بررسی گیاه پالایی سورگوم در جذب کادمیوم، تحت تاثیر غلظت روی

سپیده باقری [۱] ، حسین میر سید حسینی [۲]
۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه تهران، ۲- دانشیار دانشگاه تهران

چکیده
کادمیوم یکی از فلزات سنگین می باشد که همراه با افزودن نمک سولفات روی وارد خاک می شود. دو نمونه مرکب خاک از لایه سطحی یکی از منطقه غیر آلوده (خاک ۱) و دیگری از مجاورت کارخانه صنعتی (خاک ۲) در این آزمایش مورد استفاده قرار گرفت. در هر دو نمونه خاک بر اساس مقدار اولیه روی (HNO_3-Zn)) نمک سولفات روی به سه سطح ۳۷۵ ،۲۵۰soil mg Zn/Kg و ۵۰۰ رسید. فاکتور انتقال (TF) در تمام سطوح و دو خاک بیش از ۱ می باشد براین اساس سورگوم بیش اندوز کادمیوم می باشد. بیشترین مقدار TF مربوط به خاک ۲ و سطح دوم روی می باشد و بیشترین مقدار کاهش کادمیوم در ریزوسفر نیز در همین تیمار است (۴۴% کاهش نسبت به شروع کشت). با دو برابر شدن غلظت کادمیوم خاک، غلظت در گیاه نیز دو برابر گشت (۷۶/۲ mg/Kg در برابر ۶۳/۵ mg/Kg).

واژه های کلیدی: ریشه، غلظت، فاکتور انتقال، بیش اندوز

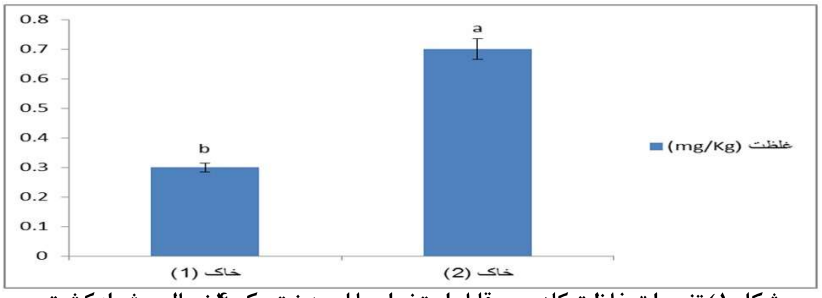
مقدمه
کادمیوم از طریق ته نشست های اتمسفری، آلودگی صنعتی، ضایعات صنایع، آب آبیاری و افزاینده های خاک مانند کودهای آلی، معدنی و بهسازها در خاک افزایش می یابد (شپارد و همکاران، ۲۰۰۹). مقدار کادمیوم در خاک ها بین ۰۵/۰ تا ۸/۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. اهمیت روی در جذب کادمیوم با توجه به دو عامل زیر تعیین می گردد: ۱) برهمکنش روی با کادمیوم: غلظت روی خاک نقش مهمی در تجمع کادمیوم در محصولات زراعی می باشد. ۲) یکی از منابع افزاینده کادمیوم در خاک نمک سولفات روی می‌باشد (کابتا-پندیاس و پندیاس، ۲۰۰۰). ریزوسفر به عنوان محیط زیست کوچک متمایز شناخته می شود که خصوصیات و شدت فرآیندهای ریزوسفری نسبت به توده خاک متفاوت می باشد. فرآیندهای ریزوسفر در عمل می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های کارای گیاهان در جذب عناصر غذایی و به دنبال آن افزایش تولید محصول به کار رود (رنگل و مارشنر، ۲۰۰۵). سورگوم دارای سیستم ریشه‌ای افشان و بسیار توسعه یافته می‌باشد. مطالعات مختلفی که در خاک با آلودگی های مختلف صنعتی، فلزات سنگین انجام پذیرفت، نشان دهنده اهمیت ریشه آن در برداشت آلاینده از خاک می باشد (گویوی و همکاران، ۲۰۱۰). هدف از این مطالعه بررسی تغییرات غلظت کادمیوم در ریزوسفر گیاه سورگوم در سطوح غلظتی روی در دو نوع خاک (آلوده و غیر آلوده به سایر فلزات سنگین) و جذب و غلظت کادمیوم در بافت گیاه سورگوم تحت تاثیر آن می باشد.

مواد و روش‌ها
جهت انجام این تحقیق در دو نمونه خاک)با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی تقریبا مشابه(به صورت مرکب از مزرعه گندم در مجاورت شهرستان زنجان (شمال غربی) و طالقان (شمال) ایران تهیه گردید. نمونه اول خاک بدون آلودگی صنعتی و نمونه دوم با آلودگی فلزات سنگین که از کارخانه صنعتی ناشی می‌گردد. خصوصیات ابتدایی خاک از جمله بافت (بایوکاس،۱۹۶۲)، pH (عصاره اشباع) (توماس، ۱۹۹۶) و EC(عصاره اشباع) (رواداس، ۱۹۹۶) و کربن آلی (نلسون و سامرز،۱۹۸۲) و درصد رطوبت اشباع و فلزات سنگین (چنگ و همکاران، ۱۹۸۴) اندازه گیری شد. خاک‌های مورد نظر با استفاده از نمک سولفات روی در سه سطح (۲۵۰، mg/kg ۳۷۵ و ۵۰۰) و با توجه به مقدار روی اولیه موجود (قابل استخراج با اسید نیتریک) رسیدند. سورگوم در جعبه های کشت پلاستیکی با ابعاد ۱۸×۱۵×۲۵ سانتیمتر در طرح کاملا تصادفی در غالب آشیانه‌ای- فاکتوریل صورت پذیرفت. در هر جعبه با استفاده از ورق های نایلونی ۴۰ مش، برای جلوگیری از اثر مستقیم ریشه ها در داخل هر کدام از جعبه ها ناحیه ریزوسفر و غیر ریزوسفری با صفحات مشبک نایلونی جدا شد. نمونه برداری در زمان ۷ هفته پس از کشت صورت گرفت. برای اندازه گیری کادمیوم قابل استخراج با اسیدنیتریک از روش چنگ و همکاران (۱۹۸۴) و کادمیوم قابل دسترس از روش لیندزی و نورول (۱۹۷۸) استفاده شد. ارزیابی مقدار کادمیوم در نمونه های گیاهی از روش والینگ و همکاران (۱۹۸۴) استفاده شد. مقدار کادمیوم عصاره گیری شده از خاک و گیاه توسط دستگاه جذب اتمی)مدل Schimadzo AA-۶۷۰) و ICP)مدل Perkin elemer Optima ۲۱۰۰ اندازه‌گیری و به صورت $mg\ Cd\ kg^{-1}$ در خاک خشک و گیاه گزارش گردید. جذب کادمیوم (g Cd/pot) = زیست توده گیاهی(Kg/pot) × غلظت کادمیوم (mg/Kg).

نتایج و بحث
نتایج به شرح زیر ارائه گردید:

جدول ۱) برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

خاک	pHe	ECe	بافت	ماده الی	رطوبت	هن	روی	مس	منگنز	سرب
				(dsm^{-1})		(%)	(%)		(mg kg^{-1})	
۱	۴/۸	۱/۱	لوم رسی شنی	۸۵/۰	۷/۳۴	۵/۲۴۲	۲۵/۳۸	۸/۱۸	۸/۲۵	۵/۱۵
۲	۲/۸	۳/۱	لوم رسی شنی	۴۷/۱	۴/۳۵	۷/۲۲۰	۷/۲۲۳	۹/۲۱	۵/۳۲۷	۲۲۷



شکل ۱) تغییرات غلظت کادمیوم قابل استخراج با اسید نیتریک ۴ نرمال پیش از کشت در ابتدای کشت (mg/kg) جدول ۲) غلظت کادمیوم قابل استخراج (میانگین ± ضریب تغییرات)

	خاک ۱		خاک ۲	
	DTPA+TEA	HNO_3	DTPA+TEA	HNO_3
Zn_1	۱۰۷/۰ ۰۰۷/۰±	۰۵/۰±۵۵/۰	۰۲/۰±۳۵/۰	۰۶/۰±۷/۰
Zn_2	۱۹۲/۰ ۰۲/۰±	۰۲۵/۰±۷/۰	۳۳/۰ ۰۰۷/۰±	۹۸/۰ ۱/۰±
Zn_3	۰۹/۰ ۰۰۶/۰±	۰۲۵/۰±۸/۰	۳۶/۰ ۰۰۱/۰±	۱۱/۱ ۰۳/۰±

جدول ۳) نتایج تجزیه واریانس جذب، غلظت و فاکتور انتقال کادمیوم

منابع تغییرات	df	میانگین مربعات								
		جذب			غلظت			فاکتور انتقال		
		شاخساره	ریشه	کل	شاخساره	ریشه	کل	شاخساره	ریشه	کل
خاک	۱	۰۱۱/۰*	۱۱/۷**	۶۸/۷*	۹۹/۴**	۴۹/۸**	۵/۲۶**	۶/۸*	۴۸/۶**	۱۵/۰ns
روی	۲	۳۲/۹*	۰۲۸/۰ns	۵۲/۷*	۸۷/۰*	۱۰۳/۰*	۵۷/۰*	۶۹/۰ns	۷/۲**	۲۳/۴ns
خاک× روی	۲	۳/۲۷**	۱۰۹/۰*	۴/۲۴**	۲۹/۰ns	۱۱/۰**	۶۱۷/۰*	۳۸/۰ns	۳۵/۰ns	۶۲/۰ns
خطا	۶	۸۰۶/۰	۰۱/۰	۷۵/۰	۰۹۳/۰	۰۱/۰	۴۱/۰	۸۹/۰	۱۰۸/۰	۱۶/۱

عدم معنی داری ns و $p>$ ۰۵/۰ (معنی داری در سطح *، $p<$ ۰۱/۰ ** معنی داری در سطح)

($mg\ kg^{-1}$) جدول ۴) غلظت کادمیوم در بافت گیاهی

	خاک ۱			خاک ۲		
	ریشه	شاخساره	کل	ریشه	شاخساره	کل
Zn_1	۲۶۱/۰±۰۰۵/۰b	۵/۲±۳/۰a	۷۶/۲±۳/۰a	۷۹/۱±۰۱/۰b	۱۸/۳±۲۲/۰a	۹۷/۴±۲۳/۰ab
Zn_2	۵۳۳/۰±۰۱۴/۰a	۱۶/۱±۱/۰b	۶۹/۱±۱/۰b	۹۷/۱ ±۰۷/۰ab	۶۵/۲±۲/۰a	۶۲/۴± ۲۷/۰b
Zn_3	۲۹۷/۰±۰۱۶/۰b	۵۶/۱±۱/۰b	۸۵/۱±۱/۰ab	۳۷/۲±۱۵/۰a	۲۶/۳±۱۵/۰a	۶۳/۵±۴۹/۰a

.می باشد ($p<$ ۰.۰۵) تفاوت معنی دار در سطح احتمال

($g\ Pot^{-1}$) جدول ۵) جذب کادمیوم در بافت گیاهی

	خاک ۱			خاک ۲		
	ریشه	شاخساره	کل	ریشه	شاخساره	کل
Zn_1	۵۶/۰±۰۰۶/۰a	۳۳/۷±۴۱/۱a	۸۸/۷±۴۱/۱a	۸۵/۱±۰۵۲/۰a	۹/۲±۰۳۴/۰b	۸۶/۳±۰۵۵/۰c
Zn_2	۵۵۹/۰±۰۰۶/۰a	۹۹/۰±۲۶/۰b	۵۵/۱±۲۶/۰b	۹۷/۱ ±۰۲۴/۰a	۱۶/۳±۰۲۸/۰ab	۱۳/۵±۰۵۲/۰b
Zn_3	۱۴/۰±۰۰۵/۰b	۹۳/۰±۰۸۳/۰b	۰۷/۱±۰۸۳/۰b	۰۵۶/۲±۱۶/۰a	۲۵/۴±۵۹/۰a	۳/۶±۴۳/۰a

.می باشد ($p<$ ۰.۰۵) تفاوت معنی دار در سطح احتمال

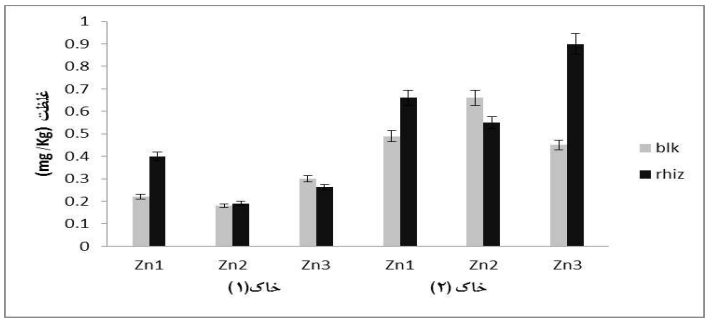
جدول ۷) فاکتور انتقال سورگوم در دو خاک

	خاک ۱			خاک ۲		
	ریشه	شاخساره	کل	ریشه	شاخساره	کل
Zn_1	۶۵/۰±۰۱۲/۰b	۲۵/۶±۷۵/۰a	۹/۶±۷۶/۰a	۷/۲±۰۲۵/۰a	۸۲/۴±۲۶/۰a	۵۲/۷±۲۳/۰ab
Zn_2	۷/۲±۲۷/۰a	۹۵/۵±۳۹/۰a	۸۳/۸±۳۸/۱a	۶/۳±۴۶/۰a	۸۱/۴±۰۷۵/۰a	۴۵/۸±۵۴/۰a
Zn_3	۳۷/۱±۱۱/۰b	۹۷/۵±۶۶/۰a	۱۱۲/۷±۷۸/۰a	۶/۲±۲۷/۰a	۶/۳±۱۴/۰b	۲/۶±۱۴/۰b

.می باشد (p< ۰.۰۵) تفاوت معنی دار در سطح احتمال

(mg/kg) (میانگین± انحراف معیار) DTPA+ TEA جدول ۸) تغییرات غلظت کادمیوم قابل استخراج با

		خاک ۱	خاک ۲
		DTPA+TEA	DTPA+TEA
هفت هفته پس از کشت (ریزوسفر)	Zn_1	۱۱۳/۰±۰۰۹/۰	۱۹/۰±۰۲۴/۰
	Zn_2	۰۷۲/۰±۰۲۲/۰	۲۸/۰±۱/۰
	Zn_3	۱۰۵/۰±۰۱۳/۰	۳۱۲/۰±۰۱۸/۰



پس از هفت کشت (mg/kg) (blk) و توده خاک (rhiz) شکل ۲) تغییرات غلظت کادمیوم قابل استخراج با اسید نیتریک در ریزوسفر

اگر چه اغلب خصوصیات فیزیکی، شیمیایی خاک های مورد استفاده در آزمایش، قبل از اعمال تیمارها برای دو خاک مشابه بوده، اما غلظت عناصر سنگین به جز آهن و مس در آنها (با توجه به مکان نمونه برداری خاک) متفاوت می باشد (جدول ۱). مقادیر کادمیوم قابل استخراج اولیه با اسید نیتریک قبل از اعمال نمک $ZnSO_4.H_2O$ در خاک غیر آلوده ۳/۰ و در خاک آلوده ۷/۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد (شکل ۱). در حالی که مقدار قابل در خاک غیر آلوده ۱/۰ و در خاک آلوده ۴/۰ میلی گرم بر کیلوگرم می باشد. با افزایش نمک سولفات روی غلظت کادمیوم در خاک نیز افزایش می یابد، این موضوع ناشی از ناخالصی کادمیوم در نمک سولفات روی می باشد. جدول (۲) نتایج حاصل از سه ماه دوره ماند را نشان می دهد. سطوح غلظتی روی، نوع خاک و برهمکنش آنها تفاوت معنی‌داری بر TF[۸۰](فاکتور انتقال) کل گیاه+ سورگوم ندارد. این خصوصیت، ویژگی ذاتی گیاه است و تحت تاثیر شرایط محیطی قرار نمی گیرد. در حالی که این اثر گذاری در رابطه با جذب و غلظت معنی دار دارد (جدول ۳). نتایج نشان می‌دهد که غلظت کادمیوم شاخساره گیاه کشت شده در خاک ۱ (تحت تاثیر فقط افزایش غلظت روی) کاهش یافته است، در حالی که در خاک ۲ (با آلودگی سایر فلزات سنگین) اثر متفاوت دارد. نتایج حاضر با نتایج مطالعات موستاکس و همکاران (۲۰۱۱) در بافت گیاهی گل جعفری مطابقت دارد. خوش گفتارمنش و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که افزایش غلظت روی در خاک موجب کاهش غلظت کادمیوم در اندام هوایی برخی کولتیوار های گندم می گردد. آنها کولتیوار های گیاهی را فاکتور اصلی تغییر غلظتی کادمیوم دانستند. این نتایج با نتایج مطالعه حاضر در شرایط خاک مشابه (خاک۱) مطابقت دارد. این مطالعه نشان می دهد که نه تنها تغییر غلظت کادمیوم گیاه بستگی به کولتیوارهای گیاهی دارد بلکه نوع خاک نیز در این تغییر غلظت عامل مهمی محسوب می گردد. تغییرات غلظتی در کل اندام گیاهی با توجه به افزایش سطوح روی در دو خاک کاملا متفاوت از یکدیگرند (جدول ۴). با افزایش غلظت روی، جذب کادمیوم در خاک ۱ کاهش و در خاک ۲ افزایش می یابد. تا حدودی، این موضوع مربوط به تغییر در وزن زیست توده گیاهی می باشد. این دو عنصر در شعاع یونی با یکدیگر تفاوت دارند (۰۹۷/۰ نانومتر= Cd^{+2} و ۰۷۴/۰ نانومتر= Zn^{+2}). این امر نقش مهمی در انتخاب جذب روی برای گیاه دارد. به عبارت دیگر، کاهش جذب کادمیوم ناشی از افزودن روی ممکن است برهمکنش جذب و یا انتقال رقابتی آنها باشد (موستاکس و همکاران، ۲۰۱۱). برهمکنش منفی فلزات سنگین موجب کاهش جذب آنها در گیاه و و کاهش نقش متابولیکی آن دارد (آلووی، ۲۰۰۸). اثر بازدارندگی بین روی، کادمیوم و جذب فعال آنها در ریشه کاهو مشاهده شده است. تغییر فاکتورهای خاک شامل مواد آلی، بافت، شوری، پتانسیل رداکس و اشکال عناصر غذایی بر جذب کادمیوم اثر گذار هستند (کاستا و مورال، ۱۹۹۴) (جدول ۵). اهمیت انتقال آلاینده از خاک به گیاه توسط TF بیان می گردد که به عنوان فاکتور جذب یا غلظت)خاک/Cd اندام (Cd نامیده می شود (لیانگ و همکاران، ۲۰۱۳). گیاهانی که دارای TF>۱ هستند بیش اندوز و گیاهانی که TF<۱ دارند دفع کننده می باشند (کلویز، ۲۰۰۴). بر این اساس و با توجه به جدول ۷ سورگوم بیش اندوزی برای کادمیوم در سطوح غلظتی متفاوت روی می باشد. اگرچه فاکتور انتقال در دو خاک تقریبا مشابه می باشند، اما مکانیزم انتقال کادمیوم از ریشه به اندام هوایی در خاک ۱ و در هر سه سطوح نسبت به خاک ۲ مناسب تر می باشد. در تمام سطوح روی، مقدار کادمیوم قابل عصاره گیری با اسید نیتریک کاهش قابل ملاحضه ای در دو خاک ریزوسفری نسبت به ابتدای کشت نشان می دهد (جدول ۸). با توجه به شکل (۲) در منطقه ریزوسفری خاک۱، در سطح اول روی موجب افزایش ۸۱ درصدی کادمیوم در ریزوسفر نسبت به توده

[۸۰] Transfer Factor

خاک می باشد. در منطقه ریزوسفری خاک ۲، در سطح اول و سوم روی غلظت کادمیوم ۳۵ درصد و ۲ برابر افزایش یافت. بقیه سطوح و در دو خاک تفاوت چندانی ندارد. محمود و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که از ریشه سورگوم ترکیبات اسیدی و سولفاته ترشح می گردد. علاوه بر آن ترشحات ریشه ای به عنوان منبع کربن و انرژی برای میکروارگانیزم های خاک محسوب می‌گردند. در مطالعه حاضر افزایش فعالیت میکروبی در منطقه ریزوسفر در شرایط کمترین و بیشترین غلظت فلزات سنگین و روی پیش بینی می گردد. روند تجمع کادمیوم در خاک ۱ و ۲ کاملا با یکدیگر متفاوت می باشد. در خاک ۱ با افزایش سطوح روی مقدار کادمیوم منطقه ریزوسفر کاهش در صورتی که در خاک ۲ افزایش یافته است. این موضوع با توجه به جدول ۵ و تناسب آن با جذب کادمیوم توسط گیاه کاملا هماهنگ می باشد. بانشی و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که سورگوم قابلیت برداشت آلاینده از خاک را دارد که این امر از طریق بهبود شرایط محیط اطراف ریزوسفر گیاه ایجاد می شود.

تشکر و قدردانی

بخشی از این پژوهش با همکاری موسسه تحقیقات خاک و آب کرج صورت پذیرفته است، بدینوسیله تشکر و قدردانی می شود.

منابع

Alloway B.J. ۲۰۰۸. Zinc in Soils and Crop Nutrition. International Zinc Association. Brussels, Belgium. pp ۱۳۵.

Ashraf M.A., Maah M.J. and Yusoff I. ۲۰۱۲. Chemical Speciation and Potential Mobility of Heavy Metals in the Soil of Former Tin Mining Catchment. The Sci. W. J. pp۱۱.

Baneshi M.M., Rezaei Kalantary R., Jonidi Jafari A., Nasseri S., Jaafarzadeh N. and Esrafili A. ۲۰۱۴. Effect of bioaugmentation to enhance phytoremediation for removal of phenanthrene and pyrene from soil with Sorghum and Onobrychis sativa. Journal of Environmental Health Science and Engineering, ۱۲: ۲۴.

Bouyoucos C.J. ۱۹۶۲. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. European Journal of Agronomy, ۵۴:۴۶۴-۴۶۵.

Chang A.C., Warneke J.E., Page A.L. and Lund L.J. ۱۹۸۴. Accumulationof heavy metals in sewage sludge-treated soils. Journal of Environmental Quality, ۱۳: ۸۷-۹۱.

Cluis C. ۲۰۰۴. Junk-greedy greens: phytoremediation as a new option for soil decontamination. Journal of Biotechnology, ۲: ۶۰-۶۷.

Costa G. and Morel J.L. ۱۹۹۴. Water relations gas exchange and amino acid content in Cd treated lettuca. Plant Physiology and Biochemistry Journal. ۳۲:۵۶۱-۵۷۰.

Guiwei Q., Varennes A.D., Martins L.L., Mourato M.P., Cardoso A.I., Mota A.M., Pinto A.P. and Gonçalves M.L. ۲۰۱۰. Improvement in soil and sorghum health following the application of polyacrylate polymers to a Cd-contaminated soil. Journal of Hazardous Materials, ۱۵;۱۷۳(۱-۳):۵۷۰-۵.

Kabata-Pendias A. and Pendias H. ۲۰۰۰. Trace Elements in Soils and Plants, ۳rded. BocaRaton, FL: CRC Press. p۱۴۳- ۱۵۷.

Khoshgoftarmanes A.H., SanaeiOstova A., Sadrarhami A. and Chaney R. ۲۰۱۳. Effect of tire rubber ash and zinc sulfate on yield and grain zinc and cadmium concentrations of different zinc-deficiency tolerance wheat cultivars under field conditions. European Journal of Agronomy-Elsevier, ۴۹:۴۲-۴۹.

Liang Zh., Ding Q., Wei D., Li J., Chen Sh. and Ma Y. ۲۰۱۳. Major controlling factors and predictions for cadmium transfer from the soil into spinach plants. Ecotoxicology and Environmental Safety. ۹۳: ۱۸۰-۱۸۵.

Lindsay W.L., and Norvell W.A. ۱۹۷۸. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, ۴۲: ۴۲۱-۴۲۸.

Mehmood S., Gulfraz M., Rana N.F., Ahmad A., Ahring B.K. and Minhas N. ۲۰۰۹. Ethanol production from Sorghum bicolor using both separate and simultaneous saccharification and fermentation in batch and fed batch systems. African Journal of Biotechnology. ۸:۲۸۵۷-۶۵.

Nelson D.W. and Sommers L.E. ۱۹۸۲. Total carbon, organic carbon, and organic matter.p. ۵۳۹-۵۸۰. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of soil analysis, Part ۲. ۲nd ed. Chemical and microbiological properties. Agronomy monograph no.۹. SSSA and ASA, Madison, WI. USA.

Rengel Z., and Marschner P. ۲۰۰۵. Nutrient availability and management in the rhizosphere: exploiting gentypic differences. New phytologist, ۱۶۸: ۳۰۵-۱۳۲.

Rhoades J.D. ۱۹۹۶. Salinity: Electrical conductivity and total dissolved solids. In D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part ۳. Chemical methods. SSSA. Book series no. ۵. Madison. WI. USA.

Sheppard S.C., Grant C.A., Sheppard M.I., Jong D.R and Long J. ۲۰۰۹. Risk indicator for agricultural inputs of trace elements to Canadian soils. Journal of Environmental Quality, ۳۸: ۹۱۹-۹۳۲.
Thomas G.W. ۱۹۹۶. Soil pH and soil acidity. In D.L. Sparks (ed.) Methods of soil analysis. Part ۳. Chemical methods. SSSA. Book series no. ۵. Madison. WI. USA.
Waling I., Vanvark W., Houba V.J.G. and Derlee J.J. ۱۹۸۹. Soil and plant analysis. A series of sillabi. Part ۷. Plant analy proc. Wageningen Agricultural University.

Abstract

Cadmium is one of the heavy metals entering in soil with addition of zinc-sulphate. Two soil samples one from top layer of a non-polluted area (soil۱) and the other from the vicinity of industrial factory (soil۲) were used in this experiment. In both soil samples zinc content were raised with zinc sulfate to three levels (۲۵۰, ۳۷۵ and ۵۰۰ mg Zn/kg soil) based on initial content (Zn-HNO_3). Transfer factor (TF) at all levels and two soils is more than ۱, accordingly sorghum is cadmium accumulator. The highest amount of TF was related to soil۲ and second level zinc and maximum of cadmium reduce amount in rhizosphere was this treatment (۴۴% reduce compared to initial planting). By doubling the concentration of cadmium in the soil, the concentration of the plant was doubled (۲.۶۷ mg/ Kg against to ۵.۶۳ mg/ Kg).