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

بررسی ویژگی‌های بخش مایع و جامد هیدروچارهای تولید شده از مواد آلی مختلف

یاسر عظیم‌زاده*[۱]، نصرت‌اله نجفی[۲]، الناز عبدالملکی[۳]، بهناز امیرلو[۳]
به‌ترتیب، دانشجوی دکتری، دانشیار و دانشجویان کارشناسی ارشد گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

چکیده

هیدروچار، ماده جامد کربنی است که از کربونیزه شدن گرمآبی (Hydrothermal carbonization, HTC) زیست‌توده تولید می‌شود و در بهبود ویژگی‌ها و تثبیت آلاینده‌های خاک کاربرد دارد. هدف این پژوهش، تبدیل زیست‌توده‌های مختلف شامل لجن فاضلاب، کود مرغی، تفاله چغندر قند، کاه و کلش گندم و زایدات چوب به هیدروچار و بررسی ویژگی‌های آن‌ها بود. بعد از تبدیل زیست‌توده‌ها به هیدروچار، درصد عملکرد و خاکستر بخش جامد و pH، EC و غلظت عناصر غذایی در بخش جامد و مایع هیدروچارهای تولید شده بررسی شد. نتایج نشان داد که هیدروچارهای تولید شده از مواد آلی مختلف دارای ویژگی‌های متفاوتی بودند. تمام هیدروچارهای تولید شده دارای pH و EC کم‌تری نسبت به زیست‌توده اولیه بودند. هیدروچارهای تولید شده از کود مرغی و لجن فاضلاب دارای بیشترین درصد خاکستر و عناصر غذایی و هیدروچارهای تولید شده از زیست‌توده‌های لیگنوسلولزی دارای pH و EC کمتری بود. با توجه به pH اسیدی و غلظت عناصر غذایی در هیدروچارهای تولید شده، می‌توان از آن‌ها به‌عنوان کود و اصلاحگر خاک‌های قلیایی استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ترسیب کربن، کربونیزه شدن گرمآبی، کود آلی، مواد آلی، هیدروچار

مقدمه

کربن آلی خاک به‌عنوان یکی از معیارهای کلیدی در ارزیابی کیفیت خاک، نقش مهمی در تولید پایدار ایفا نموده و از تخریب خاک جلوگیری می‌نماید (Lemenih, 2004). با افزودن مواد آلی به خاک می‌توان ذخیره کربن آلی خاک را افزایش داد. با کربونیزه کردن[۱] مواد آلی و تبدیل آنها به هیدروچار[۲]، می‌توان سرعت تجزیه مواد آلی را کاهش داد (Joseph and Lehmann, 2009). هیدروچار، یک ماده جامد قهوه‌ای با ویژگی‌هایی مشابه زغال سنگ است که از حرارت دادن زیست‌توده در داخل یک سامانه بسته و در فشار ۳۰-۲۰ اتمسفر و دمای ۲۳۰-۱۸۰ درجه سلسیوس تولید می‌شود (Meyer et al., 2011; Novak et al., 2014). فرآیند تولید هیدروچار را کربونیزه شدن گرمآبی[۳] می‌نامند. با کربونیزه کردن زیست‌توده‌های آلی و سپس افزودن آن‌ها به خاک، سرعت تجزیه زیست‌توده کاهش یافته و منجر به افزایش ترسیب کربن[۴] و افزایش اثر باقی‌مانده آن می‌شود. هیدروچار علاوه‌بر بهبود ویژگی‌های خاک و افزایش حاصلخیزی آن (Joseph and Lehmann, 2009, Bargmann et al., 2013, Novak et al., 2014)، به‌علت pH اسیدی می‌تواند نقش مفیدی در افزایش فراهمی برخی از عناصر غذایی در خاک‌های قلیایی ایران داشته باشد. علاوه‌بر آن، کربونیزه کردن گرمآبی باعث از بین رفتن بذور علف‌های هرز و میکروب‌های خطرناک در زیست‌توده‌های مختلف از جمله لجن فاضلاب و کود مرغی می‌شود (Libra et al., 2011). Smith و همکاران (۲۰۱۶) با بررسی ویژگی‌های هیدروچارهای تولید شده از زیست‌توده‌های مختلف شامل چوب درخت بید، چوب بلوط، زایدات گلخانه‌ای، زایدات مواد غذایی، پسماندهای شهری، لجن فاضلاب، جلبک و غیره نشان دادند که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی هیدروچارهای تولید شده بسیار تحت تأثیر نوع زیست‌توده می‌باشد (Smith et al., 2016). از جمله مزایای هیدروچار نسبت به بیوچار می‌توان به عملکرد بیشتر (Hu et al., 2010)، pH کمتر (اسیدی) (Bargmann et al., 2013)، مصرف کمتر انرژی برای تولید (Hu et al., 2010)، قابلیت استفاده از بخش مایع هیدروچار به‌عنوان کود (Petrović et al., 2016) و یا بازیابی عناصر و

[1] Carbonization
[2] Hydrochar
[3] Hydrotharmal carbonization, HTC
[4] Carbon sequestration

مواد مفید از بخش مایع هیدروچار اشاره کرد (Xiao et al., 2012). Perera و همکاران (۲۰۱۵) توانستند با فرآیند HTC، بیش از ۵۰ درصد نیتروژن کود مرغی را استخراج و آن را به‌عنوان یک کود مایع فسفری پیشنهاد کردند. آنان با انجام HTC در دماهای مختلف، دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس را برای این فرآیند مناسب ارزیابی کردند (Perera et al., 2015).

هدف از این تحقیق تبدیل زیست‌توده‌های مختلف شامل زایدات چوب حاصل از هرس درختان سیب، کاه و کلش گندم، تفاله چغندر قند، لجن فاضلاب و کود مرغی به هیدروچار و بررسی ترکیب عنصری آنها بود.

مواد و روش‌ها

زیست‌توده‌های اولیه مورد استفاده شامل لجن فاضلاب شهری از تصفیه‌خانه فاضلاب شهر میانه، کود مرغی از مرغداری ایستگاه تحقیقات کشاورزی خلعت‌پوشان دانشگاه تبریز، تفاله چغندر قند از کارخانه قند شهرستان میاندوآب، استان آذربایجان غربی، کاه و کلش گندم و چوب سیب به‌ترتیب از یک مزرعه گندم و یک باغ سیب واقع در شهرستان میاندوآب، استان آذربایجان غربی تهیه شدند. برای تولید هیدروچار، مقدار مشخصی از هر زیست‌توده به‌همراه مقدار مشخصی آب مقطر به درون دستگاه HTC ریخته و درب آن محکم بسته شد. نمونه‌های زیست‌توده در داخل دستگاه در دمای ۱۸۰ درجه سلسیوس و فشار ۱۱ اتمسفر به‌مدت ۱۲ ساعت حرارت داده شد. سپس بخش مایع و جامد با استفاده از کاغذ صافی جداسازی شد. بخش مایع هیدروچارها بلافاصله بعد از اتمام واکنش با استفاده از کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف و pH و EC آن به‌ترتیب با استفاده از pHسنج HANNA مدلpH209 ساخت ایتالیا و ECسنج RS232 مدل 8301 ساخت تایوان اندازه‌گیری شد. در بخش جامد و مایع هیدروچارهای تولید شده، برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مهم نظیر عملکرد، درصد خاکستر، pH، EC، N، P، K، Na، Ca، Mg، Fe، Mn، Cu و Zn تعیین شد. برای تعیین pH و EC هیدروچار از نسبت ۱:۲۰ (آب مقطر):(جرم خشک هیدروچار) استفاده شد (Fang et al., 2015). برای تجزیه عنصری بخش جامد هیدروچار، هر یک از زیست‌توده‌ها در داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر و سپس به‌وسیله محلول ۲ مولار HCl هضم شد (Fang et al., 2015). برای تجزیه عنصری بخش مایع هیدروچار، ۲۵ میلی‌لیتر از بخش مایع هر هیدروچار در داخل کروزه چینی در داخل آون در دمای ۱۰۵ درجه سلسیوس خشک شد. نیتروژن بقایای خشک شده با استفاده از روش کجلدال (Jones Jr, 2001) اندازه‌گیری شد. نمونه‌های آون‌خشک، در داخل کوره الکتریکی در دمای ۵۵۰ درجه سلسیوس خاکستر و سپس با محلول ۲ مولار HCl هضم شد. نمونه‌های هضم شده بخش جامد و مایع هیدروچارها و زیست‌توده‌ها از کاغذ صافی عبور داده شدند و غلظت Na و K عصاره‌ها با دستگاه فلیم‌فتومتر مدل CORNING 410، P با استفاده از روش اسید آسکوربیک و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل SU6100 ساخت شرکت Philler Scientific آمریکا (Murphy and Riley, 1962) و غلظت عناصر Ca، Mg، Fe، Mn، Cu و Zn با استفاده از دستگاه طیف‌سنج جذب اتمی مدل Shimadzu, AA-6300 اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن هیدروچار با روش کجلدال (Jones Jr, 2001) تعیین شد.

تیمارهای آزمایش شامل نوع زیست‌توده اولیه (چوب سیب، کاه و کلش گندم، تفاله چغندر قند، لجن فاضلاب و کود مرغی) و نوع ماده آلی (زیست‌توده، بخش جامد هیدروچار و بخش مایع هیدروچار) هر یک در سه تکرار بود. برای تحلیل آماری داده‌ها از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد. برای تحلیل آماری داده‌ها از نرم‌افزار MSTATC و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

ویژگی‌های بخش جامد هیدروچارهای تولید شده

نتایج مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های مورد بررسی برای اثر متقابل نوع ماده آلی و نوع زیست‌توده در جدول ۱ ارائه شده است. بیشترین عملکرد به‌دست آمده مربوط به هیدروچار چوب سیب و برابر ۵۴/۹ درصد بود. عملکرد کمتر هیدروچار کود مرغی و لجن فاضلاب، احتمالاً به‌علت حل‌پذیری بیشتر زیست‌توده در طی کربونیزه شدن گرمآبی و خارج شدن املاح معدنی و

برخی ترکیبات آلی از آن (Zimmerman, 2010; Liao et al., 2013) و یا ناشی از درصد کمتر لیگنین زیست‌توده می‌باشد (Demirbaş, 2001). لیگنین دارای یک ساختار فنولیکی پایدار است که مانع از انحلال زیست‌توده و وارد شدن آن به بخش مایع و گاز می‌شود (Fang et al., 2015). بنابراین، زیست‌توده‌های چوب و تفاله چغندر قند به‌علت داشتن اسکلت لیگنوسلولزی مقاوم، در مقابل دما از استحکام بیشتری برخوردار بوده و عملکرد هیدروچار تولید شده از آنها بیشتر از کود مرغی و لجن فاضلاب بود. Fang و همکاران (۲۰۱۵) عملکرد هیدروچار تولید شده از چوب گردو را برابر ۵۴/۶ درصد و بیشتر از عملکرد هیدروچار باگاس نیشکر (۴۷/۸٪) و پوست بادام‌زمینی (۵۰/۶٪) به‌دست آوردند (Fang et al., 2015).

درصد خاکستر هیدروچار به عملکرد آن و میزان حل‌پذیری و خارج شدن عناصر از زیست‌توده بستگی دارد. بر همین اساس، درصد خاکستر کمتر هیدروچارهای لجن فاضلاب، تفاله چغندر قند و کاه و کلش گندم در مقایسه با زیست‌توده آنها، احتمالاً مربوط به انحلال و شسته شدن عناصر و ورود آنها به بخش مایع هیدروچار می‌باشد. درصد خاکستر بیشتر هیدروچار لجن فاضلاب در مقایسه با زیست‌توده آن، احتمالاً به انحلال کمتر آن و انباشته شدن عناصر معدنی در آن باشد. pH تمام هیدروچارهای تولید شده کمتر از pH زیست‌توده آنها بود و به pH هیدروچارها به استثنای هیدروچار کود مرغی همه کمتر از ۷ (اسیدی) بود. با تبدیل زیست‌توده‌های مورد بررسی به هیدروچار، غلظت برخی از عناصر در آنها افزایش و برخی دیگر کاهش یافت. زیست‌توده و هیدروچار کود مرغی نسبت به سایر مواد آلی دارای بیشترین میزان pH، EC، فسفر، سدیم، پتاسیم، منیزیم و مس بود و احتمالاً علت pH و EC بالای کود مرغی مربوط به درصد بالای خاکستر و عناصر قلیایی مانند سدیم، پتاسیم و منیزیم در آن باشد (جدول ۱).

وقتی هیدروچار به‌همراه کودهای شیمیایی به خاک افزوده شود، علاوه‌بر نگهداری عناصر غذایی در خاک و ممانعت از آبشویی آنها و افزایش حاصلخیزی خاک، به ترسیب کربن نیز کمک می‌کند (Libra et al., 2011). بنابراین، هیدروچارهای تولید شده بویژه هیدروچار کود مرغی و لجن فاضلاب را می‌توان به‌عنوان کود به خاک اضافه کرد و هیدروچارهای تولید شده از چوب، کاه و کلش گندم و تفاله چغندر را به‌همراه کودهای شیمیایی برای بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک و افزایش کارایی کود به خاک اضافه کرد. علاوه‌بر آن، هیدروچارهای دارای عناصر کمتر را می‌توان به‌عنوان جاذبِ تمیز در محلول‌های آبی مورد استفاده قرار داد، چون این جاذب‌ها منجر به تغییر در شیمی محلول‌های آبی نمی‌شوند (Fang et al., 2015).

ویژگی‌های بخش مایع هیدروچارهای تولید شده

نتایج مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های بخش مایع هیدروچارهای تولید شده در جدول ۲ نشان داده شده است. این که pH بخش مایع تمام هیدروچارها اسیدی بود اما pH کود مرغی و لجن فاضلاب بیشتر از بخش مایع هیدروچارهای لیگنوسلولزی بود، که احتمالاً به مقدار عناصر معدنی بیشتر آنها از جمله Na، K، Ca و Mg مربوط می‌باشد. با توجه به اینکه pH و EC بخش مایع هیدروچار تحت تأثیر غلظت عناصر موجود در آن قرار می‌گیرد و با توجه به اینکه غلظت عناصر غذایی اندازه‌گیری شده در بخش مایع هیدروچارهای لجن فاضلاب و کود مرغی به‌طور معنادار بیشترین مقادیر را داشت، بیشتر بودن pH و EC بخش مایع هیدروچار کود مرغی و لجن فاضلاب دور از انتظار نیست. کمتر بودن غلظت عناصر غذایی بخش مایع هیدروچارهای لیگنوسلولزی (چوب، کلش گندم و تفاله چغندر) در مقایسه با کود مرغی و لجن فاضلاب، احتمالاً به غلظت کمتر این عناصر در زیست‌توده و یا میزان انحلال کمتر زیست‌توده در طی فرآیند HTC مربوط می‌باشد. Fang و همکاران (۲۰۱۵) نیتروژن بخش مایع هیدروچارهای تولید شده از پوست بادام‌زمینی، چوب گردو و باگاس نیشکر غلظت فسفر را به‌ترتیب برابر با ۱۱/۰، ۶/۸ و ۳۳/۱ میلی‌گرم بر لیتر و غلظت پتاسیم را به‌ترتیب برابر با ۱۷۲/۹، ۱۸۱/۳ و ۱۰۱۳/۶ میلی‌گرم بر لیتر گزارش کردند (Fang et al., 2015).

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های مورد بررسی برای اثر متقابل نوع ماده آلی و نوع زیست‌توده

نوع ماده آلی	نوع زیست‌توده	عملکرد (٪)	خاکستر (٪)	pH	EC (dS/m)	غلظت عناصر (g/kg)								
						N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
زیست‌توده	لجن فاضلاب	-	۳۳/۶^{d}	۶/۶۵^{c}	۱/۷۲^{c}	۴۲/۶۶^{a}	۲۲/۸۳^{c}	۲/۴۳^{c}	۱۶/۵۲^{f}	۱/۱۱^{e}	۲/۷۹^{c}	۲/۸۰^{b}	۰/۱۴^{c}	۰/۱۳^{bcd}	۰/۳۹^{a}
	کود مرغی	-	۴۹/۸^{a}	۹/۲۷^{a}	۴/۲۱^{a}	۳۲/۴۸^{b}	۳۲/۴۷^{b}	۱۶/۳۶^{a}	۴۲/۴۱^{c}	۱۰/۲۸^{a}	۵/۵۲^{a}	۱/۲۸^{d}	۰/۹۷^{b}	۰/۵۵^{a}	۰/۲۵^{c}
	تفاله چغندر قند	-	۴/۵^{f}	۵/۶۲^{f}	۰/۲۵^{f}	۵/۳۵^{de}	۰/۵۳^{e}	۱/۰۷^{e}	۴۴/۰۲^{c}	۱/۴۷^{de}	۰/۶۳^{g}	۰/۲۱^{g}	۰/۰۲^{de}	۰/۰۷^{d}	۰/۲۷^{c}
	کاه و کلش گندم	-	۸/۴^{e}	۵/۸۸^{e}	۳/۱۹^{b}	۴/۵۴^{de}	۱/۲۸^{e}	۲/۲۴^{c}	۱۷/۹۷^{f}	۲/۲۰^{c}	۰/۶۹^{f}	۰/۶۱^{e}	۰/۰۳^{de}	۰/۰۷^{d}	۰/۳۳^{b}
	چوب سیب	-	۱/۲^{g}	۶/۵۶^{c}	۰/۱۱^{g}	۳/۵۵^{e}	۰/۱۵^{e}	۰/۵۸^{f}	۱/۶۴^{g}	۰/۴۶^{f}	۰/۳۳^{j}	۰/۳۳^{fg}	۰/۰۰۴^{e}	۰/۰۸^{cd}	۰/۱۳^{f}
هیدروچار	لجن فاضلاب	۴۳/۲^{c}	۴۱/۶^{c}	۶/۲۵^{d}	۱/۰۹^{e}	۳۳/۳۶^{b}	۱۴/۵۸^{d}	۱/۵۲^{d}	۲۱/۳۵^{e}	۱/۸۰^{cd}	۰/۹۳^{d}	۳/۵۱^{a}	۰/۱۴^{c}	۰/۲۰^{b}	۰/۲۷^{c}
	کود مرغی	۴۳/۶^{c}	۴۵/۸^{b}	۷/۱۲^{b}	۱/۲۸^{d}	۲۱/۶۲^{C}	۳۸/۱۴^{a}	۵/۲۱^{b}	۶۰/۳۲^{b}	۱۰/۵۸^{a}	۳/۰۸^{b}	۲/۶۳^{c}	۱/۱۱^{a}	۰/۶۸^{a}	۰/۳۸^{a}
	تفاله چغندر قند	۴۷/۱^{b}	۳/۷^{f}	۴/۵۲^{h}	۰/۳۶^{f}	۵/۷۷^{d}	۰/۹۲^{e}	۰/۲۵^{g}	۶۶/۸۸^{a}	۱/۸۰^{cd}	۰/۸۰^{e}	۰/۲۸^{g}	۰/۰۳^{de}	۰/۳۰^{bc}	۰/۱۹^{e}
	کاه و کلش گندم	۳۸/۵^{d}	۴/۳^{f}	۴/۸۲^{g}	۰/۰۷^{g}	۵/۶۲^{d}	۱/۲۲^{e}	۰/۵۴^{f}	۲۹/۷۴^{d}	۵/۷۶^{b}	۰/۴۸^{h}	۱/۱۵^{d}	۰/۰۷^{d}	۰/۰۶^{d}	۰/۴۰^{a}
	چوب سیب	۵۴/۹^{a}	۱/۶^{g}	۵/۵۸^{f}	۰/۰۸^{g}	۳/۵۷^{e}	۰/۱۸^{e}	۱/۰۹^{e}	۱/۶۲^{g}	۰/۴۲^{f}	۰/۴۱^{i}	۰/۴۶^{f}	۰/۰۱^{de}	۰/۱۰^{bcd}	۰/۲۲^{d}

جدول ۲ .مقایسه میانگین‌های ویژگی‌های بخش مایع هیدروچارهای تولید شده از زیست‌توده‌های مختلف

نوع زیست‌توده	pH	EC (dS/m)	غلظت عناصر (mg/L)									
			N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Cu	Zn
لجن فاضلاب	۵/۱۳^{b}	۹/۹۲^{b}	۱۰۴/۵۰^{a}	۱۹۲/۹۰^{b}	۳۰۶/۵۰^{b}	۵۵۸/۷۰^{b}	۳۱/۷۶^{c}	۲۹۵/۹۰^{b}	۴۷/۳۸^{a}	۰/۰۹^{d}	۰/۲۳^{c}	۱/۳۳^{d}
کود مرغی	۶/۸۷^{a}	۱۵/۱۳^{a}	۹۷/۲۸^{b}	۶۲۶/۸۰^{a}	۹۳۱/۰۰^{a}	۲۱۰۷/۰۰^{a}	۴۲/۷۵^{a}	۴۰۲/۸۰^{a}	۱۳/۰۷^{b}	۲/۷۵^{a}	۱/۵۳^{a}	۴/۸۸^{c}
تفاله چغندر قند	۳/۶۹^{c}	۳/۰۹^{c}	۷۴/۶۱^{c}	۲۷/۵۰^{c}	۸۶/۱۴^{d}	۱۳۷/۶۰^{d}	۳۲/۷۸^{c}	۲۶/۳۶^{c}	۱۱/۰۰^{c}	۱/۱۸^{b}	۰/۴۰^{b}	۶/۶۵^{b}
کاه و کلش گندم	۳/۷۸^{c}	۰/۵۳^{e}	۸۰/۶۵^{c}	۳۳/۸۸^{c}	۲۱۸/۹۰^{c}	۳۳۲/۶۰^{c}	۳۵/۵۰^{b}	۱۴/۱۹^{cd}	۱۱/۱۶^{c}	۰/۱۳^{d}	۰/۲۶^{c}	۷/۵۱^{a}
چوب سیب	۳/۴۸^{d}	۱/۶۱^{d}	۷۷/۶۵^{c}	۲۵/۰۴^{c}	۶۲/۲۸^{e}	۱۵۰/۴۰^{d}	۲۶/۳۰^{d}	۹/۸۶^{d}	۱۰/۳۶^{c}	۰/۹۵^{c}	۰/۲۷^{c}	۶/۷۲^{b}

بخش مایع هیدروچار ممکن است غنی از عناصر غذایی باشد و برای افزایش حاصلخیزی خاک می‌توان آن را به زمین‌های کشاورزی اضافه کرد (Fang et al. 2015; Perera et al., 2015). غلظت N، P، K، Ca، Fe، Zn و Mn بخش مایع هیدروچارهای تولید شده بیشتر و pH و EC آن کمتر از مقادیر گزارش شده برای پساب تصفیه شده فاضلاب شهری (احمدی آغ‌تپه و همکاران، ۱۳۹۱) بود. احمدی آغ‌تپه و همکاران (۱۳۹۱) نشان دادند که آبیاری علوفه ارزن دم‌روباهی با پساب تصفیه شده فاضلاب شهری باعث افزایش اجزای عملکرد علوفه شد. بنابراین، کاربرد بخش مایع هیدروچارهای تولید شده به‌صورت کودآبیاری ممکن است نتایج مفیدی بر افزایش کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی داشته باشد. با توجه به اینکه محلول-پاشی عناصر غذایی معمولاً با غلظت ۶-۳ در هزار انجام می‌شود (کریمی و همکاران، ۱۳۹۱)، غلظت نسبتاً بالای برخی از عناصر غذایی در بخش مایع هیدروچارهای مورد مطالعه امکان استفاده از آن به صورت محلول‌پاشی را فراهم می‌کند. با این حال، در کاربرد بخش مایع هیدروچار به‌صورت محلول‌پاشی باید pH اسیدی بخش مایع هیدروچار و حضور برخی ترکیب‌های آلی سمی در آن در نظر گرفته شود.

منابع

احمدی آغ‌تپه، ا.، قنبری، ا.، سیروس‌مهر، ع.، سیاه‌سر، ب. و اصغری‌پوز، م.ر. ۱۳۹۱. اثر پساب تصفیه شده، همراه با محلول پاشی کود کامل بر برخی خصوصیات کمی و کیفی علوفه ارزن دم روباهی (*Setaria italica*). نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). جلد ۲۶، شماره ۳، صفحه‌های ۶۶۰ تا ۶۷۱.

کریمی، ز.، نصراله زاده اصل، ع.، جلیلی، ف. و ولی‌لو، ر. ۱۳۹۱. تأثیر کود زیستی فسفات بارور-۲ و محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای ۷۰۴. مجله پژوهش در علوم زراعی، سال چهارم، شماره ۱۵، صفحه‌های ۳۳ تا ۴۳.

Bargmann I., Rillig M. Buss W., Kruse A. and Kuecke M. 2013. Hydrochar and biochar effects on germination of spring barley. Journal of Agronomy and Crop Science, 199(5): 360-373.

Demirbaş A. 2001. Relationships between lignin contents and heating values of biomass. Energy conversion and management, 42(2): 183-188.

Fang J., Gao B., Chen J. and Zimmerman A.R. 2015. Hydrochars derived from plant biomass under various conditions: Characterization and potential applications and impacts. Chemical Engineering Journal, 267: 253-259.

Hu B., Wang K., Wu L., Yu S.H., Antonietti M. and Titirici M.M. 2010. Engineering carbon materials from the hydrothermal carbonization process of biomass. Advanced Materials, 22(7): 813-828.

Jones Jr J.B. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis, CRC press.

Joseph S. and Lehmann J. 2009. Biochar for environmental management: science and technology, London, GB: Earthscan.

Lemenih M. 2004. Effects of land use changes on soil quality and native flora degradation and restoration in the highlands of Ethiopia.

Liao R., Gao B. and Fang J. 2013. Invasive plants as feedstock for biochar and bioenergy production. Bioresource technology, 140: 439-442.

Libra J.A., Ro K.S., Kammann C., Funke A., Berge N.D., Neubauer Y., Titirici M.M., Fühner C., Bens O. and Kern J. 2011. Hydrothermal carbonization of biomass residuals: a comparative review of the chemistry, processes and applications of wet and dry pyrolysis. Biofuels, 2(1): 71-106.

Meyer S., Glaser B. and Quicker P. 2011. Technical, economical, and climate-related aspects of biochar production technologies: a literature review. Environmental science & technology, 45(22): 9473-9483.

Murphy J. and Riley J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Analytica chimica acta, 27: 31-36.

Novak J., Spokas K., Cantrell K., Ro K., Watts D., Glaz B., Busscher W. and Hunt P. 2014. Effects of biochars and hydrochars produced from lignocellulosic and animal manure on fertility of a Mollisol and Entisol. Soil use and management, 30(2): 175-181.

Perera J., Nakhshiniev B., Gonzales H.B. and Yoshikawa K. 2015. Effect of Hydrothermal Treatment on Macro/Micro Nutrients Extraction from Poultry manure for Liquid Organic Fertilizer Production.

Petrović J., Perišić N., Maksimović J.D., Maksimović V., Kragović M., Stojanović M., Laušević M. and Mihajlović M. 2016. Hydrothermal conversion of grape pomace: Detailed characterization of obtained hydrochar and liquid phase. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 118: 267-277.

Smith A.M., Singh S. and Ross A.B. 2016. Fate of inorganic material during hydrothermal carbonisation of biomass: Influence of feedstock on combustion behaviour of hydrochar. Fuel, 169: 135-145.

Xiao L.P., Shi Z.J., Xu F. and Sun R.C. 2012. Hydrothermal carbonization of lignocellulosic biomass. Bioresource technology, 118: 619-623.

Zimmerman A.R. 2010. Abiotic and microbial oxidation of laboratory-produced black carbon (biochar). Environmental science & technology, 44(4): 1295-1301.

Investigating the Properties of Liquid and Solid Fractions of Hydrochars Produced From Different Organic Materials

Y Azimzadeh*[1], N Najafi[2], E Abdolmaleki[3] and B Amirloo [3]

PH.D Student, Associate Professor and M.Sc. Students of Soil Science, Department of Soil Science, College of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran Respectively

Abstract

Hydrochar is a carbonaceous solid material obtained from hydrothermal carbonization (HTC) of biomass that has received more attention as a potential agent for soil contaminants stabilization and soil improvement. The aim of this work was to convert biomasses including sewage sludge, poultry manure, beet pulp, wheat straw and wood wastes to hydochar and study their attributes. After converting biomass to hydochar, yield and ash of solid fraction, and pH, EC and nutrient concentrations in solid and liquid fractions of hydrochars were analyzed. The results showed that properties of hydochars produced from different organic materials were different. All produced hydochars had pH and EC less than the initial biomasses. Hydochars produced from poultry manure and sewage sludge had the highest amount of ash and nutrients concentrations and hydochars produced from lignocellulosic biomasses had a lower pH and EC. The produced hydochars can be used as fertilizer and soil conditioner in alkaline soils due to their acidic pH and nutrients concentrations.

Keywords: Carbon sequestration, Hydrochar, Hydrothermal carbonization, Manure, Organic matter,