مجله سلامت و محیط زیست، فصلنامه‌ی علمی پژوهشی
انجمن علمی بهداشت محیط ایران
دوره یازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۷، صفحات ۷۵ تا ۸۴

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

مقاله پژوهشی

گیاه پالایی سرب توسط ذرت (رقم ماکسیما) و شبدر سفید در کشت منفرد و مخلوط در خاک آلوده به سرب

امیرحسین بقائی[۱،*]، کاظم مهان‌پور[۲]
۱- گروه خاک‌شناسی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- گروه شیمی، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

اطلاعات مقاله:

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۵/۲۱
تاریخ ویرایش: ۹۶/۰۸/۱۳
تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۱۱
تاریخ انتشار: ۹۷/۰۳/۳۰

واژگان کلیدی: کشت مخلوط، تک کشتی، سرب، ذرت، گیاه پالایی

چکیده

زمینه و هدف: سرب از جمله فلزات سنگین و خطرناک برای سلامت انسان است. این پژوهش با هدف بررسی گیاه پالایی سرب توسط رقم جدید ایرانی ذرت (رقم ماکسیما) و شبدر سفید در کشت منفرد و مخلوط در یک خاک آلوده به سرب انجام شده است.

روش بررسی: تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید (تراکم ۱۰ و ۲۰) و تک کشتی ذرت و شبدر سفید (با تراکم ۱۰ و ۲۰) در یک خاک آلوده به سرب ($mg\ Pb\ (kg\ soil)^{-1}$ ۸۰۰) طی ۶۰ و ۹۰ روز پس از شروع آزمایش بود. غلظت سرب گیاه و خاک توسط دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی ذرت و شبدر سفید در سیستم کشت مخلوط نسبت به سیستم تک کشتی افزایش یافت. علاوه بر آن، افزایش نسبت تراکم شبدر سفید از ۱۰ به ۲۰ در سیستم کشت مخلوط باعث افزایش معنی‌دار غلظت سرب ریشه و ساقه گیاه ذرت و شبدر سفید شد. بیشترین ضریب انتقال سرب (TF) و غلظت سرب در اندام هوایی گیاه مربوط به گیاه شبدر سفید ۹۰ روز پس از شروع آزمایش در کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید (با تراکم ۲۰) بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این پژوهش افزایش سه برابری جذب سرب در اندام هوایی ذرت در سیستم کشت مخلوط ذرت با شبدر سفید در تراکم ۲۰ را نسبت به سیستم تک کشتی نشان داد.

پست الکترونیکی نویسنده مسئول:
a-baghaie@iau-arak.ac.ir

Please cite this article as: Baghaie AH, Mahanpoor K. Lead phyto-remediation by corn (Maxima CV.) and white clover in monoculture and mixed culture system in a Pb polluted soil. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):75-84.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

مقدمه

در سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی جهت پالایش آلودگی خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، با به‌کارگیری مجموعه‌ای از فناوری‌های نوین صورت گرفته است (۱، ۲). گیاهان ابر جذب کننده عموما قادر به تجمع فلزات در خود هستند (۳، ۴). پایین‌آوردن pH خاک و استفاده از ترکیبات شلاته کننده نظیر EDTA و HEDTA دو راه حل اصلی جهت افزایش قابلیت جذب این عناصر بوده، هر چند که کاهش pH خاک به دلیل قدرت بافری بالای خاک ایران کاری دشوار و پرهزینه است (۵). Hoshyar و همکاران (۶) در پژوهشی اثربخشی شلاته کننده DTPA بر قابلیت دسترسی کادمیوم در یک خاک تیمار شده با لجن فاضلاب را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که کاربرد شلاته‌کننده نقش موثری در افزایش راندمان پالایش کادمیوم از خاک آلوده به این فلز دارد. با این وجود در بسیاری مواقع، به دلیل نقش مهم ترکیبات شلاته کننده در آلودگی آب‌های زیرزمینی و همچنین اثر منفی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک توصیه نمی‌شود (۷).

پژوهش‌های انجام گرفته در زمینه حذف فلزات سنگین نشان می‌دهد که قابلیت جذب فلزات سنگین در خاک می‌تواند تحت تاثیر فعالیت‌های موجودات زنده و ترشحات ریشه گیاهان در کشت مخلوط قرار گیرد (۸، ۹). کشت مخلوط در بسیاری از کشورها یک روش زراعی رایج است، چرا که موجب افزایش عملکرد و کاهش بیماری‌ها می‌شود. همچنین کشت مخلوط در خاک‌های آلوده، بر جذب عناصر سنگین توسط گیاهان تاثیر می‌گذارد (۱۰). Hassanpour و همکاران (۱۱) در تحقیقی تاثیر گیاهان همراه سویا، لوبیا و ماش بر جذب کادمیم از خاک توسط ذرت و آفتابگردان را مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسیدند که کشت مخلوط توانسته است تاثیر معنی‌داری بر افزایش قابلیت دسترسی کادمیوم در خاک و گیاه داشته باشد، هر چند که در این تحقیق به بررسی نحوه تاثیر کشت گیاه همراه، بر تجمع کادمیم در اندام‌های خوراکی ذرت و آفتابگردان اشاره‌ای نشده است.

مطالعات موردی درباره وضعیت آلودگی خاک‌های کشاورزی منطقه اراک به فلزات سنگین از جمله سرب تاییدکننده حضور این عنصر در منطقه بوده است (۱۲). براساس نتایج بدست آمده استفاده از کشت مخلوط احتمالا می‌تواند جایگزین مناسبی برای افزایش راندمان گیاه پالایی باشد، هر چند که ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک هر منطقه می‌تواند بر میزان راندمان گیاه‌پالایی خاک موثر باشد، بنابراین میزان راندمان گیاه‌پالایی خاک بایستی برای هر منطقه به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گیرد. Fatahi Kiasari و همکاران (۱۳) در تحقیقی با بررسی پالایش سرب توسط سه گیاه ذرت، آفتابگردان و پنبه به این نتیجه رسیدند که ذرت در بین سه گیاه مذکور بالاترین توان انتقال سرب را دارد.

با عنایت به اینکه در شهرستان اراک به دلیل قطب صنعتی، غلظت فلزات سنگین از جمله سرب مدام رو به افزایش است، بایستی به دنبال راهکاری برای افزایش راندمان گیاه‌پالایی بود. از آنجایی‌که ذرت یکی از محصولات مهم کشاورزی منطقه با زیست توده بالا بوده و از سویی دیگر ابر جذب‌کننده به حساب می‌آید، بایستی با افزایش راندمان گیاه‌پالایی این گیاه به پالایش سرب از خاک کمک کرد. در این میان، استفاده از روش کشت مخلوط به‌عنوان یکی از روش‌های طبیعی پالایش خاک می‌تواند به افزایش راندمان گیاه پالایی کمک کند. بدین منظور این پژوهش با هدف استفاده از روش کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید به‌عنوان گیاهان مرسوم منطقه بر تغییر قابلیت دسترسی سرب در خاک و گیاه در یک خاک لومی در شهرستان اراک مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش با هدف بررسی اثر کشت مخلوط گیاه شبدر سفید (*Trifolium repense* L.) و ذرت (رقم ماکسیما) بر قابلیت دسترسی سرب در گیاه ذرت و شبدر سفید به صورت طرح بلوک‌های کاملا تصادفی در سه تکرار در شرایط کاملا کنترل شده در محیط گلخانه جمعا به تعداد ۳۱ گلدان ۵ کیلوگرمی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کاشت ذرت به‌عنوان گیاه اصلی و شبدر سفید به‌عنوان گیاه فرعی به دو صورت

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

سیستم تک کشتی و کشت مخلوط اجرا شد و خاک بدون کاشت گیاه به‌عنوان خاک شاهد در نظر گرفته شد. قابل ذکر است که در این تیمارها برای ذرت دو دوره رشد ۶۰ روزه (مطابق دوره رویشی ذرت) و ۹۰ روزه (مطابق دوره زایشی ذرت) و برای شبدر سفید دو تراکم ۱۰ و ۲۰ در نظر گرفته شد. جهت انجام این پژوهش از خاک طبیعی آلوده به سرب در منطقه (۸۰۰mg Pb $(kg\ soil)^{-1}$) استفاده شد. جهت اندازه‌گیری برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی، نمونه‌های خاک به آزمایشگاه منتقل شده و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک قبل از کشت اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جهت کاشت گیاه، بذر گیاهان ذرت و شبدر سفید توسط آب اکسیژنه ۰/۱ درصد به مدت ۵ min استرلیزه، و سپس با آب مقطر کاملا شستشو داده شد. سپس بذرهای ذرت و شبدر سفید در دو سیستم تک کشتی و کشت مخلوط در گلدان‌های حاوی ۵ kg خاک آلوده کاشت گردید. در سیستم کشت مخلوط گیاه اصلی در مرکز گلدان و گیاهان فرعی در اطراف آن کشت شدند. ابتدا بذر هر گیاه به تعداد دو برابر تعداد نهایی در نظر گرفته شده برای هر گیاه، کشت شد و یک هفته پس از کاشت، گیاهان اصلی به یک عدد در هر گلدان و گیاهان فرعی به دو تراکم ۱۰ و ۲۰ عدد در هر گلدان کاهش داده شدند. در طول رشد گیاه، وجین علف‌های هرز با دست انجام و آبیاری گلدان‌ها هر ۴-۳ روز یک بار به طور یکنواخت انجام شد. هر هفته یک بار نیز گلدان‌ها کاملا جابجا شدند تا تمامی گیاهان در شرایط محیطی (نور و گرمای) یکسان قرار گیرند.

برداشت بوته‌های ذرت و شبدر سفید ۶۰ و ۹۰ روز پس از کاشت انجام شد. ریشه و اندام هوایی از محل طوقه جدا و با آب مقطر کاملا شستشو داده شد. نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ h در دمای ^0C ۶۵ در خشک‌کن قرار داده شد نمونه‌ها بعد از پودر شدن در دمای ^0C ۴۸۰ خاکستر و غلظت سرب بعد از عصاره‌گیری نمونه‌ها با اسید کلریدریک ۲ N با استفاده از دستگاه جذب اتمی قرائت شد (۱۴). همزمان با برداشت گیاه، از خاک گلدان‌های گیاه ذرت نمونه‌برداری شد.

جهت اندازه‌گیری مقدار کربن آلی خاک (OC) از روش اکسیداسیون تر (۱۵) استفاده شد. برای اندازه‌گیری pH از نسبت ۱:۵ خاک به آب استفاده شد. قابلیت هدایت الکتریکی خاک (EC) در عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت سنج اندازه‌گیری شد. بافت خاک (Soil Texture) به روش هیدرومتری تعیین شد (۱۶). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک (CEC) به روش کلرید باریم (۵)، عصاره‌گیری و با استفاده از دستگاه شعله‌سنج اندازه‌گیری شد. شکل قابل دسترس سرب (DTPA Extractable Pb) در نمونه‌های خاک به وسیله محلول ۰/۰۰۵ M DTPA در pH برابر با ۷/۲ عصاره‌گیری و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (۱۷). مقدار آهک ($CaCO_3$) به روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراسیون اسید اضافی با سود (۶) تعیین شد. ضریب انتقال سرب براساس نسبت غلظت سرب ساقه به ریشه (۱۸) اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به کمک نرم افزار SAS انجام گرفت و مقایسه‌های میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها

مقدار سرب قابل دسترس خاک

بیشترین مقدار سرب قابل دسترس خاک، ۹۰ روز پس از کشت گیاه ذرت و شبدر سفید با تراکم ۲۰ در سیستم کشت مخلوط

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش

CEC	DTPA Extractable Pb	Total Pb	OC	$CaCO_3$	Soil Texture	EC	pH
(Cmol (+)kg^{-1} soil)	(mg kg^{-1})	(mg kg^{-1})	(%)	(%)	---	(dS m^{-1})	(1:5)
۱۱/۳	۳۲/۴	۸۰۰	۰/۱۸	۸	لومی	۱/۳	۷/۸

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

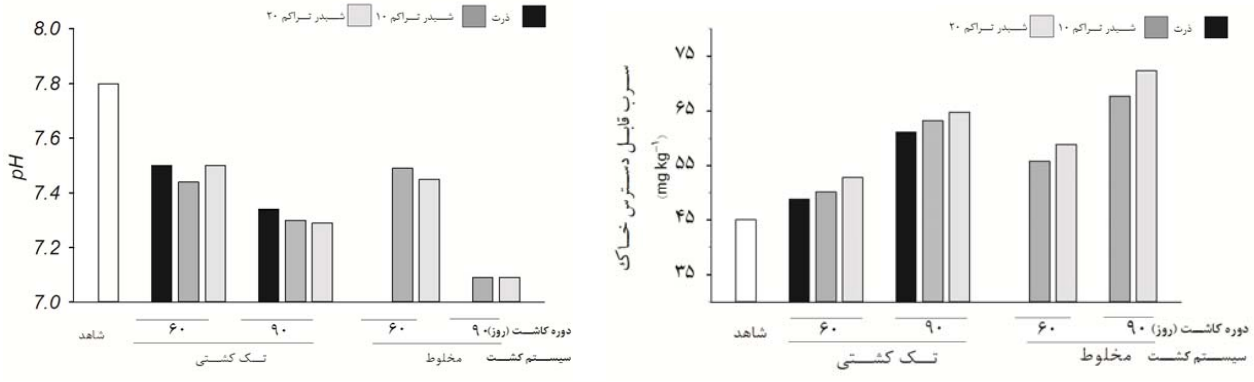
و کمترین آن در خاک شـاهد مشـاهده شد. کاشت گیاه ذرت و شـبدر سفید در سیستم کشـت مخلوط باعث افزایش سرب قابل دسترس خاک نسـبت به سیستم تک کشتی شد (نمودار ۱- الف).

اثر کشت خالص و مخلوط بر تغییر pH خاک

بیشـترین pH خاک در نمونه خاک شاهد مشاهده شد (نمودار ۱- ب)، این در حالی اسـت که کمترین pH خاک ۹۰ روز پس از کشـت گیاه، در سیستم کشـت مخلوط ذرت و شبدر سفید با تراکم ۲۰ مشـاهده شـد. قابل ذکر اسـت که کاشت گیاه در سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید کاهش معنی‌داری را در pH خاک نسبت به سیستم تک کشتی نشان داد.

اثر تک کشتی و مخلوط بر غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاه

بیشترین غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاه ۹۰ روز پس از کشت، در گیاه شبدر سفید در سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید با تراکم ۲۰ مشاهده شد (جدول ۲)، این در حالی اسـت که کمترین مقدار سـرب اندام هوایی گیاه در گیاه ذرت در سیسـتم تک کشـتی مشاهده شـد. با تغییر سیستم کشت از سیسـتم تک کشتی به سیستم کشـت مخلوط و همزمان با



(ب) (الف)

نمودار ۱- اثر سیستم تک کشتی و کشت مخلوط بر مقدار سرب قابل دسترس (الف) و pH خاک (ب)، (میانگین‌هایی که در هر پارامتر دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.)

جدول ۲- اثر تک کشتی و کشت مخلوط شبدر سفید و ذرت بر غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاه (mg/kg)

دوره کشت	اندام گیاه	نوع کشت					
		تک کشتی			کشت مخلوط		
		ذرت	شبدر (تراکم ۱۰)	شبدر (تراکم ۲۰)	ذرت	شبدر (تراکم ۱۰)	ذرت	شبدر (تراکم ۲۰)
۶۰ روز	ریشه	۶۰/۱۲^{g}	۵۴/۲^{*i}	۵۵/۳۶^{i}	۶۴/۷۵^{f}	۶۰/۹۴^{g}	۶۹/۵۵^{d}	۶۷/۹۲^{e}
	اندام هوایی	۵/۸۹^{*h}	۶/۳۳^{h}	۷/۹۱^{g}	۷/۸۲^{g}	۹/۹۶^{f}	۱۱/۹۷^{e}	۱۱/۸۹^{e}
۹۰ روز	ریشه	۶۴/۷۳^{f}	۵۷/۴۴^{h}	۶۰/۱۲^{g}	۷۱/۱۴^{c}	۶۹/۲۳^{de}	۸۱/۰۲^{a}	۷۴/۸۳^{b}
	اندام هوایی	۷/۸۵^{g}	۸/۲۲^{g}	۹/۸۷^{f}	۱۴/۸۳^{d}	۱۶/۸۲^{c}	۲۱/۸۵^{b}	۲۳/۹۲^{a}

*میانگین‌هایی که در هر پارامتر دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

افزایش تراکم شـبدر سفید، غلظت سـرب ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت افزایش یافت. همچنین افزایش دوره رشد گیاه ذرت از ۶۰ روز به ۹۰ روز باعث افزایش معنی‌دار غلظت سرب ریشه و اندام هوایی گیاه در هر دو سیستم تک کشتی و کشت مخلوط شده است.

اثر تک کشـتی و مخلوط شبدر سـفید و ذرت بر ضریب انتقال سرب گیاه

بیشـترین ضریب انتقال سرب ۹۰ روز پس از کشت گیاه شبدر سـفید با تراکم ۲۰ در سیسـتم کشـت مخلوط ذرت و شبدر سـفید مشاهده شـد (جدول ۳). قابل ذکر اسـت که بیشترین غلظت سرب اندام هوایی شبدر نیز در همین تیمار مشاهده شد. افزایش دوره رشـد گیاه ذرت از ۶۰ روز به ۹۰ روز در سیسـتم تک کشـتی تاثیر معنی‌داری بر ضریب انتقال سرب نداشت، هر چند که غلظت سرب در ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت و شبدر سـفید افزایش معنی‌داری را نشان داده اسـت. قابل ذکر است که افزایش دوره رشـد گیاه ذرت و شبدر در ضریب انتقال سرب گیاه ذرت و شبدر نشان دهد.

بحث

ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

نتایـج آورده شـده در جدول ۱ حاکی از بافت نسـبتا سـبک با درصد نسـبتا پایین آهک خاک اسـت که این مسـئله خطر ورود سـرب به آب‌های زیرزمینـی و زنجیره غذایی را به همراه دارد. بـا توجه به اینکه افزایش آلودگی گیاه به فلزات سـنگین باعث کاهش زیسـت توده گیاه می‌شود، استفاده از روش کشت مخلوط احتمالا می‌تواند با افزایش مقدار سـرب قابل دسترس خاک (نمودار ۱- الف) کمک شـایانی بـه افزایش راندمان گیاه پالایی کند.

سرب قابل دسترس خاک

بیشـترین مقدار سـرب قابل دسـترس خاک (نمودار ۱- الف) مربوط به خاک زیر کشـت مخلوط ذرت و شـبدر با تراکم ۲۰ در فراینـد کشـت ۹۰ روزه بود که مقـدار آن ۷۲/۳۱ بود، این در حالی اسـت که کمترین مقدار در خاک شـاهد بود که یکی از دلایـل احتمالی آن را می‌توان بـه نقش افزایش pH (نمودار ۱- ب) در کاهش قابلیت دسـترس سرب در خاک (نمودار ۱- الف) نسـبت داد. Tabarteh و همـکاران (۱۹) نیز در تحقیقی نشان دادند حلالیت سرب در خاک با کاهش pH خاک افزایش می‌یابد. نتایج تحقیق حاضر نشـان داده است که افزایش دوره رشـد گیـاه از ۶۰ روز به ۹۰ روز با کاهـش pH خاک (نمودار ۱- ب) باعث افزایش سرب قابل دسترس خاک (نمودار ۱- ب) شده است. با تغییر دوره رشد گیاه از ۶۰ به ۹۰ روز، مقدار سرب قابل دسترس خاک در سیستم تک کشتی ذرت و شبدر سفید بـا دو تراکـم ۱۰ و ۲۰ به ترتیـب ۱۰، ۱۴ و۲۲ درصد افزایش یافت، این در حالی اسـت که مقدار pH خاک به ترتیب ۰/۱۶، ۰/۱۴ و ۰/۲۱ واحد کاهش یافته اسـت. قابل ذکر اسـت که در این میان نقش ریزوسـفر ریشـه گیاه در اثر ترشحات احتمالی ریشـه گیاهـان و در نتیجه تغییر حلالیت سـرب را نبایسـتی نادیده گرفت، به صورتی‌که در دوره کشت ۶۰ روزه، نوع گیاه یا سیستم کشت گیاه تغییر معنی‌داری در pH خاک ایجاد نکرده، لیکن میزان سرب قابل دسترس خاک همزمان با تغییر سیستم کشت گیاه تغییر معنی‌داری را نشان داده که می‌تواند حاکی از نقش ترشحات ریشه گیاه در تغییر قابلیت سرب قابل دسترس خاک باشد. Li و همکاران (۲۰) گزارش کردند که رشد گیاهان لگومینـوزه باعث افزایش غلظت نیتـرات در خاک و در پی آن افزایش تحرک فلزات سنگین گردید.

سرب ریشه گیاه

کمترین غلظت سـرب ریشه مربوط به گیاه شبدر سفید بعد از ۶۰ روز از شروع آزمایش در روش تک کشتی و بیشترین غلظت مربوط به ریشه گیاه ذرت در کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید با تراکم ۲۰ اسـت (جـدول ۲). قابل ذکر اسـت که خاک زیر کشـت مخلوط ذرت و شبدر سـفید با تراکم ۲۰ کمترین pH را به خود اختصاص داده اسـت و می‌تـوان چنین نتیجه‌گیری کرد که خاک زیر کشـت مخلوط ذرت و شبدر سفید با کاهش pH موضعی خود توانسته است باعث افزایش میزان سرب قابل

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

جدول ۳- اثر تک کشتی و کشت مخلوط شبدر سفید و ذرت بر ضریب انتقال سرب گیاه*

دوره کشت	نوع کشت					
	تک کشتی			کشت مخلوط		
	ذرت	شبدر (تراکم ۱۰)	شبدر (تراکم ۲۰)	ذرت	شبدر (تراکم ۱۰)	ذرت	شبدر (تراکم ۲۰)
۶۰ روز	۰/۱۰^{h}	۰/۱۲^{gh}	۰/۱۴^{fg}	۰/۱۲^{gh}	۰/۱۶^{ef}	۰/۱۷^{e}	۰/۱۸^{e}
۹۰ روز	۰/۱۲^{gh}	۰/۱۴^{fg}	۰/۱۶^{ef}	۰/۲۱^{d}	۰/۲۴^{c}	۰/۲۷^{b}	۰/۳۲^{a}

*میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند در سطح ۵ درصد با یکدیگر اختلاف معنی‌داری ندارند.

دسترس خاک و جذب بیشتر آن توسط گیاه شود (نمودار ۱- الف). Li و همکاران (۲۰) نیز در مطالعه‌ای مشاهده کردند که pH در محیط ریزوسفر ریشه گیاه نسبت به خاک کشت نشده (شاهد) کاهش یافته و چنین نتیجه‌گیری کردند که ترشح انواع اسیدهای آلی از ریشه گیاه ممکن است که در کاهش pH ریزوسفر نقش مهمی داشته باشد.

تغییر الگوی کشت گیاه از تک کشتی به کشت مخلوط توانسته است نقش موثری در افزایش جذب سرب توسط ریشه گیاه یا به عبارت دیگر افزایش راندمان گیاه پالایی داشته باشد. در الگوی کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید (با تراکم ۱۰ و ۲۰) ۹۰ روزه به ترتیب افزایش ۹ و ۲۵ درصدی در غلظت سرب ریشه گیاه ذرت نسبت به روش تک کشتی ذرت مشاهده شد که احتمالا ریشه گیاه شبدر توانسته است با تغییر شرایط ریزوسفر ریشه گیاه و احتمالا ترشح ترکیبات شلاته کننده از جمله اسیدهای آلی نظیر اسیدسیتریک، مالیک و اگزالیک باعث افزایش حلالیت فلزات سنگین از جمله سرب در خاک شود (۲۱). نتایج مشابه بدست آمده در سایر مطالعات در مورد گیاه شبدر نیز تاکیدی بر این ادعاست. Wang و همکاران (۲۲) در پژوهشی با مطالعه زیست فراهمی فلزات سنگین به این نتیجه رسیدند که در ناحیه ریزوسفر ریشه گیاه قابلیت دسترسی فلزات سنگین به دلیل ترشح ترکیبات شلاته کننده روند افزایشی نشان می‌دهد.

Li و همکاران (۲۰) در یک آزمایش گلخانه‌ای به این نتیجه رسیدند که کاشت یونجه در سیستم کشت مخلوط، قابلیت جذب کادمیوم در گیاه ذرت را بعد از یک دوره ۶۰ روزه افزایش داده است. همچنین Li و همکاران (۲۳) در پژوهش دیگری در یک کشت مخلوط افزایش غلظت نیترات در خاک را عامل تغییر قابلیت جذب فلزات سنگین دانست.

سرب اندام هوایی گیاه

بیشترین غلظت سرب اندام هوایی مربوط به گیاهان شبدر سفید با تراکم ۲۰ و در کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید همزمان با دوره رشد زایشی گیاه ذرت (۹۰ روز پس از شروع آزمایش) دیده شد، این در حالی است که کمترین pH خاک نیز در این تیمار کشت مشاهده شد (نمودار ۱- ب). کاهش pH موضعی زیر کشت ذرت و شبدر سفید را می‌توان دلیل افزایش غلظت سرب اندام هوایی گیاه و به عبارت دیگر افزایش پالایش سرب از خاک دانست.

افزایش تراکم و طول دوره رشد گیاه یکی از مهمترین عوامل موثر در افزایش راندمان گیاه پالایی در سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید بوده است، به نحوی که افزایش تراکم گیاه شبدر سفید در سیستم کشت مخلوط دو گیاه از ۱۰ به ۲۰ (حدودا ۶۰ روز پس از شروع آزمایش) باعث شد تا غلظت سرب اندام هوایی ذرت و شبدر سفید به ترتیب افزایش ۴۷ و ۲۹ درصدی را نشان دهد، این در حالی است که اثر این افزایش تراکم ۶۰ روز پس از شروع آزمایش و همزمان با دوره رشد رویشی ذرت به ترتیب افزایش ۵۳ و۴۲ درصدی را نشان داد و

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

این حاکی از آن است که میزان انتقال سرب به اندام هوایی گیاه ذرت تحت تاثیر طول دوره رشد گیاه و مقدار تراکم گیاه شبدر در سیستم کشت مخلوط دو گیاه قرار گرفته است.

الگوی کشت گیاه نیز توانسته است در افزایش راندمان گیاه پالایی سرب گیاه یا به عبارتی افزایش غلظت سرب اندام هوایی گیاه ذرت موثر باشد. غلظت سرب اندام هوایی گیاه ذرت در سیستم کشت مخلوط با نسبت تراکم ۱:۱۰ و ۱:۲۰ ذرت به شبدر سفید نسبت به سیستم تک کشتی ذرت ۶۰ روزه به ترتیب افزایش ۱/۳ و ۲ برابری را نشان داد. در مورد گیاه شبدر سفید نیز غلظت سرب اندام هوایی این گیاه در سیستم کشت مخلوط با نسبت تراکم ۱:۱۰ و ۱:۲۰ نسبت به سیستم تک کشتی به ترتیب افزایش ۱/۳ و ۱/۵ برابری مشاهده شد. نتایج مشابه مشاهده شده در مورد مقدار دوره کشت ۹۰ روزه نیز تاکیدی بر این ادعاست. Puschenreiter و همکاران (۲۴) در تحقیقی چنین نتیجه‌گیری کردند که ترشحات ریشه گیاه احتمالا باعث افزایش غلظت شلاته کننده‌های آلی و تشدید فعالیت میکروبی در خاک می‌شود که این باعث افزایش فشار جزئی گاز CO_2 خاک، کاهش pH خاک و افزایش زیست فراهمی فلزات در خاک شده است.

ضریب انتقال سرب

الگوی کشت گیاه یکی از عوامل مهم موثر بر ضریب انتقال سرب در ذرت و شبدر سفید بود، به نحوی که بیشترین ضریب انتقال سرب یا به عبارتی دیگر بالاترین راندمان گیاه پالایی مربوط به گیاه شبدر سفید ۹۰ روز پس از شروع آزمایش در کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید (با تراکم ۲۰) بوده است. اصولا ذرت گیاهی با زیست توده زیاد بوده و یک گیاه ابر جذب‌کننده به حساب می‌آید (۲۰). کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید با افزایش ضریب انتقال سرب توسط گیاه توانسته است نقش موثری در افزایش راندمان گیاه پالایی داشته باشد. افزایش تراکم شبدر سفید تنها در سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید همزمان با افزایش تراکم گیاه از ۱۰ به ۲۰ در سیستم کشت ۹۰ روزه گیاه توانسته است باعث افزایش معنی‌دار ضریب انتقال سرب از ریشه به اندام هوایی شود، هر چند که در اکثر تیمارها غلظت سرب ریشه و اندام هوایی گیاه افزایش معنی‌داری را نشان داده است. زمانی‌که سرب توسط گیاهان جذب می‌شود، جابجایی آنها به اندام هوایی گیاه بسیار آهسته صورت می‌گیرد و بیشترین مقدار سرب در ریشه تجمع می‌یابد، همچنین گیاهانی مانند ذرت و آفتابگردان قادرند مقادیر زیادی از سرب را به‌خصوص در ریشه‌های خود تجمع دهند (۲۵). Azimzadeh و همکاران (۹) در پژوهشی پالایش برخی فلزات سنگین خاک توسط ذرت و کلزا در سیستم کشت منفرد و مخلوط را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که کشت مخلوط ذرت باعث افزایش غلظت سرب در ریشه و ساقه ذرت می‌شود، هر چند که درصد انتقال آن به اندام هوایی گیاه خیلی زیاد نیست که در واقع نتایج این محققین تاکیدی بر نتایج بدست آمده در این پژوهش است. Yang و همکاران (۲۶) نیز گزارش کردند که در منطقه آلوده به سرب و کادمیم این عناصر بیشتر در ریشه گونه‌های گیاهی تجمع پیدا کرده و به اندام‌های هوایی منتقل نمی‌شوند و در نهایت بر این موضوع تاکید کردند که در برخی گونه‌های متحمل به غلظت بالای عناصر سنگین، مقدار زیاد فلز در ریشه گیاه ذخیره می‌شود. با توجه به نتایج به دست آمده، استفاده از سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید در دوره رشد ۹۰ روزه با افزایش ضریب انتقال سرب توانسته است نقش موثری در افزایش راندمان گیاه پالایی داشته باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این پژوهش نشان داد استفاده از روش سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید توانسته است با افزایش غلظت سرب اندام هوایی گیاه نقش موثری در افزایش راندمان گیاه پالایی داشته باشد که در این میان طول دوره رشد و تراکم گیاه فرعی توانسته است تعیین‌کننده میزان این اثر بخشی باشد، به نحوی‌که بیشترین غلظت سرب اندام هوایی گیاه در سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید با تراکم ۲۰ مشاهده شد. همچنین بیشترین ضریب انتقال سرب به اندام هوایی نیز در سیستم کشت مخلوط ذرت و شبدر سفید مشاهده شد

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

کــه از جمله دلایل احتمالی آن را می‌توان به نقش ریشــه گیاه در تغییر شــرایط محیط ریزوسفر (از جمله تغییر pH موضعی خاک) و به دنبال آن تغییر حلالیت ســرب دانست، به نحوی‌که کمترین pH در خاک تحت کشــت این سیستم مشاهده شد. با وجود تمامی موارد گفته شده، کاشت سیستم در شرایط کنترل شــده محیط گلخانه صورت پذیرفته و عوامــل طبیعی کنترل نشده ممکن است تا حدودی بتوانند شرایط جذب سرب توسط گیاه در محیط مزرعه را تغییر دهند. از سویی دیگر، شرایط آب و هوایــی هر منطقه و میزان تراکم گیاه ممکن اســت بتواند بر روند فرایند گیاه پالایی موثر باشــد که بایستی برای هر منطقه به صورت جداگانه مورد بررسی قرار گیرد.

ملاحظات اخلاقی

نویســندگان کلیه نکات اخلاقی شامل عدم سرقت ادبی، انتشار دوگانــه، تحریف داده‌ها و داده‌ســازی را در ایــن مقاله رعایت کرده‌اند.

تشکر و قدردانی

بدینوســیله نویســندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند از معاونت پژوهشــی و حمایت‌های بی دریغ دانشــکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشــگاه آزاد اســلامی واحد اراک، به جهت در اختیار قرار دادن امکانات برای انجام این پژوهش، کمال تقدیر و تشکر را بنماید.

References

1. Yin H, Zhu J. In situ remediation of metal contaminated lake sediment using naturally occurring, calcium-rich clay mineral-based low-cost amendment. Chemical Engineering Journal. 2016;285:112-20.
2. Malakootian M, Yaghmaeian K, Meserghani M, Mahvi A. Determination of Pb, Cd, Cr and Ni concentration in imported Indian rice to Iran. Iranian Journal of Health and Environment. 2011;4(1):77-84 (in Persian).
3. Torbati S. Feasibility study on phytoremediation of malachite green dye from contaminated aqueous solutions using watercress (Nasturtium officinale). Iranian Journal of Health and Environment. 2017;9(4):503-16 (in Persian).
4. Alavi Bakhtiarvand S, Ahmadimoghadam M, Parseh I, Jafarzadeh N, Chehrazi M, Chorom M. Assessment of phytoremediation efficiency on reducing oilhydrocarbons from clay-silt soil using Aeluropus littaralis. Iranian Journal of Health and Environment. 2014;7(1):73-84 (in Persian).
5. Baghaie A, Khoshgoftarmanesh AH, Afyuni M, Schulin R. The role of organic and inorganic fractions of cow manure and biosolids on lead sorption. Soil Science and Plant Nutrition. 2011;57(1):11-18.
6. Houshyar P, Baghaei A. Effectiveness of DTPA chelate on Cd availability in soils treated with sewage sludge. Journal of Water and Wastewater. 2017;28(4):103-11 (in Persian).
7. Taheripur A, Hosseinpur A. Effect of EDTA and citric acid on phytoextraction of copper and zinc from a naturally contaminated soil by Maize (Zea mays L.) cultivars. Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology). 2016;29(6):1493-505 (in Persian).
8. Jiang C-A, Wu Q-T, Sterckeman T, Schwartz C, Sirguey C, Ouvrard S, et al. Co-planting can phytoextract similar amounts of cadmium and zinc to mono-cropping from contaminated soils. Ecological Engineering. 2010;36(4):391-95.
9. Azimzadeh Y, Shariatmadari H, Shirvani. M. Remediation of some soil heavy metals by corn and canola in single and mixed culture system. Journal of Water and Soil (Agricultural Sciences and Technology). 2013;27:406-14 (in Persian).
10. Olowe V, Adeyemo A. Enhanced crop productivity and compatibility through intercropping of sesame and sunflower varieties. Annals of Applied Biology. 2009;155(2):285-91.
11. Hassanpour A, Zahedi M, Khoshgoftar Manesh AH. Effects of companion crops (bean, soybean and mungbean) on uptake of cadmium from soil by corn and sunflower as the main crops. Journal of Water and Soil Science. 2014;18(68):227-42 (in Persian).
12. Solgi E, Esmaili-Sari A, Riyahi-Bakhtiari A, Hadi-

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

pour M. Soil contamination of metals in the three industrial estates, Arak, Iran. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. 2012;88(4):634-38.
13. Fatahi Kiasari E, Fotovvat A, Astaraei AR, Haghnia G. Lead phytoextraction from soil by corn, sunflower, and cotton applying EDTA and sulfuric acid. Journal of Water and Soil Science. 2010;14(51):57-69 (in Persian).
14. Lee P-K, Choi B-Y, Kang M-J. Assessment of mobility and bio-availability of heavy metals in dry depositions of Asian dust and implications for environmental risk. Chemosphere. 2015;119:1411-21.
15. Marieh Nadi m, Golchin A, Sedaghati E, Shafie S, Hosseini fard Sj, Füleky G. Using nuclear magnetic resonance 1H and 13C in soil organic matter covered by forest. Journal of Water and Soil Science. 2017;21(1):83-92 (in Persian).
16. Kheirabad H, Khoshgoftar Manesh AH, Khanmohamadi Z. The effects of some soil properties on Zn availability for corn in certain calcareous soils in Isfahan Province. Journal of Water and Soil Science. 2013;16(62):1-10 (in Persian).
17. Baghaie A, Khoshgoftarmanesh A, Afyuni M. Crop effects on lead fractionation in a soil treated with lead organic and inorganic sources. Journal of Residuals Science and Technology. 2010;7(3):131-38.
18. Seyedashrafy H, Majidian M, Baghaie A, Khoshgoftarmanesh A, Gomarian M. Influence of organic and inorganic zinc sources on zinc availability in soil and its uptake by barley. Journal of Residuals Science and Technology. 2011;8(1):29-35.
19. Tabarteh Farahani N, Baghaie AH, Polous A. Effect of enriched cow manure with converter sludge on Fe bio-availability in a lead polluted soil. Journal of Water and Soil Conservation (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 2017;24(1):205-20 (in Persian).
20. Li N, Li Z, Zhuang P, Zou B, McBride M. Cadmium uptake from soil by maize with intercrops. Water, Air, and Soil Pollution. 2009;199(1-4):45-56.
21. Bais HP, Weir TL, Perry LG, Gilroy S, Vivanco JM. The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms. Annual Review of Plant Biology. 2006;57:233-66.
22. Wang X-p, Shan X-q, Zhang S-z, Wen B. A model for evaluation of the phytoavailability of trace elements to vegetables under the field conditions. Chemosphere. 2004;55(6):811-22.
23. Li Z-a, Peng S-l, Rae DJ, Zhou G-y. Litter decomposition and nitrogen mineralization of soils in subtropical plantation forests of southern China, with special attention to comparisons between legumes and non-legumes. Plant and Soil. 2001;229(1):105-16.
24. Puschenreiter M, Schnepf A, Millan IM, Fitz WJ, Horak O, Klepp J, et al. Changes of Ni biogeochemistry in the rhizosphere of the hyperaccumulator Thlaspi goesingense. Plant and Soil. 2005;271(1-2):205-18.
25. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4th ed. Boca Raton: CRC Press; 2010.
26. Yang B, Shu W, Ye Z, Lan C, Wong M. Growth and metal accumulation in vetiver and two Sesbania species on lead/zinc mine tailings. Chemosphere. 2003;52(9):1593-600.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]

Available online: http://ijhe.tums.ac.ir

Original Article

Lead phyto-remediation by corn (Maxima CV.) and white clover in monoculture and mixed culture system in a Pb polluted soil

AH Baghaie[1,*], K Mahanpoor[2]

1- Department of Soil Science, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

2- Department of Chemistry, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran

ARTICLE INFORMATION:

Received: 12 August 2017
Revised: 4 November 2017
Accepted: 8 November 2017
Published: 20 June 2018

Keywords: Mixed culture, Monoculture, Lead, Corn, Phyto remediation

***Corresponding Author:**
a-baghaie@iau-arak.ac.ir

ABSTRACT

Background and Objective: Lead is a dangerous heavy metal for human health. This research was conducted to study the potential of a new Iranian corn (Maxima CV.) and white clover in monoculture and mixed culture for phytoremediation of Pb in a Pb polluted soil.

Materials and Methods: The experimental treatments consisted of corn and white clover in a mixed culture (with 10 and 20 plant density) and either corn or white clover in a monoculture system (with 10 and 20 plant density) in a Pb polluted soil (800 mg Pb (kg soil)$^{-1}$) at 60 and 90 days of experiment. Plant and soil Pb concentration were measured using atomic absorption spectroscopy.

Results: Root and shoot Pb concentration of corn and white clover were significantly increased in a mixed culture system relative to mono culture system. In addition, the increase of white clover density from 10 to 20 in a mixed culture system caused a significant increased Pb concentration in root and shoot of corn and white clover. The highest Pb translocation factor (TF) and shoot Pb concentration were observed in white clover in a mixed culture of corn and white clover (with 20 plants density).

Conclusion: The results of this study showed that the Pb concentration of corns shoot in a mixed culture system with corn and white clover (20 densities) was three times higher than that of the monoculture system.

Please cite this article as: Baghaie AH, Mahanpoor K. Lead phyto-remediation by corn (Maxima CV.) and white clover in monoculture and mixed culture system in a Pb polluted soil. Iranian Journal of Health and Environment. 2018;11(1):75-84.

[Downloaded from journals.tums.ac.ir on 2024-12-28]