# اثر هیدروپرایمینگ، اسموپرایمینگ و هورمون‌پرایمینگ بر جوانه‌زنی و فیزیولوژی بذر لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*) تحت تنش کادمیوم

**خدیجه صورآذر[1*]، محمد صدقی[2]، رئوف سیدشریفی[2]**

[1]دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته علوم و تکنولوژی بذر، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

[2]استاد گروه علوم و مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۰

**چکیده**

به‌منظور بررسی اثر انواع روش‌های پرایمینگ بر صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهچه لوبیا قرمز تحت تنش کلریدکادمیوم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی در سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل سه سطح کلریدکادمیوم (صفر (شاهد)، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و چهار سطح پرایمینگ (شاهد (عدم پرایمینگ)، آب مقطر، مانیتول و اسیدسالیسیلیک هر کدام با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به مدت ۱۲ ساعت بودند. نتایج آزمایش نشان داد که پرایمینگ با اسیدسالیسیلیک موجب افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی به میزان ۳ تا ٦١ درصد تحت تنش ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلریدکادمیوم در مقایسه با تیمار شاهد شد. همچنین اثر متقابل اسیدسالیسیلیک و کلریدکادمیوم ۱۰۰ سبب افزایش بنیه طولی و وزنی بذر لوبیا قرمز به میزان ٤٢ تا ١٦٠ درصد، وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه به میزان ۳۰ تا ٤٠٠ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. بنابراین پرایمینگ با اسیدسالیسیلیک بهترین روش برای افزایش و بهبود رشد لوبیا قرمز در شرایط عدم تنش و تنش کلریدکادمیوم می‌باشد.

***واژه‌های کلیدی***: اسیدسالیسیلیک، بنیه بذر، جوانه‌زنی، کلریدکادمیوم

**مقدمه**

حبوبات از جمله لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌دلیل ارزش غذایی بالا (سرشار از پروتئین، مواد معدنی و فیبر) از مهم‌ترین محصولات کشاورزی است که مورد تغذیه انسان قرار دارد (Smith et al., 2019). با توجه به این‌که بیشترین سطح زیر کشت و تولید در جهان در بین حبوبات به لوبیا تعلق دارد، لازم است در زمان جوانه‌زنی و استقرار آن از تنش‌های محیطی دور باشد تا موجب کاهش عملکرد لوبیا نگردد (Rady et al., 2019). یکی از تنش‌های مهمی که امروزه موجب کاهش عملکرد محصولات کشاورزی می‌شود فلزات سنگین است. کادمیوم یک فلز سنگین سمی است که به‌طور طبیعی در محیط زیست وجود دارد و همچنین از طریق منابع مختلف انسانی تولید شده و به‌عنوان آلاینده عمل می‌کند (Shiyu et al., 2020). کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه، کاهش عملکرد و اختلال در جذب مواد معدنی از جمله گوگرد و نیتروژن از اثرات مضر کادمیوم در محصولات کشاورزی است که در پژوهش‌های محققان به آن اشاره شده است (Chowardhara et al., 2020). کادمیوم به راحتی جذب و موجب آسیب شدید به گیاهان می‌گردد

*نویسنده مسئول: ksourazar@yahoo.com

(Huang et al., 2017). با این‌حال، گیاهان دارای مکانیسم متحمل به کادمیوم، از جمله جذب کادمیوم محدود، کاهش جابجایی ریشه به ساقه، فعالیت آنزیم‌های تقویت شده آنتی‌اکسیدان و افزایش تولید فیتوکلاتین‌ها هستند (Shiyu et al., 2020).

جوانه‌زنی بذر یکی از مهم‌ترین مراحل رشد و نمو گیاه است و می‌تواند در اثر سمیت فلزات سنگین تغییر کند. تاثیر فلزات سنگین بر ساختار مورفولوژیک و آناتومیک پوشش‌های بذر در گونه‌های مختلف گیاهان متفاوت است که به‌دلیل خصوصیات متفاوت این گیاهان در نفوذ فلزات به غشای بذر و بافت‌های جنینی آن است (Márquez-Garcia et al., 2013). با توجه به گزارش کوسکوسیدیس و همکاران (Koskosidis et al., 2020) در صورتی که بذر بتواند از مرحله جوانه‌زنی در شرایط تنش عبور کند، گیاهچه آن برای ادامه رشد توانایی بالاتری در جهت تحمل این شرایط به‌دست خواهد آورد. یکی از روش‌هایی مقرون به صرفه و در عین حال کارا که موجب می‌شود جوانه‌زنی در شرایط تنش بهبود یابد، پرایمینگ می‌باشد (Acharya et al., 2020). در واقع پرایمینگ شرایطی برای بذر به‌وجود می‌آورد که در مواجهه با تنش و وضعیت اکولوژی محیط، بتواند از نظر فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی آمادگی جوانه‌زنی را داشته باشد (Moreno et al., 2018). در پرایمینگ جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد و فقط برخی از فرآیندهای فیزیولوژی جوانه‌زنی مانند فعال شدن آنزیم‌ها، هورمون‌ها و تجزیه مواد غذایی در بذر رخ می‌دهد (Halmer, 2004). پرایمینگ سبب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی می‌شود و این آنزیم‌ها موجب کاهش پراکسیداسیون لیپید در طی جوانه-زنی می‌گردد (Farooq et al., 2007).

هیدروپرایمینگ یک روش ارزان و ساده برای بهبود تحمل تنش برای گیاهان است که در این روش بذور در آب مقطر به همراه هوادهی تا مدت زمان معینی جهت القای فعالیت‌های متابولیکی قبل از جوانه‌زنی و بدون اینکه جوانه‌زنی واقعی آغاز شود، خیسانده می‌شوند و متعاقباً بذور از طریق خشک کردن مناسب در زیر سایه به وزن اصلی خود برگردانیده می‌شوند (Jisha et al., 2013). اسموپرایمینگ، نوع خاصی از آماده‌سازی پیش از کاشت بذور می‌باشد که از طریق خیساندن بذور در محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی پایین حاوی مواد شیمیایی مختلفی نظیر پتاسیم دی‌هیدروژن فسفات، پلی اتیلن گلایکول، مانیتول و دیگر ترکیبات شیمیایی با وزن مولکولی بالا صورت می‌گیرد (Jisha et al., 2013). اسیدسالیسیلیک به‌عنوان پیش‌تیمار برای افزایش جوانه‌زنی بذرها استفاده می‌شود. اسیدسالیسیلیک یک ترکیب فنلی و هورمونی می‌باشد که به‌عنوان تنظیم‌کننده رشد داخلی گیاه نقش مهمی در مکانیزم‌های دفاعی در برابر تنش‌های محیطی انجام می‌دهد (Zalai et al., 2000). محققان گزارش داده‌اند که استفاده از اسیدسالیسیلیک جوانه‌زنی در لوبیا را در شرایط تنش فلزات سنگین افزایش داده است، همچنین رشد ریشه گیاهچه، وزن خشک گیاهچه لوبیا نسبت به شاهد (بدون اسیدسالیسیلیک) افزایش یافت (Nouairi et al., 2019; Gul et al., 2020; Wael et al., 2015). همچنین در گزارش محققان کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدسالیسیلک نتایج بهتری نسبت به سایر غلظت‌های اسیدسالیسیلیک داشت (Eftekhar et al., 2019). با توجه به اهمیت و نیاز کشور برای تامین پروتئین از طریق تولید حبوبات و افزایش آلودگی فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، با کاربرد پرایمینگ در جهت بردباری و تحمل گیاه لوبیا قرمز در برابر فلز سنگین کلریدکادمیوم این پژوهش انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال ۱۳۹۸ در آزمایشگاه علوم و تکنولوژی بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی به‌صورت فاکتوریل در قالب کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل سه سطح کلریدکادمیوم (صفر (شاهد)، کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و چهار سطح پرایمینگ (عدم پرایمینگ به‌عنوان شاهد، پرایمینگ با آب مقطر (هیدروپرایمینگ)، مانیتول (اسموپرایمینگ) و اسیدسالیسیلیک (هورمون‌پرایمینگ) هر کدام با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) بودند. به‌منظور اعمال پیش‌تیمارها، بذور لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) درون اسیدسالیسیلیک، مانیتول و آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت قرار داده شدند. سپس، بذور از محلول استاندارد خارج شدند و پس از شستشو با آب مقطر (دو مرتبه) در دمای آزمایشگاه خشک شدند. بذور پرایم شده در ظروف پلاستیکی مخصوص کشت به ابعاد ۱۱/۵×۹/۵×۲/۵ سانتی‌متر به تعداد ۲۵ عدد در هر ظرف بین کاغذ صافی کشت شدند. سپس مقدار ۵ میلی‌لیتر از محلول کلریدکادمیوم با غلظت‌های صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر به محیط اضافه شدند (برای تیمار شاهد نیز از آب مقطر استفاد گردید). در نهایت ظروف کشت در ژرمیناتور در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به‌مدت ۹ روز نگهداری شدند (ISTA, 2009). شمارش بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه انجام شد و در صورت نیاز به محیط آب مقطر اضافه گردید. معیار جوانه‌زنی، خروج ریشه‌چه به اندازه ۲ میلی‌متر بود (Soltani et al., 2001). زمانی‌که تعداد بذور جوانه‌زده در بستر کشت در طول ۳ روز متوالی هیچ تغییری نکرد و ثابت ماند، شمارش متوقف و نتیجه شمارش نهایی به‌عنوان درصد جوانه‌زنی در نظر گرفته شد (ISTA, 2009). برای برآورد شاخص‌های جوانه‌زنی (درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، یکنواختی جوانه‌زنی و متوسط زمان جوانه‌زنی) از برنامه Germin استفاده گردید (Soltani et al., 2001). پس از اتمام مراحل جوانه‌زنی گیاهچه (روز نهم) طول ریشه‌چه و ساقه‌چه با استفاده از خط کش مندرج همچنین، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه با ترازوی حساس در دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد. شاخص‌های بنیه بذر نیز با استفاده از روابط زیر به‌دست آمد (رابطه‌های ۱ و ۲) (Agrawal, 2018).

رابطه ۱: بنیه طولی بذر = درصد جوانه‌زنی × طول گیاهچه (میلی‌متر)

رابطه ۲: بنیه وزنی بذر = درصد جوانه‌زنی × وزن خشک گیاهچه (گرم)

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.4 و SPSS18 انجام و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اجرا گردید. جهت ترسیم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2018 استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر غلظت‌های مختلف کلریدکادمیوم، انواع پرایمینگ و اثر متقابل آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، بنیه طولی بذر، بنیه وزنی بذر، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. با این‌حال، اثر متقابل پرایمینگ و کلریدکادمیوم بر صفات متوسط زمان جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه معنی دار نبود و در صفت یکنواختی جوانه‌زنی تنها تنش (کلریدکادمیوم) تاثیر معنی‌دار داشت (جدول ۱).

**درصد و سرعت جوانه‌زنی**: آب مقطر و اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش ناشی از ۱۰۰ میلی‌گرم کلریدکادمیوم موجب افزایش درصد جوانه‌زنی در مقایسه با تیمار شاهد و مانیتول در شرایط تنش ۱۰۰ میلی‌گرم کلریدکادمیوم شدند، اما پیش‌تیمار بذور لوبیا قرمز با مانیتول به مدت ۱۲ ساعت برخلاف تیمار شاهد، اسیدسالیسیلیک و آب مقطر در شرایط

تنش ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلریدکادمیوم از خود مقاومت نشان داد و موجب افزایش حدود ۳ درصد جوانه‌زنی شد. در واقع درصد جوانه‌زنی در شرایط تنش ناشی از کلریدکادمیوم در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم به‌ترتیب در تیمار اسیدسالیسیلیک و آب مقطر (۱۰۰ درصد) و مانیتول (۹۶ درصد) بود (جدول ۲). همچنین پیش‌تیمار بذور لوبیا قرمز با اسیدسالیسیلیک به مدت ۱۲ ساعت در دمای آزمایشگاه موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی شد، در واقع اسیدسالیسیلیک حدود ۵۷/۳ درصد سرعت جوانه‌زنی بذور لوبیا قرمز را در مقایسه با تیمار شاهد ارتقا داد، همچنین اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش ناشی از ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر کلریدکادمیوم موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی به میزان ۶۹/۲ و ۶۸/۸ درصد در مقایسه با تیمار شاهد شد. مانیتول و آب مقطر نیز موجب افزایش ۲۲ تا ۲۵ درصد سرعت جوانه‌زنی نسبت به تیمار شاهد شدند، لذا استفاده از روش پرایمینگ موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی لوبیا قرمز شد و عنصر فلز کادمیوم با افزایش غلظت موجب کاهش سرعت جوانه‌زنی لوبیا قرمز گردید (جدول ۲) که به احتمال زیاد کادمیوم در گیاهان باعث عدم توازن جذب آب، مهار رشد و اختلال در جوانه‌زنی شد. تاثیر موثر پرایمینگ بر جوانه‌زنی بذور ممکن است به افزایش فعالیت آنزیم اندو بتاماناز مربوط شود که موجب تضعیف دیواره سلولی و بهبود ظهور ریشه‌چه می‌گردد. روش‌های مختلف پرایمینگ موجب افزایش فعالیت‌های آنزیم‌های هیدرولیزی شده و به‌دلیل قابلیت دسترسی آسان گیاهچه به موادغذایی در طول جوانه‌زنی، بذور پرایمینگ شده از توانایی بالا در تکمیل فرآیند جوانه‌زنی در زمان کوتاه‌تر برخوردار می‌گردند (Babaei Qaqlstany et al., 2016). به‌طور مشابه گزارش شده است که پرایمینگ با اسیدسالیسیلیک سبب افزایش سرعت جوانه‌زنی، وزن خشک گیاهچه و وزن مخصوص برگ گلرنگ تحت تنش کلریدکلسیم شد (Jam et al., 2012). همچنین در تحقیق دیگری بیان‌شده که کادمیوم سرعت جوانه‌زنی بذر لوبیا را کاهش داد که به‌نظر می‌رسد کادمیوم موجب تخریب غشای سلولی شده و مرحله جوانه‌زنی را مختل نموده است (Bahmani et al., 2012) که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

**جدول ۱:** تجزیه واریانس اثر پرایمینگ و کلریدکادمیوم بر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های فیزیوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه لوبیا قرمز

| منبع تغییرات | درجه آزادی | درصد جوانه‌زنی | سرعت جوانه‌زنی | یکنواختی جوانه‌زنی | متوسط زمان جوانه‌زنی | طولی بذر بینه | وزنی بذر بینه | طول ریشه‌چه | طول ساقه‌چه | وزن خشک ریشه‌چه | وزن خشک ساقه‌چه |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| پرایمینگ (P) | ۳ | ۶/۲۹** | ۰/۰۱۸** | ۱/۸۷ns | ۵/۲۸** | ۷۱۹۹۳/۶** | ۰/۴۹** | ۲/۰۴** | ۱/۶۳** | -۵** ۱/۴۲۱E | -۵** ۱/۱۶۷E |
| تنش کلرید کادمیوم (S) | ۲ | ۸۰/۴۴** | ۰/۰۰۲** | ۳/۱۸* | ۲/۶۱** | ۱۳۱۲۰۹/۴** | ۰/۳۹** | ۱/۱۲** | ۴/۴۸** | -۶** ۲/۲۳۰E | -۵** ۱/۸۲۵E |
| P*S | ۶ | ۶/۰۷** | ۰/۰۰** | ۰/۱۹ ns | ۰/۱۹۴ns | ۱۹۰۲/۰۵** | ۰/۰۲۴** | ۰/۰۲ ns | ۰/۱۴۶** | -۷** ۳/۱۶۷E | -۶** ۱/۴۱۷E |
| خطا | ۲۴ | ۰/۷۷ | ۳/۰۰۰E-۶ | ۰/۸۷ | ۰/۱۹۲ | ۳۳۳/۰۲۶ | ۰/۰۰۳ | ۰/۰۱۳ | ۰/۰۰۱ | ۳/۳۳۳E-۹ | ۲/۱۳۳E-۷ |
| CV (%) | - | ۰/۰۰۹ | ۰/۰۰۷۸ | ۱۵/۱۷ | ۹/۹۶ | ۰/۰۳ | ۰/۰۸۱ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۴۳ | ۰/۰۲۷ | ۰/۰۹۶ |

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

**جدول ۲:** مقایسه میانگین اثر متقابل پرایمینگ و کلریدکادمیوم بر صفات جوانه‌زنی و شاخص‌های فیزیوژیکی و بیوشیمیایی گیاهچه لوبیا قرمز

| تیمارهای پرایمینگ | تیمارهای کلرید کادمیوم | جوانه زنی (٪) | سرعت جوانه‌رنی (بذر در روز) | بنیه طولی بذر | بنیه وزنی بذر | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) | وزن خشک ریشه‌چه (گرم) | وزن خشک ساقه‌چه (گرم) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد (بدون پرایمینگ) | صفر | ۹۸/٦٦ a | ۰/۱۸۳ h | ۵۸۷/۵ d | ۰/۵۲۳ d | ۳/۷٦ f | ۰/۰۰۱ d | ۰/۰۰٤۳ d |
| | ۱۰۰ | ۹٦/٦٦ b | ۰/۱٦۹ i | ۵۱۱/۸ e | ۰/۳۹٦ e | ۳/۲٤ h | ۰/۰۰۰۸ e | ۰/۰۰۳۳ e |
| | ۲۰۰ | ۹۳/٦٦ c | ۰/۱۵۱ j | ۳۸٦/۳ f | ۰/۲۸۱ f | ۲/۵۱ k | ۰/۰۰۰۷ f | ۰/۰۰۲۳ f |
| هیدروپرایمینگ | صفر | ۱۰۰ a | ۰/۲۲۹ c | ۷۳۷/۳ b | ۰/۷۳ c | ٤/۳۲ c | ۰/۰۰۲ c | ۰/۰۰۵۳ c |
| | ۱۰۰ | ۱۰۰ a | ۰/۲۲٤ d | ۵۸٤/۳ d | ۰/۵۳ d | ۳/۱۲ i | ۰/۰۰۱ d | ۰/۰۰٤۳ d |
| | ۲۰۰ | ۹٤/٦٦ c | ۰/۲۲۱ e | ۵۱۸/۲ e | ۰/٤۹۲ d | ۲/۹۹ j | ۰/۰۰۰۹ d | ۰/۰۰٤۳ d |
| اسموپرایمینگ | صفر | ۱۰۰ a | ۰/۲۲۵ d | ۷٦۲/۳ ab | ۱/۰۳ b | ٤/۵ b | ۰/۰۰۳ b | ۰/۰۰۷۳ a |
| | ۱۰۰ | ۹٦/٦٦ b | ۰/۲۲۱ f | ۹٦۵/٤ c | ۰/۷ c | ٤/۱ e | ۰/۰۰۲ c | ۰/۰۰۵۳ c |
| | ۲۰۰ | ۹٦/٦٦ b | ۰/۲۰۵ g | ۵٦٦/۹ d | ۰/۵۱۲ d | ۳/۲۲ h | ۰/۰۰۲ c | ۰/۰۰۳۳ e |
| هورمون‌پرایمینگ | صفر | ۱۰۰ a | ۰/۲۸۸ a | ۷۸۳/۳ a | ۱/۱۳ a | ٤/۵۵ a | ۰/۰۰٤ a | ۰/۰۰۷۳ a |
| | ۱۰۰ | ۱۰۰ a | ۰/۲۸٦ a | ۷۳۰/۳ b | ۱/۰۳ b | ٤/۲۲ d | ۰/۰۰٤ a | ۰/۰۰٦۳ b |
| | ۲۰۰ | ۹۳/٦٦ c | ۰/۲۵۵ b | ۵٦٦/۱ d | ۰/٦٤ c | ۳/۵۲ g | ۰/۰۰۳ b | ۰/۰۰٤۳ d |

میانگین‌های با حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

**یکنواختی و متوسط زمان جوانه:** نتایج جدول ٤ نشان داد که افزایش سطوح تنش سبب افزایش میانگین عدد یکنواختی جوانه‌زنی گردید، به‌عبارت دیگر با افزایش غلظت تنش، یکنواختی کمتری در جوانه‌زنی بذور مشاهده شد (جدول ۳). نتایج مشابهی در تحقیقات پرمون و همکاران (Permon et al., 2013) نیز مشاهده شد، آن‌ها در این راستا گزارش دادند که افزایش غلظت فلزات سنگین کاهش یکنواختی جوانه‌زنی (افزایش عدد یکنواختی) را به همراه دارد. اسیدسالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار متوسط زمان جوانه‌زنی شد به‌طوری‌که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان متوسط زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب در پیش‌تیمار با اسیدسالیسلیک (۵/۵ روز) و آب مقطر (۳/۷ روز) مشاهده گردید (جدول ۳). آرمین و همکاران (Armin et al., 2010) گزارش کردند که پرایمینگ از طریق کاهش مدت زمان لازم برای جذب آب، موجب کاهش زمان جوانه‌زنی و خروج سریع‌تر ریشه‌چه می‌گردد و در نتیجه آن، فرآیند جوانه‌زنی و ظهور گیاهچه بهبود می‌یابد. در تحقیقی مشابه، افضل و همکاران (Afzal et al., 2008) گزارش کردند که هیدروپرایمینگ سبب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی در گیاه ذرت شد. همچنین با توجه به جدول ۳ کلریدکادمیوم متوسط زمان جوانه‌زنی بذور لوبیا قرمز را افزایش داد. بذور برای آغاز فعالیت‌های خود و شروع جوانه‌زنی نیاز به آب دارد با این‌حال اگر بذر نتواند به‌اندازه‌ی کافی آب جذب کند یا جذب آب به کندی صورت پذیرد، مدت زمان لازم برای خروج ریشه‌چه نیز افزایش می‌یابد و در نهایت مانع از فعالیت آلفا–آمیلاز می‌گردد (Babaei Qaqlstany et al., 2016) که با نتایج حاصل از تحقیق موسوی و همکاران (Mousavi et al., 2018) بر گیاه کلزا مطابقت دارد.

**جدول۳:** مقایسه میانگین اثر اصلی انواع پرایمینگ بر صفات فیزیولوژیکی بذر لوبیا قرمز.

| تیمارهای پرایمینگ | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) |
|---|---|---|
| شاهد (بدون پرایمینگ) | ٤/١٧٥ a | ١/٩٤ c |
| هیدروپرایمینگ | ٣/٧٤٥ a | ٢/٧٤ b |
| اسموپرایمینگ | ٤/١٥٥ a | ٢/٩٤ a |
| هورمون‌پرایمینگ | ٥/٥٠٥ b | ٢/٩٥ a |

میانگین‌های با حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

**بنیه وزنی و طولی بذر:** مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثر متقابل پرایمینگ و کادمیوم (جدول ۲) بر بنیه وزنی و طولی بذر لوبیا قرمز نشان داد که کاربرد غلظت‌های مختلف کلریدکادمیوم میزان بنیه وزنی و طولی بذر لوبیا قرمز را به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد کاهش داد و با افزایش غلظت کلریدکادمیوم از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بنیه وزنی و طولی بذر به‌طور قابل چشم‌گیری کاهش یافت که با اعمال انواع روش‌های پرایمینگ بنیه وزنی و طولی بذور لوبیا قرمز در مقایسه با تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) افزایش یافت. به‌طور کلی بیش‌ترین بنیه وزنی بذر لوبیا قرمز در تیمار اسیدسالیسیلیک برابر ۱/۱۳ بود که حدود ۱۱٦ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد (عدم پرایمینگ) و ۹/۷ تا ٥٤/۷ درصد نسبت به تیمارمانیتول و آب مقطر نشان داد. با کاربرد کلریدکادمیوم بنیه وزنی بذر لوبیا قرمز نسبت به تیمار شاهد (عدم تنش) کاهش یافت، به‌طوری‌که با افزایش غلظت کلریدکادمیوم از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیز بنیه وزنی بذر لوبیا قرمز به‌طور معنی‌داری از لحاظ آماری کاهش یافت. به‌طور کلی کاربرد ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلریدکادمیوم به‌ترتیب حدود ۳۲ تا ۸٦ درصد در مقایسه با تیمار شاهد (عدم کاربرد کلریدکادمیوم) بنیه وزنی بذر لوبیا قرمز را کاهش داد. همچنین مانیتول در شرایط تنش ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلریدکادمیوم به‌طور قابل توجهی منجر به افزایش بنیه طولی لوبیا قرمز شد که میانگین آن برابر با ۹٦٥/٤ بود (جدول ۲). با توجه به نتایج این تحقیق به‌نظر می‌رسد که کلریدکادمیوم به همراه آب سریع به داخل بذر نفوذ کرده و موجب اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیک لوبیا قرمز شده و در نهایت از رشد گیاهچه ممانعت می‌نماید. در پژوهشی مشابه شریعتمداری و همکاران (Shariatmadari et al., 2018) گزارش کردند که هیدروپرایمینگ موجب افزایش بنیه طولی و وزنی بذور نخود در شرایط عدم تنش و تنش ناش از خشکی شد. در این راستا آنها اظهار داشتند که تسریع فرآیندهای جوانه‌زنی و خروج سریع‌تر گیاهچه بذور پرایم شده در مقایسه با بذور پرایم نشده از جمله مهم‌ترین دلایل احتمالی بروز افزایش بنیه بذر می‌باشد و افزایش سرعت ترمیم DNA، ساخت RNA، سنتز پروتئین، فعال‌سازی آنزیم‌ها، حذف رادیکال‌های فعال اکسیژن، افزایش انبساط سلولی و نیز پیشرفت بیشتر مراحل جوانه‌زنی بذور پرایم شده نسبت به بذور پرایم نشده از مهم‌ترین دلایل بهبود بنیه بذور می‌باشد پرادهان و همکاران (Pradhan et al., 2015) دریافتند که هیدروپرایمینگ جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و قدرت گیاهچه را به‌طور قابل توجهی در شرایط محیطی تنش‌زا و بدون تنش بهبود می‌دهد.

**جدول ٤:** مقایسه میانگین اثر اصلی سطوح مختلف کلریدکادمیوم بر صفات فیزیولوزیکی لوبیا قرمز

| تیمارهای کلریدکادمیوم | یکنواختی جوانه‌زنی | متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) |
|---|---|---|---|
| شاهد (صفر میلی‌گرم بر لیتر) | ١/٢٤٤ a | ٣/٨٨٩ a | ٢/٩ a |
| کلریدکادمیوم ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر | ١/٨٦٧ ab | ٤/٨٠٨ b | ٢/٧ b |
| کلریدکادمیوم ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر | ٢/٢٦٦ b | ٤/٤٨٩ b | ٢/٣ c |

میانگین‌های با حروف غیرمشترک در هر ستون نشان‌دهنده معنی‌داری براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

**طول ریشه‌چه و ساقه‌چه:** همان‌طور که مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد پرایمینگ سبب افزایش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه لوبیا قرمز شد. به‌طوری‌که اسیدسالیسیلیک و مانیتول طول ریشه‌چه را به‌طور چشم‌گیری افزایش داد. با این‌حال، بین آن‌ها از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نمایان نشد (جدول ۳). آلاینده کادمیوم از منبع کلرید موجب کاهش طول ریشه‌چه و ساقه‌چه لوبیا قرمز شد، به‌طوری که با افزایش غلظت تنش از ۱۰۰ به ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر از طول ریشه‌چه به میزان ۱۷/٤ درصد کاسته شد (جدول ٤). اسیدسالیسیلیک در شرایط تنش ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کادمیوم (٤/۲۲ سانتی‌متر) به میزان ۱۲/۲ درصد در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط عدم تنش (۳/۷٦ سانتی‌متر) طول ساقه‌چه را بهبود داد (جدول ۲). طویلی و همکاران (Tavili et al., 2012) اثر اسیدسالیسیلیک را بر جوانه‌زنی بذر جارو علفی در شرایط تنش کادمیوم بررسی کردند، نتایج حاصل از تحقیق آن‌ها نشان داد که اسیدسالیسیلیک نقشی کلیدی در کاهش تنش ناشی از کادمیوم بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌های جارو علفی ایفا می‌کند. همچنین نتایج آزمایش‌ها مشخص کرد که غلظت فلز سمی کادمیوم در ریشه‌چه خیلی بیشتر از ساقه‌چه می‌باشد، به‌طوری که با ظهور برگچه‌ها و رشد آن‌ها به شدت از طول ریشه‌چه کاسته می‌شود. با این‌حال، مطالعات نشان می‌دهند که پرایمینگ بذر با هورمون‌های گیاهی ممکن است با کاهش قابل توجهی در جذب این فلزات در قسمت‌های گیاهی، عملکرد محصول را تحت تاثیر تنش فلزات سنگین بهبود بدهد (Sneideris et al., 2015).

**وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه:** براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل، پرایمینگ منجر به افزایش وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه لوبیا قرمز نسبت به تیمار شاهد شد، به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در پیش‌تیمار اسیدسالیسیلیک مشاهده شد که میزان آن به‌ترتیب برابر (۰/۰۰٤ و ۰/۰۰۷۳ گرم) بود که در واقع اسیدسالیسیلیک نسبت به سایر پرایمینگ‌ها و تیمار شاهد منجر به بهبود و ارتقای وزن خشک گیاهچه لوبیا قرمز شد. با این‌حال، در صفت وزن خشک ساقه‌چه با تیمارهای مانیتول و آب مقطر اختلاف معنی‌داری از نظر آماری حاصل نشد (جدول ۲). کمترین میزان وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه در کلریدکادمیوم ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد، لذا با افزایش غلظت کلریدکادمیوم، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه لوبیا قرمز کاهش یافت، به‌طوری‌که میانگین وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه لوبیا قرمز در تیمار شاهد تحت شرایط تنش ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر کلریدکادمیوم به‌ترتیب (۰/۰۰۰۷ و ۰/۰۰۲۳ گرم) به‌دست آمد (جدول ۲). اکمکچی و همکاران (Ekmekci et al., 2008) کاهش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت را در شرایط تنش کادمیوم تایید نمودند. کاهش رشد ریشه ممکن است نتیجه تاثیر مستقیم کلریدکادمیوم بر هسته سلولی و لیگنینی شدن دیواره سلولی تحت تنش کلریدکادمیوم باشد (Almeida et al., 2007). مطالعات دیگر نیز افزایش وزن خشک گیاهچه‌های حاصل از بذور پرایم شده را ناشی از افزایش آنزیم‌های هیدرولیتیک و به دنبال آن افزایش میزان پویایی ذخایر بذر می‌دانند (Sivritepe et al., 2003). به‌طور کلی اظهار شده که استفاده از پرایمینگ در شرایط تنش‌زا موجب افزایش انتقال مواد ذخیره‌ای بذر به جنین شده و این افزایش در انتقال مواد منجر به رشد بهتر جنین و در نتیجه افزایش جوانه‌زنی و افزایش در سایر شاخص‌های جوانه‌زنی خواهد شد، متعاقبا افزایش در شاخص‌های جوانه‌زنی به افزایش در فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی نسبت داده شد (Ansari et al., 2013).

## نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که سطوح تنش کلریدکادمیوم بر شاخص‌های جوانه‌زنی لوبیا قرمز تاثیر منفی داشت، به‌طوری که بالاترین سطح تنش کادمیوم (۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) کم‌ترین میزان صفات مورد مطالعه را داشت. علاوه بر این نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تیمارهای مختلف پرایمینگ می‌توانند سبب کاهش اثرات مضر ناشی از تنش کادمیوم گردند. به‌طور کلی استفاده از روش‌های مختلف پرایمینگ به مدت ۱۲ ساعت توانست شاخص‌های فیزیولوژیکی و شیمیایی گیاهچه لوبیا قرمز را در شرایط عدم تنش و تنش ناشی از کلریدکادمیوم در غلظت‌های ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم بهبود ببخشد. با این‌حال، با توجه به نتایج به‌دست آمده از این پژوهش، استفاده از اسیدسالیسیلیک به میزان ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آب مقطر به مدت ۱۲ ساعت بهترین شرایط را برای رشد لوبیا قرمز تحت تنش کلریدکادمیوم فراهم نمود.

## References


**Acharya, P., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K.M., Jifon, J.L. and Patil, B.S. 2020.** Nanoparticle-mediated seed priming improves germination, growth, yield, and quality of watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. Scientific reports, 10(1): 1-16.

**Afzal, I., Basra, S.M.A., Shahid, M., Farooq, M. and Saleem, M. 2008.** Priming enhances germination of spring maize (*Zea mays* L.) under cool conditions. Seed Science and Technology, 36(2): 497-503.

**Agrawal, R.L. 2018.** Seed technology (2th ed.). Publishinh Co. Pvt. Ltd. New Delhi, India, 848p.

**Ahmadpour Dehkordi, S. and Balouchi H.R. 2012.** Effect of seed priming on antioxidant enzymes and lipids peroxidation of cell membrane in Black cumin (*Nigella sativa*) seedling under salinity and drought stress. Electronic Journal of Crop Production, 5(4): 63-85.

**Almeida, A.F., Valle, A.A., Mielke, M.S., Gomes, F.P. and Braz, J. 2007.** Tolerance and prospection of phytoremediator woody species of Cd, Pb, Cu and Cr. Plant Physiology, 19: 83-98.

**Ansari, O., Azadi, M.S., Sharif-Zadeh, F. and Younesi, E. 2013.** Effect of hormone priming on germination characteristics and enzyme activity of mountain rye (*Secale montanum*) seeds
under drought stress conditions. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 9(3): 61-71.

**Armin, M., Asgharipour, M. and Razavi-Omrani, M. 2010.** The effect of seed priming on germination and seedling growth of watermelon (*Citrullus Lanatus*). Advances in Environmental Biology, 4: 501-505.

**Babaei Qaqlstany, A., Asadi Gakiyeh, M., Fallahi, N. and Hatami Ghare Ghoyni, N. 2016.** Osmopriming effect on germination of wheat under allelopathic conditions of foxtail extract. Seed Research, 6(18): 11-19.

**Bahmani, R., Hemati, M., Habibi, D. and Forozesh, P. 2012.** Evaluation of germination, root and shoot growth under cadmium stress for different bean genotypes (*Phaseolus Vulgaris* L.). Journal of Agriculture and Plant Breeding, 8(4): 145-154.

**Chen, K., Fessehaie, A. and Arora, R. 2012.** Dehydrin metabolism is altered during seed osmopriming and subsequent germination under chillin and desiccation in Spinacia oleracea L. cv. Bloomsdale: possible role in stress tolerance. Plant Science, 183: 27-36.

**Chowardhara, B., Borgohain, P., Saha, B., Awasthi, J.P. and Panda, S.K. 2020.** Differential oxidative stress responses in *Brassica juncea* (L.) Czern and Coss cultivars induced by cadmium at germination and early seedling stage. Acta Physiologiae Plantarum, 42: 1-12.

**Eftekhar, N., Fallah, S., Abbasi Sooraki, A., Khodaverdiloo, H. and Rahimi, A. 2019.** Effect of salicylic acid and potassium nitrate pretreatment on enhancing the sunflower

tolerance in contaminated soils with cadmium. Iranian Journal of Seed Sciences and Research, 6(2): 161-175.

**Ekmekci Y., Tanyola, D. and Ayhan, B. 2008.** Effects of cadmium on antioxidant enzyme and photosynthetic activities in leaves of two maize cultivars. Journal of Plant Physiology, 165: 600–611.

**Farooq, M., Basra, S.M.A., Rehman, H., Ahmad, N. and Saleem, B.A. 2007.** Osmopriming improve the germination and early seedling growth of melons (*Cucumis melon* L.). Pakistan Journal of Agricultural Science, 44(3): 529-536.

**Gul, F., Arfan, M., Shahbaz, M. and Basra, S. 2020.** Salicylic acid seed priming modulates morphology, nutrient relations and photosynthetic attributes of wheat grown under cadmium stress. International Journal of Agriculture and Biology, 23: 197-204.

**Halmer, P. 2004.** Methods to improve seed performance in the field. In: Benech-Arnold, R. L., Sánchez, R.A. (Eds.), Handbook of Seed Physiology, Applications to Agriculture, Haworth Press, Inc, New York, pp: 125-166.

**ISTA. 2009.** International rules for seed testing. The International Seed Testing Association (ISTA).

**Jam, B.J., Shekari, F., Azimi M.R. and Zangani, E. 2012.** Effect of priming by salicylic acid on germination and seedling growth of safflower seeds under $CaCl_2$ stress. International Journal Agriculture: Research and Review, 2(S): 1097-1105.

**Koskosidis, A., Ebrahim, K.H.A.H., Mavromatis, A., Pavli, O. and Vlachostergios, D.N. 2020.** Effect of PEG-induced drought stress on germination of ten Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 48(1): 294-304.

**Márquez-Garcia, B., Márquez, C., Sanjose, I., Nieva, F.J.J., Rodriguez Rubio P. and MunozRodriguez, A.F. 2013.** The effects of heavy metals on germination and seedling characteristics in two halophyte species in Mediterranean marshes. Marine Pollution Bulletin, 70(1-2): 119-124.

**Moreno, C., Seal, C.E. and Papenbrock, J. 2018.** Seed priming improves germination in saline conditions for *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus caudatus*. Journal of Agronomy and Crop Science, 204(1): 40-48.

**Mousavi, S.I., Omidi, H., Shekari, Sh. and Bazvand. F. 2018.** Effect of priming on germination, growth and physiological indices of seed of rapeseed rye cultivar Neptune (*Brassica napus* L.) under drought stress. Seed Research Journal, 9(3): 11-21.

**Nouairi, I., Jalali, K., Zribi, F., Barhoumi, F., Zribi, K. and Mhadhbi, H. 2019.** Seed priming with calcium chloride improves the photosynthesis performance of faba bean plants subjected to cadmium stress. Photosynthetica, 57(2): 438-445.

**Permon, Q., Ebadi, A., Ghahremani, M. and Mousavi, S.A. 2013.** The effect of heavy metals on germination indices and seed strength of *Zea mays* in vitro. Seed Research Journal, 4(3): 40-51.

**Pradhan, N., Prakash, P., Manimurugan, C., Tiwari, S.K., Sharma, R.P. and Singh, P.M. 2015.** Screening of tomato genotypes using osmopriming with PEG 6000 under salinity stress. Research in Environment and Life Science, 8(2): 245-250.

**Rady, M.M., Elrys, A.S., El-Maati, M.F.A. and Desoky, E.S.M. 2019.** Interplaying roles of silicon and proline effectively improve salt and cadmium stress tolerance in *Phaseolus vulgaris* plant. Plant Physiology and Biochemistry, 139: 558-568.

**Shariatmadari, M.H., Parsa, M., Nezami, A. and Kafi, M., 2018.** Effect of hydropriming on germination and growth indices in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under drought stress in vitro and glass house condition. Iranian Journal of Seed Science and Technology, 7: 243-256.

**Shiyu, Q.I.N., Hongen, L.I.U., Zhaojun, N.I.E., Rengel, Z., Wei, G.A.O., Chang, L.I. and Peng, Z.H.A.O. 2020.** Toxicity of cadmium and its competition with mineral nutrients for uptake by plants: A review. Soil Science Society of China. Published by Elsevier B.V. and Science Press. Pedosphere, 30(2): 168–180.

**Sivasubramaniam, K., Geetha, R., Sujatha, K., Raja, K., Sripunitha, A. and Selvarani, R. 2011.** Seed priming: triumphs and tribulations. Madras Agriculture Journal, 98: 197-209.

**Sivritepe, N., Sivritepe, H.O. and Eris, A. 2003.** The effect of NaCl priming on salt tolerance in melon seedling grown under saline condition. Scientia Horticulturae 97: 229-237.

**Smith, M.R., Veneklaas, E., Polania, J., Rao, I.M., Beebe, S.E. and Merchant, A. 2019.** Field drought conditions impact yield but not nutritional quality of the seed in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). PLoS One, 14(6): 1-18

**Sneideris, L.C., Gavassi, M.A., Campos, M.L., D'Amico-Damião, V. and Carvalho, R.F. 2015.** Effects of hormonal priming on seed germination of pigeon pea under cadmium stress. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 87(3): 1847–1852.

**Soltani, A., Galeshi, S., Zeinali, E. and Latifi, N. 2001.** Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea voasts of Iran. Seed Science and Technology, 29: 653-662.

**Tavili, A., Saberi, M., Shahriari, A. and Heidari, M. 2012.** Salicylic acid effect *on Bromus tomentellus* germination and initial growth properties under cadmium stress. Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology), 2: 208-2016.

**Uche, O.J., Adinde, J.O., Omeje, T.E., Agu, C.J. and Anieke, U.J. 2016.** Influence of hydropriming on germination and seedling emergence of green bell pepper (*Capsicum annum* cv Goliath). International Journal of Natural, 7(1): 70–75.

**Wael, M.S., Mostafa, M.R., Taia, A.A.E.M., Saad, M.H. and Magdi, T.A. 2015**. Alleviation of cadmium toxicity in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) plants by the exogenous application of salicylic acid. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 90(1): 83-91.

**Zalai, G., Tari, I., Janda, T., Pestenácz, A. and Páldi, E. 2000.** Effects of cold acclimation and salicylic acid on changes in ACC and MACC contents in maize during chilling. Biology of Plant, 43: 637-640.

# The effect of hydropriming, osmopriming and hormonepriming on germination and physiological characterization of French bean (*Phaseolus vulgaris)* seeds under cadmium stress

**Khadijeh Sourazar[1*], Mohammad Sedghi[2], Raouf Seyed Sharifi[2]**

[1]Graduate M.Sc. of Seed Science and Technology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabilli, Ardabil, Iran.

[2]Professor, Dept. of Production Science and Engineering, Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

**Abstract**

In order to investigate the effect of various priming methods on physiological and biochemical traits of French bean seedling under cadmium chloride stress, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in the laboratory of the Faculty of Agriculture, Mohaghegh Ardabili University, Iran. Factors included three levels of cadmium chloride (0 (control), 100 and 200 mg/L) and four levels of priming (content control (no priming), distilled water, mannitol and salicylic acid each with a concentration of 100 mg/L) were for 12 hours. The results showed that priming with salicylic acid increased the percentage and germination rate by 3 to 61% under stress of 100 mg/L cadmium chloride compared to the control treatment. Also, the interaction of salicylic acid and cadmium chloride increased the longitudinal strength and weight of French bean seed by 42 to 160%, shoot and root dry weight by 30 to 400% compared to the control treatment. Therefore, priming with salicylic acid is the best way to increase and improve the growth of red beans under non-stress and cadmium chloride stress.

***Keywords*:** Cadmium chloride, Germination, Salicylic acid, Seed vigor

*Corresponding author: ksourazar@yahoo.com