

## تأثیر پرایمینگ با ویتامین U بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت لوبیاچیتی رقم صدری تحت تنش شوری

لیلا صدیقی علی بابالو، محمد صدقی\*، رئوف سید شریفی و هانیه سعادت

گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

### چکیده

به منظور بررسی تأثیر پرایمینگ با ویتامین U بر شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت لوبیا چیتی تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۴۰۳ در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا شد. تیمارها شامل چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و سه سطح ویتامین U (شاهد (آب‌مقطر)، ۲ و ۴ میلی‌مولار) بود. نتایج نشان داد که شوری سرعت جوانه‌زنی را کاهش داد، ولی پرایمینگ بذری با سطوح مختلف ویتامین U به ویژه غلظت U ۴ میلی‌مولار این صفت را بهبود بخشید. بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار مشاهده شد. فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در کاربرد با ویتامین U ۲ میلی‌مولار و شاهد به ترتیب حدود ۵۹، ۴۶ و ۴۹ درصد نسبت به هیدرو پرایمینگ و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کم‌تر بود. همچنین، فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در تیمار با ویتامین U ۴ میلی‌مولار نسبت به شاهد (آب‌مقطر) حدود ۱۳ درصد افزایش نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد که پرایمینگ بذری لوبیا چیتی با ویتامین U با غلظت ۴ میلی‌مولار مؤثرترین روش برای بهبود جوانه‌زنی در این پژوهش می‌باشد و تحریک آنزیم‌های آکسیدانت، اثرات مضر شوری بر برخی صفات در گیاهچه لوبیا چیتی را کاهش داده و رشد گیاهچه را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: آلفا آمیلاز، سرعت جوانه‌زنی، سوپراکسید دیسموتاز، کاتالاز، کلرید سدیم

### مقدمه

بالا بودن هزینه تولید پروتئین حیوانی کشت آن اهمیت خاصی در بسیاری از مناطق دنیا دارد (Wondimu and Tana, 2017). لوبیا توسط کشاورزان اغلب در مناطق حاشیه‌ای، جایی که عملکرد محصولات کشاورزی تحت تأثیر عوامل غیرزیستی

لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) گیاهی یکساله از تیره Fabaceae است که به دلیل داشتن پروتئین زیاد، فیبر، ویتامین‌های گروه B و ریزمغذی‌های متنوع و همچنین به دلیل

دریافت مقاله: ۱۴۰۴/۰۱/۲۸، بازنگری: ۱۴۰۴/۰۵/۰۸، پذیرش: ۱۴۰۴/۰۵/۲۸، اولین انتشار: ۱۴۰۵/۰۲/۱۲

\* نویسنده مسئول، رایانامه: m\_sedghi@uma.ac.ir



حق انتشار این مستند، متعلق به انجمن فیزیولوژی گیاهی ایران است. © ۱۴۰۳

این مقاله تحت گواهی زیر منتشر شده و هر نوع استفاده غیرتجاری از آن مشروط بر استناد صحیح به مقاله و با رعایت شرایط مندرج در آدرس زیر مجاز است:

Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

در گیاه لوبیا چیتی (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱a؛ سعادت و همکاران، ۱۴۰۱b؛ سعادت و همکاران، ۱۴۰۱c؛ Saadat et al., 2023)، سویا (Saadat and sedghi, 2024)، نخود (سعادت و صدقی، ۱۴۰۳b) و برنج (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲) گزارش شده است.

فناوری پرایمینگ بذر به عنوان یک استراتژی بسیار امیدوارکننده برای مقابله با چالش‌های ناشی از تنش شوری است (Khan et al., 2022). پرایمینگ به عنوان یک تکنیک، قبل از کاشت، سرعت و مقدار آب جذب شده توسط بذرها را دقیقاً کنترل می‌کند و سپس عملیات خشک‌کردن مجدد را انجام می‌دهد (Paparella et al., 2015). پرایمینگ در فرآیندهای متابولیک درون جنین بذر دخالت کرده و در نتیجه باعث ایجاد یک سری تغییرات فیزیولوژیکی مهم می‌شود (Waqas et al., 2019). به‌طور خاص، فناوری پرایمینگ بذر می‌تواند سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی بذر را فعال کند، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را به میزان قابل توجهی افزایش دهد، تعادل هورمونی را به خوبی تنظیم کند و ترمیم غشای سلولی و اندامک‌ها را تقویت کند (Dutta, 2018). علاوه بر این، پرایمینگ بذر با سنتز اسیدهای آمینه، قندها، الکل‌ها، کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آلی، نوکلئوتیدها، فلاونوئیدها، فنولیک‌ها و تانن‌ها، تغییرات متابولیکی را در گیاهان برای بهبود رشد ایجاد می‌کند. پرایمینگ بذر شروع به تجزیه پروتئین ذخیره‌سازی کرده و تقسیم سلولی ( $\alpha$  و  $\beta$ -توبولین) را تقویت می‌کند تا تحمل تنش را برای گیاهان ایجاد کند (Jarrar et al., 2024).

ویتامین U (S- متیل متیونین) یک مشتق طبیعی از اسید آمینه متیونین است که توسط نهادانگان تولید می‌شود. منابع اصلی ویتامین U (S- متیل متیونین) برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته هستند. اگر چه هنوز ویژگی‌های ویتامین U مثل سایر ویتامین‌ها به عنوان یک نیاز غذایی مهم ثابت نشده است. متیونین یک ترکیب طبیعی فعال بیولوژیکی با اثرات متابولیکی مؤثر است. به همین دلیل می‌توان متیونین را به عنوان ویتامین U در مقایسه با سایر ویتامین‌ها، در نظر گرفت (Miret and Munne-Bosch, 2014). پرایمینگ با ویتامین U می‌تواند اثرات

قرار می‌گیرد رشد می‌کند (Assefa et al., 2019). سطح زیرکشت لوبیا چیتی در ایران، حدود ۵۰ درصد کل سطح زیرکشت انواع لوبیا است و بیش از نیمی از تولید لوبیا، لوبیا چیتی اختصاص دارد (بیضایی و همکاران، ۱۳۹۱).

علاوه بر سایر عوامل غیرزیستی، افزایش سطح شوری نیز یک عامل اصلی به همراه کمبود آب شیرین است که توسعه و تولید محصول را در سراسر جهان محدود می‌کند (Sheikhalipour et al., 2024). تنش شوری، عامل عدم تعادل در خاک و پتانسیل اسمزی گیاه، اختلال در تعادل یونی است که منجر به افزایش آسیب‌های اکسیداتیو می‌شود (He et al., 2023). آشفستگی در روابط آب گیاه و خاک مهم‌ترین تأثیر تنش شوری در هر مرحله از رشد گیاه است. شوری، در میان تنش‌های مختلف، سمی‌تر از تنش‌های غیرزیستی در نظر گرفته می‌شود که بر هر مرحله از رشد گیاه، مکانیسم‌های بیوشیمیایی، تغییرات مولکولی و همچنین در بافت‌های گیاه تأثیر منفی می‌گذارد، زیرا به دلیل تجمع غلظت‌های بیش از حد نمک، به‌وفور بر کلرید سدیم افزوده می‌شود (Suzuki et al., 2014). در این راستا، یون‌های سدیم جایگزین یون‌های پتاسیم می‌شوند که به دلیل تنش اسمزی و محدودکردن جذب آب از محلول خاک، اختلال در فعالیت سیتوسولی آنزیم‌های اصلی ایجاد می‌کند و همچنین باعث سمیت یونی می‌شود (Duan et al., 2024; He et al., 2023). اکثر گیاهان رشدیافته در شرایط شور آسیب غشای سلولی، تجمع یون، تولید گونه‌های فعال اکسیژن و رادیکال‌های آزاد اکسیداتیو را نشان دادند (Masilamani et al., 2020). تنش شوری فرآیند جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار داده و فرآیند سبز شدن گیاهچه را به تأخیر می‌اندازد (Nikolic et al., 2023). این یک واقعیت شناخته شده است که تنش شوری منجر به کاهش پتانسیل اسمزی محیط رشد شده و جذب آب توسط بذر را کاهش می‌دهد، و با اختلال در جذب منجر به کاهش جوانه‌زنی بذر و تأخیر در سبز شدن می‌شود (Nikolic et al., 2023). کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز تحت تنش شوری

سپس، ۲۵ عدد بذر درون هر پتری روی کاغذ صافی جهت کشت قرار گرفت و به هر پتری محلول شوری (کلرید سدیم) با سطوح مختلف به مقدار ۶ میلی لیتر اضافه شد. سپس، دهانه پتری با پارافیلیم برای کاهش میزان تبخیر درزگیری شد. پتری‌ها در داخل ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت هفت روز قرار داده شد (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱a). معیار جوانه‌زنی یک بذر، خروج ریشه‌چه به میزان ۲ میلی‌متر از پوسته بذر در نظر گرفته شد.

**سرعت جوانه‌زنی:** جهت محاسبه سرعت جوانه‌زنی از

رابطه زیر استفاده شد (Ellis and Roberts, 1980).

$$GR = \sum_{i=1}^N S_i / D_i$$

GR: سرعت جوانه‌زنی (تعداد بذرهاى جوانه‌زده در هر

روز)  $S_i$ : تعداد بذرهاى جوانه‌زده در هر روز  $D_i$ : تعداد روز تا شمارش نام

**میانگین مدت جوانه‌زنی:** برای برآورد این شاخص از

رابطه زیر استفاده شد (امیدی و همکاران، ۱۳۹۳).

$$MGT = \sum (N_i) / \sum N$$

$N$ : تعداد دفعات شمارش  $N_i$ : تعداد بذر جوانه‌زده در روز

جهت تعیین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در لوبیا، گیاهچه‌ها در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در داخل پتری‌دیش درون ژرمیناتور به مدت نه روز رشد داده شدند. پس از باز شدن برگ‌های اولیه از هر تیمار پنج گیاهچه به تصادفی انتخاب و بعد از قراردادن در فویل آلومینیومی، به فریزر با دمای  $-72^{\circ}\text{C}$  درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند. به منظور استخراج عصاره آنزیمی، ۰/۵ گرم نمونه از هر تیمار توزین و در داخل هاون چینی (که از قبل در یخچال نگهداری شده بود) با استفاده از نیتروژن مایع هموژن گردید و بعد از آن ۵ میلی‌لیتر از بافر فسفات سرد ( $\text{pH}=7/5$ ) حاوی ۰/۵ میلی‌مولار EDTA به هاون افزوده شد. سپس، هموژن‌ها به اپندورف‌های ۲ میلی‌لیتری منتقل شده و به مدت ۱۵ دقیقه با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد با سرعت ۱۵۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شدند. تمامی مراحل در روند تهیه عصاره آنزیمی در دمای ۴-۱ درجه سانتی‌گراد انجام گرفت. جهت پیشگیری از انجماد و ذوب متوالی نمونه‌ها سوپرناتانت حاصل به سه قسمت تقسیم شد و

منفی ناشی از تنش‌های غیرزیستی محیطی از قبیل شوری را به‌طور مؤثر کاهش دهد و موجب بهبود ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی با تأثیر بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گیاه سویا (مؤمنی و همکاران، ۱۴۰۱a؛ مؤمنی و همکاران، ۱۴۰۲b)، آفتابگردان (سعادت و صدقی، ۱۴۰۳a) و گندم (Fodorpataki et al., 2019) شود. کاربرد ویتامین U در شاهدانه آبی (*Eruca sativa*) گیاهی که در سالاد و پیتزا در غذاهای مدیترانه‌ای کاربرد زیادی دارد، موجب افزایش کیفیت تغذیه‌ای آن در شرایط تنش شوری شده است (Fodorpataki et al., 2021). هدف از انجام این پژوهش، بررسی تأثیر پرایمینگ با ویتامین U در شرایط آزمایشگاهی و تحت تنش شوری بر برخی شاخص‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت جهت تعدیل اثرات سوء ناشی از تنش شوری در گیاهچه لوبیا چیتی رقم صدری بود.

## مواد و روش‌ها

به‌منظور آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه محقق اردبیلی در سال ۱۴۰۳ با سه تکرار و چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و سه سطح پرایمینگ بذر با ویتامین U (شاهد (آب‌مقطر)، ۲ و ۴ میلی‌مولار) انجام شد. لوبیای چیتی از مرکز تحقیقات بین‌المللی لوبیا در خمین استان اراک تهیه شد. قبل از پرایم کردن جهت ضدعفونی، بذرها به مدت پنج دقیقه در محلول یک درصد هیپوکلریت سدیم غوطه‌ور و سپس سه بار با آب‌مقطر شسته شدند. ابتدا بذرها درون محلول‌های پرایمینگ و آب‌مقطر به مدت هشت ساعت در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد غوطه‌ور شدند (جهت هوادهی از شیکر استفاده شد). بعد از پرایمینگ، بذرها به‌وسیله آب‌مقطر شستشو و در دمای آزمایشگاه در مدت سه روز در دمای آزمایشگاه (حدود ۲۵ درجه سانتی‌گراد) در سینی توری و در شرایط تهویه مناسب، خشک شدند (مدت زمان بین خشک شدن تا شروع آزمایش جوانه‌زنی ۲۴ ساعت بود تا از هر گونه تغییر در کیفیت بذر یا کاهش اثر پرایمینگ اجتناب شود).

مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفت و نمونه‌های شاهد و عصاره آنزیمی در محفظه نوری با دو لامپ فلورسنت ۲۰W به مدت ۱۵ دقیقه و ۱۰۰ دور در دقیقه بر روی شیکر گذاشته شد. سپس، جذب در طول موج ۵۶۰ نانومتر خوانده شد.

**سنجش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز:** چهار روز پس از جوانه‌زنی، سنجش فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز مطابق روش (Doman et al., 1982) انجام شد. بذرها در بافر فسفات ۶۰ میلی‌مولار (pH=۶/۸) هموژنیزه شدند و سپس با سانتریفوژ ۱۲۰۰۰g و به مدت ۱۵ دقیقه فیلتر شدند. فعالیت آنزیم در محیط واکنش که حاوی ۶۰ میلی‌مولار بافر فسفات (pH=۶/۸)، ۴۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر کلسیم کلراید و ۵۰۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر نشاسته بود، مشخص شد. عصاره آنزیم (۱ میلی‌لیتر) پس از ۲۰ دقیقه انکوباسیون در حمام آب گرم به محیط آزمایش اضافه شد. فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز با استفاده از نشاسته و با طول موج ۶۲۰ نانومتر به صورت میکروگرم نشاسته و گرم بر دقیقه مواد تازه مشخص شد.

بررسی نرمال بودن توزیع خطاها توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۸ به کمک آزمون شاپیرو-ویلک روی باقیمانده‌های مدل آماری انجام شد. از آزمون تحلیل واریانس یک‌طرفه برای مقایسه میانگین تیمارها توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ استفاده شد و در صورت معنی‌دار بودن اثر تیمارها، مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت. با توجه به معنی‌دار بودن اثر عامل شوری، تحلیل برش‌دهی اثر متقابل شوری در پرایمینگ به تفکیک سطوح شوری توسط دستور Slice انجام گرفت تا اثر پرایمینگ در هر سطح تنش شوری به صورت جداگانه بررسی شود. برای ترسیم اشکال نیز از نرم‌افزار Excel 2018 استفاده شد.

## نتایج

**سرعت جوانه‌زنی:** در این تحقیق، اثر ساده ویتامین U و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق برش‌دهی اثر

تا زمان اندازه‌گیری آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند (Sairam et al., 2002).

**سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز:** سنجش فعالیت آنزیم کاتالاز طبق روش (Aebi, 1984) اندازه‌گیری گردید. مواد شیمیایی مورد نیاز شامل ۰/۵ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۷/۵ میلی‌مولار، ۱/۵ میلی‌لیتر بافر فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷) و ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود که حجم نمونه‌ها با افزودن آب مقطر به ۳ میلی‌لیتر رسانده شد. با افزودن پراکسید هیدروژن واکنش شروع گردید و تغییرات جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر در مدت یک دقیقه ثبت شد. محلول جذب زمینه برای دستگاه شامل تمام موارد استفاده‌شده بجز عصاره آنزیمی استخراج شده بود. میزان پراکسید هیدروژن تجزیه‌شده با استفاده از ضریب خاموشی ( $\epsilon = 39/4 \mu\text{M}^{-1}\text{c}^{-1}\text{m}$ ) محاسبه و فعالیت آنزیم کاتالاز براساس میکرومول پراکسید هیدروژن تجزیه شده در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

**سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز:** سنجش فعالیت آنزیم پراکسیداز طبق روش (Hemeda and Klein, 1990) انجام شد. مخلوط واکنش شامل ۲۵۰ میکرولیتر بافر فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۲۵۰ میکرولیتر گایاکول ۱۰ میلی‌مولار محلول در آب دوبار تقطیر شده، ۳۴ میکرولیتر پراکسید هیدروژن ۷۰ میلی‌مولار محلول در فسفات پتاسیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH=۷)، ۴۶۷ میکرولیتر آب دو بار تقطیر استریل شده و ۲۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی بود. تغییرات جذب در طول موج ۴۷۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر اندازه‌گیری شد. در نتیجه فعالیت آنزیم پراکسیداز برحسب واحد میلی‌گرم بر پروتئین در دقیقه گزارش شد.

**سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز:** فعالیت آنزیم براساس روش (Giannopolitis and Ries, 1977) مورد سنجش قرار گرفت. مخلوط واکنش شامل بافر ۰/۱ مول در لیتر فسفات (pH=۷/۸) به میزان ۳ میلی‌لیتر که حاوی ۱/۳ میکرومول در لیتر ریوفلاوین، متیونین به میزان ۱۳ میلی‌مول در لیتر، نیتروپلوترازولیوم به میزان ۶۳ میکرومولار و عصاره آنزیمی به میزان ۰/۱ میلی‌لیتر بود. نمونه بلانک در تاریکی به

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر ویتامین و شوری بر صفات فیزیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در گیاهچه لوبیا

| میانگین مربعات        |                    |            |          | درجه آزادی             |                | منابع تغییر      |
|-----------------------|--------------------|------------|----------|------------------------|----------------|------------------|
| آمیلاز                | سوپراکسید دیسموتاز | پراکسیداز  | کاتالاز  | میانگین مدت جوانه‌زنی  | سرعت جوانه‌زنی |                  |
| ۴/۴۱۶۱**              | ۵۶۶/۴۷۰**          | ۱۳۰۶/۶۶۳** | ۴۳/۰۲۸** | ۰/۰۰۰۳۶۱**             | ۱۴/۸۸۷**       | U ویتامین        |
| ۱۴/۸۰۶۸**             | ۱۱۳۲/۱۴۴**         | ۱۰۴۴/۱۶۸** | ۴۹/۵۳۸** | ۰/۰۰۲۷۱۹**             | ۹۷/۲۳۱**       | شوری             |
| ۰/۱۰۳۴۳ <sup>ns</sup> | ۲۲/۹۲۴**           | ۴۰/۳۰۹**   | ۴/۵۸۲**  | ۰/۰۰۰۱۰۱ <sup>ns</sup> | ۶/۹۰۱**        | ویتامین U × شوری |
| ۰/۲۳۹۶                | ۱۰/۰۶۲             | ۱۳/۵۳۹     | ۰/۸۲۷    | ۰/۰۰۰۰۴۸               | ۱/۱۶۱          | خطای آزمایشی     |
| ۵/۶۹۱                 | ۵/۲۱۴              | ۵/۴۰۲      | ۹/۱۷۸    | ۸/۶۷۷                  | ۸/۱۴           | ضریب تغییر(%)    |

ns و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱

سوپراکسید دیسموتاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). طبق برش‌دهی اثر پرایمینگ در هر چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و اثر شوری در هر سه سطح پرایمینگ با ویتامین U (صفر، ۲ و ۴ میلی‌مولار) بر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار بود. نتایج نشان داد که بیش‌ترین فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز (به‌ترتیب، ۱۶/۶۶۶، ۹۴/۳۰۰ و ۸۵/۷۳۳ واحد بر میلی‌گرم پروتئین) در پرایمینگ با شاهد (آب‌مقطر) و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار و کم‌ترین مقدار این صفات به ترتیب، ۶/۸۳۳، ۵۰/۴۶۶ و ۴۳/۹۳۳ واحد میلی‌گرم بر پروتئین در پرایمینگ با محلول ویتامین U ۴ میلی‌مولار و بدون شوری به‌دست آمد (جدول ۳). البته کاربرد ویتامین U با غلظت ۲ میلی‌مولار روی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز داشت. اما تأثیر ویتامین U با غلظت ۴ میلی‌مولار بیشتر بود (جدول ۲ و ۳).

**فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز:** جدول ۱ نشان می‌دهد که اثر ساده ویتامین U و شوری روی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار شد. همچنین، نتایج نشان داد که بیش‌ترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (۹/۱۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در دقیقه) از پرایمینگ با ویتامین U ۴ میلی‌مولار و کم‌ترین آن (۷/۹۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در دقیقه) در شاهد (آب‌مقطر) مشاهده گردید. پرایمینگ با محلول ویتامین U ۲ میلی‌مولار و

پرایمینگ در هر چهار سطح شوری (صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار) و اثر شوری در هر سه سطح پرایمینگ با ویتامین U (صفر، ۲ و ۴ میلی‌مولار) بر سرعت جوانه‌زنی معنی‌دار بود. بیش‌ترین سرعت جوانه‌زنی (۲۱/۱۱ بذر در روز) مربوط به تیمار با محلول ویتامین U ۴ میلی‌مولار و بدون شوری (شاهد) و کم‌ترین مقدار سرعت جوانه‌زنی (۹/۲۵ بذر در روز) در تیمار با محلول ویتامین U ۲ میلی‌مولار و شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به‌دست آمد. البته هیدروپرایمینگ نیز روی سرعت جوانه‌زنی مؤثر بود (جدول ۲ و ۳).

**میانگین مدت جوانه‌زنی:** در این تحقیق، اثر ساده ویتامین U و شوری بر میانگین مدت جوانه‌زنی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و اثر متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار بود (جدول ۱). بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۰۸۴۲ روز) در پرایمینگ با ویتامین U ۲ میلی‌مولار بود، هر چند با شاهد (آب‌مقطر) تفاوت معنی‌دار نداشت و کم‌ترین مقدار آن (۰/۰۷۳۵ روز) در پرایمینگ با ویتامین U با غلظت ۴ میلی‌مولار بود (شکل ۱a). البته هیدروپرایمینگ نیز در میانگین مدت جوانه‌زنی تأثیر داشت، شوری میانگین مدت جوانه‌زنی را افزایش داد بطوریکه بیش‌ترین میانگین مدت جوانه‌زنی (۰/۰۹۹۳ روز) در شوری ۱۵۰ میلی‌مولار بود (شکل ۱b).

**فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز:** در این تحقیق، تأثیر ساده ویتامین U و شوری و اثر متقابل آن‌ها بر فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل ویتامین U و شوری بر روی سرعت جوانه‌زنی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گیاهچه لوبیا (برش پرایمینگ در هر سطح شوری)

| سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)                   |                     |   |   |
|---|---------------------|---|---|
| تیمار شوری<br>(میلی مولار)                    | هیدرو پرایمینگ      | پرایمینگ با ویتامین U<br>۲ (میلی مولار) | پرایمینگ با ویتامین U<br>۴ (میلی مولار) |
| ۰   | ۱۴/۷۲ <sup>c</sup>  | ۱۷/۷۲ <sup>b</sup>                      | ۲۱/۱۱ <sup>a</sup>                      |
| ۵۰  | ۱۲/۸۸ <sup>b</sup>  | ۱۲/۴۹ <sup>b</sup>                      | ۱۳/۳۸ <sup>a</sup>                      |
| ۱۰۰   | ۱۲/۱۹ <sup>ab</sup> | ۱۱/۰۲ <sup>b</sup>                      | ۱۲/۷۶ <sup>a</sup>                      |
| ۱۵۰   | ۱۰/۴۲ <sup>ab</sup> | ۹/۲۵ <sup>b</sup>                       | ۱۰/۸۱ <sup>a</sup>                      |
| کاتالاز (واحد بر میلی گرم پروتئین)            |                     |   |   |
| تیمار شوری<br>(میلی مولار)                    | هیدرو پرایمینگ      | پرایمینگ با ویتامین U<br>۲ (میلی مولار) | پرایمینگ با ویتامین U<br>۴ (میلی مولار) |
| ۰   | ۸/۶۰۰ <sup>a</sup>  | ۸/۰۰۰ <sup>a</sup>                      | ۶/۸۳۳ <sup>b</sup>                      |
| ۵۰  | ۹/۳۰۰ <sup>a</sup>  | ۸/۴۰۰ <sup>b</sup>                      | ۷/۲۶۶ <sup>c</sup>                      |
| ۱۰۰   | ۱۳/۱۳۳ <sup>a</sup> | ۹/۹۶۶ <sup>b</sup>                      | ۸/۶۳۳ <sup>c</sup>                      |
| ۱۵۰   | ۱۶/۶۶۶ <sup>a</sup> | ۱۲/۲۰۰ <sup>b</sup>                     | ۹/۹۳۳ <sup>c</sup>                      |
| پراکسیداز (واحد بر میلی گرم پروتئین)          |                     |   |   |
| تیمار شوری<br>(میلی مولار)                    | هیدرو پرایمینگ      | پرایمینگ با ویتامین U<br>۲ (میلی مولار) | پرایمینگ با ویتامین U<br>۴ (میلی مولار) |
| ۰   | ۶۲/۳۰۰ <sup>a</sup> | ۵۸/۸۶۶ <sup>b</sup>                     | ۵۰/۴۶۶ <sup>c</sup>                     |
| ۵۰  | ۷۰/۳۶۶ <sup>a</sup> | ۶۲/۷۶۶ <sup>b</sup>                     | ۵۲/۵۳۳ <sup>c</sup>                     |
| ۱۰۰   | ۸۴/۷۳۰ <sup>a</sup> | ۷۳/۴۳۳ <sup>b</sup>                     | ۵۷/۸۳۳ <sup>c</sup>                     |
| ۱۵۰   | ۹۴/۳۰۰ <sup>a</sup> | ۸۲/۰۰۰ <sup>b</sup>                     | ۶۷/۷۶۶ <sup>c</sup>                     |
| سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی گرم پروتئین) |                     |   |   |
| تیمار شوری<br>(میلی مولار)                    | هیدرو پرایمینگ      | پرایمینگ با ویتامین U<br>۲ (میلی مولار) | پرایمینگ با ویتامین U<br>۴ (میلی مولار) |
| ۰   | ۵۴/۲۰۰ <sup>a</sup> | ۵۲/۳۰۰ <sup>b</sup>                     | ۴۳/۹۳۳ <sup>c</sup>                     |
| ۵۰  | ۵۸/۲۰۰ <sup>a</sup> | ۵۵/۳۶۶ <sup>b</sup>                     | ۴۷/۶۳۳ <sup>c</sup>                     |
| ۱۰۰   | ۶۹/۸۶۶ <sup>a</sup> | ۶۵/۸۳۳ <sup>b</sup>                     | ۵۷/۷۳۳ <sup>c</sup>                     |
| ۱۵۰   | ۸۵/۷۳۳ <sup>a</sup> | ۷۴/۷۳۳ <sup>b</sup>                     | ۶۴/۴۰۰ <sup>c</sup>                     |

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.

هیدروپرایمینگ نیز اثر مثبتی بر فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز داشت، به طوری که بعد از ویتامین U ۴ میلی مولار، ویتامین U ۲ میلی مولار و هیدروپرایمینگ بیش‌ترین فعالیت آنزیم آمیلاز را نشان دادند. شوری فعالیت آنزیم آمیلاز را کاهش داد. به طوری که کم‌ترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (۶/۹۴۴ میلی گرم بر گرم وزن تر در دقیقه) در شوری ۱۵۰ میلی مولار و

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل ویتامین U و شوری بر روی سرعت جوانه‌زنی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت گیاهچه لوبیا (برش شوری در هر سطح پرایمینگ)

| سرعت جوانه‌زنی (بذر در روز)                   |                      |                         |                          |                          |
|---|----------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|
| پرایمینگ با ویتامین U<br>(میلی مولار)         | شاهد                 | شوری ۵۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۰۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۵۰<br>(میلی مولار) |
| ۰   | ۱۴/۷۲ <sup>a</sup>   | ۱۲/۸۸ <sup>ab</sup>     | ۱۲/۱۹ <sup>ab</sup>      | ۱۰/۴۲ <sup>c</sup>       |
| ۲   | ۱۷/۷۲ <sup>a</sup>   | ۱۲/۴۹ <sup>b</sup>      | ۱۱/۰۲ <sup>bc</sup>      | ۹/۲۵ <sup>c</sup>        |
| ۴   | ۲۱/۱۱ <sup>a</sup>   | ۱۳/۳۸ <sup>b</sup>      | ۱۲/۷۶ <sup>cd</sup>      | ۱۰/۸۱ <sup>d</sup>       |
| کاتالاز (واحد بر میلی گرم پروتئین)            |                      |                         |                          |                          |
| پرایمینگ با ویتامین U<br>(میلی مولار)         | شاهد                 | شوری ۵۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۰۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۵۰<br>(میلی مولار) |
| ۰   | ۸/۶۰۰ <sup>a</sup>   | ۹/۳۰۰ <sup>b</sup>      | ۱۳/۱۳۳ <sup>c</sup>      | ۱۶/۶۶۶ <sup>d</sup>      |
| ۲   | ۸/۰۰۰ <sup>a</sup>   | ۸/۴۰۰ <sup>ab</sup>     | ۹/۹۶۶ <sup>bc</sup>      | ۱۲/۲۰۰ <sup>c</sup>      |
| ۴   | ۶/۸۳۳ <sup>a</sup>   | ۷/۲۶۶ <sup>ab</sup>     | ۱۲/۲۰۰ <sup>b</sup>      | ۹/۹۳۳ <sup>c</sup>       |
| پراکسیداز (واحد بر میلی گرم پروتئین)          |                      |                         |                          |                          |
| پرایمینگ با ویتامین U<br>(میلی مولار)         | شاهد                 | شوری ۵۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۰۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۵۰<br>(میلی مولار) |
| ۰   | ۶۲/۳۰۰ <sup>d</sup>  | ۷۰/۳۶۶ <sup>c</sup>     | ۸۴/۷۳۰ <sup>b</sup>      | ۹۴/۳۰۰ <sup>a</sup>      |
| ۲   | ۵۸/۸۶۶ <sup>d</sup>  | ۶۲/۷۶۶ <sup>c</sup>     | ۷۳/۴۳۳ <sup>d</sup>      | ۸۲/۰۰۰ <sup>a</sup>      |
| ۴   | ۵۰/۴۶۶ <sup>b</sup>  | ۵۲/۵۳۳ <sup>bc</sup>    | ۵۷/۸۳۳ <sup>b</sup>      | ۶۷/۷۶۶ <sup>a</sup>      |
| سوپراکسید دیسموتاز (واحد بر میلی گرم پروتئین) |                      |                         |                          |                          |
| پرایمینگ با ویتامین U<br>(میلی مولار)         | شاهد                 | شوری ۵۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۰۰<br>(میلی مولار) | شوری ۱۵۰<br>(میلی مولار) |
| ۰   | ۵۴/۲۰۰ <sup>c</sup>  | ۵۸/۲۰۰ <sup>ab</sup>    | ۶۹/۸۶۶ <sup>b</sup>      | ۸۵/۷۳۳ <sup>a</sup>      |
| ۲   | ۵۲/۳۰۰ <sup>c</sup>  | ۵۵/۳۶۶ <sup>c</sup>     | ۶۵/۸۳۳ <sup>b</sup>      | ۷۴/۷۳۳ <sup>a</sup>      |
| ۴   | ۴۳/۹۳۳ <sup>cd</sup> | ۴۷/۶۳۳ <sup>c</sup>     | ۵۷/۷۳۳ <sup>b</sup>      | ۶۴/۴۰۰ <sup>a</sup>      |

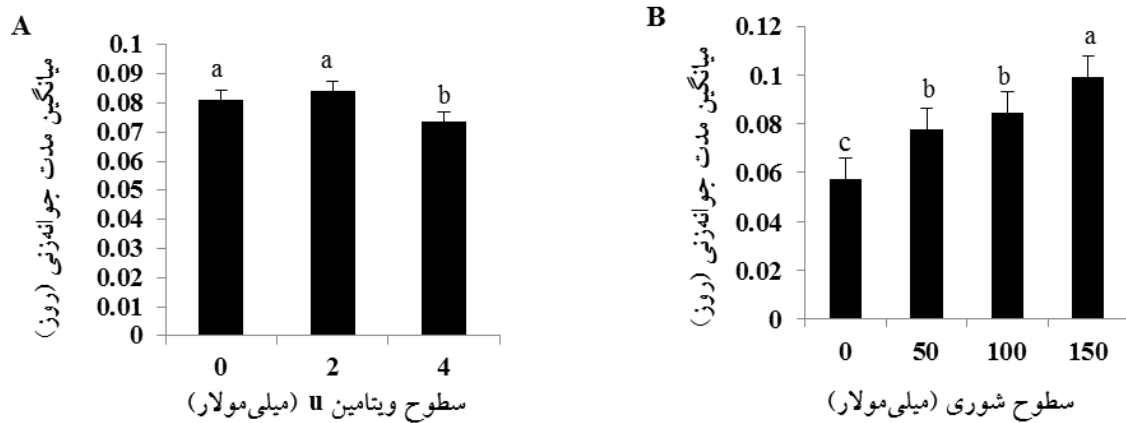
حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.

همکاران روی گیاه لوبیا تحت تنش شوری تطابق داشت (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱b). کاهش درصد جوانه‌زنی در لوبیا چیتی تحت شوری می‌تواند با تأثیر تنش بر نفوذپذیری غشا، افزایش تنفس بذر و کاهش انرژی اولیه ضروری بذر برای جوانه‌زنی ارتباط داشته باشد (نظری و همکاران، ۱۳۹۹). علاوه‌براین، کاهش سرعت جوانه‌زنی همراه با تشدید تنش شوری در این پژوهش می‌تواند به دلیل تنش خشکی

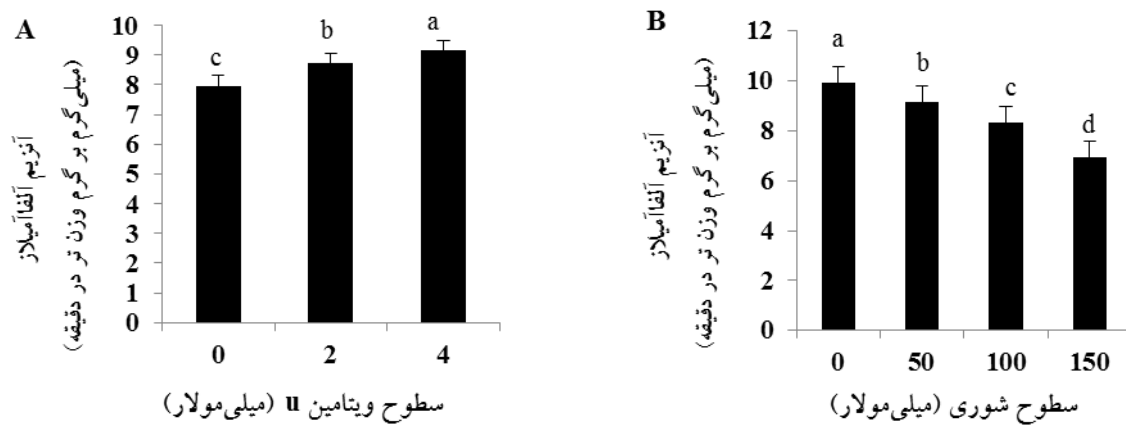
بیش‌ترین فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز (۹/۹۴۰ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در دقیقه) در سطح بدون شوری (شاهد) به دست آمد (شکل ۲).

#### بحث

در این تحقیق، سرعت جوانه‌زنی تحت تنش شوری کاهش و میانگین مدت جوانه‌زنی افزایش یافت، که با نتایج سعادت و



شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات ساده ویتامین U (A) و شوری (B) بر روی میانگین مدت جوانه‌زنی در لوبیا. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده ویتامین U (A) و شوری (B) بر روی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز در لوبیا. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر حسب آزمون دانکن است.

خارجی و نشت مواد الکترولیت از سلول‌های گیاهی بر کارایی غشای سلولی و پایداری غشای پلاسمایی اثر سوء گذاشته و باعث کاهش میانگین مدت جوانه‌زنی در بذرهای می‌گردد (عیسوند و مداح عارفی، ۱۳۸۶). میانگین مدت جوانه‌زنی در طول پرایمینگ با ویتامین U در این پژوهش کاهش یافت و آن می‌تواند به دلیل افزایش سرعت تقسیم سلولی در بذرهای پرایم شده باشد. که در اثر سنتز DNA، RNA و ساخت پروتئین در طول پرایمینگ بذر تعداد زیاد از مراحل فیزیولوژیکی در طول جوانه‌زنی کامل شده و بذر می‌تواند جوانه بزند (Foti *et al.*, 2008). علاوه بر این، در طول پرایمینگ بذر، بر اثر آنزیم‌ها، پروتئین‌ها و قندها و واکنش‌های

فیزیولوژیکی باشد در حقیقت، تنش شوری با کاهش جذب آب توسط گیاه لوبیا، علائم خشکی را در گیاه ایجاد می‌کند (Markovic *et al.*, 2022). همچنین، کاهش فعالیت آنزیم آمیلاز گیاه لوبیا چیتی تحت شرایط شوری در این پژوهش یکی از عوامل کاهش شاخص‌های جوانه‌زنی است. پس، افزایش سرعت جوانه‌زنی طی پرایمینگ با ویتامین U تحت تنش شوری می‌تواند به دلیل فعال‌شدن آنزیم آمیلاز در طول دوره جوانه‌زنی باشد. گزارش شده است که پرایمینگ با ویتامین U تحت تنش شوری باعث افزایش سرعت جوانه‌زنی در گیاهچه سویا (مؤمنی، ۱۴۰۱b) و آفتابگردان (سعادت و صدیقی، ۱۴۰۳a) می‌شود. شوری از طریق نفوذ یون‌های

هیدرولیزکننده شکسته می‌شوند و در فرآیند جوانه‌زنی استفاده می‌شوند. این اوامر میانگین مدت جوانه‌زنی را طی پرایمینگ کاهش می‌دهد (Bittencourt *et al.*, 2005). طبق تحقیق‌ها پرایمینگ با ویتامین U میانگین مدت جوانه‌زنی تحت تنش شوری در گیاهان مختلف کاهش می‌دهد (مؤمنی، ۱۴۰۱b؛ سعادت و صدقی، ۱۴۰۳a). افزایش میانگین مدت جوانه‌زنی تحت تنش شوری در گیاه لوبیا (سعادت و همکاران، ۱۴۰۱b)، گیاه نخود (سعادت و همکاران، ۱۴۰۳b) و برنج (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲) و کاهش آن طی انواع پرایمینگ گزارش شده است.

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز برای حفظ تعادل بین تولید گونه‌های فعال اکسیژن و تخریب آن مورد نیاز هستند (Noreen *et al.*, 2021). گونه‌های فعال اکسیژن، با ایجاد تنش اکسیداتیو و افزایش پراکسیداسیون لیپیدی به سلول‌های گیاهی آسیب وارد می‌کنند (Mansoor *et al.*, 2022). القای آنزیم‌های جاروب‌کننده گونه‌های فعال اکسیژن مرسوم‌ترین روش سم‌زدایی گونه‌های فعال اکسیژن است که در طول پاسخ تنش شوری تولید می‌شوند تا آسیب اکسیداتیو سلول‌ها را محدود کنند (Bin-Jumah *et al.*, 2021). آنزیم سوپراکسید دیسموتاز ابتدا رادیکال سوپراکسید درون سلولی را به پراکسید هیدروژن تبدیل کرده و پراکسید هیدروژن تولیدشده از سم‌زدایی توسط کاتالاز به مولکول آب و اکسیژن تجزیه شده و سمیت آن متوقف می‌شود (Hasanuzzaman *et al.*, 2020). فعالیت آنزیم کاتالاز در جهت فعالیت آنزیم پراکسیداز است. طبق تحقیقات، کاتالاز از مهم‌ترین آنزیم‌های مهارکننده پراکسید هیدروژن در تحت شوری به حساب می‌آید (Gomes *et al.*, 2024). در این تحقیق، نتایج نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت اندازه‌گیری شده در تیمارهای مختلف اعمال شده، از یک الگوی مشابه پیروی می‌کند. به طوری که تحت تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز نسبت به شاهد (بدون شوری) به طور معنی‌داری افزایش یافت. در این راستا، در گیاهان بدون تنش

که از بذره‌های پرایم‌شده با آب مقطر رشد کرده بودند، فعالیت این آنزیم‌ها نسبت به سطوح مختلف شوری کمتر بود که نشانگر کاهش تولید پراکسید هیدروژن در گیاهچه‌های لوبیا است. از طرف دیگر فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاهچه‌های تحت تنش شوری رشد یافته از بذره‌های پرایم‌شده با ویتامین U ۲ و ۴ میلی‌مولار کاهش یافت و فعالیت این آنزیم‌ها عمدتاً در گیاهچه‌های رشد یافته از بذره‌های پرایم‌شده با آب مقطر بیشتر از فعالیت آن‌ها در پرایمینگ ویتامین U ۲ و ۴ میلی‌مولار بود. کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت تحت پرایمینگ بذر می‌تواند به دلیل آسیب رسیدن به سنتز RNA باشد (Shaban, 2013) همچنین، کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در بذر موجب پایین آمدن ظرفیت تنفسی شده که به دنبال آن میزان انرژی (ATP) و مواد ضروری برای جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد. تحقیقات نشان داده است که تنش شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز در گیاه سویا و لوبیا می‌شود (Saadat and Sedghi, 2024; Saadat *et al.*, 2023). همچنین، افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از جمله کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز طی تنش شوری و کاهش این آنزیم‌ها طی پرایمینگ با ویتامین U توسط مؤمنی و همکاران (۱۴۰۱a) روی گیاه سویا گزارش شده است، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

در این تحقیق، شوری فعالیت آنزیم آمیلاز را کاهش داد، که این امر، هیدرولیز مواد ذخیره‌ای را محدود می‌کند. ولی پرایمینگ بذر با ویتامین U، این جلوگیری از فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز از بین برده و جوانه‌زنی تحت تنش شوری انجام گرفت. به عبارتی، شوری از طریق تجمع املاح مضر و تخریب غشای سلولی، کارایی آنزیم آلفا آمیلاز را کاهش داده و با کاهش میزان فعالیت این آنزیم تأثیر نامطلوب بر فعالیت‌های آنزیمی بذر و جوانه‌زنی آن داشته و در نتیجه سبب کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاه می‌شود (فرهودی و خدارحم‌پور، ۱۳۹۶). بررسی محققان نشان می‌دهد که پرایمینگ از طریق افزایش فعالیت

پرایمینگ با سطوح مختلف ویتامین U به‌ویژه سطح ۴ میلی‌مولار در افزایش قابلیت جوانه‌زنی و همچنین مقابله با تنش شوری، در صفات میانگین مدت جوانه‌زنی مؤثرتر از هیدرو پرایمینگ عمل کرده و اثرات سوء حاصل از تنش شوری را کاهش داد. همچنین، پرایمینگ بذر لوبیا چیتی با ویتامین U روند کاهشی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت را در پی داشت. بنابراین، اعمال پرایمینگ با سطوح مختلف ویتامین U برای مقابله و کاهش اثرات نامطلوب ناشی از تنش شوری در برخی صفات جوانه‌زنی بذر لوبیا چیتی قابل توصیه است.

آنزیم‌های آمیلاز و تبدیل مواد اندوخت‌های به مواد انتقالی، موجب افزایش جوانه‌زنی در گیاه می‌شود (Li et al., 2017). نتایج پژوهشی نشان داد که میزان آلفا آمیلاز طی پرایمینگ تحت تنش شوری در گیاهچه برنج افزایش یافت (سعادت و همکاران، ۱۴۰۲).

### نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر آن است که تنش شوری موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی گیاهچه‌های لوبیا چیتی شد و با افزایش شدت تنش شوری، میزان فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز کاهش و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت افزایش یافت.

### منابع

- امیدی، حشمت، جعفرزاده، لیلا، و نقدی بادی، حسن‌علی (۱۳۹۳). بذر گیاهان دارویی و زراعی. انتشارات دانشگاه شاهد، تهران.
- بیضایی، اسماعیل، دری، حمیدرضا، قنبری، علی‌اکبر، غفاری‌خلیق، حسین، رحمانی قبادی، عطیه، و طاهری‌مازندرانی، منوچهر (۱۳۹۱). صدری، رقم جدید لوبیا چیتی دانه درشت برای کاشت در مناطق معتدل سرد ایران. *نهال و بذر*، ۲۱(۲)، ۳۳۷-۳۳۵.
- DOR: 10.22092/SPIJ.2017.111111
- سعادت، طیبیه، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۱a). تأثیر کیتوزان بر شاخص‌های جوانه‌زنی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) رقم صدری در شرایط تنش شوری. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۹(۲)، ۱۵۱-۱۶۲.
- DOR: 10.29252/yujs.9.2.151
- سعادت، طیبیه، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۱b). تأثیر پرایمینگ با سطوح مختلف کیتوزان، روی برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) تحت تنش شوری. *فن‌آوری تولیدات گیاهی*، ۱۴(۲)، ۷۵-۸۹.
- DOR: 10.22084/PPT.2023.26100.2075
- سعادت، هانیه، سلطانی، الیاس، و صدقی، محمد (۱۴۰۲). تأثیر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهچه‌های برنج (*Oryza sativa* L.) تحت تنش شوری. *فرآیند و کارکرد گیاهی*، ۱۲(۵۴)، ۲۳۹-۲۵۸.
- <http://jispp.iut.ac.ir/article-1-1728-fa.html>
- سعادت، هانیه، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و فرزانه، سلیم (۱۴۰۱c). اثر پرایمینگ بذر با کیتوزان بر شاخص‌های جوانه‌زنی و صفات بیوشیمیایی لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris* L.) رقم صدری تحت تنش شوری. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۰(۲)، ۲۱-۳۵.
- DOR: 10.61186/yujs.10.2.35
- سعادت، هانیه، و صدقی، محمد (۱۴۰۳a). تأثیر پرایمینگ بذر با ویتامین U روی جوانه‌زنی بذر و خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه آفتابگردان (*Helianthus annuus*) تحت تنش شوری. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۱(۱)، ۱-۲۰.
- DOR: 10.61186/YUJS.11.1.1
- سعادت، هانیه، و صدقی، محمد (۱۴۰۳b). تأثیر پرایمینگ روی شاخص‌های جوانه‌زنی بذر و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گیاهچه نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش شوری. *علوم و تحقیقات بذر ایران*، ۱۱(۱)، ۱۵-۲۹.
- عیسوند، حمید رضا، و مداح عارفی، حسن (۱۳۸۶). بررسی اثر برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی بر کیفیت فیزیولوژیک بذرهای

- پیرشده گیاه *Bromus inermis*. تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۵(۲)، ۱۷۱-۱۵۹.  
DOR: 10.22092/IJRFPGR.2007.114961
- فرهودی، روزبه، و خدارحم پور، زهرا (۱۳۹۶). بررسی جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان ارقام نخود تحت تأثیر تنش شوری. فرآیند و کارکرد گیاهی، ۶(۲۱)، ۹۱-۱۰۲.  
DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.18.0
- مؤمنی، صنم، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و هانیه، سعادت (۱۴۰۱a). اثر پرایمینگ با ویتامین U بر روی فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و هیدرولیتیک بذر سویا تحت تنش شوری. ششمین کنفرانس ملی نوآوری در کشاورزی، علوم دامی و دامپزشکی، تهران، ایران.
- مؤمنی، صنم، صدقی، محمد، سید شریفی، رئوف، و هانیه، سعادت (۱۴۰۱b). اثر پرایمینگ با ویتامین U بر شاخص‌های جوانه‌زنی و رشد گیاهچه سویا تحت تنش شوری، ششمین کنفرانس ملی نوآوری در کشاورزی، علوم دامی و دامپزشکی، تهران، ایران.
- نظری، رکسانا، پارسا، سهیل، توکل افشاری، رضا، و محمودی، سهراب (۱۳۹۹). بررسی اثر پرایمینگ بذر با اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و پراکسیداسیون چربی در بذور زوال‌یافته سویا (*Glycine max* (L.) Merrill, William variety).  
DOR: 10.22034/ijssst.2018.116566.1149. ۵۷-۷۰، ۹(۱).
- Aebi, H. (1984). Catalase in vitro. *Methods in Enzymology*, 105, 121-126. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(84\)05016-3](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(84)05016-3)
- Assefa, T., Mahama, A. A., Brown, A. V., Cannon, E. K. S., Rubyogo, J. C., Rao, I. M., Blair, M. W., & Cannon, S. B. (2019). A review of breeding objectives, genomic resources, and marker-assisted methods in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Molecular Breeding*, 39, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0920-0>
- Bin-Jumah, M., Abdel-Fattah, A. F. M., Saied, E. M., El-Seedi, H. R., & Abdel-Daim, M. M. (2021). Acrylamide-induced peripheral neuropathy: Manifestations, mechanisms, and potential treatment modalities. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 13031-13046. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12287-6>
- Bittencourt, M. L. C., Dias, D. C., Dias, L. A., & Araujo, E. F. (2005). Germination and vigour of primed Asparagus seeds. *Scientia Agricola*, 62(4), 319-324. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162005000400003>
- Doman, D. C., Walker, J. C., Trelease, R. N., & Moore, B. D. (1982). Metabolism of carbohydrate and lipid reserves in germinated cotton seeds. *Planta*, 155(6), 502-510. <https://doi.org/10.1007/BF01607574>
- Duan, S., Al-Huqail, A. A., Alsudays, I. M., Younas, M., Aslam, A., Shahzad, A. N., Qayyum, M. F., Rizwan, M., Hamoud, Y. A., Shaghaleh, H., & Yong, J. W. H. (2024). Effects of biochar types on seed germination, growth, chlorophyll contents, grain yield, sodium, and potassium uptake by wheat (*Triticum aestivum* L.) under salt stress. *BMC Plant Biology*, 24, 487. <https://doi.org/10.1186/s12870-024-05188-0>
- Dutta, P. (2018). Seed priming: New vistas and contemporary perspectives. In: Singapore (eds. Rakshit, A. and Singh, H. B.) Pp. 3-22. Springer Singapore Press. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0032-5_1)
- Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1980). Seed physiology and seed quality in soybean. *Advances in Legume Science*, 287-311.
- Fodorpataki, L., Molnar, K., Tompa, B., & Plugaru, S. R. (2019). Priming with vitamin U enhances cold tolerance of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3), 592-598. <https://doi.org/10.15835/nbha47311433>
- Fodorpataki, Martin, L., & Tompa, B. (2021). Influence of high salinity and S-methylmethionine on some health-promoting metabolic properties of garden rocket leaves. *Studia UBB Chemia*. DOI:10.24193/subbchem.2021.4.28
- Foti, R., Abureni, K., Tigere, A., Gotosa, J., & Gere, J. (2008). The efficacy of different seed priming osmotica on the establishment of maize (*Zea mays* L.) caryopses. *Journal of Arid Environments*, 72, 1127-1130. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.11.008>
- Giannopolitis, C. N., & Ries, S. K. (1977). Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants. *Journal of Plant Physiology*, 59(2), 309-314. <https://doi.org/10.1104/pp.59.2.309>
- Gomes, D. G., Pieretti, J. C., Lange, C. N., de Melo Santana, B., Batista, B. L., Parreira, P. S., Zucareli, C., Seabra, A. B., & Oliveira, H. C. (2024). Seed nanopriming with green-synthesized Cu-based nanoparticles for maize plants with improved tolerance to hydric stress. *ACS Applied Nano Materials* 2024, 7(17), 20058-20070.
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. B., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S. M., Mahmud, J. A., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive oxygen species and antioxidant defense in plants under abiotic stress: revisiting the crucial role of a universal defense regulator. *Antioxidants*, 9(8), 681. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>
- He, A., Ma, Z., Li, Y., Huang, C., Yong, J. W. H., & Huang, J. (2023). Spatiotemporal, physiological and

- transcriptomic dynamics of wild jujube seedlings under saline conditions. *Tree Physiology*, 43, 832-850. <https://doi.org/10.1093/treephys/tpad001>
- Hemeda, H. M., & Klein, B. P. (1990). Effects of naturally occurring antioxidants on peroxidase activity of vegetable extracts. *Journal of Food Science*, 55, 184-185. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1990.tb06048.x>
- Jarrar, H., El-Keblawy, A., Albawab, M., Ghenai, C., & Sheteiwy, M. (2024). Seed priming as a promising technique for sustainable restoration of dryland. *Restoration Ecology*, 32(6), e14182. <https://doi.org/10.1111/rec.14182>
- Khan, M. O., Irfan, M., Muhammad, A., Ullah, I., Nawaz, S., Khalil, M. K., & Ahmad, M. (2022). A practical and economical strategy to mitigate salinity stress through seed priming. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 991977. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.991977>
- Li, Z., Xu, J., Gao, Y., Wang, C., Guo, G., Luo, Y., Huang, Y., Hu, W., Sheteiwy, M. S., & Guan, Y. (2017). The synergistic priming effect of exogenous salicylic acid and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> on chilling tolerance enhancement during maize (*Zea mays* L.) seed germination. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1153. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01153>
- Mansoor, S., Wani, O. A., Lone, J. F., Manhas, S., Kour, N., Alam, P., Ahmad, A., & Ahmad, P. (2022). Reactive oxygen species in plants. *Antioxidants*, 11, 225. <https://doi.org/10.3390/antiox11020225>
- Markovic, M., Sostaric, J., Kojic, A., Popovic, B., Bubalo, A., Bosnjak, D., & Stanisavljevic, A. (2022). Zinnia (*Zinnia elegans* L.) and periwinkle (*Catharanthus roseus* (L.) G. Don) responses to salinity stress. *Water*, 14(7), 1066. <https://doi.org/10.3390/w14071066>
- Masilamani, P., Arulmozhiselvan, K., & Alagesan, A. (2020). Science N: Prospects of biodrainage to mitigate problems of waterlogging and soil salinity in context of India. *Journal of Applied and Natural Science*, 12, 229-243. <https://doi.org/10.31018/jans.vi.2285>
- Miret, J. A., & Munne-Bosch, S. (2014). Plant amino acid-derived vitamins: Biosynthesis and function. *Amino Acids*, 46(4), 809-824. <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1653-3>
- Nikolic, N., Ghirardelli, A., Schiavon, M., & Masin, R. (2023). Effects of the salinity-temperature interaction on seed germination and early seedling development: A comparative study of crop and weed species. *BMC Plant Biology*, 23, 446. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04465-8>
- Noreen, S., Sultan, M., Akhter, M. S., Shah, K. H., Ummara, U., Manzoor, H., Ulfat, M., Alyemeni, M. N., & Ahmad, P. (2021). Foliar fertigation of ascorbic acid and zinc improves growth, antioxidant enzyme activity and harvest index in barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under salt stress. *Plant Physiology and Biochemistry*, 158, 244-254. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.03.045>
- Paparella, S., Araujo, S. S., Rossi, G., Wijayasinghe, M., Carbonera, D., & Balestrazzi, A. (2015). Seed priming: State of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34(8), 1281-1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>
- Saadat, H., & Sedghi, M. (2024). The effect of seed priming with chitosan on the improvement of physiological and biochemical traits of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) under salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 71, 187. <https://doi.org/10.1134/S1021443724605858>
- Saadat, H., Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., & Farzaneh, S. (2023). Expression of gibberellin synthesis genes and antioxidant capacity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Sadri) seeds induced by chitosan under salinity. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 13(4), 4715-4728. <https://doi.org/10.30495/IJPP.2023.1978837.1460>
- Sairam, R. K., Rao, K. V., & Srivastava, G. C. (2002). Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science*, 163, 1037-1046. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00278-9](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00278-9)
- Shaban, M. (2013). Review on physiological aspects of seed deterioration. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 6, 627-831.
- Sheikhalipour, M., Kulak, M., Mohammadi, S. M., Esmailpour, B., Nouraein, M., Kocak, M. Z., Farajzadeh, S. M., Gohari, G., Fotopoulos, V., & Federico Vita, F. (2024). Foliar application of either melatonin or sodium nitroprusside regulates the antioxidant status, and the morpho-physiological attributes and essential oil production in sage (*Salvia officinalis* L.) under salinity stress. *Scientia Horticulturae*, 323(1), 112526. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2023.112526>
- Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203, 32-43. <https://doi.org/10.1111/nph.17074>
- Waqas, M., Korres, N. E., Khan, M. D., Nizami, A., Deeba, F., Ali, I., & Hussain, H. (2019). Advances in the concept and methods of seed priming. In: Singapore (eds. Fotopoulos, V. and Hasanuzzaman, M.) Pp. 11-41. Springer Singapore Press. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2)
- Wondimu, W. G., & Tana, T. (2017). Yield response of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties to combined application of nitrogen and phosphorus fertilizers at Mechara, Eastern Ethiopia. *Journal of Plant Biology and Soil Health*, 4(2), 1-7.

## Effect of seed priming with vitamin U on germination indices and antioxidant enzyme activity of French Bean (cv. Sadri) under salt stress

Leyla Sedighi, Mohammad Sedghi\*, Raouf Seyed Sharifi and Haniyeh Saadat

Agriculture Department, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran

### Abstract

In order to investigate the effect of seed priming with vitamin U on germination indices and antioxidant enzyme activity of French Bean under salt stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the Agronomy Laboratory of the Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili in 2024. The treatments included four levels of salinity (0, 50, 100, 150 mM) and three levels of vitamin U (0, 2, 4 mM). The results showed that salinity stress reduced Germination Rate (GR). But priming with different levels vitamin U, especially the 4 mM level, improved these traits. The highest mean germination time was observed at 150 mM salinity. The activities of catalase, peroxidase, and superoxide dismutase enzymes in the application of vitamin U 4 mM and the control showed a decrease of about 59%, 46%, and 49%, respectively, compared to hydropriming and 150 mM salinity. Also, the alpha-amylase enzyme activity in priming with vitamin U 4 mM compared to the the control (distilled water) showed an increase of about 13%. The results of this research showed that french bean seed priming with vitamin U at a concentration of 4 mM is the most effective method to improve the germination of seedlings, and reduce the harmful effects of salinity on some traits in french bean seedlings and improve seedling growth by stimulating antioxidant enzymes.

**Keywords:** Alpha amylase, Catalase, Germination rate, Sodium chloride, Superoxide dismutase

Received: Apr. 17, 2025; Revised: Jul. 30, 2025; Accepted: Aug. 19, 2025; Published Online: May. 02, 2026

\*Corresponding Author: m\_sedghi@uma.ac.ir



Copyright © 2025 Iranian Society of Plant Physiology, Published by Isfahan University of Technology press. This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial 4.0 International license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>). Non-commercial uses of the work are permitted, provided the original work is properly cited.