

پاسخ‌های فیزیولوژیک نهال‌های یکساله سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica*) و خمره‌ای (*Platycladus orientalis*) به خاک‌های آلوده به سرب

هومن عباسی^۱، محمد رضا پورمجیدیان^{۲*}، سید محمد حجتی^۲، اصغر فلاح^۲

۱. دانش آموخته دکتری رشته علوم جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندان، ایران

۲. دانشیار، رشته جنگلداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مازندان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۸/۲۴، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۶

چکیده

استفاده از گونه‌های درختی در گیاه‌پالایی بسیار ارزشمند است، ولی لازمه آن کسب اطلاع از سازوکار فیزیولوژیک و پتانسیل گونه‌های مختلف است. بنابراین در این تحقیق توانایی گیاه‌پالایی دو گونه سوزنی‌برگ سرو نقره‌ای و خمره‌ای در مرحله نهال ارزیابی شد. در همین زمینه، نهال‌های یکساله دو گونه مذکور در طول یک فصل رویش در خاک‌های آلوده به سرب با غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک قرار گرفت و شاخص‌های مختلفی از قبیل تبادللات گازی، پارامترهای فیزیولوژیک و رشد و تولید در دو گونه بررسی شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری نشان داد که نرخ فتوسنتز و پارامترهای فیزیولوژیک دو گونه متأثر از آثار منفی آلودگی سرب قرار گرفت، ولی این ضعف در متابولیسم گیاه سبب مرگ و میر نهال‌های هیچ‌کدام از این دو گونه نشد. میزان رشد و تولید زی‌توده در گونه سرو نقره‌ای کمتر دستخوش تأثیرات منفی قرار گرفت که از مقاومت بیشتر این گونه نشان دارد. در نهایت می‌توان ادعان داشت که دو گونه سرو نقره‌ای و خمره‌ای سازوکار متفاوتی نسبت به آلودگی سرب دارند، ولی توانایی و مقاومت گونه سرو نقره‌ای بیشتر است. بی‌شک مطالعات جامع‌تر به‌ویژه در غلظت‌های بیشتر و دوره‌های طولانی‌تر برای تأیید نهایی این یافته لازم است.

واژگان کلیدی: آلودگی سرب، پاسخ‌های فیزیولوژیک، رشد، گیاه‌پالایی، نرخ فتوسنتز.

مقدمه

به کاهش جوانه‌زنی، کاهش رشد طولی و قطری و کاهش زی‌توده خشک قسمت‌های مختلف گیاه اشاره کرد [۲]. با وجود اثرهای منفی سرب بر بیولوژی گیاهان، برخی گونه‌های گیاهی توانایی انباشت سرب در اندام‌های خود را دارند. سرب هیچ اثر بازدارنده‌ای بر زیست این گونه‌ها ندارد و آنها قادرند در طول زمان سرب را حذف کنند، کاهش دهند یا ثابت نگه دارند [۳]. دانش گیاه‌پالایی در پی شناسایی این گونه‌ها و شناخت سازوکار آنهاست.

به‌طور کلی استفاده از گیاهان علفی در حذف آلودگی‌های فلزات سنگین همچون روی، منگنز و سرب

حضور فلزات سنگین در خاک نه تنها حیات بسیاری از جانوران و گیاهان را به خطر می‌اندازد، بلکه سهم وسیعی از خاک یک سرزمین را ناکارآمد و غیرقابل استفاده می‌کند. گیاه‌پالایی به معنای استفاده از گیاهان در حذف، کاهش، انتقال یا ثابت نگه داشتن آلودگی در خاک است که از آن به‌عنوان یک روش اقتصادی و در عین حال بسیار مؤثر یاد می‌شود [۱]. از جمله اثرهای منفی سرب بر گیاهان می‌توان

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۱۱۵۴۳۸۵۰

مواد و روش‌ها

تهیه نهال و اعمال تیمارهای آلودگی سرب

تحقیق حاضر در نهالستان نشتارود انجام گرفته است که بخشی از نهالستان خشک‌داران است و به نهالستان خشک‌داران دو معروف است. مقدار بارندگی براساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی رامسر (ده‌ساله) به‌طور متوسط سالیانه ۱۲۳۳/۲۷ میلی‌متر است. گرم‌ترین ماه سال، مرداد با متوسط دمای ۲۶/۸۶ درجه سانتی‌گراد و سردترین ماه سال، بهمن با متوسط دمای ۸/۱۸ درجه سانتی‌گراد است.

یک سال پیش از شروع آزمایش (۱۳۹۲)، اقدام به تولید نهال‌های دو گونه سرو نقره‌ای و خمره‌ای شد. برای آماده‌سازی خاک آلوده از نمک فلز سرب $Pb(NO_3)_2$ به‌صورت محلول و با غلظت‌های ۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بعد از اضافه کردن به خاک اولیه یعنی خاک فاقد آلودگی استفاده شد. برای هر تیمار هفت نهال به‌عنوان تکرار اختصاص داده شد. در نهایت همه تیمارها با حفظ شرایط کاملاً یکسان محیطی در طول یک فصل رویش مراقبت، نگهداری و آبیاری شدند.

پارامترهای مورد بررسی

در پایان فصل رویش، زنده‌مانی، رشد طولی و قطری (اختلاف بین ابتدا و انتهای دوره) در تمامی نهال‌های هر تیمار و نیز تولید زی‌توده اندام‌های مختلف تمامی نهال‌ها (ریشه، ساقه و برگ) از طریق اندازه‌گیری وزن خشک آنها تعیین شد.

در پایان دوره آزمایش نرخ فتوسنتز خالص، هدایت روزنه‌ای، تعرق و غلظت CO_2 درون‌روزنه‌ای در واحد سطح برگ توسط دستگاه قابل حمل فتوستتزی (ADC Bioscientific Ltd., UK) بر روی سه نهال از هر تیمار (در هر نهال سه برگ) اندازه‌گیری شد [۱۱]. سپس هدایت مزوفیلی از تقسیم فتوسنتز به غلظت CO_2 درون‌روزنه‌ای؛ کارایی مزوفیلی از تقسیم غلظت CO_2

بیشتر کانون توجه قرار گرفته است که در این بین می‌توان به کارایی مناسب برخی گونه‌ها از قبیل *Brassica juncea* و *Thlaspi caerulescens* و *Ambrosia artemisifolia* اشاره کرد [۴]. درباره گونه‌های درختی اطلاعات اندکی در مقایسه با گونه‌های علفی وجود دارد و در نگاه کلی در بیشتر تحقیقات به خانواده *Salicacea* توجه شده است [۵].

اگرچه از گونه‌های علفی در بسیاری از پروژه‌های حذف آلودگی از خاک استفاده می‌شود، متأسفانه اکثر این گونه‌ها ریشه‌های کم‌عمقی دارند و فقط در عمق‌های سطحی می‌توانند گیاه‌پالایی کنند [۶]؛ بنابراین می‌توان از گونه‌های درختی با قابلیت رشد زیاد، مقاومت چشمگیر و سیستم ریشه‌دوانی عمیق به‌عنوان گزینه‌ای مناسب در برخی از مناطق استفاده کرد [۷]. از سوی دیگر می‌توان با استفاده از گونه‌های چوبی به ایجاد فضای سبز یا حتی احداث کمربندهای سبز نیز کمک کرد. گونه‌های سرو نقره‌ای^۱ و سرو خمره‌ای^۲ از جمله گونه‌های سوزنی‌برگ در ایران هستند که در فعالیت‌های جنگلکاری شهری به‌وفور استفاده می‌شوند و براساس مطالعات پیشین توانایی مقاومت به تنش‌های خشکی و شوری در آنها تأیید شده است [۸]. ولی تاکنون پتانسیل آنها در استفاده در گیاه‌پالایی به‌صورت جامع آزمایش نشده است. مظفری و همکاران (۱۳۹۳) در بررسی جنگلکاری‌های پنج‌ساله دو گونه سرو مذکور در حوالی شهرک صنعتی البرز قزوین نشان دادند که از لحاظ جذب فلز سنگین سرب اختلاف فراوانی بین دو گونه وجود ندارد [۹]. همچنین تحقیقات خسروپور و همکاران (۱۳۹۰) حاکی از توانایی گونه سرو نقره‌ای در جذب سرب از طریق اتمسفر به‌واسطه باران‌ریایی بود [۱۰]. در این تحقیق، برای اولین بار پتانسیل مقاومت به آلودگی سرب در خاک توسط دو گونه سرو نقره‌ای و سرو خمره‌ای در مرحله نهال آزمون و بررسی شده است.

1. *Cupressus arizonica*
2. *Platycladus orientalis*

کاهش فتوستتوز و تعرق به ترتیب تا ۵۷ و ۵۰ درصد نسبت به شاهد مشاهده شد، درحالی که تأثیر تنش سرب بر هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2 در بین سلول‌های روزنه چشمگیر نبود (شکل ۲). به‌طور کلی می‌توان اذعان داشت که نرخ فتوستتوز در هر دو گونه، حساسیت بیشتری به آلودگی سرب داشت. هم‌راستا با یافته‌های این تحقیق، بررسی‌ها نشان داده است که با افزایش غلظت و مدت زمان تنش سرب، میزان فتوستتوز به‌صورت معنی‌داری کاهش می‌یابد [۱۳]. کاهش فتوستتوز تحت تأثیر سرب ممکن است از طریق بازگشایی روزنه، آسیب به سازماندهی فراساختاری کلروپلاست، تغییر در متابولیت‌های فتوستتوزی، جایگزینی یون‌هایی از قبیل منیزیم و منگنز و غیره با سرب در کلروپلاست و ممانعت از ساختن یا تجزیه رنگیزه‌های فتوستتوزی صورت گیرد [۱۴]. تنش سرب ممکن است با کاهش تثبیت کربن سبب اختلال در فتوستتوز شود [۱۵]. از سوی دیگر سرب می‌تواند با تولید اکسیژن‌های فعال و القای تنش اکسیداتیو سبب تخریب کلروفیل و در پی آن مختل کردن فعالیت‌های فتوستتوز شود [۱۶]

گونه‌ها و زیرگونه‌های مختلف گیاهی از توانایی‌های و سازگاری‌های متفاوتی در مواجهه با تنش‌های محیطی مانند فلزات سنگین برخوردارند [۱۷] که در این بین سازگاری‌های فیزیولوژیک در انتخاب گونه‌های مقاوم حائز اهمیت است. تفاوت آماری بین تیمارهای آلودگی سرب در گونه سرو نقره‌ای از لحاظ تمامی پارامترهای فیزیولوژیک ثبت شد. در مورد گونه سرو خمره‌ای پارامتر کارایی مصرف آب تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت؛ در مقابل دیگر پارامترهای فیزیولوژیک تفاوت معنی‌داری داشتند. در گونه سرو نقره‌ای، اختلافی بین نهال‌های شاهد با تیمارهای متوسط و شدید از لحاظ کارایی مزوفیلی مشاهده نشد، ولی کارایی مصرف آب برگ (بیش از دو برابر کاهش در تیمار ۵۰۰ در مقایسه با شاهد)، هدایت

درون‌روزنه‌ای به هدایت روزنه‌ای؛ کارایی مصرف آب (WUE) از تقسیم میزان فتوستتوز به میزان تعرق؛ و کارایی مصرف آب برگ (WUEL) از تقسیم فتوستتوز به هدایت روزنه‌ای محاسبه شد [۱۲].

تجزیه و تحلیل آماری

تحقیق حاضر در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. در انتهای آزمایش تمامی اطلاعات در نرم‌افزار Excel سازماندهی شده و برای تهیه نمودارها نیز از نرم‌افزار استفاده شد. به‌منظور تجزیه و تحلیل اطلاعات به‌دست‌آمده ضمن رعایت پیش‌فرض‌های لازم از قبیل آزمون همگنی واریانس و آزمون نرمال بودن داده‌ها، از آنالیز واریانس یکطرفه آنوا و به‌منظور گروه‌بندی میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن استفاده شد.

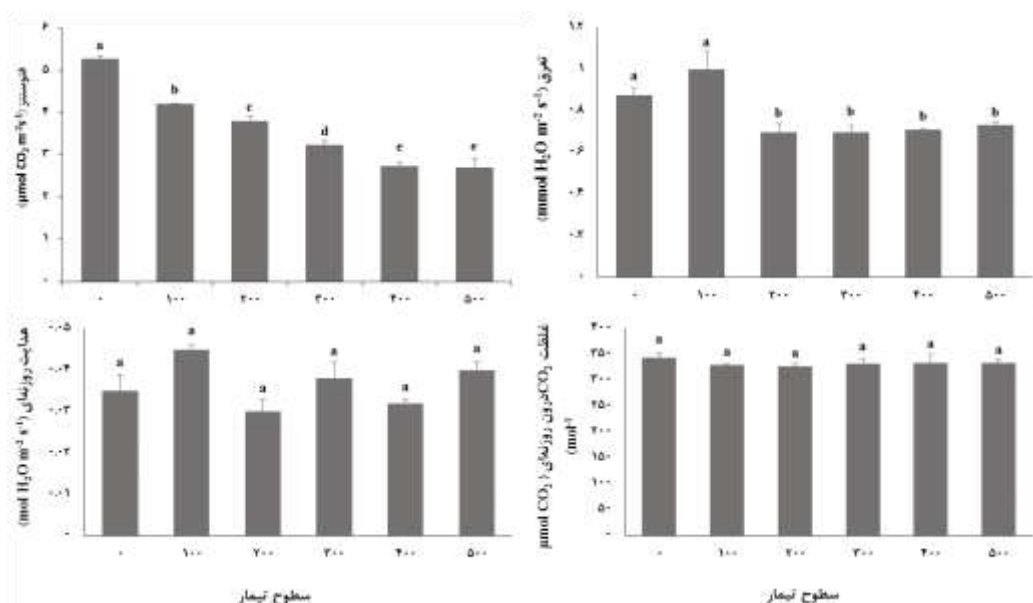
نتایج و بحث

تأثیر خاک آلوده به سرب بر نرخ تبادلات گازی و صفات فیزیولوژیک گونه‌های سرو

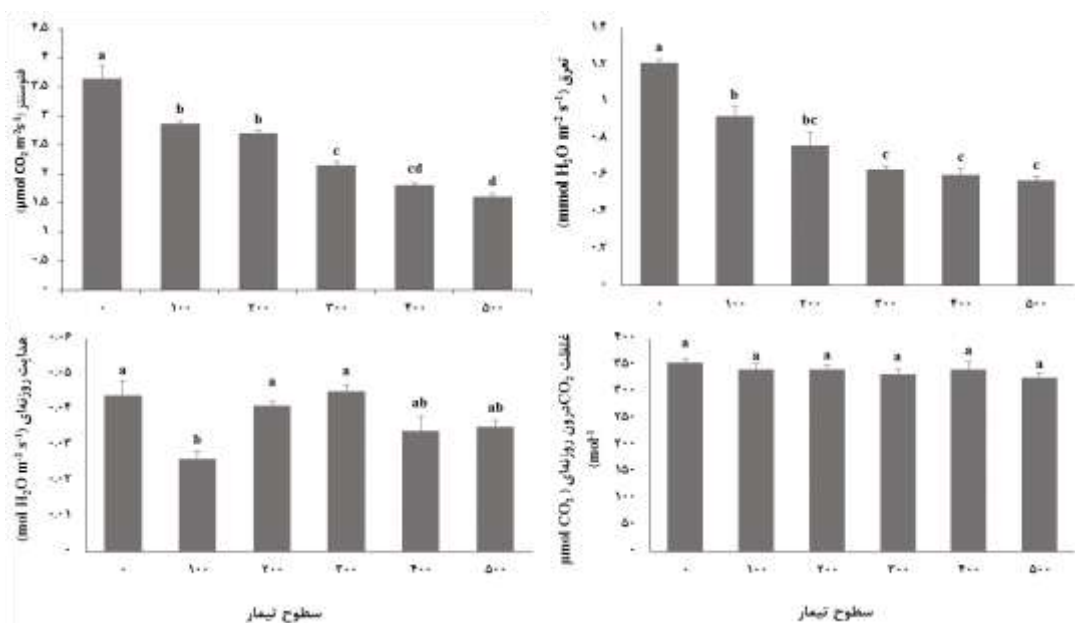
با ورود فلز سنگین سرب به داخل پیکره گیاه، اختلال در سیستم فتوستتوزی گیاه قابل انتظار است. نتایج آنالیز واریانس یکطرفه در زمینه پارامترهای فتوستتوزی گونه سرو نقره‌ای نشان داد که همه پارامترها به‌جز پارامتر هدایت روزنه‌ای و غلظت دی‌اکسید کربن درون روزنه‌ها، تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده قرار گرفت (شکل ۱). در مقابل در گونه سرو خمره‌ای فقط پارامتر غلظت دی‌اکسید کربن درون روزنه تحت تأثیر تیمارهای اعمال‌شده قرار نگرفت (شکل ۲). در این پژوهش نتایج به‌وضوح نشان داد که فقط نرخ فتوستتوز در نهال‌های سرو نقره‌ای به‌طور چشمگیری کاهش یافت که این سیر نزولی در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم تا ۵۴ درصد کمتر از نهال‌های شاهد بود. به‌علاوه، میزان تعرق، هدایت روزنه‌ای و غلظت CO_2 در بین سلول‌های روزنه تحت تنش، کاهش یا افزایش چشمگیری نداشتند (شکل ۱). در گونه سرو خمره‌ای نیز

نکته شایان توجه درباره این گونه این بود که کارایی مصرف آب نهال‌ها در تیمارهای سرب فرقی نکرد. ثابت ماندن کارایی مصرف آب (WUE) در شرایط نامساعد آلودگی محیط در هر گیاه، نشان‌دهنده پتانسیل پالایش زیاد آن گونه است [۱۸]. در این تحقیق این موضوع در گونه سرو خمره‌ای مشاهده شد.

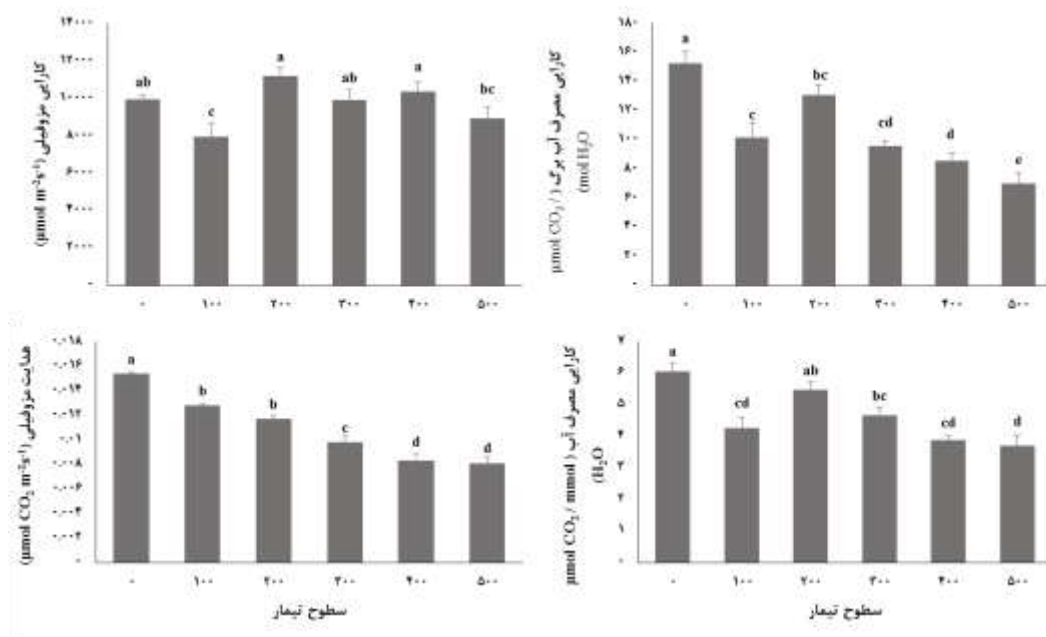
مزوفیلی (حدود ۴۵ درصد کاهش در مقایسه با شاهد) و کارایی مصرف آب (حدود ۴۰ درصد کاهش در مقایسه با شاهد) تحت تأثیرات منفی آلودگی سرب قرار گرفتند (شکل ۳). کارایی مزوفیلی نهال‌های سرو خمره‌ای در حضور سرب افزایش یافت، درحالی که کارایی مصرف آب برگ در تیمار ۵۰۰ میلی‌گرم حدود ۵۰ درصد و هدایت مزوفیلی بیش از دو برابر کاهش یافت (شکل ۴).



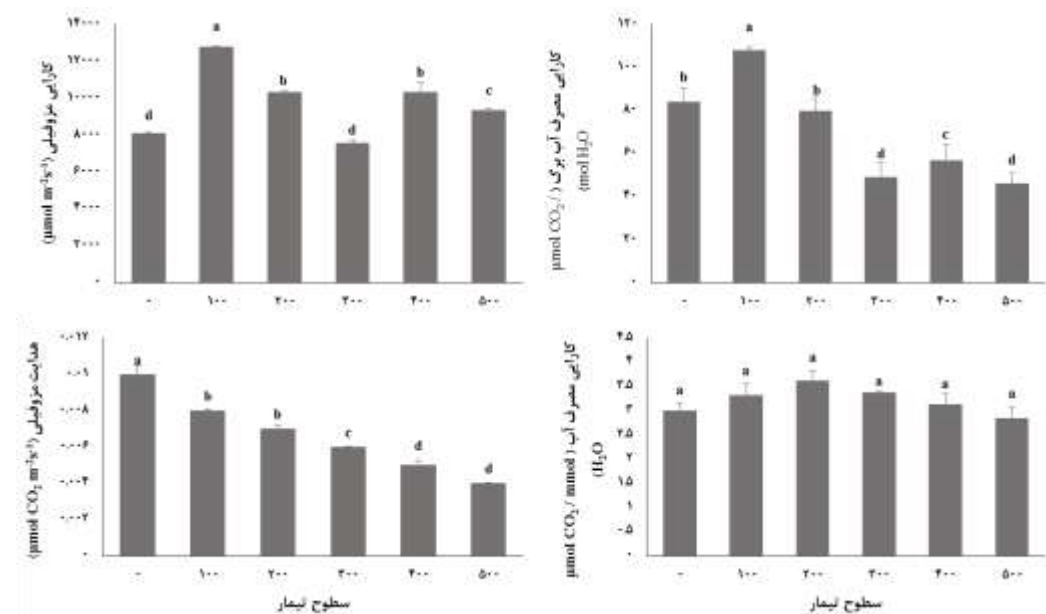
شکل ۱. مقایسه میانگین برخی از پارامترهای فتوسنتزی نهال‌های سرو نقره‌ای در بین تیمارهای آلودگی سرب



شکل ۲. مقایسه میانگین برخی از پارامترهای فتوسنتزی نهال‌های سرو خمره‌ای در بین تیمارهای آلودگی سرب



شکل ۳. مقایسه میانگین برخی از صفات فیزیولوژیک نهال‌های سرو نقره‌ای در بین تیمارهای آلودگی سرب



شکل ۴. مقایسه میانگین برخی از صفات فیزیولوژیک نهال‌های سرو خمره‌ای در بین تیمارهای آلودگی سرب

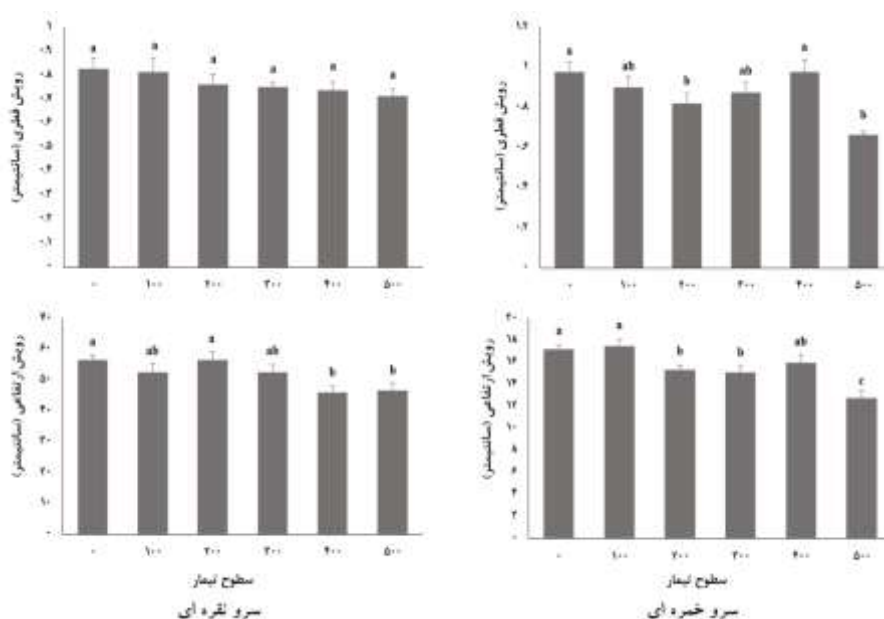
دو گونه نشد، این بدان معناست که ضعف فیزیولوژیک و اختلال در متابولیسم نهال‌ها در مواجهه با آلودگی سرب در خاک حتی در غلظت‌های زیاد به قدری نبوده که سبب مرگ گیاهان شود. بی‌شک ضعف فیزیولوژیک و اختلال سیستم فتوسنتزی یک گیاه سبب کاهش رشد و تولید گیاه می‌شود [۲۰]. در پایان آزمایش مشخص شد که رویش

تأثیر خاک آلوده به سرب بر نرخ زنده‌مانی، رشد و زی‌توده گونه‌های سرو

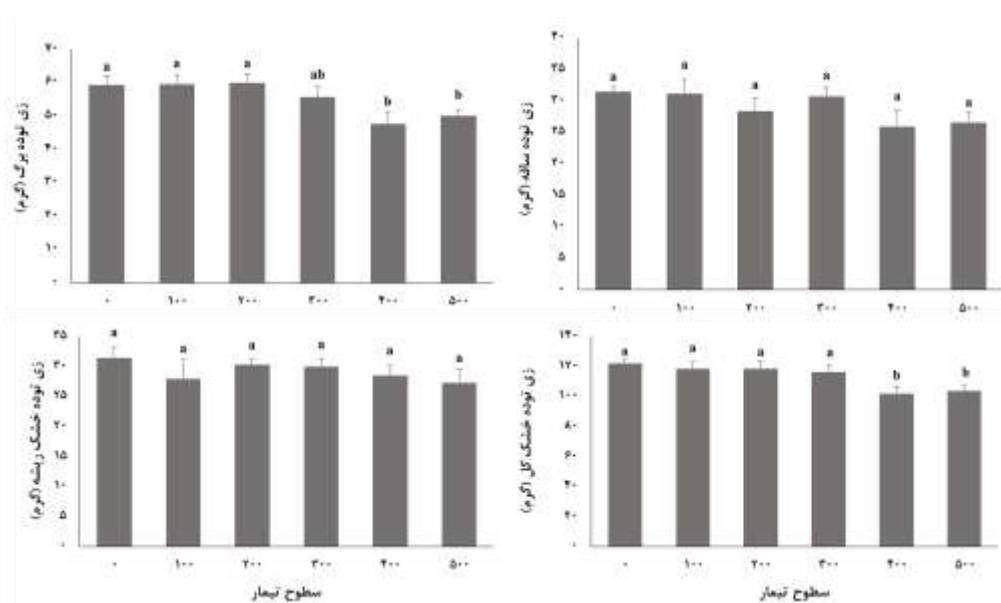
یک روش آسان و قابل اطمینان به منظور ارزیابی مقاومت گیاهان به فلزات سنگین، بررسی میزان زنده‌مانی آنهاست [۱۹]. مشاهدات عینی نشان داد که هیچ‌کدام از تیمارهای آلودگی در طول مدت شش ماه سبب مرگ نهال‌های این

ریشه متأثر از تیمارهای آلودگی سرب نبود. زی توده برگ و زی توده کل خشک این گیاه در آلودگی‌های شدید حدود ۱۰ درصد کاهش نشان داد (شکل ۶). از نگاه کلی می‌توان گفت در گونه سرو نقره‌ای، زی توده تمامی اندام‌ها تا غلظت ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک تحت تأثیر منفی نمک سرب قرار نگرفت (شکل ۶). در گونه سرو خمره‌ای زی توده ریشه، ساقه و زی توده کل خشک نهال‌ها متأثر از آثار کاهنده آلودگی سرب قرار نگرفت (جدول ۵)، ولی در مقابل زی توده خشک برگ این گونه در غلظت‌های متوسط تا شدید حدود ۲۵-۲۰ درصد کاهش یافت (شکل ۷). در نگاه کلی می‌توان ادعان داشت که میزان رشد و زی توده در نهال‌های گونه سرو نقره‌ای کمتر از گونه سرو خمره‌ای دستخوش تأثیرات منفی و کاهنده آلودگی سرب قرار گرفت (شکل‌های ۶ و ۷). مطالعات Escobar و Dussan [۳] نیز نشان داد که رشد و زی توده نهال‌های گونه‌ای از توسکا با نام *Alnus acuminata* subsp. *acuminata* در کلمبیا بعد از آبیاری با آب آلوده به سرب تغییر معنی داری نداشت که بیانگر قابلیت و مقاومت این گونه است [۳].

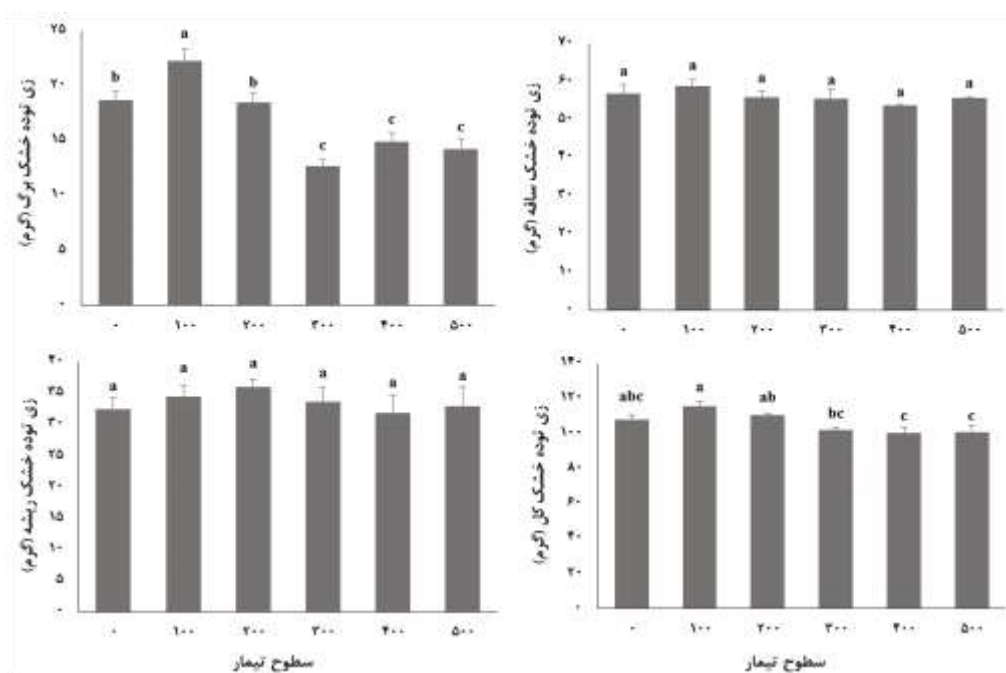
قطری در گونه سرو نقره‌ای تحت تأثیرات کاهنده آلودگی سرب قرار نگرفت، ولی حدود ۱۰ درصد کاهش در رویش ارتفاعی آن در آلودگی شدید مشاهده شد. تأثیر تیمارهای اعمال شده بر رشد گونه سرو خمره‌ای معنی دار بود، به طوری که برای این گونه ۲۷ و ۲۳ درصد کاهش به ترتیب در رویش قطری و ارتفاعی ثبت شد (شکل ۵). محققان بر این باورند که گاهی نیتروژن موجود در نمک سرب، سبب افزایش رشد زی توده گیاه نیز می‌شود [۲۱]. در این تحقیق نه تنها تأثیرات مثبت نمک سرب بر رشد نهال‌ها مشاهده نشد، بلکه تأثیرات منفی آن در غلظت‌های زیاد تأیید شد. برخلاف نتایج حاضر، پژوهش‌های مختلفی همچون Begonia و همکاران [۲۱] اثر مثبت سطوح پایین سرب بر رشد و زی توده گیاهان را گزارش کردند و در مقابل هم‌راستا با یافته‌های ما، مطالعاتی نیز تأثیرات منفی غلظت‌های زیاد سرب بر رشد گیاهان را تأیید کردند [۲۲]. کاهش رشد در گیاهان می‌تواند سبب کاهش زی توده ریشه شود که با شدت گرفتن آن، مجموع زی توده در گیاه کم می‌شود [۱۶]. در گونه سرو نقره‌ای، زی توده ساقه و



شکل ۵. مقایسه میانگین برخی از صفات رشد نهال‌ها در بین تیمارهای آلودگی سرب



شکل ۶. مقایسه میانگین زی توده نهال‌های سرو نقره‌ای در بین تیمارهای آلودگی سرب



شکل ۷. مقایسه میانگین زی توده نهال‌های سرو خمره‌ای در بین تیمارهای آلودگی سرب

گیاهی در گونه سرو نقره‌ای کمتر بود که نشان‌دهنده مقاومت بیشتر این گونه است. شایان ذکر است که عدم مرگ‌ومیر نهال‌های هر دو گونه نیز نشان از قابلیت چشمگیر دو گونه در گیاه‌پالایی دارد. بی‌شک، مطالعات تکمیلی با تیمارهای شدیدتر نمک سرب در دوره‌های بررسی طولانی‌تر می‌تواند سبب تصمیم‌گیری بهتر شود.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که نهال‌های دو گونه سرو نقره‌ای و خمره‌ای، راهبرد و مقاومت متفاوتی در مقابل آلودگی سرب دارند. ضعف فیزیولوژیک و کاهش فتوسنتز در هر دو گونه مشاهده شد، ولی تأثیر اختلال در متابولیسم نهال‌ها در میزان رشد و تولید ماده خشک

References

- [1]. Luo, Z., Tian, D., Ning, C., Yan, W., Xiang, W., and Peng, C. (2015). Roles of *Koelreuteria bipinnata* as a suitable accumulator tree species in remediating Mn, Zn, Pb, and Cd pollution on Mn mining wastelands in southern China. *Environmental Earth Sciences*, 74(5): 4549-4559.
- [2]. Ghani, A., Shah, A.U., and Akhtar, U. (2010). Effect of lead toxicity on growth, Chlorophyll and lead (Pb⁺) contents of two varieties of maize (*Zea mays* L.). *Pakistan Journal of Nutrition*, 9(9): 887-891.
- [3]. Escobar, M.P., and Dussán, J. (2016). Phytoremediation potential of chromium and lead by *Alnus acuminata* subsp. *Acuminata*. *Environmental Progress and Sustainable Energy*, 35(4): 942-948.
- [4]. Barceló, J., and Poschenrieder, C. (2003). Phytoremediation: principles and perspectives. *Contributions to Science*, 2 (3): 333-344.
- [5]. Dickinson, N.M., and Pulford, I.D. (2005). Cadmium phytoextraction using short-rotation coppice *Salix*: the evidence trail. *Environment International*, 31(4): 609-613.
- [6]. Keller, C., Hammer, D., Kayser, A., Richner, W., Brodbeck, M., and Sennhauser, M. (2003). Root development and heavy metal phytoextraction efficiency: comparison of different plant species in the field. *Plant and Soil*, 249(1): 67-81.
- [7]. Pulford, I.D., and Watson, C. (2003). Phytoremediation of heavy metal-contaminated land by trees-a review . *Environment International*, 29(4): 529-540.
- [8]. Aliyari, F., Soltani, A., and Zarafshar, M. (2015). Modeling of Seed Germination of *Platycladus orientalis* in Response to The Interaction of Temperature and Water Potential. *Journal of Zagros Forests Research*, 1(2): 33-45.
- [9]. Mozafari, S.T., Mataji, A., Babaei Kafaki, S., and Shirvani A. (2014). Comparison of lead, cadmium, and nickel uptake by different organs of *Thuja orientalis* and *Cupressus arizonica* from Alborz Industrial Area, Ghazvin province. *Renewable Natural Resources Research*, 5(1): 67-75.
- [10]. Khosropour, E., Attarod, P., Shirvani, A., and Matinzadeh, M. (2011). Rainfall interception loss and chemical composition of throughfall in *Cupressus arizonica* plantation in Chitgar forest park. *Forest science and engineering*, 1(2): 32-40.
- [11]. Zarafshar, M., Akbarinia, M., Hosseiny, S.M., and Rahaie, M. (2016). Drought Resistance of Wild Pear (*Pyrus boissieriana* Buhse.). *Journal of forest and wood products*, 69(1): 97-110.
- [12]. Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Flexas, J., Hernández, E., Rosselló, J., Pou, A., Escalona, J.M., and Bota, J. (2015). From leaf to whole-plant water use efficiency (WUE) in complex canopies: Limitations of leaf WUE as a selection target. *The Crop Journal*, 3(3): 220-228.
- [13]. Heckathorn, S.A., Mueller, J.K., Laguidice, S., Zhu, B., Barrett, T., Blair, B., and Dong, Y. (2004). Chloroplast small heat-shock proteins protect photosynthesis during heavy metal stress. *American Journal of Botany*, 91(9): 1312-1318.
- [14]. Amini, F., and Amirjani, M.R. (2013). Effect of Ni and Pb on Chlorophyll content and metals accumulation in *Medicago sativa*. *Journal of Crop Production and Processing*, 2(6): 11-19.
- [15]. Sharma, P., and Dubey, R.S. (2005). Lead toxicity in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17(1): 35-52.
- [16]. Choudhary, M., Jetley, U.K., Abass Khan, M., Zutshi, S., and Fatma, T. (2007). Effect of heavy metal stress on proline, malondialdehyde, and superoxide dismutase activity in the cyanobacterium *Spirulina platensis*-S5. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66(2): 204-209.
- [17]. Yerkes, C.N.D., and Weller, S.C. (1996). Diluent volume influences susceptibility of field bindweed (*Convolvulus arvensis*) biotypes to glyphosate. *Weed technology*, 10(3): 565-569.
- [18]. Pajević, S., Borišev, M., Nikolić, N., Krstić, B., Pilipović, A., and Orlović, S. (2009). Phytoremediation capacity of poplar (*Populus* spp.) and willow (*Salix* spp.) clones in relation to photosynthesis. *Archives of Biological Sciences*, 61 (2): 239-247.
- [19]. Tanvir, M.A., and Siddiqui, M.T. (2010). Growth performance and cadmium (Cd) uptake by *Populus deltoides* as irrigated by urban wastewater. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 47(3): 235-240.

- [20]. Sinha, S., Pandey, K., Gupta, A., and Bhatt, K. (2005). Accumulation of metals in vegetables and crops grown in the area irrigated with river water. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 74(1): 210-218.
- [21]. Begonia, G.B., Davis, C.D., Begonia, M.F.T., and Gray, C.N. (1998). Growth responses of Indian Mustard [*Brassica juncea* (L.) Czern.] and its phytoextraction of lead from a contaminated soil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 61(1): 38-43.
- [22]. Kadukova, J., Manousaki, E., and Kalogerakis, N. (2008). Pb and Cd accumulation and phyto-excretion by salt cedar (*Tamarix smyrnensis* Bunge). *International journal of phytoremediation*, 10(1): 31-46.

Physiological responses of *Cupressus arizonica* and *Platycladus orientalis* annual seedlings in contaminated soil by lead

H. Abbasi; PhD Graduated, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari

M. R Pourmajidian*; Associated professors, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari

S. M. Hojati; Associated professors, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari

A. Fallah; Associated professors, Forestry Department, Faculty of Natural Resources, Sari Agriculture and Natural Resource University, Sari

(Received: 14 November 2016, Accepted: 24 February 2017)

ABSTRACT

The use of tree species in phytoremediation is valuable, but it is necessary to have more detailed knowledge on the physiological mechanism and potential of different species. Thus, in this research, the ability of the purification of two species (*Cupressus arizonica* and *Platycladus orientalis*) in the seedlings stage in response to lead contamination were evaluated. In this regard, two species of annual seedlings during the growing season in contaminated substrate which were grown in the soil of lead concentrations of 0, 100, 200, 300, 400 and 500 ppm. The end of the experiment time, different variables such as gas exchange, growth and physiological parameters were studied in two species on the all treatments. The statistical analysis indicated that the rate of photosynthesis and physiological parameters of both species were affected by the negative effects of lead contamination, but this weakness in plant metabolism didn't led to seedling mortality any two species. The negative effects of lead contamination on the growth and biomass of *C. arizonica* were less in any indication of more resistance of this species. Therefore, it can be concluded that each species has different mechanism in response to lead contamination but *C. arizonica* is more resistant in comparing to *C. arizonica*. Surely, studies, particularly in higher concentrations and in longer period for the final confirmation of these findings are necessary.

Key words: lead contamination, growth, Phytoremediation, Photosynthesis rate, Physiological response

* Corresponding Author, Email: m.pourmajidian@ac.ir, Tel: 09111543850