مقایسهٔ مقدار جذب فلز سرب در اندام‌های مختلف (ریشه، ساقه و برگ) نهال‌های یکسالهٔ دو گونهٔ بلوط ایرانی(*Quercus brantii*) و بنه (*Pistacia atlantica*) به روش محلول‌پاشی

یحیی خداکرمی*[۱]، انوشیروان شیروانی[۲]، قوام‌الدین زاهدی امیری[۳]، محمد متینی‌زاده[۴] و هوشمند صفری[۵]

[۱]کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

[۲]استادیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۳]دانشیار گروه جنگلداری و اقتصاد جنگل دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه تهران

[۴]استادیار مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور

[۵]عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه

(تاریخ دریافت: ۱۵/ ۱۱ / ۸۷، تاریخ تصویب: ۱۰ / ۹ / ۸۸)

چکیده

فلزات سنگین، عناصری با وزن اتمی زیاد هستند و مقادیر زیاد این فلزات ممکن است برای موجودات زنده مضر باشد. سرب یکی از مهم‌ترین این فلزات است که هم در منابع آب و خاک و هم در هوا پراکنش وسیعی دارد و ممکن است مشکلات مختلفی را برای سلامت انسان ایجاد کند. هدف از اجرای این پژوهش، بررسی توان زیست‌پالایی سرب توسط دو گونهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) و پستهٔ وحشی (*Pistacia atlantica*) است. به‌این منظور، نهال‌های یکسالهٔ آنها با غلظت‌های مختلف ۰، ۵۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ppm ۲۰۰۰ از آلایندهٔ سرب (نیترات سرب) تیمار شدند. این تحقیق در قالب طرح فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور، نوع گونه و سطوح غلظت مصرفی با سه تکرار اجرا شد. زمان اعمال آلودگی‌ها در آخر خرداد بود، به‌این صورت که ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول نمک نیترات سرب با غلظت‌های تهیه‌شده، بر روی هر نهال گلدانی طی سه مرحله با فاصلهٔ زمانی هفت روز، پاشیده شد. سپس با استفاده از روش جذب اتمی مقدار آلایندهٔ تجمع‌یافته در نمونه‌های برداشت‌شده از برگ، ساقه، ریشه و خاک اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که دو گونهٔ جنگلی بنه و بلوط ایرانی در ارتباط با انباشت آلایندهٔ سرب در ردهٔ گیاهان ابرجاذب قرار گرفتند. با توجه به میانگین‌های جذب اندامی برای برگ مرداد و مهر، گونهٔ بنه دارای بیشترین مقدار جذب برگی بود، درحالی‌که بیشترین مقدار جذب ریشه‌ای مربوط به گونهٔ بلوط ایرانی بود. مقدار جذب آلاینده در برگ‌ها نسبت به ریشه، ساقه و خاک، بیشتر به نوع گونه و غلظت مصرفی بستگی دارد. معنی‌دار بودن اختلاف مقادیر جذب سرب بین برگ مرداد و مهر در گونهٔ بنه از غلظت ppm ۲۵۰ به بالا است، در حالی‌که در غلظت‌های دیگر، این اختلاف معنی‌دار نیست و به‌نظر می‌رسد این موضوع نشان‌دهندهٔ عدم انتقال سرب به ساقه در غلظت‌های کم در این گونه است.

واژه‌های کلیدی: سرب، بلوط ایرانی، پستهٔ وحشی، زیست‌پالایی، زاگرس .

*نویسندهٔ مسئول: تلفن: ۰۹۱۸۸۳۱۵۱۸۳ Email:Ykhodakarami@gmail.com

مقدمه و هدف

گیاهان علاوه بر آب به عناصر معدنی متعدد و متنوعی نیازمندند که به کمک آنها مواد آلی مورد نیاز خود را سنتز می‌کنند. آشکار است که همهٔ عناصر موجود در طبیعت برای رشد و نمو گیاهان ضرورت ندارند. گاهی وجود مقادیر زیاد از یک عنصر در محیط رشد گیاه موجب ورود مقداری از آن به گیاه می‌شود. از عناصر موجود در بیوسفر و بافت گیاه فقط بعضی از آنها برای رشد و نمو گیاه ضروری‌اند (Taiz & Zeiger, 2003).

به‌طور معمول عناصر ضروری بر اساس مقدار تجمع در بافت گیاه به گروه‌های پرمصرف و کم‌مصرف تقسیم می‌شوند. مواد غذایی که در غلظت‌های زیاد (در سطح میلی‌مول) مورد نیازند، پرمصرف (ماکرو) و آنهایی که در غلظت‌های میکرومول ضروری‌اند کم‌مصرف (میکرو) نامیده می‌شوند. گیاهان برای رشد و کامل شدن چرخهٔ زندگی به هر دو گروه از مواد غذایی ماکرو (Mg, Ca, S, K, P, N) و میکرو (Fe, Zn, Ni, Cu, Mo, Mn) نیاز دارند (Lasat, 2000).

حدود سه‌چهارم عناصر شناخته‌شده فلز هستند. برخی از این فلزات (کادمیم، سرب و مس) قادر به تخریب فرایندهای فیزیولوژیکی ضروری بوده و برخی در شکل‌های خاصی سمی‌اند (کروم در حالت ۳+ لازم، ولی به شکل ۶+ کارسینوژن[1] است). در این بین، فلزاتی که وزن اتمی بیشتر از ۲۳ دارند، سنگین نام دارند. فلزات سنگین گروه مهمی از آلوده‌کننده‌های معدنی هستند. بسیاری از مناطق به‌دلیل استفاده از کودها، حشره‌کش‌ها، دود اگزوز ماشین‌ها، بخارهای ناشی از کوره‌های زباله‌سوزی، باقی‌مانده‌های معادن فلزی و صنایع تصفیه به این عناصر آلوده‌اند. فلزات به‌طور طبیعی در پوستهٔ زمین نیز در سطوح متنوعی وجود دارند و بسیاری از آنها برای سلول‌ها ضروری‌اند ولی همهٔ فلزات در غلظت‌های زیاد سمی‌اند. فلزات سنگین از راه زنجیرهٔ غذایی وارد بدن جانوران یا انسان‌ها شده و با اتصال به مولکول‌های آلی علاوه بر تخریب آنها، در بدن انباشته می‌شوند. همچنین به مادهٔ وراثتی، لیپیدهای غشاء و پروتئین‌ها آسیب می‌رسانند و به واسطهٔ توانایی جهش‌زایی ممکن است سرطان‌زا باشند (Yang *et al*., 2005).

اگر جذب بسیاری از این فلزات سنگین مانند کادمیم، سرب و مس، از آستانهٔ مشخصی فراتر رود برای گیاهان سمی‌اند، در عین حال برخی از این عناصر، میکروالمان‌های ضروری برای گیاه محسوب می‌شوند. برای مثال مولیبدن با اینکه فلزی سنگین است، برای گیاه ضروری است و در مقابل برلیم در حالی‌که فلزی سبک است، به‌شدت سمی است. بسیاری از فلزات مثل روی، منگنز، نیکل و مس، از مواد غذایی ضروری کم‌مصرف برای گیاهان به‌شمار می‌روند.

به‌این ترتیب خاک‌ها و نهرهای آلوده به فلزات سنگین، مشکل بزرگی برای سلامت انسان و محیط به‌وجود می‌آورند. مناطقی که در اثر فعالیت‌های انسانی آلوده شده‌اند و حاوی مقدار زیادی فلزات سنگین هستند، اغلب می‌توانند گونه‌های گیاهی خاصی را پشتیبانی کنند که در این محیط‌های غنی از فلز رشد می‌کنند. بعضی از این گونه‌ها می‌توانند غلظت‌های بسیار زیادی از فلزات سمی را حتی در سطوحی بیشتر از سطوح خاک انباشته کنند. همهٔ گیاهان می‌توانند فلزات سنگین مورد نیازشان را انباشته کنند (Ghosh & Singh, 2005). سرب یکی از مهم‌ترین این فلزات است که هم در منابع آب و خاک و در هوا پراکنش وسیعی دارد و برای سلامت انسان‌ها مشکلات مختلفی را ایجاد می‌کند. هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی توان جذب نهال‌های دو گونهٔ بلوط ایرانی و بنه در جذب سرب در اندام‌های مختلف است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور اجرای این تحقیق، از میان گونه‌های جنگلی مهم زاگرس، دو گونهٔ بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) و بنه (*Pistacia atlantica*) انتخاب شد و نهال‌های یکسالهٔ آنها مورد محلول‌پاشی قرار گرفت. برای تهیهٔ محلول، نیترات سرب در آب مقطر حل شد و غلظت‌های مختلف ۰، ۵۰، ۲۵۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ ppm از آن به‌عنوان تیمار در نظر گرفته شد. محلول‌پاشی با کمک یک

۱- مادهٔ مولد یا تشدیدکنندهٔ سرطان

دستگاه سادهٔ اسپری انجام گرفت. علت انتخاب این روش شبیه‌سازی بارندگی حاوی این آلاینده‌هاست.

برای تجزیه و تحلیل آماری نتایج، از طرح بلوک‌های کامل تصادفی استفاده شد. تعداد نهال‌های گلدانی مورد نیاز برای شش تیمار مذکور در سه تکرار و برای هر یک از گونه‌ها ۵۴ عدد بود. در مجموع، کل نهال‌های گلدانی مورد استفاده در این بررسی، ۱۰۸ عدد بود که در گلخانه مستقر شد و مراقبت و آبیاری آنها به‌طور مستمر تا پایان آزمایش انجام گرفت. انتخاب گلخانه برای کنترل اثر بارندگی‌های احتمالی صورت گرفت تا از تأثیر باران به‌عنوان عامل مداخله‌گر جلوگیری شود.

زمان محلول‌پاشی آخر خرداد بود و ۱۰۰ میلی‌لیتر از هر یک از غلظت‌های تهیه‌شده، بر روی هر نهال گلدانی در طی سه مرحله با فاصله زمانی هفت روز، پاشیده شد.

اولین مرحلهٔ نمونه‌برداری در پایان مرداد که زمان بازگشت بسیاری از عناصر موجود در برگ به تنهٔ گیاه پیش از فصل خزان است، با جمع‌آوری نمونه‌های برگ نهال‌ها انجام پذیرفت. برگ‌ها پس از چیدن ابتدا با استفاده از فرچه و با آب مقطر دوبار تقطیرشده، برای زدودن آلاینده‌های سطحی شست‌وشو داده شد، سپس نمونه‌ها در آون با دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، کاملاً خشک شده و برای هضم آسان، با آسیاب به‌صورت پودر درآورده شد. در مرحلهٔ بعد نمونه‌ها به روش هضم، عصاره‌گیری شد و مقدار سرب با استفاده از دستگاه جذب اتمی Shimadzu مدل AA-670 مورد سنجش قرار گرفت.

دومین مرحلهٔ نمونه‌برداری در پایان فصل رویشی (نیمهٔ اول آبان) انجام پذیرفت. در این مرحله نمونه‌های برداشت‌شده شامل برگ، ساقه، ریشه و خاک بودند که نمونه‌های گیاهی مانند قبل مورد شست‌وشو، خشک‌شدن و آسیاب قرار گرفتند. نمونه‌های خاک نیز از عمق ۱۰-۰ سانتی‌متری و در محل پراکنش ریشه‌های سطحی برداشت شد.

نتایج

به‌منظور استخراج ساختار نظام‌مند تنوع موجود در میان داده‌ها در قالب طرح فاکتوریل بر پایهٔ طرح کاملاً تصادفی با دو فاکتور نوع گونه (بنه و بلوط ایرانی) و غلظت مصرفی در شش سطح با سه تکرار تجزیهٔ واریانس انجام گرفت و نتایج در جدول۱ ارائه شد.

جدول۱- نتایج تجزیهٔ واریانس مقدار جذب اندام‌های مورد بررسی به تفکیک گونه برای آلایندهٔ سرب

	MS صفات مورد بررسی					
منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	برگ مرداد	برگ مهر	ساقه	ریشه	خاک
گونه	۱	۰/۱۸۶**	۰/۰۹۶**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰*	۰/۰۰۰^{ns}
غلظت مصرفی	۵	۰/۲۵۶**	۰/۱۶۳**	۰/۱۴۷**	۰/۰۰۳**	۰/۰۱۹**
گونه × غلظت مصرفی	۵	۰/۰۴۵**	۰/۰۱۹**	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}	۰/۰۰۰^{ns}
خطا	۲۴	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۰

** اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد * اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد ns اختلاف معنی‌دار نیست

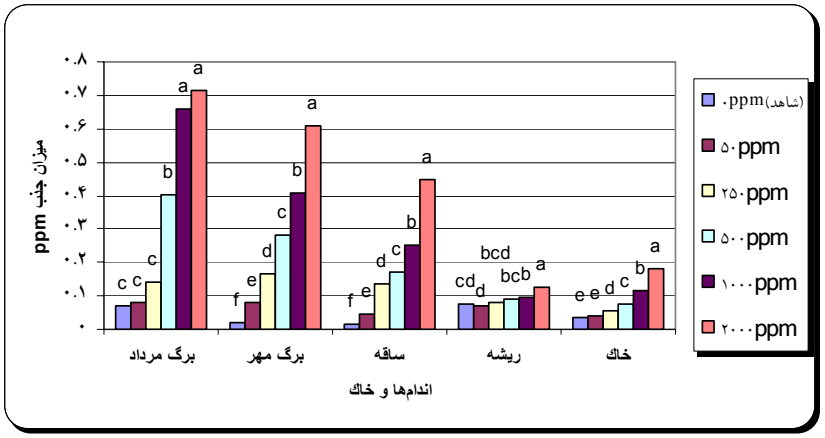
همچنان‌که ملاحظه می‌شود، بین مقدار جذب آلایندهٔ سرب در برگ مرداد و مهر دو گونهٔ بنه و بلوط ایرانی در سطح ۱ درصد و بین ریشهٔ دو گونه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد، به‌طوری‌که با توجه به میانگین‌های جذب اندامی برای برگ مرداد و مهر، گونهٔ بنه دارای بیشترین مقدار جذب برگی بود. درحالی‌که بیشترین مقدار جذب ریشه‌ای مربوط به گونهٔ بلوط ایرانی بود، اما برای مقدار جذب آلاینده‌ها در ساقه و خاک دو گونهٔ مورد بررسی، اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.

در غلظت‌های متفاوت آلاینده، اندام‌های مورد بررسی در هر دو گونه و خاک گلدان‌های مورد بررسی مقدار جذب متفاوتی نشان دادند، به‌طوری‌که اثر غلظت مصرفی آلایندهٔ سرب تنها برای برگ مرداد و برگ مهر در سطح ۱ درصد اختلاف معنی‌دار نشان داد و برای دیگر اندام‌ها اثر معنی‌داری مشاهده نشد. این روند در مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل برای آلایندهٔ سرب و دو گونهٔ مورد بررسی نیز مشاهده شد (جدول ۲).

مقدار جذب آلایندهٔ سرب در برگ‌های دو گونهٔ بنه و بلوط ایرانی در غلظت‌های مورد استفاده، غیریکنواخت بود. اما ساقه، ریشه و خاک اثر متقابل معنی‌دار نداشتند. بنابراین مقدار جذب آلاینده در ساقه و ریشهٔ دو گونهٔ مورد بررسی در غلظت‌های مصرفی یکنواخت بود و خاک گلدان‌های مورد بررسی نیز از این روند تبعیت می‌کند. در جمع‌بندی کلی می‌توان گفت مقدار جذب آلاینده در برگ‌ها نسبت به ریشه، ساقه و خاک، بیشتر به نوع گونه و مقدار غلظت مصرفی بستگی دارد.

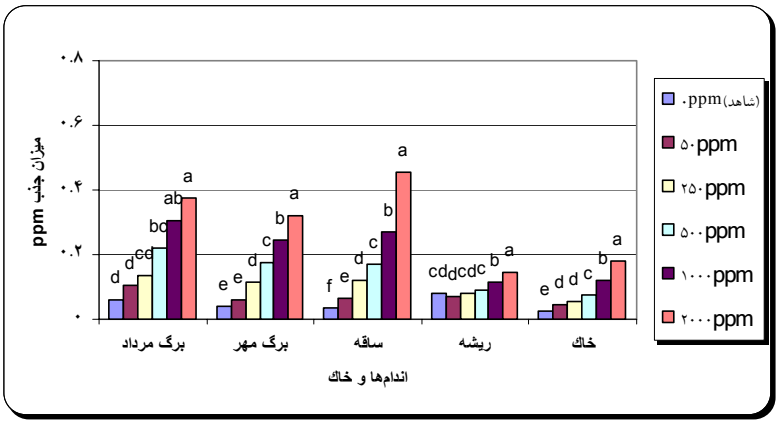
جدول۲- نتایج مقایسهٔ میانگین‌های اثر متقابل نوع آلاینده با گونه‌ها

اثر متقابل نوع فلز در گونه	برگ مرداد		برگ مهر		ساقه		ریشه		خاک	
	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه	میانگین	گروه
سرب × بنه	۰/۳۴۳۹	a	۰/۲۶۱۳	a	۰/۱۷۸۴	a	۰/۰۸۹۹۶	a	۰/۰۸۳۱۵	a
سرب × بلوط	۰/۲۰۰۳	b	۰/۱۵۸۲	b	۰/۱۸۶۷	a	۰/۰۹۶۹۲	a	۰/۰۸۳۹۴	a



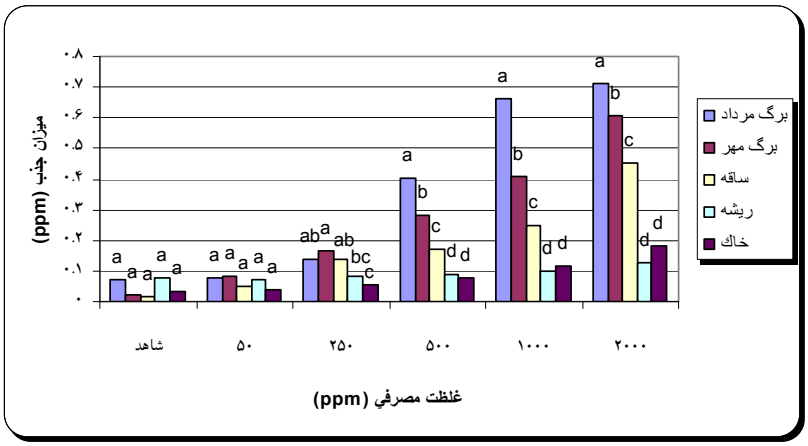
شکل۱- مقایسهٔ میانگین مقدار جذب سرب در غلظت‌های مختلف در اندام‌های متفاوت گونهٔ بنه

با توجه به شکل۱، تفاوت مقدار جذب سرب در خاک گلدان‌های مختلف تنها بین شاهد و غلظت ۵۰ ppm معنی‌دار نیست که آن هم ممکن است به‌دلیل غلظت کم آلاینده و آبشویی آن در حین آبیاری باشد. جذب سرب در اندام‌های بنه در غلظت ۲۰۰۰ ppm آلایندهٔ سرب، بیشترین مقدار جذب اندامی و انباشت در خاک گلدان‌های بلوط ایرانی را دارد و کمترین مقدار جذب اندامی به جز ریشه نیز مربوط به تیمار شاهد است. برای ریشه، تیمار ۵۰ ppm نسبت به تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد. مقدار جذب برگ مرداد در گونهٔ بنه و غلظت ۲۰۰۰ ppm در بیشترین حد خود بوده، ولی اختلاف معنی‌داری با غلظت ۱۰۰۰ ppm ندارد. در صورتی‌که در برگ مهر و ساقه و ریشه این اختلاف معنی‌دار است. همچنین اختلاف بین مقدار جذب سرب در غلظت ۵۰۰ ppm در همهٔ نمونه‌برداری‌ها نسبت به غلظت‌های دیگر معنی‌دار بود.



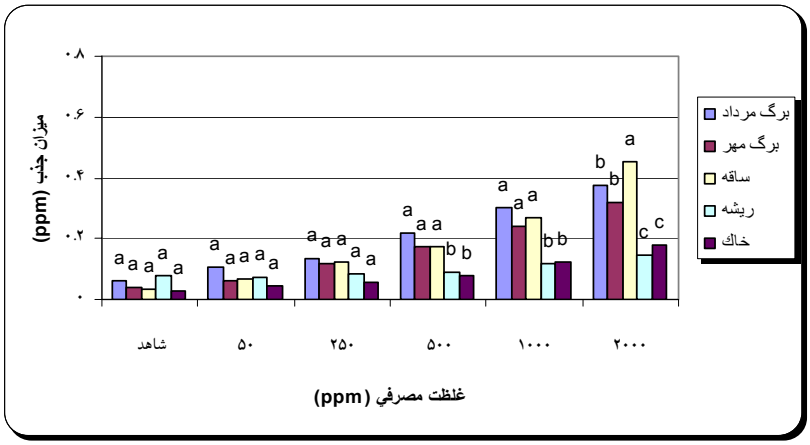
شکل ۲- مقایسهٔ میانگین مقدار جذب سرب در غلظت‌های مختلف در اندام‌های متفاوت گونهٔ بلوط ایرانی

در شکل ۲ مشاهده می‌شود که غلظت ppm ۲۰۰۰ آلایندهٔ سرب، بیشترین مقدار جذب اندامی و انباشت در خاک گلدان‌های بلوط ایرانی را دارد و کمترین مقدار جذب اندامی به جز ریشه نیز مربوط به تیمار شاهد است. برای ریشه، تیمار ppm ۵۰ نسبت به تیمار شاهد، اختلاف معنی‌داری در جذب سرب ندارد و این شبیه به نتیجه‌ای است که در مورد گونهٔ بنه نیز مشاهده شد و شاید دلیل آن تراکم کم آلاینده و آبشویی آن طی آبیاری باشد. نکتهٔ قابل توجه، اختلاف معنی‌دار جذب سرب در برگ مهر بین همهٔ غلظت‌ها به جز ppm ۵۰ و شاهد است.



شکل۳- مقایسهٔ میانگین مقدار جذب سرب در اندام‌های متفاوت گونهٔ بنه در غلظت‌های مختلف

نکتهٔ جالب توجه معنی‌دار بودن اختلاف مقادیر جذب سرب بین برگ مرداد و مهر در گونهٔ بنه از غلظت ppm ۲۵۰ به بالا است ، در حالی‌که درغلظت‌های دیگر این اختلاف معنی‌دار نیست و این موضوع نشان‌دهندهٔ عدم انتقال سرب در مهر، از برگ به ساقه در غلظت‌های کم در این گونه است. به‌همین ترتیب اختلاف جذب سرب بین برگ مهر و ساقهٔ در غلظت‌های بیشتر از ppm ۲۵۰ است. همچنین این حالت در مورد اختلاف جذب سرب بین ریشه و ساقه نیز حاکم است و از غلظت ppm ۵۰۰ به بالا اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود. از سوی دیگر در اندام‌های شاهد و همچنین تیمار ppm ۵۰ اختلاف معنی‌داری بین مقدار جذب سرب در اندام‌های مختلف مشاهده نمی‌شود. در مورد غلظت ppm ۲۵۰ نیز این اختلاف تنها بین برگ مهر و ریشه مشاهده می‌شود، در حالی‌که در غلظت‌های بیشتر این تفاوت در همهٔ اندام‌ها معنی‌دار است (شکل ۳).



شکل۴- مقایسهٔ میانگین مقدار جذب سرب در اندام‌های متفاوت گونهٔ بلوط ایرانی در غلظت‌های مصرفی

معنی‌دار نبودن اختلاف مقادیر جذب سرب بین برگ مرداد و مهر در همهٔ تیمارهای آلاینده در بلوط دیده می‌شود که این امر نشان‌دهندهٔ عدم انتقال سرب در مهر از برگ به ساقه در این گونه است. به همین ترتیب اختلاف جذب سرب بین برگ مهر و ساقه فقط در غلظت ۲۰۰۰ ppm معنی‌دار است. در اختلاف جذب سرب بین ریشه و ساقه نیز از غلظت ۵۰۰ ppm به بالا اختلاف معنی‌دار مشاهده می‌شود (شکل ۴).

بحث

یکی از مهم‌ترین نتایج این پژوهش، آشکار شدن شیوهٔ رفتار گونه‌های بنه و بلوط در برخورد با آلایندهٔ سرب است. همان‌طور که می‌دانیم، فرایند بازگشت مواد از برگ به ساقه در اواخر فصل رویش رخ می‌دهد که یکی از سازوکارهای حفاظتی گیاهان برای جلوگیری از اتلاف مواد غذایی در گیاهان است. چنانکه از نتایج بر می‌آید، گونهٔ بنه در مورد آلایندهٔ سرب در این زمینه عملکرد خاصی را نشان نداد. به‌عبارت دیگر، گیاه، آلاینده را به‌عنوان عنصر مهم تلقی نکرد و اجازهٔ بازگشت آن از دمبرگ به ساقه را نداد. در صورتی‌که در گونهٔ بلوط ایرانی این فرایند از غلظت ppm ۲۵۰ به بالا رخ داده به‌طوری‌که در غلظت ppm ۲۰۰۰ به حداکثر خود رسید. به‌این ترتیب به‌نظر می‌رسد رفتار گونهٔ بلوط ایرانی در مورد آلایندهٔ سرب شبیه به نوع واکنش آن در مورد یکی از عناصر غذایی کم‌نیاز (میکروالمان) است. البته این پدیده تنها تا غلظت ppm ۲۰۰۰ قابل قبول است و از غلظت ppm ۲۰۰۰ مشاهده می‌شود که مقدار جذب سرب در ساقه به‌طور معنی‌داری بیش از برگ مرداد و حتی مهر است؛ بنابراین این فرایند در غلظت‌های بیشتر تغییر می‌کند و به احتمال زیاد آستانهٔ تزریق سرب از برگ به شاخه در گونهٔ بلوط ایرانی حدی بین غلظت ppm ۱۰۰۰ تا ppm ۲۰۰۰ یا بیشتر است. از سوی دیگر نگاهی کوتاه به مقادیر جذب سرب در برگ مهر این دو گونه، نشان‌دهندهٔ انباشت سرب در برگ‌های بنه در حدود یک‌ونیم برابر بلوط در اغلب غلظت‌های آن است. علاوه بر این بیشترین مقدار جذب برگی در بنه مربوط به برگ‌های جمع‌آوری‌شده در مرداد است که با برگ‌های مهر، نیز اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد دارد. این در حالی است که آفتاب‌طلب (۱۳۸۷) نیز در اجرای پروژه خود اظهار داشت مقدار جذب سرب و کادمیم در برگ سرو در آخر مرداد بیشتر از آخر مهر بود. بنابراین در صورتی‌که هدف از نهالکاری با این دو گونه حذف آلاینده به‌طور کامل از محیط از راه جمع‌آوری برگ‌های آلوده یا قطع کامل در پایان فصل رویشی باشد، به‌دلیل انباشت حدود یک‌ونیم برابری سرب در داخل برگ، ساقه و ریشه، بنه، گونهٔ مناسب‌تری است؛ اما اگر بخواهیم در دوره‌ای چندساله با هزینهٔ کمتری برای پاکسازی از این دو گونه استفاده کنیم، بلوط ایرانی به‌دلیل مقاومت بهتر و توان جست‌دهی بیشتر مناسب‌تر است. نکتهٔ قابل توجه اینکه از غلظت ppm ۵۰۰ به بالا، بین اندام‌های نهال‌های بنه اختلاف معنی‌داری مشاهده و افزایش چشمگیری در برگ نسبت به ساقه دیده می‌شود که این موضوع حاکی از

آستانهٔ تحرک آلایندهٔ سرب در داخل اندام‌ها از غلظت ۵۰۰ ppm به بالا در این گونه است. در این زمینه Tanhan *et al*. (2007) با تحقیق بر روی خاک منطقه‌ای آلوده به سرب و پژوهش‌های هیدروپونیک روی *Chromolaena odorata* (Siam weed) از خانوادهٔ *Asteraceae* اظهار داشتند با افزایش غلظت فلز، مقدار جذب سرب، کادمیم و روی افزایش می‌یابد.

نتایج حاکی از مقایسهٔ میانگین مقادیر جذب سرب در برگ مرداد در غلظت‌های مختلف در هر دو گونه نشان‌دهندهٔ نبود اختلاف معنی‌دار پلکانی بین آنها در سطوح متفاوت است، در صورتیکه این فرایند در برگ مهر و ساقه در هر دو گونه معنی‌دار بوده و روندی نزولی را از بیشینهٔ غلظت به کمینهٔ آن دارد. این نتایج حاکی از انتخاب صحیح گام‌های افزایش غلظت آلاینده برای این دو گونه است.

با توجه به این موضوع که توانایی ذخیره کردن بیش از ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب در اندام‌های هوایی گیاهان، آنها را در ردیف گیاهان ابرجاذب قرار می‌دهد (آتش‌نما و همکاران، ۱۳۸۵)، مقدار انباشت سرب در ساقه و برگ دو گونهٔ بنه و بلوط ایرانی به‌ترتیب حدود ۲۶۴۸ و ۱۹۴۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن خشک برآورد شد که براین اساس می‌توان گونه‌های بنه و بلوط ایرانی را با قدرت جذب چندین برابر این مقدار، به‌عنوان گیاهان چوبی ابر جاذب معرفی کرد.

منابع

آتش‌نما، کریم، احمد گلچین و محمد اسماعیلی، ۱۳۸۵. میزان تجمع برخی از فلزات سنگین در سه گیاه علوفه‌ای یونجه، خلر و اسپرس، همایش خاک، محیط زیست و توسعهٔ پایدار.

آفتاب‌طلب، نوشین، ۱۳۸۷. توانایی گیاه‌پالایی دو گونهٔ چنار (*Platanus orientalis*) و سرو سیمین (*Cupressus arizonica*) برای جذب دو عنصر سمی کادمیم و سرب، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه تهران، ص۱۳۰.

Lasat, M.M., (2000). Phytoextraction of metals from contaminated soil: a review of plant/soil/metal interaction and assessment of pertinent agronomic issues, *Journal of Hazardous Substance Research*, Vol.2, 1-5.

Ghosh, M. & S.P. Singh, 2005. A review on phytoremediation of heavy metals and utilization of it's by products, *Applied Ecology and Environmental Research*, 3(1): 1-18.

Tanhan, P., M. Kruatrachue, P. Pokethitiyook & R. Chaiyarat, 2007. Uptake and accumulation of cadmium, lead and zinc by Siam weed [*Chromolaena odorata* (L.), *Chemosphere*, 68(2): 323-329.

Taiz, L. & E. Zeiger (2003). Plant physiology. Sinauer associates Sunderland, MA 01375 U.S.A. Massachusetts, 690 pp.

Yang, X.E., X.X. Long, H.B. Ye, Z.L. He, D.V. Calvert & P.J. Stoffella, 2005. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Zn-hyperaccumulating plant species (*Sedum alfredii* Hance), *Plant and Soil*, 259: 181-189.

Comparison of lead absorption in organisms (root, stem and leaf) of Oak (*Quercus brantii*) and Pistachio (*Pistacia atlantica*) seedlings by spraying

Y. Khodakarami[*1], A. Shirvany[2], G. Zahedi Amiri[3], M. Matinizadeh[4] and H. Safari[5]
[1]Expert of Research Center of Agriculture and Natural Resources of Kermanshah, I. R. Iran
[2]Assistant Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[3]Associate Prof., Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[4]Assistant Prof., Research Institute of Forests and Rangelands, I. R. Iran
[5]Member of scientific board of Reasearch Centre of Agriculture and Natural Resources of Kermanshah, I. R. Iran
(Received: 4 February 2009, Accepted: 1 December 2009)

Abstract
Heavy metals are high atomic weight elements which are harmful for living organisms. The main goal of this study is the investigation of the ability of Lead biofiltration by two important species in Zagros forests (*Pistacia atlantica* and *Quercus brantii*). In this study 90 seedlings were chosen from both species. Then different concentration of Lead (Lead Nitrate ($Pb(No_3)_2$): 0, 50, 250, 500, 1000, 2000 ppm was prepared as different treatments of pollutants. This study was carried out in a factorial design on the basis of random complete design with two factors: plant species and different levels of pollutant. Time of applying pollution was the late June that 100 ml of each treatment was sprayed on seedlings three times, with seven days interval. Using Atomic Absorption, amount of gathered pollutant was measured in taken samples of leaf, stem, root and soil. The results of this research are as follows; *P. atlantica* and *Q. brantii* were classified as super absorbent plants because of absorbing a high amount of Lead pollutant. According to the average absorption of organs for August and October leaves, *P. atlantica* had the most leaf absorption. Although the most root absorption was related to *Q. brantii*. Results showed that the amount of pollutant absorption in leaves, roots and soil depends on the type of species and the concentration level of pollutants. Significant difference of quantities of lead absorption between August and October leaves begins from the application of more than 250 ppm. This might be the result of not transferring of lead from leaves to stem in the lower concentrations.

Key words: Lead, *Q. brantii*, *P. atlantica*, Biofiltration, Zagros.

[*]Corresponding author Tel: +98 918 8315183 Email: Ykhodakarami@gmail.com