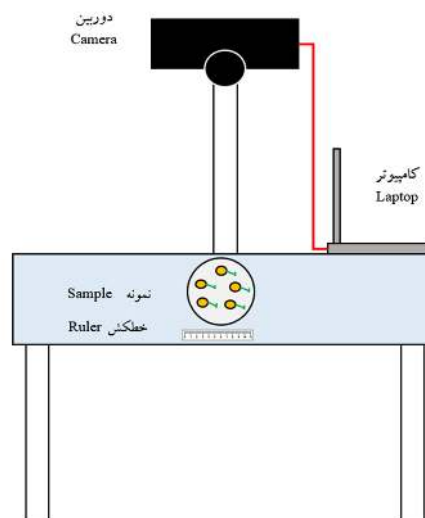
متوسط زمان لازم برای جوانه زنی (MGT) که شاخصی از سرعت و درصد جوانه زنی است، از رابطه زیر محاسبه شد (Ellis and Roberts, 1980).

### تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمون نرمال بودن داده‌ها و انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌های آزمایشی با استفاده از نرم‌افزار Minitab انجام شد و نتایج به دست آمده، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال خطای ۵ درصد صورت گرفت. نمودارها با استفاده از نرم افزارهای اکسل رسم گردید.

### نتایج و بحث

برای محققان علوم و تکنولوژی بذر همواره پیش از انجام آزمایش‌های تخصصی پیرامون بذر، زنده‌مانی و بنیه حیات آن‌ها، اهمیت زیادی دارد؛ بنابراین به کارگیری آزمون‌های بیوشیمیایی این امکان را به پژوهشگران می‌دهد تا درک زود هنگامی از شرایط فعلی و انفعالات درون (متابولیک) بذر که زنده یا مرده و یا در خواب بسر می‌برند، حاصل شود. نتیجه به دست آمده از آزمایش تترازولیوم نشان داد که علی‌رغم عدم جوانه‌زنی در مدت زمان یک هفته در پتری دیش‌ها، پس از انجام آزمون بیوشیمیایی تترازولیوم مشخص گردید که کلیه بذرهای زنده بوده و بنابراین وجود خواب بذر عامل عدم ایجاد جوانه‌زنی آن‌ها بود (شکل ۲).

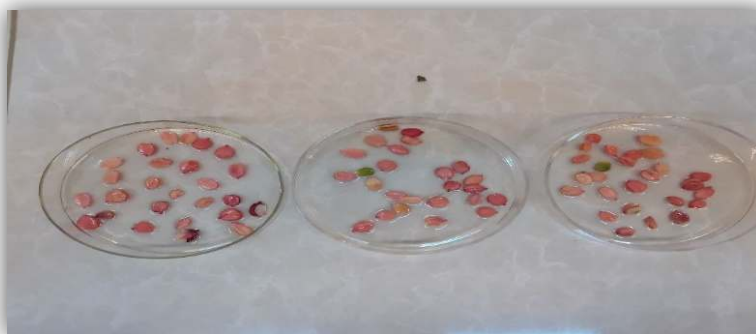


شکل ۱- سامانه دریافت تصویر دیجیتال از نمونه و پردازش آن  
Figure 1- Digital Imaging system for image acquisition from samples and further analysis

### بنیه بذر

بنیه بذر نیز با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد که در آن  $VI = شاخص بنیه$ ،  $sl = میانگین طول ساقچه$  برحسب میلی‌متر،  $rl = طول ریشه$  چه برحسب میلی‌متر و  $GP = درصد جوانه‌زنی کل$  در پایان آزمایش است (ISTA, 2010).

$$VI = GP \times (rl + sl)$$



شکل ۲- رنگ پذیری بذرهای فلوس در آزمون تترازولیوم پس از جدا کردن پوسته بذر  
Figure 2- Tetrazolium staining of Cassia after seed coat removal

**متوسط زمان و شاخص جوانه‌زنی**

تیمارهای پرایمینگ بذر در سطح احتمال آماری ۱ درصد تأثیر معنی‌داری بر متوسط زمان جوانه‌زنی و شاخص جوانه‌زنی بذرهای فلوس، به عنوان معیارهای ارزیابی شکست خواب بذر، داشت (جدول ۱). کمترین متوسط زمان جوانه‌زنی از تیمار نیترات پتاسیم به مدت ۱۲ ساعت در هر دو غلظت ۱ و ۲ درصد به ترتیب به مقدار ۴/۳۰ و ۵/۳۰ روز حاصل شد که با تیمار هیدروپرایمینگ به مدت ۱۲ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بیشترین متوسط زمان جوانه‌زنی به مقدار ۱۵/۹۴ روز از تیمار شاهد حاصل شد، به نحوی که متوسط جوانی زنی در تیمار شاهد در مقایسه با تمام تیمارهای دیگر به مقدار معنی‌داری بیشتر بود (جدول ۲). بیشترین شاخص جوانه‌زنی مربوط به تیمار هیدرو پرایمینگ به مدت ۱۲ ساعت به میزان ۴۲۵/۲۳ بود که نسبت به تیمار شاهد ۱/۵۴ برابر شاخص جوانه‌زنی بیشتری داشت اما اختلاف شاخص جوانه‌زنی آن با به تیمار هیدرو پرایمینگ به مدت ۲۴

ساعت معنی دار نبود (جدول ۲). کمترین مقدار شاخص جوانه‌زنی از تیمار جیبرلین ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر در ۲۴ ساعت حاصل شد که با تیمار شاهد اختلاف معنی‌داری نداشت، اما در مقایسه با تیمار هیدروپرایمینگ به مدت ۲۲ ساعت به طور معنی دار و به میزان ۱/۷۵ برابر شاخص جوانه‌زنی کمتری داشت (جدول ۲). تیمار پرایمینگ بذر را در معرض محرک‌های مختلفی برای جوانه‌زنی و رشد قرار می‌دهد و به دلیل رخ دادن انواع تغییرات بیوشیمیایی مانند فعال‌شدن آنزیم‌ها، سنتز محرک‌های رشد، ترمیم آسیب سلولی به بذرها باعث بهبود جوانه‌زنی و افزایش سرعت این فرایند می‌شود (Digirolamo *et al.*, 2021). گزارش‌ها نشان دهنده تأثیر پرایمینگ بذر در کاهش زمان لازم برای جوانه‌زنی می‌باشد (Guan *et al.*, 2009). مطالعه انجام شده درباره تأثیر تیمار پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذر ۱۰ گونه درخت نشان داد که این تیمار قادر به کاهش دادن متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی بذرها بطور کاملاً موثری می‌باشد (Becerra-Vázquez *et al.*, 2020).

جدول ۱- تجزیه واریانس تیمار بهبود کارایی بذر بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و بنیه بذور فلوس

Table 1- Analysis of variance for seed enhancement treatments on germination indices, seedling growth and vigor of cassia

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square						
		درصد جوانه‌زنی Seed Germination	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Germination time	شاخص جوانه‌زنی Germination index	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	طول گیاهچه Seedling length	بنیه بذر Seed vigor
پرایمینگ بذر Seed Priming	18	252.11**	17.10**	5011.54**	0.30**	0.43**	1.120**	6803.15**
خطای آزمایشی Error	38	43.82	0.59	1251.10	0.068	0.040	0.10	1210.15
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation	-	10.64	10.73	11.10	11.45	12.92	8.37	14.60

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

ns, \*, \*\* nonsignificant, significant at probability 0.05, 0.01, respectively.



جدول ۲- مقایسه میانگین تیمارهای بهبود دهنده کارایی بذر بر جوانه زنی و رشد گیاهچه بذر فلوس

Table 2- Mean comparison of seed enhancement treatments on seed germination and seedling growth of Cassia

تیمار Treatment	درصد جوانه زنی Seed Germination	مؤسّط زمان جوانه زنی Mean Germination Time	شاخص جوانه زنی Germination index	طول ریشه‌چه (سانتی متر) Root length (cm)	طول ساقچه (سانتی متر) Shoot length (cm)	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling length (cm)	بیه بذر Seed Vigor
بدون پرایم No prime	0.84 <sup>a</sup>	94.15 <sup>a</sup>	8.276 <sup>bcd</sup>	15.2 <sup>ab</sup>	74.0 <sup>f</sup>	90.2 <sup>g</sup>	8.243 <sup>bcd</sup>
هیدروپرایمینگ، ۱۲ ساعت Hydropriming (12h)	6.78 <sup>ab</sup>	49.7 <sup>bcd</sup>	3.425 <sup>a</sup>	24.2 <sup>ab</sup>	160.1 <sup>ef</sup>	40.3 <sup>d-g</sup>	3.268 <sup>a-d</sup>
هیدروپرایمینگ، ۲۴ ساعت Hydropriming (24h)	6.58 <sup>b-e</sup>	58.6 <sup>b-e</sup>	3.321 <sup>a-d</sup>	93.2 <sup>a</sup>	65.1 <sup>b-e</sup>	58.4 <sup>abc</sup>	4.268 <sup>a-d</sup>
جیبرلین ۵۰ ppm، ۱۲ ساعت GA 50 ppm, 12 h	6.74 <sup>abc</sup>	67.8 <sup>b</sup>	8.344 <sup>a-d</sup>	52.2 <sup>ab</sup>	29.2 <sup>a</sup>	82.4 <sup>a</sup>	3.360 <sup>a</sup>
جیبرلین ۱۰۰ ppm، ۱۲ ساعت GA 100 ppm, 12 h	3.55 <sup>cde</sup>	00.6 <sup>cde</sup>	7.313 <sup>bcd</sup>	44.2 <sup>ab</sup>	11.2 <sup>ab</sup>	55.4 <sup>abc</sup>	2.252 <sup>bcd</sup>
جیبرلین ۲۰۰ ppm، ۱۲ ساعت GA 200 ppm, 12 h	0.56 <sup>cde</sup>	72.6 <sup>bcd</sup>	0.284 <sup>bcd</sup>	54.2 <sup>ab</sup>	00.2 <sup>abc</sup>	54.4 <sup>abc</sup>	1.261 <sup>a-d</sup>
جیبرلین ۴۰۰ ppm، ۱۲ ساعت GA 400 ppm, 12 h	6.62 <sup>b-e</sup>	72.6 <sup>bcd</sup>	3.333 <sup>a-d</sup>	92.2 <sup>a</sup>	71.1 <sup>a-e</sup>	54.4 <sup>ab</sup>	4.291 <sup>ab</sup>
جیبرلین ۸۰۰ ppm، ۱۲ ساعت GA 800 ppm, 12 h	0.52 <sup>de</sup>	02.6 <sup>cde</sup>	3.265 <sup>cd</sup>	13.2 <sup>ab</sup>	69.1 <sup>a-e</sup>	83.3 <sup>b-g</sup>	4.199 <sup>bcd</sup>
جیبرلین ۵۰ ppm، ۲۴ ساعت GA 50 ppm, 24 h	3.61 <sup>b-e</sup>	93.5 <sup>cde</sup>	3.321 <sup>a-d</sup>	57.2 <sup>ab</sup>	61.1 <sup>b-e</sup>	19.4 <sup>a-d</sup>	0.258 <sup>a-d</sup>
جیبرلین ۱۰۰ ppm، ۲۴ ساعت GA 100 ppm, 24 h	0.64 <sup>a-e</sup>	45.6 <sup>b-e</sup>	5.323 <sup>a-d</sup>	23.2 <sup>ab</sup>	80.1 <sup>a-d</sup>	045.4 <sup>a-f</sup>	0.259 <sup>a-d</sup>
جیبرلین ۲۰۰ ppm، ۲۴ ساعت GA 200 ppm, 24 h	6.56 <sup>cde</sup>	28.7 <sup>bcd</sup>	1.243 <sup>d</sup>	32.2 <sup>ab</sup>	67.1 <sup>b-e</sup>	00.4 <sup>a-f</sup>	4.228 <sup>bcd</sup>
جیبرلین ۴۰۰ ppm، ۲۴ ساعت GA 400 ppm, 24 h	6.66 <sup>a-e</sup>	98.6 <sup>bcd</sup>	6.358 <sup>abc</sup>	40.2 <sup>ab</sup>	77.1 <sup>a-e</sup>	18.4 <sup>a-e</sup>	5.279 <sup>abc</sup>
جیبرلین ۸۰۰ ppm، ۲۴ ساعت GA 800 ppm, 24 h	0.56 <sup>cde</sup>	40.6 <sup>b-e</sup>	0.288 <sup>bcd</sup>	90.1 <sup>b</sup>	71.1 <sup>a-e</sup>	61.3 <sup>c-g</sup>	6.202 <sup>bcd</sup>
نیترات پتاسیم ۰/۵، ۱۲ ساعت KNO3 0.5%, 12 h	3.60 <sup>b-e</sup>	68.7 <sup>bcd</sup>	6.330 <sup>a-d</sup>	19.2 <sup>ab</sup>	31.1 <sup>def</sup>	51.3 <sup>d-g</sup>	8.212 <sup>bcd</sup>
نیترات پتاسیم ۱، ۱۲ ساعت KNO3 1%, 12 h	3.48 <sup>e</sup>	30.4 <sup>e</sup>	0.304 <sup>bcd</sup>	99.1 <sup>b</sup>	38.1 <sup>cde</sup>	38.3 <sup>d-g</sup>	9.163 <sup>d</sup>
نیترات پتاسیم ۲، ۱۲ ساعت KNO3 2%, 12 h	3.57 <sup>cde</sup>	30.5 <sup>de</sup>	3.309 <sup>bcd</sup>	93.1 <sup>b</sup>	25.1 <sup>def</sup>	19.3 <sup>efg</sup>	6.183 <sup>cd</sup>
نیترات پتاسیم ۰/۵، ۲۴ ساعت KNO3 0.5%, 24 h	3.61 <sup>b-e</sup>	92.7 <sup>bc</sup>	3.309 <sup>bcd</sup>	086.2 <sup>b</sup>	22.1 <sup>def</sup>	30.3 <sup>d-g</sup>	4.200 <sup>bcd</sup>
نیترات پتاسیم ۱، ۲۴ ساعت KNO3 1%, 24 h	6.70 <sup>a-d</sup>	67.8 <sup>b</sup>	6.374 <sup>ab</sup>	87.1 <sup>b</sup>	25.1 <sup>def</sup>	13.3 <sup>f-g</sup>	4.220 <sup>bcd</sup>
نیترات پتاسیم ۲، ۲۴ ساعت KNO3 2%, 24 h	0.56 <sup>cde</sup>	57.5 <sup>cde</sup>	3.325 <sup>a-d</sup>	91.1 <sup>b</sup>	16.1 <sup>ef</sup>	07.3 <sup>f-g</sup>	3.173 <sup>cd</sup>

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار توسط آزمون دانکن می باشد.

Similar letters indicate nonsignificant differences according to duncan's test



کمترین مدت متوسط جوانه‌زنی به مقدار ۴/۳۰ مربوط به پرایمینگ بذرهای با نیترات پتاسیم ۱ درصد به مدت زمان ۱۲ ساعت بود، اما با هیدروپرایمینگ، ۲۴ ساعت (۶/۵۸) اختلاف معنی دار نداشت. در بین تیمارها هر دو تیمار هالوپرایمینگ ۱۲ و ۲۴ ساعت دارای شاخص جوانه‌زنی بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها بودند و هر دو نسبت به شاهد برتری معنی دار ایجاد نمودند. با در نظر گرفتن این نکته که هدف از پرایمینگ بذرهای علاوه بر افزایش سرعت جوانه‌زنی و کاهش مدت زمان این فرایند، رشد بهتر گیاهچه نیز هست، انتخاب برترین تیمار پرایمینگ به پس از بررسی صفات گیاهچه‌ای و بنیه بذر محول شد.

کمتزین مدت متوسط جوانه‌زنی به مقدار ۴/۳۰ مربوط به پرایمینگ بذرهای با نیترات پتاسیم ۱ درصد به مدت زمان ۱۲ ساعت بود، اما با هیدروپرایمینگ، ۲۴ ساعت (۶/۵۸) اختلاف معنی دار نداشت. در بین تیمارها هر دو تیمار هالوپرایمینگ ۱۲ و ۲۴ ساعت دارای شاخص جوانه‌زنی بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها بودند و هر دو نسبت به شاهد برتری معنی دار ایجاد نمودند. با در نظر گرفتن این نکته که هدف از پرایمینگ بذرهای علاوه بر افزایش سرعت جوانه‌زنی و کاهش مدت زمان این فرایند، رشد بهتر گیاهچه نیز هست، انتخاب برترین تیمار پرایمینگ به پس از بررسی صفات گیاهچه‌ای و بنیه بذر محول شد.

کمتزین مدت متوسط جوانه‌زنی به مقدار ۴/۳۰ مربوط به پرایمینگ بذرهای با نیترات پتاسیم ۱ درصد به مدت زمان ۱۲ ساعت بود، اما با هیدروپرایمینگ، ۲۴ ساعت (۶/۵۸) اختلاف معنی دار نداشت. در بین تیمارها هر دو تیمار هالوپرایمینگ ۱۲ و ۲۴ ساعت دارای شاخص جوانه‌زنی بالاتری در مقایسه با سایر تیمارها بودند و هر دو نسبت به شاهد برتری معنی دار ایجاد نمودند. با در نظر گرفتن این نکته که هدف از پرایمینگ بذرهای علاوه بر افزایش سرعت جوانه‌زنی و کاهش مدت زمان این فرایند، رشد بهتر گیاهچه نیز هست، انتخاب برترین تیمار پرایمینگ به پس از بررسی صفات گیاهچه‌ای و بنیه بذر محول شد.

### طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه

طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه فلوس بطور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار پرایمینگ قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین طول ریشه چه به مقدار ۲/۹۳ گرم در تیمار هیدرو پرایم ۲۴ ساعت مشاهده شد که با تیمار شاهد و هیدرو پرایم ۱۲ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۲). بین هیچ یک از تیمارها از نظر طول گیاهچه اختلاف معنی‌داری با شاهد وجود نداشت (جدول ۲). از این جهت به نظر می‌رسد برای دستیابی به بیشترین طول ریشه چه، نیازی به انجام پرایمینگ نیست (جدول ۲). بیشترین طول ساقه چه در تیمار جیبرلین ۵۰، ۱۲ ساعت به مقدار ۲/۲۹ سانتی‌متر بود، که به طور معنی‌دار نسبت به تیمارهای شاهد، هالوپرایمینگ ۱۲ ساعت و هالوپرایمینگ ۲۴ دارای طول ساقه چه بیشتری داشت (جدول ۲). بیشترین طول گیاهچه نیز مربوط به تیمار جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر در مدت ۱۲ ساعت به طول ۴/۸۲ سانتی‌متر بود که با تیمار هیدروپرایمینگ ۲۴ ساعت اختلاف معنی‌داری نداشت اما در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار هیدروپرایمینگ، ۱۲ ساعت طول گیاهچه بیشتری داشت که این اختلاف معنی‌دار بود. (جدول ۲). تنش شوری باعث کاهش ۳۷٪ وزن خشک ریشه و بیش از ۵۱٪ وزن خشک ساقه زیتون رقم Chemlali شد

### بنیه بذر

بنیه بذرهای فلوس در سطح احتمال یک در صد بطور معنی‌دار تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین بنیه بذر در تیمار تیمار جیبرلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۱۲ ساعت میزان ۳۶۰/۳۶ بود که با تیمارها شاهد اختلاف معنی‌دار داشت، اما تفاوت بنیه بذر در این تیمار با تیمارهای تیمار هالوپرایمینگ ۱۲ و ۲۴ ساعت معنی‌دار نبود. (جدول ۲). بهبود بنیه بذر توسط تیمار جیبرلین در گیاهان مختلفی از جمله ذرت (Shah et al., 2021)؛ نخود (Tiwari et al., 2021) و برهان (Saeed, et al., 2020) گزارش شده است. استفاده از هورمون جیبرلین در غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر باعث بهبود درصد جوانه‌زنی و کاهش مدت زمان جوانه‌زنی بذرهای *Lathyrus sativus* L. شد بطوریکه جوانه‌زنی بذرهای پرایم شده در سطح شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر ۸۶ درصد اما بذرهای پرایم نشده تنها ۶۷ درصد جوانه‌زنی داشتند.

به نظر می‌رسد افزایش فعالیت جیبرلین در هنگام آبنوشی و به دنبال آن فعالیت بیشتری آنزیم‌ها از جمله آمیلازها و

شوری را داشتند و کاهش معنی‌داری در میزان جوانه‌زنی آن‌ها در مقایسه با شرایط عدم تنش ایجاد نشد (شکل ۱)، با افزایش سطح شوری به بالاتر از ۸ دسی‌زیمنس بر متر درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌دار شروع به کم شدن نمود که این روند تا شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر ادامه پیدا کرد و مقدار درصد جوانه در این سطح شوری به ۰.۴۲٪ رسید، اما سطح شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر موجب کاهش بیشتری در درصد جوانه‌زنی نسبت به سطح شوری ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر نشد. این توانایی جوانه‌زنی در شرایط تنش شدید بسیار قابل توجه است چرا که بسیاری از گیاهان هالوفیت نیز به‌سختی در چنین شرایط شوری قادر به جوانه‌زنی هستند.

یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی، تنش شوری است؛ زیرا تأثیرات مهمی بر فیزیولوژی و مرفولوژی گیاه می‌گذارد و موجب کاهش رشد و نمو و عملکرد محصول می‌شود (Parihar *et al.*, 2015). تنش شوری از آغاز جوانه‌زنی بذر تا بلوغ گیاه بر خصوصیات فیزیولوژی آن تأثیر مخرب می‌گذارد. مکانیسم این تنش به‌گونه‌ای است که یون‌های نمک، مولکول‌های آب را گرفتار کرده و باعث بهم خوردن تعادل اسمزی می‌شوند و شیب حرکت آب و املاح را به سمت ریشه گیاه حرکت کرده و این روند را مختل می‌کند (Loutfy *et al.*, 2020). تنش شوری اساساً پتانسیل اسمزی را افزایش می‌دهد و در نتیجه آن جذب آب توسط ریشه‌ها مختل خواهد شد (Das and Roychoudhury, 2014). تنش اکسیداتیو شدیدی که به دلیل سمیت یونی  $Na^+$  و  $Cl^-$  رخ می‌دهد باعث به‌خطر افتادن ساختار ماکرومولکول‌ها و نفوذپذیری غشاء و حتی توسعه جنین خواهد شد (Roychoudhury and Chakraborty, 2013). تنش شوری می‌تواند جوانه‌زنی بذر لگوم‌ها را بطور معنی‌داری کاهش دهد (Tsegay *et al.*, 2014). پرایمینگ به رشد و توسعه جنین کمک می‌کند. آبنوشی انجام شده طی پرایمینگ سبب شل شدن آندوسپرم و بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی بذر خواهد شد که از آن دسته می‌توان به

تأثیر تیمار پرایمینگ بذر بر تحمل به تنش شوری گیاه فلوس...

آنتی‌اکسیدانت‌ها باعث بهبود سرعت و کیفیت جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌شود (Seethalakshmi, *et al.*, 2022; Ahmad *et al.*, 2021). بنابراین تیمار برتر از نظر بنیه که مهمترین صفت کیفیت بذر محسوب می‌شود، تیمار جبریلین ۵۰ میلی‌گرم در لیتر به مدت ۱۲ ساعت تعیین می‌شود. این تیمار در مقایسه با تیمار شاهد و هالوپرایمینگ از نظر بسیاری از صفات مورد بررسی برتری دارد، ضمن اینکه چرا که بیشترین بنیه بذر با استفاده از این تیمار حاصل شد. همچنین اینکه از نظر غلظت و مقدار کم هورمون مورد استفاده و مدت زمان کوتاه انجام تیمار، بیشترین شباهت (اجرایی) را به تیمار شاهد دارد. کاربرد ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر جبریلین باعث ۴۳ درصد افزایش وزن خشک گیاهچه کلزا شد. همچنین تیمار جبریلین قندهای محلول در بذر کلزا را تا ۴۷ درصد افزایش داد. این تیمار باعث افزایش ۴۶ درصدی فعالیت آنزیم پراکسیداز شد که آنتی‌اکسیدان مهمی برای مقاومت به تنش‌ها در کلزا است (Li *et al.*, 2010).

### درصد جوانه‌زنی

تیمارهای پرایمینگ، تنش شوری و اثر متقابل میان آن‌ها تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال خطای ۱ درصد) بر درصد جوانه‌زنی بذر فلوس داشت (جدول ۳). پرایمینگ بذر در تمام سطوح تنش شوری به جز سطح شوری صفر باعث افزایش جوانه‌زنی در شرایط تنش شوری شد (شکل ۱). بیشترین درصد جوانه‌زنی (۶۷٪) در شرایط عدم شوری به دست آمد که تفاوتی بین درصد جوانه‌زنی تیمار پرایم و شاهد در سطح شوری صفر دیده نشد. در شرایط پرایم نشده از سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به بعد جوانه‌زنی متوقف شد (شکل ۱)، سرعت کاهش در صد جوانی زنی با افزایش شوری در بذرهای پرایم نشده بسیار شدید و تقریباً خطی بود به نحوی که اختلاف معنی‌داری بین هر سه سطح شوری صفر، ۲ و ۴ دسی‌زیمنس از نظر درصد جوانه مشاهده گردید (شکل ۱). در حالی که بذرهای پرایم شده تا سطح شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر توانایی تحمل تنش

اکسیدانت مانند کاتلاز، پراکسیداز باعث بدام افتادن میزان قابل توجهی از گونه‌های فعال اکسیژن مضر می‌شود و بنابراین از خسارت تنش اکسیداتیو به عنوان تنش ثانویه در مواجهه بذر با تنش شوری کاسته خواهد شد (Ibrahim et al., 2016; Alves et al., 2020).

خارج شدن بازدارنده‌های شیمیایی از بذر اشاره کرد (Bewley et al., 2013). پرایمینگ بذر بصورت بسیار موثری می‌تواند اثرات مضر یون‌های  $Na^+$  و  $Cl^-$  را از طریق فعالسازی پمپ‌های غشاء سلولی کاهش دهد (Bakht et al., 2011). فعال شدن آنزیم‌های آنتی

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر تنش شوری و پرایمینگ بر شاخص‌های جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و بنیه بذور فلوس تحت تنش شوری

Table 3- Analysis of variance for effect of salinity and priming on germination indices, seedling growth and seed vigor of cassia under salinity stress

منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات Mean square						
		درصد جوانه‌زنی Seed Germination	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean Germination time	شاخص جوانه‌زنی Germination index	طول ریشه‌چه Root length	طول ساقه‌چه Shoot length	طول گیاهچه Seedling length	بنیه بذر Seed vigor
تنش شوری (S) Salinity stress	5	2844.02**	4026.68**	**4.80	4.80**	1.87**	12.32**	65023.09**
پرایمینگ (P) Priming	1	17825.52**	30624.75**	36.99**	36.99**	26.58**	126.06**	442747.08**
S×P	5	986.22**	12295.15**	1.88**	**1.88	0.87**	4.76**	24769.48**
خطای آزمایشی Error	36	13.49	343.80	0.0024	0.0024	0.0024	0.128	244.07
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation	-	5.10	3.15	5.3	5.3	7.6	8.4	511

ns, \*, \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال خطای ۵ و ۱ درصد

ns, \*, \*\* nonsignificant, significant at probability 0.05, 0.01, respectively.

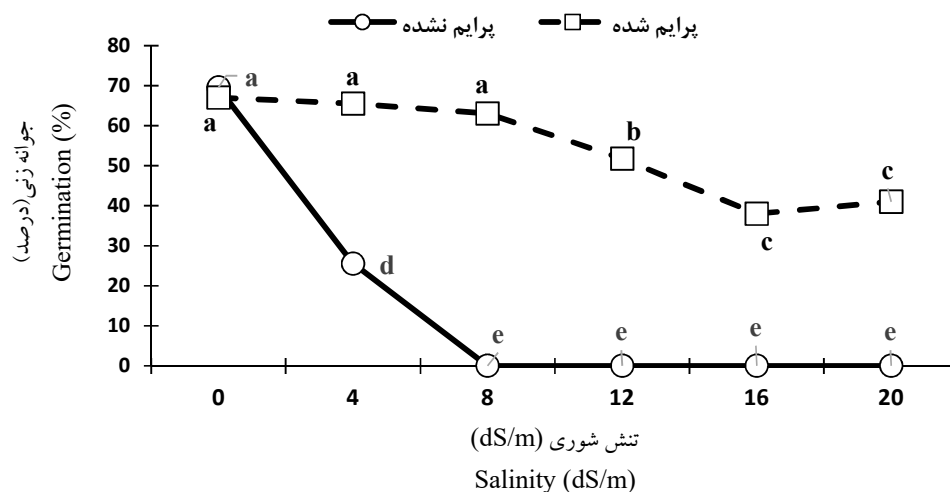
کاهش شاخص جوانه‌زنی در بذرهای پرایم نشده از سطح شوری صفر تا ۸ دسی زیمنس نسبت به سرعت کاهش درصد جوانه‌زنی در همین محدوده شوری شدیدتر بود (شکل ۱ و شکل ۲)، به نحوی که اختلاف معنی‌داری بین شاخص جوانه‌زنی سطح شوری ۴ و ۸ دسی زیمنس مشاهده نشد (شکل ۱ و ۲). در تیمار پرایم، تا سطح شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی‌داری در شاخص جوانه‌زنی مشاهده نشد، اما افزایش سطح شوری به ۱۶ دسی زیمنس بر به کاهش معنی‌دار شاخص جوانه‌زنی انجامید، البته تفاوتی بین سطوح شوری ۱۶ و ۲۰ دسی

### شاخص جوانه‌زنی

تیمارهای پرایمینگ، تنش شوری و اثر متقابل میان آن‌ها تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال ۱ درصد) بر شاخص جوانه‌زنی بذر فلوس داشت (جدول ۳). پرایمینگ بذر نه تنها در تمام سطوح تنش شوری بلکه در سطح شوری صفر نیز باعث افزایش شاخص جوانه‌زنی شد (شکل ۱). در تیمارهای پرایم نشده، با افزایش شدت تنش شوری میزان این شاخص کاهش قابل توجهی پیدا نمود به نحوی که در سطح تنش شوری ب ۸ دسی زیمنس بر متر و بالاتر شاخص جوانه‌زنی به صفر رسید (شکل ۲). سرعت

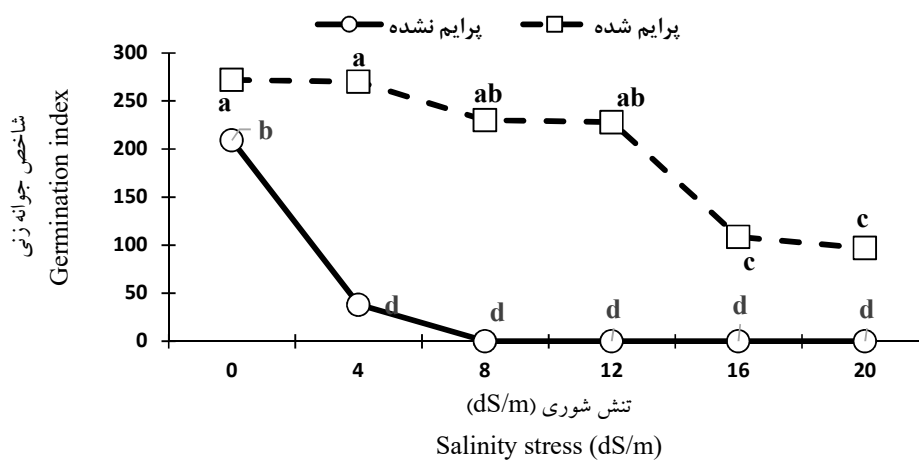
بذر گندم شد (Zhang *et al.*, 2007). در مطالعه انجام شده توسط (Chen *et al.*, 2021) عاملی که در پرایمینگ استفاده می‌شود را به‌عنوان فاکتوری مهم در بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی بذرهای سورگوم در شرایط تنش شوری ارزیابی نمودند.

زیمنس مشاهده نشد. تیمار پرایمینگ می‌توان باعث افزایش معنی‌داری در میزان شاخص جوانه‌زنی شود. این تیمار با افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مانند سوپراکسید دیسموتاز، پراکسیداز و کاهش فعالیت آنزیم مالون دی‌آلدهاید سبب بهبود شاخص جوانه‌زنی



شکل ۱- اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر درصد جوانه‌زنی بذر فلوس  
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Figure 1- Interaction effect of seed priming and salinity stress on Cassia seed germination  
Similar letters are indicators of no significant difference



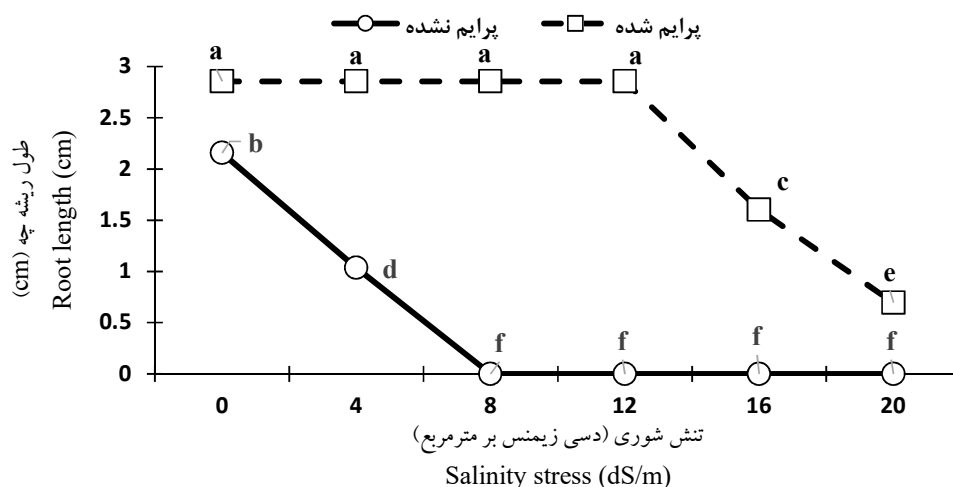
شکل ۲- اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر شاخص جوانه‌زنی بذر فلوس  
حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن می‌باشد

Figure 2- Interaction effect of seed priming and salinity stress on Cassia germination index  
Similar letters are indicators of no significant difference

### طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، تیمارهای پرایمینگ، تنش شوری و اثر متقابل میان آن‌ها تأثیر معنی‌داری (در سطح احتمال خطای ۱ درصد) بر طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه بذر فلوس داشتند (جدول ۳)؛ نه تنها در شرایط شوری بلکه در سطح شوری صفر نیز پرایمینگ بذر موجب افزایش معنی طول ریشه چه، طول ساقه چه و طول گیاهچه در مقایسه با عدم پرایم (شاهد) شد که البته سودمندی پرایمینگ در سطح شوری صفر برای رشد ساقه چه کمتر از سودمندی آن برای رشد ریشه چه بود (نمودار ۵۴۳). پرایم در شرایط شوری صفر طول ریشه چه را از حدود ۲۵ درصد (۲/۲ به ۲/۸) رسانده است اما طول ساقه چه را حدود ۲۰۰ درصد (۰/۷۵ به ۲/۲۵) افزایش است، البته رویه سودمندی بیشتر پرایم برای ساقه چه در مقایسه با ریشه چه در سطح شوری تیز مشهود است (نمودار ۳ و ۴) بیشترین طول ریشه چه در تیمار پرایمینگ پ در تنش شوری ۰، ۴، ۸ و ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به طول ۲/۸۵ سانتی‌متر مشاهده شد در حالی که در بین تیمارهای پرایمینگ کمترین میزان طول ریشه چه ۰/۶۹ سانتی‌متر در

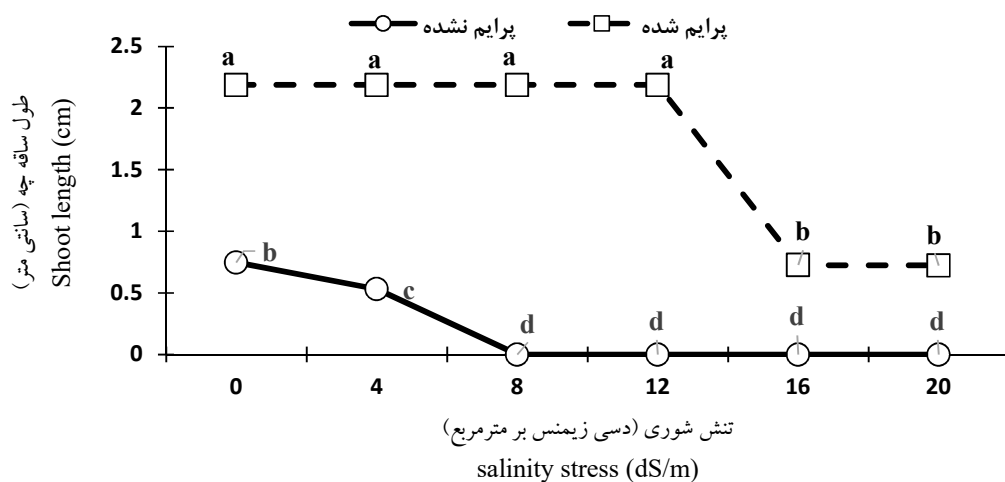
سطح تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۳). بیشترین رشد طولی ساقه چه در تیمار پرایمینگ و با وجود و عدم وجود تنش شوری به میزان ۲۱/۱۸ سانتی‌متر مشاهده شد و کمترین میزان طول ساقه چه ۰/۷۲۲ سانتی‌متر در سطح تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۴). بیشترین رشد طول گیاهچه در تیمار پرایمینگ و با وجود و عدم وجود تنش شوری به طول گیاهچه ۵/۴۳ سانتی‌متر مشاهده شد در حالی که در بین تیمارهای پرایمینگ کمترین طول گیاهچه ۱/۴۱ سانتی‌متر بود که در سطح تنش شوری ۲۰ دسی‌زیمنس بر متر به دست آمد (شکل ۵). نتایج نشان داد که رشد گیاهچه در شرایط پرایم همراه با افزایش غلظت شوری در غلظت‌های مختلف صفر تا ۱۲ دسی‌زیمنس، رشد افزایشی یکسانی داشت ولی در تنش‌های شوری ۱۶ و ۲۰ دسی‌زیمنس با رشد کندتری همراه بود ولی این کاهش رشد در مقایسه با بذره‌های پرایم نشده کمتر دیده شد. این یافته حاکی از این است که این بذرها در شرایط پرایم رشد مطلوب‌تر و نیز در شرایط شوری بالا علاوه بر اینکه رشد کندتری داشتند، تحمل خوبی داشتند.



شکل ۳- اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر طول ریشه چه بذر فلوس

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی‌دار توسط آزمون دانکن می‌باشد

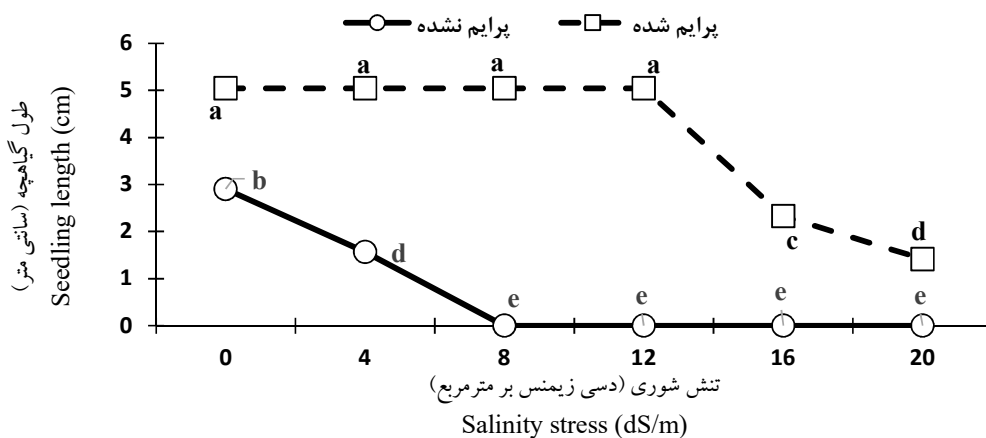
Figure 3- Interaction effect of seed priming and salinity stress on Cassia root length  
Similar letters are indicators of no significant difference



شکل ۴- اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر طول ساقچه بذر فلوس

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار توسط آزمون دانکن می باشد

Figure 4- Interaction effect of seed priming and salinity stress on Cassia shoot length  
Similar letters are indicators of no significant difference



شکل ۵- اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر طول گیاهچه بذر فلوس

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده اختلاف معنی دار توسط آزمون دانکن می باشد

Figure 5- Interaction effect of seed priming and salinity stress on Cassia seedling length  
Similar letters are indicators of no significant difference

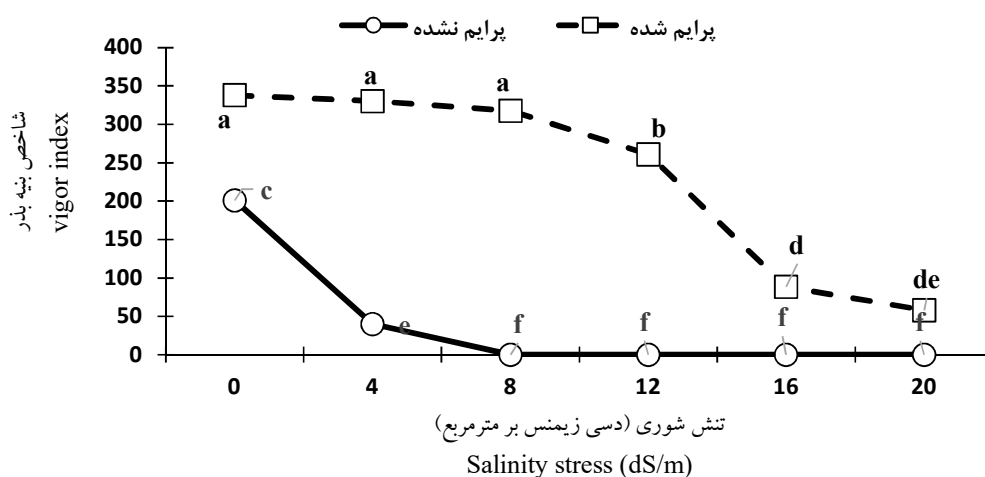
قابل دسترس ریشه گیاه نباشد، می تواند خسارت های جبران ناپذیری بدنبال داشته باشد زیرا آب شادابی، طراوت و فشار تورژ سانس را به سلول های گیاهی می بخشد. حال در صورت عدم و نقصان آن تأثیر مستقیمی روی اندازه و

گیاه داشتن رشد و نمو مناسب همواره وابستگی تگاتنگی با محیط پیرامون خود دارد. یکی از مهم ترین عواملی محیطی که حیات گیاه به آن وابسته است، آب، این مایع حیات بخش است. اگر آب به اندازه کافی

**بنیه بذر**

بنیه بذر در سطح احتمال خطای ۱ درصد تحت تاثیر تیمارهای پرایمینگ، تنش شوری و اثر متقابل قرار گرفت (جدول ۳). پرایمینگ نه تنها در تیمارهای مواجه با تنش شوری باعث بهبود معنی دار بنیه و شاخص بنیه بذر گردید، بلکه حتی در شرایط بدون تنش در بنیه بذر به میزان قابل توجهی (۶۷٪) بهبود پیدا نمود. در سطح تنش شوری ۴ دسی زیمنس بر متر، بنیه بذر پرایم نشده (۳۹) حدود (۸۷٪) در مقایسه با بذرهای پرایم نشده (۳۳۰) کاهش یافت. بیشترین بنیه بذر در تیمار پرایمینگ و عدم وجود تنش شوری به میزان (۳۳۷/۸۹) مشاهده شد. در بین تیمارهای بدون پرایمینگ در شوری معادل ۸ دسی زیمنس بر متر، دیگر جوانه زنی مشاهده نشد و بنیه بذر به شدت پس از قرار گرفتن در معرض ۴ دسی زیمنس بر متر کاهش یافت، اما بذرهای پرایم شده در شرایط تنش شری برای ۱۶ دسی زیمنس بر متر در مقایسه با شرایط بدون تنش، کاهش ۷۳٪ درصدی در بنیه بذر را نشان دادند (شکل ۶).

شکل سلول‌ها گذاشته و از رشد و نمو آن‌ها جلوگیری می‌کند. عامل تنش شوری بر گیاه اثر منفی داشته و موجب کاهش رشد، نمو و ارتفاع گیاهچه می‌شود (Parihar et al., 2015). گزارش شده زمانی که گیاه تحت تنش شوری قرار می‌گیرد، در اندام‌های گیاه یون سدیم تجمع می‌یابد که در این صورت آسیب جدی به سیستم غشایی و آنزیمی آن وارد می‌آورد (Ibrahim et al., 2016). گیاهانی که دچار تنش شوری می‌شوند، طی دو مرحله رشد آن‌ها کند می‌شود. در مرحله اول سلول گیاه برای مقابله با املاح نمک انرژی مصرف می‌کند و در مرحله دوم در مقابل آثار سمی بیش از حد، یون‌های نمک را در بخش‌هایی از سلول از جمله کلروپلاست و میتوکندری انباشته می‌کند که باعث کاهش رشد و نمو گیاه می‌گردد (Hameed et al., 2021). نتایج آزمایشی نشان داد که با افزایش سطوح شوری در بذور چغندر قند، طول گیاهچه کاهش یافت (Khayamin et al., 2016).



شکل ۶- اثر متقابل پرایمینگ و تنش شوری بر بنیه بذر فلوس

Figure 6- Interaction effect of seed priming and salinity stress on Cassia seed vigor  
Similar letters are indicators of no significant difference



### نتیجه گیری

تیمار پرایمینگ هورمونی با استفاده از جیبرلین ۵۰ میلی گرم در لیتر به مدت ۱۲ ساعت، شاخص جوانه زنی، رشد گیاهچه و بنیه بذر فلوس را افزایش می دهد و توانایی این گیاه را در مواجهه با شرایط تنش شوری نیز بطور قابل توجهی افزایش می دهد. بذر فلوس بسیاری از شاخص های جوانه زنی خود را در شوری فراتر از ۸ دسی زیمنس بر متر از دست می دهد و تیمار پرایمینگ بذر می تواند بطور موثری این کاهش در شاخص های جوانه زنی را کنترل کرده و تحمل به تنش را در مرحله ابتدایی رشد تا تا شوری ۱۲ دسی زیمنس بر متر را به راحتی تحمل نماید و حتی در شوری معادل ۲۰ دسی زیمنس بر متر هم جوانه زنی و رشد گیاهچه داشته باشد.

استفاده از ترکیبات تنظیم کننده رشد گیاهی سبب افزایش بنیه بذر در مقابله با تنش شوری می شود. برای نمونه در مطالعه ای استفاده از ساسیلیک اسید سبب افزایش معنی دار تحمل به تنش شوری در گیاهچه های سویا شد (Yücel et al., 2016). جیبرلین هورمونی است که در کنترل بسیاری از مراحل رشد و نمو گیاه مانند جوانه زنی، رشد گیاهچه، بلند شدن ساقچه و توسعه ریشه نقش دارد (García-Martínez et al., 1997; Yamaguchi, 2008; Hedden and Thomas, 2012). تنش شوری بر میزان بیان ژن ها تولید کننده جیبرلین تأثیر منفی می گذارد و از رشد گیاه جلوگیری می کند (Fleet and Sun, 2005; Vishal and Kumar, 2018). به نظر می رسد استفاده از هورمون جیبرلین در پرایمینگ بذر اثر منفی تنش شوری بر میزان جیبرلین بذرهای فلوس را تا حدی جبران نموده و سبب افزایش رشد و جوانه زنی بذر و نهایتاً بنیه آن شده است.

### Reference

### منابع

- Ahmad, F.A., A. Kamal, F. Singh, F. Ashfaq, F. Alamri, S.M.H. Siddiqui, and M.I.R Khan. 2021. Seed priming with gibberellic acid induces high salinity tolerance in *Pisum sativum* through antioxidants, secondary metabolites and up-regulation of antiporter genes. *Plant Biol.* 23:113-121.
- Arora. N.K., 2019. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. *J. Environ. Sustain.* 2: 95-96.
- Atici, O., G. Agar, and P. Battal. 2003. Interaction between endogenous plant hormones and alpha-amylase in germinating chickpea seeds under cadmium exposure. *Fresenius Environ. Bull.*, 12: 781-785.
- Bala. S., U.K. Varshney, and A. Kumari. 2018. Effect of chloride and sulphate dominated salinity on minerals constituents of senna (*cassia angustifolia* vahl.). *J. Plant Dev.* 10:127-131.
- Banerjee A., and A. Roychoudhury. 2018. Seed priming technology in the amelioration of salinity stress in plants. Pp 81-93. In A. Rakshi, and H.B. Singh (eds.) *Advances in seed priming*. Springer, Singapore.
- Becerra-Vázquez, Á.G., R. Coates, S. Sánchez-Nieto, R. Reyes-Chilpa, and A. Orozco-Segovia. 2020. Effects of seed priming on germination and seedling growth of desiccation-sensitive seeds from Mexican tropical rainforest. *J. Plant Res.* 133: 855-872.
- Bradford, K.J., J.J. Steiner, and S.E. Trawatha. 1990. Seed priming influence on germination and emergence of pepper seed lots. *Crop Sci.* 30: 718-721.
- Chen, X., R. Zhang, Y. Xing, B. Jiang, B. Li, X. Xu, and Y. Zhou. 2021. The efficacy of different seed priming agents for promoting sorghum germination under salt stress. *PloS one*, 16(1). p.e0245505.
- Corwin, D.L. 2021. Climate change impacts on soil salinity in agricultural areas. *Eur. J. Soil Sci.* 72: 842-862.

- Danish, M., P. Singh, G. Mishra, S. Srivastava, K.K. Jha, and R.J. Khosa. 2011.** Cassia fistula Linn. (Amulthus)-An important medicinal plant: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacological properties. *J Nat. Prod Plant Resour.* 1: 101-118.
- Das, K., and A. Roychoudhury. 2014.** Reactive oxygen species (ROS) and response of antioxidants as ROS-scavengers during environmental stress in plants. *Front. Environ. Sci.* 2: 53.
- Digirolamo, G., and L. Barbanti. 2012.** Treatment conditions and biochemical processes influencing seed priming effectiveness. *Ital. J. Agron.* 7: 25.
- Ebrahimi, E. 2021.** Strategies to improve germination of Cassia fistula seeds and reduce its germination response to salinity stress. Master thesis. Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan. Mollasani. Iran.
- Ellis, R.H., and E.H. Roberts. 1981.** The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9: 373-409
- Fathizad, H., M.A.H. Ardakani, H. Sodaiezhadeh, R. Kerry, and R. Taghizadeh-Mehrjardi. 2020.** Investigation of the spatial and temporal variation of soil salinity using random forests in the central desert of Iran. *Geoderma.* 365: 114233.
- França-Neto, J.D.B., and F.C. Krzyzanowski. 2019.** Tetrazolium: an important test for physiological seed quality evaluation. *J. Seed Sci.* 41: 359-366.
- Gratão, P.L., A. Polle, P.J. Lea, and R.A. Azevedo. 2005.** Making the life of heavy metal-stressed plants a little easier. *Funct. Plant Biol.* 32: 481-494.
- Hameed, A., M.Z. Ahmed, T. Hussain, I. Aziz, N. Ahmad, B. Gul, and B.L. Nielsen. 2021.** Effects of Salinity Stress on Chloroplast Structure and Function. *Cells.* 10: 2023-2045.
- Hardikar, S. A., and A.N. Pandey. 2011.** Growth, water status and nutrient accumulation of seedlings of *Cassia fistula* L. in response to soil salinity. *Anales de biología.* 33: 1-11.
- Ibrahim, E.A. 2016.** Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *J. Plant Physiol.* 192: 38-46.
- International Seed Testing Association. 2017.** International rules for seed testing. Rules. Zürichstr. Bassersdorf, Switzerland.
- Isayenkov Stanislav, V., and J.M. Frans Maathuis. 2019.** Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Front. Plant Sci.* 10: 1-11.
- Jiménez-Alfaro, B., F.A. Silveira, A. Fidelis, P. Poschlod, and L.E. Commander. 2016.** Seed germination traits can contribute better to plant community ecology. *J. Veg. Sci.* 27: 637-645.
- Jisha, K.C., K. Vijayakumari, and J.T. Puthur. 2013.** Seed priming for abiotic stress tolerance: an overview. *Acta Physiol. Plant.* 35:1381-1396.
- Khayamim, S., R. Tavakol Afshari, S.Y. Sadeghian, K. Poustini, F. Roozbeh, and Z. Abbasi. 2014.** Seed germination, plant establishment, and yield of sugar beet genotypes under salinity stress. *J. Agric. Sci. Technol.* 16:779-790.
- Lamichhane, J.R., P. Debaeke, C. Steinberg, M.P. You, M.J. Barbetti, and J.N. Aubertot. 2018.** Abiotic and biotic factors affecting crop seed germination and seedling emergence: a conceptual framework. *Plant and Soil.* 432. 1-28.
- Leist, N., S. Krämer, and A. Jonitz. 2003.** ISTA working sheets on tetrazolium testing. International Seed Testing Association.
- Li, Z., G.Y. Lu, X.K. Zhang, X.S. Zou, Y. Cheng, and P.Y. Zheng. 2010.** Improving drought tolerance of germinating seeds by exogenous application of gibberellic acid (GA3) in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Seed Sci and Technol.* 38: 432-440.
- Loutfy, N., Y. Sakuma, D.K. Gupta, and M. Inouhe. 2020.** Modifications of water status, growth rate and antioxidant system in two wheat cultivars as affected by salinity stress and salicylic acid. *J. Plant Res.*133: 549-570.
- Maguire, M.P. 1962.** Variability in length and arm ratio of the pachytene chromosomes of corn. *Cytologia.* 27: 248-257.
- Moula, I., O. Boussadia, G. Koubouris, M.B. Hassine, W. Boussetta, M.C. Van Labeke, and M. Braham. 2020.** Ecophysiological and biochemical aspects of olive tree (*Olea europaea* L.) in response to salt stress and gibberellic acid-induced alleviation. *S. Afr. J. Bot.* 132: 38-44.

- Parihar, P., S. Singh, R. Singh, V.P. Singh, and S.M. Prasad. 2015.** Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 4056-4075.
- Pawar, A.V., and S.G. Killedar. 2017.** Uses of *Cassia fistula* Linn as a medicinal plant. *Int. J. Adv. Res. Dev.* 2:85-91.
- Rahimi, A. 2013.** Seed priming improves the germination performance of cumin (*Cuminum syminum* L.) under temperature and water stress. *Ind. Crops Prod.* 42: 454-460.
- Raven, P.H., and D.L. Wagner. 2021.** Agricultural intensification and climate change are rapidly decreasing insect biodiversity. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 118:1-6.
- Roychoudhury, A., and M. Chakraborty. 2013.** Biochemical and molecular basis of varietal difference in plant salt tolerance. *Annu. Res. Rev. Biol.* 3: 422-454.
- Saeed, T., A. Shahzad, and S. Sharma. 2020.** Studies on single and double layered biocompatible encapsulation of somatic embryos in *Albizia lebbeck* and genetic homogeneity appraisal among synseed derived lines through ISSR markers. *Plant Cell Tissue Organ.* 140: 431-445.
- Sauer, D.B., and R. Burroughs. 1986.** Disinfection of seed surfaces with sodium hypochlorite. *Phytopathol.* 76: 745-749.
- Scott, S.J., R.A. Jones, and W. Williams. 1984.** Review of data analysis methods for seed germination 1. *Crop Sci.* 24: 1192-1199.
- Seethalakshmi, S., R. Umarani, and M. Djanaguiraman. 2022.** Gibberellic acid biosynthesis during dehydration phase of priming increases seed vigour of tomato. *Plant Growth Regul.* 97: 1-8.
- Shah, T., S. Latif, F. Saeed, I. Ali, S. Ullah, A.A. Alsahli, S. Jan, and P. Ahmad. 2021.** Seed priming with titanium dioxide nanoparticles enhances seed vigor, leaf water status, and antioxidant enzyme activities in maize (*Zea mays* L.) under salinity stress. *J. King Saud Univ. Sci.* 33: 1-8.
- Singh, H., R.K. Jassal, J.S. Kang, S.S. Sandhu, H. Kangand, and K. Grewal. 2015.** Seed priming techniques in field crops-A review. *Agric. Rev.* 36(4): 251-264.
- Sisodia, A., M. Padhi, A.K. Pal, K. Barman, and A.K. Singh. 2018.** Seed priming on germination, growth and flowering in flowers and ornamental trees. Pp 263-288. In A. Rakshi, and H.B. Singh (eds.) *Advances in Seed Priming.* Springer, Singapore.
- Soltani, E., F. Ghaderi-Far, C. Baskin, and J.M. Baskin. 2015.** Problems with using mean germination time to calculate rate of seed germination. *Aust. J. Bot.* 63: 631-635.
- Tiwari, T.N., and D.K. Agarwal. 2021.** The effect of seed priming in chickpea under sodic soil. *Legum. Res.* 34: 99-104.
- Tsegay, B.A., and B. Gebreslassie. 2014.** The effect of salinity (NaCl) on germination and early seedling growth of *Lathyrus sativus* and *Pisum sativum* var. abyssinicum. *Afr. J. Plant Sci.* 8: 225-231.
- Uçarlı, C., 2020.** Effects of salinity on seed germination and early seedling stage. P. 211-232. In Wang, D. Y. Chen, S. Saud. C. Wu. S. Fahad (ed.) *Abiotic Stress in Plants.* Springer.
- Vishal, B., and P.P. Kumar. 2018.** Regulation of seed germination and abiotic stresses by gibberellins and abscisic acid. *Front. Plant Sci.* 9:1-15.
- Waqas, M., N.E. Korres, M.D. Khan, A.S. Nizami, F. Deebe, I. Ali, and H. Hussain. 2019.** Advances in the concept and methods of seed priming. Pp 11-41. In M. Waqas, N. E. Korres, M.D. Khan, A.S. Nizami, F. Deebe, I. Ali, and H. Hussain (eds.) *Priming and pretreatment of seeds and seedlings.* Springer, Singapore.
- Yücel, N.C., and E. Heybet. 2016.** Salicylic acid and calcium treatments improves wheat vigor, lipids and phenolics under high salinity. *Acta Chim. Slov.* 63:738-746.
- Zhang, S., J. Hu, Y. Zhang, X.J. Xie, and A. Knap. 2007.** Seed priming with brassinolide improves lucerne (*Medicago sativa* L.) seed germination and seedling growth in relation to physiological changes under salinity stress. *Aust. J. Agric. Res.* 58: 811-815.