نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۱۷۷-۱۱۶۵

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 6, Jan.-Feb. 2019, p. 1165-1177

تاثیر کمپوست بقایای هرس درختان بر برخی شاخص‌های میکروبیولوژیکی یک خاک آهکی در حضور میکوریز در شرایط رایزوباکس

رقیه واحدی[1*]- میرحسن رسولی صدقیانی[2]- محسن برین[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۱/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۴/۱۱

چکیده

با توجه به کمبود مواد آلی در اغلب خاک‌های ایران، بقایای هرس درختان میوه یکی از منابع مهم مواد آلی خاک به شمار می‌روند که با تبدیل شدن به کمپوست به همراه تلقیح میکوریزی می‌تواند از راهکارهای افزایش خصوصیات میکروبیولوژیک در خاک‌های آهکی باشد. از این رو، در این پژوهش تاثیر کمپوست حاصل از بقایای هرس درختان میوه در حضور تلقیح میکوریزی بر برخی شاخص‌های میکروبیولوژیکی یک خاک آهکی در قالب آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی در شرایط گلخانه‌ای در رایزوباکس اجرا گردید. فاکتورها شامل منابع آلی (کمپوست بقایای هرس، بقایای هرس و شاهد بدون ماده آلی) و خاک (خاک ریزوسفر و غیرریزوسفر) در شرایط تلقیح میکوریزی بودند. پس از پایان دوره رشد گیاه گندم، کربن آلی (OC)، کربن زیست توده میکروبی (MBC)، فسفر زیست توده میکروبی (MBP)، کسر متابولیکی (qCO_2)، بهر میکروبی (MBC/OC) و شاخص قابلیت دسترسی به کربن (CAI)، فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز اسیدی (ACP) و قلیایی (ALP) و نیز درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه در خاک‌های ریزوسفری و غیرریزوسفری تعیین گردید. نتایج نشان داد که کاربرد کمپوست باعث افزایش OC، MBC، MBP و کاهش MBC/MBP نسبت به تیمار شاهد شد. به طوریکه کمپوست بقایای هرسOC، MBC وMBP را به ترتیب ۸/۰۸، ۴۶/۷۹ و ۳۷/۱۸ درصد در خاک ریزوسفر نسبت به غیرریزوسفر افزایش داد. بقایای هرس موجب افزایش ۱/۴۵، ۱/۲۶ و ۱/۳ برابری به ترتیب در qCO_2، CAI وACP در خاک ریزوسفری در مقایسه با غیرریزوسفر شد. در حالی که بیشترین میزان بهر میکروبی در تیمار شاهد بدون ماده آلی بود. همچنین، بیشترین فعالیت ALP و درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه را کمپوست بقایای هرس در خاک ریزوسفری به خود اختصاص داد.

واژه‌های کلیدی: ماده آلی، ریزوسفر، کیفیت خاک، ریزموجودات

مقدمه

ماده آلی نه تنها منبع عمده عنصرهای غذایی است بلکه با تشدید فعالیت زیستی در خاک به چرخش بهتر مواد غذایی کمک می‌کند بنابراین ماده آلی یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک می‌باشد (۱۶). وجود ماده آلی بیشتر در خاک به تأمین بیشتر انرژی، کربن و عناصر غذایی و در نهایت فعالیت میکروبی بیشتر منجر می‌شود (۳۴). سالانه میلیون‌ها تن ضایعات هرس درختان میوه در سطح کشور تولید می‌شود که می‌تواند سهمی زیادی در تامین و تقویت ماده آلی خاک داشته باشد، ولی قسمت اعظم آن سوزانده شده یا در محیط رها می‌گردد. در یک آزمایش طولانی مدت (۷ ساله) سوزاندن بقایا، فعالیت‌های میکروبیولوژیکی را کاهش داد (۳۵). استفاده از این بقایای هرس درختان میوه به عنوان ماده اولیه در تهیه کمپوست در مناطقی مانند آذربایجان غربی علاوه بر تاثیرات مطلوب بر عملکرد محصولات کشاورزی و افزایش ماده آلی خاک از نظر اقتصادی به صرفه می باشد (۳۸). از بقایای حاصل از هرس درختان به‌عنوان خاک اره در صنایع کاغذ سازی استفاده می‌شد، اما در حال حاضر می‌توان از آن به دلیل قابلیت هدایت الکتریکی پایین، محتوای کم فلزات سنگین سمی و نیز توانایی ایجاد خلل وفرج و هوادهی بهتر می‌تواند به عنوان ماده اولیه یک روش مناسب جهت بهبود کیفیت کمپوست به ماده اولیه تولید کمپوست افزوده گردد (۲۲). مارینا‌ری و همکاران (۳۰) دریافتند در پایان فرآیند تولید، کمپوست‌ها حاوی جمعیت زیادی از ریزموجودات هستند و بنابراین با مصرف کمپوست علاوه بر افزودن مواد آلی و عناصر غذایی در خاک، موجودات زنده نیز به خاک وارد می‌شوند. ایقبالل و همکاران (۱۷) بیان کردند که اثرات باقیمانده کودهای گاوی و کمپوست تا چهار سال بعد از کاربرد این کودها ادامه داشته و

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: Email: rvahedi93@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jsw.v32i5.71736

می‌تواند خصوصیات کیفی خاک را بهبود دهند. کیفیت خاک علاوه بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن، دارای ارتباط نزدیکی با خصوصیات میکروبیولوژیکی آن نیز می‌باشد. در یک سیستم ریشه‌ای فعال، ترکیبات آلی به‌طور منظم به محیط ریشه گیاه آزاد می‌شوند که باعث رشد و افزایش فعالیت جامعه‌ی میکروبی خاک شده و سلامت سیستم را بهبود می‌بخشند. از آنجا که خاک بخش مهمی از محیط زیست را تشکیل می‌دهد، ارزیابی کیفیت آن به‌منظور تشخیص وضعیت کیفی محیط زیست ضروری است. برای ارزیابی تغییرات عملکردهای خاک و تغییرات آن بهتر است پارامترها و نمایه‌های زیست شیمیایی که نشان دهنده تنوع، توزیع زیستی و چگونگی فعالیت ریزموجودات خاک هستند، مورد استفاده قرار گیرند (۲۰). هرریک (۲۱) بیان نمود که شاخص‌های میکروبیولوژیک خاک از جنبه‌های مهم کیفیت خاک هستند و به همین دلیل کیفیت خاک با استفاده از خواص مختلف میکروبیولوژیک نیز اندازه‌گیری می‌شود. اصولاً خاکی که از تنوع و توزیع مناسب میکروبی برخوردار باشد و ریزموجودات آن به خوبی فعالیت کنند، از نظر کیفی در سطح بالایی است. فعالیت آنزیمی و زیست توده میکروبی (کربن و فسفر زیست توده میکروبی) از مهم‌ترین شاخص‌های میکروبی خاک محسوب می‌شوند. به نظر می‌رسد که در میان پارامترهای زیست شیمیایی در درجه اول کربن زیست توده میکروبی (۴۱ درصد) و فعالیت فسفومنواسترازها (اسیدی یا قلیایی) (۲۸درصد) بیشترین کاربرد را داشته‌اند (۲۰). فعالیت آنزیمی و زیست توده میکروبی ارتباط نزدیکی با یکدیگر دارند زیرا تبدیل عناصر آلی مهم از طریق ریزموجودات صورت می‌پذیرد. آنزیم‌های خاک تولید شده توسط میکروب‌ها، نقش کلیدی در عملکرد بیوشیمیایی، تجزیه مواد آلی و چرخه عناصر غذایی ایفا می‌کنند (۴۷). تجادا و گونزالز (۴۵) بیان کردند که عموماً افزایش در کربن زیست‌توده میکروبی، به اثرات مثبت کمپوست در خاک مربوط می‌شود. هم‌چنین مواد ساده و قابل دسترسی که کمپوست در اختیار دارد، باعث تحریک فعالیت میکروبی که منجر به افزایش جمعیت میکروبی و فعالیت آنزیمی در خاک می‌گردد. اگرچه ریشه‌های گیاه در تولید فسفومنواسترازها نقش دارند اما فسفومنواسترازهای میکروبی مانند قارچ‌های میکوریزی در هیدرولیز ترکیبات آلی خاک مؤثرتر هستند (۴۳). بنابراین راهکار دیگر بهبود کیفیت خاک استفاده از پتانسیل ریزموجودات می‌باشد. قارچ میکوریز آربوسکولار [1](AMF) در خاک قادر به تحریک و افزایش فعالیت‌های میکروبی خاک بوده و فعالیت انواع آنزیم‌ها و زیست توده میکروبی را در خاک تشدید می‌کنند. شواهدی از فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز اسیدی و قلیایی در قارچ‌های میکوریز آربسکولار وجود دارد که نشان دهنده توانایی این قارچ‌ها در استفاده از منابع آلی فسفر می‌باشد (۲۴). همچنین آزمایش‌های انجام شده در خاک‌هایی با غلظت اندک فسفر نشان داد که کلنیزاسیون میکوریزی افزایش یافته و بهبود عملکرد گندم را به دنبال داشته است (۳۷). در تعداد زیادی از مطالعات گزارش شده است که افزودن کمپوست باعث کلنیزاسیون میکوریزی ریشه، تولید اسپور و توسعه گستردگی هیف‌ها شده است و از این طریق سبب بهبود کیفیت خاک گردیده است (۱۱، ۲۶، ۴۴ و ۴۶). لیانگ و همکاران (۲۸) نشان دادند که قرار دادن ماده آلی (کمپوست) در اطراف ریزوسفر یا خارج از ریزوسفر تاثیر قابل توجهی در فعالیت میکروبی در ریزوسفر و خاک غیرریزوسفری در پی داشته است. به نظر می‌رسد که ریزوسفر آن قدر پیچیده است که نمی‌توان آن را تغییر داد، ولی می‌توان با به کاربرد ریزموجودات و همچنین افزودن ماده آلی به آن باعث تغییر در ترکیب جمعیت میکروبی ریزوسفر شد. اطلاعات در زمینه شناخت شاخص‌های میکروبیولوژیکی در ریزوسف نسبت به غیرریزوسفر خیلی ناقص و پراکنده است، علاوه بر این محیط ریزوسفر با غیرریزوسفر بسیار متفاوت است. مطالعه خاک ریزوسفری اغلب با مشکلاتی همراه است زیرا لایه خاکی که مستقیماً تحت تأثیر ریشه قرار می‌گیرد بسیار نازک بوده و از طرف دیگر توزیع ریشه در خاک بسیار گسترده است. رایزوباکس [2] از جمله ابزارهایی است که برای مطالعه تغییرات ریزوسفر مورد استفاده قرار می‌گیرد. چرا که با محدود کردن ریشه‌ها در حجم معینی از خاک، منجر به افزایش تراکم ریشه شده و نمونه‌برداری از خاک ریزوسفری را آسان می‌سازد. تاکنون درک کاملی از اثر کمپوست بقایای هرس درختان سیب و انگور و تاثیر آن‌ها بر شاخص‌های میکروبیولوژیکی در خاک‌های آهکی به دلیل وجود روابط پیچیده بین این ترکیبات در ریزوسفر گندم حاصل نشده است. لذا هدف این تحقیق تاثیر کمپوست حاصل از بقایای هرس درختان سیب و انگور در حضور قارچ میکوریزی بر کیفیت خاک در ریزوسفر گندم در شرایط رایزوباکس می‌باشد.

مواد و روش‌ها

برای انجام این پژوهش، نمونه خاک غیر زراعی مورد استفاده با بافت شنی بعد از هوا خشک کردن از غربال ۲ میلی‌متری عبور داده شد. سپس برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی به روش‌های استاندارد اندازه‌گیری شدند (۴۱) (جدول ۱). خاک مورد مطالعه جهت آزمایش گلخانه‌ای، در دستگاه اتوکلاو و با دمای ۱۲۱درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۲ ساعت استریل شد. بقایای هرس درختان سیب و انگور از باغ‌های شهرستان ارومیه جمع‌آوری شدند. همچنین کمپوست بقایای هرس درختان سیب و انگور از گلخانه تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه ارومیه تهیه گردید. در

1- Arbuscular mycorrhizal fungi

2- Rhizobox

نهایت بقایای هرس (شاخه‌های چوبی) و کمپوست بقایای هرس آسیاب و از الک ۰/۵ میلیمتری عبور داده شد. سپس برخی ویژگی‌های آن‌ها اندازه‌گیری شد (جدول ۲). برای انجام آزمون گلخانه‌ای، آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی، با سه تکرار شامل منابع آلی (بقایای هرس درختان سیب و انگور، کمپوست بقایای هرس درختان سیب و انگور و شاهد بدون ماده آلی) و خاک (خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری) در حضور میکوریز بود، که در گلخانه تحقیقاتی گروه علوم و مهندسی خاک دانشگاه ارومیه اجرا گردید. به منظورکشت گیاه از رایزوباکس استفاده شد. باکس‌های ریزوسفر در ابعاد ۲۰×۱۵×۲۰ سانتی‌متر (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 سانتی‌متر، ۲) ناحیه غیرریزوسفری به ضخامت ۵/۸ سانتی‌متر (این ناحیه در طرف دیگر ناحیه ریزوسفری نیز با همان ضخامت تکرار شد) تقسیم شد. برای انجام آزمون‌های گلخانه‌ای، بقایای هرس و کمپوست برحسب ۱/۵ درصد کربن آلی خالص به خاک (۵/۷۹۹ کیلوگرم خاک برای هر باکس) اضافه و به باکس‌ها منتقل گردید. همچنین مقدار ۸۰ میلی‌گرم فسفر از منبع خاک فسفات به عنوان منابع نامحلول فسفر در هر کیلوگرم خاک اضافه شد. برای تلقیح میکروبی از قارچ میکوریزی گونه‌ی گلوموس (*Glomus fasciculatum*) موجود در گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه استفاده گردید. مقدار قارچ میکوریزی برای هر باکس حدود ۷۰ گرم بود که به قطر نیم سانتی متر و به فاصله یک لایه مانده از سطح خاک ریزوسفری به طور یکنواخت تلقیح و توزیع گردید و بعد از تلقیح با سطحی یکنواخت از خاک پوشانده شد. برای کشت گیاه، بذرهای گندم (*Triticum aestivum L.*) رقم پیشتاز پس از ضدعفونی با هیپوکلریت سدیم ۰/۵ درصد به تعداد شش بذر در قسمت ریزوسفری رایزوباکس‌ها کشت گردیدند. پس از جوانه زدن بذرها، ۴ بوته 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 بدون فسفر استفاده گردید. در پایان پس از ۶۵ روز رایزوباکس ها باز شدند. خاک هر دو ناحیه ریزوسفری و غیرریزوسفری برداشت و به آزمایشگاه جهت اندازه‌گیری برخی ویژگی‌ها منتقل شدند. کربن آلی (۴۱)، کربن زیست توده میکروبی (۲۳)، فسفر زیست توده میکروبی (۸)، آنزیم‌های فسفومنواستراز اسیدی و قلیایی (۴۲) و نیز درصد همزیستی میکوریزی ریشه (۳۳) اندازه گیری شدند. همچنین برای برآورد کسر متابولیکی از تقسیم میزان تنفس پایه بر کربن زیست توده میکروبی (۲)، شاخص قابلیت دسترسی کربن از تقسیم تنفس برانگیخته با سوبسترا بر کربن زیست توده میکروبی (۱۳) و برای محاسبه بهر میکروبی از تقسیم کربن زیست توده میکروبی بر کربن آلی خاک (۳۲) استفاده شد. تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد با نرم افزار MSTATC و رسم نمودارها با نرم افزار Execl انجام گردید.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت گلخانه‌ای و بقایای هرس و کمپوست بقایای هرس به‌ترتیب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است. خاک مورد استفاده دارای بافت شن لومی (رس۴/۱۶، سیلت ۱۰و شن ۸۵/۸۴ درصد) است و دارای فسفر قابل دسترس پایین (۷/۶۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، کربن آلی کم (۰/۲۵ درصد)، ۱۴/۲۵درصد کربنات کلسیم معادل، غیر شور و با pH خنثی تا قلیایی ضعیف بود. تجزیه بقایا هرس سیب و انگور و کمپوست حاصل از این بقایا نشان داد که بقایای هرس درختان دارای pH اسیدی (۵/۶۴)، قابلیت هدایت الکتریکی (۲/۶۵ دسی‌زیمنس بر متر)، مقدار کربن آلی (۴۴/۲۲ درصد) و مقدار فسفر کل (۰/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. از ویژگی‌های بارز بقایای خام نسبت بالای C/N در بقایای هرس سیب و انگور (۴۰/۲۱) و مقدار بسیار کم فسفر کل آن در مقایسه با کمپوست (۰/۶۶ میلی‌گرم در کیلوگرم) بود. بقایای هرس درختان موجب کاهش pH در کمپوست تهیه شده از آن‌ها شد. هرچند pH کمپوست نسبت به بقایای هرس خام اولیه افزایش یافت ولی این افزایش تقریبا خنثی بود، بطوریکه pH کمپوست خنثی تا قلیایی ضعیف (۷/۰۵) بود. در انتهای فرآیند کمپوست سازی به دلیل کاهش میزان آمونیوم، از میزان pH کاسته می‌شود. بنابراین استفاده از کمپوست بقایای هرس در خاک‌های با pH بالا مناسب می‌باشد. همچنین قابلیت هدایت الکتریکی بالا (۱۷/۸۷ دسی‌زیمنس بر متر)، کربن آلی بالا (۳۰/۰۲ درصد) از دیگر ویژگی‌های کمپوست مصرفی بود. از مهم‌ترین مشخصه‌های کمپوست مصرفی مقدار فسفر کل (۷/۵۴ درصد) بالای آن بود.

جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شنی

Table 1- Results of some physical and chemical properties of sandy soil

بافت خاک soil texture	K_{ava}	P_{ava}	N_{Tot}	$CaCO_3$	OC	EC	pH
	mg kg^{-1}			%		dS m^{-1}	
Loamy Sand	98	7.64	0.08	14.25	0.25	0.47	7.53

جدول ۲- برخی از ویژگی‌های بقایای هرس و کمپوست حاصل از بقایای هرس درختان سیب و انگور
Table 2- Some characteristics of pruning waste and pruning waste compost of apple and grape trees

ویژگی‌ها Characteristics	واحد Unit	کمپوست بقایای هرس سیب و انگور Pruning wastes compost apple and grape	بقایای هرس The prunining wastes	
			انگور Grape	سیب Apple
pH		7.05	5.65	5.59
EC	$dS\ m^{-1}$	17.87	2.65	2.48
N	%	3.72	1.09	1.11
C	%	30.02	45.22	43.22
C/ N		7.92	41.49	38.94
P کل P (Total)	%	7.54	0.69	0.64

- کربن آلی (OC)، کربن زیست توده میکروبی (MBC)، فسفر زیست توده میکروبی (MBP)، نسبت کربن زیست توده میکروبی به فسفر زیست توده میکروبی (MBC/MBP) و بهر میکروبی (MBC/OC)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر منابع آلی بر OC، MBC، MBP، MBC/MBP و MBC/OC معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$) بود. همچنین نتایج نشانگر معنی‌دار بودن اثر اصلی خاک (ریزوسفر و غیرریزوسفر) بر OC وMBC ($p<۰/۰۰۱$)، MBP و MBC/MBP ($p<۰/۰۵$) و MBC/OC ($p<۰/۰۱$) این شاخص‌ها بود. بر اساس جدول ۳، منابع آلی تمامی مقادیر کربن آلی در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری را تحت تاثیر قرار دادند ($p<۰/۰۰۱$). بطوریکه کربن آلی خاک در کمپوست و بقایای هرس و حتی در تیمار شاهد در خاک ریزوسفری بیشتر از خاک غیرریزوسفر بود. اما بیشترین مقدار کربن آلی مربوط به تیمار کمپوست بقایای هرس (۲/۱۴ درصد) بود. به طور کلی ریزوسفر محیطی است که در آن تجمع و تجزیه ترکیبات آلی رخ می‌دهد بنابراین دور از انتظار نیست که کربن آلی در ریزوسفر بیشتر از غیر ریزوسفر باشد. با توجه به اینکه میزان کربن کمپوست مصرفی (جدول۲) نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود، بنابراین طبیعی است که این تیمار منجر به افزایش کربن آلی پس از افزوده شدن به خاگ گردد. بنظر می‌رسد که بخش کربن فعال موجود در کمپوست 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 ریزوسفری و غیرریزوسفری شده است. کربن زیست توده میکروبی در هر دو تیمار آلی در حضور قارچ میکوریزی نسبت به تیمار شاهد در هر دو سطح خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری معنی‌دار بود ($p<۰/۰۰۱$). بطوریکه کمپوست میزان کربن زیست توده میکروبی را در خاک ریزوسفری بترتیب ۱/۴۶ و ۴ برابر نسبت به خاک غیرریزوسفری و تیمار شاهد در هر دو سطح خاک افزایش داد (جدول ۳). کربن زیست توده میکروبی در نتیجه کاربرد کمپوست بدلیل تأمین بستر مناسب برای قارچ‌های میکوریزی است که فعالیت آن‌ها را تحریک می‌کند و باعث افزایش فعالیت بیولوژیکی خاک می‌شود (۱۹). زمان و همکاران (۴۸) گزارش کردند که با مصرف کمپوست زباله شهری به دلیل افزایش نیتروژن، کربن و کربن آلی محلول در خاک نقش مثبتی در افزایش کربن زیست توده میکروبی خاک دارد. که با نتایج حاصل شده از تحقیق حاضر مطابقت دارد، چرا که نتایج نشان داد مقدار کربن آلی در تیمار کمپوست نسبت به سایر تیمارها بیشتر بود. همچنین دی نیگارد و مگید (۱۵) گزارش کردند که افزودن مواد آلی منجر به افزایش MBC در خاک ریزوسفر گیاه چاودار نسبت به خاک غیرریزوسفر شد. قارچ‌های میکوریزی بعد از پایان چرخه زندگی از بین رفته و به کل زیست توده میکروبی اضافه می‌شوند بنابراین اجساد سلولی اضافه شده به خاک ریزوسفری می‌تواند دلیل افزایش کرین زیست توده میکروبی بر اثر تلقیح میکوریزی در ریزوسفر باشد (۱). قارچ میکوریز در کشت ذرت، کربن زیست توده میکروبی را بیش از ۲ برابر در خاک ریزوسفری افزایش داد (۲۷). به‌طور کلی چنین می‌توان نتیجه گرفت که ناحیه ریزوسفر مهمترین نقش را در میزان کربن زیست توده میکروبی نسبت به غیر ریزوسفر داشت. زهاو و همکاران (۴۹) گزارش کردند که کربن زیست توده میکروبی در خاک ریزوسفری بیشتر از خاک غیرریزوسفر بود. علاوه بر نقش مواد آلی بر میزان کربن زیست توده میکروبی، گیاهان نیز ترکیباتی مانند قند و اسیدهای آمینه و ویتامین‌ها را به ریزوسفر ترشح کرده و باعث اختلاف خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری شده، همچنین به واسطه‌ی ترشحات ریشه‌ای سبب افزایش کربن زیست توده میکروبی می‌شوند، چرا که ترشحات ریشه‌ای محیط ریزوسفر را

به محیطی برای فعالیت میکروبی تبدیل کرده و رشد گیاه و تولید متابولیت‌های میکروبی آن را افزایش می‌دهد (۶). فنگ و همکاران (۱۸) با مطالعه تاثیر ترکیبات گونه‌های درخت بر فعالیت آنزیمی و کربن زیست توده میکروبی در شرایط رایزوباکس مشاهده کردند که کربن زیست توده میکروبی بطور قابل توجهی در خاک ریزوسفری بیشتر از غیر ریزوسفر بود.

همانطور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود دامنه تغییرات فسفر زیست توده میکروبی در تلقیح میکوریزی تمامی تیمارها در خاک‌های ریزوسفری از ۸۱/۰۲ تا ۸/۹۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در خاک‌های غیریزوسفری از ۵۹/۰۶ تا ۳/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود ($p<۰/۰۵$). بطور کلی میزان فسفر زیست توده میکروبی در خاک ریزوسفری بیشتر از غیرریزوسفر بود. فسفر زیست توده میکروبی در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری تیمار تلقیح میکوریزی کمپوست نسبت به تیمار بقایای هرس بترتیب ۵/۶۶ و۹/۹۳ برابر مشاهده شد (جدول۳). بابالولا و همکاران (۴) گزارش کردند که در نتیجه افزودن کمپوست بقایای گیاهی به خاک جمعیت قارچها افزایش یافته و باعث افزایش فسفر زیست توده میکروبی در خاک شد. ردل و همکاران (۳۶) گزارش کردند که با افزودن کمپوست به خاک ارتباط مثبتی در خاک بین فسفر زیست توده میکروبی و فسفر اولسن (عصاره‌گیری با بی‌کربنات سدیم) وجود داشت. که با نتایج حاصل شده از این تحقیق مطابقت دارد چرا که نتایج نشان داد تیمار کمپوست مصرفی بیشترین فسفر قابل استفاده را نسبت به سایر تیمارها در خاک داشت (جدول۲). مارشنر و همکاران (۳۱) گزارش کردند که خاک ریزوسفری گندم منجر به افزایش معنی‌دار فسفر زیست توده میکروبی نسبت به خاک غیرریزوسفری از pH ۴/۴ تا ۸/۷ گردید. نتایج نشان داد که در خاک تیمار شده با کمپوست همراه با تلقیح میکوریزی نسبت کربن زیست توده میکروبی به فسفر زیست توده میکروبی بطور معنی‌دار در خاک ریزوسفری و حتی غیرریزوسفری نسبت به سایر تیمارها کاهش یافت ($p<۰/۰۵$). البته این نسبت بر عکس سایر تیمارها در تیمار بقایای هرس در خاک ریزوسفری بیشتر از غیرریزوسفر بود (جدول۳). هر چند در سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری مشاهده نشد. بطور کلی احتمالا نیاز ریزموجودات در خاک ریزوسفری به فسفر بیشتر از غیرریزوسفر بوده است. نسبت کربن زیست توده میکروبی به فسفر زیست توده میکروبی بیانگر نیاز ریزموجودات خاک به فسفر، شاخصی از طبیعت ریزموجودات خاک و نیز کنترل فسفر قابل استفاده گیاه در این خاک‌ها از طریق چرخه میکروبی باشد. با توجه به اینکه میزان فسفر در بقایای هرس مصرفی کم بود (جدول۲). بنابراین بقایای هرس بعد از افزوده شدن به خاک احتمالا در مقایسه با کمپوست مصرفی (میزان بالای فسفر) سبب افزایش فسفر قابل دسترس خاک نشده است. چرا که چالوهان و همکاران (۱۲) گزارش کردند دامنه نسبت کربن زیست توده میکروبی به فسفر زیست توده میکروبی در خاک‌های با قابلیت دسترسی پایین فسفر ۱-۴۵ و در خاک‌های با دسترسی بالای فسفر ۱-۱۲می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین بهر میکروبی در جدول ۳ نشان می‌دهد که نسبت کربن زیست توده میکروبی به کربن آلی خاک (بهر میکروبی) در تیمار شاهد بیشترین مقدار را در مقایسه با سایر تیمارها به خود اختصاص داد ($p<۰/۰۵$). همچنین بهر میکروبی در بین تیمارها به استثنای بقایای هرس در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری اختلاف معنی‌داری نداشت. هرچند در تمامی تیمارها این شاخص در خاک ریزوسفری (با وجود معنی‌دار نبودن بین خاک ریزوسفری و غیرریزوسفر) بیشتر بود. انتظار بر این بود که با توجه به کربن زیست توده میکروبی و نیز کربن آلی بالای خاک در تیمار کمپوست، بهر میکروبی نیز در این تیمار نسبت به سایر تیمارها بیشترین افزایش را نشان دهد، هر چند در مقایسه با بقایای هرس روند این چنین بود ولی بهر میکروبی برخلاف انتظار در تیمار شاهد بیشترین مقدار را نشان داد (جدول۳). احتمالا کربن آلی خاک تنها دلیل تغییر بهر میکروبی بوده است. اختلاف بیشتر در کربن آلی خاک تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها آلی و محدودیت کربن آلی خاک در تیمار شاهد علت افزایش بهر میکروبی تیمار شاهد بوده است. بنابراین مخرج کسر در MBC/OC نسبت به سایر تیمارها کمتر بوده و سبب افزایش نسبت MBC/OC شده است. کربن زیست توده میکروبی ۱-۵ درصد کربن آلی خاک را تشکیل می‌دهد، با این حال سینها و همکاران (۴۰) نشان دادند نسبت MBC/OC (بهر میکروبی) در خاک‌های مختلف بسیار متفاوت می‌باشد. آن‌ها با مطالعه‌ی شاخص‌های میکروبی خاک ریزوسفری در گونه‌های درختی در اکوسیستم معدن زغال سنگ نسبت کربن زیست توده میکروبی به کربن آلی خاک را ($MBC/OC=mg.kg^{-1}/mg.kg^{-1}$ = ۸/۰۳ − ۰/۵۸) گزارش کردند.

- کسر متابولیکی (qCO_2) و شاخص قابلیت دسترسی کربن (CAI)

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی و اثرات متقابل (منابع آلی × خاک) بر شاخص‌های کسر متابولیکی و قابلیت دسترسی کربن معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$) گردید. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که میزان کسر متابولیکی در تیمارهای کمپوست و شاهد در خاک ریزوسفر کمتر از خاک غیرریزوسفر بود به جز تیمار بقایای هرس که میزان کسر متابولیکی در خاک ریزوسفر (۰/۳۲) بیشتر از خاک غیرریزوسفر (۰/۲۲) بود (شکل ۱- A). اثر ریزوسفر تاثیر معنی‌داری بر قابلیت دسترسی کربن در مقایسه با غیرریزوسفر در خاک داشت، به طوریکه کاربرد بقایای هرس منجر به افزایش فعالیت این شاخص در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری شد که در خاک ریزوسفر ۱/۱۹ برابر بیشتر از خاک غیرریزوسفری بود (شکل ۱- B).

جدول۳- مقایسه میانگین منابع آلی و خاک بر کربن آلی، کربن زیست توده میکروبی، فسفر زیست توده میکروبی و نسبت کربن زیست توده میکروبی به فسفر زیست توده میکروبی در شرایط تلقیح میکوریزی

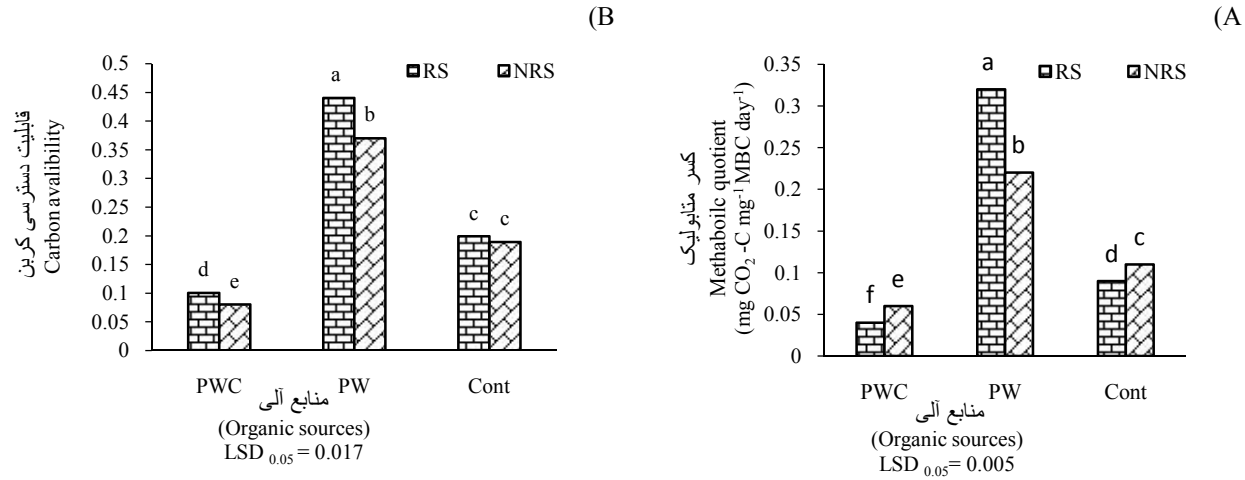
Table 3- Mean comparisons of the organic source and, organic carbon, microbial biomass carbon, microbial biomass phosphorus and ratio of microbial biomass carbon to microbial biomass phosphorus (MBC/MBP) in mycorrhizal inoculation

		کربن آلی OC	کربن زیست توده میکروبی MBC	فسفر زیست توده میکروبی MBP	MBC/MBP	MBC/OC
خاک Soil	%			$mg\ kg^{-1}$		%
ریزوسفر Rhizosphere	کمپوست Compost	2.14^{a}	1058^{a}	81.02^{a}	13.21^{c}	5^{b}
	بقایای هرس Pruning waste	1.01^{c}	528.3^{c}	14.32^{c}	62.86^{a}	5^{b}
	شاهد Control	0.39^{e}	428.3^{d}	8.98^{c}	49.95^{b}	11^{a}
غیر ریزوسفر Non-rhizospher	کمپوست Compost	1.98^{b}	725.6^{b}	59.06^{b}	12.39^{c}	$4b^{c}$
	بقایای هرس Pruning waste	0.94^{d}	264.1^{e}	5.95^{c}	45.25^{b}	3^{c}
	شاهد Control	0.27^{f}	265.5^{e}	3.88^{c}	42.82^{b}	10^{ab}
$LSD_{0.05}$		0.05	22.88	10.49	9.25	0.01

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

Means followed by the same letters are not significantly different according to Duncan's multiple range test at the level $p<0.05$.

دور از انتظار نبود که این تیمار بقایای هرس موجب افزایش qCO_2 شود چرا که این شاخص در شرایط ناپایدار و حضور تنش‌های محیطی مختلف و شرایط نامساعد برای فعالیت میکروب‌ها افزایش می‌یابد (۹). یکی از این شرایط نامساعد ایجاد شده برای فعالیت میکروب‌ها در تیمار بقایای هرس میزان C/N بالای بقایای هرس مصرفی (جدول ۲) بود. بوستامانت و همکاران (۱۰) مشاهده کردند که علی رغم جمعیت میکروبی بالا در ضایعات انگور، qCO_2 بدلیل بالا بودن C/N بالا بود. شکل آبادی و همکاران (۳۹) برای تفاوت کسر متابولیکی در خاک ریزوسفر و غیرریزوسفر دو فرضیه پیشنهاد کردند : فرضیه اول، میزان کسر متابولیکی کمتر نشان دهنده سطح پایین تنش در جامعه میکروبی خاک ریزوسفری است، فرضیه دوم کسر متابولیکی کمتر نشان دهنده‌ی تغییر در ترکیب جامعه‌ی میکروبی و افزایش جمعیت قارچها می‌باشد. براساس فرضیه دوم می‌توان نتیجه گرفت اگر کسر متابولیکی در ریزوسفر بالا باشد افزایش در جمعیت قارچها میکوریزی رخ داده است که با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد چرا که تیمار بقایای هرس کمترین مقدار کربن زیست توده میکروبی را در مقایسه با کمپوست داشت. با توجه به اینکه ریشه موجود در خاک ریزوسفری مهم‌ترین منبع تولید کربن برای ریزموجودات هتروتروف خاک می‌باشد (۱۴). لذا با توجه به شکلB-۲ که تصدیقی بر فرضیه دوم می‌باشد، می‌توان چنین بیان کرد احتمالاجمعیت قارچ میکوریزی در ریزوسفر افزایش پیدا کرده و این افزایش باعث افزایش کسر متابولیکی و افزایش شاخص قابلیت دسترسی کربن در ریزوسفر بقایای هرس شده است.



شکل۱- مقایسه میانگین منابع آلی و خاک بر شاخص‌های کسر متابولیکی و قابلیت دسترسی کربن در شرایط تلقیح میکوریزی

Figure 1- Mean comparison of the organic sources and soil on methabolic quotient index and carbon avalibility in mycorrhizal inoculation.

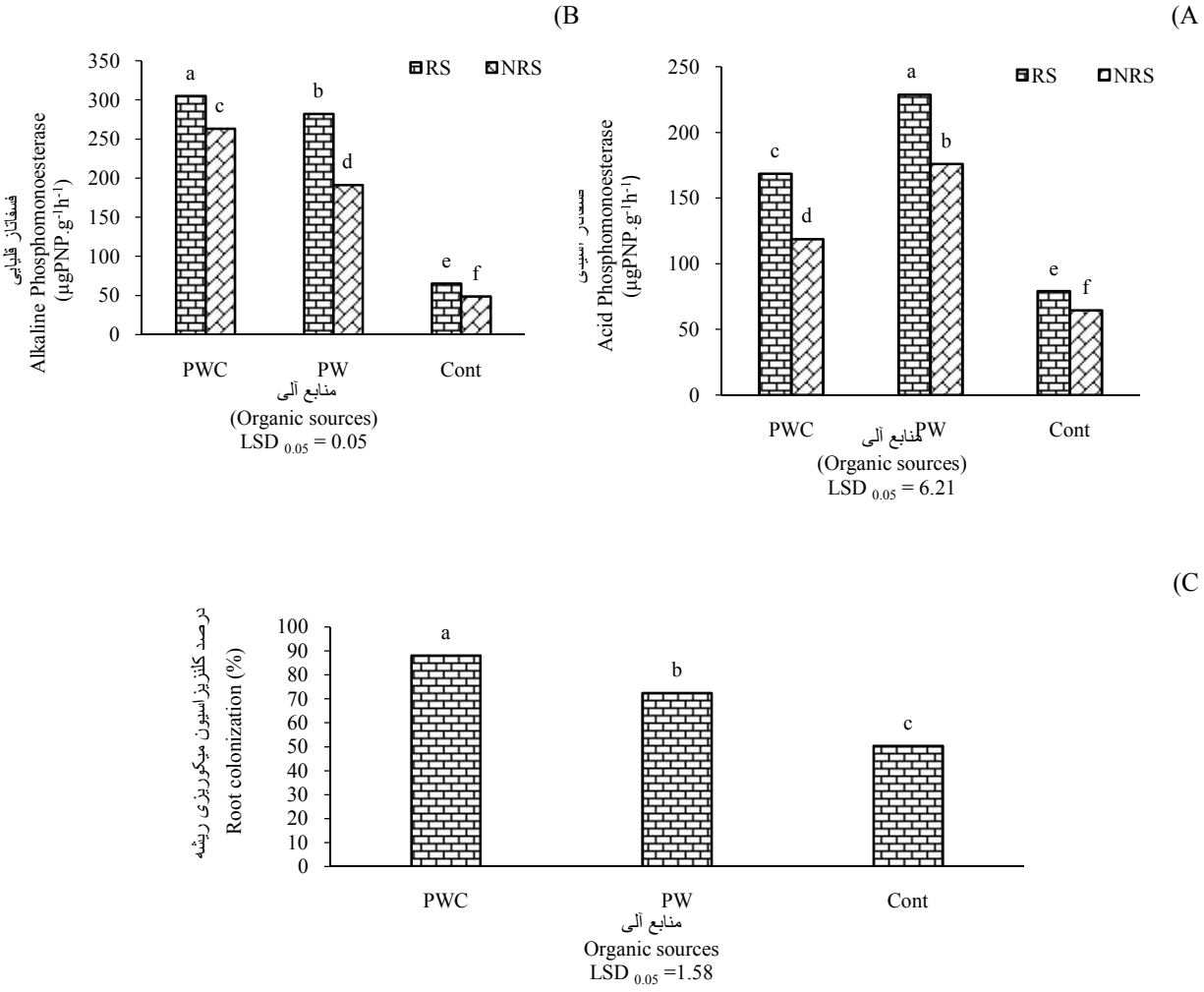
CRP، RP، Cont، RS و NRS به‌ترتیب کمپوست بقایای هرس، بقایای هرس، شاهد بدون ماده آلی، خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری

CRP, RP, Cont, RS and NRS, respectively pruning waste compost, pruning waste, control (without organic matter), rhizospher soil and non-rhizospher soil

- فعالیت فسفومنواستراز اسیدی، قلیایی و درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه

نتایج نشان داد که در تیمارهای ماده آلی حتی در تیمار بدون ماده آلی تلقیح میکوریزی تاثیر معنی‌داری (p<۰/۰۰۱) بر فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری داشت (شکل ۲). اثر ریزوسفر تاثیر معنی‌داری بر میزان فعالیت آنزیم فسفومنواستراز اسیدی در مقایسه با غیرریزوسفر در خاک داشت، بطوریکه کاربرد بقایای هرس منجربه افزایش فعالیت آنزیم فسفومنواستراز اسیدی در خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری شد که در خاک ریزوسفر ۱/۳۰ برابر بیشتر از خاک غیرریزوسفری بود (شکل ۲-A). با توجه به اینکه بقایای هرس مصرفی (جدول ۲) حاوی فسفر قابل جذب پایین بود این احتمال می‌رود که پس از افزودن به خاک نتوانسته نیاز گیاه را برآورده سازد زیرا فعالیت فسفومنواستراز اسیدی به سطح کمبود فسفر در تغذیه گیاه مربوط می‌باشد (۲۲ و ۲۹). تیمارهای آلی به‌طور معنی‌دار میزان آنزیم فسفومنواستراز قلیایی را در هر دو سطح خاک (ریزوسفری و غیرریزوسفری) نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. نتایج نشان داد که کمپوست بقایای هرس سبب افزایش (۱/۱۶ برابری) فعالیت آنزیم فسفومنواستراز قلیایی در ریزوسفر نسبت به غیرریزوسفر گردید و نیز تفاوت معنی‌داری با هر دو سطح خاک تیمار بقایای هرس و شاهد داشت (شکل ۲-B). افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز قلیایی خاک در تیمار کمپوست افزوده شده نسبت به بقایای هرس و شاهد را احتمالا می‌توان به افزایش زیست توده میکروبی در پاسخ به ماده آلی افزوده شده، عناصر غذایی خاک و بهبود خصوصیات خاک (فیزیکی، شیمایی و بیولوژیکی) نظیر ظرفیت نگهداشت مواد غذایی و آب نسبت داد. همچنین عملکرد بهتر کمپوست در افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز در مقایسه با بقایای هرس نشان‌دهنده تجزیه بالای کمپوست بقایای هرس و نیتروژن سهل‌الوصول در ترکیب آن در نتیجه افزایش بهتر تحریک فعالیت میکروبی بود. حضور مواد غذایی سهل التجزیه و نیتروژن سهل الوصول کافی در ترکیب پسماند، موجب افزایش فعالیت این آنزیم می‌گردد (۲۵). کاهش فعالیت آنزیم فسفومنواستراز اسیدی با افزودن کمپوست به خاک دور از انتظار نبود چرا که خاک مورد مطالعه و کمپوست بقایای هرس با pH قلیایی برای فعالیت این آنزیم مناسب نبود. افزایش فعالیت فسفومنواستراز در خاک ریزوسفری نسبت به غیرریزوسفر را می‌توان ناشی از فعالیت میکروبی و ریشه‌ای گیاه نسبت داد (۴۳). همچنین بالیک و همکاران (۵) با مطالعه تاثیر کود آلی بر فعالیت‌های آنزیم‌های فسفومنواستراز در ریزوسفر گیاهان با استفاده از رایزوباکس گزارش کردند که فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز اسیدی و قلیایی بطور معنی‌داری نسبت به خاک غیرریزوسفری افزایش یافت. نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار منابع آلی و قارچ‌های میکوریزی بر درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه بود (p<۰/۰۰۱). قارچ‌های میکوریزی همراه با تیمارهای آلی منجر به افزایش درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه نسبت به تیمار شاهد شدند (شکل۲-C). تیمار کمپوست بالاترین درصد کلنیزاسیون را به خود اختصاص داد که نسبت به تیمار شاهد ۷۵/۰۳ درصد افزایش دادند. نتایج بدست آمده نشان داد که کربن آلی خاک در

کمپوست بالاترین میزان کربن آلی خاک را به خود اختصاص داد. بنابراین در خاک‌هایی که مقدار درصد مواد آلی و کربن خاک بیشتر باشد، درصد کلنیزاسیون قارچ میکوریز آربسکولار نیز بیشتر است. جریان کربن به خاک از طریق قارچ‌های میکوریز باعث می‌شود که در برخی از میکوریزها، هیف خارجی، آنزیم‌های هیدرولیز کننده از قبیل فسفومنواستراز تولید کنند که می‌تواند تاثیر مهمی بر معدنی شدن مواد آلی و قابل دسترس شدن مواد غذایی و همچنین با بهبود شرایط فیزیکی خاک محیط مناسبی را برای گسترش و فعالیت ریزموجودات و فرآیندهای زیستی خاک فراهم کند (۳). مادر و همکاران (۲۹) گزارش کردند که افزودن کمپوست به خاک منجر به افزایش ۳۰-۶۰ درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه در ریزوسفر گندم شد.



شکل۲- مقایسه میانگین منابع آلی و خاک بر فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز اسیدی و قلیایی در شرایط تلقیح میکوریزی (شکل A و B) و اثر منابع آلی بر درصد کلنیزاسیون میکوریزی ریشه (شکل C)

Figure 2- Mean comparison of the organic sources and soil on on activity of acid and alkaline phosphomonoesterase enzymes in mycorrhizal inoculation (Fig A and B) and effect of the organic sources on root colonization mycorrhizal.

CRP، RP، Cont، RS و NRS به‌ترتیب کمپوست بقایای هرس، بقایای هرس، شاهد بدون ماده آلی، خاک ریزوسفری و غیرریزوسفری

PWC, PW, Cont, RS and NRS, respectively pruning waste compost, pruning waste, control (without organic matter), rhizospher soil and non-rhizospher soil

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که ویژگی‌های متفاوت کمپوست و بقایای هرس در حضور قارچ میکوریز می‌تواند منجر به افزایش شاخص‌های بیولوژیک در منطقه ریزوسفر نسبت به خاک غیرریزوسفر گردد. به دنبال کاربرد مواد آلی به ویژه کمپوست، ریزموجودات به سرعت رشد کرده و منجر به افزایش فعالیت‌های میکروبیولوژیکی همانند افزایش فعالیت آنزیم‌های فسفومنواستراز، کربن و فسفر زیست‌توده میکروبی در ریزوسفر خاک گردید. همچنین افزایش کلنیزاسیون میکوریزی ریشه با کاربرد کمپوست در شرایط تلقیح میکوریزی فعالیت‌های آنزیمی و زیست توده میکروبی را تحت تاثیر قرار داد. در نتیجه چنین می‌توان بیان کرد که افزایش فعالیت فسفومنواسترازها و زیست توده میکروبی و همچنین کاهش کسر متابولیکی در خاک توسط کاربرد مواد آلی همانند کمپوست در حضور قارچ میکوریزی در بهبود کیفیت خاک مورد مطالعه موثر واقع گردید. بطور کلی می‌توان این گونه بیان نمود که اثرات متقابل منابع آلی و خاک در شرایط تلقیح میکوریزی با استفاده از مکانیسم‌های متعددی بر ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک تاثیر گذاشته و منجر به ایجاد اختلاف در منطقه ریزوسفر نسبت به غیرریزوسفر می‌گردد. چرا که نتایج پژوهش نشان داد که فرایندهای بیوژئوشیمیایی ریزوسفر وابسته به عوامل مختلفی از جمله تجزیه مواد آلی بر اثر فعالیت ریزموجودات، تجمع و تجزیه ترکیبات آلی افزوده شده به خاک، آزاد سازی عناصر در طول معدنی شدن مواد آلی، ترشح آنزیم توسط ریزموجودات و ریشه، افزایش کسر متابولیکی احتمالا بدلیل C/N بالای ماده آلی (بقایای هرس) افزوده شده ممکن است باعث ایجاد نتایجی متفاوت در ویژگی‌های شیمیایی و بیولوژیکی خاک ریزوسفری در مقایسه با غیرریزوسفر گردد. لذا استفاده از مواد آلی اصلاحی یا کودهای آلی به ویژه کمپوست و استفاده از ریزموجودات در تلفیق با هم مکمل بسیار مناسبی برای کودهای شیمیایی و خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف زیاد این کودها و هزینه‌های هنگفت آن‌ها می‌باشد. چرا که استفاده از مواد آلی اصلاحی و پتانسیل بیولوژیکی ریزموجودات یکی از مهمترین راه‌های حفظ بیلان کربن آلی خاک، کمک به تشدید فعالیت‌های بیولوژیکی می‌باشد.

منابع

1. Aghababaei F., Raiesi F., and Hosseinpur 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. (in Persian with English abstract)
2. 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.
3. Anwar M., Patra D.D., Chand S., Alpesh K., Naqvi A.A., and Khanuja S.P.S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 1737-1746.
4. Babalola O.A., Adesodun J.K., Olasantan F.O., and Adekunle A.F. 2012. Responses of some soil biological, chemical and physical properties to short-term compost amendment. International Journal of Soil Science, 7: 28-38.
5. Balík J., Pavlíková D., and Vaněk V. 2007. The influence of long-term sewage sludge application on the activity of phosphatases in the rhizosphere of plants. Plant and Soil Environmental, 53: 375–381.
6. Benizri E., Nguyen C., Piutti S., Slezack-Deschaumes S., and Philippot L. 2007.Additions of maize root mucilage to soil changed the structure of the bacterial community. Soil Biology and Biochemistry, 39: 1230–1233.
7. Borken W., Muhs A., and Beese F. 2002. Changes in microbial and soil properties following compost treatment of degraded temperate forest soils. Soil Biology and Biochemistry, 34: 403–412.
8. 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.
9. Bunemann E.K., Schwenke G.D., and Van Zwieten L. 2006. Impact of agricultural inputs on soil organisms-a rewiew. Australian Journal of Soil Research, 44(4):379-406.
10. Bustamante M.A., Perez-Murcia M.D., Paredes C., Moral R., Pe´rez-Espinosa A., and Moreno-Caselles J. 2007. Short-term carbon and nitrogen mineralisation in soil amended with winery and distillery organic wastes. Bioresource Technology, 98: 3269–3277.
11. Cavagnaro, T.R. 2015. Biologically regulated nutrient supply systems: compost and arbuscular mycorrhizas-a review. Advances in Agronomy Journal, 129: 293–321.
12. Chauhan B.S., Stewart J.W.B., and Paul E.A. 1981. Effect of labile inorganic phosphate status and organic carbon additions on the microbial uptake of phosphorus in soil. Canadian Journal of Soil Science, 61: 373–385.
13. Cheng W., Coleman D.C., Carroll C.R., and Hoffman C.A. 1993. In situ measurements of root respiration and soluble carbon concentrations in the rhizosphere. Soil Biology and Biochemistry, 25: 1189-1196.

14. Das P., Samantaray S., and Rout G.R. 1997. Studies on cadmium toxicity in plants: a review. Environmental Pollution Journal, 98: 29-36.
15. De Neergaard A., and Magid J. 2001. Influence of the rhizosphere on microbial biomass and recently formed organic matter. European Journal of Soil Science, 52: 377-384.
16. Duong T.T.T., Penfold C., and Marschner P. 2012. Differential effects of composts on properties of soils with different textures. Biology and Fertility of Soils, 48, 699–707.
17. Eghball B., Ginting D., and Gilley J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. Agronomy Journal, 96: 442- 447.
18. Fang S., Liu D., Tian Y. Deng S., and Shang X. 2013. Tree Species Composition Influences Enzyme Activities and Microbial Biomass in the Rhizosphere: A Rhizobox Approach. PLoS ONE, 18: e61461.
19. 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.
20. Gil-Sotres F., Trasar-Cepeda C., Leiros M.C., and Seoane S. 2005. Different approaches to evaluating soil quality using biochemical properties. Soil Biology and Biochemistry, 37:877–887.
21. Herrick J.E. 2000. Soil quality: an indicator of sustainable land management. Applied Soil Ecology, 15: 75-83.
22. Imbeah M. 1997. Composting Piggery Waste: A Review. Bioresource Technology, 63: 197-203.
23. 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.
24. Kojima T., Hayatsu M., and Saito M. 1998. Intraradical hyphae phosphatase of the arbuscular mycorrhizal fungus, Gigaspora margarita. Biology and Fertility of Soil, 26(4): 331-335.
25. Kourtev P.S., Ehrenfeld J.G., and Häggblom M .2003. Experimental analysis of the effect of exotic and native plant species on the structure and function of soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry, 35: 895- 905.
26. Labidi S., Nasr H., Zouaghi M., and Wallander H. 2007. Effects of compost addition on extra-radical growth of arbuscular mycorrhizal fungi in Acacia tortilis ssp. raddiana savanna in a pre-Saharan area. Appl. Soil Ecology, 35: 184–192.
27. Li H., Shao H., Li W., Bi R., and Bai Z. 2012. Improving soil enzyme activities and related quality properties of reclaimed soil by applying weathered coal in opencast-mining areas of the Chinese Loess Plateau. Clean Soil Air Water, 40:233–238.
28. Liang Y., Nikolic 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.
29. Mäder P., Edenhofer S., Boller T., Wiemken A., and Niggli U. 2000. Arbuscular mycorrhizae in a long-term field trial comparing low-input (organic biological) and high-input (conventional) farming systems in a crop rotation. Biology and Fertility of Soils, 31:150-156.
30. Marinari S., Masciandaro G., Ceccanti B., and Grego S. 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology, 72: 9-17.
31. Marschner P., Solaiman Z.M., and Rengel Z. 2005. Growth phosphorus uptake and rhizosphere microbial community composition of a phosphorus-efficient wheat cultivar in soils differing in pH. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 343-351.
32. Martens R., 1991. Methoden zur quantitative Bestimmung und Charakterisierungder mikrobiellen biomasse in Böden. Eigenverlag des institutes für Bodenbiologie der FAL Braunschweig.
33. Norris J.R., Read D.J., and Varma AK. 1992. Methods in Microbiology, Volume 24, Techniques for the Study of Mycorrhiza, Academic Press, London.
34. Pane C., Piccolo A., Spaccini R., Celano G., Villecco D., and Zaccardelli M. 2013. Agricultural waste-based composts exhibiting suppressivity to diseases caused by the phytopathogenic soil-borne fungi Rhizoctonia solani and Sclerotinia minor. Applied Soil Ecology, 65: 43–51.
35. Rasmussen P.E., and Albrecht S.L. 1998. Crop management effects on organic carbon in semi-arid Pacific Northwest soils. In: Lal, R., et al. (Eds.), Management of Carbon Sequestration in Soil. CRC Press, Boca Raton, FL, 209–219.
36. Redel Y., Escudey M., Alvear M., Conrad J., and Borie F. 2011. Effects of tillage and crop rotation on chemical phosphorus forms and some related biological activities in a Chilean Ultisol. Soil Use Management, 27: 221–228.
37. Ruiz-Lozano J.M., and Azcon R. 2000. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal Glomus sp. from saline soils and Glomus deserticola under salinity. Mycorrhiza, 10: 137-143.
38. Santos J.A., Nunes L. A.P.L., Melo W.J., and Araujo A.S.F. 2011. Tannery sludge compost amendment rates on soil microbial biomass of two different soils. Soil Biology and Biochemistry, 47: 146–151.
39. Sheklabadi M., Khademi H., Eghbal M., and Nourbakhsh F. 2007. Effects of climateand long-term grazing exclusion on selected soil biological quality indicators in rangelandsof central Zagros.Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 41:103–116. (in Persian with English abstract)
40. Sinha S., Masto R.E., Ram L.C., Selvi V.A., Srivastava N.K., Tripathi R.C., and George J. 2009. Rhizosphere soil microbial index of tree species in a coal mining ecosystem, Soil Biology and Biochemistry, 41: 1824–1832.

41. 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. p.1390. Methods of soil analysis Part 3- Chemical methods. Soil Science Society of America Book Ser. 5, Madison, Wiscons in, USA.
42. 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.
43. Tarafdar J.C., and Jungk A. 1987. Phosphatase activity in the rhizosphere and its relation to the depletion of soil organic phosphorus. Biology and Fertility of Soils, 3:199-204.
44. Tanwar A., Aggarwal A., Yadav A., and Parkash V. 2013. Screening and selection of efficient host and sugarcane bagasse as substrate for mass multiplication of Funneliformis mosseae. Biological Agriculture and Horticulture, 29: 107–117.
45. 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.
46. Valarini P. J., Curaqueo G., Seguel A., Manzano K., Rubio R., Cornejo P., Borie F. 2009. Effect of compost application on some properties of a volcanic soil from central South Chile. Journal of Agricultural Research, 69: 416–425.
47. Waldrop M.P., Zak D.R., Sinsabaugh R.L., Gallo M., and Lauber C. 2004. Nitrogen deposition modifies soil carbon storage through changes in microbial enzymatic activity. Ecological Applications. 14(4): 1172-1177.
48. Zaman M., Matsushima M., Chang S., Inubushi K., Nguyen L., Goto S., Kanek O.F., and Yoneyama T. 2004. Nitrogen mineralization, N2O production and soil microbiological prosperities as affected by long-term application of sewage sludge composts. Biology and Fertility of Soils, 40: 101 – 109.
49. Zhao Q., Zeng D., and Fan Z. 2010. Nitrogen and phosphorus transformations in the rhizosphere of three tree species in a nutrient-poor sandy soil. Applied Soil Ecology, 46: 341-346.

Journal of Water and Soil
Vol. 32, No. 6, Jan.-Feb. 2019, p. 1165-1177

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۶، بهمن-اسفند ۱۳۹۷، ص. ۱۱۷۷-۱۱۶۵

Effect of the Compost of Trees Pruning Wastes on Some Microbiological Indices of a Calcareous Soil in the Presence of Mycorrhiza under Rhizobox Conditions

R. Vahedi[1*] - M.H. Rasouli-Sadaghiai[2] - M. Barin[3]

Received: 09-04-2018
Accepted: 02-07-2018

Introduction: Trees pruning wastes by turning into compost and adding to soil improves the physical, chemical and biological properties of the soil. Soil biological indices are important aspects of soil quality, so soil quality is measured using different biological properties. The organic compounds are regularly released from plants into the rhizosphere, which increase the activity of the soil microbial community and improve the health of the soil. The organic matter such as compost, stimulates microbial activity like the enzymatic activity and microbial biomass in the soil. Another method to improve soil quality is the use of the microorganisms potential. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in soil can stimulate and increase soil microbial activity and also improve the activity of enzymes and microbial biomass in soil. The application of microorganisms and the addition of the organic matter to the rhizosphere can change the microbial communication composition of the rhizosphere. The Limiting roots to investigate the biological and chemical changes and the extent of these properties in the rhizosphere are challenges that have been less addressed. The rhizobox is one of the used tools to study the rhizosphere changes. The main objective of the present study was to investigate the effects of the compost prepared from pruning wastes of apples and grapes trees and also pruning wastes of apples and grapes trees on soil quality, in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi, in rhizosphere of the wheat under the rhizobox conditions.

Materials and Methods; The present study was carried out in a completely randomized factorial design with three replications in rhizobox under greenhouse condition. The factors included the organic matter (compost of trees pruning wastes, trees pruning wastes and control) and soil (the rhizosphere and non-rhizosphere soil) in mycorrhizal inoculation conditions. The soil sample with light texture and low available phosphorus was prepared. The pruning wastes of apple and grape trees were collected from urmia orchards. Also, the compost of trees pruning wastes was prepared from the research greenhouse of Urmia University. The compost and pruning wastes were ground and crushed and then passed through a 0.5 mm sieve for the greenhouse experiment. The plants were planted in the rhizobox with the dimensions of 20 × 15 × 20 cm (length × width × height). The compost and pruning wastes were added to the boxes based on 1.5% pure organic carbon (each box contained 5.799 kg of soil). *Glomus fasciulatum as mycorrhizal inoculation was used.* The control treatments contained sterile soil with mycorrhizal inoculation and without organic matter. The wheat seeds (*Triticumae stivum L.*) of Pishtaz cultivar were grown in rhizoboxes. At the end of the growth period, organic carbon (OC) by Walkley-Black method, microbial biomass carbon (MBC) and microbial biomass phosphorus (MBP) by fumigation extraction method, metabolic quotient index (qCO_2) (microbial respiration per unit of biomass), microbial quotient index (microbial biomass carbon per unit of organic carbon), carbon availability index (CAI) (substrate-induced respiration/microbial biomass ratio), colonization Percentage of arbuscular mycorrhizal fungi, and acid (ACP) and alkaline (ALP) phosphomonoesterase enzymes activities by spectrophotometry method, were determined.

Results and Discussion: The results showed that the application of compost significantly increased organic carbon, microbial biomass carbon, microbial biomass phosphorus and decreased MBC/MBP compared with the control treatment. Furthermore, compost increased the organic carbon, microbial biomass carbon and microbial biomass phosphorus in the rhizosphere soil by 8.08, 45.79 and 37.18 % compared with the non-rhizosphere soil, respectively. The pruning wastes increased 1.45, 1.26 and 1.30 fold metabolic quotient, carbon availability and acid phosphomonoesterase activity in the rhizosphere compared with non-rhizosphere soil, respectively. The highest activity of the alkaline phosphomonoesterase enzyme and the percentage of mycorrhizal root colonization were also related to pruning waste treatments in rhizosphere soils.

Conclusions: Different characteristics of the organic matter and the microbial inoculation led to an increase in the biological indices in the rhizosphere zone compared with non-rhizosphere soils. The application of organic matter in the soil, along with microbial inoculation, will accelerate the biological activity of the soil and thus contributes to a better

1, 2 and 3- MSc Student, Professor and Assistant Professor, Department of Soil Science, Urmia University, Iran
(*- Corresponding Author Email: rvahedi93@yahoo.com)

cycle of nutrients in the soil. Following the application of organic matter, microorganisms rapidly grew and led to an increase in biological activity, such as increase activity of phosphomonoesterase enzymes, carbon and phosphorus of microbial biomass in the rhizosphere. It could be argued that increased activity of phosphomonoesterases and the microbial biomass and decreased metabolic quotient in the soil were influenced by the application of the organic materials and mycorrhizal inoculation. The findings of this study have a number of important implications for future practice. Therefore, the use of the organic materials and biological potential of the microorganisms are one of the most important tools to maintain organic carbon balance of the soil, contributing to the stimulation of soil microbiological activities.

Keywords: Microorganisms**,** Organic matter, Rhizosphere, Soil quality