دانشگاه گنبد کاووس
نشریه "حفاظت زیست بوم گیاهان"
دوره چهارم، شماره هشتم، بهار و تابستان ۹۵
http://pec.gonbad.ac.ir

ارزیابی تنش سرب بر مراحل رشد دانهال و استقرار برموداگرس (*Cynodon dactylon*)

مینا تقی‌زاده[1*]، عیسی سلگی[2]

[1]استادیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی و منابع‌طبیعی، دانشگاه اراک
[2]استادیار گروه محیط‌زیست، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۱/۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۵

چکیده

سرب عمومی‌ترین عنصر سنگین آلوده کننده محیط زیست است. در این تحقیق، به‌منظور تاثیر تنش سرب در مراحل مختلف رشدی چمن برموداگرس، غلظت‌های مختلف سرب در مرحله جوانه‌زنی به این گیاه اعمال شد و در ادامه مراحل رشد، چگونگی تاثیر فلز سرب بر صفات مورفولوژی گیاه ارزیابی شد. غلظت‌های اعمال شده در مرحله جوانه‌زنی با استفاده از محلول نیترات سرب شامل صفر، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود و سپس شاخص‌های جوانه‌زنی بذر ارزیابی شد. پس از سازگاری گیاهچه‌ها به محیط خاکی به منظور ارزیابی توان پالایندگی و سایر صفات رشدی با غلظت ۸۰۰ میلی‌گرم در لیتر نیترات سرب آبیاری شدند. نتایج نشان داد که تنش سرب در مرحله جوانه‌زنی از غلظت ۳۰۰-۲۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش شدید جوانه‌زنی و بنیه بذر و از غلظت ۳۰۰-۴۰ میلی‌گرم در لیتر باعث کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه نسبت به شاهد شد. تنش سرب در مراحل اولیه رشد برموداگرس روی برخی صفات مرحله استقرار تاثیرگذار بود، به‌گونه‌ای که در مراحل بعدی رشد گیاهان برگ‌های کوتاه‌تر با عرض بیشتر (به‌ترتیب ۰/۷ برابر کمتر و ۱/۶ برابر بیشتر نسبت به شاهد) و دستک‌های طویل تر با تعداد بیشتر (به‌ترتیب ۲ برابر و ۳/۸ برابر بیشتر نسبت به شاهد) تولید کردند. برموداگرس در مراحل اولیه رشد نسبت به حضور غلظت‌های سرب حساس بود؛ درحالی‌که پس استقرار گیاه توانست با برخی ساز و کارها از جمله توسعه دستک استقرار در مقابل تنش سرب تحمل نشان دهد.

***واژه‌های کلیدی*: جوانه‌زنی، فلزات سنگین، مقاومت، بذر، نیترات سرب.**

*نویسنده مسئول: m-taghizadeh@araku.ac.ir

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

مقدمه

با افزایش فعالیت‌های صنعتی و منابع آلاینده، آلودگی محیط زیست یکی از مشکلات پیش روی انسان حاضر است. امروزه آلودگی محیط زیست به‌عنوان یکی از مباحث بسیار مهم در زندگی بشر مطرح است (Azevedo and Azevedo, 2006; Ghosh and Singh, 2005). عناصر سنگین از جمله آلوده کننده‌های محیط زیست می‌باشند. بدین مفهوم که می‌توانند تغییرات نامطلوب و پیش‌بینی نشده‌ای را در محیط زیست به وجود آورند که باعث اختلال در روند عادی چرخه حیات شود. بنابراین، امروزه جلوگیری از بروز آلودگی و مشکلات زیست محیطی ناشی از ورود بیش از حد مجاز این عناصر به آب، خاک، گیاه و در نهایت به چرخه غذایی انسان، مورد توجه قرار گرفته است و ضرورت بررسی‌های بیشتر برروی این مواد سمی و به‌کارگیری روش‌های نوین و اکولوژیک در کاهش خطرات ناشی از آن‌ها احساس می‌شود (Pais and Benton, 1997; Hinchman, 1996). سرب عمومی‌ترین عنصر سنگین آلوده کننده محیط زیست است (Watanabe, 1997). عنصرسرب به دلیل پراکنش گسترده در جوامع شهری و صنعتی و خطر بالقوه‌ی این فلز برای محیط زیست و سلامت موجودات زنده، منشأ نگرانی‌های متعددی گردیده است (Lone *et al.*, 2008). گرچه، سرب را به‌عنوان یکی از عناصر کم تحرک شناخته‌اند، اما در صورت وجود فرم‌های محلول در محیط ریشه و گیاه قادر خواهد بود؛ مقادیر زیادی از آن را جذب کند (Kabata-penda and Pendias, 2000). به‌طورکلی مطالعه اثرات سرب روی گیاهان از دو جنبه اهمیت دارد: ۱) گیاهان اولین مسیر ورودی سرب به داخل زنجیره غذایی می‌باشند ۲) توان پالایندگی گیاه نسبت به این فلز سنگین. از طرفی، تنش فلزات سنگین بر بذر از طریق جلوگیری از جذب آب توسط بذر و ایجاد شرایطی منجر به ورود یون‌های فلزی و اثر سمیت بر جنین است. عموما بازدارندگی جوانه زنی و توقف رشد گیاهان در مرحله جوانه زنی در اثر سمیت سرب مشاهده شده است (Wierzbicka and Obidzinsca, 1988; Lerda, 1992; Iqbal and Shazia, 2004).

چمن‌ها به‌دلیل دارا بودن رشد گسترده، تولید مقادیر زیاد زیست توده، قابلیت سرب برداری مکرر و در نتیجه حذف آلودگی‌ها از محیط، پالاینده‌های مناسبی برای آلودگی‌های صنعتی محسوب می‌گردند. در پژوهشی رابطه مستقیمی بین میزان تجمع سرب در ریشه‌ها و غلظت سرب در محلول غذایی در شرایط کشت هیدروپونیک چمن‌های *Festuca arundinacea* و *Spartina patens* گزارش شده است. بیشترین میزان تجمع سرب در ریشه‌های این گونه‌های چمنی مشاهده شد (Qu, 2003). یون و همکاران (Yoon *et al.*, 2006) در تحقیقاتی که بر دو گونه چمن *Cynodon dactylon* و *Equsitum arvense* انجام دادند اظهار داشتند که غلظت سرب در اندامهای این چمن‌ها به‌ویژه در ریشه‌ها بیش از غلظت آن در خاک مناطق آلوده بود. همچنین میزان جذب سرب را در اندامهای هوایی برموداگرس ^{ppm} ۲۹۳ و در ریشه ^{ppm} ۸۸ گزارش نمودند. پتانسیل جذب فلزات سنگین دو اکوتیپ چمن *Vetiveria*

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

zizaniodes و*Vetiveria nemoralis* نیز مورد ارزیابی قرار گرفت است. نتایج نشان داد که میزان جذب فلزات در اکوتیپ‌ها تابعی از غلظت فلزات سنگین تیمار شده بود. همچنین غلظت فلزات در قسمت هوایی برداشت شده پس از ۱۲۰ روز کمتر از ۶۰ روز بود و غلظت فلزات سنگین در ریشه در فاصله زمانی بین ۶۰ تا ۱۲۰ روز افزایش یافت (Roongtanakiat and Chairoj, 2001). حضور عناصر غذایی کم مصرف و عناصر سمی مانند سرب، کادمیوم، جیوه، آرسنیک، سلنیوم و نیکل استفاده بی‌رویه از لجن‌ها را در زمین‌های کشاورزی محدود می‌سازد. به‌همین منظور بر اساس پژوهشی در چمن رایگرس[1] پرورش یافته با کود کمپوست لجن فاضلاب (CSS)[2]، مشاهده شد که در ضایعات سرزنی شده میزان تجمع عناصر مس، روی و سرب دو الی سه برابر بیشتر نسبت به چمن‌های رشد کرده در بستر خاکی بودند. این نتایج بیانگر غلظت زیاد فلزات سنگین در کمپوست و قابلیت تجمع آنها در رایگرس بود (Cheng *et al.*, 2007). در پژوهشی افزایش معنی داری در سرعت جوانه‌زنی در بذور ذرت تیمار شده با ۱۰ میکرومولار محلول نمک سرب در مقایسه با شاهد مشاهد شد و نتایج نشان داد که اثر فلزات سنگین بر جوانه‌زنی بذر بیشتر به شکل تاثیر بر پوسته‌های بذر و از طریق نفوذپذیری نسبت به آب و کمتر شدن مواد محلول می‌باشد (Wierzbicka and Obidzinsca, 1988). در طی آزمایشی تیمار بذور درخت زینتی- دارویی *Thespesia populnea* با ۱۰ میکرو مول در لیتر سرب اثر معنی داری در افزایش جوانه زنی بذر در مقایسه با شاهد داشت. کاهش رشد ریشه در این گیاه در تیمارهای فلزی را مرتبط به کاهش در تقسیم سلولی میتوز مناطق مریستمی ریشه دانستند (Kabir *et al.*, 2008). دلیل دیگر برای کاهش رشد اندام هوایی در حضور فلزات سنگین، کاهش حضور سلول های مریستمی در این نواحی، کاهش محتوای آنزیمی در کوتیلیدون‌ها و آندوسپرم می باشند. بنابراین زمانی که فعالیت آنزیمی تحت تاثیر قرار گرفت مواد غذایی به ریشه چه و ساقه چه نمی رسد و در نتیجه رشد ساقه چه و ریشه چه را تحت تاثیر قرار داد (Mohanty *et al.*, 1989).

با توجه به اینکه سرب یکی از آلاینده‌های مهم خودرویی در مناطق شهری می‌باشد، انتخاب و استقرار گیاهی سازگار با توانایی پالایش این فلز سنگین، می‌تواند در کاهش آلودگی آن در نواحی شهری کمک کند. بنابراین، هدف از انجام پژوهش حاضر، بررسی اثر غلظت‌های مختلف سرب بر شاخص‌های جوانه‌زنی برموداگرس به‌عنوان یک گیاه مقاوم به شرایط خشکی، بررسی اثر این تنش اولیه بر روی صفات رشدی در مرحله استقرار و توسعه گیاه و در نهایت میزان تجمع فلز سرب در اندام‌ها بود.

1. Ryegrass (*Lolium Perenne*)
2. Composted Sewage Sludg

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی گروه علوم باغبانی دانشگاه اراک انجام گرفت. به‌منظور تاثیر تنش سرب در مراحل مختلف رشدی برمودا‌گرس، غلظت‌های مختلف سرب در مرحله جوانه‌زنی در داخل پتری‌دیش به این گیاه اعمال شد و در ادامه مراحل رشدی، چگونگی تاثیر فلز سرب بر صفات مورفولوژیکی این گیاه ارزیابی شد. در این آزمایش از بذر خالص چمن برمودا‌گرس (*Cynodon dactylon*) استفاده شد. قبل از شروع آزمایش بذور با محلول ۱۰ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۰ دقیقه ضدعفونی و سپس با آب مقطر استریل شسته شدند. غلظت‌های اعمال شده با استفاده از محلول نیترات سرب شامل صفر، ۲۰، ۴۰، ۸۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر بود. بذور در ژرمیناتور تحت شرایط ۱۶ ساعت روشنایی و دمای ۲۴ درجه سانتیگراد درجه نگهداری شدند. شمارش بذور جوانه زده به صورت روزانه در طی ۱۴ روز انجام شد. در پایان روز آخر نیز، طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد و نسبت طول ریشه به ساقه و بنیه بذر بر اساس فرمول ۱ محاسبه شد. سپس، گیاهچه‌های دارای رشد طبیعی به آرامی به داخل بستر کشت حاوی پرلیت منتقل شدند. پس از رشد کامل، گیاهان به گلدان‌های دارای بستر خاکبرگ، ماسه بادی و خاک لوم به نسبت ۱:۱:۱ در داخل گلخانه منتقل شدند. با این هدف که تنش اولیه سرب در مرحله جوانه زنی برمودا‌گرس و همچنین، میزان پالایندگی این چمن در مرحله استقرار بررسی شود. تمامی گیاهان حاصل تیمار تنش جوانه زنی به‌همراه شاهد در یک مرحله با ۸۰۰ میلی گرم در لیتر نیترات سرب (در حدود سه ماه پس از انتقال) آبیاری شدند. آبیاری در دفعات به‌منظور عدم آبشویی سرب در حد ظرفیت زراعی صورت گرفت. یک ماه پس از اعمال تنش سرب، گیاهان برداشت شده و به آرامی ریشه‌ها با آب مقطر شستشو داده شدند. صفاتی که در این مرحله ارزیابی شدند شامل فاصله میان‌گره، طول برگ، عرض برگ، طول دستک، قطر دستک، طول ریشه، وزن تر و خشک کل گیاه، میزان کلروفیل برگ (با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج دستی (SPAD)، غلظت[1] سرب در اندام هوایی و میزان تجمع[2] سرب (فرمول ۲) بود. ریشه‌ها و اندام هوایی در آون ۷۲ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۴ ساعت خشک شدند و سپس وزن خشک هر اندام گیاهی ثبت شد. جهت تعیین میزان سرب جذب شده نمونه‌ها به‌روش هضم با اسید نیتریک غلیظ با دستگاه جذب اتمی (ASS) مدل Shimadzu AA-670 قرائت شدند (Madejon *et al.*, 2003). جهت تجزیه و تحلیل، داده‌های حاصل در قالب آزمایش طرح پایه کاملاً تصادفی با هشت تیمار و در سه تکرار با استفاده از نرم‌افزار SAS، تجزیه واریانس شدند. مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح یک درصد انجام گرفت.

1. Concentration
2. Uptake

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

فرمول ۱: $SV = (PL + RL) \times GP$

SV: بنیه بذر، GP: درصد جوانه‌زنی، PL: طول ساقه‌چه، RL: طول ریشه‌چه

فرمول ۲: $Uptake= Concentration \times Dry\ weight$

نتایج

براساس تجزیه واریانس صورت گرفته اثر تیمارهای مختلف نیترات سرب در مرحله جوانه‌زنی بذر چمن بر تمامی صفات جوانه‌زنی از جمله درصد جوانه‌زنی کل، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و بنیه بذر در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس شاخص‌های جوانه‌زنی در برموداگرس تحت تنش سرب.

منابع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (MS)				
		جوانه‌زنی (درصد)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	ریشه‌چه/ ساقه‌چه	بنیه بذر
تیمار سرب	۵	۲۶۱۸**	۱/۴**	۴/۴**	۱/۲**	۰/۶**
خطا	۴۰	۴۲	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۱	۰/۰۱
ضریب تغییرات		۲۰	۱۳	۲۴	۱۹	۹

**: معنی‌داری در سطح ۰/۰۱

نتایج مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف سرب بر صفات مختلف جوانه‌زنی دانهال برموداگرس در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- اثرات غلظت‌های مختلف سرب بر شاخص‌های جوانه زنی دانهال برموداگرس.

غلظت سرب	جوانه‌زنی (درصد)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	ریشه‌چه/ ساقه‌چه	بنیه بذر
۰	۸۳/۶۶^{a}	۲/۰۲^{a}	۱/۶۸^{b}	۰/۸^{bc}	۳/۱۳^{a}
۲۰	۲۳/۵۹ ^{bc}	۲/۰۵^{a}	۱/۹۴^{ab}	۰/۹۴^{ab}	۰/۹۴^{b}
۴۰	۲۴/۵۵ ^{bc}	۲/۰۱^{a}	۲/۰۱^{a}	۱^{a}	۰/۹۹^{b}
۸۰	۲۵/۹۴ ^{bc}	۱/۷۵^{b}	۱/۲۶^{c}	۰/۷^{c}	۰/۷۹^{bc}
۱۰۰	۲۰/۲۳ ^{c}	۱/۲۶^{c}	۱/۰۴^{c}	۰/۸۲^{c}	۰/۵^{cd}
۱۵۰	۲۹/۷۵ ^{bc}	۱/۰۶^{cd}	۱/۱۵^{d}	۰/۱۱^{d}	۰/۳۶^{d}
۲۰۰	۲۶/۶۶ ^{bc}	۱/۰۵^{cd}	۰^{d}	۰^{d}	۰/۲۸^{d}
۳۰۰	۲۴/۷۸ ^{bc}	۰/۹۴^{d}	۰^{d}	۰^{d}	۰/۲۳^{d}

در هر ستون حروف یکسان نشان‌دهنده عدم داشتن تفاوت معنی‌دار است.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

نتایج نشان داد که غلظت‌های صفر الی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر تاثیری مخربی بر رشد ریشه‌چه نداشت و حتی در تیمار ۴۰ میلی‌گرم در سرب طول ریشه‌چه نسبت به شاهد افزایش هم داشت. ولی در غلظت‌های بیش از ۴۰ میلی‌گرم سرب، رشد ریشه‌چه به‌شدت کاهش یافت به گونه‌ای‌که در غلظت‌های ۲۰۰ الی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر هیچ‌گونه خروج ریشه‌چه از بذور مشاهده نگردید.

طبق نتایج به‌دست آمده، غلظت‌های صفر الی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر تاثیری بر رشد ساقه‌چه نداشت ولی از غلظت ۸۰ میلی‌گرم در لیتر سرب، طول ساقه‌چه کاهش یافت که نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشتند. کمترین میزان رشد طولی ساقه‌چه نیز در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر به‌میزان ۰/۹ سانتی‌متر مشاهده شد.

مقایسه میانگین حاصل از اثر تنش سرب بر نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نشانگر آن بود که غلظت‌های کم سرب (در حدود صفر الی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش این نسبت به شاهد شد. بیشترین نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه در حضور غلظت ۴۰ میلی‌گرم در لیتر سرب که نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری داشت و از این غلظت به بعد نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه کاهش یافت که کمترین این نسبت در غلظت‌های ۱۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر غلظت‌های مختلف سرب بر روی بنیه بذر نشان داد که بیشترین بنیه بذر در شاهد بود (۳/۱۳) و حضور غلظت‌های مختلف سرب در محیط جوانه‌زنی به‌شدت بنیه بذر را کاهش داد. کمترین میزان بنیه بذر نیز در تیمارهای ۱۵۰ الی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر سرب مشاهده شد.

پس از اینکه گیاهچه‌های تحت تنش سرب به‌تدریج با شرایط خاکی سازگار شدند و در یک مرحله رشدی با نیترات سرب آبیاری شدند و سپس صفات رشدی آنها ارزیابی شد. تیمارهای بیش از ۱۰۰ میلی گرم در لیتر به‌این دلیل که گیاهچه‌های نرمالی را توسعه نداده بودند، در این مرحله حذف شدند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تاثیر تنش سرب اعمال شده در مرحله جوانه‌زنی فقط بر صفاتی مانند عرض برگ، طول برگ، تعداد دستک و طول دستک‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی بر سایر صفات از جمله میزان تجمع سرب در اندام‌های گیاهی تاثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات رشدی برموداگرس تحت تنش سرب سرب در مرحله استقرار.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)									
		میانگره	عرض برگ	طول برگ	تعداد دستک	طول دستک	قطر دستک	طول ریشه	وزن تر	وزن خشک	غلظت سرب	جذب سرب
تیمار	۴	۱/۷^{ns}	۰/۲۵**	۴**	۱/۶**	۲/۳**	۰/۰۵^{ns}	۰/۴۷^{ns}	۰/۴۹^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۲۹^{ns}	۱/۳^{ns}
خطا	۱۷	۱/۸	۰/۷۴	۲/۴	۰/۷	۱/۷	۰/۰۶	۰/۶۱	۰/۶۶	۰/۱۷	۰/۲۸	۳/۶
ضریب‌تغییرات		۲۷	۱۸	۲۲	۲۸	۱۸	۲۰	۲۰	۲۱	۱۸	۱۵	۲۵

**معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ و ^{ns}عدم معنی‌داری

مقایسه میانگین اثر تنش سرب در مرحله جوانه‌زنی بر صفات رشدی گیاه برموداگرس در مرحله بلوغ در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴- اثرات تنش اولیه سرب بر صفات رشدی چمن در مرحله استقرار.

غلظت سرب	عرض برگ (میلی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	تعداد دستک	طول دستک (سانتی‌متر)
۱۰	۳^{b}	۸/۲۵^{a}	۳/۷۵^{b}	۳۲^{b}
۲۰	۲/۹۵^{a}	۶/۸۷^{ab}	۱۰^{ab}	۵۹/۲۵^{ab}
۴۰	۳^{a}	۶/۷۵^{ab}	۱۴/۲۵^{a}	۵۴/۷۵^{ab}
۸۰	۲/۸۷^{a}	۷/۲^{ab}	۱۳^{a}	۴۴/۵^{ab}
۱۰۰	۳/۲۵^{a}	۵/۶^{b}	۱۴/۲۵^{a}	۶۴/۵^{a}

در هر ستون حروف یکسان نشان دهنده عدم داشتن تفاوت معنی‌دار است.

براساس نتایج به‌دست آمده، حضور غلظت‌های مختلف سرب در مرحله دانهالی برموداگرس باعث کاهش یکسری صفات مورفولوژیکی در مرحله استقرار شد. حضور غلظت‌های سرب در محیط جوانه‌زنی باعث افزایش عرض برگ در مرحله استقرار چمن برموداگرس شد و این افزایش، تفاوت معنی‌داری با شاهد داشت. بیشترین عرض برگ در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سرب، به‌میزان ۳/۲۵ میلی‌متر و کمترین عرض برگ در شاهد با دو میلی‌متر مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر سرب در مرحله جوانه‌زنی چمن بر روی صفات رشدی در مراحل استقرار نشان داد که غلظت‌های صفر الی ۸۰ میلی‌گرم در لیتر باعث تغییری قابل توجهی در طول برگ نشد و فقط در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر کمترین طول برگ به‌میزان ۵/۶ میلی‌متر مشاهده شد که با شاهد تفاوت معنی‌داری داشت. اثر غلظت‌های مختلف سرب در مرحله جوانه‌زنی بر تعداد دستک‌های تولید شده در مرحله استقرار چمن موثر بود به‌طوری‌که

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

با افزایش غلظت سرب در محیط جوانه‌زنی، باعث افزایش تعداد دستک‌های رشد یافته شد. بیشترین میزان تعداد دستک در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر با تعداد ۱۴/۲۵ مشاهده شد که با تعداد دستک‌ها در شاهد (۳/۷۵) تفاوت معنی‌داری داشت. همچنین، افزایش غلظت سرب در محیط رشد گیاهچه باعث افزایش طول دستک‌ها در مرحله استقرار چمن در محیط خاکی شد. در غلظت ۱۰۰ میلی گرم در لیتر نیز، طویل‌ترین طول دستک (۶۴/۵ سانتی‌متر) مشاهده شد که با شاهد (۳۲ سانتی‌متر) تفاوت معنی‌داری داشت.

بحث و نتیجه‌گیری

بذر مرحله‌ای از چرخه زندگی گیاه است که گیاه را به خوبی در مقابل تنش‌های گوناگون حفاظت می‌کند. اما بلافاصله پس از جذب آب و توسعه رشد رویشی، گیاه به تنش‌های محیطی بسیار حساس می‌شود. مشابه با یافته‌های این آزمایش، برای گیاه لوبیا کاهش در شاخص‌های جوانه‌زنی بذر، طول ساقه‌چه، ریشه‌چه، نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و جوانه‌زنی در حضور غلظت چهار میلی‌گرم در لیتر کادمیوم گزارش شده است. نتایج نشان داد کاهش در جوانه‌زنی بذر در حضور غلظت‌های سمی فلزات سنگین به‌دلیل تجزیه مواد ذخیره شده بذر می‌باشد (Shafiq *et al.*, 2008).

از متداول‌ترین علایم سمیت سرب، بازدارندگی رشد اندام‌های هوایی و ریشه می‌باشد (Huang *et al.*, 1997; Vassil *et al.*, 1998; Wierzbicka and Obidzinsca, 1988). در این پژوهش، با افزایش غلظت نیترات سرب، میانگین طول ساقه‌چه به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. در نتایجی مشابه نیز، پژوهشگران کاهش طول ساقه‌چه و ریشه‌چه در حضور غلظت‌های سرب در کلزا را گزارش کردند (Bojarczuk, 2004). اثر بازدارندگی سرب بر ساقه‌ها به‌خصوص در ناحیه‌ی مریستمی به‌دلیل کاهش قدرت تقسیم، خاصیت الاستیکی سلول‌ها و غشاء آن‌ها می‌باشد (Mohany, 1989) که با یافته‌های ما همسو است. محققان دلایلی را برای اثر بازدارندگی فلزات سنگین بر رشد گیاهچه بیان نموده‌اند؛ فلزات سنگین به واسطه تحت تاثیر قرار دادن آنزیم‌های هیدرولیتیکی مانند آمیلاز که نشاسته را تبدیل به قند می کند؛ باعث می‌شوند مواد غذایی به ریشه‌چه و ساقه‌چه نرسد و در نتیجه طول رشد گیاهچه محدود گردد (Kabir, 2008; Xiong *et al.*, 1998; Huang and Cunningham1996).

در این تحقیق، کاهش طول ریشه چمن در حضور غلظت‌های مختلف سرب مشاهده شد که چنین اثر بازدارنده‌ای نیز در ریشه گیاهان گونه‌ای از خردل (Xiong, 1998) و چمن رایگرس (Wong and Bradshow, 1982) گزارش شده است. بازدارندگی رشد ریشه توسط اثر سمیت سرب هم در طی مراحل تقسیم سلولی و هم در طی طویل شدن سلولی دانهال است (Ivanov *et al.*, 1988). کندی یا توقف رشد سیستم ریشه‌ای دانهال در حضور عناصری مانند مس، سرب و روی به‌دلیل تخریب موضعی

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

مراحل متابولیکی دانهال مـی باشـد (Dinev, 1988; Obroucheva, 1998; Fargasova, 1994). فلـزات سنگین به وسیله ی مهار تقسیم سلولی و یا کاهش گسترش سلولی در ناحیه ی طویل شدن و یا هـر دو آنها سبب کاهش طول ریشه می‌شوند (Nalilni and Chandra, 2002) که با یافته‌های ما مطابقت دارد. به‌طور کلی در این آزمایش، میزان بازدارندگی غلظت‌هـای سـرب در رشـد ریشـه‌چـه چمـن، بیشـتر از ساقه‌چه بود و به همین دلیل محققین طول ریشه را به‌عنوان یک معیار برای تعیین توانـایی تحمـل بـه فلزات سنگین در گیاهان در نظر می‌گیرند (Kabir, 2008). حرکت فلزات سنگین به قسـمتهای هـوایی محدود بوده و ریشه‌ها به‌عنوان اولین مـانع در حرکـت ایـن فلـزات عمـل مـی‌نماینـد. بـه‌همـین دلیـل بازدارندگی در رشد قسمت‌های زیرزمینی در گیاهان نسبت به اندام‌های هوایی بیشتر مشاهده می‌شـود (Bashmakov *et al.*, 2005).

نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه یکی از شاخص‌های واکنش دانهال نسبت به تنش فلـزات سـنگین می باشد. افزایش این نسبت در غلظت‌های کم نشان دهنده افزایش رشد طولی ریشه‌چه نسبت به رشـد طولی ساقه‌چه می باشد. به این معنی که در غلظت‌های کم سرب (صفر الی ۴۰ میلی‌گرم در لیتـر) اثـر سمیت و بازدارندگی بر رشـد ریشـه وجـود نـدارد بلکـه باعـث تحریـک رشـد آن مـی‌گـردد. بـالعکس، غلظت‌های بیشتر (۴۰ الی ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر) اثر بازدارندگی بر رشد ریشه‌چه دارد. کـاهش نسـبت ریشه‌چه به ساقه‌چه گیاهانی مانند گندم، جو و برنج در حضور فلزات سنگین سرب، مـس، روی و غیـره گزارش شده است (Mahmood *et al.*, 2007) که با نتایج این آزمایش مبنی بر کـاهش ایـن نسـبت در حضور غلظت‌های سمی سرب در چمن برموداگرس همخوانی دارد.

طبق نتایج به‌دست آمده، با افزایش غلظت نیترات سرب در محیط از صفر الی ۴۰ میلی‌گرم در لیتر، رشد ساقه‌چه و ریشه‌چه دانهال برموداگرس نسبت به شاهد تفاوتی نداشت؛ به‌عبارتی غلظت‌های پایین سرب محدودیتی در مرحله جوانه‌زنی چمن نبود. زیست توده گیاهی در حضور غلظت‌های کم آلاینده‌های فلزی افزایش می‌یابد (Bojarczuk, 2004; Breckle, 1991; Broyer et al., 1972). برخلاف سایر فلزات سنگین، سرب و روی باعث بازدارندگی کامل ریشه، کلئوپتیل و هیپوکتیل در بذور خیار و گندم حتی در غلظت‌های بالا (8mM) نشد (Munzuroghlu and Geckil, 2002). همچنین محققان دریافتند فلز روی عکس نیکل، کروم، مس و کادمیوم اثر معنی‌داری در کاهش جوانه‌زنی حتی در غلظت‌های ۴۰ میلی‌گرم در لیتر گیاه یونجه نداشت (Peralta *et al.*, 2000). اگر سرب به عنوان یک عنصر ضروری برای رشد برخی از گیاهان باشد، نیاز این گونه‌ها مقداری کمتر از حدود دو نانوگرم در گرم ماده خشک گیاهی است. این غلظت عامل محدود کننده رشد نیست و به‌طور قابل توجهی کمتر از نیاز به ریزمغذی در گیاهان می‌باشد (Keaton, 1937). گروهی از محققین هم اثرات تحریکی سرب را و نقش غیر مستقیم آن در حلالیت یکسری عناصر مانند منیزیم و کلسیم و فراهم شدن بیشتر آنها برای

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

گیاهان مرتبط دانستند (Wierzbicka and Obidzinsca, 1988). پژوهش‌های مشابه با یافته‌های این آزمایش مبنی بر اثر غلظت‌های سمی فلزاتی مانند سرب، مس، روی، کادمیوم و کبالت بر بنیه بذر گیاهانی مانند کلم‌زینتی، گل آهار، همیشه بهار، درختچه طاووسی و سایر گیاهان در مرحله دانهالی در دسترس می‌باشد (Wierzbicka and Obidzinsca, 1988; Lerda, 1992; Iqbal and Shazia, 2004).

نتایج تحقیق نشان داد فاکتورهای رشدی چمن (وزن تر، وزن خشک، طول ریشه، طول ساقه، میزان کلروفیل و غیره) تحت تاثیر غلظت‌های تنش اولیه سرب قرار نگرفت که با یافته عدم تاثیر معنی‌دار سرب به‌میزان ۹۵/۹-۲۳/۹ میلی گرم در کیلوگرم خاک بر صفات فیزیولوژیکی نظیر میزان رشد و وزن خشک این گیاه علوفه‌ای گرمسیری وتیورگرس (Roongtanakiat and Chairoj, 2001) مطابقت دارد. در خردل هندی که به‌عنوان یک گیاه مدل در روش گیاه پالایی مطرح است، در حضور غلظت‌های مختلف سرب (۱۰۰-۰ میلی‌گرم در لیتر) تفاوت معنی‌داری در سطح کل برگ ، وزن خشک و تر ریشه و ساقه نسبت به شاهد مشاهده نشد (Begonia *et al.*, 1998). در این تحقیق، به‌دلیل در معرض مداوم قرار نگرفتن گیاهان نسبت به سرب، علایم سمیت سرب و کاهش بازدارندگی رشد چندان در مرحله استقرار محسوس نبود. بر اساس یافته‌های به‌دست آمده، تفاوتی از نظر توان پالایندگی گیاهان در مرحله استقرار مشاهده نشد و تنش اولیه سرب در مرحله جوانه‌زنی منجر به بروز تنوع در میزان پالایندگی و تجمع سرب چمن در مرحله استقرار نشد که به دلیل خلوص ژنتیکی منبع بذری این امر قابل تفسیر است.

تاکنون مطالعه‌ای مشابه مبنی بر تاثیر تنش فلزی در مراحل ابتدایی رشد بر صفات رشدی در مرحله بلوغ گیاهان وجود نداشته؛ اما گزارشات متعددی مبنی بر تاثیر مخرب فلزات سنگین بر رشد و نمو گیاهان در دسترس است؛ اوزکای و همکاران (Ozkay *et al.*, 2014) نشان دادند که افزایش غلظت فلزات سنگین مانند روی، مس، سرب و کادمیوم در آب آبیاری باعث کاهش در صفات مرفولوژیکی مانند طول ساقه، طول ریشه، وزن تر و وزن خشک برگ، وزن تر و وزن خشک ریشه و سطح برگ شد. همچنین کشتگار و همکاران (Keshtegar *et al.*, 2013) گزارش کردند که با افزایش غلظت فلز سرب در گیاه ماشک، کاهش زیادی در رشد بخش‌های هوایی و ریشه، وزن تر و وزن خشک مشاهده شد. در نتایج نورانی آزاد و همکاران (۱۳۹۰) کاهش معنی‌دار مقدار وزن خشک اندام هوایی با افزایش غلظت سرب نیز نسبت به شاهد مشاهده شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت.

به‌طور کلی تنش سرب بر تمامی شاخص‌های رشدی دانهال برمودا‌گرس تاثیر منفی داشت. اگرچه، غلظت‌های کم سرب تاثیر چندانی بر کاهش طول ساقه‌چه و ریشه نداشت. تنش سرب در مراحل اولیه رشد چمن بر برخی صفات مرحله استقرار تاثیرگذار بود. در مراحل بعدی رشد، گیاهانی با برگ‌های کوتاه‌تر با عرض بیشتر و دستک‌های طویل‌تر با تعداد بیشتر تولید کردند. اثر تنش سرب بر سایر صفات

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

معنی دار نبود. این بدان معنا است برمودا‌گرس در مرحله استقرار نسبت به حضور غلظت‌های سرب حساس بوده و رشد دانهال آن محدود می‌گردد ولی پس از استقرا گیاه، قادر است با ساز و کارهایی مانند توسعه دستک، استقرار و توسعه خود را تحت حضور تنش سرب ابقا نماید. پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات دیگری، واکنش سازگاری این چمن نسبت به سایر فلزات سنگین بررسی گردد تا بتوان کشت آن را در مناطق فضای سبز آلاینده توصیه نمود.

منابع

نورانی آزاد، ح.، حاجی‌باقری، م.ر.، کفیل‌زاده، ف.، نجفیان، م. ۱۳۹۰. یک رقم گلرنگ *Carthamus tinctiorius* L. به سمت سرب، فصلنامه علمی- پژوهشی گیاه و زیست بوم ۷، شماره (۲۷).

Azevedo J.A., Azevedo RA. 2006. Heavy metals and oxidative stress: where do we go from here? Communications in biometry and crop science. 1(2): 135-138.

Bashmakov D.I., Lukatkin A.S., Revin V.V., Duchovskis P., Brazaitytë A., Baranauskis K. 2005. Growth of maize seedlings affected by different concentrations of heavy metals. Ekologija. 3: 22–27.

Begonia G.B., Davis C.D., Begonia M.F.T., Gray C.N. 1998. Growth responses of Indian mustard (*Brassica juncea*) and its phytoextraction of lead from a contaminated soil. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 60: 38-43.

Bojarczuk K. 2004. Effect of toxic metals on the development of poplar (*Populus tremula* L. × *P. alba* L.) cultured in vitro. Polish Journal of Environmental Studies. 13: 115-120.

Breckle C.W. 1991. Growth under heavy metals. In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U, editors. Plant roots: the hidden half. New York, NY: Marcel Dekker. 351-373.

Broyer T., Johnson C., Paull, R. 1972. Some aspects of lead in plant nutrition. Plant and soil. 36: 301-313 .

Bungard R.A., Mcneil D., Morton J.D. 1997. Effects of chilling, light and nitrogen-containing compounds on germinations, rate of germination and imbibition of *Clematis vitalba* L. Annual Botanic. 79: 643–645.

Dinev N. 1988. Effects of heavy metals (Cu, Zn, Cd) on the growth of oat plants. Soil Science Agrochemistry Ecology. 33: 5-9.

Fargasova A. 1994. Effect of Pb, Cd, Hg, As, and Cr on germination and root growth of *Sinapis alba* seeds. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 52: 452–456.

Ghosh M., Singh S.P. 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of its byproducts. Applied ecology and environmental research. 3(1): 27–33.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

Godzik B. 1993. Heavy metals content in plants from zinc dumps and reference area. Pollution Botanic Study. 5: 113-132.

Huang J.W., Chen J., Berti W.R., Cunningham S.D. 1997. Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environnemental Science and Technology. 31: 800-805.

Iqbal M.Z., Shazia Y. 2004. Reduction of germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala* caused by lead and cadmium individually and combination. Ekologia (Braslava). 23(2): 162-168.

Ivanov V.B., Bystrova E.I., Obroucheva N.V., Antipova O.V., Sobotik M., Bergmann H. 1988. Growth response of barley roots as an indicator of Pb toxic effects. Apply Botanical. 72: 140-143.

Kabata-Pendias A. Pendias H. 2000. Trace Elements in Soils and Plants. 3rd Edn., CRC Press Inc., Boca Raton, USA.

Kabir M., Iqbal M.Z., Shafigh M., Faroogi Z.R. 2008. Reduction in germination and seedling growth of *Thespesia populnea* L. caused by lead and cadmium treatments. Pakistan Journal Botanic. 40(6): 2419-2426.

Keaton C.M. 1937. The influence of lead compounds on the growth of barley. Soil Science. 43, 401-411.

Keshtegar M., Akbari R., Jahantigh, M.A.M. 2013. Investigation of plants purification capability of Pb on two cultivars of vetch plants (*Vigna Radiata*) in contaminated soilsInternational Research Journal of Applied and Basic Sciences. 2251-838, 7(13): 983-987.

Lerda D. 1992. The effect of lead on *Alium cepa* L. Mutation Research. 231: 80-92.

Lone M.I., Li H., Zhen P.J., Stoffella E.,Yang X. 2008. Phytoremediation of heavy metal polluted soils and water: Progresses and perspectives. Journal of Zhejiang University Sci. 9: 210-220.

Madejon P., Murillo J.M., Maranon T., Cabrera F., Soriano M.A. 2003. Trace element and nutrient accumulation in sunflower plants two years after the Aznalcollar mine spill. The Science of the total Environment. 307: 239-257.

Mahmood T., Islam K.R., Muhammad S. 2007. Toxic Effects of Heavy Metals on Early Growth and Tolerance of Cereal Crops. Pakistan Journal of Botany. 39(2): 451-462.

Mohanty N., Vass I., Demeter S. 1989. Copper toxicity affects Photosystem II electron transport at the secondary quinone acceptor, Q_B. Plant Physiology. 90:175-179.

Munzuroghlu O., Geckil, H. 2002. Effects of metals on seed germination, root elongation, and coleoptile and hypocotyl growth in *Triticum aestivum* and *Cucumis sativus*. Archives of Environmental Contamination and Toxicology. 43: 203-213.

Nalilni P., Chandra P.S. 2002. Effect of heavy metals Co^{+2}, Ni^{+2} on growths and metabolism of cabbage. Plant Science. 163:753-758.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

Obroucheva N.V., Bystrova V.B., Ivanov O.V., Antipova M.S., Seregin I.V. 1998. Root growth responses to lead in young maize seedlings. Plant Soil. 200: 55-61.

Ozkay F.K., Sevinc T.I., Kusvuran S. 2014. Effects of Copper, Zinc, Lead and Cadmium Applied with Irrigation Water on Some Eggplant Plant Growth Parameters and Soil Properties.

Pais I., Benton Jones J.J. 1997. The handbook of trace elements. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida.

Peralta J.R., Gardea-Torresdey J.L., Tiemann K.J., Gomez E., Arteaga S., Rascon, E., Parsons J.G. 2000. Study of the effects of heavy metals on seed germination and plant growth on alfafa plant (*Medicago sativa*) growth in solid media. Proceedings of the 2000 Conference on Hazardous Waste Research. Holiday Inn Denver Southeast Denver, Colorado.

Pritchard H.W., Wood J.A., Mjanger K.R. 1993. Influence of temperature on seed germination and the nutritional requirements for embryo growth in *Arum maculatum* L. New phytologist. 123: 801–809.

Qu R.L., Li D.R., Qu R. 2003. Lead uptake by roots of four turfgrass species in hydroponic cultures. Hort Science. 38: 623-6290.

Roongtanakiat, N., Chairoj, P. 2001. Uptake Potential of some heavy metals by vetivergrass. Natural Science. 35: 46-50.

Shafiq M., Iqbal M.Z., Athar M. 2008. Effect of lead and cadmium germination and seedling growth of *Leucaena leucocephala*. Science Environmental Management. 12(2): 61- 66.

Vassil A.D., Kapulnik Y., Raskin I., Salt D.E. 1998. The role of EDTA in lead transport and accumulation by Indian mustard. Plant physiology. 117(2): 447-453.

Watanabe M.E. 1997. Phytoremediation on the brink of commercialization. Environmental Science and Technology. 31: 182-186.

Wierzbicka M., Obidziniska J. 1988. The effect of lead on seed imbibitions and germination indifferent plant species. Plant Science. 137: 155-171.

Wong M.H., Bradshaw A.D. 1982. A comparison of the toxicity of heavy metals, using root elongation of ryegrass, *Lolium perenne*. New Phytology. 91: 255-261.

Xiong Z.T. 1998. Lead uptake and effects on seed germination and plant growth in a Pb hyperaccumulator *Brassica pekinensis* Rupr. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 60: 285-291.

Yoon J., Cao X., Zhou Q. and Ma Q. 2006. Accumulation of Pb, Cu and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site. Science of the total Environment. 368: 456-464.

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]

[Downloaded from pec.gonbad.ac.ir on 2026-11-25]