# بررسی تأثیر کاربرد بیوچار بر قابلیتجذب کادمیم در دو شرایط رطوبتی

بنفشه افراسیابی [۱]، ابراهیم ادهمی [۲]، حمیدرضا اولیایی [۲]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج، ۲-دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

## چکیده
فلزات سنگین از جمله کادمیم از مهمترین آلاینده‌ها به شمار می‌روند. که متأسفانه میزان آن‌ها با صنعتی شدن و رشد جمعیت رو به افزایش است. در مطالعه حاضر با مصرف بیوچار تولید شده از تفاله پسته در سه دمای ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلیسیوس و مقدار ۲ و ۴ درصد و با عصاره‌گیری با DTPAدر زمان‌های ۲۰ و ۹۰ روز در دو شرایط رطوبتی غرقاب و ۲۰ درصد وزنی مورد بررسی قرار گرفت. میزان کادمیم اضافه شده به تیمارها ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که رطوبت، نوع بیوچار و سطح بیوچار و برهمکنش نوع بیوچار در رطوبت و سطح بیوچار تأثیر معنی‌داری بر کادمیم قابل عصاره‌گیری با DTPA داشته. به طور کلی شرایط غرقاب با بیوچار دمای ۶۰۰ درجه سلیسیوس سطح ۴ درصد بیشترین تأثیر را در کاهش عصاره‌گیری با DTPA نشان داد.

واژه های کلیدی: کادمیم، بیوچار، DTPA، سنیتیک جذب

## مقدمه
رشد جمعیت، افزایش فعالیت‌های کشاورزی و پیشرفت‌های صنعتی منجر به افزایش آلودگی فلزات سنگین و تخریب منابع طبیعی شده است. این امر نه تنها منجر به تخریب منابع طبیعی و تجمع آن‌ها در خاک و آب می‌شود بلکه با جذب توسط گیاهان وارد زنجیره غذایی شده و سلامت جانداران و همین‌طور انسان را به خطر می‌اندازد (ثواقبی و ملکوتی، ۱۳۷۹). آلودگی فلزات سنگین می‌تواند از طرق مختلفی از جمله استخراج معادن، احتراق سوخت‌های فسیلی فاضلاب، متالوژی (توکالیگلو و همکاران، ۲۰۰۳) و همین‌طور ریخته‌گری، نساجی، رنگسازی و صنایع مشابه (دابروسکی، ۲۰۰۴) انجام پذیرد.
در میان فلزات سنگین کادمیم به دلیل سمیت بیشتر از سایر فلزات و قابلیت جذب بالای آن توسط گیاه حائز اهمیت است (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۲). دامنه تغییرات غلظت کادمیم کل، در خاک‌های غیر آلوده ۱-۱/۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک است (پایس و جونز، ۱۹۹۷) و حد بحرانی کادمیم ۳ تا ۸ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک گزارش شده است که توقف در رشد گیاهان را در پی دارد (آلووی و همکاران، ۱۹۹۰).
میسرا و همکاران (۱۹۹۰)، با افزودن ۵۰ میلی‌گرم روی، مس، نیکل، کتدمیوم، سرب و کروم در کیلوگرم خاک تحت شرایط غرقابی و در چهار خاک مختلف و عصاره‌گیری آن‌ها با DTPA طی یک دوره خواباندن ۱۲۰ روزه، مشاهده کردند که گرچه قابلیت عصاره‌گیری فلزات به ماهیت فلز و ویژگی‌های خاک بستگی داشت اما با افزایش زمان خواباندن از مقدار فلزات قابل عصاره‌گیری کاسته شد.
بررسی قابلیت جذب کادمیم و همین‌طور بررسی اثر زمان در شرایط رطوبتی مختلف اهمیت زیادی دارد عناصر فلزی از جمله کادمیم به محض ورود به خاک بیشترین حلالیت و فراهمی را داشته اما با گذشت زمان و بر اثر واکنش‌هایی چون جذب سطحی، رسوب، کلاته شدن، اکسید و احیا، تبادل، واکنش با آهن و منگنز و ورود به شبکه کانی‌ها از قابلیت جذب آن‌ها کاسته شده و به شکل‌های کم محلول‌تر تبدیل می‌شوند (لیم و همکاران، ۲۰۰۲؛ مک‌لارن و همکاران، ۱۹۹۸).
امروزه استفاده از موادی که بتواند قابلیت جذب و فراهمی عناصر سنگین و در نتیجه آلودگی ناشی از این فلزات را کاهش دهد اهمیت زیادی پیدا کرده است. بیوچار یکی از موادی است که منشأ آلی داشته و با هدف بهبود ویژگی‌های خاک به کار می‌رود (لهمان و همکاران، ۲۰۰۶). بیوچار (Biochar) زغال تهیه‌شده از زیست توده‌های گیاهی و ضایعات کشاورزی است که طی فرایند پیرولوسسیس (Pyrolysis) تولید می‌شود. این فرایند، سوختن کند و آرام مواد آلی در شرایط کمبود اکسیژن یا نبود آن است. یکی از ویژگی‌های این ماده تخلخل بالای آن است که این ویژگی موجب افزایش سطح و واکنش‌پذیری بالای آن با مولکول‌های آلی و غیرآلی می‌شود (لوین، ۲۰۰۹). در مطالعه حاضر تأثیر افزودن بیوچار تفاله پسته در دماهای مختلف بر قابلیت جذب کادمیم در دو شرایط رطوبتی بررسی شد.

## مواد و روش‌ها
خاک مورد استفاده در تحقیق از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری از خاک جمع آوری شد و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آنشامل pHخاک در گل اشباع بافت به روش هیدرومتری، ظرفیت تبادل کاتیونی با جانشینی با استات آمونیوم یک نرمال (سامر و میلر، ۱۹۹۶)، ماده آلی به روش اکسیداسیون مرطوب، کربنات کلسیم معادل با استفاده از تیتراسیون برگشتی تعیین شدند (جدول ۱).
بیوچار مورد استفاده از تفاله‌های پستهدر دماهای مختلف تهیه شد، دماهای مورد استفاده برای تولید بیوچار ۲۰۰، ۴۰۰، و ۶۰۰ درجه سلیسیوس بود.

طرح آزمایشی به صورت فاکتوریل ۳×۳×۲ با مقدار کاربرد بیوچار در سه سطح ( صفر، ۲ و ۴ درصد بیوچار)، نوع بیوچار در چهار سطح ( خام، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ درجه سلیسیوس) و رژیم رطوبتی در دو سطح ( رطوبت ۲۰ درصد وزنی و غرقاب) با دو تکرار بود. نمونه‌ها با ۲۵ میلی‌گرم کادمیم بر کیلوگرماز نیترات کادمیمآلوده شدند.

در زمان‌های ۱۵ و ۹۰ روزبا عصاره‌گیر DTPA-TEA(لیندسی و نوروول، ۱۹۷۸)عصاره‌گیری انجام شد و غلظت کادمیم قابل استفاده با دستگاه هیتاچی ۲۳۰۰ ZCASTاندازه‌گیری شد. تجزیه تحلیل آماری با نرم‌افزار MSTATC انجام شد.

**نتایج و بحث**

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و بیوچار مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است. پیامدها و چگونگی اثر بیوچار بستگی زیادی به خصوصیات آن دارد. محدوده pHبیوچارها در محدوده ۳۶/۹-۲۲/۵،مقدار ماده‌آلی ۲/۸۷-۴/۶۷، که این مقدار نشان دهنده مقدار بالای ماده آلی آن‌ها است و EC بیوچارها در محدوده ۹/۳۱-۳۷/۱۲ اندازه‌گیری شد.

**جدول۱-خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و بیوچار مورد مطالعه**

تجزیه واریانس نتایج (جدول ۲) نشان داد که در روز ۱۵ اثر سطح بیوچار و رطوبت در سطح ۵ درصد معنی‌دار و برهمکنش سطح

| نوع بیوچار | درصد ماده آلی | پتاسیم(%) | روی (mg. kg⁻¹) | منگنز (mg. kg⁻¹) | آهن (mg. kg⁻¹) | EC | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| شاهد | ۲/۸۷ | ۶۴/۷ | ۷۵/۱ | ۶ | ۷۶۴ | ۲۴/۱ | ۲۲/۵ |
| ۲۰۰ | ۹/۸۳ | ۹۳/۸ | ۷۵/۲ | ۲۵/۷ | ۳۶۱ | ۵۳/۱ | ۶۳/۶ |
| ۴۰۰ | ۶۹ | ۱۲/۱۷ | ۷۵/۶ | ۱۵ | ۶۱۸ | ۲۷/۲ | ۵۸/۹ |
| ۶۰۰ | ۴/۶۷ | ۱۸/۲۰ | ۲۵/۷ | ۲۵/۱۸ | ۶۳۲ | ۱۹/۳ | ۳۶/۹ |

و نوع بیوچار و همچنین برهمکنش نوع بیوچار و رطوبت اثر معنی‌دار در سطح ۱ درصد داشت. در روز ۹۰ اثر همه منابع به استثنای برهمکنش سطح بیوچار در رطوبت در سطح ۱ درصد آماری معنی‌داربود.

**جدول۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر قابلیت جذب کادمیم در خاک در دو زمان عصاره‌گیری شده**

| منبع تغییرات | درجه آزادی | زمان | |
|---|---|---|---|
| | | روز ۱۵ | روز ۹۰ |
| نوع بیوچار | ۳ | ۷۵/۰ ns | ۵۰۵/۰** |
| سطح بیوچار | ۱ | ۶۳/۲* | ۵۷۰/۰** |
| سطح بیوچار × نوع بیوچار | ۳ | ۸۳/۳** | ۳۴/۱** |
| رطوبت | ۱ | ۶۱/۱* | ۵۷/۵** |
| سطح بیوچار × رطوبت | ۱ | ۲۸۹/۰ ns | ۰۴۶/۰ ns |
| نوع بیوچار × رطوبت | ۳ | ۴۹/۲** | ۵۱/۲** |
| سطح بیوچار × نوع بیوچار × رطوبت | ۳ | ۱۴۷/۰ ns | ۱۴۳/۰* |
| خطا | ۱۶ | ۳۶۴/۰ | ۰۳۹/۰ |

ns : معنی‌دار نیست

**در سطح ۱ درصد معنی‌دار : ***

**: در سطح ۵ درصد معنی‌دار

بررسی میانگین اثرات عوامل مختلف در روزهای ۱۵ و ۹۰ (جدول ۳) نشان داد که به صورت کلی در شرایط غرقاب مقدار کادمیم موجود کمتر از شرایط ۲۰ درصد وزنی بود.با افزایش سطح بیوچار به طور کلی میانگین غلظت کادمیم قابل جذب کاهش یافت. در روز ۹۰ نسبت به روز ۱۵ ام غلظت کادمیم کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته است. در هر دو زمان ۱۵ و ۹۰ روز کمترین غلظتکادمیم قابل جذب با افزودن بیوچار دمای ۶۰۰ در سطح ۴ درصد مشاهده شد. این نتیجه با مطالعات گمز-ایلز (۲۰۱۱) مطابقت ندارد، آن‌ها بیان کردند که بیوچار به دلیل pHبازی آن در خاک‌های اسیدی باعث افزایش pH خاک و کاهش تحرک فلزات کاتیونی می‌شود در صورتی که در خاک‌های خنثی تا قلیایی ممکن است منجر به کاهش تحرک فلز نشود. بیسلی و همکاران (۲۰۱۱) نیز عنوان کردند که بیوچار به عنوان یک تثبیت‌کننده فلزات نیست بلکه اثرات pH بازی آن در خاک‌های اسیدی دلیل کاهش غلظت فلزات است، درصورتی که نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد که با وجود pH تقریبا خنثی خاک مورد مطالعه بیوچار با pH بازی باعث کاهش چشمگیر در غلظت کادمیم قابل جذب اضافه شده در محیط شد.

**جدول ۳- میانگین‌غلظت کادمیم هر تیمار در روز ۱۵ و ۹۰**

| نوع بیوچار | سطح بیوچار | |
|---|---|---|
| | ۲ درصد | ۴ درصد |

| | ۲۰ درصد وزنی | غرقاب | ۲۰ درصد وزنی | غرقاب |
|---|---|---|---|---|
| | روز ۱۵ | | | |
| شاهد | ۰۴/۴ | ۴۵/۳ | ۵۵/۴ | ۳۹/۳ |
| ۲۰۰ | ۸۶/۴ | ۴۲/۳ | ۵۲/۵ | ۶۶/۳ |
| ۴۰۰ | ۴۷/۴ | ۰۲/۴ | ۸۹/۳ | ۸۱/۳ |
| ۶۰۰ | ۲۱/۴ | ۶۶/۲ | ۰۹/۲ | ۶۳/۲ |
| | روز ۹۰ | | | |
| شاهد | ۲۳/۳ | ۷۳/۱ | ۲۴/۳ | ۱۴/۲ |
| ۲۰۰ | ۱۳/۳ | ۳۷/۱ | ۵۸/۳ | ۳۱/۱ |
| ۴۰۰ | ۱۳/۳ | ۳۹/۲ | ۰۴/۳ | ۵۱/۲ |
| ۶۰۰ | ۴۶/۲ | ۴۳/۳ | ۳۲/۱ | ۵۹/۱ |

بیان و همکاران (۲۰۱۴) با بررسی غیر متحرک کردن کادمیم و سرب در شالیزارهای آلوده به این عناصر با استفاده از بیوچار تولید شده از گندم بعد از سه سال بیان کردند که با عصاره‌گیری با DTPAبیشترین کاهش مقدار کادمیم در سال سوم مشاهده شد و بیشترین کاهش در بیشترین سطح بیوچارمشاهده شد. فلزات سنگین موجود در خاک به سطوح رس، کانی‌های اکسید آهن و یا به صورت کاتیون‌های لیگاندی آزاد هستند (آلووی، ۲۰۱۳). با ورود بیوچار این ماده می‌تواند به عنوان یک سطح برای اتصال این فلزات عمل کند (گومز ایلس و همکاران، ۲۰۱۳). بیسلی و همکاران (۲۰۱۰) اثر بیوچار و کمپوست را بر تحرک، فراهمی زیستی و سمیت آلاینده‌های آلی و معدنی را در خاک‌های آلوده به فاضلاب مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که غلظت روی و کادمیم به ترتیب به علت افزایش کربن آلی و افزایش دو واحد pH کاهش یافت.

در این تحقیق غلظت کادمیم در شرایطی که بیوچار به عنوان یک ماده آلی با سطوح و دماهای مختلف تولید شده برای کاهش غلظت کادمیم در خاک وجود دارد بررسی شد و به طور کلی مشاهده شد که با گذشت زمان و وجود سطوح بالاتر بیوچار و همچنین در شرایط رطوبتی غرقاب در حضور بیوچار دمای ۶۰۰، کمترین میزان کادمیم قابل جذب در خاک مورد مطالعه وجود داشت. بیوچار نه تنها به عنوان ماده‌ای جدید که توانایی جذب بالایی دارد، بلکه به عنوان ماده‌ای که از لحاظ محیط زیستی و اقتصادی با صرفه است می‌تواند مورد توجه قرارگرفته تا تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شود.

## منابع


ثواقبی، غ. ر. و ملکوتی، ج. ۱۳۷۹. اثرات روی و کادمیم بر غلظت عناصر و ترکیب شیمیایی دانه گندم. مجله علوم آب و خاک، ۱۲(۹): ۷۰-۶۴.

ملکوتی، م. ج و همایی، م. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک "مشکلات و راه حل‌ها". چاپ دوم. دفتر نشر آثار علمی دانشگاه تربیت مدرس تهران.

Alloway, B. J. ۱۹۹۰. Cadmium. In: Alloway B.J, editor. Heavy metals in soils. New York: Halsted; P. ۱۰۰-۱۲۴.

Alloway, B.J.۲۰۱۳.Trace metals and metalloids in soils and their bioavailability. Heavy Metals in Soils, third ed., Springer, Volume: ۲۲.

Beesley, L. and Marmiroli. M.۲۰۱۰. The immobilisation and retention of soluble arsenic, cadmium and zinc by biochar. Environmental Pollution, ۱۵۹: ۴۷۴-۴۸۰.

Beesley, L., Moreno-Jiménez,E.,Jose,L., Gomez-Eyles,J.L., Harris,E., Robinson,B. and Sizmur.T. ۲۰۱۱. A review of biochars' potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soils. Environmental Pollution ۱۵۹; ۳۲۶۹-۳۲۸۲.

Dabrowski. A. ۲۰۰۴. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial waste waters by ion-exchange method. Chemosphere, ۹۱-۱۰۶.

Gomez-Eyles,J.L., Luke,B. Eduardo,M.J. Upal,G. and Tom,S. ۲۰۱۳. The potential of biocharamendments to remediate contaminated soils, in: Biochar and Soil Biota, CRCPress, Boca Raton, FL. pp. ۱۰۰-۱۳۳.

Gomez-Eyles, J.L., Sizmur,T., Collins,C.D. andHodson,M.E. ۲۰۱۱. Effects of biochar and the earthworm Eisenia fetida on the bioavailability of polycyclic aromatic hydrocarbons and potentially toxic elements, Environmental Pollution. ۱۵۹: ۶۱۶-۶۲۲.

Lehmann, J. GauntJ. andRondonM. ۲۰۰۶. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems–a review. Mitigation and adaptation strategies for Global Change. ۱۱(۲): ۳۹۵-۴۱۹.

Levine., J.E. ۲۰۰۹. US-focused biochar report: Assessment of biochar's benefit for the united states of america, USBI - US Biochar Initiative, Colorado, USA.
Lim, T. T. and TayJ.H. TheC.I. ۲۰۰۲. Contamination time effect on lead and cadmium fractionation in a tropical coastal clay. Journal of Environmental Quality. ۳۱: ۸۰۶-۸۱۲.
Lindsay, W.L. and Norvell, W.A. ۱۹۷۸. Development of a DTPA soil testfor zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society ofAmerica Journal.۴۲, ۴۲۱e۴۲۸.
McLaren, R. G., BackesC. A., RateA. W. andSwittR. S. ۱۹۹۸. Cadmium and cobalt desorption kinetics from soil clays. Effect of sorption period. Soil Science Society of America Journal.۶۲:۳۳۲-۳۳۷.
Misra, A. K., SarkunanV., DasM. andNayarP. K., ۱۹۹۰. Transformation of added heavy metals in soils under flooded condition. The Journal of the Indian Society of Soil Science. ۳۸:۴۱۶-۴۱۸.
Pais, I., and Jones, J.B. ۱۹۹۷. The handbook of trace elements. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida. procedure for the determination of extractable metal contents in highway soils. TurkishJournal of Chemistry. ۲۷: ۳۳۳-۳۴۶.
Summer M. E. and Miller W. P. ۱۹۹۶. Cation exchange capacity and exchange coefficients. In: Methods of Soil Analysis, Part ۳(Sparks, D. L., Ed.), Journal of the American Societyof Agronomy, Madison, WI.

**Abstract**

Cadmium (Cd) is of the most important contaminant among the heavy metals which their concentration is being increased with industrialization and population growth. In the present study, the effect of biochar addition from pistachioat ۳ temperatures ۲۰۰, ۴۰۰ and ۶۰۰ ℃ and two rates, ۲ and ۴ % studied in two moisture conditions ۲۰% w/w and waterlogging on the DTPA extractable Cd on ۲۰ and ۹۰ d. ۲۵ mg $kg^{-1}$ Cd added to samples. Results showed that moisture content, biochar type and rate and the interaction of biochar type in moisture content, and biochar level in moisture content had significant effect on the DTPA-Cd. Generally, waterlogging in the presence of ۴% biochar ۶۰۰ ℃ showed the highest decrease of DTPA-Cd.