



محور مقاله: بیولوژی خاک و کودهای زیستی

تأثیر کاربرد بیوچار و باکتری‌های محرک رشد بر برخی شاخص‌های میکروبیولوژیکی و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز در خاک کشت

شده با ذرت

*نگار رضائی دانش^۱، میرحسن رسولی صدقیانی^۲، محسن برین^۳، ندا مرادی^۴
^۱ دانشجوی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
^۲ استاد گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
^۳ استادیار دانشگاه ارومیه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
^۴ استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران

چکیده

به منظور بررسی تأثیر بیوچار حاصل از هرس بقایای سیب و تلقیح باکتری‌های محرک رشد (PGPR) بر برخی از خصوصیات میکروبیولوژیکی خاک آزمایشی به صورت فاکتوریل با دو فاکتور کاربرد باکتری (بدون PGPR و PGPR) و بیوچار (۰ و ۰/۵ درصد وزنی) در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در ۳ تکرار در شرایط گلخانه‌ای در دانشگاه ارومیه انجام گرفت. در پایان دوره کاشت ذرت (۶۵ روز)، تنفس میکروبی، تنفس برانگیخته، کربن زیست توده میکروبی، کسرمتابولیکی، شاخص قابلیت دسترسی به کربن و آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی در خاک کشت شده تعیین گردیدند. نتایج نشان داد که افزودن بیوچار و باکتری‌ها به خاک سبب افزایش معنی‌دار شاخص‌های میکروبیولوژیکی و آنزیم فسفاتاز قلیایی نسبت به تیمار شاهد شد و این افزایش در تیمارهای باکتریایی و بیوچار+ باکتری بیشتر بود. تنفس پایه در تیمارهای بیوچار، باکتریایی و بیوچار+ باکتری نسبت به شاهد به ترتیب ۱/۶۱، ۲/۷۷ و ۲/۷۳ برابر افزایش نشان داد. بیشترین مقدار کربن زیست توده میکروبی در تیمار بیوچار+ باکتری بود. به طور کلی می‌توان گفت که کاربرد بیوچار و تلقیح باکتریایی باعث بهبود خواص میکروبیولوژیکی خاک نسبت به شرایط عدم حضور این تیمارها می‌شود.

کلمات کلیدی: بیوچار، PGPR، شاخص‌های میکروبیولوژیک خاک، فعالیت آنزیمی

مقدمه

حفظ سطح آستانه موادالی در خاک با توجه به تاثیرات نامناسب تغییر جهانی اقلیم بر سلامت خاک و باروری محصول، برای بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و میکروبیولوژیکی خاک و همچنین محصولات کشاورزی و عملکرد زیست محیطی ضروری است. وجود ماده آلی علاوه بر اینکه نشان دهنده سلامت و کیفیت خاک است، شاخص مناسبی برای باروری خاک به شمار می‌رود که حاصل برهم کنش فرآیندهای فیزیکی، شیمیایی و زیستی است. در یک خاک حاصلخیز میلیون‌ها موجود زنده از جمله قارچ‌ها، باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها زندگی می‌کنند. این موجودات نقش مهمی در تجزیه و تخریب مواد آلی خاک و معدنی شدن آن دارند. خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک از جمله ایران به علت نبود پوشش گیاهی کافی و بازگشت مقادیر کم بقایای گیاهی به خاک حاوی ماده‌ی آلی اندکی هستند. برای حل این مشکل چندین راهکار اساسی مطرح شده است که می‌توان بکار بردن بیوچار را به عنوان یک ماده‌ی آلی برای اصلاح ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک پیشنهاد کرد (Lehman و همکاران ۲۰۰۹). کاربرد بیوچار منجر به تغییر در ترکیب و فراوانی جامعه بیولوژیک خاک می‌شود. Karhu و همکاران (۲۰۱۱) گزارشی مبتنی بر تأثیر افزودن بیوچار بر افزایش فعالیت میکروبی خاک و در نتیجه تجزیه ماده آلی در خاک‌های جنگلی نیز ارائه دادند. همچنین تنوع جامعه زیستی خاک تأثیر به‌سزایی در کیفیت و باروری آن می‌تواند داشته باشد. یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و حفظ سلامت محیط زیست، فراهم سازی شرایط لازم و ضرورت استفاده بیشتر از ریزجانداران خاکزی و کودهای زیستی (Biofertilizers) می‌باشد. در این میان استفاده از میکروارگانیسم‌های خاک و مخصوصاً باکتری‌ها که با انجام فرآیندهای مختلف زیستی در رشد گیاه و چرخه عناصر غذایی خاک دخالت دارند به‌طور روز افزونی افزایش یافته است. باکتری‌های PGPR از طرق مختلفی از جمله تثبیت نیتروژن، تولید سیدروفورهای کمپلکس‌کننده آهن، تولید هورمون‌های گیاهی، سنتز آنتی بیوتیک‌ها و ترکیبات قارچ‌کش رشد گیاهان را بهبود می‌بخشند (Vanloon, 2007). درجه تأثیر این باکتری‌ها بر رشد و عملکرد تابع عوامل مختلفی چون نوع گیاه (Murty and Ladha, ۱۹۸۸)، سویه باکتری (Baldani و همکاران ۱۹۸۸) و شرایط محیطی (Bhattarai and Hess, 1993) است. به این ترتیب،



استفاده از باکتری‌های فوق به عنوان کودهای زیستی دارای اثرات ثابتی نبوده و به منظور تولید این محصولات در ابتدا باید ارتباط گیاه، خاک و ریز موجودات خاک مورد ارزیابی قرار گیرد تا بتوان ترکیباتی مؤثر و کارآمد از آن‌ها را در جهت بهبود عملکرد گیاهان تولید نمود. با توجه به اینکه اثرات متقابل بیوچار و باکتری بسیار مهم بوده و معمولاً اثر افزایش بر روی شاخص‌های میکروبیولوژیکی و در نتیجه بهبود کیفیت باروری خاک و رشد گیاه دارد و نیز اطلاعات محدودی در رابطه با بررسی اثرات همزمان بیوچار و باکتری‌های محرک رشد بر خواص میکروبیولوژیکی خاک موجود می‌باشد لذا این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کاربرد بیوچار و باکتری‌های PGPR بر زیست‌توده میکروبی و فعالیت آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی در خاک کشت شده با ذرت در شرایط گلخانه‌ای انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در شرایط گلخانه‌ای در سال ۱۳۹۷، در آزمایشگاه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه انجام شد. برای تهیه بیوچار از بقایای هرس سیب استفاده شد. بقایای هرس ابتدا هوا خشک شده و پس از آسیاب کردن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و سپس در آون در دمای ۶۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شد (Singh و همکاران ۲۰۱۷). سپس بیوچار سیب در کوره الکتریکی در شرایط گرمکافت آهسته، به مدت ۴ ساعت، در دمای ۳۵۰ درجه سلسیوس و با نرخ افزایش دمای ۵ درجه سلسیوس تهیه شد. سپس برخی ویژگی‌های بیوچار اندازه‌گیری گردید (Singh و همکاران ۲۰۱۷). نمونه خاک مورد مطالعه از اراضی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری تهیه گردید. نمونه خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، هوا-خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک اندازه‌گیری گردید (Sparks et al., 1996) که در جدول ۱ نشان داده شده است تیمارهای بیوچار بر اساس ۰/۵ درصد وزنی روی خاک اعمال (۲۰ گرم بیوچار به ازای ۴ کیلوگرم خاک) و سپس جهت تهیه مایه تلقیح میکروبی، باکتری‌های سودوموناس فلورسنت (ترکیبی از گونه‌های *P.aeruginosa*, *P.putida* و *P.seudomonas*) در محیط کشت Nutrient Broth شیک شده و یک نمونه محیط کشت (فاقد باکتری) هم برای نمونه‌های شاهد تهیه و شیک شد. برای تلقیح بذرها از روش اضافه کردن محلول باکتری‌ها (۱ میلی‌لیتر از سوسپانسیون برای هر بذر) به خاک اطراف بذرها همزمان با کاشت استفاده شد. بذرها ذرت (*Zea mays* L.) رقم KSC 704 پس از ضدعفونی کردن با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به تعداد شش بذر در مرکز خاک گلدان‌ها کشت گردیدند. پس از جوانه زدن بذرها، چهار بوته سالم‌تر و قوی‌تر از هر گلدان نگه داشته شدند. در طول دوره رشد از آب لوله کشی به منظور آبیاری و برای تأمین مواد غذایی مورد نیاز گیاهان از محلول غذایی Hoagland استفاده گردید. در پایان دوره پس از گذشت ۶۵ روز عملیات برداشت انجام شده و خاک و گیاه بصورت کامل از هم جدا شدند. کربن زیست توده میکروبی (MBC) (Jenkinson and ladd, 1981)، تنفس پایه (BR) (Anderson, 1982) تنفس برانگیخته با سوبسترا (SIR) (Alef and Nannipieri, 1995)، ضریب متابولیکی (qCO_2) (Anderson و همکاران ۲۰۰۳)، شاخص قابلیت دسترسی به کربن (CAI) (Cheng و همکاران ۱۹۹۳) و آنزیم‌های اوره‌آز و فسفاتاز قلیایی (Tabatabai and Bremner, 1969) اندازه‌گیری شدند. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با دو فاکتور باکتری و بیوچار هر کدام در دو سطح با ۳ تکرار اجرا گردید. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد با نرم افزار SPSS و رسم شکل‌ها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار مورد استفاده در جدول ۲ آمده است. زغال زیستی تهیه شده دارای سطح ویژه و ظرفیت تبادل کاتیونی بالا و درصد کربن آلی زیادی بود.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

بافت خاک	pH	ماده آلی	آهک	نیترژن کل	EC	فسفر قابل استفاده	پتاسیم قابل استفاده
			(درصد)		dS m ⁻¹	mg kg ⁻¹	
لوم رسی	۸/۳	۰/۴۱	۱۲	۰/۰۲	۰/۰۱۱	۹/۸۱	۳۴۰

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی بیوچار بقایای هرس سیب

O/C	H/C	اکسیژن	هیدروژن	نیترژن	کربن	سطح ویژه m ² g ⁻¹	CEC cmolc kg ⁻¹	EC dS m ⁻¹	pH	خاکستر (درصد)	عملکرد (درصد)
۰/۰۳۴	۰/۰۶۱	۲۱/۶۷	۳/۸۹	۰/۲۲	۶۴/۰۲	۲۱۹	۳۲/۵۳	۰/۰۵	۷/۱۱	۱۰/۲۰	۳۴/۹۴

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی تمامی تیمارها بر روی شاخص‌های میکروبیولوژیکی اندازه‌گیری شده (به غیر از qCO₂) در خاک معنی‌دار بود (جدول ۳). همچنین اثر متقابل بیوچار × باکتری نیز در تمامی شاخص‌های اندازه‌گیری شده به غیر از آنزیم اوره‌از از لحاظ آماری معنی‌دار بود.

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تاثیر تیمارها بر BR, SIR, MBC, CAI, qCO₂ و فعالیت اوره‌از و فسفاتاز قلیایی

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییر
فسفاتاز قلیایی	اوره‌از	CAI	qCO ₂	MBC	SIR	BR		
۱۰۹۴۲***	۱۲۵۱۴***	۰/۰۰۰۱**	۰/۰۰۰۱ ^{ns}	۲۰۷۶۰***	۱۸۷۵*	۵۲/۰۸**	۱	بیوچار
۴۰۷۷۳***	۷۴۵۸۹***	۰/۰۰۰۲***	۰/۰۰۰۱***	۵۱۹۵۹***	۳۴۷۱۰***	۱۰۶۱***	۱	باکتری
۱۶۱۸۶***	۹/۷۶ ^{ns}	۰/۰۰۱۲***	۰/۰۰۰۱**	۷۷۸۵***	۱۹۹۲**	۶۴/۴۰**	۱	بیوچار × باکتری
۱۹۳	۱۲۹	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۹۳/۴۶	۱۶۷	۴/۴۸	۸	خطا
۳/۵۸	۴/۸۰	۴/۸۰	۸/۳۳	۱/۰۸۷	۴/۰۹	۸/۲۹		ضریب تغییرات (/)

^{ns}, ^{***}, ^{**} و ^{*}: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱، یک و پنج درصد.

تنفس پایه (BR) بیشترین میزان افزایش را در اثر افزودن تیمارها نشان داد و این افزایش در تیمار باکتریایی و بیوچار+باکتری بیشتر از تیمار بیوچار بود، به طوریکه میزان این افزایش در تیمارهای باکتریایی و بیوچار+باکتری ۲/۷ برابر و در تیمار بیوچار ۱/۶ برابر نمونه شاهد بود. نتایج در مورد تنفس برانگیخته (SIR) هم دقیقاً همین‌گونه بود به طوریکه میزان آن در تیمارهای باکتریایی و بیوچار+باکتری ۱/۵ برابر و در تیمار بیوچار ۱/۱ برابر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافته بود. در واقع با افزایش جمعیت باکتری‌ها این ریزجانداران باعث افزایش ترشحات ریشه‌ای و به دنبال آن افزایش سوبسترای کربنی در خاک و در نتیجه افزایش تنفس وابسته به سوبسترا شده‌اند. همچنین به دنبال افزودن بیوچار به خاک با افزایش نسبت C/N معدنی شدن رخ داده و این افزایش در معدنی شدن زمان لازم برای بیوچار جهت تجزیه شدن و فراهم شدن عناصر غذایی را کاهش می‌دهد و لذا با افزودن بیوچار، رشد گیاه و ریشه بیشتر شده و جمعیت میکروبی و فعالیت آن‌ها و در نتیجه تنفس پایه و تنفس برانگیخته افزایش می‌یابد (Dehgahn و همکاران ۲۰۱۲) (جدول ۴).

کربن زیست توده میکروبی قسمتی از کربن آلی خاک است که مربوط به کربن موجود در بدن و دیواره‌ی سلولی ریزجانداران خاک به ویژه باکتری‌ها بوده و در شرایط طبیعی ۵-۱ درصد کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد. مقادیر کربن زیست توده میکروبی (MBC) در تیمارهای بیوچار، باکتری، بیوچار+باکتری در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۸/۹۸، ۲۵/۴۰ و ۲۹/۸۱ درصد افزایش یافت (جدول ۴). شاخص قابلیت دسترسی کربن نیز در تیمار باکتری در مقایسه با تیمار شاهد و بیوچار بیشتر بود. باکتری‌های PGPR با افزایش میزان ترشحات ریشه‌ای باعث افزایش سوبسترای کربنی در خاک و در نتیجه افزایش شاخص دسترسی به کربن می‌شوند. همچنین افزایش کربن زیست توده میکروبی و شاخص دسترسی به کربن خاک در اثر افزودن بیوچار می‌تواند به این دلیل باشد که بیوچار با داشتن ساختار متخلخل و سطح ویژه بالا و نیز به عنوان منبعی از کربن آلی می‌تواند زیستگاه مناسبی را برای ریزجانداران خاک به ویژه باکتری‌ها فراهم کند (Zhu و همکاران، ۲۰۱۷). مقدار ضریب متابولیسی (qCO₂) در تیمارهای باکتریایی و بیوچار+باکتری، ۲/۱ برابر و در تیمار بیوچار ۱/۳ برابر نمونه شاهد بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد با افزودن بیوچار به خاک جمعیت ریزجانداران و به ویژه باکتری‌ها در خاک افزایش یافته و هنگامی که جمعیت باکتری‌های خاک افزایش یابد، راندمان جذب کربن کاهش و در نتیجه کربن بیشتری صرف تولید انرژی از طریق تبدیل کربن آلی به CO₂ برای زیست توده میکروبی می‌گردد که مسلماً افزایش qCO₂ را به همراه خواهد داشت (Dilly, 2005).

در واقع ریزجانداران خاکزی برای بهبود فعالیت خود به منابع کربن احتیاج دارند، زمانیکه این منابع محدود باشند ریزجانداران و علی‌الخصوص باکتری‌ها از آن بیشتر برای فعالیت‌های حیاتی استفاده کرده و کمتر آن را ذخیره می‌کنند ولی زمانیکه به اندازه کافی سوبسترای کربنی در اختیار داشته باشند (افزودن بیوجار) کمتر آن را به‌صورت تنفس هدر داده و بیشتر آن را ذخیره کرده و صرف ساختن اندام‌های جدید می‌کنند.

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین تأثیر تیمارها بر مقدار qCO_2 , CAI, MBC, SIR, BR

تیمارها	BR	SIR	MBC	qCO_2	CAI
شاهد	۱۲/۷۱ c	۲۴۲ c	۷۴۸ d	۰/۰۱۷ c	۰/۰۵۲ c
باکتری های PGPR	۳۵/۱۷ a	۳۷۰ a	۹۳۸ b	۰/۰۳۷ a	۰/۰۹۵ a
بیوجار	۲۰/۵۳ b	۲۸۷ b	۸۹۰ c	۰/۰۲۳ b	۰/۰۷۱ b
بیوجار+ باکتری	۳۴/۷۱ a	۳۶۹ a	۹۷۱ a	۰/۰۳۶ a	۰/۰۹۴ a

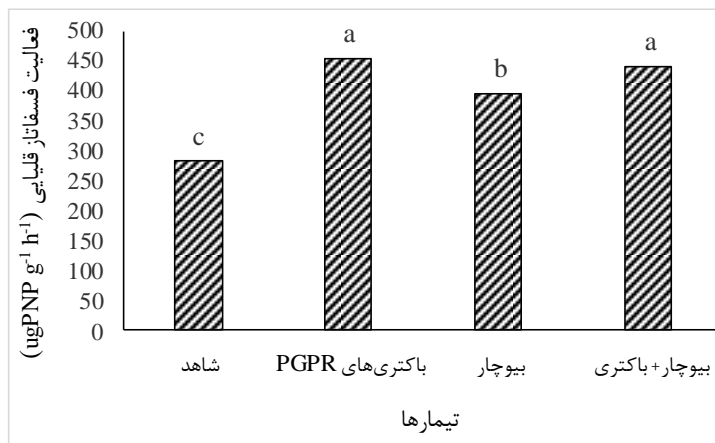
* اعدادی که دارای حروف مشترک در هر ستون هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی بیوجار و باکتری‌های محرک رشد بر روی فعالیت آنزیم اوره‌آز

تیمار بیوجار		تیمار باکتری		آنزیم اوره‌آز μgN g ⁻¹ 2h ⁻¹
شاهد	بیوجار	شاهد	باکتری	
۲۰۴ b	۲۶۹ a	۱۵۷ b	۳۱۵ a	

* اعدادی که دارای حروف مشترک هستند از نظر آماری در سطح احتمال ۵ درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشند.

مقایسه میانگین اثرات اصلی بیوجار و باکتری بر فعالیت آنزیم اوره‌آز نشان داد که فعالیت این آنزیم در تیمار بیوجار و باکتری در مقایسه با شاهد به ترتیب ۳۲ و ۱۰۰ درصد بیشتر بود (جدول ۵). همچنین مقایسه میانگین اثر متقابل بیوجار و باکتری‌های PGPR بر فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی در شکل ۱ نشان داده شده است. مقدار آنزیم فسفاتاز قلیایی نیز در تیمارهای باکتریایی و بیوجار+ باکتری به ترتیب ۱/۶ و ۱/۵ برابر نسبت به نمونه شاهد و در تیمار بیوجار ۱/۳ برابر نسبت به نمونه شاهد افزایش یافت. افزودن مواد آلی نظیر بیوجار به خاک باعث افزایش زیست توده میکروبی، منابع کربن و عناصر غذایی و بهبود شرایط خاک نظیر افزایش نگهداشت آب در خاک و افزایش تخلخل شده و در نهایت میزان فعالیت آنزیم‌ها را افزایش می‌دهد. همچنین افزودن ماده آلی به خاک باعث افزایش فعالیت باکتری‌ها و در نتیجه بهبود و افزایش فعالیت آنزیمی می‌شود زیرا آنزیم‌های همراه بیوجار به روش کاهش انرژی برای فعالیت باکتری‌های خاک به منظور سنتز آنزیم‌ها منجر به افزایش فعالیت آن‌ها و سرعت تجزیه بیوجار در خاک شده و همچنین با تجزیه نسبی در خاک با جذب سطحی و حبس فیزیکی آنزیم‌ها سبب حفاظت از آن‌ها در برابر هیدرولیز آنزیمی می‌شوند (Kurtev و همکاران ۲۰۰۲).



شکل ۱- تأثیر بیوجار و باکتری‌های محرک رشد بر روی فعالیت آنزیم فسفاتاز قلیایی



نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج نشان داد زمانیکه باکتری‌ها همراه بیوپچار بودند باعث افزایش بیشتری در شاخص‌ها نسبت به حالتی که فقط بیوپچار در خاک بود شدند. بنابراین نتایج این پژوهش بر تأثیر مثبت و معنی‌دار کاربرد بیوپچار و باکتری‌های PGPR بر ویژگی‌های کیفی خاک دلالت دارد. واضح است که تأثیر باکتری‌ها بر خصوصیات میکروبیولوژیکی خاک بیشتر از بیوپچار بوده و مصرف هم‌زمان این دو باعث افزایش پارامترها نسبت به تیمار بیوپچار شد. البته لازم به ذکر است که به جز MBC در بقیه شاخص‌ها بین تیمارهای باکتری و بیوپچار+باکتری اختلاف معنی‌دار نبوده و به یک میزان باعث افزایش شاخص‌ها شدند که نشان دهنده این مطلب است که بیوپچار اثر حضور باکتری را بر MBC تشدید کرد. به دنبال افزودن بیوپچار به خاک فعالیت ریزجانداران خاکزی اعم از باکتری و قارچ و ... افزایش یافته و در نتیجه سبب افزایش کیفیت پارامترهای میکروبیولوژیکی و نهایتاً موجب بهبود کیفیت خاک می‌شود. لذا با توجه به اهمیت مواد آلی به ویژه بیوپچار و ریزجانداران خاکزی به علی‌الخصوص باکتری‌های محرک رشد در خاک و استفاده از آن‌ها به عنوان راه‌حلی مفید و اقتصادی در جهت بهبود کیفیت خاک و در نتیجه تولید بیشتر محصول توصیه می‌گردد.

منابع

- Alef, K. and Nannipieri, P. 1995. *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*. Academic Press, London.
- Anderson, J. P. E. 1982. Soil Respiration. In: Page A. L. et al. (Eds). *Methods of Soil Analysis*. 2nd ed. Part 2. American Society of Agronomy, U.S.A. PP. 831-872.
- Anderson, T. H. 2003. Microbial eco-physiological indicators to assess soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 98, 285-293.
- Baldani, L. D., Baldani J. I. and Dobreiner. J. 1987. Inoculation of field-grown wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum* spp. in Brazil. *Biology and Fertility Soils*, 4: 37-40.
- Bhattacharai, T. and Hess. D. 1993. Yield responses of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp. of Nepalese origin. *Plant & Soil*. 151: 67-76.
- Dehghan Manshadi, H., Bahmanyar, M. A., Lakzian, A. and Salek Gilani, S. 2012. Effect Application of Sewage Sludge and Sewage Sludge Enriched with Chemical Fertilizer on the Rate of Organic Carbon, Respiration and Enzyme Activity of Soil under Basil Cultivation. *Journal of Water and Soil*, 554-562.
- Dilly, O. 2005. Microbial energetics in soils. In *Microorganisms in soils: roles in genesis and functions*. Springer, Berlin, Heidelberg. pp. 123-138.
- Jenkinson, D. S. and Ladd, J. N. 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. In: Powl, E. A., Ladd, J. N. (Eds) *Soil biochemistry*. Dekker, New York, pp. 415-417.
- Karhu, K, M. Tuomas, B. Irina, and R. Kristiina. 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity—Results from a short-term pilot field study. *Agriculture, Ecosystem & Environment*, 140: 309-313.
- Kourtev, P. S. Ehrenfeld, J. G. and Huang, W. Z. 2002. Enzyme activities during litter decomposition of two exotic and two native plant species in hardwood forests of New Jersey. *Soil Biology and Biochemistry*, 34, 1207-1218.
- Lehmann, J. and Joseph, S. 2009. *Biochar for environmental management*, Earthscan publishing, London.
- Murty, M. G. and Ladha. J. K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil*, 108, 281-285.
- Singh, B., Camps-Arbestain, M. and Lehmann, J. 2017. *Biochar: A Guide to Analytical Methods*. CSIRO Publishing. 320p.
- Sparks, D. L. Page, A. L. Helmke, P. A. Loeppert, R. H. Soltanpour, P. N. Tabatabai, M. A. Johnston, C. T. and Sumner, M. E. 1996. *Methods of soil analysis Part 3- Chemical methods*. Soil Science Society of America Book Ser. 5, Madison, Wisconsin, USA, p. 1390.
- Tabatabai, M. A. and Bremner, J. M. 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biology and Biochemistry*, 1, 301-307.
- Van Loon, L.C. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *European Journal of Plant Pathology*, 119, 243-254.
- Zhu, X., Chen, B., Zhu, L. and Xing, B. 2017. Effects and mechanisms of biochar-microbe interactions in soil improvement and pollution remediation: A review. *Environmental Pollution*, 227, 98-115.



16th Iranian Soil Science Congress

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



Topic for submission: Soil Biology and Biofertilizers

Effect of biochar and PGPR bacteria application on some microbiological indices and activity of urease and alkaline phosphatase in soil grown with corn

Rezaeidanesh^{*1}, N., Rasouli-Sadaghiyani², M. H., Barin, M³, Moradi, N⁴.

¹ MSc. Student, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

² Professors, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.

³ Assistance Prof. Soil Science, Dept. of Soil Science, Urmia University, Urmia, Iran.

⁴ Assistant Prof., Soil Science Department, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.

Abstract

In order to study the effect of biochar from trees prunnings and inoculation of PGPR on some microbiological properties of soil, a study was carried out as a factorial experiment based on a randomized complete design with two factors including bacteria (without PGPR and PGPR) and biochar (0, 0.5%) in three replications under under greenhouse condition at Urmia University. At the end of the corn planting period (65 days), bacterial respiration (BR), substrate-induced respiration (SIR), microbial biomass carbon (MBC), metabolic quotient index (qCO_2), carbon availability index (CAI), urease and alkaline phosphatase (ALP) enzymes activities were determined in the soil. The results showed that the addition of biochar and bacteria to soil significantly increased the microbiological indices and the enzymes of alkaline phosphatase compared to the control treatment. This increase was higher in bacterial and biochar + bacterial treatments. Basal respiration (BR) in biochar, bacterial and biochar + bacteria treatments was 1.61, 2.77 and 2.73 fold compared with control, respectively. The highest amount of microbial biomass (MBC) and urea enzyme was in Biochar + bacterial treatment. In general, it can be said that biochar application and bacterial inoculation improve the microbiological properties of the soil relative to the absence of these treatments.

Keywords: Biochar, PGPR, Soil microbiological indices, Enzyme activity