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

نوزدهمین کنگره علوم خاک ایران
۱۱ تا ۱۳ آذر ۱۴۰۴

مدیریت جامع‌نگر و هوشمند خاک و آب
Holistic and Smart Soil and Water Management
دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran

۰۴۲۵۰-۳۲۰۳۱

پیامدهای کاربرد طولانی مدت زغال زیستی بر اسیدیته و شوری خاک در مناطق نیمه‌خشک

احسان پورحسین[۱]، حسین خیرفام[۲*]، کامران زینال‌زاده[۳]، رضا اسماعیل‌نژاد[۴]، هانیه فرامرزی[۵]

۱ و ۲- گروه مهندسی مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه ارومیه (h.kheirfam@urmia.ac.ir)

۳ و ۴- گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

۵- گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از زغال زیستی به عنوان یک اصلاح‌گر خاک مورد توجه قرار گرفته است. هر چند، اثرات آن بر ویژگی‌های خاک در بلند مدت هم‌چنان نیازمند پایش دقیق است. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر کاربرد زغال زیستی حاصل از بقایای درخت صنوبر در چهار سطح (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار) بر اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک طی دوره‌ای سه ساله در شرایط نیمه‌خشک و در قالب طرح کامل تصادفی انجام شد. نتایج نشان داد که pH خاک با افزودن زغال زیستی در سطح مصرفی ۲۵ تن بر هکتار نسبت به تیمار شاهد تغییرات معنی‌داری ($p>0/05$) نداشته و مقادیر آن با افزودن ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار منجر به افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) و به ترتیب هشت و ۱۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. مقادیر هدایت الکتریکی خاک در هر سه تیمار افزودن ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار از زغال زیستی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) داشته؛ به‌گونه‌ای که منجر به افزایش به ترتیب پنج، هشت و ۱۴ درصدی شوری خاک نسبت به تیمار شاهد شد. اگر چه مقادیر نهایی pH و EC از محدوده‌های بحرانی فراتر نرفتند، اما در اراضی دارای شوری و قلیائیت ذاتی، کاربرد سطوح پایین‌تر زغال زیستی توصیه می‌شود.

واژگان کلیدی: اسیدیته خاک، اصلاح‌کننده خاک، قلیایی شدن خاک، مدیریت خاک، ویژگی‌های خاک.

مقدمه

مدیریت پایدار خاک یکی از چالش‌های اساسی برای حفظ امنیت غذایی و زیستی در مقیاس جهانی به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک بوده که منجر به ارائه راهکارهای متعددی در این راستا شده است (Kheirfam, 2020). از بین راهکارهای متعدد، زغال زیستی به عنوان یک اصلاح‌کننده خاک نوظهور، به دلیل برخورداری از ویژگی‌های منحصر به فردی نظیر ساختار آروماتیک پایدار، ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد و توانایی جذب آب، توسط پژوهشگران مورد توجه قرار گرفته است (Lehmann & Joseph, 2015). زغال زیستی در کنار افزایش ماده آلی خاک و افزایش توان تولید خاک، منجر به افزایش پایداری خاک در برابر فرسایش، افزایش تثبیت کربن و حتی اثرگذاری مثبت در کاهش تغییرات اقلیمی دارد (Paustian et al., 2016). با این حال، ماهیت قلیایی و ترکیب معدنی زغال زیستی، به ویژه زمانی که از مواد اولیه خاص و در دماهای زیاد تولید می‌شود، ممکن است موجب افزایش میزان واکنش خاک (pH) و تجمع یون‌های محلول در خاک شده که این تغییرات در بلند مدت سبب بروز مشکلات زیست‌محیطی و زراعی متعدد خواهند شد (Clough et al., 2013; Agegnehu et al., 2017). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک که به طور ذاتی مستعد بروز قلیائیت و شوری ثانویه هستند، تغییرات شیمیایی ناشی از کاربرد مواد اصلاحی مانند زغال زیستی امکان بروز پیامدهای قابل توجهی در عملکرد اکوسیستم خاک را منجر خواهد شد. این تغییرات می‌توانند منجر به کاهش فراهمی

عناصر غذایی، اختلال در تعادل زیستی ریزموجودات خاک‌زی و افزایش تنش‌های اسمزی در منطقه ریشه گردند (Singh et al., 2020).

هر چند پژوهش‌های متعددی اقدام به بررسی اثرات کوتاه مدت زغال زیستی کرده، با این حال، مطالعات محدودی اقدام به ارزیابی اثرات سوء و پیامدهای بلند مدت آن، به ویژه در شرایط کاربرد یک‌باره و با سطح مصرفی زیاد نموده است. این خلأ دانشی، توانایی پیش‌بینی علمی و دقیق در مورد اثرات بلند مدت زیست‌محیطی و زراعی زغال زیستی را با چالش مواجه کرده است. در این راستا، هدایت الکتریکی و واکنش خاک (pH) به عنوان شاخص‌های کلیدی تعیین‌کننده در میزان کیفیت و توان تولید خاک، نقشی بنیادی در سلامت خاک و رشد بهینه گیاهان ایفا می‌کنند. افزایش نامتعادل این مؤلفه‌ها، منجر به اثرات منفی قابل‌توجهی بر قابلیت جذب مواد مغذی، فعالیت‌های میکروبی و فرآیندهای بیوشیمیایی خاک دارند (Rengasamy, 2006; Brady & Weil, 2017). در این میان، اندازه‌گیری و تحلیل رفتار برخی رفتارها و مؤلفه‌های مهم سلامت و پایداری خاک نظیر pH و هدایت الکتریکی خاک در بازه‌های زمانی طولانی، در تعیین مقدار مصرف بهینه زغال زیستی به عنوان یک اصلاح‌کننده مؤثر خاک ضروری می‌باشد (Jin et al., 2024). از این رو، پژوهش حاضر به منظور بررسی آثار بلند مدت ناشی از کاربرد یک‌باره زغال زیستی با سطوح مصرف متفاوت، طی دوره‌ای سه ساله در شرایط اقلیمی نیمه‌خشک منطقه ارومیه (مزارع تحقیقاتی دانشگاه ارومیه)، طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه و طراحی آزمایش

پژوهش حاضر در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه، واقع در استان آذربایجان غربی، شمال غرب ایران (۳۹ درجه و ۳۷ دقیقه و ۳۳/۷ ثانیه شمالی و ۵۸ درجه و ۴۴ دقیقه و ۳۳/۷ ثانیه شرقی و ارتفاع ۱۳۶۲ متر از سطح دریا)، در اقلیم نیمه‌خشک با زمستان‌های سرد و تابستان‌های خشک، طراحی و اجرا شد. طرح آزمایش به‌صورت طرح کامل تصادفی با چهار سطح زغال زیستی (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن در هکتار) در سه تکرار انجام و در مجموع، ۱۲ کرت آزمایشی با ابعاد ۲×۵ متر (۱۰ مترمربع) احداث شد (Gao et al., 2020). زغال زیستی مورد استفاده از پسماند چوب درخت صنوبر (*Populus sp.*) و مشتق‌شده از صنایع چوب منطقه، تولید شد. فرآیند تولید زغال زیستی در راکتور آزمایشگاهی و در شرایط کنترل‌شده دمایی (۴۵۰ درجه سلسیوس) به مدت دو ساعت و تحت شرایط کم اکسیژن انجام شد تا محصولی با ساختار آروماتیک پایدار حاصل شود (Randolph et al., 2017). زغال زیستی به صورت یک‌باره در پاییز سال ۱۴۰۰ به خاک اضافه و با لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متر مخلوط شد. هیچ گونه کاربرد مجددی از زغال زیستی، مواد اصلاحی، آبیاری و خاک‌ورزی طی سه سال بعد صورت نگرفت، تا امکان ارزیابی پایداری بلندمدت اثر زغال زیستی فراهم گردد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و زغال‌زیستی مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک و زغال‌زیستی مورد استفاده در پژوهش

مؤلفه	خاک	زغال زیستی	واحد
pH	۷/۰±۶۹/۰۵	۹/۰±۴۳/۰۲	-
هدایت الکتریکی	۱/۰±۰۳/۰۱	۴/۱±۸۹/۳۳	دسی زیمنس بر متر
جرم مخصوص ظاهری	۱/۰±۳۱/۰۵	۰/۰±۴۸/۰۲	گرم بر سانتی‌متر مکعب
نیتروژن کل	۰/۰±۱۶/۰۴	۱/۰±۵۱/۰۲	درصد
کربن آلی	۱/۰±۲۷/۱۶	۷/۰±۴۶/۰۶	درصد

نمونه‌برداری از خاک

در پاییز سال ۱۴۰۳، سه سال پس از کاربرد زغال زیستی، نمونه‌برداری از خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. از هر کرت آزمایشی، پنج نمونه به صورت تصادفی و سیستماتیک (نمونه‌برداری مرکب) برداشت و پس از اختلاط کامل به عنوان نمونه

مرکب استفاده شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه، هواخشک، از الک دو میلی‌متر عبور داده شده و برای آنالیزهای شیمیایی آماده شدند (Jones et al., 2012).

اندازه‌گیری میزان واکنش خاک (pH) و هدایت الکتریکی (EC) خاک

میزان اسیدیته (pH) و هدایت الکتریکی خاک در عصاره اشباع مطابق با دستورالعمل‌های استاندارد انجام شد (Thomas, 1996؛ Rhoades, 1996). برای تعیین pH، از الکترود ترکیبی شیشه‌ای و pH متر دیجیتال در عصاره اشباع استفاده شد. هدایت الکتریکی نیز با دستگاه EC متر دیجیتال در دمای ۲۵ درجه سلسیوس اندازه‌گیری شد. تمامی اندازه‌گیری‌ها به صورت تکرارشونده و با رعایت اصول کنترل کیفیت آزمایشگاهی انجام شد.

تحلیل آماری

داده‌های حاصل از آزمایش‌ها پس از ورود به نرم افزار Excel، از نظر نرمال بودن با آزمون Shapiro-Wilk و همگنی واریانس‌ها با آزمون Levene بررسی شدند. در صورت لزوم، تبدیل‌های آماری برای نرمال‌سازی داده‌ها انجام شد. سپس تحلیل واریانس یک طرفه در SPSS انجام شد و در صورت وجود تفاوت معنی‌دار، مقایسه میانگین‌ها با آزمون Tukey صورت گرفت (McDonald, 2015).

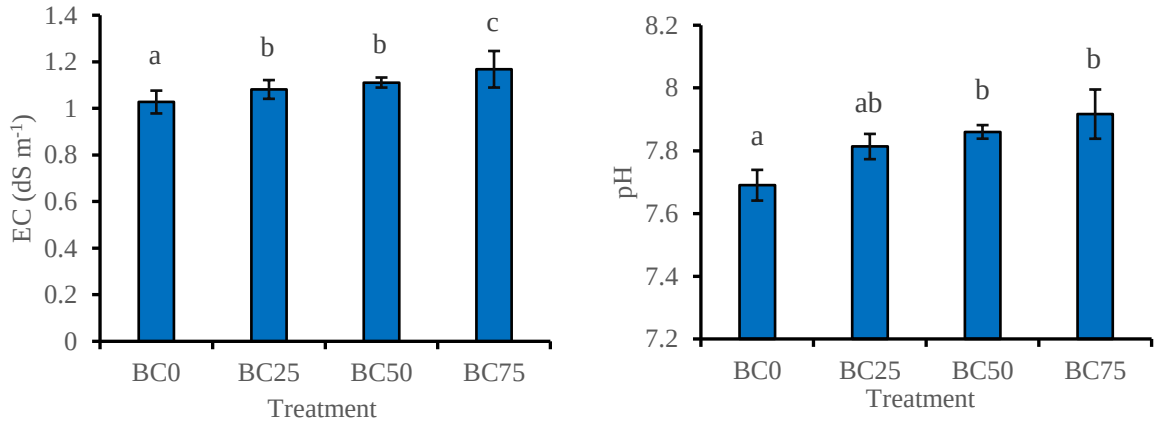
نتایج و بحث

یافته‌های این پژوهش نشان داد که مقادیر pH و هدایت الکتریکی خاک در تیمار شاهد (مصرف صفر تن بر هکتار از زغال زیستی) به‌ترتیب ۷/۶۹±۰/۰۵ و ۱/۰۳±۰/۰۱ دسی زیمنس بر متر بود که در تیمارهای با مصرف ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار از مصرف زغال زیستی مقادیر pH به‌ترتیب ۷/۸۱±۰/۰۴، ۷/۸۶±۰/۰۲ و ۷/۹۲±۰/۰۸ و مقادیر هدایت الکتریکی نیز به ترتیب ۸/۰۰۶±۱/۰، ۱۱/۰۱۴±۱/۰ و ۱/۱۷±۰/۰۲ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱). نتایج تحلیل واریانس‌ها نشان داد که کاربرد زغال زیستی منجر به تغییرات معنی‌دار در مقادیر pH ($p<0/05$) و هدایت الکتریکی ($p<0/01$) خاک در تیمارهای مطالعاتی شد (جدول ۲). تحلیل یافته‌ها نشان داد که مقادیر pH خاک با گذشت سه سال از افزودن زغال زیستی با سطح مصرفی ۲۵ تن بر هکتار نسبت به تیمار شاهد (بدون افزودن زغال زیستی) تغییرات معنی‌داری ($p>0/05$) نداشته است (شکل ۱). با این حال، مقادیر این مؤلفه با افزودن ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار از زغال زیستی و پس از سه سال منجر به افزایش معنی‌دار ($p<0/05$) و به‌ترتیب ۰/۱۷ و ۰/۲۳ واحدی نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱). هرچند، مقدار افزایش pH در تیمارهای با مصرف ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار از زغال زیستی نسبت به تیمار شاهد زیاد محسوس نمی‌باشد. افزایش pH خاک در سطوح مصرف زیاد زغال زیستی مرتبط با ویژگی‌های شیمیایی ذاتی زغال زیستی به ویژه ترکیبات قلیایی نظیر کربنات‌ها، اکسیدها و خاکسترهای غنی از کاتیون‌های بازی مانند Ca^{2+}، Mg^{2+} و K^{+} توانایی زیادی در خنثی‌سازی اسیدیته خاک و افزایش واکنش قلیایی دارند (Wang et al., 2023). هرچند، استفاده از زغال زیستی به عنوان اصلاح‌کننده خاک می‌تواند مزایای قابل توجهی داشته باشد؛ با این حال، اثربخشی زغال زیستی عمدتاً به دلیل وجود نمک‌های محلول مانند کربنات‌هایی بوده که در طول فرآیند تولید (پیرولیز) زغال زیستی تولید شده که از این رو، خاکستر زغال زیستی سرشار از کاتیون‌های بازی مختلف است. این اجزا می‌توانند با یون‌های H^{+} در محلول خاک پیوند برقرار کرده و غلظت آن‌ها را کاهش دهند (Gul et al., 2015) و به طور قابل توجهی محتوای کاتیون را افزایش داده و pH خاک را افزایش دهند. هر چند این تغییر در pH می‌تواند در برخی شرایط به ویژه در خاک‌های اسیدی باعث بهبود محیط ریشه و افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی شود، اما در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، چنین روندی ممکن است با کاهش زیست‌فراهمی عناصر ریزمغذی مانند آهن، روی و منگنز همراه گردد (Zhu et al., 2025). این کاهش در دسترسی عناصر کم مصرف می‌تواند منجر به اختلالات تغذیه‌ای در گیاه شده و در بلند مدت، پایداری حاصلخیزی خاک را تهدید نماید. گرچه استفاده از زغال زیستی در بهبود برخی ویژگی‌های خاک مؤثر است، اما تولید آن در دماهای پایین‌تر (زیر ۳۵۰ درجه سلسیوس) می‌تواند موجب کاهش پتانسیل قلیایی آن گردد (Liu et al., 2023). تحلیل نتایج نشان داد که مقادیر هدایت الکتریکی خاک در هر سه تیمار افزودن ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار از زغال زیستی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌دار

(p<۰/۰۵) داشته است؛ به‌گونه‌ای که منجر به افزایش به ترتیب پنج، هشت و ۱۴ درصدی هدایت الکتریکی (شوری) خاک نسبت به تیمار شاهد شد (شکل ۱). هرچند مقادیر افزایش هدایت الکتریکی خاک در تیمارهای افزودن ۲۵، ۵۰ و ۷۵ تن بر هکتار از زغال زیستی نسبت به تیمار شاهد جزئی و به ترتیب ۰/۰۵، ۰/۰۸ و ۰/۱۴ دسی زیمنس بر متر بود (شکل ۱).

جدول ۲- تحلیل واریانس یک طرفه مؤلفه‌های pH و هدایت الکتریکی خاک در تیمارهای مطالعاتی

مؤلفه	منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	سطح معنی‌داری
pH	درون گروهی	۳	۰/۰۲۸	۶/۹۸۷	۰/۰۱۳
	برون گروهی	۸	۰/۰۰۴		
	کل	۱۱			
هدایت الکتریکی	درون گروهی	۳	۰/۰۱	۳۸/۵۰۷	۰/۰۰۰۰۴
	برون گروهی	۸	۰/۰۰۰۳		
	کل	۱۱			



شکل ۱- تغییرات مؤلفه‌های pH (راست) و هدایت الکتریکی (چپ) خاک ناشی از اعمال تیمارهای مطالعاتی (حروف لاتین غیرهمنام نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) بر اساس آزمون Tukey می‌باشد)

افزایش هدایت الکتریکی خاک با مصرف زغال زیستی به ویژه در سطوح مصرفی زیاد ممکن است ناشی از آزادسازی املاح محلول و کاتیون‌های بازی (Ca^{2+}، Mg^{2+}، K^{+}، Na^{+}) از ساختار زغال زیستی و نیز تسهیل در انحلال مواد معدنی خاک بوده که با یافته‌های Glaser et al (2002) و Lehmann & Joseph (2015) هم‌راستا می‌باشد. علی‌رغم افزایش نامحسوس مقادیر هدایت الکتریکی در سطوح زیاد مصرف زغال زیستی، مصرف سطح زیاد (۷۵ تن در هکتار) زغال زیستی امکان افزایش شوری خاک در بلند مدت به ویژه در اقلیم‌های نیمه‌خشک را تشدید نماید؛ که نیازمند مدیریت دقیق‌تر آب و تغذیه گیاهی است. یافته‌های دیگر پژوهش حاضر نشان داد که مقادیر pH و هدایت الکتریکی خاک به‌ترتیب از ۷/۹۲±۰/۰۸ و ۱/۱۷±۰/۰۲ دسی زیمنس بر متر بیش‌تر افزایش نیافته که منجر به تبدیل خاک مورد مطالعه با خاک قلیایی شدید و شور نشد. بنابراین، با وجود افزایش pH و هدایت الکتریکی، تغییرات در محدوده قابل تحمل باقی مانده و سطح ۲۵ تا ۵۰ تن در هکتار می‌تواند گزینه‌ای متعادل برای این نوع خاک‌ها باشد.

نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف تعیین میزان بهینه مصرف زغال زیستی در بازه زمانی طولانی مدت به عنوان یکی از اصلاح‌کننده‌های نسبتاً پرکاربرد خاک با رویکرد عدم افزایش pH و هدایت الکتریکی (شوری) خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک انجام شد. یافته‌های پژوهش نشان داد که افزایش سطح مصرف یک باره زغال زیستی در بازه زمانی سه ساله منجر به افزایش معنی‌دار pH و شوری خاک شد. هرچند، خاک مورد مطالعه ذاتاً pH و شوری استاندارد و کم‌تری داشته که افزایش مقادیر این متغیرها ناشی

از زغال زیستی منجر به ایجاد شرایط خاک قلیایی و شور نشد. لذا به نظر می‌رسد، استفاده یک باره از زغال زیستی در بلند مدت حتی در مقادیر مصرف زیاد (۷۵ تن بر هکتار) در خاک‌های با مقادیر pH و هدایت الکتریکی در محدوده استاندارد (کم) منجر به افزایش قلیاییت و شوری خاک بیش از محدوده استاندارد نمی‌شود. با این حال، در خاک‌هایی که به طور طبیعی شور و قلیایی هستند، مصرف مقادیر زیاد زغال زیستی می‌تواند اثرات منفی قابل توجهی بر جای بگذارد؛ از این‌رو، توصیه می‌شود مصرف آن در چنین خاک‌هایی به حداقل برسد. تداوم چنین رویکردی می‌تواند تضمین‌کننده بهره‌وری پایدار و احیای واقعی خاک‌های زراعی در مواجهه با تنش‌های محیطی باشد. هرچند، بررسی اثر زغال زیستی برای استفاده چندباره و در بازه‌های زمانی طولانی‌تر امکان دستیابی به نتایج متفاوت را منجر شود. از طرفی، در پژوهش حاضر، بررسی اثر زغال زیستی با شرایط اقلیمی، کاربری‌ها، نوع زغال زیستی، دمای پیرولیز و روش‌های آبیاری متفاوت میسر نگردید که برای پژوهش‌های آتی پیشنهاد می‌گردد.

منابع

1. Agegnehu, G., Srivastava, A.K., Bird, M.I. (2017). The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. Applied Soil Ecology, 119, 156-170.
2. Clough, T.J., Condron, L.M., Kammann, C., Müller, C. (2013). A review of biochar and soil nitrogen dynamics. Agronomy, 3(2), 275-293.
3. Gao, Y., Li, T., Fu, Q., Li, H., Liu, D., Ji, Y., Li, Q., Cai, Y. (2020). Biochar application for the improvement of water-soil environments and carbon emissions under freeze-thaw conditions: An in-situ field trial. Science of the Total Environment, 723, 138007.
4. Glaser, B., Lehmann, J., Zech, W. (2002). Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal–a review. Biology and Fertility of Soils, 35, 219-230.
5. Gul, S., Whalen, J.K., Thomas, B.W., Sachdeva, V., Deng, H. (2015). Physico-chemical properties and microbial responses in biochar-amended soils: mechanisms and future directions. Agriculture, Ecosystems & Environment, 206, 46-59.
6. Jin, F., Piao, J., Miao, S., Che, W., Li, X., Li, X., Shiraiwa, T., Tanaka, T., Taniyoshi, K., Hua, S., Lan, Y. (2024). Long-term effects of biochar one-off application on soil physicochemical properties, salt concentration, nutrient availability, enzyme activity, and rice yield of highly saline-alkali paddy soils: Based on a 6-year field experiment. Biochar, 6(1), 40.
7. Jones, D.L., Rousk, J., Edwards-Jones, G., DeLuca, T.H., Murphy, D.V. (2012). Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three year field trial. Soil Biology and Biochemistry, 45, 113-124.
8. Kheirfam, H. (2020). Increasing soil potential for carbon sequestration using microbes from biological soil crusts. Journal of Arid Environments, 172, 104022.
9. Lehmann, J., Joseph, S. (2015). Biochar for environmental management: an introduction. In Biochar for Environmental Management (pp. 1-13). Routledge.
10. Liu, Q., Meki, K., Zheng, H., Yuan, Y., Shao, M., Luo, X., Li, X., Jiang, Z., Li, F., Xing, B. (2023) Biochar application in remediating salt-affected soil to achieve carbon neutrality and abate climate change. *Biochar*, *5*(1), p.45. Biochar application in remediating salt-affected soil to achieve carbon neutrality and abate climate change. Biochar, 5(1), 45.
11. McDonald J.H. (2015). Handbook of biological statistics, (3rd ed.). Sparky House Publishing, Baltimore, Maryland. 305 p.
12. Paustian, K., Lehmann, J., Ogle, S., Reay, D., Robertson, G.P., Smith, P. (2016). Climate-smart soils. Nature, 532(7597), 49-57.
13. Randolph, P., Bansode, R.R., Hassan, O.A., Rehrah, D.J., Ravella, R., Reddy, M.R., Watts, D.W., Novak, J.M., Ahmedna, M. (2017). Effect of biochars produced from solid organic municipal waste on soil quality parameters. Journal of environmental management, 192, 271-280.
14. Rengasamy, P. (2006). World salinization with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany, 57(5), 1017-1023.
15. Rhoades, J.D. (1996). Electrical conductivity and total dissolved solids. In Sparks, D. L. Et al., Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 417-436.
16. Singh, B.P., Cowie, A.L., Smernik, R.J. (2012). Biochar carbon stability in a clayey soil as a function of feedstock and pyrolysis temperature. Environmental Science & Technology, 46(21), 11770-11778.
17. Thomas, G.W. (1996). Soil pH and soil acidity. In Sparks, D.L. et al., Method of soil analysis. Published by: Soil Science Society of America, Inc. American Society of Agronomy, Inc. Madison, Wisconsin, USA. 475-490.

18. Wang, S., Gao, P., Zhang, Q., Shi, Y., Guo, X., Lv, Q., Wu, W., Zhang, X., Li, M., Meng, Q. (2023). Biochar improves soil quality and wheat yield in saline-alkali soils beyond organic fertilizer in a 3-year field trial. Environmental Science and Pollution Research, 30(7), 19097-19110.
19. Weil, R.R., Brady, N.C., Weil, R.R. (2017). The nature and properties of soils (Vol. 1104). London, UK: Pearson.
20. Zhu, Z., Zhang, Y., Tao, W., Zhang, X., Xu, Z., Xu, C. (2025). The biological effects of biochar on soil's physical and chemical characteristics: A review. Sustainability, 17(5), 2214.

Effects of long-term biochar application on soil acidity and salinity in semi-arid soils

Ehsan Pourhossein[1], Hossein Kheirfam[2]*, Kamran Zeinalzadeh[3], Reza Esmaeilnezhad[4], Hanieh Faramarzi[5]

1 and 2*. Department of Rangeland and Watershed Engineering, Faculty of Natural Resources, Urmia University (h.kheirfam@urmia.ac.ir)
3 and 4. Department of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture, Urmia University
5. Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University

Abstract
In recent years, the use of biochar as a soil amendment has received attention. However, its effects on soil properties, especially in arid and semi-arid lands, still require careful monitoring. The objective of this study was to investigate the effect of one time application of biochar from poplar tree residues at four levels (0, 25, 50, and 75 ton ha^{-1}) on two key chemical properties of soil, pH and electrical conductivity, over a three-year period under In semi-arid conditions and in a completely randomized design. The results showed that soil pH did not change significantly ($p>0.05$) with the addition of biochar at a 25 ton ha^{-1}, and by adding 50 and 75 ton ha^{-1}, the values of this component increased significantly ($p<0.05$) by 8 and 14%, respectively, compared to the control treatment, with the addition of 50 and 75 ton ha^{-1}. Also, the soil electrical conductivity values in all three treatments of adding 25, 50, and 75 ton ha^{-1} of biochar increased significantly ($p<0.05$) compared to the control treatment, leading to an increase of 5, 8, and 14%, respectively.. However, despite the increase in soil pH and electrical conductivity, the values of these two components were not higher than the standard range. However, in alkaline and saline soils, it is recommended to use a lower application level of biochar.

Keywords: Soil acidity, soil alkalinity, soil amendment, soil management, soil properties.