

## محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

## مطالعه‌ی زیست توده میکروبی در یک خاک آهکی تحت تاثیر کاربرد بیوچار و باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد

رقیه واحدی<sup>۱\*</sup>، میرحسن رسولی صدقیانی<sup>۲</sup><sup>۱</sup> دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه<sup>۲</sup> استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

## چکیده

گرماکافت بقایای هرس درختان با تبدیل شدن به بیوچار به همراه باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) از راهکارهای بهبود خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک در خاک‌های آهکی می‌باشند. به منظور بررسی تأثیر بیوچار و باکتری‌های PGPR بر کربن و فسفر زیست توده میکروبی در خاک آهکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ریزوباکس اجرا گردید. فاکتورها شامل منابع آلی (بیوچار بقایای هرس، شاهد بدون ماده آلی)، تلقیح میکروبی (باکتری‌های PGPR و عدم تلقیح) و خاک (ریزوسفر و غیرریزوسفر) بودند. پس از پایان دوره رشد کربن آلی، کربن زیست توده میکروبی و فسفر زیست توده میکروبی در خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری تعیین گردید. نتایج نشان داد که کاربرد همزمان مواد آلی به همراه تلقیح باکتری‌های PGPR باعث افزایش معنی‌دار شاخص‌های بیولوژیک در خاک نسبت به تیمار بدون تلقیح و مواد آلی شد. همچنین بیوچار، کربن آلی، کربن زیست توده میکروبی و فسفر زیست توده میکروبی را به ترتیب ۱/۰۹، ۱/۰۳ و ۱/۲۳ برابر در خاک ریزوسفر نسبت به غیرریزوسفر افزایش داد. کربن زیست توده میکروبی و فسفر زیست توده در خاک ریزوسفری تیمار باکتریایی در مقایسه با خاک غیرریزوسفری به ترتیب ۱/۰۲ و ۱/۱۷ برابر افزایش یافت. چنین استنباط می‌گردد که کاربرد بیوچار در حضور باکتری‌های PGPR منجر به بهبود برخی خواص بیولوژیک خاک می‌گردد.

کلمات کلیدی: بقایای هرس، گرماکافت، ریزوباکس

## مقدمه

استفاده از بقایای هرس درختان میوه به عنوان ماده اولیه در تهیه بیوچار در مناطقی مانند آذربایجان غربی علاوه بر تاثیرات مطلوب بر عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش ماده آلی خاک از توجیح اقتصادی مناسب نیز برخوردار است. استفاده از بقایای آلی یکی از مهم‌ترین راه‌های تأمین ماده آلی خاک و بازچرخ طبیعی این ترکیبات است. وقتی بقایای گیاهی را در شرایط غیر هوازی و توسط تجزیه گرمایی (Pyrolysis) یا گرما کافت توده‌های زیستی می‌سوزانند. آنچه که در اثر این فرآیند تولید می‌شود، نوعی زغال یا کربن فعال به نام بیوچار می‌باشد که اخیراً توجه بسیاری از دانشمندان، مهندسان، کشاورزان و کارآفرینان را به خود جلب کرده است (Maddox, 2013). ویژگی‌های بیوچار به علت تغییر پذیری نوع ماده اولیه و شرایط پیرولیز که بیوچار عموماً از آن تولید می‌شود تغییر پذیر می‌باشد. بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که بیوچار منبع بسیار مناسبی برای بهبود خواص شیمیایی، بیولوژیکی و فیزیکی خاک‌ها می‌باشد، رشد گیاهان را بهبود بخشیده و خاک را برای کشت در طولانی مدت به ویژه در مناطق گرمسیری مناسب نگه می‌دارد (Chan و همکاران 2008). تحقیقات در زمینه تاثیرات سودمند بیوچار بیشتر در خاک‌های نواحی گرم و مرطوب انجام گرفته است و پژوهش‌های کمتری در این زمینه در خاک‌های خشک و نیمه خشک که دارای ویژگی‌های متعددی در درجه اول pH بالای آن‌ها می‌باشد (Abrishamkesh و همکاران 2015). گزارش شده است که گرماکافت با دمای پایین (200-350 درجه سانتی‌گراد) منجر به تولید بیوچار با pH کم می‌شود که می‌تواند کیفیت زیست محیطی در خاک‌های آهکی را بهبود بخشد (Ippolito و همکاران، 2012). بیوچار غنی از کربن است و سبب افزایش ماده آلی خاک برای هزاران سال شود (Nguyen و همکاران 2010). زیست توده میکروبی هم به عنوان منبع عناصر غذایی و هم به عنوان مصرف کننده عناصر غذایی در خاک می‌تواند فعالیت کند و موجب تنظیم کارکرد سیستم خاک شود. کربن زیست توده میکروبی به عنوان مخزن قابل توجه عناصر غذایی و تغییر و تبدیلات مواد آلی خاک است. فسفر زیست توده میکروبی هم می‌تواند منبع مهمی برای گیاهان باشد. در ریزوسفر، گیاهان و میکروارگانیسم‌ها برای جذب فسفر متحرک شده رقابت می‌کنند. بنابراین، فسفر زیست توده میکروبی نقشی کلیدی در چرخه‌ی عناصر غذایی و تغذیه معدنی گیاهان ایفا می‌کند. سرعت تجزیه فسفر زیست توده میکروبی از سرعت تجزیه کربن زیست توده میکروبی سریعتر است. بنابراین، فسفر زیست توده میکروبی می‌تواند منبع مهمی در تأمین فسفر مورد نیاز گیاه باشد. گزارش شده است که زیست توده میکروبی در خاک‌های اسیدی برزلی اصلاح

\* ایمیل نویسنده مسئول: r.vahedi@urmia.ac.ir

شده با بیوجار بدلیل افزایش pH، افزایش یافته است (Steiner و همکاران، ۲۰۰۴). از سوی دیگر یک سری میکروارگانیسمها همانند باکتری-های PGPR در خاک قادر به تحریک و افزایش فعالیت های میکروبی خاک بوده و فعالیت زیست توده میکروبی را در خاک تشدید می کنند (Kaur و Reddy، ۲۰۱۴). در یک سیستم ریشه ای فعال، ترکیبات آلی به طور منظم در ریزوسفر آزاد می شوند که باعث رشد و افزایش فعالیت جامعه میکروبی خاک شده و سلامت سیستم را بهبود می بخشد. مشاهده شده است که قرار دادن ماده آلی در اطراف ریزوسفر یا خارج از ریزوسفر تأثیر قابل توجهی در فعالیت میکروبی در ریزوسفر و خاک غیرریزوسفری در پی داشته است (Liang و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین مطالعه ریزوسفر نتایج سودمندی در پی خواهد داشت. لذا هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد بیوجار بقایای هرس درختان میوه بر برخی خصوصیات شیمیایی و بیولوژیک یک خاک آهکی در شرایط ریزوباکس می باشد.

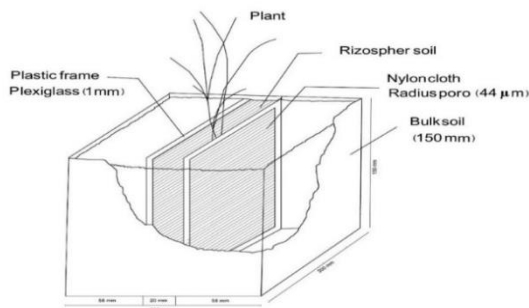
## مواد و روشها

این تحقیق به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار که فاکتورها شامل ماده آلی (بیوجار بقایای هرس و شاهد بدون ماده آلی)، تلقیح میکروبی (باکتری های PGPR و شاهد بدون تلقیح) و خاک (خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری) بود، در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه اجرا گردید. برای انجام این پژوهش، نمونه های خاک غیر زراعی از شهرستان سلماس از عمق ۰-۳۰ سانتی متر جمع آوری شدند. پس از هوا خشک کردن و عبور از الک ۲ میلی متری توسط اتوکلاو استریل شد. قبل از استریل کردن خاک، برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی به روش های استاندارد اندازه گیری شدند (جدول ۱). بقایای هرس درختان سیب و انگور از باغات استان آذربایجان غربی شهرستان ارومیه جمع آوری گردید. برای تهیه بیوجار، بقایای هرس در قطعات ۲۰ میلی متری ابتدا به راکتور (استوانه فلزی به قطر ۷ و ارتفاع ۳۱ سانتی متر) و سپس به کوره الکتریکی منتقل گردید. تولید در دمای ۳۵۰ درجه سانتی گراد در شرایط عدم وجود اکسیژن انجام شد. در نهایت بیوجار تولید شده، آسیاب و از الک ۰/۵ میلی متری عبور داده شد. pH و EC بیوجار در عصاره های صاف شده سوسپانسیون ۱ به ۱۰ بیوجار به آب، فسفرکل بیوجار به روش هضم با اسید (Rajkovich و همکاران، ۲۰۱۱)، ازت و کربن بیوجار نیز با به روش سوزاندن خشک (BS EN 15104; SASTM D5291) با دستگاه ESC 4010 CHNSO Analyzer اندازه گیری گردید (جدول ۱). به منظور کشت گیاه از ریزوباکس استفاده شد (شکل ۱). باکس های ریزوسفر در ابعاد ۲۰\*۱۵\*۲۰ سانتی-متر (طول، عرض، ارتفاع) استفاده شد. فضای هر باکس با استفاده از صفحات مشبک نایلونی ۳۲۵ مش به ۲ قسمت: (۱) ناحیه ریزوسفری به ضخامت ۲ سانتی متر، (۲) ناحیه توده خاک یا ناحیه غیرریزوسفری به ضخامت ۵/۸ سانتی متر (این ناحیه در طرف دیگر ناحیه ریزوسفری نیز با همان ضخامت تکرار شد) تقسیم شد. برای انجام آزمون های گلخانه ای حدود ۵/۷۹۹ کیلوگرم خاک استریل در هر باکس ریخته شد. بیوجار بقایای هرس بعد از آسیاب شدن و عبور از الک ۰/۵ میلی متری برحسب ۱/۵ درصد کربن آلی خالص به خاک اضافه و مخلوط شد و به باکس ها منتقل گردید. خاک فسفات و اکسید آهن نیز به ترتیب به عنوان منابع نامحلول فسفر و آهن در تیمارها اعمال شدند. برای تلقیح میکروبی از سویه های میکروبی موجود در بانک میکروبی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه که شامل سودوموناس های گروه فلورسنت (ترکیبی از گونه های *Pseudomonas aeruginosa*، *Pseudomonas fluorescens* و *Pseudomonas putida*) بودند، استفاده گردید.

برای تلقیح بذرها از روش اضافه کردن محلول باکتری ها (یک میلی لیتر از سوسپانسیون برای هر بذر) به خاک اطراف بذرها هم زمان با کاشت استفاده شد. پس از افزودن مایه های تلقیح، برای کشت گیاه، بذرها گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم پیشتاز پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به تعداد شش بذر در قسمت ریزوسفری ریزوباکس ها کشت گردیدند. پس از جوانه زدن بذرها، ۴ بوته (بوته های سالم تر و قوی تری) نگه داشته شدند. در پایان پس از ۶۵ روز ریزوباکس ها باز شدند. از هر ریزوباکس دو نمونه خاک، یکی از بخش ریزوسفر و دیگری از بخش غیر ریزوسفر برداشت شد. کربن آلی (Nelson و Sommers، ۱۹۸۲)، کربن بیومس میکروبی (Ladd و Jenkinson، ۱۹۸۱) و فسفر بیومس میکروبی (Brookes و همکاران، ۱۹۸۲) به روش تدخین- استخراج اندازه گیری گردید. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسات میانگین داده ها با استفاده از آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار MSTATC انجام گردید.

جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شنی و بیوچار

پتاسیم قابل استفاده	فسفر کل	فسفر قابل استفاده	نیترژن کل	کربنات کلسیم معادل	کربن آلی	EC	pH	بافت خاک
(میلی گرم بر کیلوگرم)			(درصد)		دسی زیمنس بر متر			
۹۸	-	۷/۶۴	۰/۰۸	۱۴/۲۵	۰/۲۵	۰/۴۷	۷/۵۳	خاک شن لومی
۲۷۴۸/۰۷	-	۰/۵۴	-	-	۶۷/۵۳	۰/۰۸	۷/۲۹	بیوچار بقایای هرس سیب و انگور



شکل ۱- شماتیکی از سیستم رایزوباکس

### نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده وجود اختلاف آماری معنی دار تلقیح میکروبی، منابع آلی و خاک همچنین اثرات متقابل آن‌ها بر کربن آلی و پارامترهای اندازه‌گیری شده داشت ( $p < 0.001$ ). مقایسه میانگین اثرات متقابل منابع آلی و تلقیح میکروبی نشان داد که برهمکنش باکتری‌ها و منابع آلی سبب افزایش کربن آلی و شاخص‌های بیولوژیک اندازه‌گیری شده در تیمارهای ماده آلی در مقایسه با تیمارهای بدون تلقیح ماده آلی شد. حتی در تیمار شاهد به همراه تلقیح میکروبی نیز شاخص‌های بیولوژیک بیشتر از شاهد بدون تلقیح بود (جدول ۳). به طوری که بیشترین مقدار کربن آلی در تیمار بیوچار همراه با تلقیح باکتریایی (۰/۹۸ درصد) بود. هرچند به دلیل کربن بالای بیوچار مصرفی (جدول ۱) این مطلب قابل انتظار بود. در تیمار بیوچار، حضور باکتری‌های PGPR منجر به افزایش ۱/۳۷ و ۲/۱۸ برابری کربن و فسفر زیست توده میکروبی نسبت به شرایط بدون تلقیح شد. افزایش کربن زیست توده میکروبی در نتیجه کاربرد کودهای آلی به دلیل تأمین بستر مناسب برای باکتری‌ها منجر به تحریک فعالیت آن‌ها شده و در نتیجه باعث افزایش فعالیت بیولوژیک خاک می‌شود (Fierer و همکاران، ۲۰۰۳). بیوچار تهیه شده از چوب نیز می‌تواند فعالیت‌های میکروبی در خاک را با فراهمی کردن زیستگاه، رطوبت، کربن، منابع به راحتی قابل تجزیه و قابل دسترس و عناصر مغذی برای میکروارگانیسم‌ها افزایش دهد. قطر منافذ ۲-۸ میکرومتر در بسیاری از بیوچارهای مشتق شده از چوب مشاهده شده است، این محدوده از اندازه‌ی منافذ می‌تواند فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها را حفاظت کند (Hammer و همکاران، ۲۰۱۴). بنابراین ایجاد چنین خلل و فرج در بیوچار قابل دسترس برای باکتری‌ها باعث افزایش فعالیت‌های بیولوژیک آن‌ها در تعامل با بیوچار می‌شود.

جدول ۳- اثرات متقابل تلقیح میکروبی و منابع آلی بر کربن آلی، کربن بیومس میکروبی و فسفر بیومس میکروبی

کربن آلی	کربن بیومس میکروبی	فسفر بیومس میکروبی
(درصد)	(میلی گرم بر کیلوگرم خاک)	(میلی گرم بر کیلوگرم خاک)
تیمار منابع آلی	تیمار تلقیح میکروبی	
بیوچار	تلقیح	۵۴/۶۱a
شاهد		۱۴/۹۲c
بیوچار	بدون تلقیح	۲۵/۰۰b
شاهد		۶/۱۶d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

اثر ریزوسفر تاثیر معنی‌داری بر کربن آلی در مقایسه با غیرریزوسفر در خاک داشت. کاربرد بیوچار در خاک منجر به افزایش کربن آلی در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری شد که در خاک ریزوسفری بیوچار ۹/۴۱ درصد بیشتر از خاک غیرریزوسفری بود (جدول ۴). ریزوسفر محیطی است که در آن تجمع و تجزیه ترکیبات آلی رخ می‌دهد بنابراین انتظار می‌رود که ماده آلی در ریزوسفر بیشتر از غیر ریزوسفر باشد. بنظر می‌رسد که بخش کربن فعال موجود در این ماده آلی پس از افزوده شدن به خاک تجزیه گردیده و همچنین بخشی از کربن موجود در این کود به ذخایر کربن در خاک پیوسته و باعث افزایش سطح کربن آلی خاک شده است. همچنین بیوچار بقایای هرس میزان کربن بیومس میکروبی و فسفر بیومس میکروبی را در خاک ریزوسفری نسبت به خاک غیرریزوسفر به ترتیب ۳/۶۳ و ۱۹/۲۷ درصد افزایش داد (جدول ۴). افزودن بیوچار به خاک باعث افزایش ماده آلی خاک و تاثیر مثبتی نیز بر میزان زیست توده میکروبی خاک داشت (Thiessen و همکاران ۲۰۱۳). Liu و همکاران (۲۰۱۲) با استفاده از شرایط رایزوباکس مشاهده کردند که کربن بیومس میکروبی در خاک ریزوسفری بیشتر از خاک غیرریزوسفر بود. بطور کلی فسفر بیومس میکروبی می‌تواند منبع مهمی برای فسفر محلول از طریق رقابت با گیاهان برای جذب فسفر باشد. بنابراین فسفر بیومس میکروبی می‌تواند یک مکانیسم حفاظتی فسفر لبایل در خاک‌های با دسترسی پایین فسفر باشد. با افزایش نسبت‌های بیوچار به خاک فسفر بیومس میکروبی خاک افزایش می‌یابد. این افزایش در فسفر بیومس میکروبی را می‌توان بطور مستقیم به کربن بالا (جدول ۱) و قابل دسترس بودن عناصر غذایی بیوچار (Biederman و Harpole، ۲۰۱۲) یا بطور غیر مستقیم افزایش فعالیت ریشه گیاه توسط بیوچار نسبت داد.

جدول ۴- اثرات متقابل منابع آلی و خاک بر کربن آلی، کربن بیومس میکروبی و فسفر بیومس میکروبی

کربن آلی	کربن بیومس میکروبی	فسفر بیومس میکروبی	کربن آلی	
			تیمار منابع آلی	(درصد)
ریزوسفر	بیوچار	۵۷۸/۲a	۴۴/۰۵a	۰/۹۳a
	شاهد	۲۹۶/۶b	۱۳/۵۵c	۰/۴۳c
غیرریزوسفر	بیوچار	۵۵۷/۹b	۳۵/۵۶b	۰/۸۵b
	شاهد	۲۸۰/۶d	۷/۵۲d	۰/۳۵d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.

تلقیح باکتری‌های PGPR منجر به افزایش کربن آلی در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵). به طوری که افزایش کربن آلی در خاک ریزوسفر تلقیح باکتریایی ۶/۹۵ درصد بیشتر از غیرریزوسفر بود. ترشحات ریشه‌ای مانند کربوهیدرات‌ها در ریزوسفر به عنوان محرک رشد میکروبی در خاک ریزوسفری بوده و زمانی که تجزیه می‌شوند سبب افزایش کربن آلی و عناصر غذایی غذایی در خاک می‌شوند. باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد به عنوان ذرات آلی بسیار فعال در خاک به شمار می‌روند که دارای سطحی فعال و باردار و نیز توانایی تولید و ترشح بسیاری از ترکیبات آلی، کربوهیدرات‌ها و آنزیم‌ها را داراست. همچنین حضور باکتری‌های PGPR منجر به افزایش ۱/۴ و ۲/۲۹ برابری کربن و فسفر زیست توده میکروبی در مقایسه با شرایط بدون تلقیح شد (جدول ۵). معمولاً کربن زیست توده میکروبی را به عنوان برآوردی از فعالیت و حیات توده میکروبی خاک محسوب می‌کنند. بنابراین احتمالاً باکتری‌های PGPR بعد از پایان چرخه زندگی خود از بین رفته اند و به کل زیست توده میکروبی خاک افزوده شده‌اند و با این دیدگاه می‌توان بیان کرد اجساد سلولی اضافه شده به خاک ریزوسفری می‌تواند دلیل افزایش زیست توده میکروبی در اثر تلقیح باکتریایی در ریزوسفر باشد (Aghababaei و همکاران، ۲۰۱۴).

جدول ۵- اثرات متقابل تلقیح میکروبی و خاک بر کربن آلی، کربن بیومس میکروبی و فسفر بیومس میکروبی

کربن آلی	کربن بیومس میکروبی	فسفر بیومس میکروبی	کربن آلی	
			کربن آلی	(درصد)
تلقیح	ریزوسفر	۶۰۸/۸a	۵۵/۷۴a	۱/۲۳a
	غیرریزوسفر	۵۹۲/۵b	۴۷/۶۱b	۱/۱۵b
بدون تلقیح	ریزوسفر	۴۳۵/۵c	۲۶/۰۳c	۰/۹۶c
	غیرریزوسفر	۴۲۰/۱d	۱۸/۹۱d	۰/۸۸d

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند.



## نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان این گونه بیان نمود که استفاده از بیوچار به همراه باکتری‌های PGPR در این مطالعه برخی از خصوصیات شیمیایی (کربن آلی) و بیولوژیکی (کربن و فسفر بیومس میکروبی) ریزوسفر را تغییر داد و منجر به افزایش این خصوصیات در خاک آهکی گردید. بنابراین بقایای هرس درختان سیب و انگور به بیوچار منجر به حاصلخیزی خاک گردیده و اثرات آن‌ها به صورت بهبود کیفیت خاک ظاهر می‌گردد. البته لازم است نتایج این تحقیق با انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای با کشت گیاهان مختلف تایید گردد و ارزیابی اقتصادی کاربرد بیوچار انجام پذیرد.

## منابع

- Abrishamkesh, S., Gorji, M., Asadi, H., Bagheri-Marandi, G.H. and Pourbabae A.A. 2015. Effects of rice husk biochar application on the properties of alkaline soil and lentil growth. *Plant Soil and Environment Journal*, 11, 475–482.
- Aghababaei, F., Raiesi, F. and Hosseinpour, A. 2014. The Influence of Earthworm and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Microbial Biomass Carbon and Enzyme Activity in a Soil Contaminated with Cadmium in Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Cultivation. *Journal of Water and Soil*, 27, 949-962.
- Biederman, L.A. and Harpole, W.S., 2012. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy*, 5, 202–214
- Brookes, P.C. Powlson D.S. and Jenkinson, D.S. 1982. Measurement of microbial biomass phosphorus in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 14, 319-329.
- Chan, K.Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A. and Joseph, S. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46:437.
- Fierer, N., Schimel, J.P. and Holden, P.A. 2003. Variations in microbial community composition through two soil depth profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 35, 167–176.
- Ippolito, J.A., Novak, J.M., Busscher, W.J., Ahmedna, M., Rehrach, D. and Watts, D.W. 2012. Switchgrass biochar affects two Aridisols. *Journal of Environmental Quality*, 41, 1123–1130.
- Hammer, E.C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P.A., Stipp, S.L.S. and Rillig, M.C. 2014. A mycorrhizal fungus grows on biochar and captures phosphorus from its surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*, 77, 252–260.
- Hinsinger, P. 1998. How do plant roots acquire mineral nutrients? Chemical processes involved in the rhizosphere. *Advances in Agronomy*, 64, 225-26.
- Jenkinson, D.S. and Ladd, J.N. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Powl EA, Ladd JN (eds) *Soil biochemistry*. Dekker, New York, 415–417.
- Kaur, G. and Reddy, M.S.H. 2014. Influence of P-solubilizing bacteria on crop yield and soil fertility at multilocational sites. *European Journal of Soil Biology*, 158, 163-168.
- Kookana, R.S., Sarmah, A.K., Van Zwieten, L., Krull, E. and Singh, B. 2011. Biochar Application to Soil: Agronomic and Environmental Benefits and Unintended Consequences. *Advances in Agronomy*, 112, 103-143.
- Lentz, R.D. and Ippolito, J.A. 2012. Biochar and Manure Affect Calcereous Soil and Corn Silage Nutrient Concentrations and Uptake. *Environmental Quality*, 41.
- Liang, Y., Nikolich, M., Peng, Y., Chen, W. and Jiang, Y. 2005. Organic manure stimulates biological activity and barley growth in soil subject to secondary salinization. *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 1185–1195.
- Liu, D., Fang, Sh., Tian, Y. and X, Dun. 2012. Variation in rhizosphere soil microbial index of tree species on seasonal floodingland: An in situ rhizobox approach. *Appl. Soil Ecology*, 59, 1– 11.
- Maddox, N. 2013. The promise (and uncertainties) of biochar. *CSA News magazine*, 58: 4-9.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. p. 539–579. In Page, 95- A.L., (Ed.) *Methods of soil analysis*. Part 2, 2nd ed. SSSA Book Ser. 5. SSSA, Madison, WI.
- Nguyen, B., Lehmann, J., Hockaday, W.C, Joseph, S. and Masiello, C.A. 2010. Temperature Sensitivity of black carbon decomposition and oxidation. *Environmental Science and Technology*, 44, 3324-3331.
- Rajkovich, S., Enders, A. Hanley, K. Hyland, C. Zimmerman, A.R. and Lehmann, J. 2011. Corn growth and nitrogen nutrition after additions of biochars with varying properties to a temperate soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48(3), 271-284.
- Steiner, C., Teixeira, W.G., Lehmann, J. and Zech, W. 2004. Microbial Response to Charcoal Amendments of Highly Weathered Soils and Amazonian Dark Earths in Central Amazonia Preliminary Results, 195- 212.
- Thiessen, S, Gleixner, G, Wutzler, T. and Reichstein, M. 2013. Both priming and temperature sensitivity of soil organic matter decomposition depend on microbial biomass – An incubation study. *Soil Biology and Biochemistry*, 57, 739–748.



Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers

## Study of microbial biomass in a calcareous soil under the influence of biochar application and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR)

R.Vahedi<sup>\*1</sup>, MH. Rasouli-sadaghiani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PhD Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

<sup>2</sup> Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

### Abstract

The pyrolysis of trees pruning waste into biochar along with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) are approaches improving chemical and biological properties in calcareous soils. In order to investigate the biochar and PGPR effect on microbial biomass carbon and microbial biomass phosphorus of the calcareous soil, a factorial experiment was carried out in a completely randomized design in the rhizobox. Experimental factors were including organic sources (pruning waste biochar and control), microbial inoculation (PGPR and Control (without microbial inoculation)) and soil (rhizosphere and non-rhizosphere soil). At the end of the growth, organic carbon, microbial biomass carbon and microbial biomass phosphorus in the rhizosphere soil and non-rhizosphere soil were determined. The results showed that application of organic matter and microbial inoculation increased soil biological Indices compared to control treatment, significantly. Furthermore, biochar increased the organic carbon, microbial biomass carbon and microbial biomass phosphorus in the rhizosphere soil by 1.09, 1.03 and 1.23 times compared to non-rhizosphere, respectively. Microbial biomass carbon and microbial biomass phosphorus in rhizosphere soil of PGPR treatment were increased by 1.02 and 1.17 times compared to non-rhizosphere, respectively. It is concluded that application of biochar in the presence of PGPR causes to improve some soil biological properties.

**Keywords:** pruning waste, pyrolysis, rhizobox

---

\* Corresponding author, Email: @urmia.ac.ir