محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

تاثیر بیوچار بقایای هرس بر تنفس در حضور باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد در شرایط رایزوباکس

میرحسن رسولی صدقیانی [۱]، رقیه واحدی [۲*]

[۱] استاد گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

[۲] دانشجوی دکتری گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

چکیده

فعالیت‌های بیولوژیکی خاک در مناطق خشک و نیمه خشک بدلیل کمبود ماده آلی با محدودیت کربن مواجه است. لذا بیوچار همراه با تلقیح میکروبی از راه‌کارهای بهبود خصوصیات بیولوژیک در خاک‌های آهکی می‌باشد. به منظور بررسی تاثیر بیوچار بر تنفس پایه و برانگیخته در حضور باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR) آزمایشی بصورت فاکتوریل با طرح کاملا تصادفی در رایزوباکس اجرا گردید. فاکتورها شامل منابع آلی (بیوچار بقایای هرس و شاهد)، تلقیح میکروبی (تلقیح باکتری‌های PGPR و بدون تلقیح) و خاک (خاک ریزوسفر و غیرریزوسفر) بودند. پس از پایان دوره رشد گیاه، تنفس پایه، تنفس برانگیخته با سوبسترا و کسر متابولیک تعیین گردید. نتایج نشان داد که کاربرد بیوچار و تلقیح میکروبی باعث افزایش معنی‌دار تنفس پایه، برانگیخته و کسر متابولیک نسبت به تیمار بدون تلقیح و بیوچار شد. همچنین بیوچار بقایای هرس مقدار تنفس پایه و برانگیخته را به ترتیب ۱۰/۴۹و ۱۶/۸۰ برابر در خاک ریزوسفر نسبت به غیرریزوسفر افزایش داد. تلقیح باکتریایی تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری نسبت به تیمار بدون تلقیح در هر دو سطح خاک داشت. در حالی‌که میزان کسر متابولیک اختلاف معنی‌داری در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری نشان نداد. بنابراین کاربرد بیوچار و باکتری‌های PGPR تأثیر مثبتی در بهبود برخی فعالیت‌های بیولوژیکی خاک دارد.

کلمات کلیدی: ماده آلی، خاک آهکی، ریزوسفر

مقدمه

شاخص‌های بیولوژیک همانند تنفس پایه (BR[1]) و تنفس برانگیخته با سوبسترا (SIR[2]) در مباحث میکروبی به خوبی شناخته شده و شاخص‌های حساسی برای تعیین اثر متغیرهای محیطی بر فعالیت میکروبی خاک هستند و به گونه وسیعی برای اندازه‌گیری و ارزیابی فعالیت میکروبی خاک و جمعیت میکروبی خاک بکار رفته‌اند که در ارزیابی‌های مرتبط با کیفیت و سلامت خاک استفاده می‌شود. با توجه به این‌که فرآیندهای میکروبی کنترل کننده فرآیندهای اکولوژیک در اکوسیستم و حاصلخیزی خاک نیز می‌باشند. جامعه میکروبی خاک مسئول تنظیم چرخه‌ی عناصر غذایی در خاک است و با فراهم ساختن شرایط جذب عناصر غذایی نقشی مهم در رشد گیاه و تولیدات کشاورزی دارد (Ghollarata و Raiesi، ۲۰۰۷). فراوانی ترکیبات آلی در ریزوسفر، منجر به افزایش تنفس می‌شود چرا که این مواد منبع عناصر غذایی و انرژی لازم برای آن‌ها محسوب می‌گردند. تنفس خاک که به آن تنفس پایه نیز گفته می‌شود، نشان‌دهنده‌ی فعالیت‌های بیولوژیکی است. افزون بر این، تنفس برانگیخته با سوبسترا یکی از روش‌های پایه‌ای برای برآورد کمی زیست‌توده میکروبی خاک به عنوان بخش بسیار فعال و ناپایدار کربن آلی خاک بررسی شده است (Lewandowski و Zumwinkle، ۱۹۹۹). در محیط خاک مهم‌ترین عامل محدود کننده فعالیت میکروبی قابلیت دسترسی به سوبسترای کربنه‌ی قابل مصرف است که با ورود سوبسترای کربنه به خاک جمعیت میکروبی در اطراف سوبسترا افزایش می‌یابد (Chen و همکاران ۲۰۰۳). با توجه به این‌که وجود ماده آلی در خاک بیانگر کیفیت و سلامت خاک است، لذا یکی از راه‌های صحیح و عملی برای بهبود ماده آلی خاک، مدیریت استفاده صحیح از بقایای هرس درختان میوه است. بقایای هرس درختان با تبدیل شدن به بیوچار علاوه بر جایگزینی یا فراهم کردن عناصر غذایی در خاک و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نقش مهمی نیز بر پویایی و زندگی میکروارگانیسم‌های خاک و ایجاد نوعی تعادل دینامیکی در اجزای زنده و غیر زنده خاک ایفا می‌کنند. با این حال، اطلاعات کمی و همچنین نگرانی‌های زیادی درباره تبدیل بقایای هرس درختان به بیوچار بر خلاف سایر بقایای سبز وجود دارد. بیوچار ماده جامد غنی از کربن تولید شده توسط تجزیه گرمایی (Pyrolysis) یا گرماکافت توده‌های زیستی با مقدار کمی اکسیژن یا بدون اکسیژن می‌باشد. مقادیر نسبی و ویژگی بیوچار توسط شرایط گرما کافت مانند دما، میزان حرارت یا سرعت دمایی، مدت زمان، فشار و نوع ماده‌ی اولیه کنترل

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

[1] Basal respiration
[2] Substrate-induced respiration

می‌شود (Roberts و همکاران ۲۰۱۰). Brik و همکاران (۲۰۰۹) مشاهده کردند که تنفس پایه، رشد جمعیت و کارایی جذب میکروب‌ها بصورت خطی و بطور قابل توجهی با افزایش سطح کاربرد بیوچار چوب (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ گرم در کیلوگرم خاک) افزایش یافته است. از طرف دیگر میکروارگانیسم‌هایی همانند باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد (PGPR[3]) در خاک قادر به تحریک و افزایش فعالیت های میکروبی خاک می‌باشند (Kaur و Reddy، ۲۰۱۴). در یک سیستم ریشه‌ای فعال، ترکیبات آلی به‌طور منظم به ریزوسفر آزاد می‌شوند که باعث رشد و افزایش فعالیت جامعه‌ی میکروبی خاک شده و سلامت سیستم را بهبود می‌بخشند. بنابراین تلقیح بذر گیاهان با جمعیت‌های بالای باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه می‌تواند تعداد این باکتری‌ها را در ریزوسفر به حد مطلوب رسانده و در نتیجه منجر به افزایش شاخص‌های بیولوژیک در خاک شود. مشاهده و اندازه‌گیری سیستم ریشه در گیاه بسیار وقت‌گیر است و مطالعه‌ی خاک ریزوسفری اغلب با مشکلاتی همراه است زیرا لایه‌ی خاکی که مستقیما تحت تاثیر ریشه قرار می‌گیرد بسیار نازک بوده و از طرف دیگر توزیع ریشه در خاک بسیار گسترده است، این عوامل سبب می‌شود که بخش کوچکی از حجم خاک به خاک ریزوسفری اختصاص یابد. بنابراین از رایزوباکس[4] به منظور مطالعه دقیق‌تر فرایندهای ریزوسفری، افزایش تراکم ریشه با محدود کردن رشد ریشه‌ها در حجم معینی از خاک و تسریع در نمونه‌برداری از خاک ریزوسفری استفاده می‌شود. استفاده از بیوچار به عنوان شکل مقاوم به تجزیه کربن آلی در خاک‌ها می‌تواند سبب بهبود خصوصیات بیولوژیکی خاک‌های آهکی شود. همچنین روش رایزوباکس از تکنیک‌های نوین در ارزیابی خاک ریزوسفری بوده و به همراه تلقیح میکروبی در این شرایط بهتر می‌تواند فرایندهای میکروبی- ریزوسفری را توجیه نماید. لذا هدف از این تحقیق بررسی تاثیر بیوچار و تلقیح باکتری‌های PGPR بر تنفس خاک آهکی در شرایط رایزوباکس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در قالب طرح فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه اجرا گردید.فاکتورها شامل ماده آلی (بیوچار بقایای هرس و شاهد بدون ماده آلی)، تلقیح میکروبی (باکتری‌هایPGPR و شاهد بدون تلقیح) و خاک (خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری) بود.. نمونه‌برداری از خاک غیرزراعی با بافت سبک از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری شهرستان سلماس واقع در استان آذربایجان غربی تهیه شد و بعد از هوا خشک کردن از غربال ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس در دستگاه اتوکلاو و با دمای ۱۲۱درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲ ساعت استریل شدند. قبل از استریل کردن خاک، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (جدول۱). برای تهیه بیوچار بقایای هرس درختان میوه از باغ‌های استان آذربایجان غربی شهرستان ارومیه جمع‌آوری شد. سپس در آون در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شد. نمونه‌های خشک شده ابتدا به راکتور (استوانه فلزی به قطر۷ و ارتفاع ۳۱ سانتی‌متر) و سپس به کوره الکتریکی برای تولید بیوچار منتقل گردید. تولید در دمای ۳۵۰ درجه سانتی‌گراد انجام گردید. در نهایت بیوچار از الک ۰/۵ میلی‌متری عبور داده شد. pH و EC بیوچار در عصاره صاف شده سوسپانسیون ۱ به ۱۰ بیوچار به آب (ASTM، ۲۰۰۹)، فسفر کل بیوچار به روش هضم با اسید (Rajkovich و همکاران ۲۰۱۱)، نیتروژن و کربن بیوچار نیز به روش سوزاندن خشک با دستگاه Rajkovich) ESC 4010 CHNSO Analyzer و همکاران ۲۰۱۱) اندازه‌گیری گردید (جدول۱). جهت انجام آزمون گلخانه‌ای و به‌منظور کشت گیاه از رایزوباکس استفاده شد. باکس‌های ریزوسفر در ابعاد۲۰×۱۵×۲۰ سانتی‌متر (طول، عرض، ارتفاع) استفاده شد. فضای هر باکس با استفاده از صفحات مشبک نایلونی ۳۲۵ مش به دو قسمت: ۱) ناحیه ریزوسفری به ضخامت دو سانتی‌متر، ۲) ناحیه غیرریزوسفری به ضخامت ۵/۸ سانتی‌متر (این ناحیه در طرف دیگر ناحیه ریزوسفری نیز با همان ضخامت تکرار شد) تقسیم شد (Youssefو Chino ، ۱۹۸۷). برای انجام آزمایش گلخانه‌ای، بیوچار برحسب ۱/۵ درصد کربن آلی خالص به خاک اضافه و مخلوط شد و سپس به باکس‌ها منتقل گردید. در تیمارهای شاهد بدون ماده آلی خاک استریل حاوی تلقیح میکروبی استفاده گردید. در تیمارهای شاهد بدون تلقیح میکروبی نیز خاک استریل حاوی ماده آلی استفاده گردید. برای تلقیح میکروبی از سویه‌های میکروبی موجود در بانک میکروبی گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه که شامل سودوموناس‌های گروه فلورسنت (ترکیبی از گونه‌های P aeruginosa، P. fluorescens و P. putida) بودند، استفاده گردید. برای تلقیح از روش اضافه کردن محلول باکتری‌ها فوق بصورت مخلوط (یک میلی‌لیتر از سوسپانسیون برای هر بذر) به خاک اطراف بذرها همزمان با کاشت استفاده شد.

[3] Plant growth promoting rhizobacteria
[4] Rhizobox

پس از افزودن مایه‌های تلقیح، برای کشت گیاه، بذرهای گندم (Triticum aestivum L.) رقم پیشتاز (ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد) به تعداد شش بذر در قسمت ریزوسفری رایزوباکس‌ها کشت گردیدند. پس از جوانه زدن بذرها، چهار بوته (بوته‌های سالم‌تر و قوی‌تر) نگه‌داشته شدند. در طول دوره کشت از آب مقطر به منظور آبیاری و جهت تامین مواد غذایی مورد نیاز برای تغذیه گیاهان از محلول غذایی Rorison عاری از فسفر استفاده گردید. در پایان پس از ۶۵ روز رایزوباکس‌ها باز شدند. از هر رایزوباکس دو نمونه خاک، یکی از بخش ریزوسفر و دیگری از بخش غیرریزوسفری برداشت شد. تنفس پایه (Anderson، ۱۹۸۲) و تنفس برانگیخته با سوبسترا (Alef و Nannipieri، ۱۹۹۵) اندازه‌گیری شدند. همچنین برای برآورد کسر متابولیکی(Anderson و Domsch،۱۹۹۰) از تقسیم میزان تنفس پایه بر کربن زیست توده میکروبی (Jenkinson و Ladd، ۱۹۸۱) استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسات میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار MSTATC و رسم شکل‌ها با نرم افزار Execl انجام گرفت.

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

	بافت خاک	pH	EC	کربن آلی	کربنات کلسیم معادل	نیتروژن کل	C/N	فسفر قابل استفاده	فسفر کل	پتاسیم قابل استفاده
			$ds\ m^{-1}$		٪				$mg.kg^{-1}$	
خاک	شن لومی	۷/۵۳	۰/۴۷	۰/۲۵	۱۴/۲۵	۰/۰۸		۷/۶۴		۹۸
بیوچار بقایای هرس سیب و انگور		۷/۲۹	۰/۰۸	۶۷/۵۳		۰/۵۴	۱۲۵/۰۵		۲۷۴۸/۰۷	

نتایج و بحث

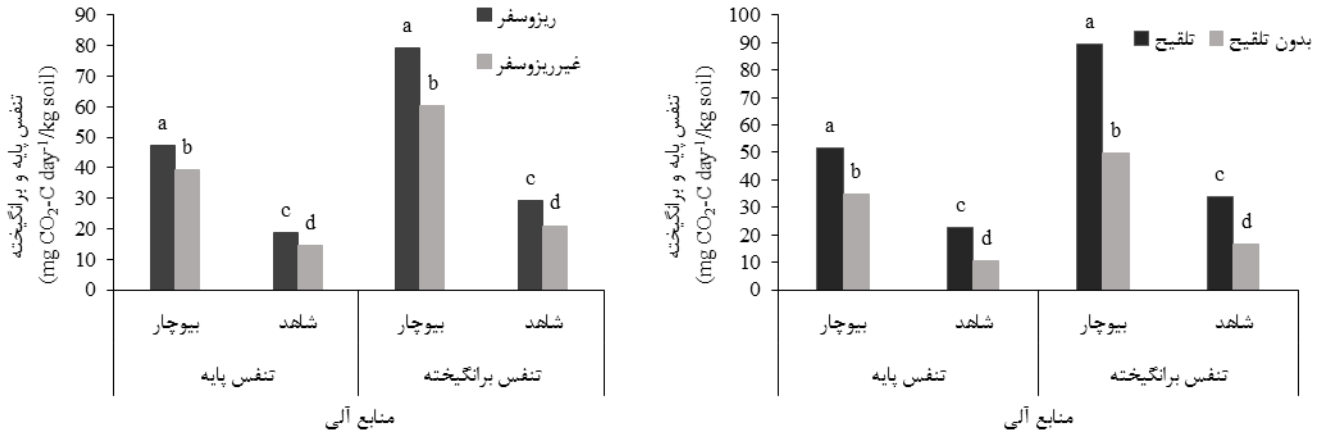
تنفس پایه و تنفس برانگیخته با سوبسترا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و اثرات متقابل ماده آلی، تلقیح میکروبی و خاک بر تنفس پایه و تنفس بر انگیخته با سوبسترا معنی‌دار($p<۰/۰۰۱$) بود. بیوچار سبب افزایش تنفس پایه و برانگیخته شد که این افزایش در حضور باکتری‌های PGPR، بترتیب ۱/۴۹ و ۱/۸۰ برابر بیشتر از شرایط بدون تلقیح بود (شکل ۱-A). با افزودن ماده آلی به خاک تفاوت معنی‌داری در تنفس پایه و برانگیخته در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری مشاهده شد. بطوریکه بیشترین میزان تنفس پایه (۴۷/۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر کیلوگرم خاک در روز) و بر انگیخته (۷۹/۱ میلی‌گرم دی‌اکسید کربن در هر کیلوگرم خاک در روز) در خاک ریزوسفری مربوط به تیمار بیوچار بود (شکل۱-B). باکتری‌های PGPR تاثیر معنی داری بر میزان تنفس پایه و برانگیخته در خاک ریزوسفری و خاک غیرریزوسفری نسبت به تیمار شاهد در هر دو سطح خاک داشتند (شکل۱-C). این باکتری‌ها منجر به افزایش ۱/۲۳ و ۱/۳۱ برابری تنفس پایه و برانگیخته در خاک ریزوسفر در مقایسه با غیرریزوسفر شدند.

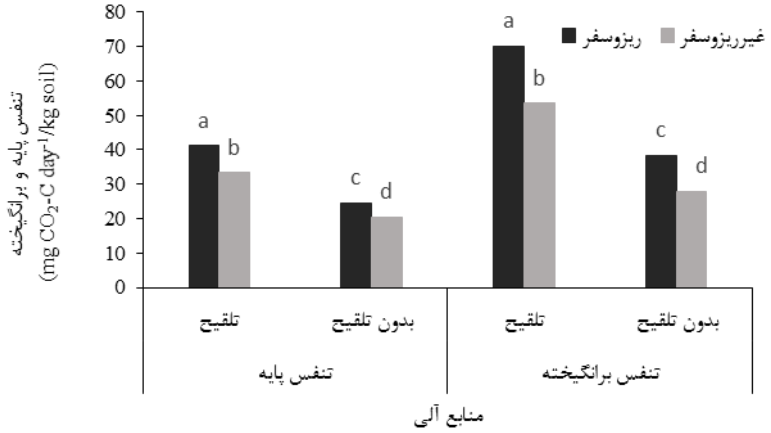
بیوچار تهیه شده از چوب می‌تواند فعالیت‌های میکروبی در خاک را با مناسب کردن زیستگاه، رطوبت، کربن و عناصر مغذی لبایل برای میکروارگانیسم-ها افزایش دهد. همچنین قطر منافذ۸۰-۲ میکرومتر در بسیاری از بیوچارهای مشتق شده از چوب مشاهده شده است، این محدوده اندازه منافذ می‌تواند فعالیت‌های میکروارگانیسم‌ها را پشتیبانی کند. بنابراین ایجاد چنین خلل و فرج در بیوچار قابل دسترس برای باکتری‌ها باعث افزایش فعالیت‌های بیولوژیکی آن‌ها در تعامل با بیوچار می‌شود (Hammer و همکاران ۲۰۱۴). افزایش کوتاه مدت در فعالیت و همچنین تنفس خاک بلافاصله پس از کاربرد بیوچار مرتبط با اجزای لبایل مرتبط با بیوچار تازه تهیه شده می‌باشد (مقایسه بین بیوچار تازه تهیه شده و بیوچار قدیمی‌تر در خاک) (Smith و همکاران ۲۰۱۰). این امر به ویژه برای بیوچاری که از چوب در دمای گرماکافت پایین تهیه می‌شود صادق است که منجر به حفظ طیف گسترده‌ای از ترکیبات شامل قندها وآلدئیدها در سطح خود می‌شود که تاثیراتشان بر رشد میکروبی با گلوکز یکسان است (Smith و همکاران ۲۰۱۰). همچنین Vahedi و همکاران (۲۰۱۸) نیز با مطالعه‌ی خصوصیات کیفی خاک آهکی تیمار شده با بیوچار و کمپوست در حضور باکتری‌های محرک رشد گیاه مشاهده کردند که بیوچار به همراه تلقیح باکتریایی سبب افزایش معنی‌دار تنفس پایه و برانگیخته با سوبسترا شد، البته این افزایش در مقایسه با کمپوست کمتر بود. بیوچار با C/N بالا می‌تواند در تنفس (پایه و برانگیخته با سوبسترا) موثر باشد (جدول۱). Tejada و Gonzalez (۲۰۰۶) گزارش کردند که وقتی ماده آلی با نسبت C/N بالا به خاک اضافه می‌شود، فرایند آلی شدن اتفاق می‌افتد، و میزان جمعیت میکروبی و فعالیت آن‌ها افزایش یافته که به تبع آن میزان تنفس (پایه و برانگیخته باسوبسترا) افزایش می‌یابد. همچنین در شکل (۱-C) مشاهده شد که تلقیح باکتریایی منجر به افزایش تنفس شد. با توجه به اینکه ریزوسفر به عنوان نقطه داغ فعالیت و اشغال میکروبی می‌باشد که در مقایسه با خاک غیریزوسفری، جایی که

منابع آلی در حد پایینی است، ریزوسفر با سطوح بالاتری از عناصر، منبع تامین کننده عناصر غذایی طی فرآیند فتوسنتز شده و باعث می‌شود محیط مناسبی برای میکروارگانیسم‌ها مانند باکتری‌ها ایجاد شود و در نهایت منجر بهبود فعالیت‌های بیولوژیک در خاک شود (Hinsinger و همکاران، ۲۰۰۵).

(A (B



(C



شکل۱- مقایسه میانگین منابع آلی و تلقیح میکروبی، منابع آلی و خاک بر میزان تنفس پایه و برانگیخته

کسر متابولیک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی منابع آلی، تلقیح میکروبی و خاک بر کسر متابولیک معنی‌دار (p<۰/۰۰۱) شد. اثرات متقابل منابع آلی × تلقیح میکروبی (p<۰/۰۰۱)، منابع آلی × خاک (p<۰/۰۵)، تلقیح میکروبی ×خاک (p<۰/۰۵) بر کسر متابولیک معنی‌دار شدند. مقایسه میانگین دادها نشان داد که بیشترین میزان کسر متابولیک در تیمار بیوچار بقایای هرس تلقیح باکتریایی مشاهده شد (جدول۲). بیوچار به‌طور معنی‌دار میزان کسر متابولیک را در هر دو سطح خاک (ریزوسفری و غیرریزوسفری) نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و در تمامی تیمارها میزان این شاخص در خاک غیرریزوسفر و ریزوسفر معنی‌دار نبود. نتایج نشان داد که بیوچار سبب افزایش (۱/۵۰ برابری) کسر متابولیک در خاک ریزوسفری نسبت به خاک ریزوسفری تیمار شاهد گردید (جدول۳). اثر ریزوسفر و تلقیح میکروبی تاثیر معنی‌داری در کسر متابولیک در مقایسه با غیرریزوسفر در خاک نداشت، اما این شاخص در هر دو سطح خاک در تیمار بیوچار در حضور باکتری‌های PGPRبالاتر از شاهد بود (جدول ۴).

نسبت دی‌اکسید کربن متصاعد شده به کربن زیست توده میکروبی (کسر متابولیک) شاخصی از کارایی استفاده از سوبسترا توسط ریزموجودات است. هرچه کسر متابولیک بزرگتر باشد، منبع انرژی آنابولیسم میکروارگانیسم‌ها از کاتابولیسم کمتر است، به عبارتی هرچه کسرمتابولیک بزرگتر باشد، احتمال تجزیه میکروفلور بزرگتر و به دنبال آن متوسط سن میکروفلور کوچکتر خواهد بود (Meyer و همکاران، ۱۹۹۶). در تحقیق حاضر طبق آنچه

که گزارش شد تنفس پایه در تیمار بیوچار بالا بود. بنابراین دور از انتظار نبود که این تیمار موجب افزایش کسر متابولیک شود. چرا که این شاخص در حضور تنش‌های محیطی مختلف افزایش می‌یابد (Bunemann و همکاران، ۲۰۰۶). احتمالا تنش ایجاد شده در تیمار بیوچار میزان C/N بالا بود. میکروارگانیسم‌ها با وارد شدن تنش‌ها به خاک، فعالیت‌های زیستی خود را به گونه‌ی چشم‌گیری افزایش می‌دهند و انرژی بیشتری را برای روبرو شدن با تنش و زنده ماندن در زیستگاه به کار می‌برند که با افزایش تنفس نمایان می‌شود (Meyer و همکاران، ۱۹۹۶؛ رئیسی و آقابابائی، ۱۳۹۰). در تمامی تیمارها میزان این شاخص در خاک ریزوسفر و غیرریزوسفر معنی‌دار نبود. میزان کسر متابولیک کمتر نشان دهنده سطح پایین تنش در جامعه میکروبی خاک است.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل منابع آلی و تلقیح میکروبی بر میزان کسر متابولیک

	کسر متابولیک ($mg\ CO_2\text{-}C\ mg^{-1}\ MBC\ day^{-1}$)	
تلقیح میکروبی	شاهد	بیوچار
تلقیح	۰/۰۸b	۰/۱۰a
بدون تلقیح	۰/۰۶d	۰/۰۷c
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۵	

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمالی ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل منابع آلی و خاک بر میزان کسر متابولیک

	کسر متابولیک ($mg\ CO_2\text{-}C\ mg^{-1}\ MBC\ day^{-1}$)	
خاک	شاهد	بیوچار
ریزوسفر	۰/۰۶b	۰/۱۰a
غیرریزوسفر	۰/۰۶b	۰/۰۹a
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۵	

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمالی ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تلقیح میکروبی و خاک بر میزان کسرمتابولیک

	کسر متابولیک ($mg\ CO_2\text{-}C\ mg^{-1}\ MBC\ day^{-1}$)	
خاک	تلقیح	بدون تلقیح
ریزوسفر	۰/۰۶b	۰/۰۹a
غیرریزوسفر	۰/۰۶b	۰/۰۹a
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۵	

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن درسطح احتمالی ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

نتیجه‌گیری

این پژوهش نشان داد که افزودن ماده آلی همراه با تلقیح میکروبی به خاک منجر به افزایش میزان تنفس پایه و برانگیخته با سوبسترا شد. همچنین تفاوتی در کسر متابولیک در خاک ریزوسفر و غیرریزوسفر تلقیح شده با باکتری‌های PGPR مشاهده نشد که بیانگر عدم تنش در دو سطح خاک بود. در بوم شناسی میکروبی، پارامترهای بیولوژیکی در خاک نظیر تنفس پایه و تنفس برانگیخته با سوبسترا به خوبی شناخته شده و شاخص‌های حساسی برای تعیین اثر متغیرهای محیطی بر فعالیت میکروبی خاک هستند و به گونه وسیعی برای اندازه‌گیری و ارزیابی فعالیت میکروبی خاک وجمعیت میکروبی خاک بکار رفته‌اند که در ارزیابی‌های مرتب با کیفیت و سلامت خاک استفاده می‌شود. با توجه به اینکه فرآیندهای میکروبی کنترل کننده فرآیندهای اکولوژیک در اکوسیستم و حاصلخیزی خاک می‌باشند. لذا کاربرد بیوچار و استفاده از پتانسیل بیولوژیکی میکروارگانیسم‌ها می‌تواند

یکی از راه‌های افزایش کیفیت خاک‌های کشاورزی باشد. البته لازم است که نتایج این مطالعه با انجام آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای با کشت گیاهان مختلف تایید گردد.

منابع

رئیسی، ف.، آقابابائی، ف. ۱۳۹۰. تجزیه‌پذیری برخی پسماندهای گیاهی و پیامد کاربرد آن‌ها بر تنفس و زیست توده میکروبی، و فعالیت آنزیمی خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، ۲۵(۴)، ۸۶۳-۸۷۳.

Alef, K. and Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. Academic Press, London.

Anderson, J.P.E. 1982. Soil Respiration. PP. 831-872. In: A. L. Page et al. (eds). Methods of Soil Analysis. 2nd ed. Part 2. American Society of Agronomy, U.S.A.

Anderson, T.H. and Domsch, K.H. 1990. Application of eco-physiological quociente (qCO_2 and Dq) on microbial biomasses from soils of different cropping histories. Soil Biology and Biochemistry, 22, 251–255.

ASTM standard. 2009. Standard test method for chemical analysis of wood charcoal. American Society for Testing and Materials (ASTM) International: Conshohocken, PA.

Chen, C.R., Condron, L.M., Davis, M.R. and Sherlick, R.R. 2003. Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. Forest Ecology and Management, 177, 35-43.

Birk, J.J., Steiner, C., Teixiera, W.C., Zech, W. and Glaser, B. 2009. Microbial response to charcoal amendments and fertilization of a highly weathered tropical soil. In: Woods, W.I. (Ed.), Amazonian Dark Earths: Wim Sombroeks Vision. Springer, Netherlands, 309-324.

Bunemann, E.K., Schwenke, G.D. and Van Zwieten, L. 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms, A paper review, Australian Journal of Soil Research, 44, 379-406.

Ghollarata, M. and Raiesi, F. 2007. The adverse effect of soil salinization on the growth of Trifolium alexandrinum L. and associated microbial and biological properties in a soil from Iran. Soil Bioliology and Biochemistry, 39, 1699-1702.

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 Biochemistry, 77, 252–260.

Hinsinger, P., Gobran, G. R., Gregory, P. J. and Wenzel, W. W. 2005. Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root-mediated physical and chemical processes. New Phytology, 168: 293-303.

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 Soil Biology, 158, 163-168.

Lewandowski, A. and Zumwinkle, M. 1999. Assessing the soil system a review of soil quality literature, Minnesota Department of Agriculture, Energy and Sustainable Agriculture Program.

Meyer, K., Joergensen, R.G. and Meyer, B. 1996. The effects of reduced tillage on microbial biomass C sandy loess soils. Applied Soil Ecology, 5, 71-79.

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.

Roberts, K.G., Gloy, B.A., Joseph, S., Scott, N.R. and Lehmann, J .2010. Life cycle assessment of biochar systems: Estimating the energetic, economic, and climate change potential. Environmental Science and Technology, 44, 827-833.

Smith, J.L., Collins, H.P. and Bailey, V.L. 2010. The effect of young biochar on soil respiration. Soil Biology and Biochemistry, 42, 2345–2347.

Tejada, M. and Gonzalez, J.L. 2006. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield. European Journal of Agronomy, 25, 22–29.

Vahedi, R., Rasouli-Sadaghiani, M.H. and Barin, M. 2018. Evaluation of the Qualitative Characteristics of the Treated Calcareous Soils with Compost and Biochar in the Presence of Plant Growth Promoting Bacteria. Iranian Journal of Soil and Water Research, 50 (2), 259-272 (In Farsi).

Youssef R. A. and Chino M. 1987. Studies on the behavior of nutrients in the rhizosphere I: Establishment of a new rhizobox system to study nutrient status in the rhizosphere. Journal of Plant Nutrition, 10, 1185-1195.

Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers

The effect of pruning waste biochar on soil microbial respiration in the presence of growth promoting bacteria (PGPR) under rhizobox conditions

MH. Rasouli-sadaghiani [1], R.Vahedi[*2]

[1] Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran
[2] PhD Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran

Abstract

Soil biological activity are often limited by carbon availability in arid and semiarid regions, probably due to the low organic matter content. The biochar with microbial inoculation is a strategy for improving biological properties in calcareous soils. In order to investigate the biochar effect on microbial respiration and substrate-induced respiration in the presence of growth promoting bacteria (PGPR), a factorial experiment was carried out in a completely randomized design in the rhizobox condition. The factors were including organic sources (pruning waste biochar and control), microbial inoculation (PGPR and Control (without microbial inoculation)) and soil (rhizosphere and non-rhizosphere). At the end of the growth period, microbial respiration, substrate-induced respiration and metabolic quotient index were determined. The results showed that application of biochar and microbial inoculation significantly increased microbial respiration, substrate-induced respiration and metabolic quotient index compared to control treatment. Furthermore, biochar of pruning waste increased the microbial respiration and substrate-induced respiration in the rhizosphere soil by 49.10 and 80.16 percent regard to non-rhizosphere, respectively. However, the content of metabolic quotient was not significantly different in the rhizosphere and non-rhizosphere soil. The application of biochar and PGPR inoculation showed positive effect on improving some soil biological activity.

Keywords: Organic matter, Calcareous soil, Rhizosphere

[*] Corresponding author, Email: r.vahedi@urmia.ac.ir