

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^{۱*} - محمدعلی بهمنیار^۲ - امیر لکزیان^۳ - سروش سالک گیلانی^۴

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. به منظور بررسی اثرات مقادیر و دوره‌های 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 بود 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، باعث افزایش میزان کربن آلی خاک و تنفس میکروبی و فعالیت آنزیمی خاک نسبت به شاهد گردید ($P < 0.05$)، اما میزان افزایش در بین تیمارها مشابه نبود. در هر دو سطح، تیمار غنی شده با کود شیمیایی، میزان صفات اندازه‌گیری شده افزایش نشان داد. ضمناً میزان فعالیت آنزیمی و تنفس خاک در مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب روند کاهشی را داشت. بیشترین میزان کربن آلی در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سال مصرف، تنفس میکروبی خاک در تیمار ۲۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سال مصرف اندازه‌گیری شد. اما بیشترین میزان فسفاتاز اسیدی و قلیایی در تیمار ۴۰ تن لجن فاضلاب با دو سال مصرف مشاهده شد. بر اساس نتایج بدست آمده، بهترین تیمار کودی برای خصوصیات اندازه‌گیری شده، تیمار ۲۰ تن لجن فاضلاب + ۵۰ درصد کود شیمیایی با چهار سال مصرف بوده است.

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

شود (۱۴).

مقدمه

استفاده از لجن فاضلاب، به علت افزایش کربن و مواد غذایی در دسترس، می‌تواند باعث تحریک فعالیت‌های میکروبی گردیده یا به دلیل وجود فلزات سنگین و دیگر آلاینده‌ها از فعالیت میکروبی جلوگیری نماید (۸). بنابراین، رفتار جمعیت میکروبی بستگی به کیفیت و میزان پس مانده‌های اضافه شده به خاک دارد. بیومس میکروبی، تنفس پایه، ضریب متابولیکی (qCO_2) و فعالیت آنزیمی، به عنوان شاخص‌های ارزیابی کیفیت خاک مورد استفاده قرار می‌گیرند (۸). تنفس خاک، ضریب متابولیکی و فعالیت آنزیمی شاخص‌های مناسبی از فعالیت‌های میکروبی و تغییرات رخ داده در خاک هستند (۱۰، ۱۴ و ۲۳) که این موضوع در مورد کاربرد لجن فاضلاب نیز ارزیابی شده است (۶ و ۸).

فعالیت آنزیمی در خاک به عنوان یک شاخص بیولوژیک حساس به حضور عناصر سنگین در خاک به شمار می‌رود (۱۰ و ۳۱). در آزمایشی روبرت و همکاران (۲۸) اثر عناصر سمی مختلف بر فعالیت فسفاتاز قلیایی و اسیدی را مطالعه کردند، نتایج آنها نشان داد که

بیش از ۸۵ درصد خاک‌های ایران جزو خاک‌های خشک و نیمه خشک محسوب شده و مقدار مواد آلی آن کمتر از یک درصد و در بسیاری از مناطق کمتر از ۰/۵ درصد است. مواد آلی علاوه بر اثرات قابل ملاحظه بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، تأمین کننده عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان و میکرواورگانسیم‌ها نیز می‌باشد (۴). برای جبران کمبود مواد آلی، استفاده از کودها و اصلاح کننده‌های آلی از جمله لجن فاضلاب به صورت گسترده‌ای در کشاورزی توصیه می‌شود. با این حال، لجن فاضلاب همچنین حاوی آلاینده‌هایی مانند فلزات سنگین، ترکیبات آلی و پاتوژن‌های انسانی است که در زمان استفاده در خاک‌های کشاورزی باید در نظر گرفته

۱-۴ و ۲۰ - 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

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 (S₂₀)، ۴۰ تن (S₄₀)، ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی (S₂₀F₅₀)، ۴۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی (S₄₀F₅₀)، 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 (F₅₀) داشتند نصف میزان کود شیمیایی به کار رفت. سالهای کوددهی، نیز در سه تیمار زمانی T₁، T₂، T₃ (T₁: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵ و ۱۳۸۸)، T₂: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)، T₃: 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 کرت های اولیه، در سال ۸۷ در نصف کرت های اولیه و در سال ۸۸ در یک چهارم کرت های 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.

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 آنزیم های خاک می شوند. حتی و همکاران (۱) تاثیر سطوح مختلف و دفعات کوددهی با لجن فاضلاب بر فعالیت آنزیم های ال گلوتامیناز، فسفاتاز قلیایی، آریل سولفاتاز 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 معنی دار فعالیت آنزیم های 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 می دهد (۳۲) و کاربرد اصلاح کننده ها در خاک، عموماً 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

جدول ۱- برخی ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک و لجن فاضلاب استفاده شده در این تحقیق

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

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 معنی داری 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 می دهد. به نظر می رسد 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 می شود (۳، ۵، ۶ و ۳۰).

ضمناً تیمارهای کودی و همچنین دوره های مختلف کاربرد لجن فاضلاب بر میزان تنفس میکروبی خاک تاثیر معنی داری 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، عموماً افزایش در تنفس میکروبی خاک مشاهده شد (جدول ۳). در تیمار S_{20} در سطح اول (T_1) تفاوت معنی داری را نسبت به شاهد نشان نداد ولی با افزایش سال کاربرد تفاوت معنی دار 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 معنی داری 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 می تواند بدلیل وجود و تجمع میزان بالای فلزات سنگین و آلاینده های دیگر در مقادیر بالای لجن فاضلاب باشد که برای میکرواورگانیزمها محدودیت ایجاد می کنند (۱۶ و ۱۸) ولی در کل نسبت به شاهد افزایش معنی داری دارد در این حالت به دلیل افزایش میزان ماده آلی خاک و وجود عناصر تغذیه ای بیشتر، فعالیت و جمعیت میکرواورگانیزمها افزایش می یابد (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 آنکوباسیون (شکل ۱) می تواند به علت کاهش مواد قابل دسترس برای میکرواورگانیزمها باشد (۱۶).

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 اسنات 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 اندازه گیری شد (۹) (جدول ۱).

در هفته چهارم بعد از کشت گیاه ریحان در سال ۱۳۸۸ به مقدار لازم از خاک اطراف سیستم ریشه ای از عمق ۲۰-۰ سانتی متری برداشته شد و پس از هوا خشک شدن و عبور از الک دو میلی متری، حدود یک گرم از آن خاک برای اندازه گیری فعالیت آنزیم های 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) ($pH = 11$) برای فسفاتاز قلیایی و $pH = 6/5$ برای فسفاتاز اسیدی) برای مدت یک ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتیگراد آنکوباسیون گردید. آن گاه یک میلی لیتر $CaCl_2$ نیم مولار و ۴ میلی لیتر 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 -نیتروفنیل ($\mu g\ gr^{-1}dwt\ h^{-1}$) گزارش گردید (۱۵). جهت اندازه گیری تنفس میکروبی مقدار ۵۰ گرم خاک عبور کرده از الک دو میلی متری را به رطوبت ۶۰ درصد ظرفیت رسانده شد و در مجاورت ۱۰ سی سی $NaOH$ ۰/۲۵ نرمال در دمای ۲۵ درجه در ظروف کاملاً 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 CO_2 -C آزاد شده بر کیلوگرم بر ساعت خاک محاسبه گردید (۷). کربن آلی خاک به روش اکسیداسیون تر محاسبه گردید (۱۲).

در پایان، داده های 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 $P < 0/05$ محاسبه گردید.

نتایج و بحث

کربن آلی و تنفس خاک

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

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمار لجن فاضلاب و سالهای مصرف بر کربن آلی 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)

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

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

جدول ۳- مقایسه میانگین های کربن آلی خاک (درصد) و تنفس میکروبی (میلی گرم کربن در کیلوگرم خاک) در تیمارهای مختلف لجن فاضلاب

تیمار	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}	۲/۸۱ ^{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 معنی دار ندارند.

T₁: دو سال مصرف کود (۱۳۸۸ و ۱۳۸۵)، T₂: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۸)،

T₃: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)، B: بدون مصرف کود

S₂₀: ۲۰ تن، S₄₀: ۴۰ تن، S₂₀F₅₀: ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، S₄₀F₅₀: ۴۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار لجن فاضلاب

S₂₀ نسبت به تیمار بدون مصرف کود شیمیایی در همین سطح میزان تنفس بیشتر می باشد که تژادا و گونزالز (۳۲) بیان نمودند که، وقتی کود آلی بصورت جداگانه به خاک اضافه می شود، به علت C/N بالا آلی شدن اتفاق می افتد 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 می دهد. بنابراین با افزایش فراهمی مواد آلی، عناصر تغذیه ای، افزایش رشد گیاهان و ریشه های آنها، میزان فعالیت و جمعیت میکرواورگانیسیمها افزایش یافته که به تبع آن میزان تنفس نیز افزایش می یابد.

فسفاتاز قلیایی و اسیدی

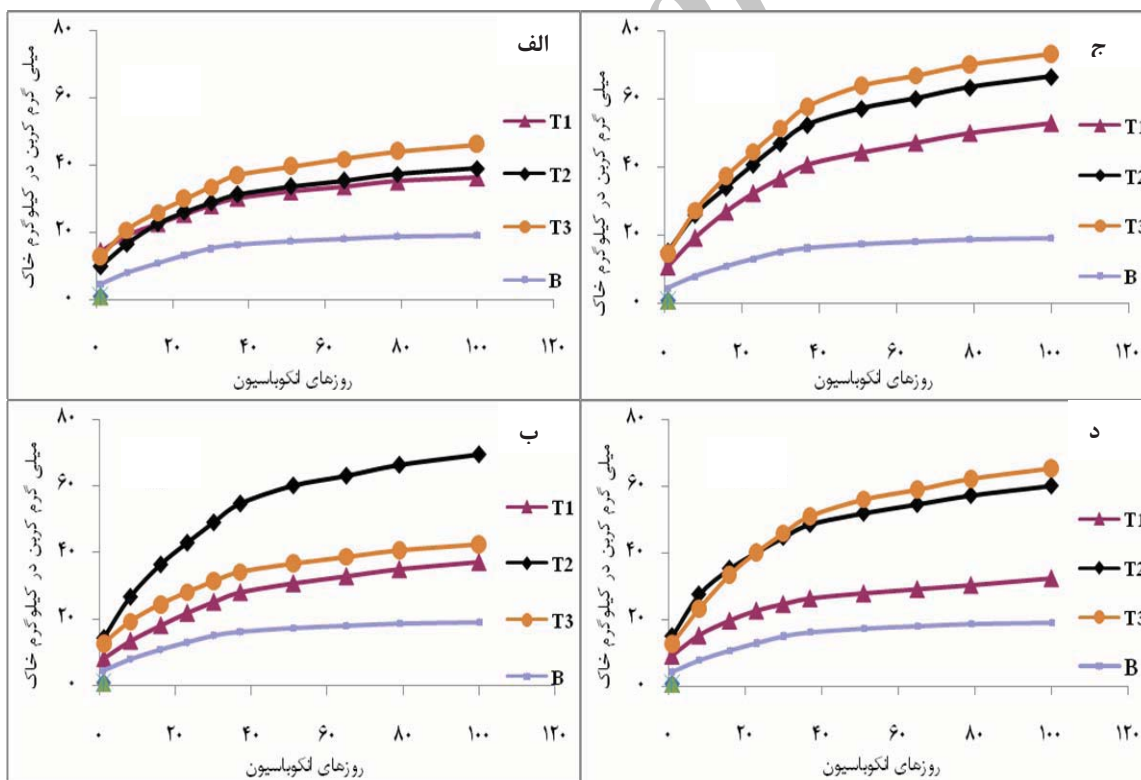
فسفاتاز قلیایی و اسیدی بر حسب میکروگرم پارا- نیتروفنل آزاد شده از یک گرم خاک در مدت یک ساعت بیان می شود. نتایج حاصل از بررسی جدول تجزیه واریانس نشان داد که سالهای مصرف بر فسفاتاز قلیایی تأثیر معنی دار نداشت ولی برای فسفاتاز اسیدی تأثیر

فرناندس و همکاران (۱۷) نیز نشان دادند که استفاده از لجن فاضلاب باعث افزایش میزان تنفس پایه خاک می شود به طوری که با مصرف لجن فاضلاب میزان تنفس پایه خاک از ۱۵/۸ به ۱۲۳/۶ میلی گرم CO₂ بر کیلوگرم خاک بر ساعت در لایه ۱۰-۰ سانتی متر و از ۳/۱۵ به ۹۱/۶ میلی گرم CO₂ 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 می باشد و کمترین میزان تنفس در تیمار S₂₀ مشاهده می شود 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 می باشد (شکل ۱) که به عنوان مثال در تیمار با مصرف کود شیمیایی

نسبت به شاهد افزایش معنی داری را نشان داد که می تواند به دلیل افزایش میزان ماده آلی خاک و وجود عناصر تغذیه ای در آن باشد که موجب افزایش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم ها را فراهم ساخته است (۲۵ و ۳۳). عواملی چون حضور فلزات سنگین، اصلاح و سموم دفع آفات، که از اجزای لجن فاضلاب محسوب می شوند ممکن است فعالیت های 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 آنزیم ها، میزان فعالیت آنزیم های خاک را کاهش می دهند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. حتی و همکاران (۱) بیان کردند که با کاربرد لجن فاضلاب و افزایش دوره های 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.

در سطح ۵ درصد معنی دار بود. همچنین تیمارهای کودی و اثر متقابل سال و کود در سطح یک درصد بر میزان فسفاتاز قلیایی و اسیدی خاک تاثیر معنی داری 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 آنزیم ها مشاهده گردید (شکل ۲) که احتمالاً می تواند بدلیل وجود و تجمع غلظت بالای فلزات سنگین و آلاینده های دیگر در مقادیر بالای لجن فاضلاب باشد که برای میکروارگانیسم ها و فعالیت آنزیم ها مانع ایجاد می کنند. 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 آنزیم ها در همه تیمارها

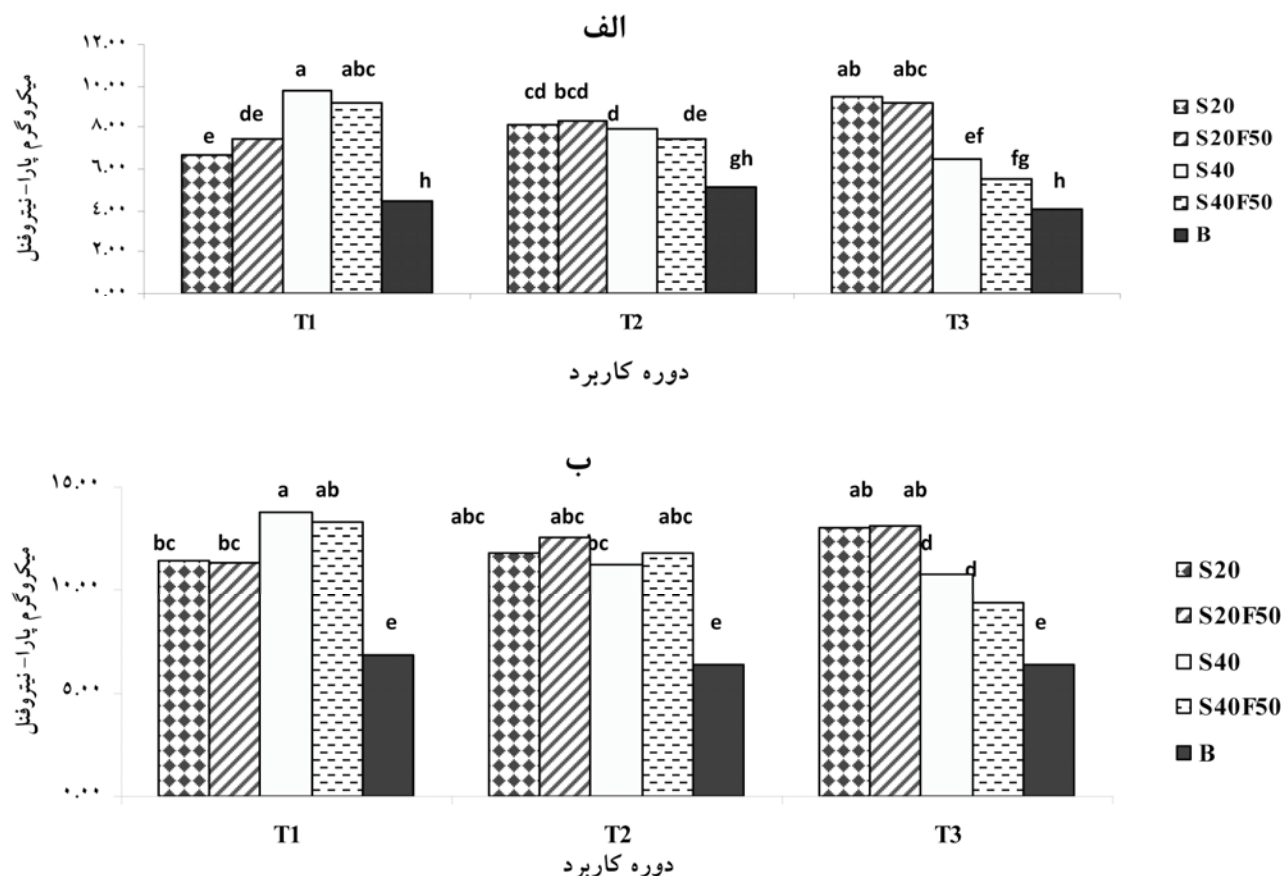


شکل ۱- اثر سطوح مختلف لجن فاضلاب بر روند تنفس خاک (میلی گرم کربن در کیلوگرم خاک)

T_1 : دو سال مصرف کود (۱۳۸۵ و ۱۳۸۸)، T_2 : سه سال مصرف کود (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- نیتروفلن آزاد شده از یک گرم خاک در مدت یک ساعت)

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

T₁: دو سال مصرف کود (۱۳۸۵ و ۱۳۸۸)، T₂: سه سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶ و ۱۳۸۸)

T₃: چهار سال مصرف کود (۱۳۸۵، ۱۳۸۶، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸)، B: بدون مصرف کود

S₂₀: ۲۰ تن، S₄₀: ۴۰ تن، S_{20F50}: ۲۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، S_{40F50}: ۴۰ تن + ۵۰ درصد کود شیمیایی، در هکتار لجن فاضلاب

تجزیه شدن و فراهم شدن عناصر تغذیه ای را کاهش می دهد (۱۹) و (۳۲). بنابراین همانگونه که در قبل هم اشاره شد، با افزایش فراهمی مواد آلی و عناصر تغذیه ای، میزان فعالیت آنزیمی و جمعیت میکرواورگانیزم ها افزایش می یابد. همچنین در سطح دوم (T₂) اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد که می توان بیان کرد مصرف بیش از اندازه و مکرر لجن فاضلاب می تواند باعث کاهش فعالیت آنزیمی خاک گردد. بین همه فاکتورهای اندازه گیری شده، همبستگی مثبت و معنی داری در سطح ۱ درصد بدست آمد که می تواند به دلیل وابستگی فعالیت میکرواورگانیزم ها به مواد آلی و تغذیه ای 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).

بعلاوه، رز و همکاران (۲۹) بیان کردند که کاربرد لجن فاضلاب باعث افزایش دسترسی میکرواورگانیزم ها به سوبسترا در پی اضافه کردن مواد آلی و همچنین باعث افزایش ترشحات ریشه ای می شود 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 می تواند به نوع لجن فاضلاب و میزان غلظت آلاینده ها در لجن فاضلاب مربوط شود.

همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می شود در تیمارهای همراه با مصرف کود شیمیایی نسبت به تیمارهای بدون مصرف کود شیمیایی، در سطح T₂ میزان فعالیت دو آنزیم بیشتر می باشد ولی تفاوت معنی داری ندارد. وقتی کود آلی به خاک اضافه می شود ممکن است، آلی شدن اتفاق بیافتد اما با کاربرد کود شیمیایی به همراه آن، معدنی شدن اتفاق می افتد. این افزایش در معدنی شدن، زمان لازم برای

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه گیری شده

کربن آلی	تنفس میکروبی	فسفاتاز قلیایی	فسفاتاز اسیدی
۱	۱	۱	۱
۰/۶۵۴**	۰/۵۱۷**	۰/۷۰۷**	۰/۷۳۷**
۰/۵۵۰**	۰/۴۸۰**	۰/۷۳۷**	۰/۷۳۷**

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

نتیجه گیری

(S₄₀ و S₄₀F₅₀) 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.

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 سال‌های 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 (S₂₀) و روند افزایشی و در مقادیر بالای مصرف لجن فاضلاب

منابع

- حجتی س.، نوربخش ف. و خاوازی ک. ۱۳۸۵. تاثیر لجن فاضلاب بر شاخص بیومس میکروبی خاک، فعالیت آنزیمی و عملکرد ذرت. مجله علوم خاک و آب، جلد ۲۰، شماره ۱، ص ۹۳-۸۴.
- قربانی ف. و یونسی ح. ۱۳۸۷. جذب زیستی یون‌های کادمیم از محلول‌های آبی با استفاده از بیومس ساکارومایسس سرویسیه، فصلنامه آب و فاضلاب اصفهان، شماره پیاپی ۶۸.
- گیلانی س.س.، نوربخش ف.، افیونی م. و رضایی نژاد ی. ۱۳۸۳. تاثیر افزودن لجن فاضلاب بر شدت نیرفیکاسیون و جذب نیتروژن به وسیله گیاه ذرت. مجله آب و فاضلاب، شماره ۵۲، صفحات ۳۰-۲۰.
- ملکوتی م. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی
- Ajwa H.A., and Tabatabai M.A. 1994. Decomposition of different organic materials in soil. *Biology and Fertility of Soils*, 18: 175-185.
- Albiach R., Canet R., Pomares F., and Ingelmo F. 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresource Technology*, 77: 109-114.
- Alef K., and Nannipieri P. 1995. *Methods in soil microbiology and biochemistry*. Academic, London, pp. 232-233.
- Baath E. 1989. Effects of heavy metals in soil on microbial process and population: a review. *Water Air Soil Pollute*, 47: 335-379.
- 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.
- Brookes P.C. 1995. Use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biology and Fertility of Soils*, 19: 269-279.
- 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.
- Chapman H.D., and Pruff 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 tailings. *Science 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 rape (*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. *Eup. 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.

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. Bahmanyar²- A. Lakzian³- S. Salek Gilani⁴

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