تولید و بررسی ویژگی‌های زغال زیستی (بیوچار)تولید شده از لجن بیولوژیک فاضلاب شهری

مریم نامداری*[۱] ، محسن سلیمانی[۲] و نوراله میرغفاری[۳]
۱، ۲ و۳- به ترتیب کارشناسی ارشد، ، استادیار و دانشیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه صنعتی اصفهان
m_namdari22@yahoo.com

چکیده
امروزه افزایش جمعیت و توسعه صنعت باعث افزایش در میزان تولید لجن فاضلاب شده است. انتخاب روش مدیریتی مناسب جهت حفظ محیط زیست و سلامتی انسان و بهره‌مندی صحیح از مواد زاید بسیار حایز اهمیت است. هدف از مطالعه حاضر بررسی ویژگی‌های لجن بیولوژیک فاضلاب و ترکیب زغال های زیستی (بیوچارهای) ساخته شده از لجن فاضلاب اولیه می‌باشد. لجن بیولوژیک در دماهای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پیرولیز شد. نتایج نشان داد با افزایش دما میزان pH، مقدار خاکستر، میزان فلزات سنگین و میزان سدیم افزایش یافت. از سوی دیگر عملکرد تولید زغال زیستی، میزان نیتروژن کل، میزان فسفر، میزان هدایت الکتریکی، میزان رطوبت، میزان پتاسیم قابل جذب و دسترسی زیستی فلزات سنگین (AB-DTPA) با افزایش دمای تولید کاهش یافت. بنابراین تولید زغال زیستی از لجن بیولوژیک در دمای پایین (۳۰۰ درجه سانتی گراد) با توجه به عملکرد و خصوصیات شیمیایی آن برای استفاده به عنوان کود در خاک توصیه می شود.

کلمات کلیدی: لجن فعال، پیرولیز، بیوچار، مدیریت مواد زاید

مقدمه
لجن فاضلاب[۱] محصول اجتناب ناپذیر تصفیه خانه فاضلاب است که اگر به درستی دفع نشود یک منبع آلودگی جدی است (Song et al., 2014). افزایش سریع جمعیت جهان، همچنین افزایش در تعداد لوازم خانگی متصل به فاضلاب منجر به افزایش تدریجی در حجم لجن فاضلاب تولید شده در طی فرآیند تصفیه فاضلاب می‌شود و به دنبال آن صادر شدن قوانین سختگیرانه برای تصفیه پساب فاضلاب شده است (Agrafioti et al., 2013).

فرآیند لجن فعال یک روش بیولوژیک هوازی برای تصفیه فاضلاب است و شامل زندگی میکروارگانیسم‌ها به همراه ماده آلی در یک محیط غنی از اکسیژن است (نوریمند و همکاران، ۱۳۷۹). واحد بیولوژیک مهم در این روند، مخازن هوادهی هستند که پساب فاضلاب را از مخازن رسوب اولیه دریافت می‌کنند، علاوه بر این بخشی از توده بیولوژیک (لجن فعال) از مخزن ته‌نشینی ثانویه به مخازن هوادهی بازگشت داده می‌شود. به منظور برقراری شرایط هوازی محیط، هوا یا اکسیژن فشرده به درون مخزن تزریق می‌شود، این عمل علاوه بر هوادهی سیستم باعث آمیختگی کامل مواد نیز می‌گردد، پس از ۶ تا ۸ ساعت هم زدن فاضلاب (که اکنون به آن مایع مخلوط شده[۲] می‌گویند)، فاضلاب به سمت مخازن ته‌نشینی ثانویه هدایت می‌شود، در این قسمت مواد جامد (لاشه‌های باکتری‌ها) در اثر ته‌نشینی از بخش مایع فاضلاب جدا می‌شوند، بخشی از مواد ته‌نشین کرده تحت عنوان لجن فعال به مخازن هوادهی بازگشت داده شده و بقیه پس از فراوری و تثبیت از سیستم دفع می‌شوند (عرفان منش و همکاران، ۱۳۹۳).

در حال حاضر رایج‌ترین روش‌های دفع لجن فاضلاب دفن پس از خشک شدن، سوزاندن و استفاده در زمین می‌باشد، اما هر یک از این روش‌ها آسیب پذیری خود را دارد (Song et al., 2014). مدیریت لجن فاضلاب نه تنها به دلیل مقادیر بالای

[1] Sewage Sludge
[2] Mixed liquor

تولید بلکه به خاطر غلظت بالای فلزات سنگین و عوامل بیماری‌زا در آن دشوار است. به غیر از روش‌های مرسوم مورد استفاده برای دفع لجن فاضلاب (استفاده مستقیم در بخش کشاورزی، سوزاندن و دفن زباله)، اخیرا فرایند حرارتی این زباله که بر تبدیل زیست توده پیرولیتی متمرکز است بیشتر مور توجه قرار گرفته است (Hejazifar et al., 2010).

پیرولیز یک فناوری منتخب برای تولید زغال زیستی است. که به عنوان یک جایگزین در مدیریت زباله های آلی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در جریان پیرولیز سه بخش تولید می‌شود: مایع، گاز و جامد. بخش مایع و گاز را می توان به عنوان سوخت استفاده کرد در حالی که از بخش جامد به عنوان جاذب استفاده کرد. بعلاوه می‌توان بخش جامد را به عنوان زغال زیستی یا بیوچار به طور مستقیم به خاک اضافه کرد (Shackley et al., 2013). زغال زیستی کربن جامد متخلخلی است که در شرایط گرمایی و در فضای فاقد یا محدود اکسیژن و درجه حرارت کمتر از ۷۰۰ درجه سانتی‌گراد تولید می‌شود که این فرآیند به عنوان پیرولیز در دمای کم نامیده می‌شود. ماده جامد حاصل از آن دارای زی توده‌ی غنی از کربن، گروه‌های آروماتیک و خواص فیزیکی مناسب است که باعث ذخیره‌سازی مطمئن و طولانی مدت کربن در محیط زیست و بهبود خاک می‌شود (Shackley et al., 2013; Xue et al., 2012; Blackwell et al., 2009). پارامترهای فرایند پیرولیز[3] مانند دما، زمان ماند، میزان حرارت، و اندازه ذرات مواد خام بر کیفیت و کمیت ویژگی‌های زغال زیستی تولید شده مؤثرند. در میان این پارامترها، دمای پیرولیز بزرگترین اثر را در کیفیت زغال زیستی تولید شده را دارد (Yuan et al., 2015; Agrafioti et al., 2013; Tang et al., 2013). افزایش دمای پیرولیز بازده زغال زیستی، میزان ازت کل، ظرفیت جذب آب و ظرفیت تبادل کاتیونی را کاهش می‌دهد، در حالی که pH و مساحت سطحBET، میزان کربن، مواد مغذی در دسترس و پایداری فلزات سنگین زغال زیستی را افزایش می دهد (Gaskin et al. 2007; Buah et al., 2007; Agrafioti et al. 2013).

مواد اولیه زغال زیستی می‌تواند شامل زباله‌ها و پسماندها شامل بقایای کارخانه‌های چوب‌بری، تراشه‌های چوب، خاک اره، بقایای چمن شهری مانند برگ، چمن بریده و شاخه درخت، بستر طیور، لجن فاضلاب و مواد زاید مقوایی باشد (Koide et al. 2011؛ Beesley et al. 2011). همچنین می‌توان زغال زیستی را از بقایای محصولات کشاورزی مانند کاه گندم، ذرت، سبوس برنج و تفاله نیشکر و یا سایر مواد آلی تهیه کرد (Zavallonia et al., 2011). لذا این تحقیق با هدف تولید و بررسی ویژگی‌های زغال زیستی از لجن بیولوژیک در دماهای مختلف پیرولیز انجام شد.

مواد و روش‌ها

لجن فاضلاب

لجن بیولوژیک از واحد تصفیه خانه فاضلاب شهری استان چهارمحال و بختیاری بدست آمد. در این واحد فاضلاب شهری تصفیه فاضلاب توسط سیستم لجن فعال و از طریق تجزیه هوازی انجام می‌شود. لجن آبگیری شده در هوای آزاد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد تا کاملاً خشک شود. سپس ماده خام اولیه خرد شده و از الک۲ میلی‌متر عبور داده شد. مشخصات لجن فاضلاب مورد استفاده در جدول ۱ ارایه شده است.

پیرولیز لجن فاضلاب

لجن فاضلاب پس از خشک شدن کوبیده شده در دماهای۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه‌ی سانتی‌گراد پیرولیز شد. برای این فرایند از کوره پیرولیز استفاده شد. برای حفظ فضای بدون اکسیژن در کوره، نیتروژن به مقدار یک لیتر بر دقیقه در کوره عبور داده شد. نرخ افزایش دما در طول فرایند ۱۰ درجه بر دقیقه بود. بعد از رسیدن به دمای مورد نظر، نمونه به مدت ۶۰ دقیقه (زمان ماند) نگه داشته شد. بعد از سرد شدن کوره و نمونه و رسیدن دمای کوره به زیر ۱۰۰ درجه سانتی گراد زغال زیستی از کوره برداشته شد و توزین شد.

[3] Pyrolysis

بررسی ویژگی‌های زغال زیستی

عملکرد زغال زیستی با توجه به نسبت مقدار زغال زیستی تولید شده به مقدار ماده‌ی آلی اولیه محاسبه شد (Agrafioti et al. 2013).

غلظت فلزات سنگین شامل روی، سرب، کادمیوم، کروم، نیکل، آهن و مس نمونه لجن بیولوژیک فاضلاب و زغال‌های زیستی تولید شده پس از هضم به وسیله دستگاه جذب اتمی (Perkin Elmer AAnalyst700) تعیین شد (ASTM D 5198 – 09, 2009). دسترسی زیستی فلزات سنگین نمونه ها به وسیله‌ی عصاره گیری با AB-DTPA تعیین شد. برای تعیین رطوبت نمونه ها در آون در دمای ۱۰۳ درجه‌ی سانتی گراد خشک شد تا به وزن ثابت برسد (ASTM D 2974, 2000). خاکستر لجن فاضلاب و زغال زیستی تولید شده پس از قرار دادن در کوره دردمای ۶۰۰ درجه‌ی سانتی گراد تعیین شد (ASTM D 2974, 2000). به منظور اندازه گیری pH لجن بیولوژیک فاضلاب و زغال زیستی تولید شده، از روش استاندارد ASTM D 4980-89 استفاده گردید (ASTM D 4980-89, 1989). میزان هدایت الکتریکی نمونه‌ها پس از عصاره‌گیری با آب مقطر به نسبت ۱۰: ۱، با استفاده از دستگاه هدایت سنج اندازه گیری شد (رضوانی پور و همکاران ۱۳۹۳). غلظت سدیم لجن فاضلاب و زغال زیستی تولید شده از آن پس از هضم نمونه‌ها با نیتریک اسید و اسید کلریدریک به نسبت ۱:۳ به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد (ASTM D 5198 – 09, 2009). میزان نیتروژن کل لجن بیولوژیک و زغال زیستی به روش کلدال اندازه‌گیری گردید (رضوانی پور و همکاران ۱۳۹۳). فسفر قابل جذب نمونه لجن و زغال زیستی به روش السن اندازه گیری شد (Klute 1986). علاوه براین، میزان پتاسیم تبادلی (قابل جذب) نمونه‌ها پس از عصاره‌گیری با استات آمونیوم ۱ نرمال با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- ویژگی‌های لجن بیولوژیک

پارامتر	واحد	مقدار
میزان رطوبت	درصد	۸
میزان خاکستر	درصد (برمبنای ماده خشک)	۲۳/۷ ±۰/۴۲
pH	-	۷/۱ ±۰/۲۳
هدایت الکتریکی (EC)	dS/m	۳/۴ ±۰/۰۴
میزان سدیم (Na)	mg/kg	۸۵۶/۲۵ ±۱۳۴/۲۴
پتاسیم تبادلی	میلی‌گرم بر کیلوگرم	۳۲۹۲ /۹۶ ±۱۱۴ /۰۲

نتایج

نتایج حاصل از اندازه‌گیری ویژگی‌های زغال زیستی حاصل از لجن بیولوژیک فاضلاب در دماهای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه‌ی سانتیگراد در جدول۲ ارایه شده است. مشاهده می‌شود که با افزایش دما میزان pH و خاکستر نمونه ها افزایش یافت، در حالی که سایر پارامترها سیر نزولی داشتند. افزایش pH با افزایش دما یک پدیده معمولی است که هم در زغال زیستی به دست آمده از لجن فاضلاب و هم دیگر مواد خام مشاهده شده است. افزایش pH در اثر از دست دادن آب از مواد خام با کاهش در مقدار گروهای اسیدی سطح در طول فرایند حرارتی ارتباط دارد. علاوه براین، افزایش pH می تواند به دلیل تجمع ترکیبات معدنی در زغال زیستی هم باشد که می تواند نتیجه‌ی جدایی نمک های فلزات قلیایی از ماتریس آلی با افزایش دما باشد (Zielińska et al. 2015).

جدول ۲- ویژگی‌های زغال زیستی تولید شده در دماهای مختلف

پارامتر	واحد	زغال زیستی ۳۰۰ درجه‌سانتی‌گراد	زغال زیستی ۴۰۰ درجه‌سانتی‌گراد	زغال زیستی ۵۰۰ درجه‌سانتی‌گراد
عملکرد زغال زیستی	درصد	۸۰	۶۳	۳۳/۳۳
میزان رطوبت	درصد	۲	۰	۰
میزان خاکستر	درصد (برمبنای ماده خشک)	۳۴ /۴ ±۰ /۵۷	۴۶/۳ ±۰/۴۲	۵۳ ±۱/۴۱
pH	-	۶ /۶۹ ±۰ /۰۷	۷/۵۶ ±۰/۰۶	۸/۰۱ ±۰/۰۴
هدایت الکتریکی(EC)	dS/m	۱ /۷۵ ±۰ /۰۳۹	۰/۳۴۹ ±۰/۰۴	۰/۳۱ ±۰/۰۲
میزان سدیم (Na)	mg/kg	۱۰۵۳ /۵۸ ±۴۴ /۶۳	۱۳۰۷/۷۰ ±۳۰/۹۷	۱۶۶۱/۴۰ ±۴۱/۲۷

جدول۳ میزان غلظت فلزات سنگین را در لجن بیولوژیک و زغال زیستی تهیه شده در دماهای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه‌ی سانتیگراد را نشان می‌دهد. با توجه به اطلاعات بدست آمده و مقایسه‌ی این داده‌ها با حداکثر حد مجاز فلزات سنگین در لجن برای دفع به خاک (U.S.EPA 1993) مشاهده می‌شود که غلظت فلزات سنگین هم در لجن بیولوژیک و هم در زغال زیستی حاصل از آن در دماهای مختلف پایین‌تر از حداکثر حد مجاز می‌باشد.

جدول ۳- غلظت فلزات سنگین در لجن بیولوژیک و زغال زیستی حاصل از آن در دماهای ۳۰۰، ۴۰۰ و ۵۰۰ درجه‌ی سانتی گراد (mg/kg)

فلزات	لجن بیولوژیک	زغال زیستی ۳۰۰ درجه‌سانتی‌گراد	زغال زیستی ۴۰۰ درجه‌سانتی‌گراد	زغال زیستی ۵۰۰ درجه‌سانتی‌گراد	حداکثر حد مجاز فلزات در لجن برای دفع به خاک (U.S.EPA 1993)
کادمیوم	۱ /۲۰ ±۰ /۰۸	۲ /۳۵ ± ۰ /۰۸	۳ /۳ ±۰ /۵۷	۳ /۰۴ ± ۰ /۴۳	۸۵
کروم	۴۳ /۲۵ ± ۳ /۷۴	۵۴ /۱۹ ± ۳ /۳۸	۶۶ /۸۷± ۲ /۴۷	۷۰ /۰۶ ± ۱ /۰۹	۳۰۰۰
نیکل	۷۳ /۸۱ ±۷ /۷۶	۱۱۹ /۹۹ ±۹ /۹۲	۱۲۹ /۴۸±۲۵ /۰۷	۱۴۲ /۰۵ ±۲ /۷۹	۷۵
سرب	۵۵ /۰۳ ±۸ /۹۰	۸۹ /۴۶ ±۶ /۱۵	۱۲۱ /۳۶±۰ /۶۵	۱۳۲ /۳۸ ±۵ /۳۷	۴۲۰
روی	۷۲۸ /۳ ±۵۷ /۲۴	۱۰۴۸ /۳۳ ±۱۱ /۸۱	۱۴۱۵ /۸۳ ±۳۷ /۴۴	۱۵۴۹ /۱۶ ±۷۷ /۷۱	۷۵۰۰
مس	۱۲۸ /۰۳ ±۲۸ /۸۹	۱۶۰ /۵۱ ±۴ /۸۳	۱۶۳ /۹ ±۳ /۷۸	۱۷۷ /۳۱ ±۳ /۶۴	۴۳۰۰
آهن	۵۳۳۰ /۸۳ ±۵۸۳ /۵	۷۵۱۶ /۶۶ ±۶۳۸ /۵۲	۱۰۲۹۳ /۳۳ ±۴۶۵ /۴۴	۱۱۹۳۰ ±۶۱۷ /۸۵	-

جدول۴ غلظت فلزات سنگین قابل جذب کادمیوم، کرم، نیکل، سرب، روی، مس و آهن نمونه لجن بیولوژیک فاضلاب و زغال‌های زیستی تولید شده از آن را طبق آنالیز AB-DTPA نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود غلظت فلزات سنگین قابل جذب طبق آنالیز DTPA در زغال‌های زیستی نسبت به ماده خام اولیه سیر نزولی داشت. اگرچه در روند پیرولیز غلظت فلزات سنگین افزایش می‌یابد اما نتایج حاصل از آنالیز DTPA نشان دهنده‌ی این است که فرآیند پیرولیز میزان دسترسی زیستی این عناصر را کاهش می‌دهد که این یک مزیت مهم زغال زیستی برای استفاده از آن در خاک می‌باشد. یوآن و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که در روند پیرولیز دسترسی زیستی عناصر و سمیت آن‌ها کاهش خواهد یافت (Yuan et al. 2015).

جدول۴- غلظت فلزات سنگین قابل جذب در لجن بیولوژیک و زغال‌های زیستی حاصل از آن (mg/kg)

فلزات	لجن بیولوژیک	زغال زیستی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد	زغال زیستی ۴۰۰ درجه سانتی گراد	زغال زیستی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد
کادمیوم	۰/۳ ±۰/۰۷	۰/۰۷ ±۰/۰	۰/۰۶ ±۰/۰	۰/۰۴ ±۰/۰
کروم	۰/۶ ±۰/۰۶	۰/۱۵ ±۰/۰	۰/۱۲ ±۰/۰	۰/۱ ±۰/۰
نیکل	۳/۲ ±۰/۶	۰/۶ ±۰/۲	۰/۳۲ ±۰/۰۶	۰/۳ ±۰/۰۷
سرب	۱۳/۵ ±۰/۵	۲/۹ ±۰/۳	۱/۸ ±۰/۰۵	۱/۷ ±۰/۲
روی	۳۱۶/۴ ±۲۱/۸	۳۸/۷ ±۳/۱	۲۰/۸ ±۰/۶	۱۲/۶ ±۳/۶
مس	۱۷/۰۱ ±۰/۱	۱/۴ ±۰/۴	۰/۵۲ ±۰/۰۳	۱/۱۸ ±۰/۱۸
آهن	۱۸۷ ±۳۹/۶	۶۳/۹ ±۸/۹	۲۱/۰۷ ±۸/۷	۲۰/۶ ±۱/۰۳

جدول۵ میزان نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم تبادلی را نشان می‌دهد. مشاهده می‌شود که میزان نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و پتاسیم قابل جذب در لجن بیولوژیک بیشتر از زغال های زیستی حاصل از آن است. یوآن و همکاران (۲۰۱۵) در تحقیق خود نیز به همین نتیجه رسیدند (Yuan et al. 2015).

جدول ۵- میزان نیتروژن کل، فسفر قابل جذب و میزان پتاسیم تبادلی لجن و زغال زیستی

پارامتر	لجن بیولوژیک	زغال زیستی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد	زغال زیستی ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد	زغال زیستی ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد
نیتروژن کل(درصد)	۳/۳ ±۰/۲۴	۱/۷۳۱ ±۰/۳۵	۰/۱ ±۰/۱۹	۰/۹۱۹ ±۰/۲۴
فسفر قابل جذب (mg/kg)	۳۸۷۳/۷ ±۹۷/۷۰	۱۲۹۷/۸۸ ±۷۰/۲۶	۳۰/۵ ±۰/۳۵	۲۸/۹ ±۱/۱۲
پتاسیم تبادلی (mg/kg)	۳۲۹۲/۹ ±۱۱۴/۰۲	۱۴۰۰±۳۹	۷۲۵/۲ ±۱۸/۴۸	۵۰۰/۱۰۵ ±۲/۷۵

با توجه به خصوصیات زغال زیستی تولید شده می توان نتیجه گرفت که احتمالا استفاده از زغال زیستی تولید شده در دمای ۳۰۰ درجه سانتیگراد می تواند نسبت به سایر نمونه ها گزینه مناسبتری برای اضافه کرده به خاک به عنوان یک کود آلی باشد. همچنین تولید زغال زیستی در این دما از نظر اقتصادی نیز نسبت به سایر دماها مقرون به صرفه تر است.

منابع

رضوانی‌پور، ح.؛ رضوی دینانی، ز. ۱۳۹۳. تجزیه شیمیایی آب و خاک (با دید زیست محیطی و بهداشتی). جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان- مرکز انتشارات، اصفهان. ۲۹۶ ص.

عرفان منش، م.؛ افیونی، ا. ۱۳۹۳. آلودگی محیط زیست (آب، خاک و هوا). انتشارات ارکان دانش، ۳۱۸ ص.

نوریمند، ک. محمدنژاد، ش.، ۱۳۷۹. فرایند لجن فعال و مبانی راهبردی آن، مؤسسه فرهنگی انتشارات آمه تهران. ۴۱ ص.

Agrafioti, E.; Bouras, G.; Kalderis, D. & Diamadopoulos, E. 2013. Biochar production by sewage sludge pyrolysis. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 101: 72-78.

ASTM D 2974, 2000. Standard Test Method for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and other Organic Soils. Annual Book of ASTM Standards. ASTM, Philadelphia, USA.

ASTM D 4980-89, 1989. Standard test methods for screening of pH in waste.

ASTM D 5198 – 09, 2009 Standard Practice for Nitric Acid Digestion of Solid Waste.

Beesley, L.; Moreno-jimenez, E.; Gomez-Eyles, J. L.; Harris, E.; Robinson, B. & Sizmur, T. 2011. A review of biochar's potential role in the remediation, revegetation and restoration of contaminated soil. Environmental Pollution 159: 3269-3282.

Blackwell, P.; Reithmuller, G. & Collins, M. 2009. Biochar Applications to soil. In: Lehmann, J. & Joseph, S. (eds.), *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*. VOL 2. Earthscan, London. PP. 207-226.

Gaskin, J.W.; A. Speir.; L.M. Morris.; L. Ogden.; K. Harris.; D. Lee. & K.C, Das. 2007.

Hejazifar, M.; S. Azizian, H. Sarikhani, Q. Li, D. Zhao. 2011. Microwave assisted preparation of efficient activated carbon from grapevine rhytidome for the removal of methyl violet from aqueous solution. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 92 (1): 258–266.

Klute, A. 1986. Methods of soil analysis, part I, physical and mineralogical methods. 2th Edition. Soil Science society of American, Wisconsin, USA. 1358 p.

Koide, R.; Petprakob, K. & People, M. 2011. Quantitative analysis of biochar in field soil. Soil Biology and Biochemistry 43(7): 1563-1568.

Shackley, S.; S, Sohi.; R, Ibarrola.; J, Hammond.; O, Mašek.; P, Brownsort.; A, Cross.; M, Prendergast-Miller. & S, Haszeldine. 2013. Biochar, Tool for Climate Change Mitigation and Soil Management. In: Lenton, T. & N. Vaughan. (eds.), Geoengineering Responses to Climate Change. Springer New York, New York, USA. pp. 73-140.

Song, X.D.; Xue, X.Y.; Chen, D.Z.; He, P.J. & Dai, X.H.2014. Application of biochar from sewage sludge to plant cultivation: Influence of pyrolysis temperature and biochar-to-soil ratio on yield and heavy metal accumulation. Chemosphere 109: 213-220.

Tang, J.; W. Zhu.; R, Kookana. & A, Katayama .2013. Characteristics of biochar and its application in remediation of contaminated soil. Journal of Bioscience and Bioengineering 116(6): 653-659.

United State Environmental Protection Agency (U.S. EPA). 1993. Clean Water Act Section 503, vol. 58, no. 32. Washington, D.C.124 p.

Xue, Y.; Gao, B.; Yao, Y.; Inyang, M.; Zhang, M.; Zimmerman, A. & Ro, K. 2012. Hydrogen peroxide modification enhances the ability of Biochar (hydrochar) produced from hydrothermal carbonization of peanut hull to remove aqueous heavy metals: Batch and column tests. Chemical Engineering Journal 200-202: 673-680.

Yuan, H.; T, Lu.; H Huang.; D, Zhao.; N, Kobayashi. & Y, Chen. 2015. Influence of pyrolysis temperature on physical and chemical properties of biochar made from sewage sludge. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 112: 284–289.

Zavallonia, C.; Albertia, G.; Biasiol, S.; Delle Vedovea, G.; Fornasier, F.; Liu, J. & peressotti, A. 2011. Microbial mineralization of biochar and wheat straw mixture in soil: A short term study. Applied Soil Ecology 50: 45-51.

Zielińska, A.; P, Oleszczuk.; B, Charmas.; J, Skubiszewska-Zięba. & S Pasieczna-Patkowska. 2015. Effect of sewage sludge properties on the biochar characteristic. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis 112: 201-213.

Product and characterization of produced biochar from urban biological sewage sludge

M. Namdari[1], M. Soleimani[2], N. Mirghaffari[3]
M.Sc., Assistant Professor, Associate Professor, Department of Natural Resources Engineering, Group of Environment, Isfahan University of Technology,

Abstract

Increasing population rate and industrial development could increase production of sewage sludge. Selection of a suitable management approach for environment protection, human health and reuse of waste materials is very important. The aim of this study was the characterization of biological sewage sludge and the biochar samples produced from it. Thus, the biological sewage sludge was pyrolyzed in various temperatures including 300, 400 and 500 ºC. The results showed that, pH, ash content, heavy metal and sodium concentrations in biochar samples enhanced by increasing the pyrolysis temperature. In the other hand, biochar yield, total nitrogen, phosphorous, electrical conductivity, moisture content, available potassium and bioavailability of heavy metals (AB-DTPA reduced by increasing the pyrolysis temperature. Therefore, production of biochar samples from biological sewage sludge in low temperature (300 ºC) could be a good choice to be used as a soil fertilizer considering its yield and chemical properties.

Keywords: Activated Sludge, Pyrolysis, Biochar, Waste Management