اثر کاربرد لجن فاضلاب، بیوچار گندم و بیوچار تفاله پسته بر جذب عناصر کم‌مصرف و سنگین در کاه و دانه گندم

شهرزاد کرمی*[۱] و عبدالمجید رونقی[۲]
۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

چکیده

کاربرد ضایعات آلی می‌تواند علاوه بر حل اقتصادی مشکل مدیریت پسماندهای کشاورزی، سبب بهبود حاصلخیزی خاک شود. آزمایشی گلخانه‌ای بمنظور بررسی اثر این ضایعات بر جذب عناصر کم‌مصرف و سنگین در کاه و دانه گندم طراحی گردید. تیمارها شامل دو نوع بیوچار (گندم و تفاله پسته) در سه سطح (شاهد، یک و دو درصد) و لجن فاضلاب در چهار سطح (شاهد، یک، دو و سه درصد) بودند. نتایج نشان داد که تیمارها اثر معناداری بر وزن خشک کاه نداشتند. کاربرد لجن فاضلاب سبب افزایش جذب آهن، روی و مس در کاه و کاهش وزن هزار دانه گندم گردید. کاربرد بیوچار جذب منگنز و روی در کاه را افزایش داد اما سبب کاهش جذب آهن کاه و دانه گندم شد. بیوچار پسته سبب افزایش جذب مس در کاه و کاهش جذب منگنز و مس در دانه در مقایسه با بیوچار گندم گردید. جذب عناصر سنگین در کاه و دانه گندم ناچیز بود.

واژه‌های کلیدی: بیوچار، تفاله پسته، عناصر سنگین، عناصر کم‌مصرف، گندم، لجن فاضلاب

مقدمه

کاربرد ضایعات آلی بعنوان کود می‌تواند علاوه بر رفع مشکل مدیریتی پسماندها، سبب افزایش مقدار عناصر کم مصرف، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش کمیت و کیفیت محصول گردد (نیامانگارا و مازوا، ۲۰۰۱؛ برامرید، ۲۰۰۱). استفاده از ضایعات آلی یکی از مهمترین راه های تأمین ماده آلی خاک است (والن و همکاران، ۲۰۰۱). کاربرد این ضایعات به عنوان کود می‌تواند سبب بازیافت مجدد این مواد و کاهش کاربرد کودهای شیمیایی شود (علی خان و همکاران، ۲۰۰۷).

لجن فاضلاب نوعی از پسماندهای آلی است که سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و افزایش غلظت عناصر ضروری برای رشد گیاه می‌شود (باران و همکاران، ۲۰۰۱). مواد آلی موجود در لجن فاضلاب پس از ورود به خاک توسط میکروارگانیسم‌ها تجزیه شده و سبب افزایش هوموس خاک و در نهایت بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک می‌گردد (نظری و همکاران، ۱۳۸۵). لجن فاضلاب دارای مقادیر زیادی از عناصر کم‌مصرف و فلزات سنگین هستند که وقتی این مواد به زمین افزوده می شوند، می‌توانند توسط گیاه جذب شده و به زنجیره غذایی راه پیدا کنند (نظری و همکاران، ۱۳۸۵). بنابراین هنگام کاربرد مداوم این مواد در خاک باید به مقادیر عناصر سنگین افزوده شده به خاک در طول زمان و غلظت آن‌ها در بافت‌های گیاهی توجه کرد (علی خان و همکاران، ۲۰۰۷).

امروزه کاربرد بیوچار بعنوان یک کود آلی توجه زیادی را به خود جلب کرده است (لهمان و جوزف، ۲۰۰۹؛ نجفی قیری، ۱۳۹۴). بیوچار دارای شکل‌های مختلفی از عناصر غذایی بوده که با سرعت‌های مختلفی آزاد می‌شوند و سبب بهبود حاصلخیزی خاک می‌گردند (موخرجی و همکاران، ۲۰۱۳). باهابدری (۲۰۱۶) ضمن بررسی اثر کاربرد بیوچار و عصاره لجن دریایی بر محتوای عناصر غذایی و عملکرد گندم کشت شده در یک خاک شنی بیان داشت که کاربرد بیوچار به میزان دو درصد وزنی به تنهایی و یا بهمراه عصاره لجن دریایی سبب افزایش جذب عناصر غذایی کم‌مصرف توسط گندم شد. کاربرد همزمان بیوچار و سایر افزودنی‌های آلی می‌تواند کارایی این کودها را بهبود بخشد (چن و همکاران، ۲۰۰۷).

هدف از انجام این پژوهش بررسی اثر کاربرد همزمان دو نوع بیوچار مختلف به همراه لجن فاضلاب و همچنین بررسی میزان جذب عناصر کم‌مصرف و سنگین توسط کاه و دانه گندم بود.

مواد و روش‌ها

آزمایشی گلخانه‌ای بصورت فاکتوریل ۲×۳×۴ در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. فاکتورها شامل ۲ نوع بیوچار (کاه گندم و پوست پسته)، در ۳ سطح (صفر، ۱، و ۲ درصد وزنی) و چهار سطح لجن فاضلاب (صفر، ۱، ۲ و ۳ درصد وزنی) و در سه تکرار بود. لجن فاضلاب و بیوچارها پس از عبور از الک ۱ میلی‌متر، بطور یکنواخت با خاک مخلوط شدند. برخی ویژگی‌های اندازه‌گیری شده خاک اولیه، لجن فاضلاب و بیوچارهای گندم و پوست پسته در جدول ۱ آورده شده است. لازم به ذکر است که EC و pH لجن فاضلاب و خاک به ترتیب در عصاره ۱ به ۵ (لجن به آب) و گل اشباع و سایر عناصر به روش‌های معمول آزمایشگاهی اندازه‌گیری شد. مقدار عناصر سنگین سرب و نیکل در لجن فاضلاب به ترتیب ۱۰۹ و ۲۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و مقدار کادمیم موجود در لجن فاضلاب ناچیز بود. مقدار عناصر سنگین موجود در بیوچارها و خاک اولیه نیز ناچیز بود. با توجه به آزمون خاک عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، روی و آهن به صورت محلول به خاک گلدان‌ها (۳ کیلوگرم) افزوده شد. میزان رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (۱۸ درصد وزنی) با وزن کردن روزانه گلدان‌ها و افزودن آب به مقدار لازم انجام شد. سپس در هرگلدان ۳ عدد بذر گندم (رقم پیشتاز) کاشته شد. پس از ۷ ماه گیاهان از انتهای ساقه کمی بالاتر از سطح خاک جدا شده و پس از جداسازی دانه‌ها وزن شد. برای اندازه‌گیری غلظت عناصر در اندام هوایی، از روش خشک سوزانی استفاده شد. عناصر کم مصرف با عصاره‌گیر DTPA استخراج و بوسیله دستگاه جذب اتمی (شیماتزو مدل AA- 670) قرائت گردیدند. مقایسه میانگین داده‌ها توسط نرم افزار SAS انجام شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک، لجن فاضلاب و بیوچارهای مورد استفاده در آزمایش

	N	P	Fe	Mn	Zn	Cu	EC	pH
	%	(mg kg^{-1})					(dS m^{-1})	
خاک اولیه * (رسی)	۰/۱۳۵	۱۳/۲	۴/۷	۱۴/۱	۰/۵۶۶	۱/۱۶	۴/۷	۷/۲۳
لجن فاضلاب	۰/۵۲۱	۲۲۲۳	۷۱۳۵	۲۸۹	۵۶۷	۳۹/۲	۳/۴	۷/۰۴
بیوچار گندم (تهیه شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد)	۰/۷۲۷	۲۲۸۰	۵۷۶	۹۰	۶۲/۹	۸/۰۷	۴/۵	۱۰/۱
بیوچار پوست پسته (تهیه شده در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد)	۱/۲	۶۵۰۰	۷۱۰	۲۲/۵	۱۵/۴	۱/۷	۸/۲	۱۱/۵

* لازم به ذکر است که غلظت عناصر در خاک بصورت قابل دسترس است ولی در لجن و بیوچارها غلظت کل آورده شده است.

نتایج و بحث

جذب عناصر کم‌مصرف توسط کاه و دانه گندم

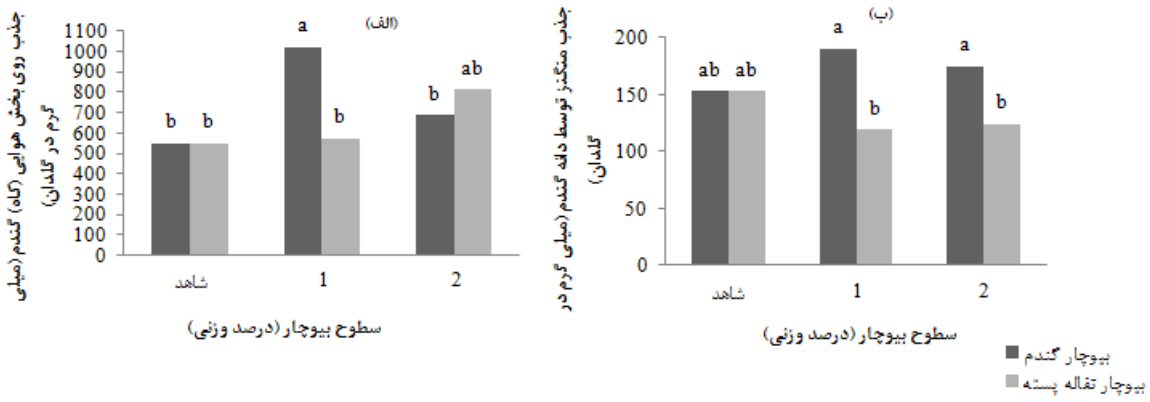
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر نوع بیوچار بر میزان جذب مس توسط کاه و دانه گندم و همچنین جذب منگنز توسط دانه معنی‌دار بود. اثر تکی سطح بیوچار بر میزان جذب آهن، منگنز و روی توسط کاه معنی‌دار بود. سطوح مختلف لجن بر میزان جذب روی و مس توسط کاه و همچنین جذب مس توسط دانه اثر معنی‌دار داشت (جدول تجزیه واریانس در این مقاله آورده نشده است). کاربرد بیوچار تفاله پسته سبب افزایش جذب مس در کاه و کاهش منگنز و مس در دانه نسبت به کاربرد بیوچار گندم شد (جدول ۲). جذب آهن، روی و مس توسط کاه با کاربرد لجن فاضلاب افزایش یافت. با کاربرد یک درصد لجن، جذب مس دانه نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری یافت. کاربرد لجن سبب کاهش وزن هزار دانه گندم گردید (جدول ۲). با کاربرد بیوچار جذب آهن در که و دانه کاهش و جذب منگنز و روی کاه افزایش یافت (جدول ۲) که می‌تواند به دلیل اثر آنتاگونیستی این عناصر بر هم باشد. اثرات دوتایی نوع×سطح بیوچار بر میزان جذب روی توسط بخش هوایی (کاه) گندم (شکل ۱، الف) و جذب منگنز توسط دانه گندم (شکل ۱، ب) معنی‌دار بود. در هر دوی این پارامترها بیشترین جذب در سطح یک درصد بیوچار گندم به دست آمد (شکل ۱). اثرات دوتایی سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب نیز بر جذب مس توسط بخش هوایی (کاه) (شکل ۲، الف) و دانه گندم (شکل ۲، ب) معنی‌دار بود. بیشترین مقدار جذب مس

توسط کاه (شکل ۲، الف) در سطح دو درصد لجن و سطح شاهد بیوچار(بدون کاربرد بیوچار) و/یا سطح یک درصد بیوچار و سه درصد لجن به دست آمد. حداکثر میزان جذب مس توسط دانه گندم در سطح شاهد بیوچار و یک درصد لجن فاضلاب به دست آمد (شکل ۲، ب). نظری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند که غلظت عناصر آهن، روی، منگنز و مس در گیاهان گندم، جو و ذرت با کاربرد تیمار آب چاه به اضافه لجن فاضلاب افزایش یافت که علت آن را افزایش قابلیت جذب این فلزات توسط مواد آلی لجن در خاک بیان کردند. پایس و جونز (۱۹۹۷) گزارش دادند که قابلیت جذب فلزات کم‌مصرف در حضور لجن فاضلاب افزایش یافت. آنان دلیل این افزایش را افزایش قابلیت جذب این فلزات توسط ماده آلی بیان کردند. نجفی قیری (۱۳۹۴) با کاربرد بیوچار حاصل از ۵ نوع بقایای گیاهی به میزان دو درصد وزنی نشان داد که قابلیت استفاده روی و مس تحت تأثیر کاربرد بیوچار قرار نگرفت اما بیوچار بقایای پنبه و کنجد مقدار آهن قابل استفاده را افزایش دادند. کاربرد هر ۵ نوع بیوچار سبب افزایش معنادار منگنز خاک شد. تامرابت و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که لجن فاضلاب مقدار روی در دانه را افزایش داد. درحالیکه اثر معناداری بر غلظت مس دانه نداشت. دی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که تیمارهای حاوی لجن فاضلاب تفاوت معناداری از نظر غلظت مس و روی در کاه و دانه گندم با شاهد نداشتند.

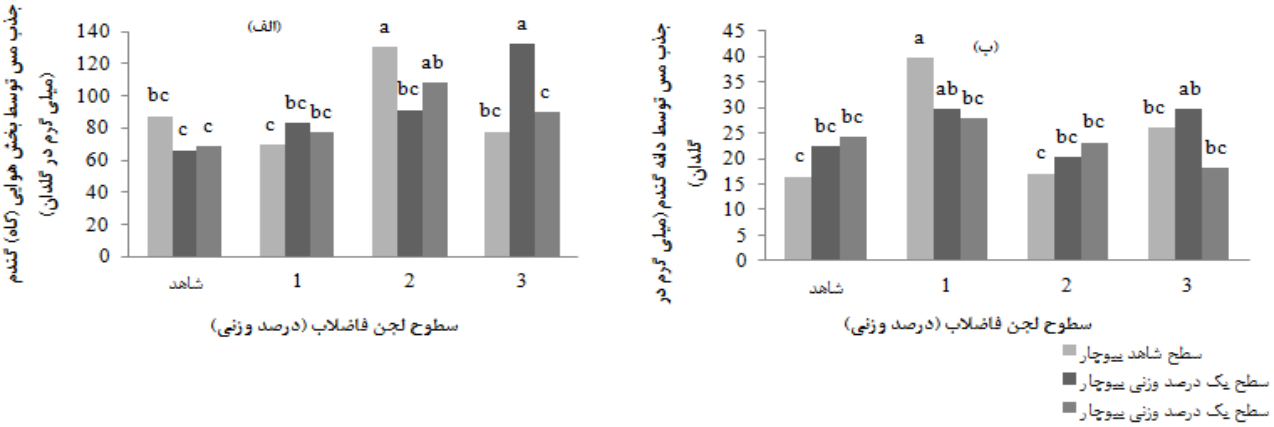
جدول ۲- اثرات اصلی نوع و سطح بیوچار و سطح لجن فاضلاب بر وزن خشک کاه (گرم)، وزن هزار دانه (گرم) و جذب عناصر کم‌مصرف توسط کاه و دانه گندم (میکروگرم در گلدان)

		بخش هوایی (کاه) گندم					دانه گندم				
		وزن خشک	جذب آهن	جذب منگنز	جذب روی	جذب مس	وزن هزاردانه	جذب آهن	جذب منگنز	جذب روی	جذب مس
نوع بیوچار	کاه گندم	۱۶/۱ A	۱۵۳۲ A	۵۸۵ A	۷۵۵ A	۷۹/۸ B	۴۶/۵ A	۱۹۹ A	۱۷۲ A	۲۹۳ A	۲۷/۶ A
	تفاله پسته	۱۶/۳ A	۱۶۳۷ A	۶۳۹ A	۶۴۶ A	۱۰۰ A	۴۶/۷ A	۱۷۸ A	۱۳۲ B	۲۵۴ A	۲۱/۵ B
سطح بیوچار	۰	۱۶/۳ A	۱۸۹۴ A	۴۳۳ C	۵۵۰ B	۹۱/۲ A	۴۶/۵ A	۲۳۴ A	۱۵۳ A	۲۸۷ A	۲۴/۸ A
(درصد	۱	۱۶/۲ A	۱۳۴۸ B	۶۴۳ B	۷۷۹ A	۹۲/۹ A	۴۷/۳ A	۱۸۷ AB	۱۵۵ A	۲۷۶ A	۲۵/۵ A
وزنی)	۲	۱۶/۱ A	۱۵۱۱ B	۷۶۰ A	۷۵۲ A	۸۵/۹ A	۴۵/۹ A	۱۴۴ B	۱۵۰ A	۲۵۹ A	۲۳/۴ A
سطح لجن	۰	۱۶/۰ AB	۱۴۷۷ AB	۵۹۶ A	۴۹۳ B	۷۳/۸ B	۵۰/۶ A	۱۵۵ A	۱۶۲ A	۲۴۱ A	۲۰/۹ B
فاضلاب	۱	۱۵/۶ B	۱۳۸۷ B	۵۹۲ A	۶۹۶ AB	۷۶/۵ B	۴۳ B	۲۰۷ A	۱۶۰ A	۲۹۵ A	۳۲/۴ A
(درصد	۲	۱۶/۶ A	۱۶۱۴ AB	۶۵۷ A	۸۶۵ A	۱۱۰ A	۴۵/۷ B	۱۸۴ A	۱۳۰ A	۲۳۶ A	۲۰/۱ B
وزنی)	۳	۱۶/۵ AB	۱۸۶۰ A	۶۰۳ A	۷۴۸ A	۹۹/۸ A	۴۷/۲ AB	۲۰۶ A	۱۵۷ A	۳۲۳ A	۲۴/۶ B

* اعدادی که در هر ستون دارای یک حرف مشترک بزرگ هستند از لحاظ آماری در سطح ۵ درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.



شکل ۱- اثرات دوتایی نوع×سطح بیوچار بر جذب روی توسط بخش هوایی (کاه) گندم (الف) و جذب منگنز توسط دانه گندم (ب)



شکل ۲- اثرات دوتایی سطح بیوچار×سطح لجن فاضلاب بر جذب مس توسط بخش هوایی (کاه) (الف) و دانه (ب) گندم

جذب عناصر سنگین توسط کاه و دانه

پایس و جونز (۱۹۹۷) مقادیر سمیت کادمیم، نیکل و سرب را به ترتیب بیشتر از ۵، ۱۰ و ۳۰ میلی‌گرم در هر کیلوگرم ماده خشک اندام هوایی بیان کردند. با توجه به حدود سمیت بیان شده توسط آنان، مقدار عناصر سنگین انتقال یافته به بخش هوایی گندم (کاه) و دانه آن در کلیه تیمارها ناچیز بود. الذوبی و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که کاربرد لجن فاضلاب تأثیر معناداری بر میزان سرب دانه و کاه و کلش گندم نداشت. تامرابت و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیان کردند که لجن فاضلاب اثر معناداری بر غلظت سرب دانه نداشت. دی و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که با وجود کاربرد لجن فاضلاب، غلظت عناصر سنگین سرب، نیکل و کادمیم در کاه و دانه گندم کم بود و تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت.

منابع

نظری، م.ع.، شریعتمداری، ع.، افیونی، م.، مبلی، م. و رحیلی، ش. ۱۳۸۵. اثر کاربرد پساب و لجن فاضلاب صنعتی بر غلظت برخی عناصر و عملکرد گندم، جو و ذرت. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال دهم، شماره سوم، صفحه‌های ۹۷ تا ۱۱۰.

نجفی قیری، م. ۱۳۹۴. تأثیر کاربرد بیوچارهای مختلف بر برخی ویژگیهای خاک و قابلیت جذب بعضی از عناصر غذایی در یک خاک آهکی. نشریه پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، جلد ۲۹، شماره ۳، صفحه‌های ۳۵۱-۳۵۸.

Al Zoubi, M.M., Arsalan, A., Abdegawad, G.N., Pejon, N., Tabbaa, M., and Jouzdan, O. 2008. The effect of sewage sludge on productivity of a crop rotation of wheat, maize and vetch and heavy metals accumulation in soil and plant Aleppo governorate. Amer.-Euras. J. Agric. Environ. Sci. 3: 4. 618-625.

Ali Khan M., Kazi T.G., Ansari R., Mujtaba S.M., Khanzada B., Khan M.A., Shirazi, M.U. and Mumtaz S. 2007. Effects of un-treated sewage sludge on wheat yield, metal uptake by grain and accumulation in the soil. Pak. J. Bot., 39(7): 2511-2517.

Bahaa Badry M.S. 2016. Influence of biochar and seaweed extract applications on growth, yield and mineral composition of wheat *(Triticum aestivum L.)* under sandy soil conditions. Annals of Agricultural Science, 61(2): 257-265.

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

Bramryd T. 2001. Effect of liquid and dewatered sewage sludge applied to a Scot pine stand *(Pinus sylvestris L.)* in central Sweden. Forest Ecol. Manage, 147: 197–216.

Chan K.Y., van Zwieten L., Meszaros I., Downie A. and Joseph S. 2007. Agronomic values of green waste biochar as a soil amendment. Aust J. Soil Res., 45:629–634.

Day A.D., Solomonb M.A., Ottman M.J. and Taylor B.B. 2017. High rates of sewage sludge in wheat production. Forage and Grain: A College of Agriculture Report, Pp: 45-48.

Lehmann J. and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management: an introduction. In: Lehmann J., Joseph S. (eds) Biochar for environmental management. Science and technology. Earthscan, London, Pp 1–12.

Mukherjee A. and Zimmerman A.R. 2013. Organic carbon and nutrient release from a range of laboratory-produced biochars and biochar-soil mixtures. Geoderma, 194: 122- 130.

Nyamangara J. and Mzezewa J. 2001. Effect of long-term application of sewage sludge to a grazed pasture on organic carbon and nutrients if clay soil in Zimbabwe. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 59: 13–18.

Pais I.J. and Jones B.J. 1997. The Hand Book of Trace Elements. St. Luice Press, N.W., Baca, Roton, Florida.

Tamrabet L., Bouzerzour H., Kribaa M. and Makhlouf M. 2009. The effect of sewage sludge application on durum wheat *(Triticum durum).* Int. J. Agric. Biol., 11: 741–745.

Whalen J.K., Ching C. and Olsen B.M. 2001. Nitrogen and phosphorus mineralization potentials of soil receiving repeated annual cattle manure applications. Biol. Fertil. Soil, 34: 334-341.

Influence of sewage sludge, wheat and pistachio biochars on heavy metals and micronutrients uptake by straw and grain of wheat

S. Karami[1] and A. Ronaghi[2]

1, 2- Ph. D. student and Professor of soil science and engineering department, College of Agriculture, Shiraz University

Abstract

Organic wastes can improve soil fertility and also a profitable solution for managing agricultural wastes. A greenhouse experiment was designed to investigate the effect of organic wastes on the heavy metal and micronutrients uptake of wheat straw and grain. Treatments included two biochars (wheat straw and pistachio residue) in three levels (0, 1 and 2 percent w/w) and sewage sludge in four levels (0, 1, 2 and 3 percent w/w). Results indicated that treatments had no significant effect on dry matter of wheat straw. Application of sewage sludge increased uptake of iron (Fe), zinc (Zn) and copper (Cu) by wheat straw but decreased weight of thousand wheat grain. Application of biochar increased manganese (Mn) and Zn uptake of straw but decreased Fe uptake of wheat straw and grain. Pistachio biochar increased Cu uptake of wheat straw but decreased Mn and Cu uptake of grain compared to wheat biochar. Heavy metal uptakes of wheat straw and grains were statistically insignificant.

Keywords: Biochar, Heavy metals, Micronutrients, Pistachio residue, Sewage sludge, Wheat