

## بررسی جذب و تجمع سرب در مراحل مختلف رشد و نمو بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*)

سیده زهره صادری<sup>۱</sup>، فاطمه زرین کمر<sup>۱\*</sup> و حسین زینلی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم گیاهی، دانشکده علوم زیستی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

<sup>۲</sup> مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان، اصفهان، ایران

### چکیده

آلودگی ناشی از حضور فلزات سنگین در خاک‌های کشاورزی، یکی از مهمترین مشکلات اکولوژیک در سطح جهان است. بر اساس داده‌های آژانس حفاظت محیط‌زیست، سرب مهم‌ترین فلز آلاینده است. در این تحقیق، با توجه به اهمیت دارویی و صنعتی بابونه آلمانی، پاسخ این گیاه در رویارویی با آلودگی سرب در سه مرحله رزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی مطالعه شد. بدین منظور، بذر این گونه در شرایط گلخانه کاشته شد و نمونه‌های گیاهی در مرحله رزت به محیط هیدروپونیک منتقل شده، تحت تیمار نترات سرب با غلظت‌های ۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ میکرومول قرار گرفتند. رشد ریشه و اندام هوایی پس از طی هر یک از مراحل نمو اندازه‌گیری شد. بر اساس نتایج حاصل از مطالعات در هر سه مرحله رشد، با افزایش جذب سرب بیوماس ریشه و اندام هوایی کاهش یافت. با توجه به نتایج حاصل با افزایش غلظت سرب تا ۱۸۰ میکرومول، غلظت این فلز در ریشه و اندام هوایی بابونه آلمانی در هر سه مرحله نمو افزایش یافت. نتایج حاکی از تجمع بالای سرب در ریشه این گونه نسبت به اندام هوایی بود که در مرحله رزت نسبت به دو مرحله دیگر بیشتر قابل توجه بود. در واقع، این گونه با تجمع سرب در ریشه به‌خصوص در مراحل اولیه رشد این توانایی را دارد که از انتقال این فلز به بخش‌های هوایی و بروز سمیت در گیاه جلوگیری کند.

**واژه‌های کلیدی:** بابونه آلمانی، سرب، گیاهان دوری‌گزين، مراحل نمو گیاه

### مقدمه

کمی به فرسایش صخره و انفجار آتشفشان‌ها مربوط می‌دانند، اما امروزه فعالیت‌های بشر در حفر معادن، استخراج، ذوب و پالایش فلزات، پساب‌های صنعتی و استفاده از کودهای شیمیایی، به رهاسازی مقادیر فراوانی از فلزات سنگین به محیط منجر شده و مشکلات جدی برای محیط‌زیست و سلامتی بشر پدید

فلزات سنگین عناصری با چگالی بیشتر از  $5 \text{ g/cm}^3$  و وزن اتمی بین ۶۳ تا ۲۰۰ هستند (Pais and Jones, 2000). حضور این فلزات در غلظت‌های بیش از حد مجاز، برای محیط‌زیست و همه موجودات زنده خطرناک است. آلودگی مربوط به این فلزات را تا حد

گیاهان با استفاده از مکانیسم Phytostabilization به طور مؤثر از ورود فلز به بخش‌های هوایی خود علی‌رغم حضور غلظت‌های بالای فلزات سنگین در خاک جلوگیری می‌کنند. غلظت فلز در شاخه‌های آنها تنها کمی بالا رفته، ثابت باقی می‌ماند. این گیاهان ممکن است حاوی مقادیر بالایی از فلزات در ریشه‌های خود باشند. یکی از شاخص‌های شناسایی این گیاهان محاسبه دو عامل BioConcentration Factor (BCF) و Transfer Factor (TF) است. در گیاهان دوری‌گزين BCF ریشه بزرگتر از یک و TF کوچکتر از یک است (Macfarlane *et al.*, 2007; Joonki *et al.*, 2006).

۳- گیاهان انباشته‌کننده (metal accumulator): این گیاهان با استفاده از مکانیسم Phytoextraction توانایی جذب و تجمع فلز در آلودگی‌های کم تا زیاد را دارند (Memon *et al.*, 2001; Kupper *et al.*, 1999). در واقع غلظت فلز در این گیاهان در حدود ۱۰۰۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از غلظت فلز در سایر گیاهانی است که در خاک‌های آلوده رشد می‌یابند (McGrath *et al.*, 2002; Raskin and Ensley, 2000; Anderson *et al.*, 1999).

بابونه آلمانی با نام علمی *Matricaria chamomilla* گیاه علفی و یک‌ساله با ارتفاعی بین ۵۰ تا ۸۰ سانتی‌متر و از خانواده کاسنی است. ریشه این گیاه مخروطی شکل و کم و بیش سطحی است که در اواخر دوره رویش دارای انشعابات فراوان می‌شود. برگ‌های بابونه منقسم، باریک، کشیده و متناوب هستند. ساقه استوانه‌ای شکل و دارای انشعاب‌هایی است که هر یک از آنها به گل آذین دیهیم‌مانندی منتهی می‌شوند. کشت این گیاه توسط بذر صورت می‌گیرد و مراحل رشد این گونه را می‌توان به

آورده است (Raskin and Ensley, 2000; Meagher, 2000; Pilon-Smits, 2005). بر اساس داده‌های آژانس حفاظت محیط‌زیست، سرب مهم‌ترین فلز آلاینده محیطی است. منابع عمده سرب دود خروجی از اگزوز وسایل نقلیه بنزین سوز و پساب‌های خانگی و صنعتی است (Harrison and Laxen, 1977).

آلودگی سرب مشکلات فراوانی را برای گیاهان موجب می‌شود. غلظت بالای سرب در سطح مورفولوژیک کاهش بیوماس، مهار جوانه‌زنی، القای کلروز و نکروز برگ، تغییر رنگ و سوبرینی شدن ریشه را موجب می‌شود (Kopitke *et al.*, 2007; Islam *et al.*, 2007; Islam *et al.*, 2008). فراساختار سلول، تغییر اندازه و شکل کلروپلاست و افزایش اندازه واکوئل را ایجاد می‌کند (Islam *et al.*, 2008; Liu *et al.*, 2007). در سطح فیزیولوژیک سرب، در عمل روزنه‌ها، محتوای نیترات، تعادل آب سلول‌ها، فتوسنتز و تنفس اشکال ایجاد کرده، همچنین سبب افزایش پراکسیداسیون لیپیدها (Liu *et al.*, 2008; Islam *et al.*, 2008) می‌شود.

گیاهان برای مقاومت در مواجهه با آلودگی فلز سنگین سه مکانیسم دارند:

۱- گیاهان معرف (metal indicator): این گیاهان فلزات را در بافت‌های هوایی خود انباشته می‌کنند و آثار ناشی از سمیت فلز مانند زرد شدن، چروکیدگی و پیری زودرس برگ‌ها با توجه به غلظت فلز محیط در این گیاهان پدیدار می‌شود که ملاک شناسایی این گیاهان است. در گیاهان معرف غلظت فلز جذب شده در گیاه بیانگر غلظت فلز در خاک است (Memon *et al.*, 2001; Kupper *et al.*, 1999).

۲- گیاهان دوری‌گزين (metal excluders): این

مختلف سرب در مراحل مختلف نمو در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد.

### کاشت گیاهان و شروع تیمار

بذر بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) از مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان تهیه گردید. بذرها در مهر ماه سال ۱۳۸۷ در گلخانه علوم گیاهی دانشگاه تربیت مدرس با دمای ۱۰ درجه سانتیگراد در شب و ۱۵ درجه سانتیگراد در روز کشت شدند. به دلیل زمان کشت و دمای گلخانه، دوره رویشی نمونه‌های گیاهی طولانی شد. سپس گیاهان ۹۰ روزه از محیط گلخانه به محلول ۱/۲ هوگلند اصلاح شده - برای جلوگیری از رسوب سرب (Utmazian et al., 2007) - با اسیدیت کنترل شده  $6/7 \pm 0/2$ ، هوادهی مداوم و فتوپریود ۱۶ ساعته منتقل شدند. سعی شد همه بوته‌های انتقال داده شده در این مرحله همسان باشند. پس از هشت روز نگهداری در شرایط کنترل شده برای سازگاری با محیط جدید، نمونه‌های گیاهی تحت تیمار با نیترات سرب در غلظت‌های ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ میکرومول قرار گرفتند. محلول غذایی هر چهار روز یکبار تعویض می‌شد. قبل و پس از اعمال تیمار، طول ریشه، طول برگ‌ها، تعداد برگ‌ها و تعداد پنجه‌ها اندازه‌گیری شد.

### برداشت نمونه‌های گیاهی

نمونه‌های گیاهی در سه مرحله تکوینی برداشت شدند: اولین برداشت هفت روز پس از تیماردهی انجام شد. در این برداشت نمونه‌های گیاهی هنوز در مرحله رزت بودند. جمع‌آوری دوم چهارده روز پس از تیماردهی انجام شد. در این زمان گیاهان مورد مطالعه وارد مرحله ساقه‌دهی شده بودند. برداشت سوم نیز در بیست و یکمین روز تیماردهی و در مرحله غنچه‌دهی

شش مرحله سبز شدن، رزت، به ساقه رفتن، غنچه‌دهی، گل‌دهی و رسیدگی بذر تقسیم کرد (امیدییگی، ۱۳۷۹؛ زرگری، ۱۳۷۵).

این گونه، از گیاهان دارویی قدیم و مهم بوده، به دلیل خاصیت‌های ضد التهاب، ضد تشنج، ضد میکروبی و تسکین درد مورد توجه است و در درمان اختلالات دستگاه گوارش، دستگاه تنفس و زخم‌های پوستی استفاده می‌شود (زرگری، ۱۳۷۵؛ امیدییگی، ۱۳۷۹). از خصوصیات قابل توجه دیگر *M. chamomilla* توانایی مقاومت بالای این گیاه در مقابل آلودگی فلزات سنگینی، چون کادمیوم و نیکل است (Pavlovič et al., 2006; Kovacic et al., 2008).

بنابراین، با توجه به اهمیت سرب به عنوان یکی از جدی‌ترین آلاینده‌های زیست‌محیطی و تأثیراتی که این فلز با ورود به زنجیره غذایی بر سلامت انسان و جانوران دارد، توجه به مسأله آلودگی سرب و واکنش گونه‌های مختلف گیاهی در رویارویی با غلظت‌های گوناگون آن حایز اهمیت است. از آنجا که بابونه آلمانی یکی از گیاهان دارویی مهم و پر مصرف است، مطالعه جذب و تجمع سرب توسط این گونه و همچنین، بررسی غلظت این فلز در ریشه، اندام هوایی و گل گیاهان تحت تیمار حایز اهمیت است. به علاوه، مقایسه پاسخ گیاه به تنش مذکور در مراحل مختلف رشدی مسأله‌ای قابل توجه است. از بین مراحل نمو بابونه سه مرحله رزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی در این مطالعه مورد توجه قرار گرفت.

### مواد و روش‌ها

این تحقیق به منظور بررسی میزان جذب سرب و تغییرات مورفولوژیک بابونه آلمانی در غلظت‌های

انجام شد.

### اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه

پس از خارج کردن گیاهان از محلول هوگلند، اندام هوایی از محل یقه از ریشه‌ها جدا شد. سپس نمونه‌ها در انکوباتور در دمای ۴۰ تا ۴۵ درجه سانتیگراد به مدت ۵ تا ۷ روز خشک شدند و وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد.

### آماده‌سازی نمونه‌ها برای هضم اسیدی و استخراج سرب از گیاه

نمونه‌های خشک‌شده اندام هوایی و ریشه توسط نیتروژن مایع در هاون کوبیده و به پودر تبدیل شدند. سپس میزان ۰/۵ گرم از پودر تهیه شده از اندام هوایی و ریشه برای انجام فرآیند هضم اسیدی توزین شد. در این تحقیق از روش اکسیداسیون تر برای استخراج سرب از گیاه استفاده شد. بدین منظور آمیزه نیتریک‌اسید، پرکلریک‌اسید و سولفوریک‌اسید با نسبت حجمی ۴۰:۴:۱ به کار رفت (Gupta, 2000).

### اندازه‌گیری میزان سرب در نمونه‌های گیاهی

نمونه‌های گیاهی و محلول‌های استاندارد به منظور اندازه‌گیری میزان سرب موجود در آنها توسط دستگاه ICP-OES (مدل VISTA-PRO ساخت شرکت Varian، کشور استرالیا) آنالیز شدند.

### محاسبه Bioconcentration Factor (BCF) و Transfer Factor (TF)

در انتها دو عامل BCF و TF محاسبه شدند. محاسبه این دو عامل، مکانیسم مقابله با بونه آلمانی را با سرب نشان می‌دهد.

$$\text{Bioconcentration Factor (BCF)} = \frac{\text{غلظت عنصر مورد نظر در ریشه}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در محیط رشد}}$$

$$\text{Transfer Factor (TF)} = \frac{\text{غلظت عنصر مورد نظر در اندام هوایی}}{\text{غلظت عنصر مورد نظر در ریشه}}$$

### مطالعات آماری

آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد. همچنین، رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت پذیرفت.

### نتایج

#### غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاهان تحت تیمار

مقایسه میانگین داده‌های حاصل از سنجش میزان سرب در اندام هوایی و ریشه گیاهان تحت تیمار نشان داد که در هر سه مرحله رزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی، میزان جذب سرب در اندام هوایی و ریشه تحت غلظت‌های مختلف سرب متفاوت بوده، تفاوت معنی‌داری بین آنها وجود دارد (شکل‌های ۱، ۲ و ۳).

مقایسه میانگین میزان غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی نشان داد که بیشترین جذب در ریشه و اندام هوایی در هر سه مرحله نموی در غلظت ۱۸۰ میکرومول سرب به‌دست آمد و کمترین مقادیر در هر سه مرحله تکوین متعلق به شاهد بود که احتمالاً به وجود سرب در خاکی که گیاهان قبل از ورود به محیط هوگلند در آن رشد می‌کرده‌اند، بر می‌گردد. همچنین، با توجه به نتایج بیشترین غلظت سرب ریشه در مرحله رزت و بیشترین غلظت سرب بخش هوایی در مرحله غنچه‌دهی مشاهده شده است (شکل‌های ۱، ۲ و ۳). از طرف دیگر، طبق نتایج بالاترین غلظت سرب غنچه‌ها در تیمار با غلظت ۱۲۰ میکرومول سرب به‌دست آمد (شکل ۳).

**محاسبه دو شاخص BCF و TF در اندام هوایی و ریشه گیاهان تحت تیمار**

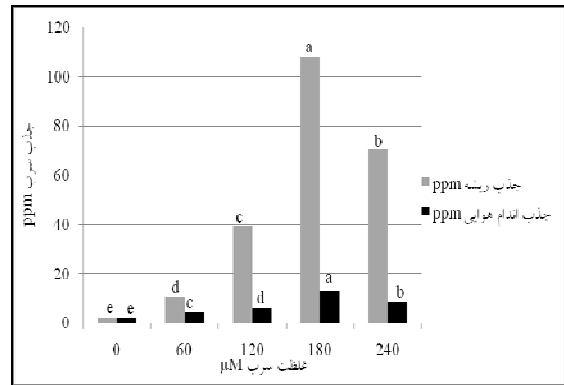
شاخص BCF در مرحله رزت در همه تیمارها، به جز تیمار ۶۰ میکرومول بزرگتر از یک بود، اما در دو مرحله ساقه‌دهی و غنچه‌دهی در همه تیمارها، به استثنای تیمار ۶۰ میکرومول در مرحله ساقه‌دهی، کوچکتر از یک است. شاخص TF در هر سه مرحله و در همه تیمارها کوچکتر از یک محاسبه شد (جدول ۱).

جدول ۱- مقایسه شاخص‌های BCF و TF گیاهان تحت تیمار در سه مرحله نموی

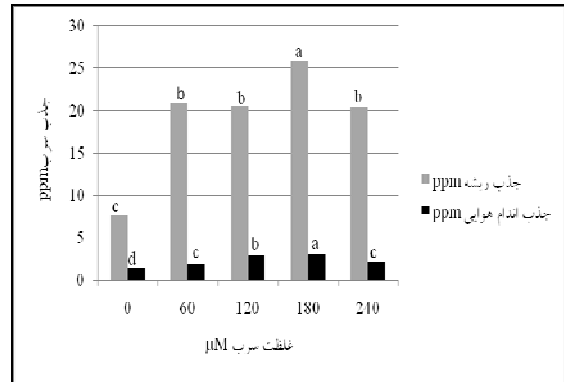
غلظت سرب در محلول غذایی		رزت		ساقه‌دهی		غنچه‌دهی	
BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF	BCF	TF
۰/۸	۰/۵	۰/۷	۰/۱	۰/۸	۰/۳	۰/۸	۰/۳
۱/۶	۰/۱	۰/۸	۰/۱	۰/۲	۰/۹	۰/۲	۰/۹
۲/۹	۰/۱	۰/۸	۰/۱	۰/۶	۰/۲	۰/۶	۰/۲
۱/۴	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۱	۰/۵	۰/۱	۰/۵

**تغییرات مشاهده شده در بیوماس و رشد گیاهان تحت تیمار در سه مرحله نمو**

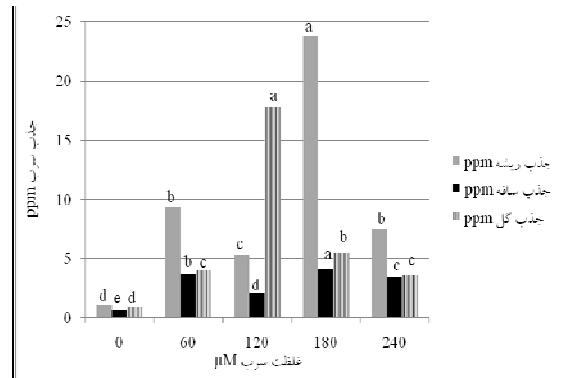
نتایج حاصل از مطالعات در هر سه مرحله نمو نشان می‌دهد که با افزایش جذب سرب در نمونه‌های گیاهی تحت تیمار، بیوماس ریشه و اندام هوایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت، اما هیچ‌کدام از قبیل: تغییر رنگ، پژمردگی و چروکیدگی برگ‌ها، خمیدگی ساقه و شکنندگی ریشه در گیاهان تحت تنش مشاهده نشد. مقایسه میانگین داده‌های حاصل از بررسی وزن خشک ریشه و اندام هوایی، رشد ریشه و برگ، افزایش تعداد برگ و پنجه در سه مرحله رزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی



شکل ۱- مقایسه میانگین غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی بابونه آلمانی در تیمار با سرب در مرحله رزت. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح  $P \leq 0.01$  است.



شکل ۲- مقایسه میانگین غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی بابونه آلمانی در تیمار با سرب در مرحله ساقه‌دهی. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح  $P \leq 0.01$  است.



شکل ۳- مقایسه میانگین غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاهان تحت تیمار در مرحله غنچه‌دهی حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها در سطح  $P \leq 0.01$  است.

نبود (جدول ۲). تیمار ۱۸۰ میکرومول کمترین وزن خشک ریشه و اندام هوایی را در همه مراحل و بیشترین وزن خشک غنچه را نسبت به سایر تیمارها نشان داد (جدول‌های ۲، ۳ و ۴).

نشان داد که با افزایش غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی شاخص‌های مذکور کاهش یافته‌اند. با وجود این، در مرحله رزت تفاوت در کاهش رشد برگ و پنجه در بین تیمارهای مختلف از نظر آماری معنی‌دار

جدول ۲- تغییر میزان رشد و وزن خشک ریشه و اندام هوایی در تیمار با سرب در مرحله رزت. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.01$  است.

عوامل رشد						غلظت سرب در
افزایش تعداد برگ‌ها	افزایش تعداد پنجه‌ها	رشد طولی برگ (mm)	رشد طولی ریشه (mm)	وزن خشک اندام هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	محلول غذایی ( $\mu\text{M}$ )
۵/۶۷ a	۴ a	۴/۰۶ a	۱/۳ a	۰/۹۸ a	۰/۱۷ a	۰
۴ ab	۲/۶۷ ab	۲/۶۳ ab	۰/۹۳ b	۰/۶۸ c	۰/۱۵ b	۶۰
۵/۳۳ a	۳/۶۷ a	۳/۶۳ a	۰/۷۷ c	۰/۸۵ b	۰/۱۲ c	۱۲۰
۲/۳۳ b	۱/۳۳ b	۱/۲۳ b	۰/۴۷ d	۰/۲۶ e	۰/۰۶ e	۱۸۰
۳/۶۷ ab	۲/۳۳ ab	۲/۳ ab	۰/۵۷ d	۰/۵۴ d	۰/۰۹ d	۲۴۰

جدول ۳- تغییر میزان رشد و وزن خشک ریشه و اندام هوایی در تیمار با سرب در مرحله ساقه‌دهی. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.01$  است.

عوامل رشد						غلظت سرب در	
افزایش تعداد برگ	افزایش تعداد پنجه	رشد طولی برگ (mm)	رشد طولی ساقه (mm)	رشد طولی ریشه (mm)	وزن خشک اندام هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	محلول غذایی ( $\mu\text{M}$ )
۶/۶۷ a	۴/۳۳ a	۴/۵۷ a	۵/۵ d	۳/۱ a	۳/۰۲ a	۰/۴۳ a	۰
۴/۳۳ b	۳ b	۳/۶۶ b	۷/۸ c	۲/۵۷ b	۲/۶۲ b	۰/۳۷ b	۶۰
۲/۶۹ c	۲ c	۲/۸۲ c	۹/۳ b	۲/۳۳ b	۲/۲۸ bc	۰/۳۵ b	۱۲۰
۲ c	۱/۳۳ d	۲/۱ d	۱۱/۱ a	۱/۲۷ c	۲/۱ c	۰/۲۹ c	۱۸۰
۴ b	۳ b	۳/۶ b	۸/۲ c	۲/۵ b	۲/۵۹ b	۰/۳۶ b	۲۴۰

جدول ۴- مقایسه تغییر میزان رشد و وزن خشک ریشه و اندام هوایی در تیمار با سرب در مرحله غنچه‌دهی. حروف یکسان بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح  $P \leq 0.01$  است.

عوامل رشد							غلظت سرب	
افزایش تعداد برگ	افزایش تعداد پنجه	رشد طولی برگ (mm)	رشد طولی ساقه (mm)	رشد طولی ریشه (mm)	وزن خشک غنچه (g)	وزن خشک قسمت سبز اندام هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	در محلول غذایی ( $\mu\text{M}$ )
۵/۳۲ a	۴/۶۷ a	۳/۵۹ a	۹/۰۲ c	۴ a	۰/۰۲۴ d	۴/۸۲ a	۰/۷ a	۰
۳/۳۳ b	۳ b	۲/۸۷ b	۱۳/۲ b	۰/۰۳ b	۰/۰۳۴ c	۳/۸ b	۰/۴۹ b	۶۰
۱/۶۷ c	۲ c	۱/۸۲ c	۱۷/۳۲ a	۲ c	۰/۰۵۶ b	۲/۸۳ c	۰/۳۹ c	۱۲۰
۱/۳۳ c	۱/۳۳ c	۱/۷۱ c	۱۸/۷۳ a	۱/۹۲ c	۰/۰۶۷ a	۲/۱ d	۰/۳۲ c	۱۸۰
۳ b	۳ b	۲/۵۴ b	۱۴/۲ b	۲/۸۷ b	۰/۰۳۹ c	۳/۶۶ b	۰/۴۸ b	۲۴۰

## بحث

یکی از شایع‌ترین علائم ریختی ناشی از آلودگی فلزات سنگین، تغییر رنگ و زرد شدن برگ‌هاست. این تغییر در بسیاری از مطالعات به عنوان اولین علامت مسمومیت در برابر فلزات سنگین در نظر گرفته می‌شود و ناشی از کاهش بیوستنز کلروفیل در گیاهان است. بر اساس نتایج حاصل از این مطالعه، در نمونه‌های گیاهی تحت تنش در هیچ یک از مراحل تکوینی مورد مطالعه، تغییر رنگ و پژمردگی برگ، خمیدگی ساقه و شکنندگی ریشه مشاهده نشد که با نتایج Grejtovsky و Price (۲۰۰۰) و Sridhar و همکاران (۲۰۰۵) مطابقت دارد. در واقع، با توجه به مطالعات انجام شده، در گیاهان مقاوم کاهشی در محتوای کلروفیل ایجاد نشده و تغییر رنگی مشاهده نمی‌شود (Borghi et al., 2008)، اما بررسی رشد و بیوماس ریشه و اندام هوایی نمونه‌های گیاهی تحت تنش در این مطالعه نشان داد که حضور سرب در محیط رشد ریشه، بازدارنده بیوماس ریشه و اندام هوایی بوده و باعث کاهش رشد شده است،

به طوری که با افزایش غلظت سرب در گیاه، بیوماس و رشد ریشه و اندام هوایی کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج حاصل بیشترین کاهش در بیوماس، در هر سه مرحله تکوین در نمونه‌های گیاهی رشد یافته در غلظت ۱۸۰ میکرومول سرب که دارای بیشترین میزان جذب سرب نیز بود، مشاهده شد. بر اساس مطالعات انجام شده، کاهش رشد ریشه ممکن است نتیجه لیگنین شدن دیواره سلولی تحت تنش فلز سنگین (Almedia et al., 2007) یا تأثیر مستقیم تنش مذکور بر هسته سلولی (Daud et al., 2009) باشد. به علاوه، Potters و همکاران در سال ۲۰۰۷ بیان کردند که در تیمار فلزات سنگین اختلال در عمل هورمون‌هایی مانند اکسین، کاهش در رشد را در پی دارد. از طرف دیگر، بر اساس مطالعات انجام شده توسط Han و همکاران (۲۰۰۸) و Daud و همکاران (۲۰۰۹) کاهش رشد اندام هوایی نمونه‌های گیاهی تحت تیمار ممکن است نتیجه کاهش فتوستنز در رویارویی با آلودگی فلزات سنگین باشد. به علاوه، Khudsar و همکاران در سال ۲۰۰۰ اعلام

مانند زرد شدن و پژمردگی برگ‌ها که شایع‌ترین علائم سمیت فلزات سنگین هستند؛ می‌توان پاسخ بابونه آلمانی به تنش سرب را شبیه رفتار گیاهان دوری‌گزینه اعلام کرد. از طرف دیگر، با توجه به وجود غلظت‌هایی از سرب در غنچه این گونه، که بخش دارویی بابونه محسوب می‌شود، ضمن لزوم بررسی بیشتر مناطق مورد نظر برای کشت این گونه، استفاده از بابونه آلمانی برای جذب و تجمع سرب در مراحل اولیه رشد پیشنهاد می‌شود. توجه به این نکته نیز ضروری است که گیاهان به طور کامل باید از خاک خارج شوند، چون طبق نتایج قسمت اعظمی از فلز جذب شده توسط گیاه در ریشه تجمع می‌یابد.

از طرف دیگر، مشاهدات نشان داد که مرحله رزت دارای بیشترین غلظت سرب در ریشه و مرحله غنچه‌دهی برعکس، کمترین غلظت سرب در ریشه را داشته است و در مرحله غنچه‌دهی، غنچه‌ها در نمونه‌های تحت تیمار دارای میزان درخور توجهی از غلظت سرب بودند. در همین راستا، در مطالعه‌ای که توسط Dinelli و Lombini در سال ۱۹۹۶ روی گونه‌های *Salix spp.*، *Silene armeria* و *Populus nigra* رشد یافته در خاک آلوده انجام شد؛ بیشترین غلظت فلز سنگین در گیاه در مراحل اولیه رشد رویشی مشاهده شد، که می‌تواند به علت نیاز گیاه به جذب بالای مواد معدنی برای رشد باشد (Pulford and Watson, 2003).

در واقع، بابونه آلمانی برای افزایش مقاومت در تنش سرب، در مراحل مختلف تکوین مکانیسم‌های متفاوتی را به کار می‌گیرد که نتیجه این تفاوت تغییر در میزان جذب قسمت‌های مختلف گیاه در مراحل

کردند که بر هم کنش فلزات سنگین با گروه‌های سولفیدریل و غیرفعال کردن پروتئین‌های گیاهی از رشد ریشه و اندام هوایی جلوگیری می‌کند.

بر اساس نتایج مطالعه حاضر، غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی بابونه آلمانی در هر سه مرحله رزت، ساقه‌دهی و غنچه‌دهی با افزایش غلظت سرب محیط تا ۱۸۰ میکرومول افزایش یافت. در دو مرحله ساقه‌دهی و غنچه‌دهی غلظت سرب در نمونه‌های گیاهی که تحت تیمار ۶۰ و ۲۴۰ میکرومول سرب قرار گرفته بودند، مشابه بود که می‌تواند بیانگر این مطلب باشد که با افزایش غلظت سرب بیشتر از ۱۸۰ میکرومول جذب سرب توسط گیاه کاهش می‌یابد. از طرف دیگر، تفاوت مشاهده شده در غلظت سرب در ریشه و ساقه ممکن است نتیجه یکی از فرآیندهای زیر باشد: سمیت‌زدایی سرب به دنبال تجمع اولیه در بافت ریشه شروع شود و در پی آن مقدار سرب انتقال یافته به ساقه به حداقل برسد و یا فرآیند سمیت‌زدایی در قسمت‌های هوایی گیاه قوی‌تر از ریشه باشد (Khudsar et al., 2000).

با توجه به این نکته که گیاه بیش‌انباشته‌کننده سرب، گیاهی است که بتواند بیشتر از ۱۰۰۰ mg/kg سرب را در اندام هوایی خود انباشته کند، بدون آنکه تأثیری بر رشد و نمو گیاه داشته باشد (Baker and Brooks 1989) و با توجه به مقادیر جذب شده سرب در اندام هوایی بابونه آلمانی، نمی‌توان این گونه را یک گونه بیش‌انباشته‌کننده در نظر گرفت، اما با در نظر گرفتن جذب قابل توجه سرب در ریشه بابونه آلمانی به خصوص در مرحله رزت و محاسبه شاخص‌های BCF و TF و همچنین پدیدار نشدن تغییرات مورفولوژیک



همچنین، با عبور از مرحله رویشی و افزایش نقل و انتقال آب و مواد معدنی در جهت تأمین نیاز گیاه برای گلدهی، غلظت سرب در اندام هوایی به ویژه اندام‌های زایشی افزایش می‌یابد (Kevin *et al.*, 2006).

گوناگون تکوین است؛ به طوری که با افزایش سن گیاه غلظت سرب در ریشه کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که با افزایش سن، جذب در ریشه با کنترل بیشتری انجام می‌شود (Seregin and Kozhevnikova, 2008).

## منابع

- امیدبگی، ر. (۱۳۷۹) تولید و فن آوری گیاهان دارویی. جلد ۳، انتشارات به نشر، تهران.
- زرگری، ا. (۱۳۷۵) گیاهان دارویی. جلد ۳، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- 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.
- Anderson, C., Brooks, R., Chiarucci, A. and Lacoste, C. (1999) Phytomining for nickel, thallium and gold. *Journal of Geochemical Exploration* 67: 407-415.
- Baker, A. and Brooks, R. (1989) Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements. A review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery* 1: 81-126.
- Borghini, M., Tognetti, R., Monteforti, G. and Sebastiani, L. (2008) Responses of two poplar species (*Populus alba* and *Populus x canadensis*) to high copper concentrations. *Environmental and Experimental Botany* 62: 290-299.
- Dauda, M. K., Variatha, M. K., Shafaqat, A., Najeeba, U., Jamilb, M., Hayat, Y., Dawooda, M., Khand, M. I., Zaffar, M., Cheemad, S. A., Tonga, X. H. and Zhua, S. (2009) Cadmium-induced ultramorphological and physiological changes in leaves of two transgenic cotton cultivars and their wild relative. *Journal of Hazardous Materials* 168: 614-625.
- Dinelli, E. and Lombini, A. (1996) Metal distributions in plants growing on copper mine spoils in Northern Apennines, Italy: the evaluation of seasonal variations. *Applied Geochemistry* 11: 375-385.
- Grejtovsky, A. and Price, R. (2000) Effect of high cadmium concentration in soil on growth, uptake of nutrients and some heavy metals of *Chamomilla recutita* L. Ruschert. *Applied Botany* 74: 169-174.
- Gupta, P. (2000) Soil, plant, water and fertilizer analysis. Agrobios New Delhi, India.
- Han, Y., Huang, S., Gu, J., Qiu, S. and Chen, J. (2008) Tolerance and accumulation of lead by species of *Iris* L.. *Ecotoxicology* 17: 853-859.
- Harrison, R. and Laxen, D. (1977) A comparative study on methods for soil analysis of total lead in soil. *Water, Air and Soil Pollution* 8: 387-392.
- Islam, E., Liu, D., Li, T. Q., Yang, X. E., Jin, X. F., Mahmooda, Q., Tian, S. and Li, J. (2008) Effect of Pb toxicity on leaf growth, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. *Journal of Hazardous Materials* 154: 914-920.
- Islam, E., Yang, X. E., Li, T. Q., Liu, D., Jin, X. F. and Meng, F. (2007) Effect of Pb toxicity on root morphology, physiology and ultrastructure in the two ecotypes of *Elsholtzia argyi*. *Journal of Hazardous Materials* 147: 806-816.
- Joonki, Y., Xinde, C., Qixing, Z. and Lena, 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.
- Kevin, W. B., Honys, D., Ward, J. M., Padmanaban, S., Nawrocki, E. P., Hirschi, K. D., Twell, D. and Heven, S. (2006) Integrating

- membrane transport with male gametophyte development and function through transcriptomics. *Plant Physiology* 140: 1151-1168.
- Khudsar, T., Uzzafar, M., Soh, W. Y. and Iqbal, M. (2000) Morphological and anatomical variations of *Cajanus cajan* (Linn.) Huth raised in cadmium-rich soil. *Journal of Plant Biology* 43: 149-157.
- Kopittke, P. M., Asher, C. J., Kopittke, R. A. and Menzies, N. W. (2007) Toxic effects of  $Pb^{2+}$  on growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) *Environmental Pollution* 150: 280-287.
- Kovacik, J., Klejdus, B., Kadukova, J. and Backor, M. (2008) Physiology of *Matricaria chamomilla* exposed to nickel excess. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72: 1-7.
- Kupper, H., Zhao, F. and McGrath, S. (1999) Cellular compartmentation of zinc in leaves of the hyperaccumulator *Thlaspi caerulescens*. *Plant Physiology* 119: 305-311.
- Liu, D., Li, T. Q., Yang, X. E., Islam, E., Jin, X. F. and Mahmood, Q. (2008) Effect of Pb on Leaf Antioxidant Enzyme Activities and Ultrastructure of the Two Ecotypes of *Sedum alfredii* Hance. *Russian Journal of Plant Physiology* 55: 68-76.
- Macfarlane, G. R., Koller, C. E. and Blomberg, S. P. (2007) Accumulation and partitioning of heavy metals in mangroves: A synthesis of field-based studies. *Chemosphere* 69: 1454-1464.
- McGrath, S., Zhao, F. and Lombi, E. (2002) Phytoremediation of metals, metalloids and radionuclides. *Advanced in Agronomy* 75: 1-56
- Meagher, B. (2000) Phytoremediation of toxic elemental and organic pollutants. *Plant Biology* 3: 153-162.
- Memon, A., Aktoprakligil, D., Ozdemir, A. and Vertii, A. (2001) Heavy metal accumulation and detoxification mechanisms in plants. *Turk Journal Botany* 25: 111-121.
- Pavlovič, A., Masarovičová, E., Král'ová, K. and Kubová, J. (2006) Response of chamomile plants (*Matricaria recutita* L.) to cadmium treatment. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 52: 763-771
- Pilon-Smits, E. (2005) Phytoremediation. *Plant Biology* 56: 15-39.
- Potters, G., Pasternak, T. P., Guisez, Y., Palme, K. J. and Jansen, M. A. K. (2007) Stress-induced morphogenic responses: growing out of trouble?. *Plant Science* 12: 98-105.
- Pulford, I. D. and Watson, C. (2003) Phytoremediation of heavy metal -contaminated land by trees (a review). *Environment International* 29: 529-540.
- Raskin, I. and Ensley, B. (2000) Phytoremediation of toxic metals: Using plants to clean up the environment. John Wiley & Sons, Ltd., New York.
- Seregin, V. and Kozhevnikova, A. D. (2008) Roles of root and shoot tissues in transport and accumulation of cadmium, lead, nickel, and strontium. *Fiziologiya Rastenii* 55: 3-26.
- Sridhar, B. B. M., Diehl, S. V., Hanc, F. X., Monts. D. L. and Sub, Y. (2005) Anatomical changes due to uptake and accumulation of Zn and Cd in Indian mustard (*Brassica juncea*). *Environmental and Experimental Botany* 54: 131-141.
- Utmazian, M., Wieshammer, G., Vega, R. and Wenzel, W. (2007) Hydroponic screening for metal resistance and accumulation of cadmium and zinc in twenty clones of willows and poplars. *Environmental Pollution* 148: 155-165.

## The study of lead uptake and accumulation by *Matricaria chamomilla* in various growth stages

Seyedeh Zohreh Sadari <sup>1</sup>, Fatemeh Zarinkamar <sup>1\*</sup> and Hossein Zeynali <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Plant Biology, Faculty of Biological Science, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>2</sup> Isfahan Agricultural Research and Natural Resources Center, Isfahan, Iran

### Abstract

Heavy metal pollution in air and agricultural soils is one of the most important ecological problems in the whole world. According to the environmental protection agency (EPA), Pb is the most common heavy metal contaminant in the environment. *M. chamomilla* is one of the most important and the most frequently cultivated medicinal herbs. In this study, effects of Pb toxicity on *M. chamomilla* in the first stage of development and also in shooting and flowering stages were investigated. In doing so, seeds of *M. chamomilla* were grown in greenhouse, then plants in first stage of development were transplanted to hydroponic culture design five treatments of 0, 60, 120, 180, 240  $\mu$ M Pb. No morphological change was observed during the treatment process in the different stages, but in all different stages reduction of total biomass was observed, compared to the control plants. The results indicated Pb accumulation in roots and aerial parts and an increasing trend with increasing Pb supply up to 180  $\mu$ M. The results also showed that Pb concentration was higher in root than aerial parts especially in the first stage of development. Indeed, the results confirmed that chamomile had the ability to accumulate Pb in the roots so that preferential Pb accumulation prevented Pb toxicity symptom.

**Key words:** *Matricaria chamomilla*, Lead, Excluder plants, Stages of development

---

\* Corresponding Author: zarinkamar@modares.ac.ir