ویژگی‌های هیدرولیکی و آب‌گریزی خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب و بیوچار آن

زهرا خان‌محمّدی، مجید افیونی، محمّدرضا مصدّقی

به ترتیب دانش‌آموخته دکتری و استادان گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر لجن فاضلاب و بیوچار آن بر ویژگی‌های هیدرولیکی و آب‌گریزی دو خاک آهکی فلاورجان (لوم رسی) و زیار (لوم) تحت کشت ذرت در یک آزمایش ستونی انجام شد. مقادیر کاربرد لجن فاضلاب (S) ۱۰، ۲۰ و ۴۰ مگاگرم در هکتار (به ترتیب تیمار S۱، S۲ و S۳) بود. بیوچار (B) نیز در مقادیر ۷/۳، ۱۴/۵ و ۲۹ مگاگرم در هکتار (B۱، B۲ و B۳) اعمال شد. در پایان دوره رشد ذرت، ویژگی‌های هیدرولیکی و آب‌گریزی خاک در تیمارهای مختلف با روش جذب‌پذیری ذاتی اندازه‌گیری شد. کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار در تمام مقادیر، موجب افزایش معنی‌دار شاخص آب‌گریزی خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد. این یافته می‌تواند به دلیل کربن آلی و نسبت کربن آلی به مقدار رس بیش‌تر در خاک‌های پس از برداشت در تیمارهای S و B نسبت به شاهد باشد. شاخص آب‌گریزی در سطح ۳ کاربرد S و B > سطح ۲ > سطح ۱ بود. هم‌چنین مقدار شاخص آب‌گریزی و جذب‌پذیری اتانول در خاک فلاورجان به طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک زیار بود.

واژه های کلیدی: لجن فاضلاب، بیوچار، آب‌گریزی خاک، جذب‌پذیری آب، جذب‌پذیری اتانول.

مقدمه

امروزه تولید بیوچار به عنوان محصول فرآیند پیرولیز مورد توجه قرار گرفته است. پیرولیز عبارت است از فرآیند تبدیل گرمایی-شیمیایی[1] زیتوده در شرایط عدم حضور و یا حضور جزئی اکسیژن که منجر به ایجاد سه فاز می‌شود: ۱) گاز، ۲) مایع (روغن و قیر)، و ۳) جامد (بیوچار[2]). فاز گاز عمدتاً شامل متان یا سایر هیدروکربن‌هایی است که قابل اشتعال بوده و می‌توانند سرد و یا متراکم شوند. فاز گاز و مایع می‌توانند به عنوان سوخت و برای تولید گرما و انرژی مورد استفاده قرار گیرند. ساختار آروماتیک چندحلقه‌ای فاز جامد یا همان بیوچار سبب پایداری آن در محیط و ذخیره و ترسیب کربن در خاک می‌شود (Verheijen et al., 2010). بیوچار هم‌چنین می‌تواند دارای تعدادی از عناصر غذایی برای گیاه باشد؛ بنابراین یک افزودنی ارزشمند برای خاک و رشد گیاه محسوب می‌شود (Lehmann and Joseph, 2009). هم‌چنین گزارش‌هایی مبنی بر نقش مثبت بیوچار بر ویژگی‌های فیزیکی خاک‌ها مانند افزایش تخلخل، بهبود سطح ویژه و افزایش تهویه (Larid et al., 2010)، و افزایش نفوذپذیری و زه‌کشی خاک (Ibrahim et al., 2013) موجود است. ابراهیم و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کاربرد بیوچار گنجایش نگهداشت آب خاک[3] (WHC) را بین ۸/۹ تا ۳۰/۹ درصد افزایش داد. هم‌چنین گنجایش مزرعه[4] (FC) و نقطه پژمردگی دائم[5] (PWP) خاک در تمامی مقادیر بیوچار به کار رفته افزایش یافت.

لجن فاضلاب شامل ترکیبات آلی، عناصر غذایی پرنیاز و کم‌نیاز، عناصر کم‌یاب، ریزجانداران و ریزآلاینده‌ها است. پیرولیز لجن فاضلاب به طور بالقوه می‌تواند یک روش انتخابی برای مدیریت لجن به ویژه در مقایسه با روش‌های معمول دفن در زمین و کاربرد مستقیم آن در کشاورزی باشد (Hwang et al., 2007). این فرآیند ضمن کاهش حجم بقایای جامد و حذف پاتوژن‌ها و عوامل بیماری‌زا در لجن، پیامدهای مثبتی در کشاورزی نیز دارد (Caballero et al., 1997). با توجه به تعداد کم

1- Thermochemical transformation
2- Biochar
3- Water holding capacity
4- Field capacity
5- Permanent wilting point

پژوهش‌های انجام‌شده درباره اثر بیوچارها بر ویژگی‌های فیزیکی خاک (به‌ویژه آب‌گریزی) در ایران، این پژوهش با هدف بررسی اثر لجن فاضلاب و بیوچار آن بر ویژگی‌های هیدرولیکی و آب‌گریزی دو خاک تحت کشت ذرت انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این پژوهش، نمونه‌هایی از دو خاک آهکی با رده‌بندی Typic Haplocambids و بافت‌های لوم رسی و لوم به ترتیب از مناطق فلاورجان و زیار در استان اصفهان تهیه شدند (جدول ۱). خاک‌ها ابتدا هوا-خشک شده و سپس برای حفظ خاکدانه‌ها و حداقل تخریب واحدهای ساختمانی در پژوهش گلخانه‌ای، از الک ۶ میلی‌متری عبور داده شدند. بیوچار لجن فاضلاب در دمای ۳۰۰ درجه سلسیوس تهیه شد (Khanmohammadi et al., 2015). برخی از ویژگی‌های لجن فاضلاب و بیوچار آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها پیش از کشت، لجن فاضلاب و بیوچار.

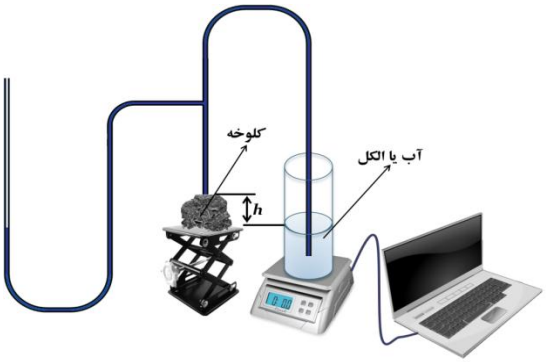
ویژگی	واحد	خاک فلاورجان	خاک زیار	لجن فاضلاب	بیوچار
رس	٪	۳۰/۲	۱۵/۷	–	–
شن	٪	۲۲/۲	۴۲/۸	–	–
سیلت	٪	۴۷/۶	۴۱/۵	–	–
بافت	-	لوم رسی	لوم	–	–
pH	-	۷/۵	۷/۶	۶/۸	۸/۲
رسانایی الکتریکی	$dS\ m^{-1}$	۰/۵۰	۰/۴۶	۲/۲۰	۰/۵۲

سپس لجن فاضلاب (S) در مقادیر ۱۰، ۲۰ و ۴۰ مگاگرم در هکتار با خاک‌ها مخلوط شد و به ترتیب با نمادهای S۱، S۲ و S۳ بیان شدند. از آن‌جا که فرآیند پیرولیز سبب کاهش جرم بیوچار نسبت به لجن فاضلاب می‌شود (حدود ۲۸ درصد از لجن فاضلاب تبدیل به فاز مایع و گاز می‌شود) و به منظور داشتن نتایج قابل مقایسه، میزان کاربرد بیوچار (B) نظیر مقادیر کاربردی لجن فاضلاب به ترتیب ۷/۳، ۱۴/۵ و ۲۹ مگاگرم در هکتار در نظر گرفته شد و به ترتیب با نمادهای B۱، B۲ و B۳ بیان شد. یک تیمار شاهد (C) نیز برای هر خاک در نظر گرفته شد. سپس لوله‌های پلی‌اتیلن با قطر داخلی ۲۱/۵ و ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر با خاک‌های تیمارشده با لجن فاضلاب و بیوچار به صورت جداگانه و در سه تکرار پر شدند؛ به گونه‌ای که ارتفاع ستون‌های خاک ۵۰ سانتی‌متر شد. برای ایجاد شرایط زه‌کشی، انتهای هر ستون سنگ‌ریزه و شن به ضخامت ۳ سانتی‌متر قرار گرفت. برای پایش مقدار آب خاک در طول پژوهش گلخانه‌ای، از روش انعکاس‌سنجی زمانی[1] (TDR) استفاده شد. به این منظور میله‌های دستگاه TDR درون سوراخ‌های ایجادشده در ستون‌ها و در عمق‌های ۱۰، ۲۵ و ۴۰ سانتی‌متری خاک قرار گرفتند. در ابتدا ستون‌ها برای رسیدن به رطوبت گنجایش مزرعه (FC) آبیاری شدند. سپس در هر ستون سه عدد بذر گیاه ذرت (Single Cross ۷۰۴) کشت شد. پس از رسیدن به مرحله دو برگی گیاه ذرت به یک عدد در هر ستون کاهش یافت. در نهایت گیاهان ذرت در هر ستون به مدت ۷۸ روز پس از جوانه‌زنی رشد کردند. برنامه آبیاری ستون‌ها شامل مقدار و زمان آبیاری بر اساس اندازه‌گیری‌های دستگاه TDR و با رسیدن رطوبت خاک به ۷۰ درصد گنجایش مزرعه انجام شد.

در پایان دوره رشد، برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک، خاکدانه‌هایی از لایه ۱۲/۵ تا ۲۵ سانتی‌متری هر ستون، یعنی جایی‌که بیش‌ترین تراکم ریشه‌ها وجود داشت جمع‌آوری شد. برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک از روش جذب‌پذیری ذاتی[2] استفاده شد (Tillman et al., 1989). در این روش شاخص RI[3] برای ارزیابی آب‌گریزی خاک پیشنهاد شده است. این شاخص از طریق اندازه‌گیری جذب‌پذیری آب مقطر (S_W) و اتانول ۹۵ درصد (S_E) توسط خاکدانه‌ها محاسبه می‌شود. برای اندازه‌گیری

1- Time domain reflectometer
2- Intrinsic sorptivity method
3- Repellency index

جذب‌پذیری آب (S_W) و اتانول (S_E) به خاک از دستگاه ریز-نفوذسنج[1] پیشنهادی هالت و یانگ (۱۹۹۹) استفاده شد (شکل ۱).



شکل ۱- شکل شماتیک دستگاه ریز-نفوذسنج مورد استفاده برای اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک.

اساس اندازه‌گیری آب‌گریزی خاک توسط این دستگاه تفاوت در جذب آب و اتانول توسط خاک در ابتدای فرآیند نفوذ است. پارامتر موثر در مقدار نفوذ ابتدایی، جذب‌پذیری خاک[2] است که از طریق دبی جریان ماندگار مایع (آب یا اتانول) در مدت زمان کوتاه نفوذ (۰ تا ۱۸۰ ثانیه) با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد:

$$S = \sqrt{\frac{Qf}{4br}} \qquad (۱)$$

که در آن Q= شدت جریان ماندگار مایع (cm^3s^{-1})، b= ۰/۵۵ (پارامتر ثابت که مقدار آن وابسته به تابع پخشیدگی آب خاک است)، r= شعاع انتهای لوله نفوذسنج در تماس با خاک (cm) و f= تخلخل پر از هوای خاک است. با محاسبه شاخص جذب‌پذیری برای هر دو مایع آب (S_W) و اتانول (S_E) و با استفاده از رابطه زیر شاخص آب‌گریزی (RI) محاسبه گردید:

$$RI = 1.95 \times (\frac{S_E}{S_W}) \qquad (۲)$$

پس از محاسبه مقدار شاخص آب‌گریزی (RI)، زاویه تماس آب-خاک (β) نیز با رابطه زیرمحاسبه شد:

$$\beta = \arccos\ [{}^{1}/_{RI}] \qquad (۳)$$

مقدار β= ۰ به معنی آن است که خاک کاملاً آب‌دوست است. هرچه مقدار β افزایش یابد آب‌گریزی خاک نیز افزایش می‌یابد. در $\beta \geq$ ۹۰ خاک‌ها آب‌گریز واقعی هستند. در خاک‌های کاملاً آب‌دوست، RI برابر واحد است. با افزایش آب‌گریزی خاک به دلیل کاهش S_W، شاخص آب‌گریزی افزایش می‌یابد. مقادیر RI < ۱، ۱/۹۵ < و < ۵۰ به ترتیب بیانگرشرایط آب‌گریز نبودن، آب‌گریزی زیر-بحرانی و بسیار آب‌گریز می‌باشند (Tillman et al., 1989; Lipiec et al., 2009). تجزیه آماری این پژوهش در قالب طرح کاملاً تصادفی و به صورت فاکتوریل اجرا شد. تیمارها شامل دو نوع خاک (فلاورجان و زیار)، دو نوع کود آلی (لجن فاضلاب و بیوچار) و چهار سطح کاربرد (۰، ۱، ۲ و ۳) بودند.

نتایج و بحث

مقدار شاخص آب‌گریزی خاک در تیمار شاهد کم‌تر از ۱/۹۵ بود که بر اساس گروه‌بندی تیلمن و همکاران (۱۹۸۹) و لیپیک و همکاران (۲۰۰۹) نشان‌دهنده آب‌گریزنبودن این تیمار است (جدول ۲). هم‌چنین آب‌گریزی تیمارهای لجن فاضلاب

1- Micro-infiltrometer
2- Soil sorptivity

و بیوچار نیز زیر حد بحرانی بودند. مقایسه مقدار شاخص آب‌گریزی (RI)، جذب‌پذیری اتانول (S_E) و زاویه تماس خاک-آب (β) در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار با تیمار شاهد نشان داد که مقدار این ویژگی‌ها در تیمارهای آلی به طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۲)، درحالی‌که مقدار جذب‌پذیری آب (S_W) در تیمار شاهد افزایش معنی‌داری نسبت به تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار داشت.

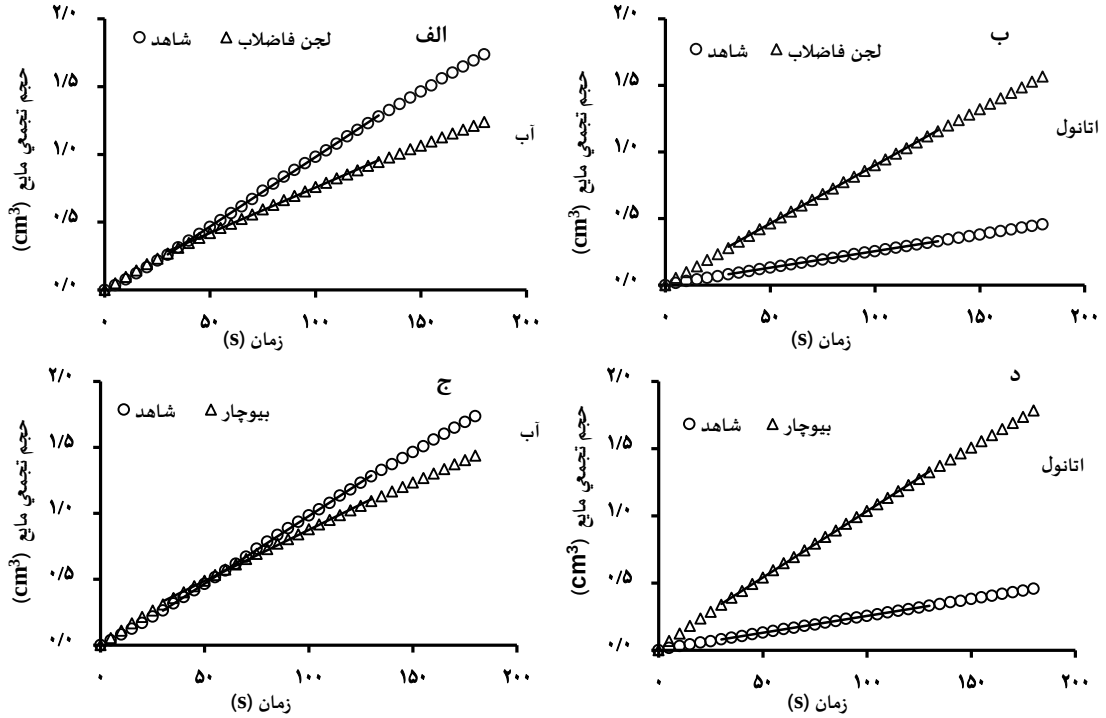
جدول ۲- مقایسه میانگین تاثیر نوع تیمار اصلاحی بر آب‌گریزی، ویژگی‌های هیدرولیکی، نسبت OC/CC، TOC و تنفس میکروبی خاک.

نوع تیمار	RI	S_W	S_E	β	OC/CC	TOC	تنفس میکروبی
	-	cm $s^{-0.5}$	cm $s^{-0.5}$	°	-	kg $100kg^{-1}$	(mg $C\text{-}CO_2(kg\ day)^{-1}$)
شاهد	۱/۳۳^{d}	۰/۰۹۱^{a}	۰/۰۵۹^{d}	۳۴/۰^{d}	۰/۰۳۲^{b}	۰/۶۶^{b}	۷/۷^{b}
لجن فاضلاب	۲/۵۴^{a}	۰/۰۸۴^{c}	۰/۱۰۶^{a}	۶۴/۷^{a}	۰/۰۳۶^{a}	۰/۷۶^{a}	۱۰/۱^{a}
بیوچار	۲/۴۶^{b}	۰/۰۸۳^{c}	۰/۰۹۹^{b}	۶۲/۰^{b}	۰/۰۳۶^{a}	۰/۷۶^{a}	۶/۳^{c}
$LSD_{0.05}$	۰/۰۳	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۳۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۵	۰/۰۷۲

RI شاخص آب‌گریزی، S_W جذب‌پذیری آب، S_E جذب‌پذیری اتانول، β زاویه تماس خاک-آب، OC/CC نسبت کربن آلی به مقدار رس خاک، TOC کربن آلی کل.

جذب آب در تیمار شاهد سریع‌تر از تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار بود و شیب بیش‌تری داشت، درحالی‌که جذب اتانول در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار سریع‌تر از تیمار شاهد بود (شکل ۲). از آن‌جا که افزودن تیمارهای آلی به خاک می‌تواند سبب ایجاد و افزایش اندازه منافذ شود، تفاوت در ویژگی‌های هیدرولیکی (S_W، S_E، β) بین تیمارها می‌تواند به دلیل تفاوت در ساختار منافذ خاک باشد که در قالب S_E نشان داده می‌شود. ماده آلی موجود در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار و احتمالاً وجود پوشش‌های آب‌گریز در این دو تیمار نیز می‌تواند دلیل دیگری برای تفاوت مقدار ویژگی‌های هیدرولیکی خاک در این تیمارها با تیمار شاهد باشد. به‌علاوه کربن آلی کل (TOC) در خاک‌های پس از برداشت و نسبت کربن آلی به رس (OC/CC) در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود (جدول۲). مقدار تنفس میکروبی در تیمار لجن فاضلاب نیز به طور معنی‌داری بیش‌تر از شاهد بود (جدول ۲). این عوامل می‌توانند سبب افزایش جذب‌پذیری اتانول و در نتیجه افزایش شاخص آب‌گریزی خاک شوند. حسینی و همکاران (۲۰۱۷) نیز دریافتند که افزودن بقایای گیاهی به خاک سبب کاهش جذب‌پذیری آب و افزایش جذب‌پذیری اتانول و در نتیجه افزایش شاخص آب‌گریزی در مقایسه با شاهد شد.

جدول ۳ اثر نوع خاک بر شاخص آب‌گریزی و ویژگی‌های هیدرولیکی (S_W، S_E، β) خاک را نشان می‌دهد. مقدار شاخص آب‌گریزی و زاویه تماس خاک-آب در خاک فلاورجان به طور معنی‌داری بیش‌تر از خاک زیار بود. بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر نوع خاک بر جذب‌پذیری اتانول معنی‌دار نبود. این گفته در شکل ۳ نیز قابل مشاهده است. اما با توجه به جذب‌پذیری بیش‌تر اتانول در خاک فلاورجان، مقدار شاخص آب‌گریزی در این خاک نیز بیش‌تر از خاک زیار بود. بیش‌تر پژوهش‌های انجام‌شده درباره شاخص آب‌گریزی نشان می‌دهند که مقدار RI در خاک‌های ریزبافت کم‌تر از خاک‌های درشت‌بافت است (Hallett, 2007; Hosseini et al., 2017). در مقابل برخی پژوهش‌ها نیز بیانگر بیش‌تربودن آب‌گریزی در خاک‌های ریزبافت است. کاواموتو و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که آب‌گریزیِ بیش‌تر در خاک‌های رسی می‌تواند به دلیل نقش رس در خاکدانه‌سازی و محدودشدن سطح قابل دسترس برای پوشش‌های آب‌گریز به سطوح خارجی خاکدانه‌ها باشد.



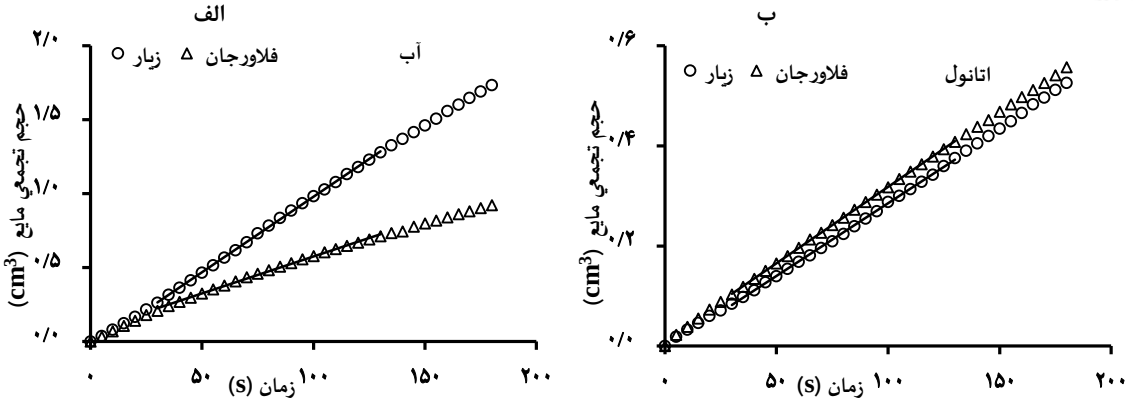
شکل ۲- الف) جذب آب در برابر زمان، ب) جذب اتانول در برابر زمان در تیمارهای شاهد و لجن فاضلاب در خاک زیار. ج) جذب آب در برابر زمان، د) جذب اتانول در برابر زمان در تیمارهای شاهد و بیوچار در خاک زیار.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر نوع خاک بر آب‌گریزی و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک.

نوع تیمار	RI	S_W	S_E	β
	-	cm $s^{-0.5}$	cm $s^{-0.5}$	°
فلاورجان	۲/۳۳^{a}	۰/۰۷۵^{b}	۰/۰۸۸^{a}	۶۱/۲^{a}
زیار	۲/۱۱^{b}	۰/۰۹۴^{a}	۰/۰۹۷^{a}	۵۳/۹^{b}
$LSD_{0.05}$	۰/۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۵	۰/۲۹

RI شاخص آب‌گریزی، Sw جذب‌پذیری آب، SE جذب‌پذیری اتانول، β زاویه تماس خاک و آب.

کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار در تمام مقادیر کاربرد موجب افزایش معنی‌دار مقدار شاخص آب‌گریزی خاک در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول ۴). در هر دو تیمار لجن فاضلاب و بیوچار، مقدار RI در سطح ۳ کاربرد > سطح ۲ > سطح ۱ بود. بیش‌ترین مقدار RI در تیمار بیوچار با نرخ کاربرد ۲۹ مگاگرم در هکتار دیده شد، در حالی‌که شاخص آب‌گریزی در تیمار S1 > B1 و S2 > B2 بود. تغییرات جذب‌پذیری اتانول و زاویه تماس خاک-آب در بین نرخ‌های مختلف کاربرد لجن فاضلاب و بیوچار نیز مشابه روند تغییرات شاخص آب‌گریزی خاک بود (جدول ۴). از آن‌جا که شاخص آب‌گریزی تیمارهای S1، B1 و شاهد کم‌تر از ۱/۹۵ بود و این تیمارها آب‌گریز نمی‌باشند، مقدار جذب‌پذیری آب در این تیمارها بیش‌تر از جذب‌پذیری اتانول بود. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که مقادیر بیشتر شاخص آب‌گریزی خاک در تیمارهای لجن فاضلاب و بیوچار نسبت به تیمار شاهد احتمالا می‌تواند سبب پایداری ساختمان خاک در برابر تنش‌های مرطوب شدن شود.



شکل ۳- الف) جذب آب و ب) جذب اتانول در برابر زمان در تیمارهای شاهد خاک‌های فلاورجان و زیار.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش نوع تیمار آلی و مقدار کاربرد بر آب‌گریزی و ویژگی‌های هیدرولیکی خاک.

$LSD_{0.05}$	شاهد	بیوچار			لجن فاضلاب				
		Mg ha^{-1}			Mg ha^{-1}				
	-	۲۹-B۳	۱۴/۵-B۲	۷/۳-B۱	۴۰-S۳	۲۰-S۲	۱۰-S۱		
۰/۰۷۸	۱/۳۳^{g}	۳/۵۳^{a}	۲/۳۲^{d}	۱/۵۳^{f}	۳/۲۷^{b}	۲/۴۹^{c}	۱/۸۶^{e}	-	RI
۰/۰۰۴	۰/۰۹۱^{b}	۰/۰۷۲^{c}	۰/۰۷۴^{c}	۰/۱۰۱^{a}	۰/۰۷۲^{c}	۰/۰۸۸^{b}	۰/۰۹۳^{ab}	cm s$^{-0.5}$	S_W
۰/۰۰۶	۰/۰۵۹^{d}	۰/۱۳۲^{a}	۰/۰۸۸^{c}	۰/۰۷۸^{c}	۰/۱۱۹^{b}	۰/۱۱۲^{b}	۰/۰۸۷^{c}	cm s$^{-0.5}$	S_E
۱/۱۶	۳۴/۰۲^{e}	۷۳/۴۹^{a}	۶۴/۱۴^{b}	۴۸/۴۰^{d}	۷۱/۹۷^{a}	۶۶/۰۹^{b}	۵۶/۰۲^{c}	°	β

RI شاخص آب‌گریزی، Sw جذب‌پذیری آب، SE جذب‌پذیری اتانول، β زاویه تماس خاک-آب.

منابع

Caballero J.A., Front R., Marcilla A. and Conesa J.A. 1997. Characterization of sewage sludges by primary and secondary pyrolysis. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. 40-41: 433–450.

Hallett P.D. 2007. An introduction to soil water repellency. Vol. 6, P. 9. Proceedings of the 8th International Symposium on Adjuvants for Agrochemicals.

Hallett P.D. and Young I.M. 1999. Change to water repellence of soil aggregates caused by substrate-induced microbial activity. European Journal of Soil Science. 50: 35–40.

Hosseini F., Mosaddeghi M.R., Hajabbasi M.A. and Mamedov AI. 2017. Effects of endophyte-infected and non-infected tall fescue residues on aggregate stability in four texturally different soils. Geoderma. 285: 195–205.

Hwang I.H., Ouchi Y. and Matsuto T. 2007. Characteristics of leachate from pyrolysis residue of sewage sludge. Chemosphere. 68: 1913–1919.

Ibrahim H.M., Al-Wabel M.I., Usman A.R.A. and Al-Omran A. 2013. Effect of *Conocarpus* biochar application on the hydraulic properties of a sandy loam soil. Soil Science. 178: 165–173.

Kawamoto K., Moldrup P., Komatsu T., De Jonge L.W. and Oda M. 2007. Water repellency of aggregate size fractions of a volcanic ash soil. Soil Science Society of America Journal. 71: 1658–1666.

Khanmohammadi Z., Afyuni M. and Mosaddeghi M.R. 2015. Effect of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of sewage sludge biochar. Waste Management and Research. 33: 275–283.

Laird D.A., Fleming P., Davis D.D., Horton R., Wang B.Q. and Karlen D.L. 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. Geoderma. 158: 443–449.

Lehmann J. and Joseph S. 2009. Biochar for environmental management: An introduction. PP. 1–12. In: Lehmann J. and Joseph S. (Eds.), Biochar for Environmental Management, Science and Technology; Earthscan: London, UK.

Lipiec J., Wojciga A. and Horn R. 2009. Hydraulic properties of soil aggregates as influenced by compaction. Soil & Tillage Research. 103: 170–177.

Tillman R.W., Scotter D.R., Wallis M.G. and Clothier B.E. 1989. Water repellency and its measurement by using intrinsic sorptivity. Australian Journal of Soil Research. 27: 637–644.

Verheijen, F., Jeffery S., Bastos A.C., Van der Velde M. and Diafas I. 2010. Biochar Application to Soils. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability.

Hydraulic properties and water repellency of soils treated with sewage sludge and its biochar

Z. Khanmohammadi, M. Afyuni and M. R. Mosaddeghi

Former PhD Student and Professors, Respectively, Department of Soil Science, College of Agriculture, Isfahan University of Technology,

Abstract

The objective of this study was to determine the effect sewage sludge and its biochar application on hydraulic properties and water repellency of two calcareous soils collected from Falavarjan (clay loam) and Ziar (loam) under corn plantation in a column experiment. The soils were mixed with sewage sludge (S) at the rates of 10, 20 and 40 Mg ha^{-1} (S1, S2 and S3 treatments, respectively). The biochar (B) was applied at the corresponding rates of 7.3, 14.5 and 29 Mg ha^{-1} (B1, B2 and B3). At the harvest time, soil hydraulic properties and water repellency were determined by the intrinsic sorptivity method. Sewage sludge and biochar applications resulted in repellency index increment relative to control treatment. This might be due to the higher post-harvest soil total organic carbon and organic carbon to clay content ratio in the S and B treatments compared with control. Repellency index at level 3 of S and B > level 2 > level 1. In addition, repellency index and ethanol sorptivity of Falavarjan soil were significantly higher than Ziar soil.

Keywords: Sewage sludge, Biochar, Soil water repellency, Water sorptivity, Ethanol sorptivity.