

تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر رشد گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم و سرب

میلاذ بی‌ریا^۱ - عبدالامیر معزی^{۲*} - هادی عامری‌خواه^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۳/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۶/۱۶

چکیده

امروزه روش‌های مختلفی برای کاهش اثرات منفی غلظت بالای فلزات سنگین موجود در خاک، استفاده می‌شود. در این راستا، استفاده از بیوجار، روش نسبتاً جدیدی جهت کاهش سمیت فلزات سنگین می‌باشد. در این مطالعه، به منظور بررسی تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر بهبود رشد گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم و سرب، آزمایشی گلدانی در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح کاربرد بیوجار باگاس نیشکر (۰ و ۴ درصد وزنی) و دو سطح آلودگی فلز سنگین (کادمیوم ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و سرب ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) با کاشت گیاه ذرت بود؛ که در دو آزمایش جداگانه برای دو عنصر کادمیوم و سرب انجام شده است. نتایج نشان داد که افزایش کاربرد تیمارهای کادمیوم و سرب، غلظت این دو عنصر در اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت را شدیداً افزایش داده و وزن خشک اندام هوایی و ریشه را به ترتیب بین ۴۰ تا ۵۰ درصد و بین ۶۰ تا ۷۰ درصد کاهش داد. همچنین افزایش کاربرد کادمیوم و سرب میزان کلروفیل، سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک ریشه و اندام هوایی را به صورت معنی‌داری کاهش داد. اما کاربرد بیوجار باگاس نیشکر در اثر کاهش شدید غلظت کادمیوم و سرب در ریشه و اندام هوایی موجب افزایش کلروفیل، سطح برگ، ارتفاع گیاه و وزن خشک ریشه و اندام هوایی گردید. کاربرد ۴ درصد بیوجار باگاس نیشکر، منجر به کاهش ضریب انتقال و فاکتور تجمع زیستی این عنصر در گیاه ذرت نسبت به تیمار متناظر گردید. نتایج بدست آمده بیانگر توان بیوجار باگاس نیشکر در تثبیت و غیر قابل جذب کردن سرب و کادمیوم در خاک بود.

واژه‌های کلیدی: تثبیت، تجمع زیستی، زیتوده، ضریب انتقال، فلز سنگین

مقدمه

و دیگر جانداران نقش مهمی در آلودگی محیط‌زیست در قرن حاضر دارد؛ که مستقیماً با مصارف زیاد صنعتی آن در ارتباط است. خاک‌های آلوده به سرب موجب کاهش شدید محصول شده و به این ترتیب باعث بروز مشکلات جدی در امر کشاورزی می‌گردد. افزایش غلظت سرب منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود (۳۴). این عناصر، به راحتی از طریق محصولات کشت‌شده در خاک‌های آلوده، به زنجیره غذایی مصرف‌کنندگان وارد شده و سلامت انسان‌ها را به خطر می‌اندازند. و از طریق کاربرد فاضلاب‌های شهری، حشره‌کش‌ها، کوددهی، آبیاری با هرز آب‌ها و صنایع ذوب فلز وارد خاک‌ها می‌شود (۱ و ۴۱). روش‌های متعدد فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی برای مقابله با آلودگی‌های آلی و معدنی وجود دارد. اما این روش‌ها نه تنها هزینه‌بر بوده و برای پالایش مناطق کوچک کاربرد دارند (۲۹ و ۳۸). بلکه خطر از بین رفتن ساختمان خاک و اختلال در فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و آلودگی بخش دیگری از محیط‌زیست را در پی خواهند داشت (۳). ارائه روشی مطمئن که ضمن کاهش آلودگی، کم هزینه و نسبتاً سریع باشد و آثار جنبی نامطلوب برای سلامت محیط

آلودگی و تخریب محیط‌زیست، از نتایج صنعتی شدن اجتماعات بشری است. از جمله آلاینده‌های خاک، فلزات سنگین، بارش اسیدی و برخی سموم می‌باشند. فلزات سنگین در سالهای اخیر به دلیل خصوصیات آلاینده‌گی‌شان در خاک شدیداً مورد توجه قرار گرفتند (۱۴ و ۲۱). وجود این عناصر در اتمسفر، خاک و آب حتی در مقادیر بسیار کم می‌تواند مشکلاتی را برای موجودات به وجود آورد (۱۱ و ۱۴). کادمیوم یکی از فلزات سنگین بوده که بدلیل سمیتی که برای انسان و حیوان دارد، از اهمیت زیادی از دیدگاه محیط‌زیستی و سلامت زنجیره غذایی برخوردار است (۲۲ و ۴۰). دیگر فلز سنگین و از عوامل آلوده‌کننده محیط، سرب است که با ایجاد اثرات سمی شدید بر انسان

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشیار و مربی گروه خاکشناسی، دانشگاه شهید چمران اهواز

*- نویسنده مسئول: (Email : moezzi 251@gmail.com)

DOI: 10.22067/jsw.v31i2.55832

درصد وزنی بیوپچار باگاس نیشکر (b0 و b4) در هر دو آزمایش باکاشت گیاه ذرت در سه تکرار و جمعا ۲۴ گلدان بود. خاک مورد نظر از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز جمع‌آوری شد. برای تهیه بیوپچار مورد استفاده از ماده اولیه باگاس نیشکر استفاده شد. بدین منظور ابتدا باگاس‌ها خشک و سپس کوبیده و از الک ۲ میلی‌متر عبور داده شدند تا یکنواخت گردند. سپس در یک کوره دست‌ساز برای مدت دو ساعت دمای کوره به تدریج افزایش یافت تا به ۵۵۰ درجه سلسیوس رسانده شد. سپس برای مدت سه ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس، تحت فرآیند گرماکافت آهسته قرار گرفتند. دما نیز توسط ترمومتر لیزری کنترل گردید. جعبه‌های فلزی از جنس آهن انتخاب و بعد از تعبیه مواد اولیه و فشردن آن، به منظور ایجاد شرایط نسبی خلاء درب آن نیمه‌بسته نگاه داشته و سپس با شمع کف آن حرارت داده شد تا اکسیژن آن به حداقل برسد. سپس درب آن بسته و در کوره قرار داده شد. بعد از انجام فرآیند گرماکافت آهسته، بیوپچار توسط آب شسته و خشک شده، کوبیده شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. تصویربرداری از بیوپچار باگاس نیشکر توسط دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ (شکل ۱) انجام شد (۳۱). تعیین گروه‌های عاملی موجود در بیوپچار باگاس نیشکر با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی مادون قرمز انجام شد.

برخی از خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک و بیوپچار باگاس نیشکر نیز اندازه‌گیری شد (جدول ۱ و ۲). بافت خاک به روش هیدرومتری (۲۷)، pH گل اشباع خاک و EC_e عصاره گل اشباع به ترتیب با دستگاه pH متر و هدایت‌سنج الکتریکی قرائت گردید (۳۰). اندازه‌گیری مواد آلی توسط اکسیداسیون تر انجام شد. و کربن آلی خاک توسط روش والکلی‌بلک تعیین شد (۳۹). ظرفیت تبادل کاتیونی خاک نیز توسط روش استات سدیم اندازه‌گیری شد (۵). همچنین کربنات کلسیم خاک توسط تیتراسیون با اسید تعیین شد (۳۷). غلظت کادمیوم و سرب خاک توسط روش هضم سه اسید و قرائت توسط دستگاه اتمیک ابزوربشن انجام شد (۷). برای اندازه‌گیری pH بیوپچار باگاس نیشکر، از نسبت یک به ده بیوپچار به آب استفاده شد. هدایت الکتریکی بیوپچار نیز با استفاده از نسبت یک به ده بیوپچار به آب اندازه‌گیری گردید. اندازه‌گیری کربن، نیتروژن، اکسیژن و هیدروژن در بیوپچار باگاس نیشکر با استفاده از دستگاه آنالیز عنصری^۲ در آزمایشگاه مرکزی دانشگاه شهید چمران اهواز صورت پذیرفت (۳۰). برای تعیین خاکستر بیوپچار باگاس نیشکر از رابطه (۱) استفاده شد (۳۵):

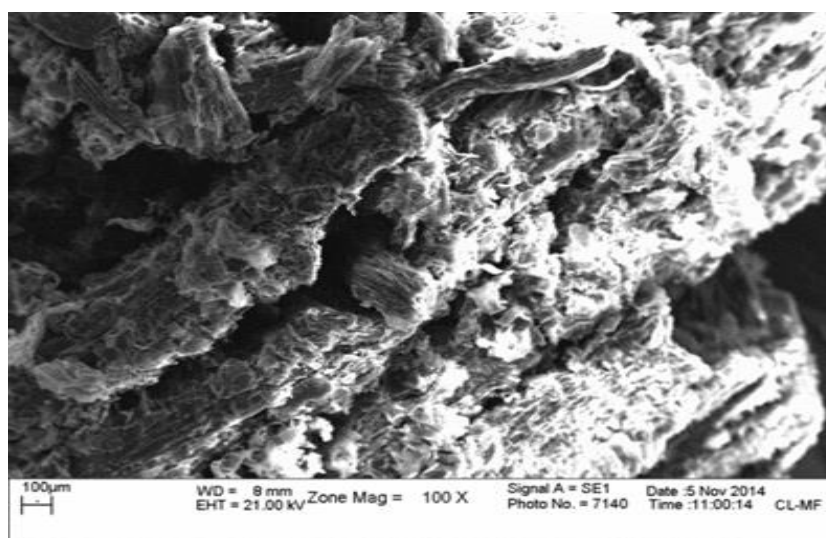
زیست نداشته باشد، ضروری است (۱۰). یکی از روش‌های مناسب، استفاده از مواد آلی است که دارای خصوصیات بازی و البته جذبی خوبی باشند. در میان این مواد، بیوپچار ماده‌ای با تخلخل بالا است، که گروه‌های عاملی فراوانی داشته و همچنین نتایج تحقیقات نشان‌دهنده است که در جذب سطحی فلزات سنگین به ویژه در محیط‌های آبی بسیار مؤثرند (۳۳). بیوپچار ترکیبی است پایدار از کربن که باعث افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می‌شود. علاوه بر این، باعث افزایش فراهمی عناصر غذایی ماکرو و نیز ظرفیت بالای نگهداشت آب و به دنبال آن بهبود رشد گیاه می‌گردد (۹). کاربرد بیوپچار موجب افزایش رشد و زیتوده گیاهان می‌شود (۳). در پژوهشی در سال ۲۰۱۴ گزارش شد که کاربرد بیوپچار موجب بهبود رشد گیاه آفتابگردان در خاک‌های آلوده به کادمیوم و بهبود وضعیت خاک از نظر آلودگی شده است (۱۳). نیگوسو و همکاران در سال ۲۰۱۰ گزارش دادند که کاربرد بیوپچار موجب کاهش آلودگی و افزایش رشد گیاه کاهو در خاک‌های آلوده به کروم شده است (۲۴). نتایج تحقیقی در سال ۲۰۱۰، نشان داد که کاربرد بیوپچار تولیدشده از چوب در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد موجب بهبود رشد گیاه در خاک‌های آلوده گردید (۲۳). همچنین پژوهشگران متعددی گزارش کرده‌اند که کاربرد بیوپچار با توجه به ظرفیت تبادل کاتیونی و سطح ویژه بالای آن و حضور کربوکسیل، فنولیک، هیدروکسیل و دیگر گروه‌های عاملی که شامل اکسیژن‌های سطحی‌اند، قادر است تا آلاینده‌های حاصل از آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین را کاهش داده، موجب تثبیت فلزات سنگین و بهبود وضعیت گیاه و خاک از لحاظ آلودگی به این آلاینده‌ها شوند (۱۷ و ۴۲). تأثیر مثبت و منفی کاربرد بیوپچار بر رشد گیاه در اثر کاربرد به ترتیب سطوح پائین و بالای لجن فاضلاب نیز گزارش شده است (۱۲). بنابراین در استفاده از بیوپچار باید مدیریت لازم را انجام داد. در کل استفاده از بیوپچار بایستی متناسب با اهداف مدنظر صورت پذیرد. آزمایش حاضر به منظور بررسی تأثیر کاربرد بیوپچار باگاس نیشکر بر بهبود رشد گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم و سرب، انجام شد.

مواد و روش‌ها

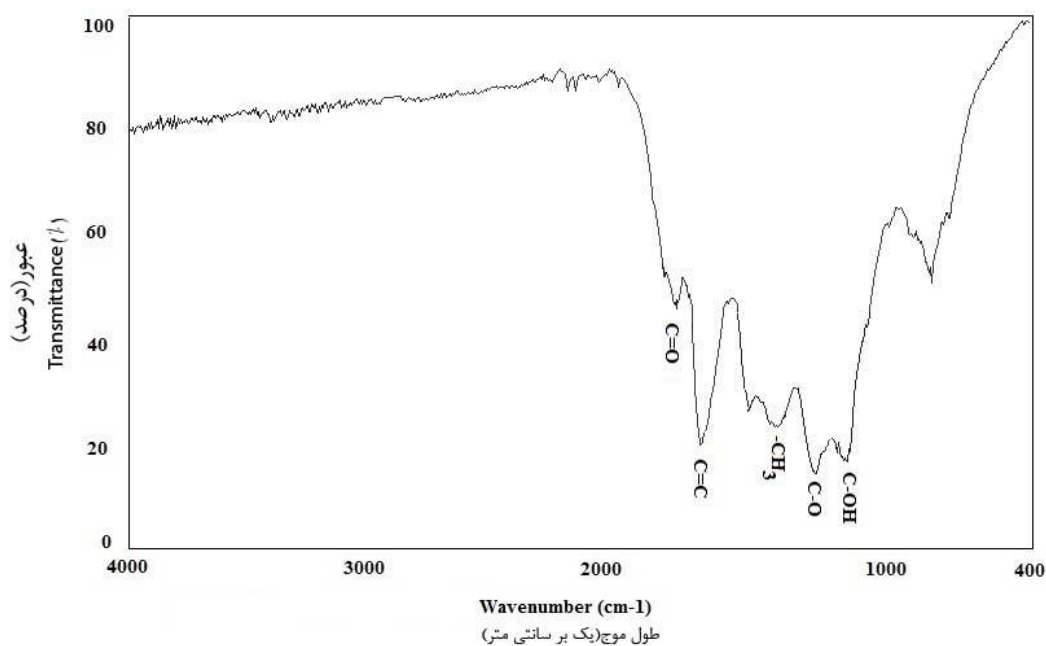
این تحقیق در بهار و تابستان سال ۱۳۹۳، در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. این محل در شهرستان اهواز با عرض جغرافیایی ۲۱° ۳۱' شرقی و طول جغرافیایی ۴۵° ۴۸' شمالی و ارتفاع ۲۰ متر از سطح دریا واقع شده بود. تیمارهای آزمایش شامل دو سطح ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم کادمیوم بر کیلوگرم خاک (Cd50 و Cd100)، دو سطح ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب بر کیلوگرم خاک (Pb500 و Pb1000) در دو آزمایش جداگانه در دو سطح صفر و ۴

1 - Scanning Elecron Microscope

2 - CHNOS Elemental Analyzer



شکل ۱- تصویر میکروسکوپ الکترونی رویشی بیوجار باگاس نیشکر
Fig 1- Scanning electron microscope image of Sugercan bagasse made biochar



شکل ۲- طیف مادون قرمز بیوجار گاس نیشکر تولیدشده در ۵۵۰ درجه سلسیوس
Fig 2- FT-IR Sugercan bagasse made biochar at 550 °C

کادمیوم و سرب بیوجار باگاس نیشکر نیز با استفاده از روش هضم تر و قرائت توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد و ظرفیت تبادل کاتیونی توسط روش استات آمونیوم و سطح ویژه کل آن به وسیله روش BET^۱ اندازه گیری شد (۳۱). برای انجام آزمایش، ابتدا بر اساس طرح آماری خاک بصورت یکنواخت با تیمارهای کادمیوم و

عملکرد بیوجار باگاس نیشکر با استفاده از رابطه (۲) بدست آمد

$$(۳۵):$$

$$(۱)$$

$$۱۰۰ \times \text{وزن خشک بیوجار (g) / وزن خاکستر (g)} = \text{محتوای خاکستر}$$

$$(۲)$$

$$۱۰۰ \times \text{وزن زیتوده اولیه (g) / وزن بیوجار (g)} = \text{عملکرد بیوجار (\%)}$$

جدول ۱- ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

Table 1- Some of physical and chemical properties of soil under study

Parameter	Unit	Value
پارامتر	واحد	مقدار
Sand	%	18.6
شن		
Silt	%	74.5
سیلت		
Clay	%	6.9
رس		
Soil texture		Loamy Silt
بافت خاک		
Cation exchange capacity	Cmol/kg	18.2
ظرفیت تبادل کاتیونی	سانتی مول/کیلوگرم	
pH		7.5
اسیدیته		
EC _e	dS/m	5.24
هدایت الکتریکی عصاره اشباع	دسی زیمنس/متر	
CaCO ₃	%	45.6
کربنات کلسیم		
Carbon	%	0.357
کربن		
Organic matter	%	0.612
ماده آلی		
Cadmium	mg/kg	2.91
کادمیوم	میلی گرم/کیلوگرم	
Lead	mg/kg	4.9
سرب	میلی گرم/کیلوگرم	
Nitrogen	%	0.05
نیتروژن		

تأثیر کاربرد تیمارها بر غلظت کادمیوم و سرب در ریشه و

اندام هوایی گیاه ذرت

نتایج جدول تجربه واریانس نشان داد که تأثیر کاربرد تیمارها و اندامهای گیاه بر غلظت کادمیوم و سرب موجود در گیاه ذرت سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی داری داشت (جدول ۳).

همانگونه که در شکل‌های ۳ و ۴ مشخص است، کاربرد بیوچار باگاس نیشکر غلظت این دو عنصر را در هر دو بخش گیاهی (ریشه و اندام هوایی) بصورت معنی داری کاهش داد (۲). نتایج این پژوهش نشان داد که افزایش غلظت کادمیوم و سرب، موجب افزایش غلظت این عناصر در ریشه و اندام هوایی با برتری معنی دار ریشه نسبت به اندام هوایی گردید. احتمالاً دلیل افزایش کادمیوم و سرب در ریشه نسبت به اندام هوایی، تجمع آنها در فضای آزاد دونان و کاهش تحرک آنها به سمت اندام هوایی باشد. مضافاً فیتوکلیتین‌های تولیدشده در سلولهای ریشه باعث رسوب بخشی از عناصر سنگین و برتری غلظت این عناصر در ریشه نسبت به اندام هوایی گردیده است (۲۰ و ۴۰).

سرب از منبع نیترات کادمیوم و نیترات سرب آلوده شده و بعد از یکماه تیمارهای بیوچار باگاس نیشکر بصورت یکنواخت در آن اعمال گردید. سپس، آن را به مدت ۴۵ روز در رطوبت ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه (F.C) قرار داده، تا تعادل در خاک ایجاد گردد. سپس نمونه‌های خاک انکوبه شده، خشک و به اندازه سه کیلوگرم توزین و پس از افزودن کودهای پایه بر اساس آزمون خاک، به گلدانها منتقل شد. گلدانها ستونهای از جنس پلی اتیلن با ارتفاع ۳۰ سانتیمتر و قطر ۴ اینچ بودند (۸). در هر گلدان ۳ عدد بذر ذرت کاشته شد. بعد از ۲ هفته تعداد بذرها در هر گلدان به ۱ عدد کاهش داده شد. میزان آبی که به هر گلدان خاک داده شد به گونه‌ای بود که رطوبتی حدوداً معادل ۲۰ درصد ظرفیت مزرعه از گلدان خارج شود. با توجه به اینکه در زمان آبیاری گلدانها رطوبت خاک حدود ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه بود (۲).

بنابراین برای هر بار آبیاری باید میزان آبی معادل با ۶۰ درصد رطوبت در حالت ظرفیت مزرعه داده شد تا ۴۰ درصد برای رسیدن خاک گلدان به ظرفیت مزرعه مصرف شود و ۲۰ درصد دیگر بصورت زه‌آب خارج شود. کنترل رطوبت نیز بصورت وزنی انجام شد (۸). بعد از دو ماه، ارتفاع گیاه با خط کش T، شاخص کلروفیل با کلروفیل متر SPAD 502، میزان سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ^۱ (Delta T - 1) (Divises LTD, UK) اندازه‌گیری شده و گیاه ذرت و ریشه‌های آن برداشت شده و پس از شستشو برای مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه سلسیوس قرار داده شد. و وزن خشک اندام هوایی و ریشه با استفاده از ترازوی دیجیتالی اندازه‌گیری و توسط آسیاب پودر شدند. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر کادمیوم و سرب در گیاه، ابتدا پودر گیاه ذرت توسط روش هضم سه اسید آماده و سپس توسط دستگاه جذب اتمی، غلظت عناصر قرائت گردید (۱۳). مقدار فاکتور انتقال و فاکتور تجمع زیستی، به ترتیب از روابط (۳) و (۴) محاسبه شدند (۱۹):

رابطه (۳)

غلظت فلز در ریشه/غلظت فلز در اندام هوایی = فاکتور انتقال زیستی
رابطه (۴)

غلظت فلز در خاک/غلظت فلز در گیاه = فاکتور تجمع زیستی

اندازه‌گیری‌های لازم در گیاه در دو بخش اندام هوایی و ریشه انجام شد. جهت آنالیز داده‌ها از نرم افزار SAS و برای مقایسات میانگین از آزمون دانکن استفاده شد.

نتایج و بحث

در راستای اهداف آزمایش، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و بیوچار مورد مطالعه در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است:

1- Leaf area metter

دلیل این امر احتمالاً ظرفیت تبادل کاتیونی بالا (جدول ۲)، وفور گروه‌های عاملی (شکل ۲) و سطح ویژه بالا (جدول ۲) در بیوچار باگاس نیشکر است؛ که موجب جذب، تثبیت و کاهش غلظت قابل جذب این دو عنصر در خاک گردیده است. با افزایش غلظت کادمیوم و سرب کاربردی، غلظت این عناصر در ریشه و اندام هوایی در هر دو تیمار دارای بیوچار باگاس نیشکر و بدون بیوچار باگاس نیشکر نسبت به غلظت پائین‌تر افزایش یافت. دلیل این مسئله احتمالاً اشباع بار منفی موجود در سطوح بیوچار باگاس نیشکر توسط این دو عنصر و کاهش توانایی جذب آنها توسط بیوچار باگاس نیشکر و افزایش غلظت قابل جذب آنها در خاک می‌باشد. بدین ترتیب گیاه مقادیر بیشتری از عناصر کادمیوم و سرب را جذب می‌کند. ولی در کل، کاربرد بیوچار باگاس نیشکر موجب کاهش غلظت کادمیوم و سرب موجود در گیاه (شکل ۳ و ۴) و در نتیجه بهبود رشد گیاه گردید (شکل ۹ الی ۱۸).

همچنین بیوچار باگاس نیشکر از طریق گروه‌های عاملی (شکل ۲) موجب کاهش تحرک و افزایش تثبیت کادمیوم و سرب نسبت به تیمار متناظر بدون بیوچار گردید (شکل ۱۶) (شکل ۳ و شکل ۴).

تأثیر کاربرد تیمارها بر ضریب انتقال و فاکتور تجمع زیستی کادمیوم و سرب در گیاه ذرت
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر میزان ضریب انتقال و فاکتور تجمع زیستی کادمیوم سرب در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری داشت (جدول ۴).

جدول ۲- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورد مطالعه

Parameter	Unit	Value
پارامتر	واحد	مقدار
pH 1 : 10	-	7.55
پ هاش ۱: ۱۰		
EC 1 : 10	dS/m	0.84
هدایت الکتریکی ۱: ۱۰	دسی‌زیمنس/متر	
Carbon	%	69.65
کربن		
Nitrogen	%	0.279
نیتروژن		
Hydrogen	%	3.38
هیدروژن		
Oxygen	%	19.51
اکسیژن		
Ash	%	5.5
خاکستر		
Cadmium	mg/kg	0.35
کادمیوم	میلی‌گرم/کیلوگرم	
Lead	mg/kg	1.75
سرب	میلی‌گرم/کیلوگرم	
Cation exchange capacity	Cmol/kg	36.3
ظرفیت تبادل کاتیونی	سانتی‌مول/کیلوگرم	
Total Surface Area	m ² /gr	164
سطح ویژه کل	متر مربع/گرم	
Biochar production Efficiency	%	36.6
عملکرد تولید بیوچار		

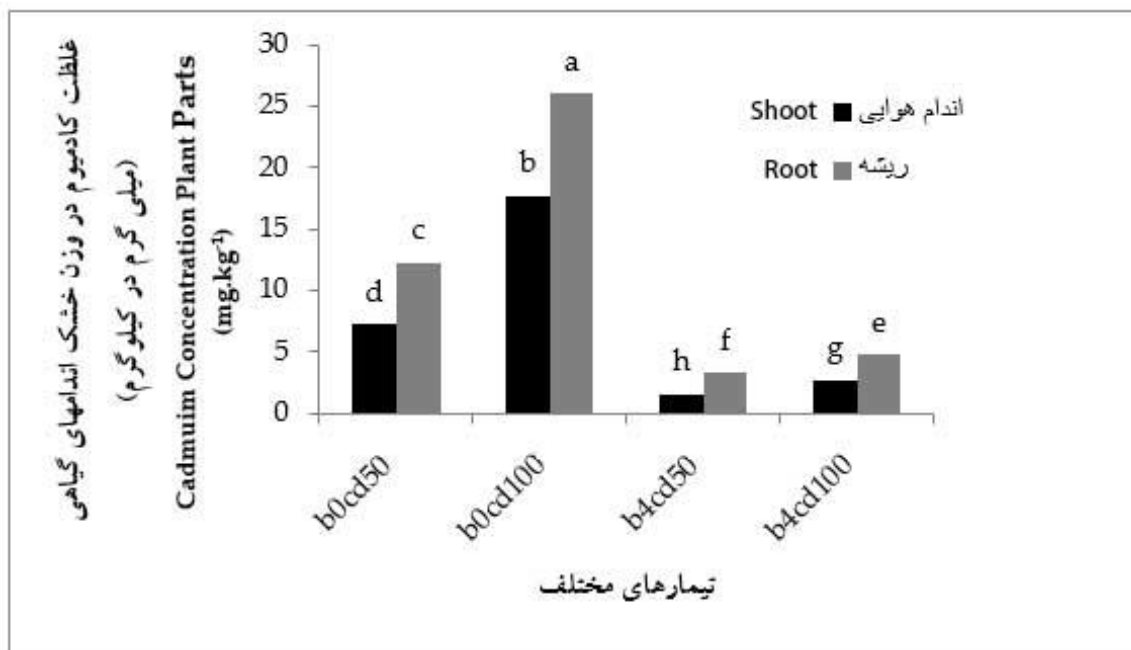
جدول ۳- جدول تجزیه واریانس تأثیر کاربرد تیمارها و اندام‌های گیاه بر غلظت کادمیوم و سرب در گیاه ذرت

Table 3- Analyses of variance of effect of treatments and plant parts on cadmium and lead concentration in maize plant

Source of Variation	Df	Mean sum of Squares	
		میانگین مجموع مربعات	
		Cadmium Concentration	Lead Concentration
منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت کادمیوم	غلظت سرب
Replicate	2	0.0380 ^{ns}	0.618 ^{ns}
تکرار			
Treatment	3	472.30 **	68030.08 **
تیمار			
Plant Part	1	109.65 **	19753.06 **
اندام گیاهی			
Treatment * Plant Part	3	244.16 **	33835.71 **
تیمار*اندام گیاهی			
Error	14	0.04	1.03
خطا			

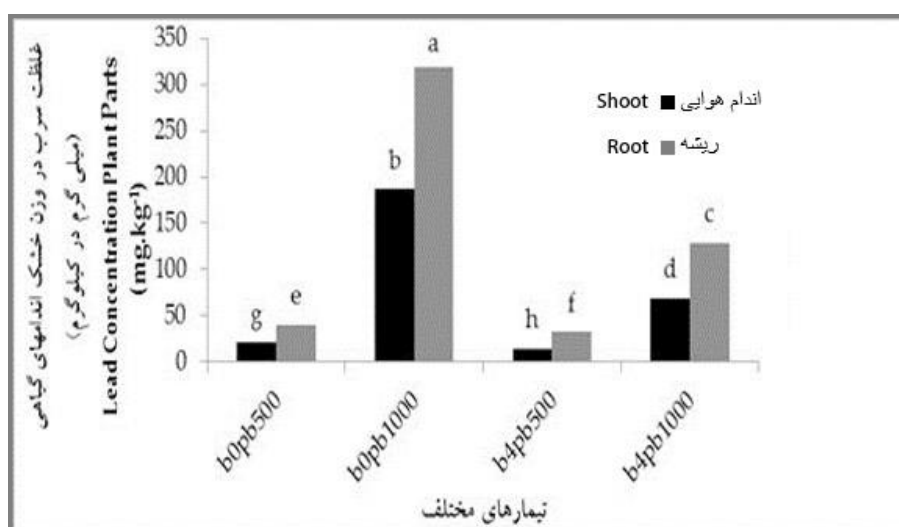
***, ** و ns به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪، تفاوت معنی‌دار در سطح ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار

***, ** and ns, significant difference at 1%, significant difference at 5% level and no significant difference respectively



شکل ۳- تأثیر برهمکنش تیمارها و اندام گیاهی بر غلظت کادمیوم موجود در گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 3- Intraction effect of treatments and plant parts on cadmium concentration in maize plant grown in contaminated soil



شکل ۴- تأثیر برهمکنش تیمارها و اندام گیاهی بر غلظت سرب موجود در گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 4- Intraction effect of treatments and plant parts on lead concentration in maize plant grown in contaminated soil

احتمالاً غلظت پائین کادمیوم و سرب در ریشه، بارهای منفی خنثی نشده بیشتری را در فضای آزاد دونان باقی خواهد گذاشت؛ که موجب نگهداشت کادمیوم و سرب با شدت بیشتر در ریشه می‌گردد. و در کنار تأثیر احتمالی فیتوکلنتین‌های ریشه، موجب کاهش انتقال این عناصر به اندام هوایی گردیده است. که نهایتاً منجر به کاهش ضریب انتقال شده است (۱۴ و ۲۰).

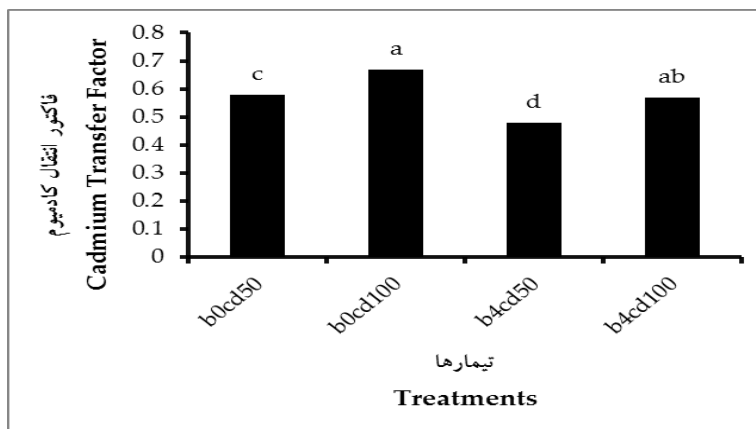
داده‌های جدول ۴ حاکی از تأثیر متفاوت و معنی‌دار ضریب انتقال و فاکتور تجمع زیستی کادمیوم و سرب در اثر کاربرد تیمارها می‌باشد. مطالعه دقیق‌تر نتایج موجود نشان می‌دهد، که کاربرد بیوجار باگاس نیشکر در مقایسه با تیمارهای متناظر بدون بیوجار باگاس نیشکر، موجب کاهش معنی‌دار انتقال کادمیوم و سرب از ریشه به اندام هوایی گردیده است (شکل‌های ۵ و ۷).

جدول ۴- جدول تجزیه واریانس تأثیر کاربرد تیمارهای مختلف بر میزان ضریب انتقال و فاکتور تجمع زیستی کادمیوم و سرب در گیاه ذرت
Table 4- Analysis of variance of effect of treatments on transfer factor (TF) and bioaccumulation factor (BF) of cadmium and lead in maize plant

Source of Variation منابع تغییرات	Df درجه آزادی	Mean sum of squers میانگین مجموع مربعات			
		TF Cadmium فاکتور انتقال کادمیوم	BF Cadmium فاکتور تجمع زیستی کادمیوم	TF Lead فاکتور انتقال سرب	BF Lead فاکتور تجمع زیستی سرب
Replicate تکرار	2	0.0019 ^{ns}	0.00015 ^{ns}	0.0145 ^{ns}	0.00036 ^{ns}
Treatment تیمار	3	0.018*	0.002*	0.009*	0.002**
Error خطا	6	0.003	0.000001	0.003	0.0003

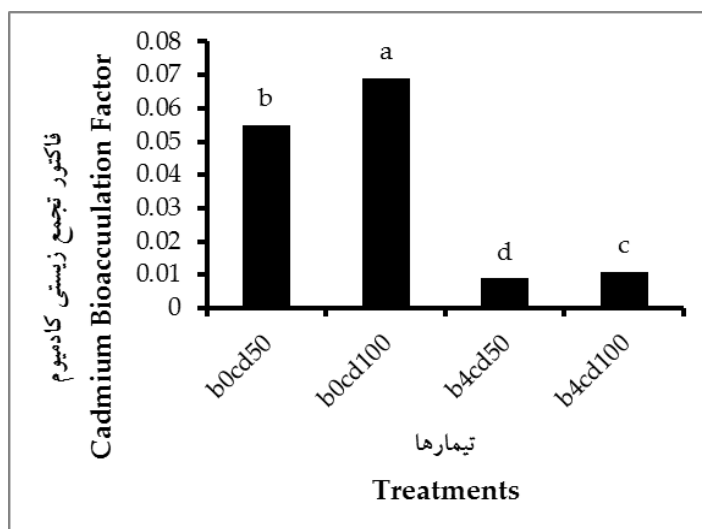
***, ** و ns به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۱٪، تفاوت معنی دار در سطح ۵٪ و عدم وجود اختلاف معنی دار

***, ** and ns, significant difference at 1%, significant difference at 5% level and no significant difference respectively



شکل ۵- تأثیر کاربرد تیمارها بر میزان فاکتور انتقال کادمیوم در گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 5- Effect of treatments on transfer factor of cadmium in maize plant grown in contaminated soil

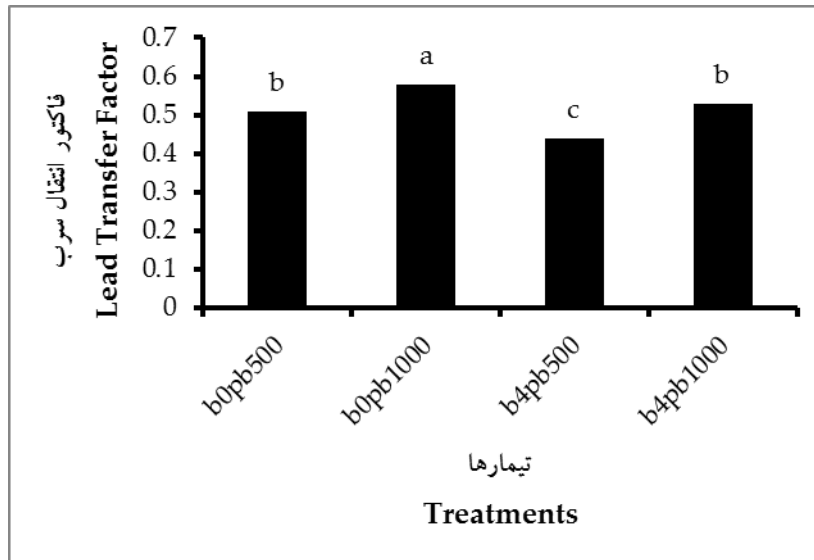


شکل ۶- تأثیر تیمارها بر میزان تجمع زیستی کادمیوم در گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 6- Effect of treatments on bioaccumulation of cadmium in maize plant grown in contaminated soil

مقایسه با تیمار متناظر بدون بیوچار باگاس نیشکر، این فاکتور را بصورت معنی‌داری کاهش داد.

بررسی شکل‌های ۶ و ۸ نشان می‌دهد که افزایش سطح کاربرد کادمیوم و سرب موجب افزایش تجمع زیستی این دو عنصر در گیاه ذرت گردیده است. حال آنکه استفاده از بیوچار باگاس نیشکر در

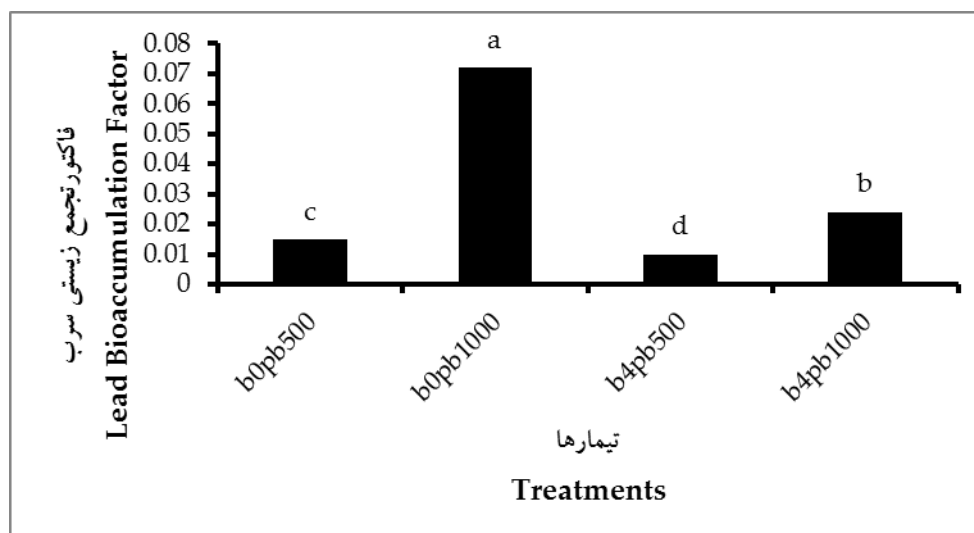


شکل ۷- تأثیر کاربرد تیمارها بر میزان فاکتور انتقال سرب در گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 7- Effect of treatments on transfer factor of lead in maize plant grown in contaminated soil

افزایش غلظت کادمیوم و سرب غیر قابل جذب در خاک و نهایتاً کاهش غلظت این دو عنصر در اندام هوایی گردیده که منجر به کاهش تجمع زیستی آن شده است (شکل ۶ و ۸).

از آنجا که بیوچار دارای گروه‌های عاملی فراوانی مانند گروه‌های کربوکسیلاتی و هیدروکسیلی می‌باشد، و توان تعامل الکترواستاتیک، تبادل یونی و کمپلکس سطحی قوی با فلزات سنگین را دارد (۵ و ۱۶). لذا احتمالاً بیوچار باگاس نیشکر موجب تثبیت کادمیوم و سرب و



شکل ۸- تأثیر کاربرد تیمارها بر میزان تجمع زیستی سرب در گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 8- Effect of treatments on bioaccumulation of lead in maize plant grown in contaminated soil

تأثیر تیمارها بر زیتوده تولید شده گیاه ذرت در خاک‌های آلوده به کادمیوم و سرب
 پارامترهای کلروفیل، سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری داشت. نتایج جداول ۵ و ۶ نشان داد که اثر تیمارهای مختلف بر

جدول ۵- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر میزان کلروفیل، سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت در خاک‌های آلوده به کادمیوم

Table 5- Analysis of variance of effects of treatments on chlorophyll content, leaf area, height, shoot and root dry weight of maize plant in cadmium contaminated soil

Source of Variation منابع تغییرات	Df درجه آزادی	Mean sum of Squares میانگین مجموع مربعات				
		Chlorophyll Index شاخص کلروفیل	leaf area سطح برگ	Height of Plant ارتفاع گیاه	shoot dry weight وزن خشک اندام هوایی	Root dry weight وزن خشک ریشه
Replicate تکرار	2	12.621 ^{ns}	31.34 ^{ns}	8.45 ^{ns}	0.067 ^{ns}	0.175 ^{ns}
Treatment تیمار	3	516.16 ^{**}	15810.38 ^{**}	315.66 ^{**}	5.95 ^{**}	2.07 ^{**}
Error خطا	6	3.02	10.47	13.91	0.09	0.01

***, ** and ns, significant difference at 1%, significant difference at 5% level and no significant difference respectively

***, ** and ns, significant difference at 1%, significant difference at 5% level and no significant difference respectively

جدول ۶- تجزیه واریانس تأثیر تیمارها بر میزان کلروفیل، سطح برگ، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه ذرت در خاک‌های آلوده به سرب

Table 6- Analysis of variance of effects of treatments on chlorophyll content, leaf area, height, shoot and root dry weight of maize plant in lead contaminated soil

Source of Variation منابع تغییرات	Df درجه آزادی	Mean sum of Squares میانگین مجموع مربعات				
		Chlorophyll Index شاخص کلروفیل	leaf area سطح برگ	Height of Plant ارتفاع گیاه	shoot dry weight وزن خشک اندام هوایی	Root dry weight وزن خشک ریشه
Replicate تکرار	2	6.27 ^{ns}	20.68 ^{ns}	4.45 ^{ns}	0.075 ^{ns}	0.0138 ^{ns}
Treatment تیمار	3	555.12 ^{**}	2808.80 ^{**}	139.79 ^{**}	517.96 ^{**}	2.47 ^{**}
Error خطا	6	2.39	7.28	5.98	3.15	0.01

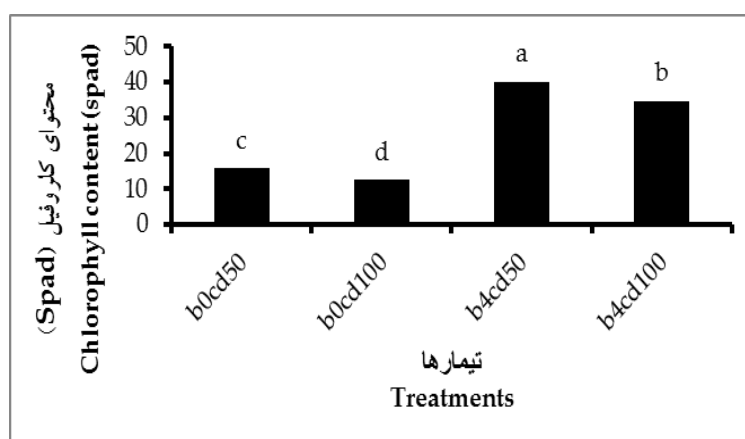
***, ** and ns, significant difference at 1%, significant difference at 5% level and no significant difference respectively

***, ** and ns, significant difference at 1%, significant difference at 5% level and no significant difference respectively

میزان کلروفیل درون برگ (شکل‌های ۹ و ۱۴) گردید.

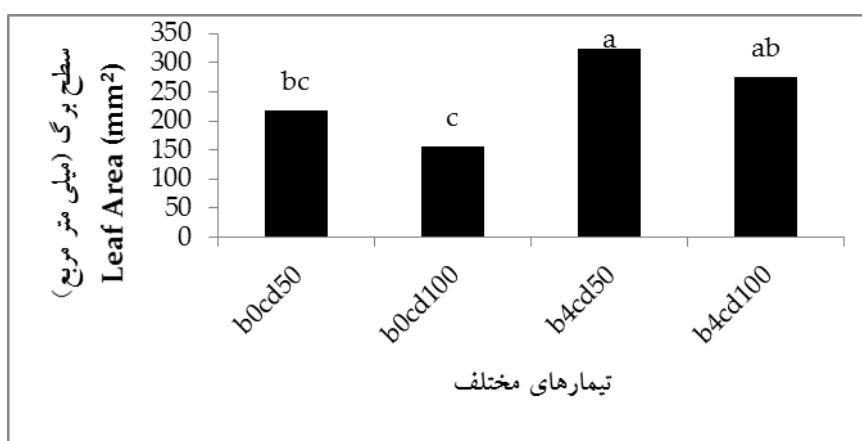
افزایش سطح کادمیوم و سرب کاربردی، موجب کاهش شاخص کلروفیل درون برگ گردید (شکل‌های ۹ و ۱۴). احتمالاً زیادبود غلظت این دو عنصر در گیاه (شکل‌های ۳ و ۴) در فرآیند سنتز کلروفیل دخالت و آنرا مختل کرده باشند (۲۶).

کاربرد بیوجار باگاس نیشکر، با کاهش غلظت کادمیوم و سرب درون گیاه (شکل‌های ۳ و ۴)، و همچنین کاهش ضریب انتقال و کاهش میزان تجمع زیستی کادمیوم و سرب (شکل‌های ۵، ۶، ۷ و ۸) از ایجاد اختلال توسط این دو عنصر جلوگیری کرده و باعث افزایش



شکل ۹- تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر میزان کلروفیل گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 9- Sugercan bagasse made biochar effect on chlorophyll index of maize plant in a cadmium contaminated soil



شکل ۱۰- تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر میزان سطح برگ در خاک آلوده به کادمیوم

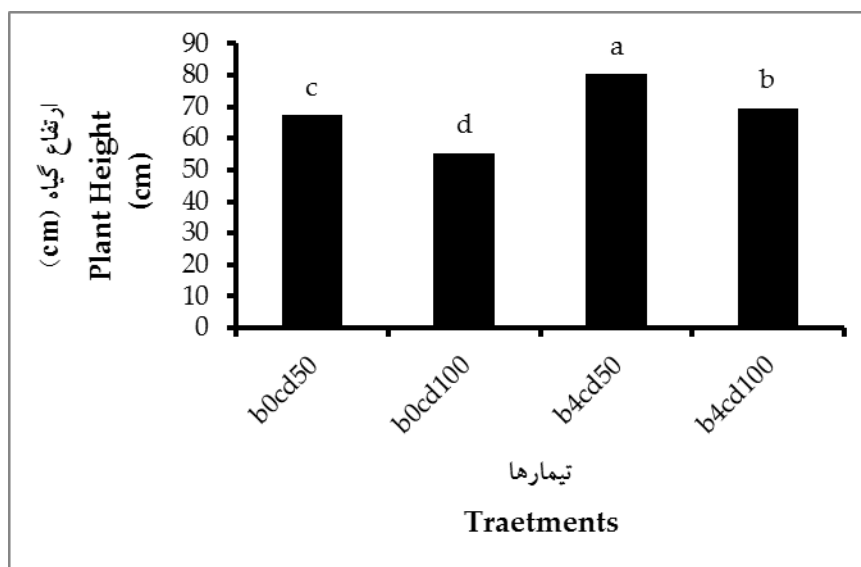
Fig 10- Sugercan bagasse made biochar effect on leaf area of maize plant in in a cadmium contaminated soil

بیوجار باگاس نیشکر بصورت معنی‌داری موجب کاهش غلظت این دو عنصر در ریشه و کاهش ضریب انتقال آن به اندام هوایی (شکل‌های ۳ و ۴) گردیده و از مسمومیت احتمالی ناشی از بیش‌بود این دو عنصر کاسته و منجر به افزایش وزن خشک این دو بخش گیاهی گردیده است.

از سوی دیگر کاهش غلظت کادمیوم و سرب در بخش هوایی، باعث افزایش سطح برگ و ارتفاع گیاه گردید. افزایش وزن خشک اندام هوایی عمدتاً در اثر افزایش سطح برگ (شکل ۱۰ و ۱۵) و ارتفاع گیاه (شکل ۱۱ و ۱۶) بدلیل کاهش غلظت این دو عنصر در اندام هوایی (شکل ۳ و ۴) می‌باشد.

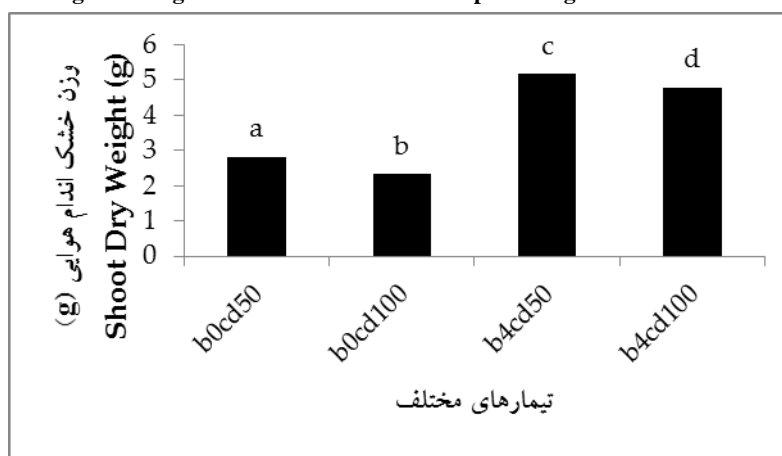
همچنین بیوجار باگاس نیشکر، با افزایش میزان کلروفیل (شکل‌های ۹ و ۱۴) احتمالاً موجب بهبود فتوسنتز مواد هیدروکربنی و تولید زیئوده بیشتر شده است (۳۵). که از جمله نتایج آن، افزایش سطح برگ (شکل‌های ۱۰ و ۱۵) و به دنبال آن افزایش ارتفاع گیاه بود (شکل‌های ۱۱ و ۱۶).

افزایش سطح کاربرد کادمیوم و سرب، موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه ذرت گردید (شکل‌های ۱۲، ۱۳، ۱۷ و ۱۸). احتمالاً این کاهش در اثر بیش‌بود غلظت این دو عنصر در ریشه و اندام هوایی در اثر کاربرد کادمیوم و سرب می‌باشد. که منجر به اختلال در فرایندهای متابولیکی گیاه گردیده است (۳۲ و ۴۰). کاربرد بیوجار باگاس نیشکر در مقایسه با تیمار متناظر بدون



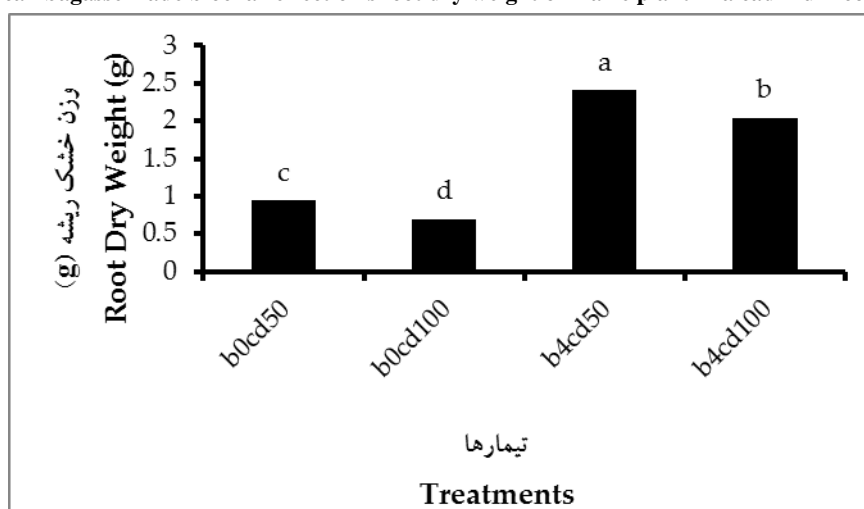
شکل ۱۱- تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر ارتفاع گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 11- Effect of Sugercan bagasse made biochar on maize plant height in a cadmium contaminated soil



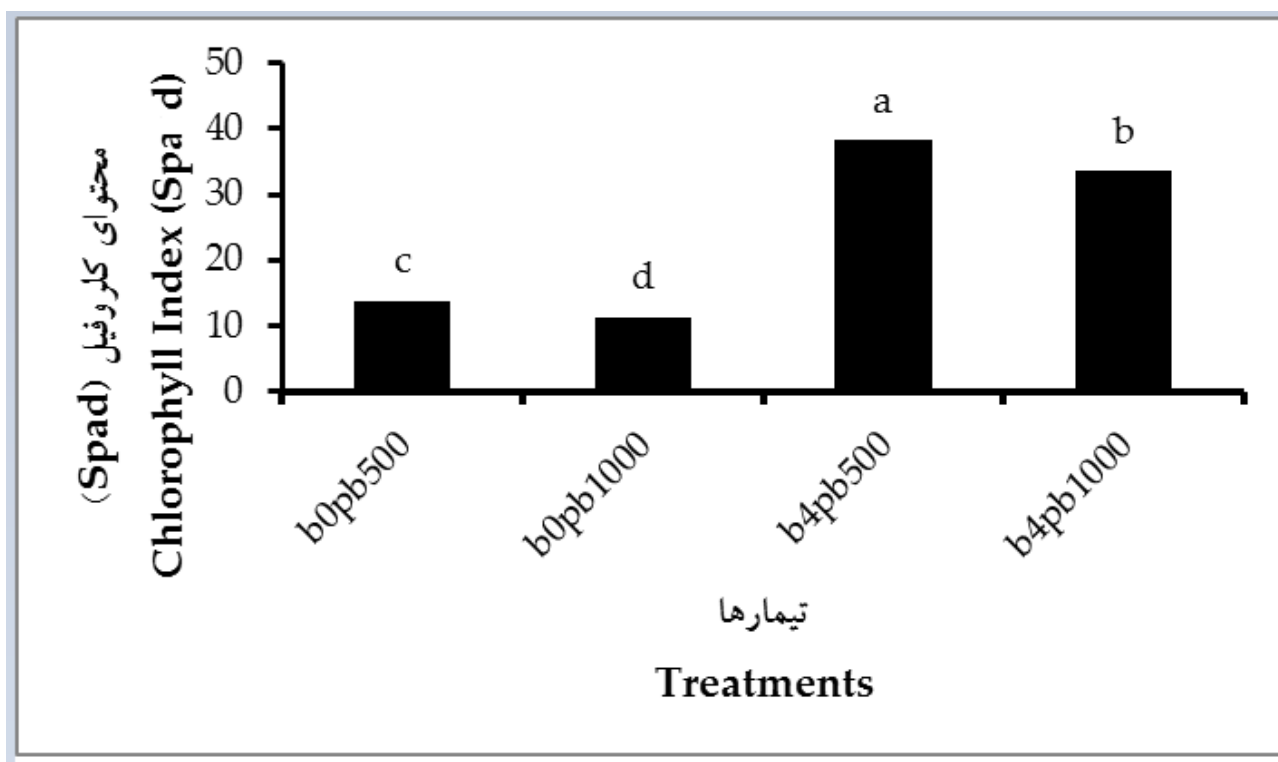
شکل ۱۲- تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 12- Sugercan bagasse made biochar effect on shoot dry weight of maize plant in a cadmium contaminated soil



شکل ۱۳- تأثیر بیوجار باگاس نیشکر بر وزن خشک ریشه گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 13- Sugercan bagasse made biochar effect on root dry weight of maize plant in a cadmium contaminated soil

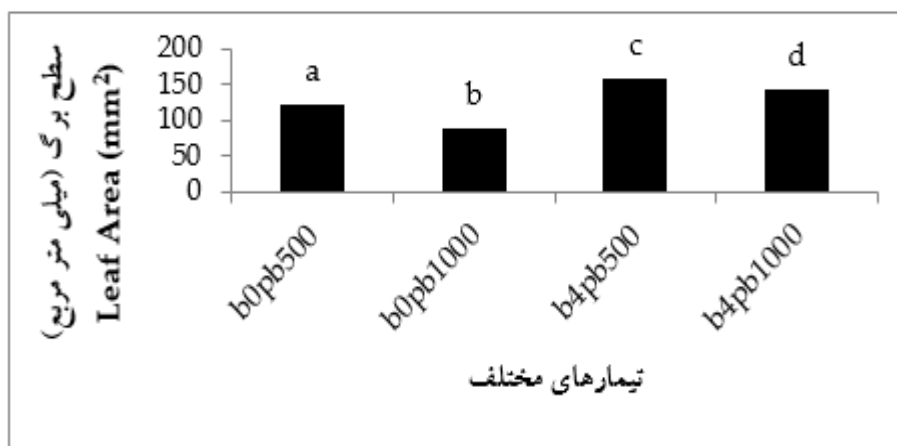


شکل ۱۴ - تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر میزان کلروفیل گیاه ذرت در خاک آلوده به کادمیوم

Fig 14- Sugercan bagasse made biochar effect on amount of chlorophyll maize plant in a cadmium in contaminated soil

ذرت در اثر استفاده از بیوچار باگاس نیشکر به طرز مطلوبی بهبود یافت.

ایکس و همکاران نیز در پژوهشی در سال ۲۰۰۹، به کاهش غلظت فلزات سنگین در گیاهان موجود در خاکهای تیمار شده با بیوچار و بهبود رشد گیاه اشاره کردند (۳۷). همچنین شاخص کلروفیل، میزان سطح برگ، ارتفاع و وزن خشک اندام هوایی و ریشه گیاه



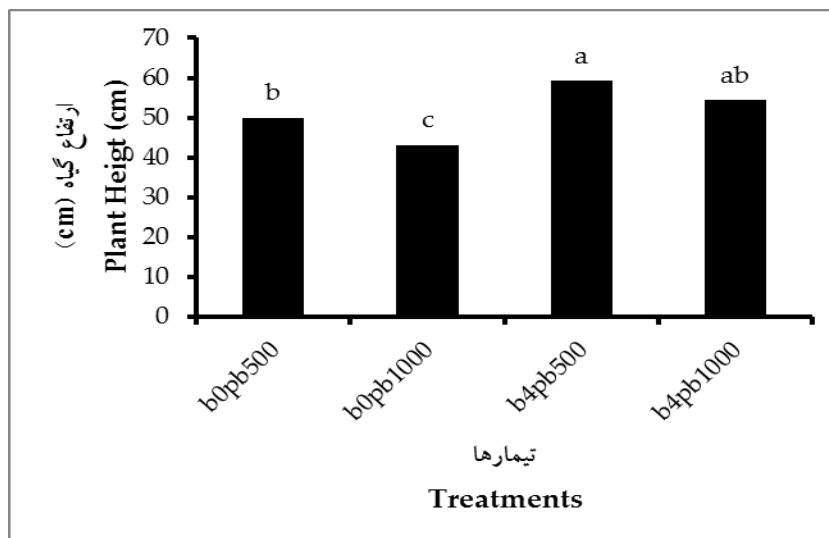
شکل ۱۵ - تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر میزان سطح برگ گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 15- Sugercan bagasse made biochar effect on maize plant leaf area in a lead contaminated soil

ویژه‌ای را به آن در جذب و تثبیت فلزات سنگین داده است. همچنین بیوچار باگاس نیشکر دارای منافذ فراوانی در سطح خود می‌باشد

احتمالاً گروه‌های عاملی موجود در بیوچار باگاس نیشکر (شکل ۲) منجر به افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی (جدول ۲) شده، که توانایی

(شکل ۱): که منجر به افزایش تهویه و نیز تخلخل خاک گشته است. نیشکر کمک نموده است (۱۷ و ۱۸).
 که این موضوع احتمالاً به بهبود رشد گیاه در اثر کاربرد بیوچار باگاس

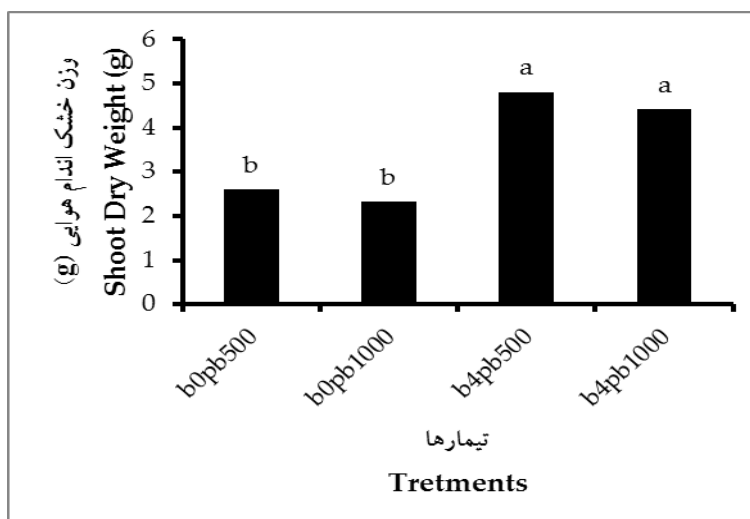


شکل ۱۶- تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر ارتفاع گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 16- Sugercan bagasse made biochar effect on maize plant height in a lead contaminated soil

خصوصیات شیمیایی خاک مانند گروه‌های عاملی و ظرفیت تبادل کاتیونی (۱۶) و دسترسی گیاه به عناصر غذایی افزایش یافته و گیاه رشد بهتری داشته باشد. (۱۷). بنابراین استفاده از بیوچار باگاس نیشکر می‌تواند یک راهکار مفید و به صرفه از نظر اقتصادی در پاکسازی مقطعی محیط‌زیست از آلاینده‌ها به شمار رود.

نوواک و همکاران در سال ۲۰۰۹ گزارش دادند که بیوچار احتمالاً موجب بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مانند ساختمان خاک نیز می‌شود. که این مسئله در بهبود شرایط فیزیکی خاک مانند تهویه و ظرفیت نگهداشت آب نیز تأثیرگذار بوده که منجر به بهبود رشد گیاه گردید (۲۵). علاوه بر این بیوچار احتمالاً موجب می‌شود که

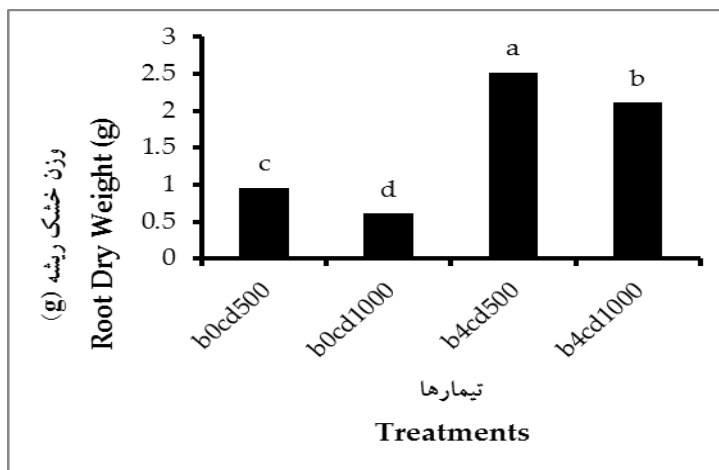


شکل ۱۷- تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر وزن خشک اندام هوایی گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 17- Sugercan bagasse made biochar effect on shoot dry weight of maize plant in a lead contaminated soil

زیتوده بیشتری نسبت به خاک شاهد تولید کرد (۲۸).

پژوهش‌های انجام شده نشان داد که کشت پیاز بهاره در خاک‌هایی که با بیوچار تهیه شده از چوب درخت اکالیپتوس تیمار شده بود،



شکل ۱۸- تأثیر بیوچار باگاس نیشکر بر وزن خشک ریشه گیاه ذرت در خاک آلوده به سرب

Fig 18- Sugercan bagasse made biochar effect on root dry weight of maize plant in a lead contaminated soil

موجب کاهش جذب و ضریب انتقال عناصر کادمیوم و سرب شده و در نتیجه موجب افزایش رشد گیاه گردید. احتمالاً بیوچار باگاس نیشکر از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک منجمله تخلخل، تهویه و رطوبت خاک و همچنین بهبود نسبی ظرفیت تبادل کاتیونی، سبب کاهش غلظت کادمیوم و سرب در اندام‌های گیاه گردیده، که باعث بهبود مقدار کلروفیل، سطح برگ و ارتفاع گیاه و نهایتاً زیتوده گیاه گردید. تجمع کادمیوم و سرب در ریشه و کاهش انتقال آنها به اندام هوایی و همچنین کاهش فاکتور تجمع زیستی نیز می‌تواند سهمی در بهبود زیتوده گیاهی داشته باشد. بدین ترتیب می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد بیوچار باگاس نیشکر در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین، می‌تواند بعنوان یک راهکار اصلاحی مناسب جهت بهبود رشد گیاه مورد استفاده قرار گیرد.

در کل، کاربرد چهار درصد وزنی بیوچار باگاس نیشکر و سطح ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم و ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم سرب سبب بیشترین میزان صفات مورد بررسی در گیاه ذرت شد و کاربرد ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم کادمیوم و ۱۰۰۰ میلی‌گرم سرب بدون حضور بیوچار باگاس نیشکر، موجب کمترین میزان صفات رشدی در گیاه ذرت گردید. علاوه بر این، کاربرد بیوچار باگاس نیشکر در تیمارهای ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب کادمیوم و سرب نسبت به تیمارهای متناظر رشد گیاه را افزایش داد. این مسئله نشان می‌دهد که احتمالاً بیوچار باگاس نیشکر می‌تواند توانایی خوبی را در غیرمتحرک کردن غلظتهای بالاتر از ۱۰۰ و ۱۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم به ترتیب کادمیوم و سرب نیز داشته باشد. که این مسئله نیازمند بررسی‌های بیشتر می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

کاربرد بیوچار باگاس نیشکر در خاک آلوده به کادمیوم و سرب،

منابع

- 1- APHA. AWWA. WPCF. 1992. Standard methods for Examination of Water and Wastewater. 18 Ed, 37-42, 157-160.
- 2- Beesley L. E., Moreno-Jiménez L., Jose J.L., Gomez-Eyles E., Harris B., Robinson B., and Sizmur T. 2011. A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. Environmental Pollution, 159; 3269-3282.
- 3-Carter S., Shackley S., Sohi S., Suy T. B., and Haeefe S. 2013. The Impact of Biochar Application on Soil Properties and Plant Growth of Pot Grown Lettuce (*Lactuca sativa*) and Cabbage (*Brassica chinensis*). Agronomy, 3: 404-418.
- 4- Del Rio – Celestino M., Font R., and More no – Rajas R. 2006. Uptake of lead and zinc by wild plant growing on contaminated soils. Industrial Crops and Products. Article in press.
- 5- Dong X., Ma L. Q., Zhu Y., Li Y., and Gu B. 2013. Mechanistic investigation of mercury sorption by brazilian pepper biochars of different pyrolytic temperatures based on X-ray photoelectrospectroscopy and flow calorimetry. Environmental Science Technology, 47: 12156-12164.
- 6- FAO/WHO. 1984. List contaminants and their maximum levels in foods. Codex Alimentarius commission. Available at

- <http://www.codexalimentarius.org>. (Visited on 10 November. 2012).
- 7- Ghazanshahi G. 2006. Water and soil and plant analysis. Yyzh publications.
 - 8- Gholami Kazargi M., Moezzi A. A., and amerikhah H. 2012. Move the lead on calcareous soils in the presence of EDTA and surfactant Anionian. First national conference on tourism and ecotourism Iran.
 - 9- Glaser B., Lehmann J., and Zech W. 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal: A Review. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 219-230.
 - 10- Golchin I. P., Safavi S., and Ateshnama, K. 2006. Native plant species superabsorbent lead and zinc in the province. Proceedings of the Conference on soil, environment and sustainable development. Karaj, pp: 22-21.
 - 11- Groppa M. D., Tomaro M. L., and Benarides M. P. 2007. Polyamines and heavy metal stress: the antioxidant behavior of spermine in Cadmium and Copper treated wheat leaves. *Biometals*, 20: 185-195.
 - 12- Hamzei E., Lakzian A., Astarai A. R., and Fotovat A. 2013. Effect of biochar and wastewater on soil cadmium availability and growth of mung bean. Conference of Agricultural Sciences and Natural Resources Sari B. danshghah resources management.
 - 13- Jalalipur J. 2014. The Biochar Effect on Yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) and Cadmium Bioavailability in Soil. Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the degree of Master of Science (M. Sc) in Soil Science. Graduate School Faculty of Water and Soil Department of Soil Science. University of Zabol.
 - 14- Kabata-Pendias A. 2000. Trace elements in soils and plants. London. CRC Press.
 - 15- Karimi R., Chorom M., and Mahmood, S. 2011. Oil-contaminated soils to assess the potential of lead, cadmium and nickel by Joe and Colza. First National Conference on strategies to achieve agricultural Paydar. Payame Noor University, Khuzestan province.
 - 16- Kharea P., Dilshada U., Routb P.K., Yadava V., and Jaina S. 2013. Plant refuses driven biochar: Application as metal adsorbent from acidic solutions. *Arabian Journal of Chemistry* Available online 5 December 2013.
 - 17- Lehmann J., and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management: science and technology. Earthscan, London and Sterling, VA USA, 2009.
 - 18- Liang B., Lehmann J., Solomon D., Kinyangi J., Gross man J., O'Neill B., Skjemstad J.O., Thies J., Luizao, F. J., Petersen J., and Neves E. G. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal*, 70:1719–1730.
 - 19- Marchiol L., Assolari S., Sacco P., and Zerbi G. 2004. Phytoextraction of heavy metals by canola (*Brassica napus*) and Radish (*Raphanus sativus*) grown on multicontaminated soil. *Environmental Pollution*, 132: 21-27.
 - 20- Marschner H. 2011. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Academic press.
 - 21- Mc Grath S. P., Chaudri A. M., and Giller K. E. 1995. Long-term effects of metals in sewage on soils, microorganisms and plants. *Journal of industrial and biotechnology*, 14: 94-104.
 - 22- Mortvedt J. J. 1996. Heavy Metal contaminated in inorganic and organic fertilizers. *Fertilizer research*, 43: 55-61.
 - 23- Namgay T., Singh B., and Singh B.P. 2010. Influence of biochar application to soil on the availability of As, Cd, Cu, Pb, and Zn to maize (*Zea mays* L.). *Soil research*, 48: 638-647.
 - 24- Nigussie A., Kissi E., Misganaw M., and Ambaw G. 2012. Effect of Biochar Application on Soil Properties and Nutrient Uptake of Lettuces (*Lactuca sativa*) Grown in Chromium Polluted Soils. *American-Eurasian. Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 12 (3): 369-376.
 - 25- Novak J. M., Busscher W. J., Watts D. W., Laird D. A., Ahmedna M. A., and Niandou M. A. S. 2010. Short-term CO₂ mineralization after additions of biochar and switchgrass to a Typic Kandudult. *Geoderma*, 154(3-4): 281-288.
 - 26- Orcutt D. M., and Nilsen E. T. 2000. Plant physiology under stress. John Willy Inc Page, A. L., 1974. Fact and effects of trace element in sewage sludge when applied to agricultural lands. *Environmental Technology*. Ser, EPA-670/2-74005. Cincinnati Ohio.
 - 27- Page A. L., Miller R. H., and Keeney D. R. 1982. Methods of soil analysis Agronomy No G. Partz USA. Inc.
 - 28- Park J. H., Choppala G. H., Bolan N. S., Chung J. W., and Chuasavathi T. 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant Soil*, 348: 439–451.
 - 29- Pas J. I., and Jones W. 2000. The handbook of trace element. ST. Lucie press Bocarton, Florida.
 - 30- Rahoards J. D., Ingvabon R. D., and Hatcher, D. D. 1970. Laboratory determination Leacheable soil boron. *Soil Science Society of American*, 34: 871-875.
 - 31- Rajkovich R., Akioenders R., Hanley K., Hyland C., Zimmerman A. R., and Lehmann, J. 2011. Corn growth and nitrogen nutrition after additions. *Biology and Fertility of Soils*, 48(3): 271-284.
 - 32- Ramazani M., and Ghasemi S. 2011. Study of phytoremediation lead by maize (*Zea mays* L.). First National Conference on phytoremediation. Tehran, February 2011.
 - 33- Sohi S., Lopez-Capel E., Krull E., and Bol R. 2009. Biochar's role in soil and climate change: a review of research needs. *CSIRO Land and Water Science Report*, 59: 1–57.
 - 34- Sharma P., and Doby R. S. 2005. Toxicity in plants. *Brazil Journal Plant physiology*, 17(1): 35-52.
 - 35- Song W., and Guo M. 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 94: 138-145.

- 36- Temple P. J., and Bisessar B. 1981. Uptake and toxicity of nickel and other metals in crops growth on soil contaminated by nickel refinery. *Plant Nurtient*, 3: 473 – 482.
- 37-Thomas S.C., Frye S., Gale N., Garmon M., Launchbury R., Machado N., Melamed S., Murray J., Petroff A., and Winsborough C. 2013. Biochar mitigates negative effects of salt additions on two herbaceous plant species. *Journal Enviromental Management*, 15:129:62-8.
- 38- Verstraete W., and Top E. M. 1999. Soil clean – up : lessons to remember. *International Biodeteriortions and Biodradation*, 43 : 147-153.
- 39-Wal kely A., and Black, I. A. 1934. An examination of the degty are method for determination of soil organic matter and proposed modification of chronic acid method. *Soil Science*, 37: 29-38.
- 40-Yaghoobzadeh F. 2011. Phytoremediation Cadmuiem by maize (*Zea mays L.*). Master's thesis, Islamic Azad University of Saveh.
- 41-Yang X. E., Long X.X., Ye H.B., He Z.L., Calvert D.V., and Stoffella P.J. 2004. Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Zn hyperaccumulating plant species (*Sedum alfredii Hance*). *Plant Soil*, 259:181-189.
- 42- Yu X. Y., Ying G. G., and Kookana R. S. 2009. Reduced plant uptake of pesticides with biochar additions to soil. *Chemosphere*, 76: 665–671.

Effect of Sugarcane Bagasse Made Biochar on Maize Plant Growth, Grown in Lead and Cadmium Contaminated Soil

M. Biria¹- A. A. Moezzi^{2*}- H. AmeriKhah³

Received: 05-06-2016

Accepted: 06-09-2016

Introduction: Among wide variety of soil pollutants including heavy metals, acidic precipitation and other toxicants, the importance of heavy metals due to their pollution capacity has received growing attention in recent years. These metals enters into soil through municipal and industrial sewage as well as direct application of fertilizer and pesticides. High cadmium and lead concentration in soil lead to severe environmental pollution. Such pollution not only has a destructive effect on crop yield but also endangers human being and other creatures' health after entering in their food chain. Several physical, chemical and biological methods used to reduce the adverse effect of high concentration of heavy metals in soil. In spite of the high cost, these methods are not always suitable for reclamation of small area and mostly have side effect on physico-chemical and biological characters of soil, after application. Biochar produced by thermal decomposition of biomass in the absence or presence of low oxygen. These material due to their high specific surface area and high cation exchange capacity may have great ability to absorb charged material including heavy metals. Therefore in this study attempt is made to evaluate the effect of sugarcane bagasse -derived biochar in improving maize plant growth in cadmium and lead contaminated soils.

Material and methods: This study was carried out during the year 2014 in two separate experiments in Shahid Chamran university. The treatments in each case consisted of two levels of sugarcane bagasse made biochar (0 and 4 percent by weight) in combination with each soil, properly contaminated with 50 and 100 mg cadmium per kg soil in first experiment and 500 and 1000 mg lead per kg soil in the second. The treated soils were applied to pot and arranged in a complete randomized block design and replicated 3 times. Prior to introduction of soil to pots, the heavy metal contaminated soils with moisture content around 70 percent of F.C. were incubated for 30 days. During incubation period sugarcane bagasse was dried, milled, sieved, compacted and subjected to traditional furnace at 550 °c for 3 hours on low pyrolysis. The furnace temperature was controlled manually using lesser thermometer. The furnace cooled down and the collected sugarcane bagasse made biochar sieved again. The incubated soil mixed with proper amount of sugarcane bagasse made biochar and incubated under previous condition for 45 days. The treated soils were poured to the labeled pots and 3 maize seeds were sown in each pot and two weeks after emergence thinned to one plant per pot. Nineteen days after sowing, the height of the plants and chlorophyll index were recorded and plants were harvested and leaf area of each plant was recorded, maize root content of each pot were carefully separated from soil and along with shoot property washed, dried, weighed and after milling subjected to chemical analysis. Prior to sowing maize seeds some of physico-chemical properties of untreated soil were estimated. Furthermore few characteristics of sugarcane bagasse made biochar including pH and EC in 1 : 10 solution of biochar to water recorded. N, C, H, O concentration were estimated by elementary analyzer. Cation exchange capacity of sugarcane bagasse made biochar was measured by ammonium acetate method. Moreover its functional group determined by FT-IR method. Specific surface area estimated as per Brunauer Emmet Teller (BET) method. Sugarcane bagasse made biochar image was obtained from scanning electron microscope. Cadmium and lead concentration in root and shoots were estimated by atomic absorption spectrometer after wet digestion. SAS software was used for statistical analysis data which followed by Duncan test to compare the mean values.

Results and discussion: The results showed that implementation of cadmium and lead led to decrease in chlorophyll index, leaf area, height of plant and root and shoot dry weight significantly. But the sharp decline in the concentration of cadmium and lead in root and shoot after sugarcane bagasse made biochar application improved chlorophyll index, leaf area, height of plant, root and shoot dry weight. Application of 4% Sugarcane bagasse made biochar, decreased transfer factor (TF) and bioaccumulation factor (BF) of these elements compared to control. The results showed high capability of sugarcane bagasse made biochar to absorb cadmium and lead and reduce their availability to plant respectively. In fact application of sugarcane bagasse made biochar

1, 2 and 3 - M.Sc. Graduate, Associate Professor and Instructor, Soil Science Department, Shahid Chamran University of Ahvaz

(*-Corresponding Author Email: moezzi251@gmail.com)

dwindled cadmium and lead absorption as well as their transfer factor and bioaccumulation factor, and hence improved plant growth.

Conclusion: The results obtained after sugarcane bagasse made biochar application mainly initiated due to high cation exchange capacity of which eventually was created by large number of functional groups in its high specific surface area (table 2) to stabilize cadmium and lead and render them unavailable to plant and hence improve its growth.

Keywords: Bioaccumulation, Biomass, Fixation, Heavy metal, Transfer Factor