



## بررسی مقایسه‌ای تیمار بذر با پرولین و گلیسین بتائین بر عملکرد و راندمان مصرف آب لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) در شرایط تنش کادمیوم

هادی اصل فلاح<sup>۱\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت، واحد یادگار امام خمینی (ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۷/۹/۲۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۲/۵

### چکیده

به منظور مقایسه اثر پیش تیمار بذر لوبیا چشم‌بلبلی با پرولین و گلیسین بتائین بر تحمل به سمیت کادمیوم، آزمایشی گلدانی در سال ۱۳۹۵ در گلخانه شهرداری منطقه ۱۰ شهر تهران اجرا گردید. این تحقیق به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و در ۴ تکرار اجرا گردید. بذور به مدت ۸ ساعت در محلول‌های صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی مولار پرولین و گلیسین بتائین خیسانده شده و پس از هوا خشک شدن کشت شدند. جهت اعمال تیمار کادمیوم نیز از کلرید کادمیوم با غلظت‌های صفر و ۱۰۰ میکرومولار در زمان‌های آبیاری استفاده گردید. تیمارها شامل سطوح زیر بود: (۱) شاهد (آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد کادمیوم، پرولین و گلیسین بتائین)، (۲) تنش کادمیوم (آبیاری با آب حاوی ۱۰۰ میکرومولار کلرید کادمیوم بدون کاربرد پرولین و گلیسین بتائین)، (۳) تنش کادمیوم + ۲۵ میلی مولار پرولین، (۴) تنش کادمیوم + ۵۰ میلی مولار پرولین، (۵) تنش کادمیوم + ۲۵ میلی مولار گلیسین بتائین و (۶) تنش کادمیوم + ۵۰ میلی مولار گلیسین بتائین. نتایج نشان داد که تنش کادمیوم موجب کاهش تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب گردید. با این وجود، پیش تیمار بذر با پرولین و گلیسین بتائین به‌ویژه غلظت ۵۰ میلی مولار پرولین به‌طور معنی‌داری اثرات سوء ناشی از سمیت کادمیوم را کاهش داد و موجب بهبود صفات فوق در شرایط تنش این فلز سنگین شد. بر اساس این نتایج، پیش تیمار بذر با پرولین می‌تواند به‌عنوان روشی مناسب جهت کاهش اثرات سمی کادمیوم در زراعت لوبیا چشم‌بلبلی توصیه شود.

واژه‌های کلیدی: تیمار بذر، پرولین، راندمان مصرف آب، عملکرد، گلیسین بتائین، لوبیا چشم‌بلبلی

### مقدمه

افزایش غلظت فلز سنگین کادمیوم در خاک یا به‌طور طبیعی و یا توسط فعالیت‌های انسان صورت می‌گیرد. آلایندگی کادمیوم در خاک، از طریق فعالیت‌های مربوط به معدن‌کاوی، پالایش سنگ‌های معدنی، کاربرد کودهای فسفره حاوی کادمیوم، لجن فاضلاب و کمپوست‌های شهری انجام می‌شود. کادمیوم استفاده‌شده در تولید محصولات مختلف مانند باتری‌ها، چیپ‌ستها، مواد رنگی، لوازم صوتی و تصویری و نیمه‌رساناها نیز موجب بروز آلایندگی می‌شود (Sangwan *et al.*, 2013). محدوده استاندارد کادمیوم در خاک ۳-۶ mg/kg، در مواد غذایی ۱/۵ mg/kg و در آب ۰/۰۱ mg/L است. گیاهان رشد کرده در خاک‌های دارای کادمیوم بالا، علائم ظاهری زردی، توقف رشد، قهوه‌ای شدن نوک ریشه و درنهایت مرگ را نشان می‌دهند. بازدارندگی فعالیت آنزیم احیاکننده آهن (تبدیل  $Fe^{+3}$  به  $Fe^{+2}$ ) در ریشه، توسط کادمیوم موجب بروز کمبود آهن و در نتیجه کاهش فتوسنتز می‌شود. به‌طور کلی، کادمیوم باعث اختلال در جذب، انتقال و مصرف برخی عناصر غذایی (کلسیم، منیزیم، فسفر و پتاسیم) و آب در گیاه می‌شود. این فلز همچنین جذب نیترات و انتقال آن از ریشه‌ها به اندام هوایی را در اثر ممانعت از فعالیت آنزیم نیترات ردکتاز در اندام هوایی کاهش می‌دهد. یکی دیگر از اثرات سوء کادمیوم، کاهش

تثبیت نیتروژن در لگوم‌ها است. سمیت فلزی، می‌تواند نفوذپذیری غشاهای پلاسمایی را تحت تأثیر قرار داده و موجب کاهش محتوی آب گردد. کادمیوم با پراکسیداسون چربی‌ها، وظایف مرتبط با غشاها را دچار اختلال می‌کند. اختلال در متابولیسم کلروپلاست با ممانعت از بیوسنتز کلروفیل و کاهش فعالیت آنزیم‌های دخیل در تثبیت  $CO_2$  از دیگر اثرات نامطلوب کادمیوم بر گیاهان است (Nagajyoti *et al.*, 2010).

یکی از عمومی‌ترین واکنش‌های گیاهان به تنش-های محیطی از جمله فلزات سنگین، بیش‌تولید انواع مختلف محلول‌های آلی سازگار است. محلول‌های سازگار دارای وزن مولکولی کم و بسیار محلول بوده که معمولاً در غلظت‌های بالای سلولی نیز سمی نیستند. به‌طور کلی، این مولکول-ها گیاهان را در برابر انواع تنش‌ها از طریق تنظیم اسمزی، پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن، حفظ یکپارچگی غشاها و پایداری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها محافظت می‌کنند. علاوه بر آن، چون بعضی از این محلول‌ها ترکیبات سلولی را از خطر آب‌کشیدگی محافظت می‌کنند معمولاً به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی شناخته می‌شوند. این محلول‌ها شامل: پرولین، ساکارز، پلی‌اول‌ها، تریالوز و ترکیبات آمونیومی چهارگانه مانند گلیسین بتائین، آلانین بتائین، پرولین بتائین، کولین سولفات، هیدروکسی پرولین بتائین و پاپیکولات بتائین می‌باشند (Ashraf & Foolad,

(2002) Siripornadulsil *et al* معتقدند که پرولین از راه‌های حفظ تعادل آبی سلول، افزایش آنتی‌اکسیدان‌ها و پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد و یا تأثیر بر محتوی پلی آمین‌ها و GSH موجب بهبود تحمل به تنش کادمیوم گردید. در پنبه، کاربرد خارجی گلايسين بتائين، به‌طور معنی‌داری سمیت حاصل از فلز سنگین سرب را با تشدید فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش تنش اکسیداتیو کم کرد و در نتیجه موجب تحریک رشد، زیست‌توده و فتوسنتز گردید (Bharwana *et al.*, 2014). (Rasheed *et al* 2014) نیز در مطالعه خود روی دو رقم گندم Millat و Punjab دریافتند که رقم Millat از نظر آسیب کمتر به رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a و b) و کاهش خسارت اکسیداتیو تحمل بهتری به سمیت کادمیوم در اثر تیمار با گلايسين بتائين داشت. افزایش محتوی کلروفیل در گیاهان تحت تنش کادمیوم می‌تواند نتیجه تجمع گلايسين بتائين باشد. گلايسين بتائين همچنین با افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها باعث کاهش خسارت اکسیداتیو ایجادشده در اثر تنش کادمیوم در عدسک آبی شد که موجب حفظ فعالیت فتوسنتزی بوته‌ها گردید (Duman *et al.*, 2011). لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) یکی از لگو‌م‌هایی است که به‌عنوان منبع پروتئینی باکیفیت بالا در بسیاری از نقاط دنیا مصرف می‌شود. محتوای پروتئین و کربوهیدرات بالا با مقدار نسبتاً کم چربی و الگوی اسید آمینه کامل در ترکیب با دانه غلات موجب شده که این گیاه

(2007). کادمیوم فرایندهای مختلف بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی را مختل نموده و منجر به مرگ سلول و توقف رشد می‌شود. یکی از مکانیسم‌های اصلی سازگاری به تنش کادمیوم در گیاهان تجمع محلول‌های سازگار است. اثرات مخرب کادمیوم روی رشد گیاه می‌تواند توسط این مواد کاهش یابد. در واکنش به فلزات سنگین، پرولین در گیاهان تجمع می‌یابد (Iqbal *et al.*, 2016). (Islam *et al.* 2009) گزارش کردند که در شرایط تنش کادمیوم، کاربرد خارجی پرولین و گلايسين بتائين موجب حفظ یکپارچگی غشاء و افزایش فعالیت آنزیم‌های چرخه ASH-GSH در سلول-های تنباکو گردید. آن‌ها همچنین دریافتند که پرولین در این خصوص مؤثرتر از گلايسين بتائين بود. پرولین همچنین می‌تواند گیاهان در معرض تنش کادمیوم را از طریق فعال‌سازی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان محافظت نماید. یک سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی مؤثر ایجادشده توسط پرولین و گلايسين بتائين، می‌تواند نقش مهمی در تحمل گیاهان به تنش کادمیوم ایفا نماید. پرولین و گلايسين بتائين در واکنش گیاه به تنش اکسیداتیو سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی را تحریک می‌کنند (Molinari *et al.*, 2007). همچنین (Hayat *et al* 2013) بیان کردند که تحت تنش فلزات سنگین کاربرد پرولین محتوی پرولین داخلی گیاه را افزایش داد. این امر به محافظت از آنزیم‌ها، ساختار سه‌بعدی پروتئین‌ها، اندامک‌ها و غشاهای سلولی از طریق کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها منجر شد. از سوی دیگر،

نقش مهم تغذیه‌ای در رژیم غذایی انسان داشته باشد. لوبیا چشم‌بلبلی اخیراً از سوی مصرف‌کنندگان و پژوهشگران در سراسر جهان به علت خواص درمانی خود، از جمله ضد قند خون، ضد سرطان، ضد چربی، ضدالتهاب و ضد فشارخون توجه زیادی را به خود جلب کرده است (Jayathilake *et al.*, 2018). علیرغم مزایای این گیاه، عملکرد آن در اثر انواع تنش‌ها از جمله فلزات سنگین کاهش می‌یابد. اطلاعات اندکی در خصوص رابطه بین کاربرد خارجی پرولین و گلايسين بتائين و تحمل به تنش کادمیوم در لوبیا چشم‌بلبلی وجود دارد. لذا هدف از اجرای آزمایش حاضر بررسی نقش این دو ماده در کاهش خسارت ناشی از تنش کادمیوم در این گیاه بود.

### مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر پیش تیمار بذر لوبیا چشم‌بلبلی رقم کامران با پرولین و گلايسين بتائين بر تحمل به سمیت کادمیوم آزمایشی گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۵ در گلخانه شهرداری منطقه ۱۰ شهر تهران اجرا گردید. درجه حرارت روزانه و شبانه گلخانه به ترتیب معادل  $20 \pm 2$  و  $30 \pm 2$  درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن نیز  $50 \pm 60$  درصد بود. این تحقیق به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۶ تیمار و در ۴ تکرار اجرا گردید.

بذور به مدت ۸ ساعت در محلول‌های صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی مولار پرولین و گلايسين بتائين خیسانده شده و پس از هوا خشک شدن کشت شدند. جهت اعمال تیمار کادمیوم نیز از کلرید کادمیوم با غلظت‌های صفر و ۱۰۰ میکرومولار در زمان‌های آبیاری استفاده گردید. تیمارها شامل سطوح زیر بود: (۱) شاهد (آبیاری با آب معمولی بدون کاربرد کادمیوم، پرولین و گلايسين بتائين)، (۲) تنش کادمیوم (آبیاری با آب حاوی ۱۰۰ میکرومولار کلرید کادمیوم بدون کاربرد پرولین و گلايسين بتائين)، (۳) تنش کادمیوم + ۲۵ میلی مولار پرولین، (۴) تنش کادمیوم + ۵۰ میلی مولار پرولین، (۵) تنش کادمیوم + ۲۵ میلی مولار گلايسين بتائين و (۶) تنش کادمیوم + ۵۰ میلی مولار گلايسين بتائين. گلدان‌هایی پلاستیکی به قطر و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر از مخلوطی حاوی خاک مزرعه، کود دامی کاملاً پوسیده و خاک‌برگ به نسبت مساوی پر شدند. نمونه‌ای از خاک گلدان‌ها جهت تعیین خصوصیات آن به آزمایشگاه تخصصی ارسال شد که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های خاک گلدان‌های آزمایشی

بافت خاک	کادمیوم (mg kg <sup>-1</sup> )	پتاس (mg kg <sup>-1</sup> )	فسفر (mg kg <sup>-1</sup> )	نیتروژن (%)	کربن آلی (%)	اسیدیته	هدایت الکتریکی (ds m <sup>-1</sup> )
شنی لومی	۱/۲۰	۴۲۸/۵	۲۴/۲	۰/۲۷	۳/۴۲	۷/۷	۲/۲۶

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد، عملکرد و راندمان مصرف آب لوبیا چشم‌بلبلی تحت تأثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و کاربرد پرولین و گلايسين بتائين

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه	راندمان مصرف آب
تیمار	۵	۳/۴۳**	۰/۴۱**	۹/۲۳**	۴۱/۶۳**	۵۹۶۲/۵۹**
خطا	۱۸	۰/۹۲	۰/۰۷۲	۱/۴۹	۴/۵۳	۴۵۷/۳۱
ضریب تغییرات (%)	-	۷/۱۰	۹/۱۶	۶/۸۰	۱۰/۸۷	۶/۲۴

\*\* : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد.

معمولی یا آب حاوی ۱۰۰ میکرومولار کلرید کادمیوم انجام شد. دفع علف‌های هرز در هر گلدان نیز به صورت دستی صورت گرفت. در زمان رسیدگی کامل فیزیولوژیکی (اواسط شهریور ۱۳۹۵)، بوته‌های هر گلدان برداشت شده و میانگین تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه (پس از آفتاب خشک شدن با رطوبت ۱۳٪) تعیین گردید. سپس از تقسیم عملکرد دانه بر کل آب مصرفی هر گلدان، راندمان آب مصرفی نیز به دست آمد. در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار انجام گرفت.

جهت زهکشی بهتر، ۴ سوراخ در کف هر گلدان ایجاد نموده و کف آن نیز مقداری سنگریزه ریخته شد. با توجه به نقشه طرح، بذور به مدت ۸ ساعت در محلول حاوی صفر، ۲۵ و ۵۰ میلی مولار پرولین و یا گلايسين بتائين خیسانده شده و پس از ضدعفونی با ویتاواکس و هوا خشک شدن درون گلدان‌ها به تعداد ۱۵ عدد و به عمق ۴-۵ سانتیمتر در ۵ خرداد ۱۳۹۵ کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی با توجه به نیاز بوته‌ها صورت می‌گرفت (هر ۳-۶ روز یک‌بار). در زمان ظهور اولین برگ ۳ برگچه-ای (۲۲ خرداد ۱۳۹۵)، در هر گلدان ۶ بوته قوی حفظ شده و مابقی بوته‌ها تنک شدند. پس‌ازاین زمان، آبیاری گلدان‌ها با توجه به نقشه طرح با آب

جدول ۳- نتایج مقایسات میانگین اجزای عملکرد، عملکرد و راندمان مصرف آب لوبیا چشم‌بلبلی تحت تأثیر تیمارهای مختلف کادمیوم و کاربرد پرولین و گلايسين بتائين

تیمار	تعداد غلاف بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم بر بوته)	راندمان مصرف آب (گرم بر مترمکعب)
T <sub>0</sub>	۱۷/۶۲ a	۷/۸۷ a	۲۱/۲۵ a	۲۹/۴۷ a	۴۹۱/۱۷ a
T <sub>1</sub>	۱۰/۴۰ d	۵/۸۱ d	۱۴/۶۰ d	۸/۸۲ d	۱۴۷/۰ d
T <sub>2</sub>	۱۳/۵۲ bc	۶/۲۹ c	۱۷/۰۰ bc	۱۴/۴۵ bc	۲۴۰/۸۳ c
T <sub>3</sub>	۱۴/۲۴ b	۶/۶۵ b	۱۸/۲۳ b	۱۷/۲۶ b	۲۸۷/۶۷ b
T <sub>4</sub>	۱۳/۱۱ c	۶/۰۸ c	۱۶/۵۸ c	۱۳/۲۱ c	۲۲۰/۱۷ c
T <sub>5</sub>	۱۳/۵۲ bc	۶/۲۸ c	۱۶/۹۹ bc	۱۴/۴۲ bc	۲۴۰/۳۳ c
<b>LSD</b>	۱/۰۸	۰/۲۳	۱/۴۰	۳/۹۱	۳۶/۳۵

در هر ستون و برای هر تیمار، میانگین‌های دارای حرف مشترک، بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

T<sub>0</sub>: شاهد (عدم کاربرد کادمیوم، پرولین و گلايسين بتائين)

T<sub>1</sub>: تنش کادمیوم (۱۰۰ میکرومولار)

T<sub>2</sub>: تنش کادمیوم + خیس‌اندن بذرها در محلول ۲۵ میلی‌مولار پرولین به مدت ۸ ساعت.

T<sub>3</sub>: تنش کادمیوم + خیس‌اندن بذرها در محلول ۵۰ میلی‌مولار پرولین به مدت ۸ ساعت.

T<sub>4</sub>: تنش کادمیوم + خیس‌اندن بذرها در محلول ۲۵ میلی‌مولار گلايسين بتائين به مدت ۸ ساعت.

T<sub>5</sub>: تنش کادمیوم + خیس‌اندن بذرها در محلول ۵۰ میلی‌مولار گلايسين بتائين به مدت ۸ ساعت.

## نتایج و بحث

### اجزای عملکرد دانه

بر اساس نتایج ارائه‌شده در جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار بر تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه در سطح احتمال یک

درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). تنش کادمیوم موجب شد که تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب معادل ۴۱، ۲۶ و ۳۱ درصد کاهش یابد. از سوی دیگر، پیش تیمار بذر با

جلوگیری کرده و همچنین باعث افزایش تعداد مخازن (دانه‌ها) و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت آن‌ها و در نهایت افزایش وزن دانه‌ها گردید (Hayat et al., 2013).

### عملکرد دانه

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر تیمار بر عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در اثر سمیت کادمیوم در مقایسه با تیمار شاهد معادل ۷۰ درصد کاهش یافت. با این وجود، پیش تیمار ۷۰ بذر با پرولین و گلايسين بتائين موجب افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش کادمیوم گردید. در بین این تیمارها، پیش تیمار با پرولین ۵۰ میلی-مولار مؤثرترین بود، به طوری که این تیمار توانست عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی را نسبت به تیمار تنش کادمیوم معادل ۹۶ درصد افزایش دهد (جدول ۳). با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، سمیت کادمیوم باعث کاهش اجرای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی گردید لذا کاهش عملکرد دانه در اثر تنش حاصل از این فلز سنگین نیز قابل انتظار بود. هم‌راستا با این نتایج، کاهش عملکرد دانه در اثر سمیت کادمیوم در نخودفرنگی (Kumari et al., 2010) و کلزا (Jhanji et al., 2012) نیز مشاهده شده است. از سوی دیگر، Hayat et al (2013) نیز کاهش عملکرد دانه نخود در اثر تنش کادمیوم و بهبود آن در اثر تیمار با پرولین را گزارش نمودند.

پرولین و گلايسين بتائين، به‌ویژه غلظت ۵۰ میلی‌مولار پرولین موجب بهبود اجرای عملکرد فوق در شرایط سمیت کادمیوم گردید. این تیمار پرولین، تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه گیاه را در مقایسه با تیمار تنش کادمیوم به ترتیب معادل ۳۷، ۱۴ و ۲۵ درصد بهبود بخشید (جدول ۳). احتمالاً کادمیوم به‌واسطه کاهش تشکیل گل‌ها و غلاف‌ها و نیز تحریک سقط آن‌ها، کاهش باروری و لقاح گل‌ها و همچنین کاهش فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها سبب کاهش اجرای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی گردید. مشابه با یافته‌های آزمایش حاضر، Fatoba et al (2012) نیز دریافتند که در اثر تیمار کادمیوم، تعداد غلاف بوته بادام‌زمینی و سویا کاهش یافت. همچنین Hayat et al (2013) گزارش کردند که در اثر برگ‌پاشی پرولین، زوال اندام‌های گیاهی همچون گل و غلاف نخود به تأخیر افتاد که در نهایت منجر به حفظ تعداد غلاف بیشتر در شرایط تنش کادمیوم شد. کاهش تعداد دانه در غلاف سویا و بادام‌زمینی در اثر تنش کادمیوم توسط Fatoba et al (2012) نیز گزارش شده است. از سوی دیگر، برگ‌پاشی پرولین موجب بهبود گرده‌افشانی و لقاح و در نهایت تعداد دانه در غلاف نخود تحت تنش کادمیوم شد (Hayat et al., 2013). کاهش وزن صد دانه نخود در اثر تنش کادمیوم و بهبود این صفت در اثر برگ‌پاشی پرولین در نخود نیز مشاهده شده است. چراکه پرولین موجب افزایش میزان فنل‌ها در گیاه شد که از تجزیه اکسین

### راندمان مصرف آب

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر تیمار بر راندمان مصرف آب لوبیا چشم‌بلبلی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بر این اساس، در اثر اعمال تیمار کادمیوم، راندمان مصرف آب لوبیا چشم‌بلبلی نسبت به تیمار شاهد معادل ۷۰ درصد کاهش یافت. با این وجود پیش تیمار بذر با پرولین و گلايسين بتائين به‌ویژه غلظت ۵۰ میلی‌مولار پرولین سبب افزایش راندمان مصرف آب در شرایط سمیت کادمیوم شد. میزان این افزایش در مقایسه با تیمار کادمیوم معادل ۹۶ درصد بود (جدول ۳). راندمان مصرف آب عبارت است از عملکرد دانه تولیدی به ازای میزان آب مصرف‌شده از زمان کاشت تا برداشت. بنابراین در مناطقی که با کمبود آب مواجه‌اند افزایش این صفت اهمیت ویژه‌ای دارد چراکه از آب موجود استفاده بهینه‌تری می‌شود. بر اساس نتایج طرح حاضر، سمیت کادمیوم از طریق کاهش شدید عملکرد (صورت کسر) موجب افت راندمان مصرف آب گردید، با این وجود پیش

تیمار بذر به‌ویژه با پرولین ۵۰ میلی‌مولار، با بهبود عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی تحت تنش کادمیوم سبب افزایش راندمان مصرف آب شد که این نتیجه اهمیت ویژه‌ای در مناطق کم آب دارد. کاهش راندمان مصرف آب در اثر تنش کادمیوم و بهبود آن با برگ‌پاشی پرولین توسط *Hayat et al* (2013) نیز در بوته‌های نخود گزارش شده است.

### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این پژوهش، تنش کادمیوم باعث کاهش معنی‌دار تعداد غلاف بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد دانه و راندمان مصرف آب در لوبیا چشم‌بلبلی گردید. با این وجود، پیش تیمار بذر با پرولین و گلايسين بتائين موجب بهبود تمامی صفات فوق تحت شرایط سمیت کادمیوم شد. بین این تیمارها پیش تیمار بذر با پرولین ۵۰ میلی‌مولار مؤثرترین تیمار بود. بر این اساس، پیش تیمار بذر با پرولین می‌تواند به‌عنوان روشی مؤثر در کاهش سمیت کادمیوم در لوبیا چشم‌بلبلی توصیه شود.



## منابع

- Islam, M.M., M.A. Hoque, E. Okuma, M.N.A. Banu, Y. Shimoishi, Y. Nakamura, and Y. Murata.** 2009. Exogenous proline and glycine betaine increase antioxidant activities and confer tolerance to cadmium stress in cultured tobacco cells. *Journal of Plant Physiology*. 166: 1587-1596.
- Jayathilake, C., R. Visvanathan, A. Deen, R. Bangamuwage, B.C. Jayawardana, S. Nammi, and R. Liyanage.** 2018. Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. *Journal of the science of food and agriculture*. Published online. DOI: 10.1002/jsfa.9074
- Jhanji, S., R.C. Setia, N. Kaur, P. Kaur, and N. Setia.** 2012. Role of nitric oxide in cadmium-induced stress on growth, photosynthetic components and yield of *Brassica napus* L. *Journal of Environmental Biology*. 33: 1027-1032.
- Kumari, A., S. Sheokand, and S. Kumari.** 2010. Nitric oxide induced alleviation of toxic effects of short term and long term Cd stress on growth, oxidative metabolism and Cd accumulation in chickpea. *Brazilian Journal of Plant Physiology*. 22(4): 271-284.
- Molinari, H.B.C., C.J. Marur, E. Daros, M.K.F. De-Campos, J.F.R.P. De-Carvalho, and J.C.B. Filho.** 2007. Evaluation of the stress-inducible production of praline in transgenic sugarcane (*Saccharum* spp.): osmotic adjustment, chlorophyll fluorescence and oxidative stress. *Physiologia Plantarum*. 130: 218-229.
- Ashraf, M. and M.R. Foolad.** 2007. Roles of glycine betaine and proline in improving plant abiotic stress resistance. *Environmental and Experimental Botany*. 59: 206-216.
- Bharwana, S.A., S. Ali, M.A. Farooq, N. Iqbal, A. Hameed, F. Abbas, and M.S.A. Ahmad.** 2014. Glycine betaine induced lead toxicity tolerance related to elevated photosynthesis, antioxidant enzymes suppressed lead uptake and oxidative stress in cotton. *Turkish Journal of Botany*. 38: 281-292.
- Duman, F., A. Aksoy, Z. Aydin, and R. Temizgul.** 2011. Effects of exogenous glycine betaine and trehalose on cadmium accumulation and biological responses of an aquatic plant (*Lemna gibba* L.). *Water, Air, and Soil Pollution*. 217: 545-556.
- Fatoba, P.O., C.O. Ogunkunle, and B.Z. Salihu.** 2012. Toxic effects of cadmium (Cd) and lead (Pb) on growth and productivity of *Arachis hypogaea* (L.) and *Glycine max* (L.). *Journal of Asian Scientific Research*. 2(5): 254-259.
- Hayat, S., Q. Hayat, M.N. Alyemeni, and A. Ahmad.** 2013. Proline enhances antioxidative enzyme activity, photosynthesis and yield of *Cicer arietinum* L. exposed to cadmium stress. *Acta Botanica Croatica*. 72: 323-335.
- Iqbal, N., R. Nazar, and N.A. Khan.** 2016. Osmolytes and plants acclimation to changing environment: emerging omics technologies. Springer New Delhi Heidelberg New York Dordrecht London. ISBN 978-81-322-2615-4. 170 p.

(*Triticum aestivum* L.) cultivars. Brazilian Journal of Botany. 37: 399-406.

**Sangwan, P., V. Mor, R. Sakshi Soni, and R. Dhankhar.** 2013. Toxicity of cadmium in plants. International Journal of Current Research. 5(9): 2714-2717.

**Siripornadulsil, S., S. Traina, D.P. Verma, and R.T. Sayre.** 2002. Molecular mechanisms of proline-mediated tolerance to toxic heavy metals in transgenic microalgae. Plant Cell. 14: 2837-2847.

**Nagajyoti, P.C., K.D. Lee, and T.V.M. Sreekanth.** 2010. Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. Environmental Chemistry Letters. 8: 199-216.

**Rasheed, R., M.A. Ashraf, L. Hussain, M.Z. Haider, U. Kanwal, and M. Iqbal.** 2014. Exogenous proline and glycine betaine mitigate cadmium stress in two genetically different spring wheat

**Comparative study of seed treatment with proline and glycine betaine on yield and water use efficiency of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under cadmium stress conditions**

H. Aslefallah<sup>1\*</sup>

1. M.Sc. Graduate of Agronomy, Department of Agronomy, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre-rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

**Abstract**

In order to compare the effects of cowpea seed priming with proline and glycine betaine on cadmium (Cd) toxicity tolerance a pot experiment was carried out in the greenhouse of district 10 of Tehran, Iran at 2015. The study was conducted in a completely randomized design with 6 treatments and 4 replications. Seeds were soaked for 8 hours in solutions of 0, 25 and 50 mM proline and glycine betaine, then were sown in pots after air drying. For Cd treatments, cadmium chloride with 0 and 100  $\mu\text{M}$  concentrations was used in irrigation water. Experimental treatments were included: (1) Control (Irrigation with normal water and no application of Cd, proline and glycine betaine), (2) Cd stress (irrigation with 100  $\mu\text{M}$  chloride cadmium and no application of proline and glycine betaine), (3) Cd stress + 25 mM proline, (4) Cd stress + 50 mM proline, (5) Cd stress + 25 mM glycine betaine and (6) Cd stress + 50 mM glycine betaine. Results showed that Cd stress reduced number of pods, number of seeds per pod, seed weight, seed yield and water use efficiency. However, seed treatment with proline and glycine betaine, (Especially 50 mM proline) lowered the adverse effects of Cd toxicity and improved all above traits under Cd stress conditions. Based on these results, seed priming with proline can be recommended as a proper method for reducing the toxic effects of Cd in cowpea cultivation.

**Keywords:** Glycine betaine, Cowpea, Seed treatment, Proline, Water Use Efficiency, Yield

---

\* Corresponding author (sadeghipour@iausr.ac.ir)