



19th Iranian Soil Science Congress
16-18 September, 2025



نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۲۵ تا ۲۷ شهریور ۱۴۰۴



۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

مدیریت جامع نگر و هوشمند خاک و آب

Holistic and Smart Soil and Water Management

دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران

College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran



اثر بیوجار و آب مغناطیسی بر تغییرات زمانی هدایت هیدرولیکی اشباع خاک

شکیبا صادقی عسکری^{۱*}، سید علی اکبر موسوی^۲

۱- نویسنده مسئول، بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران sh.sadeghi9273@gmail.com

۲- بخش علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران aamousavi@gmail.com

چکیده

هدایت هیدرولیکی خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در تعیین جریان آب در خاک است که می‌تواند در مدیریت منابع آب در حوزه‌های مختلف از جمله کشاورزی، نقش مهمی داشته باشد. تغییر ویژگی‌های خاک و آب می‌تواند سبب کاهش یا افزایش این ویژگی شود. کاربرد بیوجار و آب مغناطیسی که از راهکارهای کاهش اثرات تنش خشکی بر گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک مانند اغلب مناطق ایران هستند، می‌توانند بر ویژگی‌های مختلف خاک از جمله هدایت هیدرولیکی و توانایی خاک برای انتقال آب موثر باشند. این اثرات می‌توانند در زمان‌های مختلف متفاوت و تابعی از زمان باشند. باتوجه به اینکه تاکنون پژوهشی درخصوص بررسی اثر توام بیوجار و آب مغناطیسی بر هدایت هیدرولیکی در زمان‌های مختلف انجام نشده، بنابراین در این پژوهش اثر کاربرد سطوح صفر، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی بیوجار کودگاوی و نوع آب (آب معمولی و مغناطیسی‌شده) بر تغییرات زمانی هدایت هیدرولیکی اشباع یک خاک لوم‌شنی در زمان‌های ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ روز پس از کاربرد بررسی و آزمایش در ستون‌های خاک و با روش بار ثابت انجام شد. نتایج نشان داد، هدایت هیدرولیکی با افزایش میزان کاربرد بیوجار در خاک‌های آبیاری شده با هر دو نوع آب معمولی و مغناطیسی، به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. در حالی که با گذشت زمان هدایت هیدرولیکی کاهش یافت به‌طوری که در زمان پایانی آزمایش (۶۰ روز پس از شروع آزمایش)، هدایت هیدرولیکی در خاک‌های تیمار شده با بیوجار و تحت آبیاری با آب معمولی و آب مغناطیسی‌شده، به‌ترتیب به میزان ۵۰ و ۱۲/۵ درصد نسبت به زمان اولیه (۱۰ روز پس از شروع آزمایش) کاهش یافت که این کاهش‌ها می‌تواند به دلیل مسدود شدن منافذ توسط بیوجار و خاکدانه‌های ریز در طول زمان باشد. باتوجه به نتایج این پژوهش و پژوهش‌های پیشین، مطالعه بیشتر درباره رفتار هدایت هیدرولیکی خاک و اثر آب مغناطیسی و کاربرد بیوجار در خاک‌های با بافت مختلف و در طولانی مدت، ضروری به نظر می‌رسد.

واژگان کلیدی: آب مغناطیسی‌شده، بار ثابت، زغال زیستی، خاک لوم‌شنی، ضریب آبگذری اشباع

مقدمه

عملکرد هیدرولوژیکی خاک، نقش مهمی در حوزه‌هایی مانند کشاورزی، جنگل‌داری و مدیریت منابع آب دارد. این رفتار، عمدتاً توسط ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک، به‌ویژه نگهداری آب در خاک و هدایت هیدرولوژیکی کنترل می‌شود (Hohenbrink et al., 2023). هدایت هیدرولوژیکی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک است که جریان آب در محیط‌های متخلخل، را مشخص می‌کند در دو حالت اشباع و غیراشباع بررسی می‌شود (Waleed et al., 2025). هدایت هیدرولوژیکی اشباع (K_{sat})، نفوذپذیری آب در خاک اشباع را بیان می‌کند که در کاربردهای هیدرولوژیکی، اقلیمی و همچنین در پروژه‌های کشاورزی، آبیاری و زهکشی استفاده شده و در مدل‌سازی تقسیم بارش به رواناب و نفوذ، نقش مهمی دارد. تعیین مستقیم ضریب هدایت هیدرولوژیکی اشباع می‌تواند با روش‌های آزمایشگاهی یا روش‌های میدانی انجام شود که هر روش ویژگی‌ها و محدودیت‌های خاص خود را دارد (Otoni et al., 2025). ویژگی‌های مختلفی مانند تخلخل، ساختمان خاک و ویژگی‌های سیال، بر هدایت هیدرولوژیکی خاک تأثیر می‌گذارند. علاوه بر این، ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاک می‌تواند توسط فعالیت‌های انسانی از جمله کاربرد بیوجار تغییر یابد.

بیوجار یک اصلاح‌کننده‌ی آلی است که از پیرولیز^۲ (تجزیه حرارتی در نبود اکسیژن) باقیمانده‌های آلی به دست می‌آید. افزودن بیوجار به خاک‌ها می‌تواند سبب بهبود پایداری خاکدانه‌ها، افزایش ظرفیت جذب و تبادل یون و کاهش نمک‌های محلول شود و خاصیت آب‌گریزی و هدایت هیدرولوژیکی خاک را تغییر دهد (Farid et al., 2025; Usovich and Lipiec, 2025). از سوی دیگر، ویژگی‌های سیال نیز می‌توانند بر ویژگی‌های مختلف خاک مؤثر باشند. به طوری که گزارش شده است مغناطیسی کردن آب آبیاری (MTW^3) می‌تواند ویژگی‌های آب آبیاری را بهبود بخشد و بر ویژگی‌های مختلف خاک از جمله نفوذپذیری آن اثرگذار باشد (Hamza and Al-Sulttani, 2022). علاوه بر این، مغناطیسی کردن می‌تواند سبب بهبود حرکت آب شده و همچنین به شستشوی نمک‌ها از ناحیه ریشه کمک کند و در نتیجه شوری کلی خاک را کاهش دهد. بنابراین می‌توان از آب مغناطیسی برای کاهش نیاز به آب آبیاری استفاده کرد (Moussa et al., 2025).

فرایند مغناطیسی شدن آب، شامل عبور آب از یک میدان مغناطیسی است تا ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن تغییر یابد و این تغییرات ممکن است تعامل آب با خاک و گیاهان را بهبود بخشد. اما هنوز مکانیسم دقیقی برای اثرات مربوط به آب مغناطیسی شناسایی نشده است (Abdelfattah et al., 2025). نتایج مطالعات پیشین، نشان داده‌اند اثر آب مغناطیسی بر هدایت هیدرولوژیکی خاک به عوامل متعددی از جمله نوع خاک، شدت میدان مغناطیسی، مدت زمان قرارگیری آب در میدان و ویژگی‌های شیمیایی آب وابسته است و به همین دلیل نتایج متناقضی گزارش شده است. به طوری که Rashad (۲۰۲۲) در پژوهش خود به بررسی اثر آب معمولی و شور مغناطیسی شده (عبور داده شده به مدت ۱۰ دقیقه از میدان الکترومغناطیسی دائم) بر خاک‌های مختلف (شنی، شنی آهکی و خاک رس) پرداخته و گزارش کرد، آب معمولی و شور مغناطیسی، هدایت هیدرولوژیکی را در تمام خاک‌های مورد مطالعه نسبت به آب معمولی و شور غیرمغناطیسی، کاهش داده است، که این اثرات بسته به نوع خاک و شرایط کاربرد می‌تواند متفاوت باشد. در حالی که Abdelghany و همکاران (۲۰۲۲) گزارش کردند هدایت هیدرولوژیکی خاک آبیاری شده با آب مغناطیسی شده شور و معمولی، به‌طور معنی‌داری بیشتر از خاک تحت تأثیر آب مغناطیسی نشده بود. همچنین نتایج نشان داد آب آبیاری تیمار شده با میدان مغناطیسی می‌تواند برای کشاورزی در شرایط کمبود منابع آب و کیفیت نامطلوب آب مفید باشد. AL-Mosawi و همکاران (۲۰۱۹) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

در مورد اثر بیوجار بر هدایت هیدرولوژیکی نیز نتایج متفاوتی گزارش شده است. به گونه‌ای که برخی افزایش (Lim et al., 2016; Edeh and Mašek, 2022) و برخی نیز کاهش (Ni et al., 2020; Gelardi et al., 2021) هدایت هیدرولوژیکی را در اثر کاربرد بیوجار گزارش کردند و علت آن را تفاوت در ماده اولیه تولید بیوجار، روش تولید، دمای تولید و بافت خاک مورد آزمایش عنوان کردند.

با توجه به اینکه هدایت هیدرولوژیکی خاک یکی از ویژگی‌های مهم خاک است و از آنجایی که نتایج اثر بیوجار و آب مغناطیسی شده بر هدایت هیدرولوژیکی، متناقض گزارش شده است و همچنین اثر هم‌زمان کاربرد آب مغناطیسی و بیوجار به‌ویژه بر تغییرات

¹ Saturated hydraulic conductivity

² Pyrolysis

³ Magnetically treated water

زمانی هدایت هیدرولیکی خاک کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است. بنابراین این پژوهش با هدف بررسی اثر برهمکنش بیوچار و آب مغناطیسی شده بر تغییرات زمانی هدایت هیدرولیکی اشباع در یک خاک لوم‌شنی انجام شد.

مواد و روش‌ها

نمونه‌برداری خاک مورد مطالعه

برای انجام این آزمایش خاک مورد نظر از افق سطحی صفر تا ۲۰ سانتی‌متری سری کوی اساتید واقع در دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز جمع‌آوری شد. سپس خاک مورد مطالعه (با بافت لوم‌شنی و پ‌هاش ۷/۹، قابلیت هدایت الکتریکی ۰/۴۵ دسی‌زیمنس بر متر، ماده‌آلی ۰/۴۹ درصد و ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۰/۷ سانتی‌مول بار بر کیلوگرم خاک)، هوا خشک شده و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد.

آماده‌سازی بیوچار و تهیه آب مغناطیسی شده

برای ساخت بیوچار، از کود گاوی تهیه شده از ایستگاه دامپروری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در منطقه باجگاه، استفاده شد. بدین ترتیب که، کود گاوی هوا خشک شده و از الک ۴ میلی‌متری عبور داده شد. سپس در بسته‌های آلومینیومی ریخته شد و به مدت ۴ ساعت در کوره الکتریکی (با دما ۶۰۰ درجه سلسیوس و در شرایط کمبود اکسیژن) قرار داده شد تا فرایند آتشکافت انجام شود. پس از تهیه بیوچار، برخی از ویژگی‌های آن با استفاده از روش‌های معمول اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار کود گاوی مورد استفاده

مقدار	ویژگی
۱۰/۶۳	پ‌هاش در نسبت ۱:۱۰ بیوچار به آب
۱۰/۱۷	قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر)
۲۹/۹۲	سدیم (میلی‌گرم در لیتر)
۴۱/۶۳	کربن (درصد)

همچنین برای مغناطیسی کردن آب، آب مقطر ده مرتبه از دستگاه مغناطیسی حاوی ۶ مگنت با قدرت ۰/۲۱ تسلا و دبی ۰/۶۶ لیتر بر دقیقه عبور داده شد.

اختلاط بیوچار با خاک و آماده‌سازی ستون‌های خاک

برای آماده‌سازی ستون‌های خاک، خاک و بیوچار با سطوح مختلف صفر، ۱/۵ و ۳ درصد وزنی، به خوبی با یکدیگر مخلوط شدند. سپس نمونه‌های آماده شده درون لوله‌های پی‌وی‌سی با قطر و طول به ترتیب ۳/۵ و ۳۰ سانتی‌متری که انتهای آن‌ها با توری بسته شده بود، ریخته شد (خاک به صورت لایه‌لایه داخل ستون ریخته و چند ضربه آهسته به آن وارد شد تا خاک حالت طبیعی داشته باشد و حفرات هوا به حداقل برسد). در نهایت، ستون‌های آماده شده به دقت وزن شده و در حد رطوبت ظرفیت زراعی آبیاری شدند و برای انجام آزمایش هدایت هیدرولیکی اشباع، به مدت یک ماه در آزمایشگاه با دما ۲۰ تا ۲۵ درجه سلسیوس نگهداری شدند (به منظور حفظ شرایط طبیعی خاک، هر ۶ روز یک بار، ستون‌های خاک وزن شده و میزان کمبود آب تا رسیدن به رطوبت ظرفیت زراعی جبران شد).

اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع

به‌منظور اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع با استفاده روش بار ثابت (Klute and Dirksen, 1986)، ستون‌های خاک نگهداری شده هر ۱۰ روز یک‌بار (به مدت ۶۰ روز)، با استفاده از آب معمولی و آب مغناطیسی، تحت شرایط بار ثابت، آبیاری شدند. سپس هدایت هیدرولیکی از طریق قانون داری (رابطه ۱)، محاسبه شد.

$$q = -k_s \frac{\Delta \psi h}{\Delta z} \quad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن q شدت جریان (طول در واحد زمان)، k_s هدایت هیدرولیکی اشباع (طول در واحد زمان)، $\Delta \psi h$ اختلاف پتانسیل هیدرولیکی و Δz فاصله بین دو سر ستون خاک است.

طرح آزمایش و تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. سپس داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. همچنین میانگین مربوط به اثر تیمارها به صورت جداگانه و برهمکنش آن‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شد.

نتایج و بحث

اثر سطوح بیوچار بر هدایت هیدرولیکی اشباع تحت آبیاری با آب مغناطیسی و معمولی در زمان‌های مختلف پس از کاربرد در جدول (۲) نشان داده شده است. نتایج حاصل از اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع خاک در بازه‌های زمانی مختلف نشان داد که نوع تیمار آبیاری اثر معنی‌داری بر این ویژگی نداشت (هرچند آب معمولی سبب افزایش ۸/۳ درصدی هدایت هیدرولیکی نسبت به آب مغناطیسی شد). در تیمارهای حاوی بیوچار و تحت آبیاری با هر دو نوع آب، میانگین هدایت هیدرولیکی اشباع در مقایسه با شاهد (بدون بیوچار) به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. به‌طوری که سطوح ۱/۵ و ۳ درصد وزنی بیوچار سبب افزایش هدایت هیدرولیکی، به‌ترتیب در نمونه‌های آبیاری شده با آب معمولی به میزان ۲۵۰ و ۴۰۰ درصد و در نمونه‌های تحت آبیاری با آب مغناطیسی به میزان ۳۰۰ و ۱۶۰ درصد در مقایسه با شاهد شدند. این افزایش می‌تواند به بهبود ساختمان خاک و افزایش پایداری خاکدانه‌ها نسبت داده شود. یافته‌های این پژوهش با نتایج Jia و همکاران (۲۰۲۴) که گزارش کردند هدایت هیدرولیکی اشباع در تیمارهای ۷/۵، ۱۵ و ۳۰ تن در هکتار بیوچار (تهیه شده از پوست بادام زمینی در دمای ۵۰۰ درجه سلسیوس) نسبت به شاهد به‌ترتیب به‌میزان ۴۶، ۲۷ و ۴۰ درصد افزایش یافت، مطابقت داشت. همچنین آنان عنوان کردند این برآوردهای کمی، اثرات مثبت تغییرات ساختار منافذ خاک ایجاد شده توسط بیوچار را بر بهبود عملکردهای هیدرولوژیکی خاک برجسته می‌کند. اما نتایج با یافته‌های Jačka و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت نداشت که می‌توان دلیل آن را تفاوت در نوع خاک، نوع بیوچار و ویژگی‌های آن دانست.

جدول ۲- اثر بیوچار کود گاوی (درصد وزنی) بر هدایت هیدرولیکی اشباع (سانتی‌متر بر ثانیه) خاک تحت آبیاری با دو نوع آب در زمان‌های مختلف

بیوچار	زمان (روز)					
	۱۰	۲۰	۳۰	۴۰	۵۰	۶۰
	آب معمولی (میانگین = ۰/۴۶۸ A)					
صفر	۰/۲۱۶ *fe	۰/۱۸ gfe	۰/۰۷۲ fg	۰/۱۸ fg	۰/۱۴۴ gf	۰/۱۴۴ C
۱/۵	۰/۷۹۲ a	۰/۵۰۴ cb	۰/۴۶۸ cd	۰/۸۲۸ a	۰/۰۵۸ g	۰/۵۰۴ B
۳	۰/۸۲۸ cd	۰/۷۹۲ a	۰/۶۱۲ b	۰/۸۶۴ a	۰/۶۴۸ b	۰/۷۲۰ A
میانگین	۰/۶۴۸ A	۰/۴۶۸ B	۰/۳۹۶ C	۰/۶۱۲ A	۰/۲۸۸ D	۰/۳۲۴ DC
	آب مغناطیسی (میانگین = ۰/۴۳۲ A)					
صفر	۰/۳۲۴ e	۰/۲۵۲ e	۰/۱۴۴ f	۰/۱۰۸ f	۰/۱۰۸ f	۰/۱۸۰ C
۱/۵	۰/۹ a	۰/۷۲ b	۰/۵۰۴ cd	۰/۵۴ bc	۰/۸۶۴ a	۰/۷۲۰ A
۳	۰/۵۰۴ cd	۰/۴۶۸ cd	۰/۳۶ de	۰/۲۸۸ e	۰/۴۳۲ cd	۰/۴۶۸ B
میانگین	۰/۵۷۶ A	۰/۴۶۸ B	۰/۳۲۴ C	۰/۳۲۴ C	۰/۴۶۸ B	۰/۵۰۴ AB

*. در مورد هر آب، میانگین‌هایی که در هر ردیف یا ستون حداقل در یک حرف آماری بزرگ و اعدادی که در بدنه جدول حداقل در یک حرف آماری کوچک مشترک هستند از نظر آماری با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

علاوه بر این، بررسی روند تغییرات در طول زمان نشان داد که هدایت هیدرولیکی اشباع در نمونه‌های تیمار شده با بیوچار و آبیاری با هر دو نوع آب، نسبت به شاهد کاهش تدریجی داشت که می‌تواند ناشی از فشردگی خاک و انسداد تدریجی منافذ در اثر آبیاری باشد. به گونه‌ای که در زمان انتهایی (۶۰ روز پس از شروع آزمایش) هدایت هیدرولیکی نسبت به زمان اولیه (۱۰ روز پس از شروع آزمایش) در خاک تیمار شده با بیوچار و تحت آبیاری با آب معمولی و مغناطیسی به ترتیب به میزان ۵۰ و ۱۲/۵ درصد کاهش یافت (هر چند کاهش مشاهده شده در کاربرد آب مغناطیسی از نظر آماری معنی‌دار نبود). که با نتایج Nikghalb و Ashouri (۲۰۲۴) مطابقت داشت. افزون بر این کمترین میزان میانگین هدایت هیدرولیکی در نمونه‌های آبیاری شده با آب معمولی مربوط به زمان ۵۰ روز پس از شروع آزمایش و به میزان ۰/۲۸۸ سانتی‌متر بر ثانیه بود. در حالی که در شرایط آبیاری با آب مغناطیسی کمترین میزان میانگین هدایت هیدرولیکی مربوط به زمان‌های ۳۰ و ۴۰ روز پس از شروع آزمایش و به میزان ۰/۳۲۴ سانتی‌متر بر ثانیه بود. یافته‌ها، اهمیت مدیریت استفاده از بیوچار و آب مغناطیسی برای بهبود ویژگی‌های هیدرولیکی خاک و افزایش بهره‌وری آبیاری را تأیید می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از بیوچار می‌تواند بهبود قابل توجهی در هدایت هیدرولیکی اشباع خاک ایجاد کند. احتمالاً بیوچار با افزایش پایداری خاکدانه‌ها و بهبود اندازه منافذ، موجب افزایش نرخ عبور آب می‌شود. همچنین نتایج نشان داد میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در شرایط آبیاری با آب مغناطیسی در مقایسه با آب معمولی تفاوت معنی‌داری نداشت. البته با توجه به پیچیدگی رفتار هدایت هیدرولیکی، پیشنهاد می‌شود مطالعات جامع‌تری در مورد اثر آب مغناطیسی بر دیگر ویژگی‌های خاک نیز انجام شود. علاوه بر این، این اثرات در طول زمان پایدار نبوده و نشان می‌دهد که اثرات ترکیبی بیوچار و آب مغناطیسی احتمالاً در طول زمان کاهش یافته یا سبب پر شدن منافذ درشت خاک شده است. البته با توجه به اینکه کاهش هدایت هیدرولیکی در خاک‌های شنی مزیت محسوب می‌شود، می‌تواند رویکردی مؤثر برای بهبود ویژگی‌های هیدرولیکی خاک و ارتقای کارایی آبیاری در خاک‌های با بافت شنی باشد.

فهرست منابع

- Abdelfattah, A., Awad, M., & Sorour, O. (2025). Synergistic effects of magnetic water treatment and mulching on crop and soil moisture-salinity distribution. *Scientific Reports*, 15(1), 1-13.
- Abdelghany, A. E., Abdo, A. I., Alashram, M. G., Eltohamy, K. M., Li, J., Xiang, Y., & Zhang, F. (2022). Magnetized saline water irrigation enhances soil chemical and physical properties. *Water*, 14(24), 1-15.
- AL-Mosawi, K. A., Mohammed, A., & Al-Hadi, S. (2019). Effect of magnified and equality of irrigation water in the soil saturated hydraulic conductivity and the soil water infiltration in clay loam soil during the growth stages of barley crop (*Hordium Vulgare L.*). *Journal of Engineering and Applied Science*, 14, 10114-10121.
- Edeh, I. G., & Mašek, O. (2022). The role of biochar particle size and hydrophobicity in improving soil hydraulic properties. *European Journal of Soil Science*, 73(1), 1-15.
- Farid, Y., Ali, I., Abdelhafez, A., & Abbas, M. H. (2025). Enhancing wheat productivity in salt-affected soils using traditional and acidified biochars: A sustainable solution. *Egyptian Journal of Soil Science*, 65(1), 121-134.
- Gelardi, D. L., Ainuddin, I. H., Rippner, D. A., Patiño, J. E., Abou Najm, M., & Parikh, S. J. (2021). Biochar alters hydraulic conductivity and impacts nutrient leaching in two agricultural soils. *Soil*, 7(2), 811-825.
- Hamza, J. N., & Al-Sulttani, A. O. (2022). Impact of using magnetic water on the micro structure of leached saline-sodic soil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(9), 1-14.
- Hohenbrink, T. L., Jackisch, C., Durner, W., Germer, K., Iden, S. C., Kreiselmeier, J., ... & Peters, A. (2023). Soil water retention and hydraulic conductivity measured in a wide saturation range. *Earth System Science Data*, 15(10), 4417-4432.
- Jačka, L., Trakal, L., Ouředníček, P., Pohorelý, M., & Šípek, V. (2018). Biochar presence in soil significantly decreased saturated hydraulic conductivity due to swelling. *Soil and Tillage Research*, 184, 181-185.
- Jia, A., Song, X., Li, S., Liu, Z., Liu, X., Han, Z., ... & Wang, G. (2024). Biochar enhances soil hydrological function by improving the pore structure of saline soil. *Agricultural Water Management*, 306, 1-12.
- Klute, A., & Dirksen, C. (1986). Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. *Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods*, 5, 687-734 p.

- Lim, T. J., Spokas, K. A., Feyereisen, G., & Novak, J. M. (2016). Predicting the impact of biochar additions on soil hydraulic properties. *Chemosphere*, 142, 136-144.
- Moussa, M., Zarai, B., & Hachicha, M. (2025). Magnetic water treatment: Theory and effects on treated water— A systematic review. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration*, 1-20.
- Ni, J. J., Bordoloi, S., Shao, W., Garg, A., Xu, G., & Sarmah, A. K. (2020). Two-year evaluation of hydraulic properties of biochar-amended vegetated soil for application in landfill cover system. *Science of the Total Environment*, 712, 1-10.
- Nikghalb Ashouri, S., Pittari, A., Moon, V., & Shokri, A. (2024). Examining the mid to long-term variability in saturated hydraulic conductivity of sandy soils and its influencing factors under constant head test in the laboratory. *Water Resources Research*, 60(10), 1-17.
- Otoni, M. V., Teixeira, W. G., Reis, A. M. H. D., Pimentel, L. G., Souza, L. R., Albuquerque, J. A., ... & Curi, N. (2025). Saturated hydraulic conductivity and steady-state infiltration rate database for Brazilian soils. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 49, 1-38.
- Rashad, R. T. (2022). Studying the effect of magnetically treated salt water on some chemical and physical characteristics of the sandy, sandy calcareous, and clay soil. *Journal of Clean Water, Air, & Soil*, 6(2), 66-74.
- Usovicz, B., & Lipiec, J. (2025). Modeling the hydraulic conductivity of two soils amended with biochars using a statistical-physical model. *International Agrophysics*, 39(4), 413-425.
- Waleed, M., Inam, M. A., Albano, R., Samad, A., Farid, H. U., Shoaib, M., & Ali, M. U. (2025). Statistical Model Development for Estimating Soil Hydraulic Conductivity Through On-Site Investigations. *Hydrology*, 12(3), 1-19.

Effect of biochar and magnetized water on the temporal variation of soil saturated hydraulic conductivity

Shakiba Sadeghi Askari¹, Ali Akbar Moosavi²

1-Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

2-Department of Soil Science, College of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

Abstract

Soil hydraulic conductivity is one of the most important properties determining water flow in soil, playing a crucial role in water resources management across various sectors, including agriculture. Changes in soil and water properties can lead to either a reduction or an increase in this parameter. The use of biochar and magnetized water, which are recognized as strategies to mitigate the effects of drought stress on plants in arid and semi-arid regions, such as most areas of Iran, can influence various soil properties, including hydraulic conductivity and the soil's capacity for water transmission. These effects may vary over time and are dependent on time. Given that no previous research has investigated the combined effects of biochar and magnetized water on hydraulic conductivity over different time intervals, this study examined the effects of three levels of cattle manure biochar (0, 1.5, and 3% wt) and two types of irrigation water (ordinary and magnetized water) on temporal variations in the saturated hydraulic conductivity of a loamy sand soil at 10, 20, 30, 40, 50, and 60 days after application. The experiment was conducted using soil columns under a constant head method. The results indicated that hydraulic conductivity significantly increased with higher biochar application rates under irrigation with both ordinary and magnetized water. However, hydraulic conductivity decreased over time, such that by the end of the experiment (60 days after initiation), it had decreased by 50% and 12.5% in soils treated with biochar and irrigated with ordinary and magnetized water, respectively, compared to the initial measurement (10 days after the beginning of the experiment). This reduction may be attributed to the gradual clogging of soil pores by biochar particles and fine soil aggregates over time. Based on the findings of this and previous studies, further research on the behavior of soil hydraulic conductivity, as well as the effects of magnetized water and biochar application in soils with different textures and over longer periods, is warranted.

Keywords: Biochar, constant head, magnetized water, sandy loam soil, saturated hydraulic conductivity