پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۶ تا ۸ شهریور ۱۳۹۶ محور مقاله: شیمی و حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه

اثر لجن فاضلاب، بیوچار و بقایای پوسته برنج بر زیست فراهمی برخی عناصر غذایی کم مصرف خاک

زهرا زیبایی[۱]، رضا قاسمی فسایی[۲]، پویا استوار[۳]
۱ و ۳- دانشجویان دکتری ، ۲- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

چکیده

لجن فاضلاب سرشار از مواد آلی و عناصر غذایی، تاثیر مثبتی بر رشد گیاه دارد اما تجمیع عناصر سنگین نظیر سرب، کادمیم، کروم، مس، روی و نیکل موجود در آن، استفاده از این ماده را در کشاورزی محدود می کند. در مطالعه حاضر به منظور مدیریت بهینه استفاده از لجن فاضلاب ، این ماده همراه با بیوچار و بقایای پوسته برنج در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۳×۴×۳ کاملا تصادفی با لجن فاضلاب در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر کیلوگرم خاک)، بقایا/بیوچار در چهار سطح (شاهد، بیوچار، بقایای گیاهی و بیوچار + بقایای گیاهی) و سه تکرار بکار گرفته شد. نتایج نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش معنی دار قابلیت دسترسی فلزات در خاک به ترتیب روی> آهن> منگنز> مس گردید. اما غلظت کادمیم و سرب عصاره گیری شده توسط دی تی پی ا در خاک پس از برداشت گیاه لوبیا ناچیز و کمتر از حد کشف دستگاه جذب اتمی بود. پایین ترین غلظت روی، مس و آهن قابل عصاره گیری خاک با دی تی پی ا در تیمار بیوچار + بقایای پوسته برنج مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: لجن فاضلاب، بیوچار، پوسته برنج، خاک آهکی

مقدمه

خاک های مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلایل مختلف از جمله عدم وجود پوشش گیاهی کافی و بازگشت مقدار کم بقایای گیاهی به خاک، دارای مقدار اندکی مواد آلی می باشند (کرمی و همکاران، ۱۳۸۷). رشد بسیاری از گیاهان زراعی از جمله حبوبات که پس از غلات دومین غذای بشر محسوب می شوند، در این خاک ها با مشکل تغذیه عناصر کم مصرف مانند آهن، روی، مس و منگنز روبرو می باشد. بکارگیری مواد آلی از جمله روش هایی است که می تواند مقدار قابل جذب عناصر کم مصرف خاک را افزایش دهد. در سال های اخیر استفاده از لجن فاضلاب که حاوی مقادیر زیادی ماده آلی و عناصر غذایی است، در بسیاری از مناطق کشور رواج یافته است. هر چند لجن فاضلاب از پسماندهای آلی است که علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک موجب افزایش غلظت عناصر ضروری پرمصرف و کم‌مصرف برای رشد گیاه می شود (Baran et al. 2001)، اما تجمیع عناصر سنگین نظیر سرب، کادمیم، کروم، مس، روی و نیکل در لجن فاضلاب، استفاده از این ماده را در کشاورزی محدود می کند (Suciu et al. 2015). جهت کاهش ریسک مخاطرات فلزات سنگین موجود در خاک که با استفاده از لجن فاضلاب بر مقدار آن ها افزوده می شود، زیست فراهمی آنها باید اصلاح شود، در این صورت تجمع و سمیت آنها در زنجیره مواد غذایی کاهش خواهد یافت (Ahmad et al. 2014). به همین دلیل فرایند تثبیت فلزات با خاک های اصلاح شده جهت کاهش ریسک انتقال فلزات سنگین به آب های زیرزمینی و اکوسیستم خاک، توسعه یافته است (Rees et al. 2014). در این راستا استفاده از اقدامات تضعیف کننده طبیعی نظیر ارتقاء پایداری خاک از طریق مواد آلی در مقایسه با برداشت و جابه جایی خاک های آلوده و سایر راهکارهای مهندسی سخت، مناسب تر و اقتصادی تر است (Beesley et al. 2013). کاربرد بیوچار که طی فرایند آتشکافت[۱] تولید می شود و برای استفاده در مدیریت محیط زیست طراحی شده است (Lehmann and Joseph, 2015). بیوچار به دلیل ساختار حلقوی

[1] Pyrolysis

(آروماتیک) بالا، به عنوان یک ماده جذب کننده قوی و موثر برای آلاینده های آلی و غیر آلی شناخته می شود (Bian et al. 2013). گروه های عاملی بیوچار بسته به طبیعت بار سطحی آنها، بر فرایند جذب تاثیر می گذارند، بگونه ای که فلزات جذب سطوح ذرات بیوچار می شوند (Amonette and Joseph, 2009). هدف از انجام این آزمایش بررسی تاثیر اثر لجن فاضلاب، بیوچار و بقایای پوسته برنج بر زیست فراهمی برخی عناصر غذایی کم مصرف در خاک پس از برداشت لوبیا می باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب یک آزمایش فاکتوریل ۳×۴×۳ در قالب طرح کاملا تصادفی با لجن فاضلاب در سه سطح (۰، ۵۰ و ۱۰۰ گرم بر کیلوگرم خاک)، چهار سطح بقایا و بیوچار (شاهد، بیوچار، بقایای گیاهی و بیوچار + بقایای گیاهی (به نسبت ۱ به ۱)) هر کدام به میزان ۲ درصد وزنی در سه تکرار انجام شد. جهت انجام این تحقیق، مقدار مناسبی خاک از افق سطحی سری کوی اساتید، از ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه استان فارس تهیه شد و پس از هوا خشک کردن و عبور از الک دو میلی متری برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد (جدول ۱). لجن فاضلاب از تصفیه خانه استان فارس تهیه و پس از هوا خشک شدن از الک ۰/۷ میلیمتری عبور داده شد. برای تهیه بیوچار، پوسته های برنج از کامفیروز جمع آوری و در ورقه های آلومینومی بسته بندی و به مدت ۴ ساعت در دمای ۴۰۰ درجه سانتی گراد در داخل کوره قرار داده شدند تا فرایند آتشکافت صورت پذیرد. برخی ویژگی های بقایا، بیوچار و لجن فاضلاب مورد استفاده در آزمایش مورد اندازه گیری قرار گرفت (جدول ۲ و ۳). در ابتدا نمونه های خاک ۲ کیلوگرمی توزین شدند و پس از اعمال تیمار ها به گلدان های پلاستیکی منتقل گردید و تعداد ۳ بذر لوبیا چیتی در هر گلدان کشت شد. در طول دوره رشد گلدان ها روزانه توزین و به وسیله آب مقطر تا ۸۰ درصد رطوبت ظرفیت مزرعه آبیاری شدند. هشت هفته پس از کاشت اندام هوایی گیاه جداسازی شد و خاک گلدان ها پس از هوا خشک کردن، برای تجزیه آزمایشگاهی استفاده شد.

جدول۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

ویژگی	کمیت
بافت	رسی سیلتی
پ-هاش	۷/۸۳
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰/۳۴
ماده آلی (٪)	۱/۱
منگنز قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۱/۸۵
مس قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۱/۶۸
آهن قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۱/۸۸
روی قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۰/۶۰

جدول۲- ویژگی های بقایا و بیوچار پوسته برنج

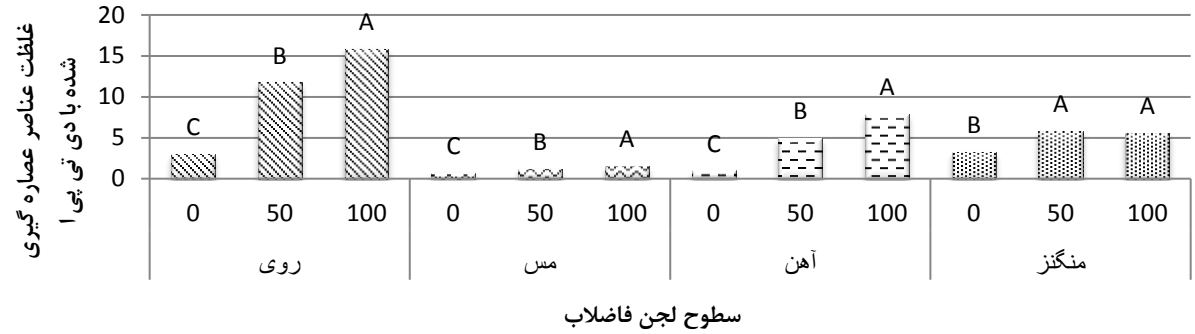
ویژگی	پ-هاش (۱:۵)	قابلیت هدایت الکتریکی(۱:۵)
بقایا پوسته برنج	۶/۱۸	۳/۰۲
بیوچار پوسته برنج	۷/۵۴	۱/۴۱

جدول۳- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی لجن فاضلاب کاربردی

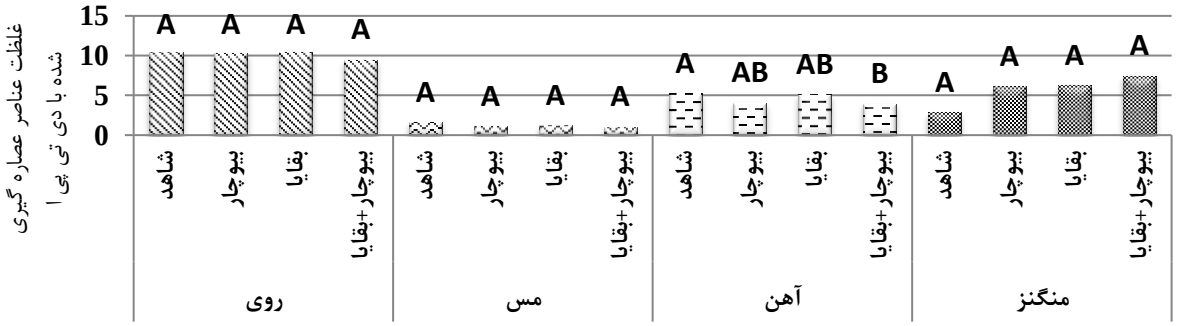
ویژگی	کمیت
پ-هاش	۷/۲۳
قابلیت هدایت الکتریکی (dS m-1)	۲/۷۹
نیتروژن کل(درصد)	۰/۶۷
فسفر قابل عصاره گیری با بی کربنات سدیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	۲۰
منگنز قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۲۷۰
مس قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۳۱
آهن قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۷۶۰۰
روی قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۳۵۰
سرب قابل عصاره گیری با دی تی پی ا	۸۲/۵

نتایج و بحث

اثر کاربرد سطوح لجن فاضلاب بر غلظت عناصر عصاره گیری شده با دی تی پی ا در خاک پس از برداشت لوبیا در شکل ۱ نشان داده است. همانگونه که ملاحظه می گردد کاربرد سطوح لجن سبب افزایش معنی دار روی (Zn) عصاره گیری شده از خاک شده است بگونه ای که میزان غلظت روی عصاره گیری شده از خاک در سطح ۵۰ و ۱۰۰ گرم لجن فاضلاب در کیلوگرم خاک، به ترتیب ۳/۹ و ۵/۳ برابر تیمار شاهد بوده است. این یافته با نتیجه گزارش شده توسط بوستانی و رونقی (۱۳۹۱) انطباق دارد. آنها نیز افزایش ۷/۳، ۷/۴ و ۱۰/۱ برابری غلظت روی عصاره گیری شده نسبت به تیمار شاهد در بافت های شنی، لوم شنی و لوم رسی را با کاربرد ۸۰ گرم لجن فاضلاب گزارش کرده اند. با توجه به اینکه نتایج حاصله از تجزیه خاک های کشاورزی ایران حاکی از کمبود روی به دلایل متعددی از جمله آهک زیاد، پ-هاش بالا، حضور بی کربنات بالا در آب آبیاری و مصرف بیش از نیاز کودهای فسفاته می باشد، بنابراین بکارگیری مواد آلی نظیر لجن فاضلاب از جمله اقداماتی است که می تواند مقدار قابل جذب عناصر کم مصرف همچون روی خاک را افزایش دهد. اثر کاربرد بیوچار، بقایای گیاهی و بیوچار+بقایا پوسته برنج (۱:۱) بر غلظت عناصر عصاره گیری شده با دی تی پی ا در خاک پس از برداشت لوبیا نیز در شکل ۲ نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می گردد اثر تیمار های مختلف بر غلظت روی عصاره گیری شده خاک معنی دار نیست اما پایین ترین غلظت روی قابل عصاره گیری با دی تی پی ا در تیمار بیوچار + بقایای پوسته برنج مشاهده شده است. Liang و همکاران (2006) نیز کاهش غلظت فلز در خاک را با کاربرد بیوچار گزارش کردند. در حقیقت بیوچار سبب عدم تحرک و تثبیت فلزات شده و همین عامل می تواند سبب کاهش غلظت فلزات در گیاه شود، ضمن اینکه تشکیل گروه های عاملی کربوکسیلیک و گروه های عاملی آروماتیک هیدروکسید در طول اکسیداسیون بیوچار، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را افزایش می دهد و احتمالاً باعث تشکیل کمپلکس های پایدار بیوچار- فلز سنگین در خاک می شود.



شکل۱. اثر سطوح لجن فاضلاب کاربردی بر غلظت عناصر عصاره گیری شده با دی تی پی ا در خاک پس از برداشت لوبیا



شکل ۲. اثر کاربرد بیوچار، بقایای گیاهی و بیوچار+بقایا (۱:۱) پوسته برنج بر غلظت عناصر عصاره گیری شده با دی تی پی ا در خاک پس از برداشت لوبیا

کاربرد سطوح لجن فاضلاب، افزایش معنی دار غلظت مس قابل عصاره گیری خاک را در پی داشته است (شکل ۱). بدین صورت که با کاربرد ۵۰ و ۱۰۰ گرم لجن غلظت در کیلوگرم خاک، غلظت مس به ترتیب ۶۷/۱ و ۱۱۵/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است. براساس مطالعات متعددی، افزودن فاضلاب و سایر مواد زائد شهری به خاک ها بدلیل مقادیر زیاد تر این عناصر منجر به افزایش غلظت عناصر کم مصرف خاک می گردد (Afyuni et al, 2006 and McBride, 2002). اثر کاربرد بیوچار، بقایای گیاهی و بیوچار+بقایا پوسته برنج (۱:۱) بر غلظت مس قابل عصاره گیری خاک معنی دار نیست، در اینجا نیز کمترین غلظت مس خاک در تیمار بیوچار+ بقایای پوسته برنج مشاهده شده است که اثر تعدیل کننده بیوچار را در غلظت فلزات سنگین خاک نشان می دهد.

همان گونه که از بررسی شکل ۱ بدست می آید، کاربرد لجن فاضلاب بر غلظت آهن عصاره گیری شده خاک توسط دی تی پی ا معنی دار بوده است. با بکارگیری لجن فاضلاب به میزان ۵۰ و ۱۰۰ گرم در کیلوگرم خاک، غلظت آهن عصاره گیری شده خاک به ترتیب به میزان ۴۰۹/۳ و ۷۱۰/۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافته است. افزایش آهن قابل جذب خاک درنتیجه کاربرد لجن فاضلاب را می توان علاوه بر مقدار قابل توجه آهن در لجن فاضلاب به کاهش پ- هاش خاک به دلیل استفاده از این ماده آلی نسبت داد (بوستانی و رونقی، ۱۳۹۱). پایین ترین غلظت آهن قابل عصاره گیری با دی تی پی ا نیز در تیمار بیوچار + بقایای پوسته برنج مشاهده شده است که در اینجا برخلاف سایر عناصر مورد مطالعه، با تیمار شاهد اختلاف معنی داری دارد (شکل ۲).

کاربرد لجن فاضلاب بر غلظت منگنز قابل عصاره گیری خاک نیز نسبت به تیمار شاهد معنی دار است. بگونه ایکه با بکارگیری لجن فاضلاب به میزان ۵۰ و ۱۰۰ گرم در کیلوگرم خاک، غلظت منگنز قابل عصاره گیری خاک نسبت به تیمار شاهد (بدون استفاده از لجن فاضلاب) به ترتیب ۷۸/۴ و ۷۰/۴ درصد افزایش یافته است. همانگونه که ملاحظه می شود برخلاف سه عنصر مورد

مطالعه قبلی افزایش کاربرد لجن فاضلاب از ۵۰ به ۱۰۰ گرم در کیلوگرم خاک، موجب کاهش غلظت منگنز قابل عصاره گیری خاک می شود که البته این اختلاف معنی دار نیست (شکل ۱). بطورکلی افزایش غلظت عناصر میکرو(آهن، روی، مس و منگنز)، در پی کاربرد لجن فاضلاب در خاک توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (حسین پور و همکاران، ۱۳۹۵ و نظری و همکاران، ۱۳۸۵) که یکی از دلایل آن را افزایش مستقیم این عناصر در اثر افزودن لجن فاضلاب به خاک بیان کرده اند (Chang et al., 1997). هرچند اثر کاربرد بیوچار، بقایای گیاهی و بیوچار+بقایا پوسته برنج (۱:۱) بر غلظت منگنز قابل عصاره گیری خاک معنی دار نیست (شکل ۲) اما روند مشاهده شده برای این عنصر برخلاف سه عنصر مورد مطالعه است. بدین گونه که بالاترین غلظت منگنز قابل عصاره گیری خاک در تیمار بیوچار+بقایای پوسته برنج مشاهده شده است.

منابع

بوستانی، ح. و رونقی، ع.م. ۱۳۹۱. زیست فراهمی عناصر غذایی در سه بافت یک خاک آهکی تحت تاثیر کاربرد لجن فاضلاب و کود شیمیایی پس از برداشت ذرت. جلد ۲۶، شماره ۲، صفحه های ۲۷۲تا۲۸۲.

کرمی، م.، م. افیونی، ی. رضایی نژاد و ا. خوشگفتارمنش. ۱۳۸۷. آثار تجمعی و باقی مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت روی و مس در خاک و گیاه گندم. مجله علوم آب و خاک؛ ۱۲ (۴۶):۶۳۹-۶۵۴.

Afyuni M, Schulin, R., Rezaeinejad, Y., 2006. Extractability and plant uptake of Cu, Zn, Pb and Cd from a sludge - amended Haplargid in central Iran. Arid Land Research Management 20(1): 29 – 41

Ahmad, M., Rajapaksha, A.U., Lim, J.E., Zhang, M., Bolan, N., Mohan, D., Vithanage, M., Lee, S.S., Ok, Y.S., 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. Chemosphere 99: 19-33.

Amonette, J.E., Joseph, S., 2009. Physical properties of biochar. London Sterling, VA, In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), Biochar for environmental management:13-29.

Baran, A., Cayci, G., Kutak, C., and Hartmann, R., 2001.The effect of grape mare as growingmedium on growth of hypostases plant. Bioresource Technology 78: 103-106

Beesley, L., Marmiroli, M., Pagano, L.,Pigoni, V., Fellet, G., Fresno, T., Vamerali, T., Bandiera, M., Marmiroli, N., 2013. Biochar addition to an arsenic contaminated soil increases arsenic concentrations in the pore water but reduces uptake to tomato plants (*solanum lycopersicum L.*). Science of the Total Environment:454-455, 598-603

Bian, R., Chen, D., Liu, X., Cui, L., Li, L., Pan, G., Xie, D., Zhang, X., Zhang, J., Chang, A., 2013. Biochar soil amendment as asolution to prevent cd-tainted rice from china: results from a cross-site field experiment. Ecological Engineering 58: 378-383

Chang A.C., Hyun, H., page, A.L., 1997. Cadmium uptake for swiss chard grown on composted sewage sludge treated field plots: plateau or time bomb?. Journal of Environmental Quality 26: 11-19

Lehmann, J., Joseph, S., 2015.Biochar for environmental management; an introduction. In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), biochar for environmental management: Science and Technology. Earthscan, Londan.

Liang, B., J. Lehmann, D. Solomon, J. Kinyangi, J. Gross man, B. O'Neill, J.O. Skjemstad, J. Thies, F.J. Luizao, J. Petersen, and E.G. Neves. 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. Soil Science Society of America Journal 70:1719–1730.

McBride, M. B., 2002. Cadmium uptake by crops estimated from soil total Cd and pH. Soil science 167: 62-67.

Rees, F., Simonnot, M.O., Morel, J.L., 2014. Short-term effects of biochar on soil heavy metal mobility are controlled by intra-particle diffusion and soil pH increase. European Journal of Soil Science 65: 149-161.

Effects of sewage sludge, rice husk biochar and residues on the bioavailability of soil micro nutrients

Z. Zibaei[1], R. Ghasemi-Fasaei[2], P. Ostovar[3]
1 and 3- PhD students and 2- Associate Professor, Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University

Abstract
Sewage sludge with a content of high organic matter and nutrients has a positive effect on plant growth, but accumulation of some heavy metals following its application, limits the use of this material in agriculture. In current study, an experiment was designed according to a completely randomized factorial design experiment. Treatments consisted of three levels of sewage sludge (0, 50 and 100 g Kg^{-1}), four level of biochar/residue (control, biochar, crop residues and biochar + crop residues) with three replications. Results indicated that application of sewage sludge significantly increased soil nutrient availability in order of Zn> Fe> Mn> Cu. But concentration of DTPA extractable cadmium (Cd) and lead (Pb) were not detectable in soil with sewage sludge application after harvesting bean. The least amount of DTPA extractable zinc (Zn), copper (Cu) and iron (Fe) were also observed in biochar + crop residues treatment.
Keywords: Sewage sludge, biochar , Rice husk, calcareous soil