



پیامد کاربرد زغال گرمایی و گرمایی فرآوری شده از مانده‌های گیاهی سیب‌زمینی و خاک اره بر همه و بخش‌های واکنش‌دهنده کربن آلی

### خاک در تنش خشکی

مهران بیگی خاروانی<sup>۱\*</sup>، علی‌اکبر صفری سنجانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

<sup>۲</sup> استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان

### چکیده

برای بررسی پیامد کاربرد زغال گرمایی و زغال گرمایی فرآوری شده از خاک اره و مانده‌های گیاهی سیب‌زمینی بر ریخت‌های کربن آلی خاک در کشت لوبیا در تنش خشکی، آزمایشی گلدانی در سال ۱۳۹۶ در گلخانه پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا همدان انجام شد. این پژوهش به گونه دو آزمایش جداگانه با طرح اسپلیت پلات در ۳ تکرار انجام شد. در این طرح تنش خشکی کرت اصلی (بدون تنش یا گنجایش کشاورزی، با تنش یا ۴۰ درصد گنجایش کشاورزی) بود که در آزمایش یکم ۴ کرت فرعی با کاربرد بهسازهای سیب‌زمینی به گونه بیوجار (زغال گرمایی)، هیدروچار (زغال گرمایی)، ماده خام و گواه (بدون آن) آزمون شد و در آزمایش دوم ۴ کرت فرعی کاربرد بهسازهای خاک اره (زغال گرمایی، زغال گرمایی، ماده خام و یک گواه آزمایش) بود. این پژوهش نشان داد که تنش خشکی مایه کاهش همه کربن آلی خاک و ریخت‌های کربن محلول در آب سرد (CWEC) و کربن محلول در آب گرم (HWEC) خاک شد. به هر گونه اندازه کربن واکنش‌دهنده در خاک‌های با تنش خشکی بیش از آن در خاک‌های بدون تنش بود. یافته‌های این پژوهش نشان داد که از میان ریخت‌های گوناگون بهسازها (سیب‌زمینی و خاک اره) بهترین انباشت کربن و کربن اندوزی در خاک در کاربرد زغال گرمایی مانده‌های گیاهی سیب‌زمینی در خاک بدون تنش و سپس در کاربرد زغال گرمایی خاک اره در خاک دارای تنش بدست آمد. این تیمارها می‌تواند از رها شدن دی اکسید کربن از خاک بکاهد و مایه کاهش رهاسازی گازهای گلخانه‌ای شود.

**کلمات کلیدی:** بیوجار، تنش خشکی، کربن اندوزی، هیدروچار.

### مقدمه

آب پایه زندگی جانداران است که مانند انرژی بدون آن هیچ جاننداری نمی‌تواند، زنده بماند. درمیان شناسه‌های زیستی که بر رشد گیاهان پیامد دارد، کمبود آب بیشترین آسیب را به گیاهان به ویژه در سرزمین‌های خشک و نیمه خشک جهان می‌زند (Lehmann و همکاران، ۲۰۰۹). زغال گرمایی (بیوجار) و زغال گرمایی (هیدروچار) هردو موادی آلی کربونیزه و پایدار هستند که می‌توانند برای زمانی دراز پیامد سودمند خود را بر ویژگی‌های گوناگون خاک داشته باشند (Safari Sinigani, ۱۳۹۴). زغال گرمایی کارایی ویژه‌ای در بهبود ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک دارد. افزودن زغال گرمایی به خاک بویژه مایه افزایش اندوخته کربنی خاک، بهنجاری کارکرد بومسازهای خاکی، افزایش pH و CEC، گنجایش بافری خاک (Lehmann و همکاران، ۲۰۰۳)، افزایش زیست توده میکروبی، فراهمی عناصر خوراکی و بهبود حاصلخیزی خاک (Steinbeiss و همکاران، ۲۰۰۹) می‌شود. افزودن زغال گرمایی به خاک نیز مایه کاهش رواناب و فرسایش خاک، مایه جلوگیری از هدررفت عناصر خوراکی گیاهان از خاک مانند نیتروژن و فسفر شده، و با افزایش گنجایش نگهداری خاک مایه کاهش آبشویی نترات از خاک کاهش و با افزایش گنجایش نگهداری آب در خاک، مایه کاهش نیاز آبی شده و در پی آن بخت آبشویی و فرسایش خاک و هدر رفت عناصر خوراکی گیاهی کاهش می‌یابد (Vico و همکاران، ۲۰۱۸). این کارکردهای زغال گرمایی مایه کاهش آلودگی آب و هوا می‌شود.

در پژوهش‌های گوناگونی به بررسی نشانه‌های کاربرد زغال گرمایی و زغال گرمایی بر بخش‌های گوناگون کربن آلی خاک پرداخته شده است. ماده آلی خاک (SOM) گروه نایکنواختی از مواد گوناگون مانند مانده‌های گیاهی، جانوری و ریزجاننداری تازه، با تجزیه میانه و هوموسی شده به همراه مواد ساخته شده ریزجانداران در خاک است (صفری سنجانی، ۱۳۹۴). مواد آلی خاک یک دامنه گسترده از مواد با تجزیه‌پذیری بالا تا مواد آلی بسیار پایدار است (Gregorich و همکاران، ۱۹۹۴). (Baronti و همکاران، ۲۰۱۴) در پژوهش خود گزارش کردند که در خاک‌های تیمار شده با زغال گرمایی اندازه‌های کربن آلی به گونه چشم‌گیری افزایش یافته است. کربن کارا یک شناسه از واکنش‌دهندگی و فراهمی مواد آلی خاک برای ریزجانداران و

\* ایمیل نویسنده مسئول: mehranbeygi026@gmail.com



واکنش‌های آنزیمی است (Weil و همکاران، ۲۰۰۳). در پژوهشی که (Graham و همکاران، ۲۰۰۲) انجام دادند، دیدند که کاربرد کودهای آلی مایه افزایش کربن واکنش دهنده خاک می‌شود که این می‌تواند وابسته به کربن آلی بالا و فراهم در آن کودها باشد. کربن محلول نیز کربنی است که با یون-های کانی ترکیب شده است (Ali Asghar Zadeh، ۱۹۹۸) و (Gregorich و همکاران، ۲۰۰۳) گزارش کردند که کاربرد کودهای آلی در خاک مایه افزایش کربن آلی محلول در خاک می‌شود. با نگاه به پژوهش‌های یاد شده، پیامد کاربرد ریخت‌های گوناگونی از کودهای آلی (زغال گرمایی و گرمایی خاک اره و مانده‌های گیاهی سیب‌زمینی) بر اندازه و بخش‌های گوناگون کربن آلی خاک مانند کربن واکنش دهنده، کربن محلول در آب سرد و کربن محلول در آب گرم، در کشت لوبیا در دو تیمار با تنش و بدون تنش خشکی بررسی و آزمون شد تا بهترین شیوه بهسازی خاک و کربن اندوزی در آن آشکار شود.

## مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش از لایه ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری یک خاک در زمین‌های پشت دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا با جایگاه جغرافیایی (۳۴°۴۷′۵۹″ عرض شمالی و ۴۸°۲۸′۵۳″ طول شرقی) نمونه‌برداری شد. برای آماده کردن بیوچار از مانده‌های گیاه سیب‌زمینی و خاک‌اره بهره‌گیری شد که پس از هواخشک کردن آن‌ها از الک ۲ میلی‌متری گذر داده شدند و برای دگرگونی شدن به زغال گرمایی در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد و بدون اکسیژن در کوره ای ویژه گذاشته شدند. برای آماده کردن هیدروچار نیز مانده‌های آلی به گونه هوا خشک شده در اتوکلاو در دمای ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۵ اتمسفر گذاشته شدند.

این پژوهش به گونه دو آزمایش جداگانه با هر یک از مانده‌های سیب‌زمینی و خاک‌اره، برای کاهش پیچیدگی و شناختی روشن‌تر، انجام شد. هر آزمایش جداگانه به گونه اسپلیت پلات یا کرت‌های خردشده انجام شد که در آن کرت اصلی تنش خشکی با دو تیمار بدون تنش (FC) و با تنش خشکی (FC ۰/۴) و کرت فرعی کاربرد بهساز در چهار تیمار بدون بهساز (گواه) و ۲ درصد از هریک به گونه خام، زغال گرمایی (بیوچار) و زغال گرمایی (هیدروچار) بود که در کشت لوبیا سبز در سه تکرار و در ۲۴ گلدان انجام شد. هر گلدان نیز دارای سه بوته لوبیا بود.

برای کشت گیاه لوبیا سبز، از گلدان‌هایی با بلندی ۲۵ و پهنای دهانه ۲۰ سانتی‌متر به کار گرفته شد، که درون هر کدام از گلدان‌ها جدا از شن و سنگریزه ریخته شده در ته آن، ۳ کیلوگرم خاک تیمار شده ریخته شد. سپس برای اینکه بذر ها جوانه‌زنی خوبی داشته باشند، آنها برای ۴۸ ساعت در پارچه نمناک نگهداری شدند، سپس دانه‌ها (۱۰ دانه) به آرامی در درون هر گلدان از پیش آماده شده، کاشته شد. بوته‌ها پس از جوانه زنی و رشد آغازین تنک شدند و در هر گلدان ۳ بوته نگهداری شد و تا زمان رشد شایسته به گونه ای روزانه آبیاری شدند که در نم گنجایش کشاورزی (بدون تنش) و در نم ۰/۴ گنجایش کشاورزی (با تنش خشکی) بمانند. پس از رسیدن گیاه به گام زایشی و گلدهی، خاک درون گلدان‌ها پس از ۶۰ روز برداشت و برای انجام آزمایش به آزمایشگاه برده شد.

اندازه گیری ماده آلی خاک‌ها به روش اکسایش تر (Rowell، ۲۰۰۰) انجام شد. برای اندازه‌گیری کربن واکنش دهنده از محلول ۰/۰۲ مولار پرمنگنات پتاسیم بهره‌گیری شد (Weil و همکاران، ۲۰۰۳). برای جداسازی ماده آلی محلول در آب سرد، ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر به ۱۵ گرم خاک افزوده شد (نسبت ۱۰:۱ خاک به آب). سپس نمونه‌ها برای نیم ساعت تکان داده و برای ۵ دقیقه با دور ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد، محلول رویی برای اندازه گیری ماده آلی محلول در آب سرد جداسازی شد، سپس به روی نمونه خاک مانده ۱۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر ریخته و برای ۱۶ ساعت در بن‌ماری در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری و عصاره گیری شد و کربن آلی عصاره‌ها را به روش والکی بلک اندازه‌گیری شد (Gregorich و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۱. نمایی از گلدان‌های کشت شده برای این پژوهش

### نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های خاک آزمایش شده در جدول (۱) آورده شده است. خاک بررسی شده دارای آهک و ماده آلی کم (کمتر از ۱ درصد) و پی اچ نزدیک خنثی می‌باشد، از آنجایی که کمبود ماده آلی و سستی ساختمانی خاک بر توان نگهداری آب در خاک پیامد بدی دارد، بهره‌گیری از بهسازهای آلی برای بهبود ویژگی‌های این خاک امید بخش بوده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک بررسی شده

بافت خاک	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	شوری	پ.هاش	کربنات کلسیم معادل (%)	ماده آلی (%)
لوم شنی رسی	۴۲/۱	۴۵/۳	۱۲/۶	۰/۱۴	۷/۷۴	۱/۴۷	۰/۷۷

بر پایه تجزیه واریانس داده‌ها، پیامد کاربرد تنش خشکی، هر یک از بهسازهای سیب‌زمینی و خاک اره و برهم‌کنش آنها بر همه کربن آلی خاک، کربن واکنش دهنده و همچنین کربن محلول در آب گرم خاک در پایه آماری ۰/۰۱ نشانه‌های چشم‌گیری داشت. ولی پیامد بسیاری از این تیمارها بر کربن محلول در آب سرد از دیدگاه آماری چشم‌گیر نبود. تنها کاربرد بهساز سیب‌زمینی در پایه آماری ۰/۰۵ و برهم‌کنش خاک اره با تنش خشکی در پایه آماری ۰/۰۱ پیامد چشم‌گیری بر این ویژگی داشتند. بنابراین پاسخدهی کربن آلی محلول در آب سرد خاک به تیمارهای انجام شده به اندازه دیگر ویژگی‌های بررسی شده نمایان نیست.

آزمون میانگین اندازه همه کربن آلی خاک نشان داد که کاربرد تنش خشکی مایه کاهش همه کربن آلی خاک در خاک بدون بهساز (تیمار گواه آزمایش) از ۱/۵۴ (درصد) به ۰/۹۴ (درصد) شد. ولی کاربرد هر یک از بهسازها مایه افزایش اندازه همه کربن آلی خاک در هر دو خاک دارای تنش و بدون تنش شد (جدول ۲ و ۳). در میان ریخت‌های گوناگون بهساز سیب‌زمینی، بیشترین اندازه همه کربن آلی در خاک بدون تنش خشکی تیمار شده با زغال گرمایی (۱/۷۲ درصد) و پس از آن در خاک با تنش باز در تیمار زغال گرمایی (۱/۵۸ درصد) بدست آمد که به گونه چشم‌گیری بیش از تیمارهای دیگر بودند. پس از آنها همه کربن آلی در خاک بدون تنش به ترتیب در تیمارهای زغال گرمایی (۱/۳۳ درصد) و ماده خام (۱/۰۸ درصد) و در خاک دارای تنش نیز در تیمارهای زغال گرمایی (۱/۴۰ درصد) و ماده خام (۱/۳۳ درصد) بیشترین اندازه بود (جدول ۲).

در باره همه کربن آلی خاک در کاربرد بهسازهای خاک اره نیز یافته‌ها به این گونه بود که در تیمار بدون تنش و دارای تنش به ترتیب زغال گرمایی، ماده خام و زغال گرمایی بیشترین اندازه را نشان دادند (جدول ۳). در بسیاری از پژوهش‌ها به پیامد سودمند زغال گرمایی در افزایش اندوخته کربن آلی خاک یاد شده است. (Nigussie و همکاران، ۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد زغال گرمایی مایه افزایش کربن آلی می‌شود که با این یافته‌ها همخوانی دارند. به هر گونه این پیامد در افزودن بهسازهای خاک اره دیده نشد. هر چند اندوخته کربن آلی در تیمار زغال گرمایی خاک اره بیش از گواه آن بود ولی کمتر از آن در تیمار زغال گرمایی و بهساز خام آن بود. این شاید به پایداری کربن آلی این مانده آلی وابسته باشد که ریخت خام و بویژه ریخت زغال گرمایی آن به اندازه‌ی بسنده‌ای پایدار است که تا پایان آزمایش پیامد سودمندشان دیده شود. از سوی دیگر کربن آلی زغال گرمایی هنگام فرآوری آن به گونه‌ای در می‌آید که شاید در روش اکسیداسیون اندازه‌گیری نشود. در کاربرد بهسازهای سیب زمینی این نیز می‌تواند رخ دهد، ولی از یک سو فروزینگی ریخت خام و سپس زغال گرمایی این مانده گیاهی، و از سوی دیگر پیامد سودمند زغال گرمایی مانده‌ها بر رشد گیاه و ساخت ماده آلی می

تواند گویای ناهمانندی یافته های این دو آزمایش (سیب زمینی و خاک اره) باشد. (Carter و همکاران، ۲۰۱۳) دریافتند که کاربرد بیوجار با افزایش فراهمی عناصر، کربن اندوزی، افزایش گنجایش نگهداری آب مایه افزایش زیست توده گیاهی، زیست توده ریشه، بلندی گیاه و شمار برگ ها می شود.

جدول ۲- آزمون میانگین های کربن آلی (درسد)، کربن واکنش دهنده (میلی گرم بر کیلوگرم) و کربن محلول در آب گرم (درسد) در برهم کنش تنش خشکی و بهسازهای سیب زمینی

کربن محلول در آب گرم	کربن واکنش دهنده	کربن آلی (%)	بهساز	
۰/۰±۶۳۶/۰۱۱ <sup>a</sup>	۵۶±۱۹۳۸/۵ <sup>e</sup>	۱/۰±۵۴/۱۰۷ <sup>b</sup>	گواه	بی تنش
۰/۰±۳۰۴/۰۲۲ <sup>b</sup>	۸±۳۰۱۱/۹۸ <sup>a</sup>	۱/۰±۰۸/۰۲۹ <sup>d</sup>	ماده خام	
۰/۰±۲۷۲/۰۵۶ <sup>b</sup>	۱۳±۳۰۳۴/۵ <sup>a</sup>	۱/۰±۳۳/۱۰۷ <sup>c</sup>	هیدروچار	
۰/۰±۱۰۹/۰۲۹ <sup>c</sup>	۱۰±۲۸۱۰/۰۹ <sup>c</sup>	۱/۰±۷۲/۰۴۰ <sup>a</sup>	بیوجار	
۰/۰±۰۵۱/۰۱۱ <sup>d</sup>	۴±۲۲۹۳/۹۸ <sup>d</sup>	۰/۰±۹۴/۰۲۹ <sup>e</sup>	گواه	با تنش
۰/۰±۰۵۱/۰۱۱ <sup>d</sup>	۲۱±۳۰۲۸/۱ <sup>a</sup>	۱/۰±۳۳/۰۵۹ <sup>c</sup>	ماده خام	
۰/۰±۰۶۴/۰۰۰ <sup>d</sup>	۳۶±۲۸۹۸/۶ <sup>b</sup>	۱/۰±۴۰/۰۳۳ <sup>c</sup>	هیدروچار	
۰/۰±۰۵۱/۰۱۱ <sup>d</sup>	۲۸±۲۸۲۱/۰۰ <sup>c</sup>	۱/۰±۵۸/۰۱۱ <sup>b</sup>	بیوجار	

در هر ستون میانگین دارای واژه های یکسان از دیدگاه آماری در پایه ۵ درسد ناهمانندی چشم گیری ندارند

جدول ۳- آزمون میانگین های کربن آلی (درسد)، کربن واکنش دهنده (میلی گرم بر کیلوگرم) و کربن محلول در آب گرم (درسد) در برهم کنش تنش خشکی و بهسازهای خاک اره

کربن محلول در آب گرم	کربن واکنش دهنده	کربن آلی (%)	بهساز	
۰/۰±۶۳۶/۰۱۱ <sup>a</sup>	۵۶±۱۹۳۸/۵ <sup>e</sup>	۱/۰±۵۴/۱۰۰ <sup>c</sup>	گواه	بی تنش
۰/۰±۲۰۷/۰۱۱ <sup>b</sup>	۲۱±۲۹۶۹/۵ <sup>a</sup>	۲/۰±۱۲/۰۷ <sup>a</sup>	ماده خام	
۰/۰±۰۸۳/۰۳۹ <sup>c</sup>	۲۶±۲۹۵۳/۴ <sup>a</sup>	۲/۰±۱۱/۰۷ <sup>a</sup>	هیدروچار	
۰/۰±۰۷۰/۰۱۱ <sup>cd</sup>	۵۰±۲۴۵۸/۸ <sup>c</sup>	۱/۰±۶۵/۸ <sup>bc</sup>	بیوجار	
۰/۰±۰۵۱/۰۱۱ <sup>d</sup>	۴±۲۲۹۳/۹۸ <sup>d</sup>	۰/۰±۹۴/۰۳ <sup>e</sup>	گواه	با تنش
۰/۰±۰۷۰/۰۱۱ <sup>cd</sup>	۳۶±۲۹۴۹/۳ <sup>a</sup>	۱/۰±۷۴/۰۵ <sup>b</sup>	ماده خام	
۰/۰±۰۵۷/۰۱۱ <sup>cd</sup>	۳۶±۲۷۱۸/۲ <sup>b</sup>	۲/۰±۱۳/۰۴ <sup>a</sup>	هیدروچار	
۰/۰±۰۴۴/۰۰۰ <sup>d</sup>	۶۹±۲۳۸۷/۲ <sup>c</sup>	۱/۰±۳۵/۰۲ <sup>d</sup>	بیوجار	

در هر ستون میانگین دارای واژه های یکسان از دیدگاه آماری در پایه ۵ درسد ناهمانندی چشم گیری ندارند

آزمون میانگین داده های بدست آمده از اندازه گیری کربن واکنش دهنده نشان داد که تنش خشکی مایه افزایش اندازه کربن واکنش دهنده از ۱۹۳۸ (میلی گرم بر کیلوگرم) در خاک بدون بهساز و بدون تنش به ۲۲۹۳ (میلی گرم بر کیلوگرم) در خاک بدون بهساز با تنش شد. از آنجایی همه کربن آلی خاک ها در تنش خشکی کمتر از بدون تنش بود، تنش خشکی مایه افزایش کربن کارا در برابر همه کربن آلی خاک شده است. کاربرد بهسازهای آلی نیز مایه افزایش اندازه کربن واکنش دهنده خاک در برابر گواه آزمایش (بدون بهساز) شد. در آزمایش افزودن بهسازهای سیب زمینی، در تیمار بدون تنش، بیشترین پیامد را بهساز زغال گرمایی آن با اندازه ۳۰۳۴ (میلی گرم بر کیلوگرم) و پس از آن در تیمار ماده خام (۳۰۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم) و سپس زغال گرمایی (۲۸۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) داشت. کربن فراهم و کارا در خاک دارای تنش نیز بیشترین اندازه را در تیمار ماده خام (۳۰۲۸ میلی گرم بر کیلوگرم) و پس از آن در تیمار زغال گرمایی و سپس زغال گرمایی داشت. در باره بهسازهای خاک اره نیز یافته ها به این گونه بود که در تیمار بدون تنش کاربرد ماده خام بیشترین اندازه کربن واکنش دهنده را داشت و پس از آن این ریخت از کربن خاک به ترتیب در تیمارهای زغال گرمایی و سپس زغال گرمایی بالا بود. در خاک دارای تنش نیز به همین گونه بود که به ترتیب ماده خام، زغال گرمایی و زغال گرمایی بیشترین پیامد را بر اندازه کربن

واکنش دهنده خاک نشان دادند (جدول‌های ۲ و ۳). کربن آلی اندازه گیری شده با پرمنگنات پتاسیم نشان از کربن ناپایدار و فراهم برای ریزجانداران خاک دارد که در تیمارهای بهساز خام و بهسازی که به گونه زغال گرمایی فراوری شده بیشتر از تیمارهای دیگر است. (Pulido و همکاران، ۲۰۱۳) گزارش کردند که در زمین‌هایی که اندوخته کربن آلی خاک بیشتر باشد، کربن واکنش دهنده خاک نیز بیشتر است، زیرا در چنین زیستگاهی ریزجانداران کارایی بیشتری دارند که با یافته های این پژوهش همخوانی داشت.

آزمون میانگین داده‌های بدست‌آمده در جدول‌های (۲ و ۳) نشان داد که کربن محلول در آب گرم با تنش خشکی کاهش یافته و کمتر از آن در گواه آزمایش است و از ۰/۶۳۶ (درصد) در تیمار بدون بهساز و بدون تنش به ۰/۵۱ (درصد) در تیمار بدون بهساز و دارای تنش بود. کاربرد بهسازها مایه افزایش اندازه کربن محلول در آب گرم در برابر گواه آزمایش ۰/۶۳۶ (درصد) نشدند. در باره بهسازهای سیب‌زمینی در تیمار بدون تنش بیشترین اندازه این ریخت از کربن آلی را ماده خام با اندازه ۰/۳۰۴ (درصد) و پس از آن به ترتیب زغال گرمایی ۰/۲۷۲ (درصد) و زغال گرمایی ۰/۱۰۹ (درصد) داشتند. در خاک دارای تنش نیز بیشترین اندازه کربن محلول در آب گرم را زغال گرمایی ۰/۰۶۴ (درصد) و پس از آن زغال گرمایی و ماده خام داشتند. در باره بهسازهای خاک اره نیز بیشترین اندازه در تیمار بدون تنش را ماده خام (۰/۲۰۷ درصد) و پس از آن زغال گرمایی و سپس زغال گرمایی داشت و در خاک دارای تنش نیز بیشترین اندازه را ماده خام (۰/۰۷۰ درصد)، سپس زغال گرمایی (۰/۰۵۷) و زغال گرمایی (۰/۰۴۴) داشتند. روی هم رفته کاربرد تنش خشکی مایه کاهش کربن محلول در آب گرم در هریک از تیمارهای ماده بهساز هر دو ماده آلی شده است. از آنجایی که گیاه و ریزجانداران در خاک بدون تنش کارکرد بهتری دارند، این یافته می تواند وابسته به فراوانی ریزجانداران بویژه باکتری ها و ریشه گیاهان در ساخت ترکیب‌های موسیلاژی و پلی ساکاریدهای محلول در آب گرم وابسته باشد. (صفری سنجانی و افضل‌پور، ۱۳۹۳) در خاک‌های تیمار شده با مانده‌های خام دیدند که میان توده زیستی ریزجانداران (کربن زیتوده) و کربن محلول در آب گرم خاک همبستگی چشم‌گیری است. از سوی دیگر کاربرد بهسازها به گونه خام در هر یک از تیمارهای تنشی بهتر از ریخت های زغال شده آنها در افزایش کربن محلول در آب گرم در خاک کارایی دارد ولی اندازه آن هیچگاه به اندازه کربن آلی محلول در خاک بدون تنش و بدون بهساز نمی رسد (جدول‌های ۲ و ۳) که این شاید به کارکرد بهتر و فراوانی ریزجانداران بویژه باکتری‌ها در این خاک وابسته باشد. (Yoshida و همکاران، ۲۰۱۸) گزارش کردند که کاربرد ماده آلی مایه افزایش اندازه کربن محلول در آب می‌شود که با یافته های این پژوهش در خاک بدون تنش خشکی که در آن گیاه لوبیا کشت شده است همخوانی ندارد.

کربن آلی محلول در آب سرد به تنش خشکی از دیدگاه آماری پاسخ چشم‌گیری نداد. آزمون میانگین کربن محلول در آب سرد (جدول ۴) نشان داد که اندازه آن در تیمار بهسازها ناهمانندی چشم‌گیری با آن در گواه آزمایش (۰/۰۶۷ درصد) ندارد. ولی میان اندازه کربن محلول در آب سرد در تیمارهای بهساز ناهمانندی چشم‌گیری دیده می‌شود. بیشترین اندازه کربن آلی محلول در آب سرد در تیمار زغال گرمایی سیب‌زمینی (۰/۰۷۰ درصد) بدست آمد ولی آن در تیمارهای زغال گرمایی و خام مانده سیب زمینی (۰/۰۴۸ و ۰/۰۵۴ درصد) کمتر از گواه آزمایش بود. در باره بهسازهای خاک اره بیشترین اندازه کربن محلول در آب سرد در تیمارهای زغال گرمایی و گواه (۰/۰۷۷ و ۰/۰۶۷ درصد) بدست آمد و کمترین آن به گونه ای همانند با مانده سیب زمینی در تیمار زغال گرمایی (۰/۰۵۴ درصد) بدست آمد.

جدول ۴- آزمون میانگین‌های کربن محلول در آب سرد خاک (درصد) در بهساز سیب‌زمینی و خاک‌اره

کربن محلول در آب سرد		بهباز	
خاک‌اره	سیب‌زمینی		
۰/۰±۰۶۷/۰۱۴ab	۰/۰±۰۶۷/۰۱۴ab	گواه	تیمار
۰/۰±۰۷۷/۰۱۰a	۰/۰±۰۵۴/۰۱bc	ماده خام	
۰/۰±۰۶۴/۰۱۲bc	۰/۰±۰۷۰/۰۱a	هیدروچار	
۰/۰±۰۵۴/۰۱۰c	۰/۰±۰۴۸/۰۰۷c	بیوچار	

در هر ستون میانگین دارای واژه‌های یکسان از دیدگاه آماری در پایه ۵ درصد ناهمانندی چشم‌گیری ندارند

### نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد کاربرد تنش خشکی مایه کاهش همه کربن آلی و کربن محلول در آب گرم خاک می‌شود ولی اندازه کربن واکنش دهنده خاک در تنش افزایش پیدا می‌کند. از سوی دیگر کاربرد بهسازها می تواند جلوی پیامدهای زیان‌بار تنش را گرفته و برخی از ویژگی‌های اندازه-



گیری شده را به گواه آزمایش در تنش نزدیک کند. روهمرفته بیشترین کربن اندوزی در آزمایش مانده های سیب زمینی در تیمار بدون تنش و زغال گرمایی بدست آمد و در آزمایش خاک اره در تیمار دارای تنش و زغال گرمایی بدست آمد که این نشان می دهد در کاربرد مانده های آسان فروزینه شونده (مانده های سیب زمینی) ساخت و رهاسازی کربن از گیاه به خاک و در کاربرد مانده های سخت فروزینه شونده (خاک اره) هم ساخت و رهاسازی و هم پایداری کربن افزوده شده بر کربن اندوزی خاک نشانه گذار هستند. در باره کربن واکنش دهنده خاک دیده شد که کاربرد مانده های خام و زغال گرمایی نشان بهتری در افزایش آن دارند. کربن محلول در آب گرم وابسته به کارکرد ریزجانداران و بویژه باکتری ها است زیرا در خاک دارای تنش به گونه چشم گیری کمتر است. در کشت لوبیا سبز در خاک بدون تنش و بدون بهساز بیشترین اندازه را داشت که نشان می دهد این ریخت کربن بیشتر وابسته به کارکردهای زیستی در ساخت آن در خاک است. کربن محلول در آب سرد پاسخ چشم گیری به تنش نداشت و در تیمار زغال گرمایی سیب زمینی و خاک اره خام بیشتر بود.

### منابع

- صفری سنجانی، ا.ع.، ۱۳۹۴. مواد آلی خاک. انتشارات دانشگاه بوعلی سینا ۳۶۴ صفحه.
- صفری سنجانی ا.ع. و افضل پور م. ۱۳۹۳. پیامد کاربرد کودهای آلی گیاهی بر بخش های شیمیایی و زیستی کربن آلی خاک. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. ۴(۳): ۳۳-۶۰.
- Aliasgharzadeh, N. 1998. Soil Microbiology and Biochemistry. 1st Edition. Tabriz University Press, 405p. (In Persian)
- Baronti, S., Vaccari, F. P., Miglietta, F., Calzolari, C., Lugato, E., Orlandini, S., Genesio, L. (2014). Impact of biochar application on plant water relations in *Vitis vinifera* (L.). *European Journal of Agronomy*, 53, 38-44.
- Carter, S., Shackley, S., Sohi, S., Suy, T. B., Haeefe, S. (2013). The impact of biochar application on soil properties and plant growth of pot grown lettuce (*Lactuca sativa*) and cabbage (*Brassica chinensis*). *Agronomy*, 3 (2), 404-418.
- Graham, M. H., Haynes, R. J., Meyer, J. H. (2002). Soil organic matter content and quality: effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Soil biology and biochemistry*, 34 (1), 93-102.
- Gregorich E.G., Carter M.R., Angers D.A., Monreal C.M., and Ellert B.H. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Canadian Journal Soil Science*, 74: 367-385.
- Gregorich, E. G., Beare, M. H., Stoklas, U., St-Georges, P. (2003). Biodegradability of soluble organic matter in maize-cropped soils. *Geoderma*, 113 (3-4), 237-252.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., Crowley, D. (2011). Biochar effects on soil biota—a review. *Soil biology and biochemistry*, 43 (9), 1812-1836.
- Lehmann, J., da Silva, J. P., Steiner, C., Nehls, T., Zech, W., Glaser, B. (2003). Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant and soil*, 249 (2), 343-357.
- Nigussie, A., Kissi, E., Misganaw, M., Ambaw, G. (2012). Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactuca sativa*) grown in chromium polluted soils. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science*, 12 (3), 369-376
- Pulido-Fernández, M., Schnabel, S., Lavado-Contador, J. F., Mellado, I. M., Pérez, R. O. (2013). Soil organic matter of Iberian open woodland rangelands as influenced by vegetation cover and land management. *Catena*, 109, 13-24.
- Rowell, M. J. (2000). Measurement of soil organic matter: A compromise between efficacy and environmental friendliness. *Agricola*, 11, 66-69.
- Steinbeiss, S., Gleixner, G., Antonietti, M. (2009). Effect of biochar amendment on soil carbon balance and soil microbial activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 41 (6), 1301-1310.
- Vico, A., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. A., Agulló, E., Marhuenda-Egea, F. C., Sáez, J. A., Moral, R. (2018). Valorization of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) pruning biomass by co-composting with urban and agri-food sludge. *Journal of environmental management*, 226, 408-415.
- Weil, R. R., Islam, K. R., Stine, M. A., Gruver, J. B., Samson-Liebig, S. E. (2003). Estimating active carbon for soil quality assessment: a simplified method for laboratory and field use. *American Journal of Alternative Agriculture*, 18 (1), 3-17.
- Yoshida, H., Sazawa, K., Wada, N., Hata, N., Marumo, K., Fukushima, M., Kuramitz, H. (2018). Changes in the chemical composition of soil organic matter including water-soluble component during incubation: A case study of coniferous and broadleaf forest soils. *Catena*, 171, 22-28.





# 16<sup>th</sup> Iranian Soil Science Congress

University of Zanjan, Iran, August 27-29, 2019



**Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers**

## **Effect of Biochar and Hydrochar of saw dust and potato plant residues on total and active pools of soil organic carbon in drought stress.**

Beygi Kharvani<sup>\*1</sup>, M., Safari Sinegani<sup>2</sup>, A.A.

<sup>1</sup> M. Sc. Student, Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

<sup>2</sup> Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan, Iran

### **Abstract**

In order to investigate the effect of application of biochar and hydrochar from sawdust and potato plant residues on soil organic carbon in bean culture in drought stress, a pot culture study was conducted in a greenhouse in the Bu-Ali Sina University of Hamedan in 2017. The study has been done in two separate experiments with split plot design in 3 replications. In this design, drought stress was the main plot (without stress or field capacity, with tension or 0.4FC). The first experiment was the application of potato amendments that included: biochar, hydrochar, raw material and control (without it), which they were subplots of this experiment. The second experiment, was the application of sawdust amendments that included: biochar, hydrochar, raw material and control as subplots in this experiment. The results showed that the drought stress reduced soil organic carbon and cold water extractable organic carbon (CWEOC) and hot water extractable organic carbon (HWEOC). The active carbon content determined with  $KMnO_4$  oxidation was higher in soils with drought stress than that in non-stress soils. The best of carbon accumulation and carbon sequestration in soils was observed in the application of biochar of the potato plant residue in soil without stress and then in the application of hydrochar of sawdust in the stressed soil in first and second experiments respectively. These treatments were able to reduce the release of carbon dioxide from the soil which reduces the release of greenhouse gases.

**Keywords:** Biochar, Carbon sequestration, Drought stress, Hydrochar.

---

\* Corresponding author, Email: mehranbeygi026@gmail.com