نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۱، ص. ۵۶۲-۵۵۴

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 3, Jul-Aug 2012, p. 554-562

تأثیر کاربرد لجن فاضلاب و لجن فاضلاب غنی شده با کود شیمیایی بر میزان کربن آلی، تنفس و فعالیت آنزیمی خاک تحت کشت گیاه ریحان

حمید دهقان منشادی[1*]- محمدعلی بهمنیار[2]- امیر لکزیان[3]- سروش سالک گیلانی[4]

تاریخ دریافت:۸۹/۳/۱۱
تاریخ پذیرش:۹۱/۲/۱۰

چکیده

لجن فاضلاب با دارا بودن مواد آلی به عنوان منبعی کلان از عناصر میکرو و ماکرو به شمار می‌رود. بـه منظـور بررسـی اثـرات مقـادیر و دوره‌هـای مختلف کاربرد لجن فاضلاب بر میزان ماده آلی، تنفس و فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی، تحقیقی با طرح فاکتوریل، در ۳ تکرار اجراء گردید. لجن فاضلاب در پنج سطح، ۲۰ و ۴۰ تن لجن فاضلاب، ۲۰ و ۴۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی در هکتار و بدون مصرف لجن فاضلاب بـود و دوره‌های کوددهی در سه سطح (دو، سه و چهار سال) در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که کاربرد لجن فاضلاب در کلیه سطوح، باعـث افـزایش میـزان کربن آلی خاک و تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک نسبت به شاهد گردید ($P<0/05$)، اما میزان افزایش در بـین تیمارهـا مـشابه نبـود. در هـر دو سطح، تیمار غنی شده با کود شیمیایی، میزان صفات اندازه‌گیری شده افزایش نشان داد. ضمنا میزان فعالیـت آنزیمـی و تـنفس خـاک در مقـادیر بـالای مصرف لجن فاضلاب روند کاهشی را داشت. بیشترین میزان کربن آلی در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سـال مـصرف، تنفس میکروبی خاک در تیمار ۲۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سال مصرف اندازه گیری شد. اما بیشترین میزان فسفاتاز اسـیدی و قلیایی در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب با دو سال مصرف مشاهده شد. بر اساس نتایج بدست آمده، بهترین تیمار کودی برای خـصوصیات انـدازه گیـری شده، تیمار ۲۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سال مصرف بوده است.

واژه های کلیدی: لجن فاضلاب، کربن آلی، تنفس میکروبی خاک، فسفاتاز قلیایی، فسفاتاز اسیدی

مقدمه

بیش از ۸۵ درصد خاک‌های ایران جزو خاک‌های خشک و نیمـه خشک محسوب شده و مقدار مواد آلی آن کمتـر از یـک درصـد و در بسیاری از مناطق کمتر از ۰/۵ درصد است. مواد آلی علاوه بـر اثـرات قابل ملاحظه بر خصوصیات فیزیکی، شـیمیایی و بیولـوژیکی خـاک، تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و میکرواورگانیسم‌ها نیـز می باشد (۴). برای جبران کمبود مواد آلی، استفاده از کودها و اصـلاح کننده‌های آلـی از جملـه لجـن فاضـلاب بـه صـورت گـسترده‌ای در کشاورزی توصیه می‌شود. با این حال، لجن فاضلاب همچنین حـاوی آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین، ترکیبات آلی و پاتوژن های انـسانی است که در زمان استفاده در خاکهای کشاورزی بایـد در نظـر گرفتـه شود (۱۴).

استفاده از لجن فاضلاب، به علت افزایش کربن و مواد غـذایی در دسترس، می‌تواند باعث تحریک فعالیت‌های میکروبی گردیـده یـا بـه دلیل وجود فلـزات سـنگین و دیگـر آلاینـده‌هـا از فعالیـت میکروبـی جلوگیری نماید (۸). بنابراین، رفتار جمعیت میکروبی بستگی به کیفیت و میزان پس مانده‌های اضافه شده به خـاک دارد. بیـومس میکروبـی، تنفس پایه، ضریب متابولیکی (qCO_2) و فعالیت آنزیمـی، بـه عنـوان شاخص‌های ارزیابی کیفیت خاک مورد اسـتفاده قـرار مـی‌گیرنـد (۸). تنفس خاک، ضریب متابولیکی و فعالیت آنزیمی شاخص های مناسبی از فعالیت‌های میکروبی و تغییرات رخ داده در خاک هستند (۱۰، ۱۴ و ۲۳) که این موضوع در مورد کاربرد لجن فاضلاب نیـز ارزیـابی شـده است (۶ و ۸).

فعالیت آنزیمی در خاک به عنوان یک شاخص بیولوژیک حـساس به حضور عناصر سـنگین در خـاک بـه شـمار مـی‌رود (۱۰ و ۳۱). در آزمایشی روبرت و همکاران (۲۸) اثر عناصر سمی مختلف بـر فعالیـت فسفاتاز قلیایی و اسیدی را مطالعه کردنـد، نتـایج آنهـا نـشان داد کـه

۱،۲و۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و مربی گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: Dehghan63m@yahoo.com)
۳- دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مقادیر زیاد عناصر Pb، Zn، Cu، Mn، Fe و Cd از طریق واکنش با گروه های سولفیدریل و تشکیل سولفید فلز، باعث غیر فعال شدن آنزیم‌های خاک می‌شوند. حجتی و همکاران (۱) تاثیر سطوح مختلف و دفعات کوددهی با لجن فاضلاب بر فعالیت آنزیم‌های ال گلوتامیناز، فسفاتاز قلیایی، آریل‌سولفاتاز و بتاگلوکوزیداز، شاخص بیومس میکروبی و عملکرد گیاه را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنها نشان داد که افزایش مقدار و دفعات کوددهی باعث افزایش معنی‌دار فعالیت آنزیم‌های ال گلوتامیناز، فسفاتاز قلیایی، آریل سولفاتاز، بتاگلوکوزیداز، شاخص بیومس میکروبی و عملکرد گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد شد. در هر یک از سطوح، بیشترین افزایش فعالیت آنزیمی، شاخص بیومس میکروبی و عملکرد متعلق به تیمار ۴ بار کوددهی بود.

قربانی و همکاران (۲) در بررسی تغییرات تنفس میکروبی در برابر افزایش عناصر سنگین در شرایط آزمایشگاهی، به این نتیجه رسیدند که غلظت پایین و در حد متعارف عناصر سنگین تاثیری بر تنفس خاک نخواهد داشت و فقط در غلظت های بالای عناصر سنگین مقدار تنفس خاک کاهش یابد. ضمناً تنفس میکروبی خاک، میزان در دسترس بودن مواد آلی خاک را نشان می‌دهد (۲۲) و کاربرد اصلاح کننده‌ها در خاک، عموما تنفس میکروبی را تحریک می کند (۲۴).

بنابراین، هدف از این تحقیق، مطالعه اثرات لجن فاضلاب و همچنین لجن فاضلاب به همراه کود شیمیایی بر میزان کربن آلی خاک، تنفس پایه خاک و همچنین فعالیت آنزیمی فسفاتاز قلیایی و اسیدی در خاک تحت کشت گیاه ریحان در شرایط مزرعه، می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری آغاز گردید. این منطقه در عرض جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ و میانگین ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا واقع شده است. این تحقیق در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی بصورت فاکتوریل در ۳ تکرار اجرا گردید. لجن فاضلاب در ۵ تیمار، ۲۰ تن (S_{20})، ۴۰ تن (S_{40})، ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی ($S_{20}F_{50}$)، ۴۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی ($S_{40}F_{50}$)، در هکتار و تیمار شاهد (بدون کود) (B) به خاک اضافه گردید. لجن فاضلاب مورد استفاده، از تصفیه خانه های فاضلاب شهر اصفهان تهیه شد. کودهای شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق بر اساس آزمون خاک شامل ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار، ۱۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار و ۱۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بود که یک سوم کود اوره، تمام کود فسفر و نصف کود پتاس قبل از کاشت و نصف دیگر کود پتاسه و دو سوم کود اوره در دو مرحله بصورت کود سرک مصرف شد. در تیمارهایی که ۵۰ درصد کود شیمیایی (F_{50}) داشتند نصف میزان کود شیمیایی به کار رفت. سالهای کوددهی، نیز در سه تیمار زمانی T_1، T_2 و T_3 (T_1 : دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸)، T_2 : سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T_3 : چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)) لحاظ گردید. این مطالعه از سال زراعی ۸۵ در ۱۵ کرت به ابعاد ۱۲×۳ متر اجرا گردید، در سال ۸۶ در سه چهارم کرت‌های اولیه، در سال ۸۷ در نصف کرت‌های اولیه و در سال ۸۸ در یک چهارم کرت‌های اولیه تیمارهای کودی اضافه گردید. قبل از اجرای طرح از خاک مزرعه و همچنین لجن فاضلاب مورد استفاده نمونه برداری شد و میزان هدایت الکتریکی و pH نمونه های خاک در گل اشباع به وسیله روشهای معمول اندازه گیری گردید.

جدول۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و لجن فاضلاب استفاده شده در این تحقیق

پارامتر اندازه گیری شده	واحد	خاک (شن)	خاک سیلت	خاک رس)	لجن فاضلاب
بافت خاک	%	۲۸	۵۸	۱۴	-
pH	-		۷/۸		۶/۵
هدایت الکتریکی	dS/m		۱/۸۴		۳/۳
کربن آلی	%		۱/۹		۵/۳۱
نیتروژن	%		۰/۱۶		۰/۵۶
فسفر قابل جذب	mg/kg		۲۱/۷۸		۴۷۸/۳
پتاسیم قابل جذب	mg/kg		۳۸۵/۷۴		۴۸۷۶/۱۶
نیکل کل	mg/kg		۳۸/۳۵		۱۸۳/۶۰
کادمیوم کل	mg/kg		۱/۰۶		۲/۹۸

بافت خاک به روش هیدرومتری (۳۴)، نیتروژن کل به روش کجلدال (۳۴)، فسفر قابل جذب به روش اولسون و همکاران (۲۷) و پتاسیم قابل جذب به روش استات امونیوم (۳۴) تعیین گردید، بعلاوه مقادیر نیکل و کادمیوم کل خاک، لجن فاضلاب پس از عصاره گیری با اسید کلریدریک و اسید نیتریک با دستگاه جذب اتمیک اندازه‌گیری شد (۹) (جدول ۱).

در هفته چهارم بعد از کشت گیاه ریحان در سال ۱۳۸۸ به مقدار لازم از خاک اطراف سیستم ریشه‌ای از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متری برداشته شد و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی‌متری، حدود یک گرم از آن خاک برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت فسفاتازهای اسیدی و قلیایی، پس از اضافه کردن یک میلی لیتر محلول پارانیتروفنیل سدیم فسفات به عنوان سوبسترا در حضور تامپون MUB (Modified Universal Bafer) (pH = ۱۱ برای فسفاتاز قلیایی و pH = ۶/۵ برای فسفاتاز اسیدی) برای مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد انکوباسیون گردید. آن گاه یک میلی‌لیتر $CaCl_2$ نیم مولار و ۴ میلی‌لیتر NaOH نیم مولار به آن اضافه و پس از عصاره-گیری، میزان جذب نوری در ۴۰۰ نانومتر با اسپکتروفوتومتر اندازه-گیری شد. پس از کالیبراسیون نتایج بر حسب میزان p –نیتروفنل ($\mu g\ gr^{-1} dwt\ h^{-1}$) گزارش گردید (۱۵). جهت اندازه‌گیری تنفس میکروبی مقدار ۵۰ گرم خاک عبور کرده از الک دو میلی‌متری را به رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت رسانده شد و در مجاورت ۱۰ سی‌سی NaOH ۰/۲۵ نرمال در دمای ۲۵ درجه در ظروف کاملا بسته نگهداری شد. پس از گذشت ۱۰۰ روز با فواصل زمانی (۱، ۸ ، ۱۶، ۲۳، ۳۰، ۳۷، ۵۱، ۶۵، ۷۹ و ۱۰۰ روز به صورت ۱۰ نقطه) NaOH درون ظروف برداشته شد و با HCl ۰/۲۵ نرمال تیتراسیون انجام شد. با محاسبه اختلاف حجم اسید مصرفی برای نمونه شاهد و خاک در تیتراسیون، مقدار CO_2 تولید شده تعیین شد و بر حسب میلی گرم C- CO_2 آزاد شده بر کیلوگرم بر ساعت خاک محاسبه گردید (۷). کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر محاسبه گردید (۱۲).

در پایان، داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SPSS و MSTATC تجزیه و تحلیل و اختلاف بین میانگین ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح P< ۰/۰۵ محاسبه گردید.

نتایج و بحث

کربن آلی و تنفس خاک

نتایج حاصل از بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کودی و همچنین دوره‌های مختلف کاربرد لجن فاضلاب بر میزان کربن آلی خاک تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۲).

کمترین مقدار کربن آلی خاک در تیمار شاهد (۱/۸۶) و بیشترین مقدار کربن آلی در تیمار $S_{20}F_{50}$ در سطح دوم (T_2) (۳/۴۳) مشاهده شد. در کلیه تیمارهای دریافت کننده کود، مستقل از سطح و دفعات کاربرد، کربن آلی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۳). همچنین با افزایش دفعات کاربرد و مقادیر لجن فاضلاب در هر یک از سطوح بجز در سطح S_{20}، عموماً افزایش در کربن آلی خاک مشاهده شد (جدول ۳). گیلانی و همکاران (۳)، فو و همکاران (۲۰)، اولیویرا و همکاران (۲۷) و بزایان و همکاران (۱۱) نیز نشان دادند که کاربرد لجن فاضلاب، مقدار کربن آلی خاک را افزایش می‌دهد. به نظر می‌رسد که بخش کربن فعال موجود در لجن فاضلاب، 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 ماده آلی خاک می‌شود (۳، ۵، ۶ و ۳۰).

ضمناً تیمارهای کودی و همچنین دوره‌های مختلف کاربرد لجن فاضلاب بر میزان تنفس میکروبی خاک تاثیر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقدار تنفس میکروبی خاک به ترتیب در تیمار شاهد (۳/۲۶) و تیمار $S_{20}F_{50}$ در سطح سوم (T_3) (۱۳/۴۸) مشاهده شد (جدول ۳). به طور کلی، تنفس پایه با افزایش مقدار لجن فاضلاب افزوده شده به خاک نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت و همچنین با افزایش دفعات کاربرد در هر یک از سطوح، عموما افزایش در تنفس میکروبی خاک مشاهده شد (جدول ۳). در تیمار S_{20} در سطح اول (T_1) تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان نداد ولی با افزایش سال کاربرد تفاوت معنی‌دار بود. در سطح دو (T_2) با افزایش مقادیر مصرف لجن فاضلاب در تیمارهای $S_{20}F_{50}$، S_{40} و $S_{40}F_{50}$ تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد و بیشترین مقادیر داده ها در این تیمارها مشاهده شد. در مقادیر بالای لجن فاضلاب (S_{40} و $S_{40}F_{50}$) با افزایش دوره مصرف تا سطح دو (T_2) میزان تنفس روند افزایشی داشت. ولی بعد از آن با افزایش دوره کاربرد میزان تنفس کاهش یافت (جدول ۳) که می‌تواند بدلیل وجود و تجمع میزان بالای فلزات سنگین و آلاینده‌های دیگر در مقادیر بالای لجن فاضلاب باشد که برای میکرواورگانیسم‌ها محدودیت ایجاد می‌کنند (۱۶ و ۱۸) ولی در کل نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری دارد در این حالت به دلیل افزایش میزان ماده آلی خاک و وجود عناصر تغذیه‌ای بیشتر، فعالیت و جمعیت میکرواورگانیسم‌ها افزایش می‌یابد (جدول ۳).

افزایش مقدار تنفس خاک با کاربرد لجن فاضلاب نسبت به تیمار شاهد (شکل ۱)، به دلیل حضور مواد آلی و کاهش روند افزایش تنفس میکروبی با گذشت زمان انکوباسیون (شکل ۱) می‌تواند به علت کاهش مواد قابل دسترس برای میکرواورگانیسم‌ها باشد (۱۶).

جدول۲- تجزیه واریانس اثر تیمار لجن فاضلاب و سالهای مصرف بر کربن الی و تنفس خاک (میلی گرم کربن در کیلوگرم خاک) و فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی و قلیایی (میکروگرم پارا- نیتروفنل آزاد شده از یک گرم خاک در مدت یک ساعت)

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		کربن آلی	تنفس خاک	فسفاتاز قلیایی	فسفاتاز اسیدی
تکرار	۲	۰/۰۰۹	۲/۳۳۷	۲/۷۷۲	۲/۶۵۷
لجن فاضلاب	۴	۱/۹۱۳**	۸۷/۹۵۹**	۵۴/۹۰۰**	۲۲/۱۹۶*
سالهای مصرف	۲	۰/۲۲۴**	۱۲/۷۱۷**	۲/۴۲۷^{ns}	۱/۳۷۷*
اثر سال × لجن فاضلاب	۸	۰/۱۶۷**	۱۴/۹۷۵**	۵/۴۹۲**	۶/۳۷۷***
خطا	۲۰	۰/۰۱۷	۱/۹۱۶	۱/۱۰۲	۰/۳۵۵
ضریب تغییرات	–	۵/۵۰	۲/۰۳	۴/۰۸۲	۳/۴۷۶

** معنی دار بودن در سطح احتمال ۱ درصد * معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ درصد ns : عدم تفاوت معنی دار

جدول۳- مقایسه میانگین‌های کربن آلی خاک(درصد) و تنفس میکروبی(میلی‌گرم کربن در کیلوگرم خاک) در تیمارهای مختلف لجن فاضلاب

تیمار / سالهای مصرف	کربن آلی			تنفس میکروبی		
	T_1	T_2	T_3	T_1	T_2	T_3
B	۱/۸۸^{h}	۱/۸۷^{h}	۱/۸۶^{h}	۴/۱۰^{g}	۳/۲۶^{gh}	۳/۵۴^{gh}
S_{20}	۲/۳۹^{g}	۳/۰۷^{b}	۲/۵۸^{efg}	۴/۳۸^{g}	۵/۲۱^{fg}	۷/۵۹^{def}
$S_{20}F_{50}$	۲/۷۵^{cdef}	۳/۴۳^{a}	۲/۹۷^{bc}	۹/۸۹^{bcd}	۱۰/۶۷^{bc}	۱۳/۴۸^{a}
S_{40}	۲/۷۲^{def}	۲/۵۴^{fg}	۲/۳۸^{g}	۵/۷۹^{fg}	۱۱/۶۴^{ab}	۵/۵۳^{fg}
$S_{40}F_{50}$	۲/۸۱^{cde}	۲/۸۳^{cd}	۳/۱۰^{b}	۷/۰۸^{ef}	۹/۶۶^{bcd}	۸/۹۷^{cde}

*- در هر ستون و سطر میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸) ، T2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸) ،

T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸) ، B: بدون مصرف کود

S_{20}: ۲۰ تن، S_{40}: ۴۰ تن، $S_{20}F_{50}$: ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $S_{40}F_{50}$: ۴۰ تن +۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار لجن فاضلاب

فرناندس و همکاران (۱۷) نیز نشان دادند که استفاده از لجن فاضلاب باعث افزایش میزان تنفس پایه خاک می‌شود به طوری که با مصرف لجن فاضلاب میزان تنفس پایه خاک از ۱۵/۸ به ۱۲۳/۶ میلی گرم CO_2 بر کیلوگرم خاک بر ساعت در لایه ۱۰-۰ سانتی متر و از ۳/۱۵ به ۹۱/۶ میلی‌گرم CO_2 بر کیلوگرم خاک بر ساعت در لایه ۲۰-۱۰ سانتیمتر افزایش نشان داده است و همچنین نشان دادند که تفاوت قابل توجهی بین نمونه های بدون افزودن لجن فاضلاب و نمونه های با مقادیر مختلف مصرف لجن فاضلاب در تنفس پایه خاک وجود دارد. همانگونه که در شکل ۱ نشان داده شده در تیمارهای با مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب میزان تنفس با گذشت زمان بیشتر می‌باشد و کمترین میزان تنفس در تیمار S_{20} مشاهده می‌شود که احتمالاً می تواند به دلیل وجود بالای مواد آلی در مقادیر بالای لجن فاضلاب و همچنین اثرات تجمعی آنها باشد (۵ و ۱۳).

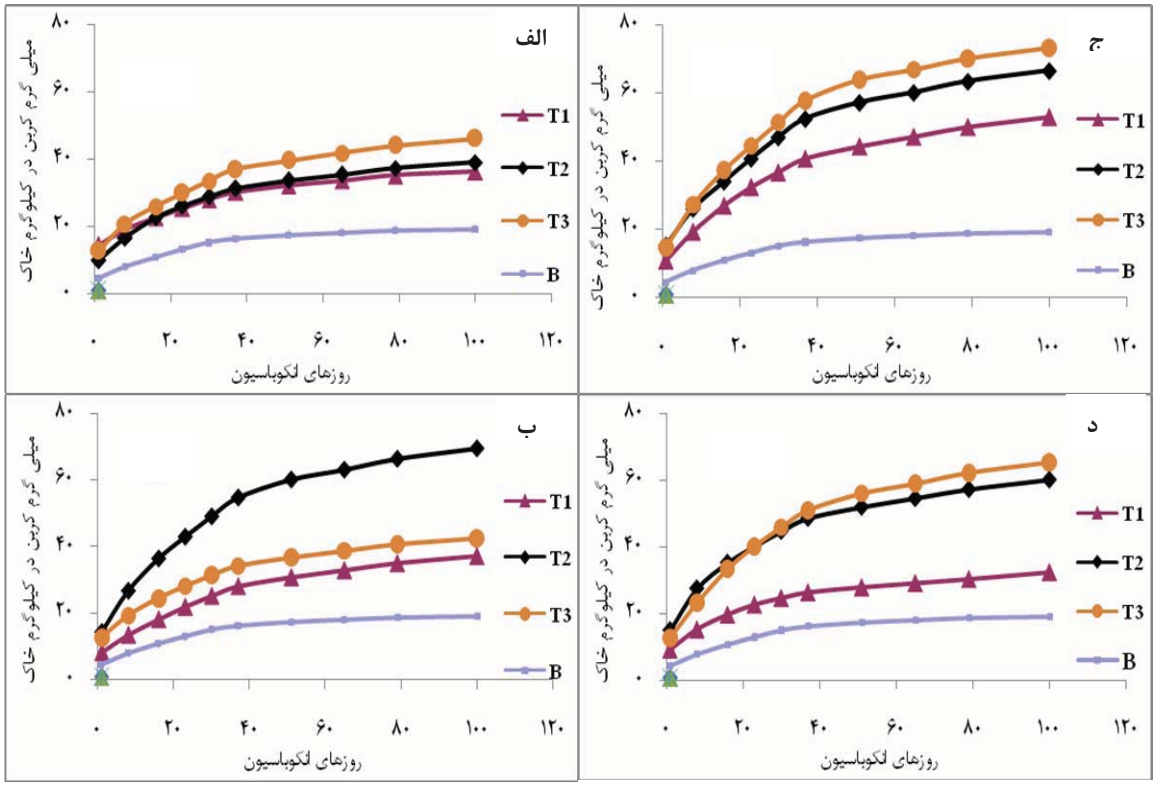
در تیمارهای با مصرف کود شیمیایی میزان تنفس میکروبی بیشتر می‌باشد (شکل ۱) که به عنوان مثال در تیمار با مصرف کود شیمیایی S_{20} نسبت به تیمار بدون مصرف کود شیمیایی در همین سطح میزان تنفس بیشتر می‌باشد که تژادا و گونزالز (۳۲) بیان نمودند که، وقتی کود آلی بصورت جداگانه به خاک اضافه می‌شود، به علت C/N بالا آلی شدن اتفاق می‌افتد اما با کاربرد کود شیمیایی، و فراهمی عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، معدنی شدن خالص صورت می گیرد. این افزایش در معدنی شدن، زمان لازم برای ماده آلی موجود در کود آلی برای تجزیه شدن و فراهم شدن عناصر تغذیه ای را کاهش می‌دهد. بنابراین با افزایش فراهمی مواد آلی، عناصر تغذیه‌ای، افزایش رشد گیاهان و ریشه های آنها، میزان فعالیت و جمعیت میکرواورگانیسم‌ها افزایش یافته که به تبع آن میزان تنفس نیز افزایش می‌یابد.

فسفاتاز قلیایی و اسیدی

فسفاتاز قلیایی و اسیدی بر حسب میکروگرم پارا- نیتروفنل آزاد شده از یک گرم خاک در مدت یک ساعت خاک بیان می‌شود. نتایج حاصل از بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که سالهای مصرف بر فسفاتاز قلیایی تأثیر معنی‌دار نداشت ولی برای فسفاتاز اسیدی تأثیر

در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. همچنین تیمارهای کودی و اثر متقابل سال و کود در سطح یک درصد بر میزان فسفاتاز قلیایی و اسیدی خاک تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). کمترین و بیشترین مقدار فعالیت آنزیمی برای هر دو آنزیم فسفاتاز قلیایی و اسیدی خاک به ترتیب در تیمار شاهد و تیمار S_{40} در سطح اول (T_1) مشاهده شد.

در کلیه تیمار های دریافت کننده کود، مستقل از سطح و دفعات کاربرد، فعالیت آنزیمی فسفاتاز قلیایی و اسیدی نسبت به تیمار شاهد افزایش معنی داری را نشان داد (شکل ۲). فعالیت هر دو آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی در مقادیر پایین مصرف لجن فاضلاب (S_{20} و $S_{20}F_{50}$) با افزایش دوره کاربرد، روند افزایشی و در مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب (S_{40} و $S_{40}F_{50}$)، روند کاهشی در میزان فعالیت آنزیم‌ها مشاهده گردید (شکل ۲) که احتمالاً می‌تواند بدلیل وجود و تجمع غلظت بالای فلزات سنگین و آلاینده‌های دیگر در مقادیر بالای لجن فاضلاب باشد که برای میکرواورگانیسم ها و فعالیت آنزیم‌ها ممانعت ایجاد می‌کنند. همچنین میزان افزایش فعالیت آنزیم-ها در مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب در سطح اول کاربرد (T_1)، با مقادیر پایین مصرف در بالاترین سطح کاربرد لجن فاضلاب (T_3) مقادیر مشابه داشته ولی در کل، فعالیت آنزیم‌ها در همه تیمارها نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری را نشان داد که می‌تواند به دلیل افزایش میزان ماده آلی خاک و وجود عناصر تغذیه‌ای در آن باشد که موجب افزایش فعالیت و جمعیت میکرواورگانیسم‌ها را فراهم ساخته است (۲۵ و ۳۳). عواملی چون حضور فلزات سنگین، املاح و سموم دفع آفات، که از اجزای لجن فاضلاب محسوب می‌شوند ممکن است فعالیت‌های آنزیمی را در خاک تحت تاثیر قرار دهند (۲۱). در آزمایشی که روبرت و همکاران (۲۸) روی اثر عناصر سمی مختلف بر فعالیت فسفاتاز قلیایی و اسیدی انجام دادند چنین بیان داشتند که فلزات سنگین با غیر فعال کردن آنزیم‌ها، میزان فعالیت آنزیم‌های خاک را کاهش می‌دهند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. حجتی و همکاران (۱) بیان کردند که با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش دوره‌های کاربرد لجن فاضلاب، میزان فعالیت آنزیمی افزایش یافت به طوری که در نتایج آنها، در هر یک از سطوح بیشترین افزایش فعالیت آنزیمی، شاخص بیومس میکروبی و عملکرد مربوط به تیمار ۴ بار کوددهی بود که در مقادیر پایین مصرف کود با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد و در مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب مغایرت دارد که می تواند به دلیل نوع و میزان لجن فاضلاب باشد.

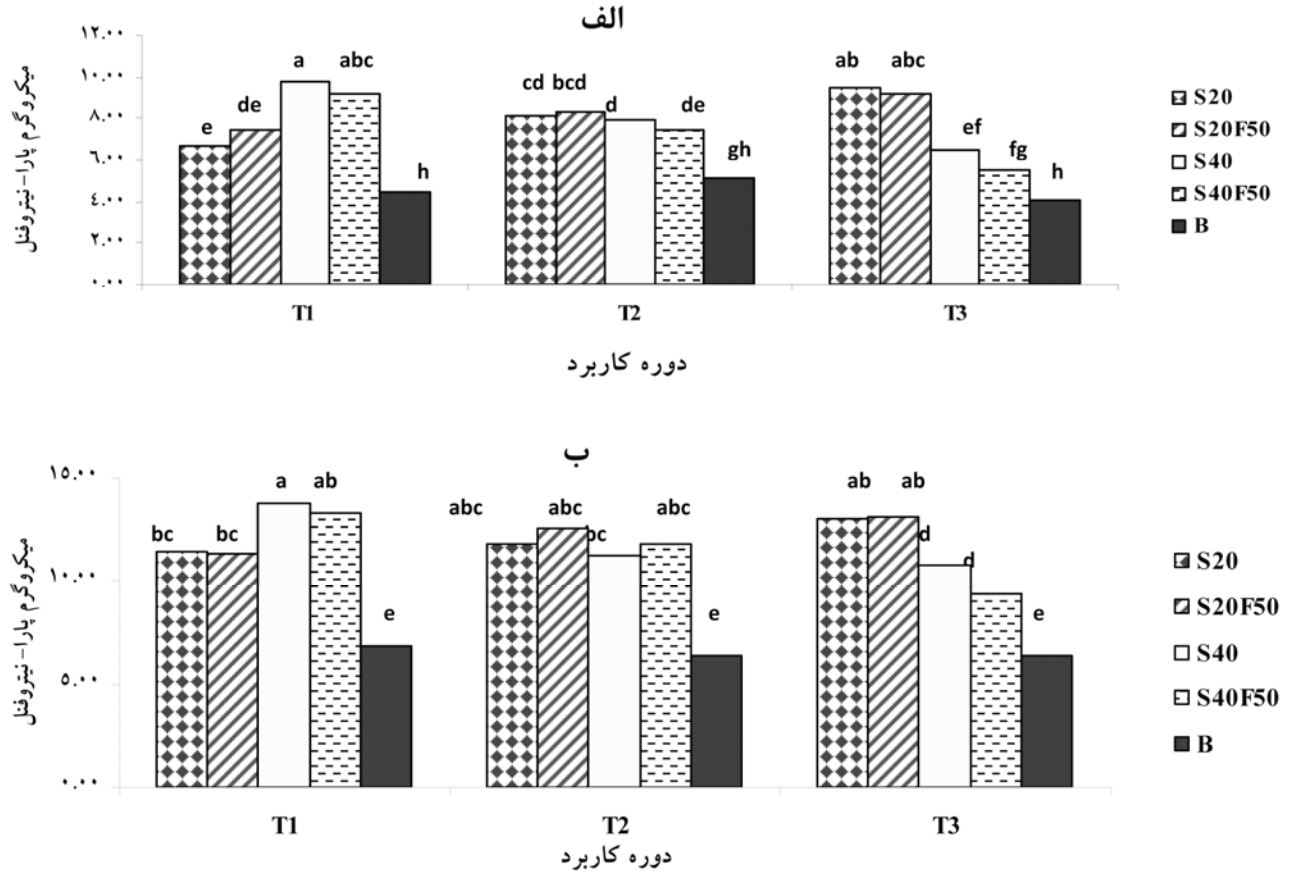


شکل ۱- اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر روند تنفس خاک (میلی گرم کربن در کیلوگرم خاک)

T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸) ، T2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)،

T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)، B : بدون مصرف کود

الف) S_{20} : ۲۰ تن، ب) S_{40} : ۴۰ تن، ج) $S_{20}F_{50}$: ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، د) $S_{40}F_{50}$: ۴۰ تن +۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار لجن فاضلاب



شکل ۲- اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر فعالیت آنزیم های فسفاتاز اسیدی (الف) و قلیایی (ب) (میکروگرم پارا- نیتروفنل آزاد شده از یک گرم خاک در مدت یک ساعت)

*- ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند، در سطح احتمال ۵٪ با آزمون دانکن تفاوت معنی دار ندارند.

T_1: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵و۱۳۸۸) ، T_2: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)

T_3: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸) ، B: بدون مصرف کود

S_{20}: ۲۰ تن، S_{40}: ۴۰ تن، $S_{20}F_{50}$: ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، $S_{40}F_{50}$: ۴۰ تن +۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار لجن فاضلاب

بعلاوه، رز و همکاران (۲۹) بیان کردند که کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش دسترسی میکروارگانیسم‌ها به سوبسترا در پی اضافه کردن مواد آلی و همچنین باعث افزایش ترشحات ریشه‌ای می‌شود که افزایش فعالیت آنزیمی را به دنبال دارد. در نتایج آنها چهار دوره کاربرد بالاترین فعالیت آنزیمی را نشان داد که با نتایج حاصل از این آزمایش مغایرت دارد که می‌تواند به نوع لجن فاضلاب و میزان غلظت آلاینده‌ها در لجن فاضلاب مربوط شود.

همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در تیمارهای همراه با مصرف کود شیمیایی نسبت به تیمارهای بدون مصرف کود شیمیایی، در سطح T_2، میزان فعالیت دو آنزیم بیشتر می‌باشد ولی تفاوت معنی-داری ندارد. وقتی کود آلی به خاک اضافه می‌شود ممکن است، آلی شدن اتفاق بیافتد اما با کاربرد کود شیمیایی به همراه آن، معدنی شدن اتفاق می‌افتد. این افزایش در معدنی شدن، زمان لازم برای تجزیه شدن و فراهم شدن عناصر تغذیه‌ای را کاهش می‌دهد (۱۹ و ۳۲). بنابراین همانگونه که در قبل هم اشاره شد، با افزایش فراهمی مواد آلی و عناصر تغذیه‌ای، میزان فعالیت آنزیمی و جمعیت میکرواورگانیسم‌ها افزایش می‌یابد. همچنین در سطح دوم (T_2) اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد که می‌توان بیان کرد مصرف بیش از اندازه و مکرر لجن فاضلاب می‌تواند باعث کاهش فعالیت آنزیمی خاک گردد. بین همه فاکتورهای اندازه‌گیری شده، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱ درصد بدست آمد که می‌تواند به دلیل وابستگی فعالیت میکرواورگانیسم‌ها به مواد آلی و تغذیه‌ای باشد. در بین آنها بیشترین همبستگی بین دو آنزیم فسفاتاز (r=+۰/۷۳۷) و بین مواد آلی و فسفاتاز قلیایی (r=+۰/۷۰۲) مشاهده شد (جدول ۴).

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده

	کربن آلی	تنفس میکروبی	فسفاتاز قلیایی	فسفاتاز اسیدی
کربن آلی	۱			
تنفس میکروبی	+۰/۶۵۴**	۱		
فسفاتاز قلیایی	+۰/۷۰۲**	+۰/۵۱۷**	۱	
فسفاتاز اسیدی	+۰/۵۵۰**	+۰/۴۸۰**	+۰/۷۳۷**	۱

* و**: به ترتیب در سطح ۵ درصد و ۱ درصد معنی دار (بر اساس آزمون دانکن) هستند.

نتیجه گیری

کاربرد لجن فاضلاب بصورت جداگانه و تلفیقی با کودهای شیمیایی مختلف، موجب افزایش میزان کربن آلی، تنفس میکروبی، فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی گردیدند. در اکثر فاکتورها، بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده به تیمارهای غنی شده با کود شیمیایی نسبت به تیمار بدون کود در همان سطح اختصاص داشت. همچنین، با افزایش تعداد سال های کاربرد کود از دو سال به ۴ سال، مقدار اندازه‌گیری شده کربن آلی، تنفس میکروبی، فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی، در مقادیر پایین مصرف لجن فاضلاب (S_{20} و $S_{20}F_{50}$) روند افزایشی و در مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب (S_{40} و $S_{40}F_{50}$) روند کاهشی نشان داد به جز کربن آلی که با افزایش تعداد سال‌های کاربرد کود از دو سال به چهار سال افزایش داشت. همچنین در اکثر تیمارهای دریافت کننده لجن فاضلاب، مستقل از سطح و دفعات کاربرد، در تیمارهای با مصرف کود شیمیایی نسبت به تیمار بدون مصرف کود شیمیایی میزان کربن آلی، تنفس میکروبی، فعالیت آنزیم فسفاتاز اسیدی و قلیایی بالاتر می‌باشد. در نهایت می‌توان گفت بهترین تیمار کودی برای خصوصیات اندازه‌گیری شده، تیمار ۲۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سال مصرف توصیه می‌شود.

منابع

۱- حجتی س.، نوربخش ف. و خاوازی ک. ۱۳۸۵. تاثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیومس میکروبی خاک, فعالیت آنزیمی و عملکرد ذرت. مجله علوم خاک وآب، جلد ۲۰، شماره۱. ص، ۹۳-۸۴.

۲- قربانی ف. و یونسی ح. ۱۳۸۷. جذب زیستی یون های کادمیم از محلول های آبی با استفاده از بیومس ساکارومایسس سرویسیه، فصلنامه آب و فاضلاب اصفهان، شماره پیاپی ۶۸.

۳- گیلانی س.س.، نوربخش ف.، افیونی م. و رضایی نژاد ی. ۱۳۸۳. تاثیر افزودن لجن فاضلاب بر شدت نیریفیکاسیون و جذب نیتروژن به وسیله گیاه ذرت. مجله آب و فاضلاب، شماره ۵۲، صفحات ۳۰-۲۰.

۴- ملکوتی م. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی

5- Ajwa H.A., and Tabatabai M.A. 1994. Decomposition of different organic materials in soil. Biology and Fertility of Soils, 18: 175-185.

6- Albiach R., Canet R., Pomares F., and Ingelmo F. 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with di€erent rates of two sewage sludges during ten years. Bioresource Technology, 77: 109-114.

7- Alef K., and Nannipieri P. 1995. Methods in soil microbiology and biochemistry. Academic, London, pp. 232–233.

8- Baath E. 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial process and population: a review. Water Air Soil Pollute, 47: 335–379.

9- Baker D.E., and Amacher M.C. 1982. Nickel, copper, zinc and cadmium. In Methods of soil analysis, eds. Page, A.L., Miller R.H., and Keeney, D.R., pp: 323-336.

10- Brookes P.C. 1995. Use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. Biology and Fertility of Soils, 19: 269–279.

11- Bouzaiane O., Cherif H., Saidi N., Jedidi N., and Hassen A. 2007. Effects of municipal solid waste municipal solid waste application on the microbial biomass of cultivated and non-cultivated soil in a semi-arid zone, Waste Manag. Res. 25: 334–342.

12- Chapman H.D., and Praff P.F. 1961. Methods of analysis for soil, plant and water. University of California.

Division of Agricultural Science, 29: 142-149.
13- Chu H.Y., Lin X.G., Takeshi F., and Morimoto S. 2007. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long-term fertilizer management. Soil Biology and Biochemistry, 39: 2971–2976.
14- Dick R.P. 1994. Soil enzyme assays as indicators of soil quality. In: Doran, J.W.L., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Madison, WI, Soil Sci. Soc. Am. (Special Publication no. 35: 107–124.
15- Eivazi F., and Tabatabai M.A. 1977. Phosphates in soils. Soil Biology and Biochemistry, 9: 167-172.
16- Emmerling C., Liebner C., Haubold-rosar M., Katzur J., and Schoder D. 2000. Impact of application of organic waste materials on microbial and enzyme activities of mine soils in the Lusatian coal mining region. Plant Soil, 22: 129–138.
17- Fernandes S.A.P., Bettiol W., and Cerri C.C. 2005. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal Applied Soil Ecology, metabolic quotient and soil enzymatic activity. Applied Soil Ecology, 30: 65–77.
18- Fernandez J.M., Plaza C., Juan C., Gil G., and Alfredo P. 2009. Biochemical properties and barley yield in a semiarid Mediterranean soil amended with two kinds of sewage sludge. Applied Soil Ecology, 21: 1258-1265.
19- Forsberg L.S., and Ledin S. 2006. Effects of sewage sludge on pH and plant availability of metals in oxidising sulphide mine tailingsScience of The Total Environment, 35: 21-35.
20- Fu H., Wang Y.M., Zhou Z.Y., Zhang H.R., Li X.R., and Zou X.J. 2002. Studies on effects of application of sewage sludge on alfalfa. I. Effects on physical and chemical characteristic, and element accumulation of the soil, Acta Prataculturae Sinica, 11, 57-61.
21- Gianfreda L., and Bollag J.M. 1996. Influence of soil natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. Soil Biochemistry, vol. 9. M. Dekker, New York, pp. 123–193.
22- Gomez E., Ferreras L., Toresani S., Ausilio A., and Bisaro V. 2001. Changes in some soil properties in a Vertic Argiudoll under short term conservation tillage. Soil and Tillage Research, 61: 179–186.
23- Keeling A.A., Mc Callum K.R., and Beckwith C.P. 2003. Mature green waste compost enhances growth and nitrogen uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.) and oilseed rrape (*Brassica napus* L.) through the action of water extractable factors. Bioresource Technology, 90: 127-132.
24- 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.
25- Neble S., Calvert V., Petil J.L., and Steven C. 2007. Dynamics of phosphatase activities in a cork oak litter (*Quercus suber* L.) following sewage sludge application. Soil Biology and Biochemistry, 39: 2735–2742
26- Oliviera F.C., Mattiazzo M.E., Marciano C.R., and Rossetto R. 2002. Organic carbon, electrical conductivity, pH and CEC changes in a Dystrophic Yellow Latisol, 2: 505-519.
27- Olsen S.R., and Sommers L.E. 1990. Phosphorus. In: page A. L., Method of Soil Analysis. Part 2. 2nd Agron Monoger., ASA, Madison, WI. 403-431.
28- Robert J. Kremer, Jianmei Li. 2003. Developing weed-suppressive soils through improved soil quality management. Soil and Tillage Research, 72: 193-202.
29- Ros M., Pascual J.A., Garcia C., Hernandez M.T., and Insam H. 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. Soil Biology and Biochemistry, 38: 3443–3452.
30- Selivanovskaya S.Yu., Latypova V.Z. 2006. Effects of composted sewage sludge on microbial biomass, activity and pine seedlings in nursery forest. Waste Management, 26: 1253–1258.
31- Singh R.P., and Agrawal M. 2010. Variations in heavy metal accumulation, growth and yield of rice plants grown at different sewage sludge amendment rates. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73: 632-641.
32- Tejada M., and Gonzalez J.L. 2006a. Crushed cotton gin compost on soil biological properties and rice yield. Europ. J. Agronomy, 25: 22–29.
33- Tejada M., and Gonzalez J.L. 2006b. The relationships between erodibility and erosion in a soil treated with two organic amendments. Soil and Tillage Research, 91: 186–198.
34- Westeman R.E.L. 1990. Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Madison, Wisconsin, USA.

Journal of Water and Soil
Vol. 26, No. 3, Jul-Aug 2012, p. 554-562

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۶، شماره ۳، مرداد – شهریور ۱۳۹۱، ص. ۵۶۲-۵۵۴

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

H. Dehghan Manshadi[1*]- M.A. Bahmanyar[2]- A. Lakzian[3]- S. Salek Gilani[4]

Received:1-6-2010
Accepted:29-4-2012

Abstract

Sewage sludge with having the organic matter is considered as a source of micro and macro elements. In order to investigate the effect of different levels and period of application of sewage sludge (SS) on organic matter, respiration, and acid and alkaline phosphatase activity, factorial design were studied, in 3 replications. Sewage sludge at five levels, (20 and 40 tons of sewage sludge, 20 and 40 tons of sewage sludge + 50 percent of chemical fertilizers (CF) per hectare, without taking sewage sludge) and period of application three levels (two, three and four years) was considered. The results showed that application of SS at all levels, increased soil organic carbon (O.C) and soil microbial respiration and enzyme activity were compared with the controls ($p<0.05$), but trend of increasing among the treatments was not similar. In both two levels of treatment enriched with fertilizer, the traits increased. Meanwhile, the amount of enzyme activity and respiration in high amounts of using SS has a decreasing trend. The maximum amount of O.C, in, 40 tons SS + 50% CF ha^{-1} with four years application treatment, soil microbial respiration 20 tons SS + 50% CF ha^{-1} with four years application treatment were measured. But, maximum amount of acid and alkaline phosphatase were observed in 40 tons SS with two years application. According to results, the 20 ton SS + 50% CF ha^{-1} in four years application treatments were best.

Keywords: Sewage sludge, Organic carbon, Soil microbial respiration, Alkaline phosphatase, Acid phosphatase

1,2,4- MSc Student, Associate Professor and Instructor, Department of Soil Science, Sari Agricultural Science and Resources Natural University, Respectively
(*-Corresponding Author Email: Dehghan63m@yahoo.com)
3- Associate Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad