

اثر بیوچار ضایعات درخت خرما بر غلظت عناصر، نسبت جذب سدیم

و برخی خصوصیات فیزیکی خاک شور

فاطمه ثقفی^۱، محمدجواد قانعی بافقی^{۲*}، مصطفی شیرمردی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۶/۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۱۱

چکیده

بیوچار ماده‌ای غنی از کربن شناخته می‌شود که شرایط پیرولیز، سطح ویژه بالایی در آن ایجاد کرده و عملکردهای ویژه‌ای در خاک از خود نشان می‌دهد. در این پژوهش که با هدف بررسی تأثیر بیوچار خرما بر خاک شور انجام شد، بیوچار مورد نیاز از ضایعات هرس خرما در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد با شرایط اکسیژن محدود به دست آمد. این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. بیوچار خرما با درصد وزنی صفر، ۰/۵، ۱، ۱/۵ و ۲ به صورت یکنواخت با خاک شور مخلوط گردید و به مدت ۹۰ روز با رطوبت ظرفیت مزرعه نگهداری شد. پس از این مدت، نمونه‌ها هوا خشک شده و ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک تعیین گردید و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح ۵٪ انجام شد. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار شاخ و برگ خرما به خاک به طور معنی‌داری مقدار هدایت الکتریکی خاک، کربن آلی، کلسیم، منیزیم، سدیم، پتاسیم خاک و تخلخل را افزایش داد. در حالی که SAR و وزن مخصوص ظاهری کاهش معنی‌دار پیدا کرد و بر پارامترهای pH، فسفر، رطوبت ظرفیت مزرعه و چگالی حقیقی تأثیر معنی‌داری نداشت. کاربرد اصلاح‌کننده‌های آلی مانند بیوچار می‌تواند به دلیل داشتن عناصر مختلف و همچنین سطح ویژه بالا تأثیر مثبتی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد.

کلیدواژه‌ها: پیرولیز، خاک شور و قلیا، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، زغال زیستی.

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت و کنترل بیابان گروه مهندسی طبیعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

۲. استادیار گروه مهندسی طبیعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، نویسنده مسئول؛ mjghaneib@ardakan.ac.ir

۳. استادیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان

* این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اردکان است.

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که از طریق مسمومیت برخی یون‌ها، اختلال در جذب برخی از عناصر غذایی و کاهش قابلیت جذب آب توسط ریشه‌ها موجب خسارت شدید به گیاهان می‌شود (سلامی و همکاران، ۲۰۱۶). سطح اراضی و مراتع تحت تأثیر شوری در ایران ۲۳/۵ میلیون هکتار برآورد شده که حدود ۱۴/۲٪ سطح کل ایران است (جعفری، ۲۰۱۵). با توجه به اینکه تولیدات دامی ۴۰٪ از کل ارزش ناخالص تولیدات بخش کشاورزی ایران را به خود اختصاص داده و بخش زیادی از این تولید وابسته به مراتع است، اصلاح مراتع شور و نسبتاً شور در افزایش تولیدات دامی نقش بسزایی دارد (عزیزی و همکاران، ۲۰۱۵).

املاح شور، ساختمان خاک را تغییر داده و در وضع شیمیایی و کلوئیدی خاک ایجاد اختلال کرده و گاهی باعث فولکوله شدن مواد کلوئیدی خاک می‌شود. املاح شور نه فقط از میزان محصول می‌کاهد بلکه فعالیت میکروارگانیسم‌های خاک را متوقف و مانع فعالیت باکتری‌ها شده و عمل نیتریفیکاسیون را در خاک مختل می‌سازد. یون سدیم خواص مکانیکی خاک را تغییر می‌دهد و سدیم تبادل‌پذیر به دلیل اینکه باعث می‌شود ذرات رس بیش از حالت معمول متورم شود، از نفوذپذیری خاک می‌کاهد. حضور سدیم در خاک علاوه بر تأثیر بر خصوصیات خاک می‌تواند به عنوان یک ماده سمی اثر منفی بر رشد گیاه داشته باشد (خادم‌الحسینی و همکاران، ۲۰۱۸). تحقیقات متعددی درباره اثر اصلاح‌کننده‌های آلی در خصوصیات خاک‌ها صورت گرفته است؛ برای نمونه جلالی و همکاران (۲۰۱۶) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که بیوپچار به همراه گچ می‌تواند باعث کاهش معنی‌دار SAR، EC و pH خاک شود.

تراکم بقایای گیاهی پس از برداشت محصولات زراعی یکی از مشکلات کشاورزان در بیشتر باغات و مزارع ایران است که مزاحمت فراوانی برای آنان ایجاد می‌کند (مرادی و همکاران، ۲۰۱۸). از طرفی، مواد آلی اثرات سازنده‌ای بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و فیزیولوژیکی خاک دارد و

رکن بارور خاک شناخته می‌شود (وانایی^۱ و همکاران، ۲۰۱۷). تبدیل این مواد زاید به بیوپچار روشی مناسب برای دفع آن و همچنین کاهش هزینه‌های دفع زباله است و ارزش اقتصادی قابل توجهی دارد (بهشتی و علیخانی، ۲۰۱۶). از سوزاندن انواع زیست توده (بیومس) مانند چوب، کود آلی و یا شاخ و برگ گیاهان در محیط بسته با هوای کم یا بدون تهویه، بیوپچار تولید می‌شود (لهمان و ژوزف^۲، ۲۰۰۹).

خواص بیوپچار بسته به نوع آن متفاوت است و ویژگی‌های این ماده تحت تأثیر عواملی مانند نوع مواد اولیه، شرایط تجزیه در اثر حرارت (دمای گرمکافت (پیرولیز) نهایی، میزان حرارت، گرمکافت سریع یا آهسته) و مدت زمان تبدیل، کنترل می‌شود. تأثیر بیوپچار به عنوان یک اصلاح‌کننده، وابسته به خواص یا ویژگی‌های آن است (موخرجی و لال^۳، ۲۰۱۳). گزارش‌های متفاوت و متعددی درباره تأثیر انواع بیوپچار بر خصوصیات خاک وجود دارد. بیوپچار، حاصلخیزی خاک را بهبود می‌بخشد و در افزایش رشد گیاه، افزایش تولید محصول و کاهش آلودگی‌ها مؤثر است (دوم^۴ و همکاران، ۲۰۱۵). این ماده در جذب و انتقال عناصر در گیاهان نیز مؤثر بوده و در گیاه‌پالایی نیز کاربرد دارد. جعفری و همکاران (۲۰۱۷) نشان دادند که افزودن بیوپچار به خاک می‌تواند در افزایش جذب و استخراج عناصر سنگین از قبیل سرب، روی و کادمیم توسط گیاهان اثرگذار باشد.

بررسی ویژگی‌های بیوپچارهای تولیدشده از زیست توده‌های مختلف نشان داد که با تبدیل هریک از زیست توده‌ها به بیوپچار، pH و درصد عناصر غذایی آن ب استثنای نیتروژن افزایش می‌یابد. تحقیقات نشان داده که بیوپچار می‌تواند به عنوان اصلاح‌کننده به ویژه در خاک‌های اسیدی استفاده شود و بهبود مواد آلی را منجر شده و مواد مغذی در دسترس را افزایش داده و چگالی خاک را کاهش دهد (چان^۵ و همکاران، ۲۰۰۸؛ عظیم‌زاده و همکاران، ۲۰۱۷؛ لو^۶ و همکاران، ۲۰۱۸؛ ایستمن^۱، ۲۰۱۱). همچنین تحقیقات

1. Vanaee
2. Lehmann and Joseph
3. Mukherjee and Lal
4. Dume
5. Chan
6. lu

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی خاک شور و بیوپچار و تعیین خصوصیات آن‌ها

خاک شور لازم برای انجام این مطالعه از مرکز تحقیقات پسته اردکان و از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متری تهیه و پس از هواخشک شدن از الک دو میلی‌متر عبور داده شد. ویژگی‌های خاک نظیر بافت (به روش هیدرومتری)، EC و pH (در عصاره اشباع با استفاده از EC متر و pH متر)، مقدار کربن آلی خاک (والکلی و بلک^۸، ۱۹۳۴)، کلسیم و منیزیم، فسفر قابل جذب (به روش اولسن^۹)، سدیم و پتاسیم محلول (با استفاده از فلیم‌فتومتر در عصاره اشباع)، جرم مخصوص ظاهری (روش سیلندر)، جرم مخصوص حقیقی خاک (روش پیکنومتر)، نسبت جذب سدیم (SAR^{۱۰})، رطوبت اشباع خاک، رطوبت ظرفیت مزرعه (با استفاده از صفحات فشاری) و تخلخل کل اندازه‌گیری شد (جدول ۱).

برای تهیه بیوپچار، ضایعات حاصل از هرس شاخ و برگ خرما در محفظه‌ای با شرایط اکسیژن محدود در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد گرماکافت شد. بیوپچار خرما تهیه شده آسیاب و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. خصوصیات بیوپچار مورد استفاده شامل عملکرد بیوپچار (کنگ و همکاران، ۲۰۱۲)، درصد خاکستر (سونگ و گو^{۱۱}، ۲۰۱۲)، EC و pH (در عصاره ۵۰:۱)، کربن آلی، محتوای کلسیم، منیزیم، فسفر، سدیم و پتاسیم اندازه‌گیری شد (جدول ۲).

آماده‌سازی تیمارها و انکوباسیون

بیوپچار خرما با درصد وزنی صفر، ۵/۰، ۱، ۵/۱ و ۲/۰ به خاک شور و قلیا افزوده و به‌صورت یکنواخت با هم مخلوط گردید و به رطوبت ظرفیت مزرعه رسانده شد. برای کاهش از دست رفتن رطوبت خاک، درب ظروف تیمارها بسته شد ولی برای تبدلات گازی مقدار کمی از آن باز گذاشته شد و به‌مدت ۹۰ روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون گردید. در طول این مدت، رطوبت نمونه‌ها به‌صورت وزنی کنترل شد. پس از این مدت، نمونه‌ها هوا خشک شده و پس از کوبیدن از الک دو

نشان داده که کاربرد بیوپچار باعث کاهش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری خاک شده و مقادیر رطوبت اشباع و رطوبت ظرفیت زراعی در خاک حاوی بیوپچار افزایش داشته است (زیائو^۲ و همکاران، ۲۰۲۰؛ نوروزی و همکاران، ۲۰۱۶؛ گلب^۳ و همکاران، ۲۰۱۸). در مقایسه اثر بیوپچار با کودهای آلی و معدنی بر کیفیت خاک و رشد گیاه، افزودن بیوپچار توانسته محیط مناسب‌تری برای رشد گیاه را ایجاد کند (اسکولز و گلاسر^۴، ۲۰۱۲).

افزایش بیوپچار به خاک معمولاً موجب افزایش کربن آلی (دوم و همکاران، ۲۰۱۵؛ مشایخی و همکاران، ۲۰۱۷؛ لال عرب، ۲۰۱۶)، نیتروژن کل و فسفر قابل جذب (دوم و همکاران، ۲۰۱۵)، قابلیت هدایت الکتریکی (مشایخی و همکاران، ۲۰۱۷؛ خادم و همکاران، ۲۰۱۸؛ نجفی قیری و همکاران، ۲۰۱۸)، پتاسیم خاک (خادم و همکاران، ۲۰۱۸؛ نجفی قیری و همکاران، ۲۰۱۸؛ هی^۵ و همکاران، ۲۰۱۷) و کاتیون‌های قابل تبادل (K^+ ، Na^+ ، Mg^{+2} ، Ca^{+2}) (دوم و همکاران، ۲۰۱۵) می‌شود. نتایج تحقیقات نشان داد که افزودن بیوپچار به خاک شور، باعث بهبود ساختارهای منافذ خاک و خصوصیات هیدرولیکی خاک می‌شود و اثرات طولانی مدتی در بهبود ویژگی‌های خاک‌های شور دارد (زیائو کین^۶ و همکاران، ۲۰۲۱).

افزایش بیوپچار در برخی تحقیقات موجب کاهش فسفر قابل دسترس (خادم و همکاران، ۲۰۱۸) و همچنین کاهش تخلخل خاک شده است (لایرد^۷ و همکاران، ۲۰۱۰).

با توجه به بررسی منابع انجام‌شده مشخص گردید تاکنون بررسی جامعی روی اثرات بیوپچار بر خصوصیات خاک شور انجام نشده است، بنابراین هدف از پژوهش حاضر بررسی اثر سطوح مختلف بیوپچار حاصل از ضایعات خرما بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی یک خاک شور و بررسی امکان پیشنهاد این ماده برای اصلاح خاک‌های شور است.

8. Walkley and Black
9. Olsen
10. Sodium Adsorption Ratio
11. Song and Guo

1. Eastman
2. Xao
3. Glab
4. Schulz and Glaser
5. HE
6. Xiaoqin
7. Laird

برخی ویژگی‌های بیوچار خرما که در این پژوهش مورد استفاده قرار گرفت، در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): برخی ویژگی‌های شیمیایی بیوچار خرما مورد استفاده در این مطالعه

مقدار	ویژگی بیوچار خرما
۳۱/۲	عملکرد بیوچار (%)
۹/۹۷	pH
۲/۸۶	EC (mS.cm ⁻¹)
۲	Ca (%)
۳/۶	Mg (%)
۳/۶۷	K (%)
۰/۹۸	Na (%)
۰/۱۳	P (%)
۵۱/۶۲	OC (%)
۱۴/۷	C:N

نتایج تأثیر بیوچار بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

نتایج تجزیه واریانس مربوط به تأثیر بیوچار خرما بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک شور در جدول (۳) و (۴) ارائه شده است. نتایج جدول (۳) نشان می‌دهد که اثر بیوچار خرما بر تمامی خصوصیات شیمیایی به جز pH و فسفر در سطح ۱٪ معنی‌دار است.

میلی‌متری عبور داده شد و ویژگی‌های خاک همچون EC، pH، مقدار کربن آلی خاک، منیزیم، کلسیم، فسفر، سدیم، پتاسیم، چگالی ظاهری نمونه‌ها، چگالی حقیقی نمونه‌ها، رطوبت اشباع خاک، رطوبت ظرفیت مزرعه، تخلخل کل و SAR تعیین شد.

آنالیز آماری

این آزمایش در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. داده‌ها در نرم‌افزار SAS نسخه 9.2 تحلیل شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ صورت گرفت. نمودارها در نرم‌افزار اکسل ترسیم شد.

نتایج

خصوصیات خاک و بیوچار

در پژوهش حاضر، اثر سطوح مختلف بیوچار خرما بر روی خاک شور بررسی شد؛ بدین منظور پیش از اعمال تیمارها خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه

مقدار	ویژگی خاک	مقدار	ویژگی خاک
۵۷/۲۴	سدیم (meq.L ⁻¹)	Clay loam	بافت خاک
۲۵/۸۰	SAR	۳۶/۲۸	شن (%)
۲۳/۶۶	فسفر (mg.kg ⁻¹)	۳۰	سیلت (%)
۰/۳۸	کربن آلی (%)	۳۳/۷۲	رس (%)
۴۸/۴۷	رطوبت اشباع (%)	۷/۵۳	pH
۲۹/۰۰	رطوبت ظرفیت مزرعه (%)	۵/۴۶	هدایت الکتریکی (mS.cm ⁻¹)
۱/۲۷	جرم مخصوص ظاهری (gr.cm ⁻³)	۳/۳۳	کلسیم (meq.L ⁻¹)
۲/۴۴	جرم مخصوص حقیقی (gr.cm ⁻³)	۶/۵۳	منیزیم (meq.L ⁻¹)
۰/۴۸	تخلخل کل	۰/۴۲	پتاسیم (meq.L ⁻¹)

جدول (۳): نتایج تجزیه واریانس تأثیر بیوچار خرما بر خصوصیات شیمیایی خاک شور

OC	SAR	Na	K	Mg	Ca	P	EC	pH	درجه آزادی	منابع تغییر
۰/۱۱**	۱/۷۴**	۳۶۴/۸۸**	۳۰/۵۹**	۶۱/۳۶**	۹/۸۱**	۱/۱۹ ^{ns}	۸/۵۴**	۰/۰۷ ^{ns}	۴	غلظت بیوچار
۰/۰۱	۰/۲۳	۵/۲۶	۰/۰۵	۰/۶۲	۰/۲۴	۳۶/۵۱	۰/۰۷	۰/۰۵	۱۰	خطا
									۱۴	کل
۱۶/۶۴	۱/۹۴	۳/۲۴	۷/۰۴	۶/۴۲	۱۰/۰۷	۲۴/۹۱	۳/۴۸	۳/۱۲		CV (%)

جدول (۴): نتایج تجزیه واریانس تأثیر بیوچار خرما بر خصوصیات فیزیکی خاک شور

Table (3): Results of analysis of variance of the effect of date palm biochar on Physical properties of saline soils

F	ps	pb	FC	میانگین مربعات		درجه آزادی	منابع تغییر
				SP			
۰/۲۴**	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۰**	۰/۹۲ ^{ns}	۱/۰۲ ^{ns}		۴	غلظت بیوچار
۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۰۰	۰/۳۱	۰/۴۱		۱۰	خطا
						۱۴	کل
۳/۴۸	۳/۸۴	۰/۵۱	۱/۹۳	۱/۳۸			CV (%)

مقدار کلسیم شاهد بود. تغییرات منیزیم خاک نیز مانند تغییرات کلسیم است و با افزایش سطوح مختلف بیوچار خرما مقدار منیزیم نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد (۲/۸۸ برابر افزایش نسبت به خاک شاهد). در بین عناصر مورد مطالعه، پتاسیم خاک افزایش قابل ملاحظه‌ای داشته است. با افزایش مقدار بیوچار خرما در تیمارهای ۱/۵ و ۲٪ مقدار پتاسیم به ترتیب حدود ۱۲/۳۳ و ۱۸/۷۹ برابر نسبت به شاهد افزایش داشته است. سدیم خاک مورد مطالعه نیز با افزودن بیوچار خرما افزایش نشان داد. بیشترین این مقدار مربوط به کاربرد ۲٪ بیوچار خرما بود که ۴۹/۳۵٪ نسبت به شاهد افزایش داشت.

مقایسه میانگین اثر بیوچار بر خصوصیات شیمیایی خاک شور

نتایج مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح ۵٪ برای خصوصیات شیمیایی خاک در جدول (۵) ارائه شده است. افزایش کاربرد سطوح مختلف بیوچار خرما موجب افزایش معنی دار EC خاک نسبت به شاهد شد. بیشترین میزان شوری خاک مربوط به کاربرد ۲٪ بیوچار خرما بود که نسبت به شاهد افزایش داشت. شایان ذکر است که کاربرد بیوچار در تمام سطوح منجر به افزایش معنی دار EC نسبت به شاهد شد. مقدار کلسیم خاک نیز با افزایش سطح بیوچار خرما روند افزایشی داشته است، به طوری که با کاربرد ۲٪ بیوچار خرما بیشترین میزان کلسیم خاک مشاهده شد که ۲/۰۸ برابر

جدول (۵): نتایج مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف بیوچار خرما بر خصوصیات شیمیایی خاک شور

Table (5): Results of comparison of mean effect of different levels of date palm biochar on the chemical properties of saline soils

غلظت بیوچار	OC (%)	SAR	Na meq.L-1	K meq.L-1	Mg meq.L-1	Ca meq.L-1	EC mS.cm-1
۰	۰/۳۸b	۲۵/۸۰a	۵۷/۲۴e	۰/۴۲e	۶/۵۳d	۳/۳۳c	۵/۴۶e
۰/۵	۰/۴۲b	۲۴/۸۵b	۶۳/۵۳d	۰/۹۹d	۱۰/۴۰c	۲/۷۶c	۶/۳۶d
۱	۰/۵۰b	۲۴/۱۳bc	۷۱/۵۸c	۱/۶۹c	۱۱/۸۰c	۵/۸۰b	۷/۴۳c
۱/۵	۰/۶۲b	۲۴/۴۶bc	۷۶/۵۶b	۵/۱۸b	۱۳/۸۷b	۵/۷۳b	۸/۲۱b
۲	۰/۹۷a	۲۳/۸۴c	۸۵/۴۹a	۷/۸۹a	۱۸/۸۰a	۶/۹۳a	۹/۸۳a

آلی ایجاد نکردند.

مقایسه میانگین اثر بیوچار بر خصوصیات فیزیکی خاک شور

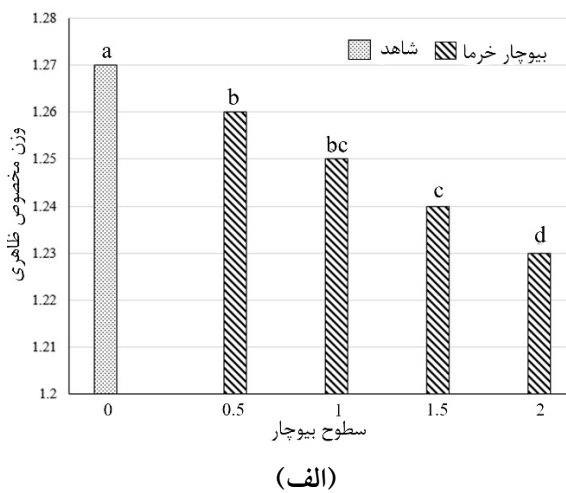
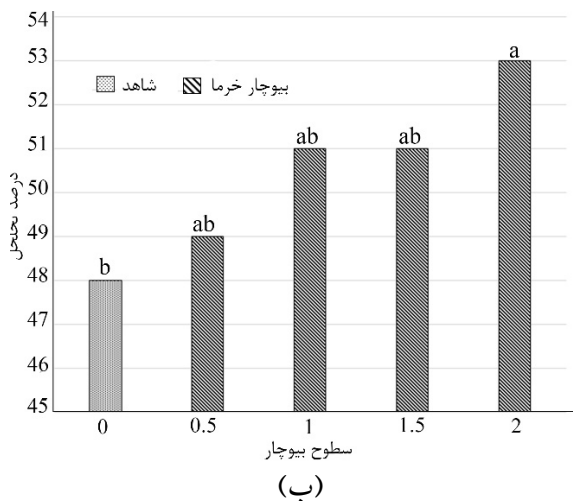
شکل (۱-الف) نشان‌دهنده تغییرات جرم مخصوص ظاهری خاک با کاربرد سطوح مختلف بیوچار خرماست. به طور کلی می‌توان با توجه به شکل (۱-ج) نتیجه‌گیری کرد که کمترین میزان وزن مخصوص ظاهری مربوط به کاربرد ۲ و ۱/۵٪ بیوچار خرما است که به ترتیب ۳/۱۵ و ۲/۳۶٪ نسبت به شاهد

افزایش سطوح بیوچار خرما در تمامی سطوح سبب کاهش SAR خاک مورد مطالعه شد. بیشترین مقدار این کاهش مربوط به تیمار ۲٪ بیوچار خرما بود که ۷/۶٪ نسبت به شاهد کاهش نشان داد.

کربن آلی خاک نیز با افزایش بیوچار به طور معنی‌داری افزایش یافت. در تیمار ۲٪ بیوچار خرما افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد در کربن آلی خاک مشاهده شد. سایر سطوح بیوچار استفاده‌شده تفاوت معنی‌داری در میزان افزایش کربن

خاک نداشته ولی کاربرد ۲٪ بیوپچار خرما سبب افزایش معنی دار تخلخل خاک شده است. افزودن ۲٪ بیوپچار باعث افزایش تخلخل به میزان ۱۰/۴۲٪ نسبت به شاهد شده است.

کاهش داشته است. نمودار ستونی مربوط به اثر سطوح مختلف بیوپچار خرما بر پارامتر درصد تخلخل خاک در شکل (۱-ب) ارائه شده است. با توجه شکل (۱-ب) حضور بیوپچار در سطح ۰/۵، ۱ و ۱/۵٪ اثر معنی داری در تخلخل



شکل (۱): اثر سطوح مختلف بیوپچار خرما بر جرم مخصوص ظاهری (الف) و تخلخل خاک (ب)

Figure (1): Effect of different levels of biochar of date palm tree, bulk density (A) and soil porosity (B)

بیوپچار مورد استفاده نیز دارای pH بالایی بود و در ضمن، مقدار مصرف بیوپچار نیز ناچیز بوده است، احتمالاً اگر مقدار مصرف بیشتر شود تغییرات pH مشهود گردد.

هدایت الکتریکی خاک با افزودن بیوپچار خرما روند افزایشی داشت، به نحوی که بیشترین هدایت الکتریکی مربوط به بیوپچار سطح ۲٪ بود و کمترین مقدار آن مربوط به شاهد با صفر درصد بیوپچار بود. مقدار هدایت الکتریکی در هریک از تیمارها با هم اختلاف معنی دار داشت که نشان از اثر افزایشی بیوپچار در هدایت الکتریکی به ازای ۰/۵٪ افزایش بیوپچار است که با نتایج دوم و همکاران (۲۰۱۵)، خادم و همکاران (۲۰۱۸)، مشایخی و همکاران (۲۰۱۷) و نجفی قیری و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. در پژوهش جلالی و همکاران (۲۰۱۶) استفاده توأم از گچ و بیوپچار موجب کاهش معنی داری EC خاک شد که در آن حضور گچ عامل کاهش هدایت الکتریکی بوده است. با توجه به بالا بودن شوری در بیوپچار خرما که در آنالیز آن نیز مشخص شده است، این روند منطقی به نظر می رسد. نکته حائز اهمیت آن است که این شوری بالا در اثر کدام یون و به چه میزان باشد

بحث و نتیجه گیری

در پژوهش حاضر، اثرات سطوح مختلف بیوپچار خرما بر یک خاک شور مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج این پژوهش نشان داد که افزودن بیوپچار خرما در هیچ یک از سطوح مورد استفاده تأثیر معنی داری بر pH خاک نداشته است. در تحقیقات گذشته، افزودن بیوپچار نتایج متفاوتی در پی داشته است، به نحوی که برخی تحقیقات افزایش pH خاک را در نتیجه افزایش بیوپچار گزارش کردند (دینگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۶؛ هی و همکاران، ۲۰۱۷؛ خادم و همکاران، ۲۰۱۸؛ مشایخی و همکاران، ۲۰۱۷؛ لو و همکاران، ۲۰۱۸؛ نجفی قیری و همکاران، ۲۰۱۸؛ اسکولز و گلاسر، ۲۰۱۲؛ استروبل^۲ و همکاران، ۲۰۱۱) و برخی دیگر روند کاهش را برای pH بیان داشتند (لاگاری^۳ و همکاران، ۲۰۱۵). علت اختلاف نتایج این پژوهش با نتایج سایرین، احتمالاً نوع بیوپچار و شوری خاک است. با توجه به pH بالای خاک و اینکه

1. Ding
2. Streubel
3. Laghari

با اضافه کردن بیوپچار به خاک نرخ افزایش کلسیم و منیزیم بیش از نرخ افزایش سدیم در خاک بوده و لذا مقدار SAR کاهش یافته است. بنابراین با وجود افزایش سدیم به خاک، بیوپچار خاصیت اصلاحی از خود نشان داده است. نکته قابل توجه دیگر اینکه افزایش هدایت الکتریکی خاک که بر اثر اضافه کردن بیوپچار اتفاق افتاده می‌تواند در نتیجه افزایش قابل ملاحظه همۀ کاتیون‌ها باشد و فقط سدیم عامل این افزایش نبوده است.

افزودن بیوپچار خرما به خاک شور بر فسفر خاک اثر معنی‌داری نداشت. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های قبلی که افزایش فسفر خاک را گزارش کردند، مطابقت نداشت (دوم و همکاران، ۲۰۱۵؛ هی و همکاران، ۲۰۱۷؛ لایرد و همکاران، ۲۰۱۰؛ لو و همکاران، ۲۰۱۸ و اسکولز و گلاسر، ۲۰۱۲). احتمالاً این اختلاف نتیجه نوع بیوپچار متفاوتی است که در این پژوهش استفاده شده است. با توجه به جدول (۲) محتوای فسفر بیوپچار کمتر از مقدار فسفر خاک شاهد است و بنابراین نمی‌توانسته مقدار فسفر خاک را افزایش دهد. به‌علاوه ممکن است رفتار شیمیایی پیچیده فسفر در خاک و وجود مکانیسم‌های پیچیده جذب در سطح و همچنین رسوب فسفر نیز در این امر دخیل باشد.

افزایش بیوپچار به خاک توانست در سطح ۲٪ میزان کربن آلی خاک شور را حدود سه برابر کند. این نتیجه با نتایج تحقیقات سایر محققان مطابقت دارد (لاگاری و همکاران، ۲۰۱۵؛ لال عرب، ۲۰۱۸؛ مشایخی و همکاران، ۲۰۱۷ و استروبل و همکاران، ۲۰۱۱).

درباره خصوصیات فیزیکی خاک، کاربرد بیوپچار خرما نتوانست SP را افزایش دهد که با نتایج مطالعات نوروزی و همکاران (۲۰۱۶) مطابقت نداشت. احتمالاً با توجه به بافت خاک مورد مطالعه، درصد بیوپچار، اندازه و ساختار بیوپچار کاربردی تفاوتی در ظرفیت نگهداشت رطوبت در خاک مورد مطالعه رخ نداده است.

پارامتر ظرفیت مزرعه در سطوح مختلف بیوپچار تفاوت معنی‌داری با شاهد نداشت که با نتایج تحقیقات پیشین تطابق دارد (گلب و همکاران، ۲۰۱۸).

که با توجه به نتایج، بخش قابل توجهی از شوری بیوپچار مربوط به عناصر مفیدی از قبیل پتاسیم، کلسیم و منیزیم بوده و تأثیر سدیم نیز در این مورد قابل توجه است.

افزودن بیوپچار خرما موجب افزایش معنی‌دار دو عنصر کلسیم و منیزیم شد. با افزایش ۲٪ بیوپچار، کلسیم خاک حدود دو برابر و منیزیم حدود ۳ برابر نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج این پژوهش با نتایج چان و همکاران (۲۰۰۸)، دوم و همکاران (۲۰۱۵) و لاگاری و همکاران (۲۰۱۵) تطابق دارد.

عنصر پتاسیم در تیمارهای بیوپچار رفتار افزایشی چند برابر نسبت به سایر کاتیون‌ها از خود نشان داد، به‌نحوی که میزان افزایش پتاسیم در تیمار ۲٪ بیوپچار نزدیک به ۱۹ برابر شاهد بود. این نتیجه نیز با نتایج تحقیقات پیشین مطابقت دارد (دوم و همکاران، ۲۰۱۵؛ هی و همکاران، ۲۰۱۷؛ خادم و همکاران، ۲۰۱۸؛ لاگاری و همکاران، ۲۹۱۵). همچنین تحقیقات نشان داد که بیوپچار قادر است بیش از بقایای گیاهی میزان پتاسیم را در خاک افزایش دهد (نجفی قیری و همکاران، ۲۰۱۸). تفاوت در روند افزایش پتاسیم در سطوح مختلف بیوپچار احتمالاً مربوط به تثبیت پتاسیم در سطوح پایین کاربرد بیوپچار و کاهش یافتن میزان تثبیت در سطوح بالا نظیر ۲٪ باشد. به بیان ساده‌تر، در سطوح پایین کاربرد بیوپچار، اکثر پتاسیم آزاد شده از بیوپچار به درون خاک وارد فازهایی غیر از محلول شده (فازهایی از قبیل تبادل و حتی تثبیت در فضای بین لایه‌های رس‌ها) و در نتیجه افزایش پتاسیم محلول کمتر نمود داشته است. اما در سطوح بالای کاربرد بیوپچار احتمالاً با کاهش میزان تثبیت پتاسیم، بیشتر پتاسیم محلول خاک را متأثر کرده و در نتیجه افزایش‌های قابل توجهی در سطوح بالای کاربرد بیوپچار مشاهده شد.

افزودن بیوپچار خرما در این پژوهش موجب افزایش میزان سدیم خاک نیز شد. نظر به اینکه عنصر سدیم در خاک موجب تخریب ساختمان خاک می‌شود، این نتیجه قابل تأمل است؛ از طرفی بررسی نتایج پارامتر SAR نیز قابل توجه است. به‌رغم افزایش سدیم در خاک، مقدار SAR در این آزمایش به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است؛ به‌عبارت دیگر

دهد و سایر سطوح بیوپچار اثر معنی داری بر این پارامتر ندارند. این نتیجه با نتایج پژوهش سایر محققان انطباق دارد (لال عرب، ۲۰۱۸).

بیوپچار خرما علاوه بر افزایش شوری خاک، باعث بهبود خصوصیات شیمیایی مهم از قبیل SAR و همچنین خصوصیات فیزیکی مهم از قبیل تخلخل و وزن مخصوص ظاهری می‌گردد که تأثیر مهمی بر رشد و ریشه‌دوانی گیاهان دارند.

به نظر می‌رسد اندازه ذرات بیوپچار ممکن است تأثیر متفاوتی در تغییر خصوصیات خاک از خود نشان دهد که این می‌تواند در تحقیقات آتی مورد بررسی قرار گیرد.

وزن مخصوص ظاهری خاک با افزودن بیوپچار کاهش یافت. این نتیجه با نتایج پژوهش سایر محققان مطابقت داشت (ایستمن، ۲۰۱۱؛ لال عرب، ۲۰۱۸). با توجه به وزن مخصوص پایین بیوپچار می‌توان انتظار داشت که افزودن آن به خاک کاهش وزن مخصوص ظاهری را به دنبال داشته باشد. اما افزایش بیوپچار بر وزن مخصوص حقیقی خاک اثر قابل ملاحظه‌ای نداشت. که احتمالاً به دلیل وزن پایین ذرات بیوپچار در مقابل وزن بالای کانی‌های موجود در خاک و همچنین میزان بیوپچار مصرفی مربوط باشد.

در مورد پارامتر تخلخل کل نتایج نشان داد که فقط سطح ۲٪ بیوپچار توانسته به‌طور معنی‌داری تخلخل خاک را افزایش

منابع

1. Azimzadeh, Y., Najafi, N., Amirlou, B. and Abdolmaleki A., 2017. Investigation of biochar characteristics produced from different biomass. chemical and soil fertility and plant nutrition, 15th iranian soil science congress. 28-30 August. Isfahan, Iran.
2. Azizi, M., Abdolzadeh, A., Mehrabanjobeni, P. and Sadeghipour, H., 2015. Effects of silicon application to increase salinity tolerance through reduction of oxidative stress in *Festuca arundinacea*. *Rangeland*, 9, 43-54.
3. Beheshti, M. and Alikhani, H., 2016. Changes in the quality of crop produced from straw and wheat straw during a slow pyrolysis process at various temperatures. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 26 (2), 201-189.
4. Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S., 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Soil Research*, 46(5), 437-444.
5. Ding, Y., Liu, Y., Liu, S., Li, Z., Tan, X., Huang, X. and Zheng, B., 2016. Biochar to improve soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(2), 36.
6. Dume, B., Berecha, G. and Tulu, S., 2015. Characterization of biochar produced at different temperatures and its effect on acidic nitosol of Jimma, southwest Ethiopia. *International Journal of Soil Science*, 10(2), 63-73.
7. Eastman, C.M., 2011. Soil physical characteristics of an Aeric Ochraqualf amended with biochar (Doctoral dissertation, The Ohio State University).
8. Głab, T., Żabiński, A., Sadowska, U., Gondek, K., Kopeć, M., Mierzwa-Hersztek, M. and Tabor, S., 2018. Effects of co-composted maize, sewage sludge, and biochar mixtures on hydrological and physical qualities of sandy soil. *Geoderma*, 315, 27-35.
9. HE, L. L., Zhong, Z. K. and Yang, H. M. 2017. Effects on soil quality of biochar and straw amendment in conjunction with chemical fertilizers. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(3), 704-712.
10. Jaafari, M., 2015. Saline soils in natural resources. Publications of Tehran University, Fourth Edition.
11. Jafari, M., Moameri, M., Jahantab, E. and Zargham, N., 2017. Effects of municipal solid waste compost and biochar on the phytoremediation potential of *Bromus tomentellus* Boiss. in greenhouse condition. *Rangeland*, 11, 194-206.
12. Jalali, F., Hakim Zadeh Ardakani, M. AS. and Sodaee Zadeh, H., 2016. The Effect of Different Chalk and Biochar Ratios on the Modification of a Sample of Salt and Alkali. Second National Conference on Sustainable Management of Soil and Environment Resources, 8-9 September. Kerman, Iran 150-141.
13. Khadem, A., Reyesi, F. and Besharati, H., 2018. The Impact of Corn biochar on the Chemical and Microbiological Characteristics of Two Clay and Sandy Calcareous Soils. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 8, (1), 25-47.
14. Kang, S., Li, X., Fan, J. and Chang J., 2012. Characterization of hydrochars produced by hydrothermal carbonization of lignin, cellulose, D-xylose, and wood meal. *Industrial & engineering chemistry research* 51(26): 9023-9031.
15. Khademalhosseini, Z., Jafarian, Z., Roshan, V. and Ranjbar, G., 2018. Effect of water salinity on quantity and quality of biochemical characteristics of *Mellissa officinallis* L. *Rangeland*, 12, 370-379.
16. Laghari, M., Mirjat, M.S., Hu, Z., Fazal, S., Xiao,

- B., Hu, M., Chen, Z. and Guo, D., 2015. Effects of biochar application rate on sandy desert soil properties and sorghum growth. *Catena*, 135, 313-320.
17. Laird, D.A., Fleming, P., Davis, D.D., Horton, R., Wang, B. and Karlen, D.L., 2010. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158(3-4), 443-449.
 18. Lal Arab, M., 2016. Biofuel and vermicompost effects on some soil chemical properties, yield and yield components of soybean. Thesis, Master of Soil Science. School of Agriculture. Mashhad Ferdowsi University.
 19. Lehmann, J. and Joseph, S., 2009. Biochar for environmental management: science, technology and implementation, Taylor & Francis.
 20. Luo, C., Deng, Y., Inubushi, K., Liang, J., Zhu, S., Wei, Z., Guo, X. and Luo, X., 2018. Sludge Biochar Amendment and Alfalfa Revegetation Improve Soil Physicochemical Properties and Increase Diversity of Soil Microbes in Soils from a Rare Earth Element Mining Wasteland. *International journal of environmental research and public health*, 15(5).
 21. Mashayekhi, R., Imami, h. and Lakzian, A., 2017. Investigating the Impact of Biochar and Plant Barley on Some Soil Chemical Properties. First International Conference on Agricultural Science, Natural Resources, Rural Tourism and Medicinal Plants in Islamic Countries. 21 November, Mashhad, Iran.
 22. Moradi, N., Rasouli Sedaghani, M, H. and Sepehr, A., 2018. Effect of type and amount of biochar on some soil characteristics and the usability of some nutrients in a calcareous soil. *Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Technology)*, 31 (4), 1246_1232.
 23. Mukherjee, A. and Lal, R., 2013. Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy*, 3 (2), 313-339.
 24. Najafi Ghiri, M., Boostani, H.R. and Mahmoodi, A.R., (2018). Effect of residues of three herbaceous and its biochar on some characteristics and status of potassium in a calcareous soil. *Journal of Soil Science (Soil and Water Science)*, A, 32 (1), 26-35.
 25. Nowroozi, M., Tabataba'i, S., H. Nuori, M.R. and Mottaghian, H.R., 2016. The short-term effects of leafy leafy leaves on moisture retaining in sandy loam soil. *Journal of Soil and Water Resources Conservation*, 6 (2), 149-137.
 26. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, C.A., 1954. Estimation of available phosphorous in soils by extraction with sodium bicarbonate. *Soil Science Society of American Journal* 21, 144-149.
 27. Salami, A., Sepehri, A. and Akbarlo, M., 2016. Study of the effects of salinity stress on plants. Second National Congress (on the path to the development of agricultural science and natural resources). 11 May. Gorgan, Iran.
 28. Schulz, H. and Glaser, B., 2012. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175(3), 410-422.
 29. Song, W. and Guo, M., 2012. Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 94: 138-145.
 30. Streubel, J.D., Collins, H.P., Garcia-Perez, M., Tarara, J., Granatstein, D. and Kruger, C.E., 2011. Influence of contrasting biochar types on five soils at increasing rates of application. *Soil Science Society of America Journal*, 75(4), 1402-1413.
 31. Vanaee, F., Karami, P., Joneydi Jafari, H. and Nabialahi, K., 2017. Simulation of soil organic carbon dynamic in meadow ecosystems under different management practices using CENTURY model. *Rangeland*, 10, 439-449.
 32. Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37: 29-38.
 33. Xiao, L., Yuan, G., Feng, L., Bi, D. and Wei, J. 2020. Soil properties and the growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in response to reed (*phragmites communis*) biochar use in a salt-affected soil in the Yellow River Delta. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 303: 107124.
 34. Xiaoqin, S., Dongli, S., Yuanhang, F., Hongde, W. and Lei, G., 2021. Three-dimensional fractal characteristics of soil pore structure and their relationships with hydraulic parameters in biochar-amended saline soil. *Soil and Tillage Research*, 205, 104809.

Investigating the Effect of Palm Tree's Waste Biochar on Concentration of Elements, Sodium Adsorption Ratio (SAR), and Some Saline Soil's Physical Properties

Fatemeh Saghafi¹, Mohammad Javad GHanei-Bafghi^{2*}, Mostafa Shirmardi³

Received: 23/08/2020

Accepted: 01/03/2021

Expanded abstracts

Introduction: Salinity is an important environmental stressor that affects plant growth. In saline soils, plants are subjected to some toxic ions and water shortages. Crop residues are considered major organic agricultural wastes that can be useful for the soil and the plants. Organic matter has positive effects on the soil's physical and chemical properties. Converting agricultural wastes to Biochar is an appropriate way to achieve a valuable amendment. Biochar is a carbon-rich decomposition-resistant product obtained by heating biomass in an oxygen-free chamber, being used for carbon sequestration by applying large amounts of carbon.

Moreover, as a highly stable residue in the soil, it has been proven to store atmospheric carbon for hundreds to millions of years. According to different studies' findings, the application of Biochar can increase the soil's water-holding capacity, microbial activity, and nutrient availability. However, its effect on soil properties depends on its source and the extent of its application. As the dependency of Biochar's effects on saline soils' properties in such soils has been under-researched, this study attempted to investigate the effect of palm-tree residues' Biochar on the physical and chemical properties of saline soils.

Materials and Methods: the required Biochar was prepared from palm trees' residues at 500°C under limited oxygen conditions. This experiment was conducted in a completely randomized design with three replications. Biochar was mixed at 0, 0.5, 1, 1.5, and 2% rates with saline soils and incubated with humidity at field capacity for 90 days. Then, the samples were air-dried, and some physicochemical characteristics of the soil were determined. Moreover, the comparison of the means was performed using Duncan's test at a confidence level of 95%.

Results: The results showed that applying the Biochar obtained from palm trees to the soil significantly increased the soil's chemical properties such as electrical conductivity (EC), organic carbon, calcium, magnesium, sodium, and potassium while decreased the sodium adsorption ratio (SAR), and the sodium/potassium ratio. Moreover, while adding Biochar to the soil increased the porosity by 10% and reduced the bulk density by 4%, treatments did not significantly affect pH, available phosphorus, field capacity, and the soil's particle density. Furthermore, adding 2%, Biochar increased calcium concentration in soil by 2.08 times compared to that of the control treatment. It was also found that the changes in the soil's magnesium calcium were similar and that using more Biochar increased magnesium concentration by 2.88 times compared to what was observed in the control treatment (more than the control treatment). Therefore, the study's findings indicated that the available potassium concentration in soil increased significantly following the application of different biochar levels. It was also found that compared to the control treatment, the amount of potassium increased about 12.33 and 18.79 times, respectively, with an increase of bio-dates in 1.5 and 2% treatments. Moreover, the highest increase in sodium was related to applying a 2% biochar date, which was 49.35% more than that of the control treatment. Finally, using 2% biochar reduced the sodium adsorption ratio by 7.6%.

Discussion and Conclusion: This study showed that palm trees' Biochar improved some saline soil parameters such as SAR, organic matter, and nutrients. Increased EC is due to increased sodium as a destructive factor and other cations such as calcium, magnesium, and potassium as helpful plant nutrients. On the other hand, the sodium to potassium ratio was decreased. Moreover, it was suggested that the potassium was increased more than sodium, and that was why the index was improved. According to the study's findings, Biochar increased porosity due to its high specific surface area.

Moreover, using 2% biochar treatment increased the saline soil's organic carbon by approximately three times. Due to the Biochar's low specific gravity, it can be expected that the soil's density is decreased by applying Biochar in soil. However, the increase in Biochar did not significantly affect the soil's particle density, which is probably due to the low weight of biochar particles versus the high weight of the soil's minerals and the amount of Biochar applied. It seems that applying Biochar as an amendment can improve the saline soil's properties and that the size of biochar particles may have different effects on changing the soil's properties, which can be investigated in future researches.

Keywords: pyrolysis, saline and alkaline soil, chemical and physical Characteristic, biochar.

1. M.Sc. Graduated, of Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University
2. Assistant Prof., of Department of Nature Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University; mjghaneib@ardakan.ac.ir
3. Assistant Prof. of Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University
DOI: 10.22052/deej.2021.10.31.49