اثر کرم‌های خاکی و لجن فاضلاب شهری بر قابلیت استفاده فسفر

نسرین نظری [۱]، علیرضا حسین‌پور [۲]، شهرام کیانی [۳]
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ۲- استاد علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، ۳- دانشیار علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

چکیده
در این پژوهش به بررسی اثر کرم خاکی و لجن فاضلاب بر فراهمی فسفر در یک خاک آهکی تیمار شده با لجن فاضلاب شهری پرداخته شد. تیمارهای آزمایش شامل لجن فاضلاب (در دو سطح بدون لجن فاضلاب و دارای ۵/۱ درصد وزنی لجن فاضلاب) به عنوان فاکتور اول و کرم خاکی (در چهار سطح بدون کرم خاکی، گونه‌ی آیزنیافتیدا، گونه‌ی آلولوبوفورا کالیژینوزا و مخلوط دو گونه) به عنوان فاکتور دوم بودند که به صورت فاکتوریل ۴×۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار و شرایط گلخانه برای گیاه ذرت به مدت ۹۰ روز اجرا شد. فسفر قابل استفاده در خاک با روش اولسن، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای و کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار تعیین شد. تاثیر کرم‌های خاکی و برهم کنش بین کرم خاکی و لجن فاضلاب در دو روش کلرید کلسیم و روش بیکربنات آمونیوم-دیتیپیای معنیدار نبود اما برای روش اولسن معنیدار بود.

واژه‌گان کلیدی: فسفر، لجن فاضلاب، کرم خاکی

مقدمه
از آنجا که در نواحی خشک و نیمه خشک ایران، خاک‌ها معمولاً از نظر ماده آلی فقیر بوده و دارای خصوصیات نامطلوبی میباشند، افزایش سطح ماده آلی در چنین خاک‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. فسفر بعد از نیتروژن مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه میباشد. مقدار فسفر در اغلب خاک‌ها فراتر از نیاز گیاهی است و بخش اعظم آن برای گیاه به صورت غیرقابل‌جذب میباشد. اگرچه میزان فسفر مورد نیاز گیاه در مقایسه با سایر عناصر اصلی پرمصرف کم است، با این حال این عنصر جزء عناصر پرنیاز گیاه محسوب می‌شود. این عنصر در انتقال و ذخیره‌سازی انرژی در گیاه نقش مهمی دارد. استخراج و اندازه‌گیری دقیق مقادیر فسفری که گیاه از خاک جذب می‌کند امکان‌پذیر نیست، اما می‌توان به روش‌های مختلف اجزائی از فسفر خاک را استخراج نمود که با فسفر جذب شده توسط گیاه همبستگی مناسبی داشته باشند (آبرامس و جارل، ۱۹۹۲). آگاهی از مقدار شکل‌ها و توزیع شکل‌های مختلف فسفر می‌تواند در ارزیابی و درک فرایندهای پدوژنیک و بررسی توسعه و تکامل خاک مهم باشد. دو فرایند اساسی در تغییر شکل و جابجایی فسفر در خاک عبارتند از فرایندهای ژئوشیمیایی که توزیع دراز مدت فسفر خاک را کنترل می‌کنند و دوم فرایندهای بیولوژیکی که تغییرات کوتاه مدت فسفر در خاک را سبب شده و بیشتر تحت تأثیر تغییر و تحولات مواد آلی خاک هستند (کراس و اسچلسینگر، ۱۹۹۵).

با توجه به مباحث ذکر شده، و بخصوص مقدار اندک فسفر در فاز محلول، فسفر به زمین‌های تحت کشت به صورت کودهای شیمیاییبا کودهای آلی به منظور نگهداری قابلیت دسترسی آن برای تولید سودمند محصول افزوده می‌شود. یکی از منابع آلی حاوی مقادیر ارزشمند فسفر، جامدات زیستینظیر لجن فاضلاب می‌باشند.لجن فاضلاب شهرییکی از تولیدات ثانویه از تیمار فاضلاب می‌باشد. تهنشین کردن لجن فاضلاب اغلب مرحله با ارزشی در تیمار فاضلاب است. امروزه کاربرد خاکیلجن فاضلابافزایشیافته است. کاربرد خاکیلجن فاضلاب به دلیل وارد چرخه کردن مجدد عناصر غذایی و مواد آلی و همچنین بهبود خواص فیزیکی و تولیدات کشاورزی خاک‌هاسودمنداست (بهره‌مندوهمکاران، ۱۳۸۱). کاربرد لجن فاضلاب نه تنها فسفر قابل دسترس را افزایش می‌دهد، همچنین پیوند شدن فسفر به خاک را کاهش داده و ظرفیت واجذبی فسفر را افزایش می‌دهد (سوی و تامسون، ۲۰۰۰). مصرف لجن فاضلاب با تولید اسیدهای آلی و تجزیه فسفر خود در مسیر تحول در محیط خاک سبب کاهش موضعی pHو افزایش فسفر قابل جذب در آن نقطه و ازدیاد عملکرد می‌شود (آچاریا و ردی، ۲۰۰۰).

کرم‌خاکی یکی از مهمترین جاندار اکوسیستم‌ها بوده و بخش عمده‌ای از زیست توده‌ی جانوران درشت خاک را دربرمی‌گیرد (گدیسا و همکاران، ۲۰۱۳). یکی از عواملی که می‌تواند فعالیت آنزیم‌های خاک و در نتیجه سرعتواکنش‌های بیوشیمیایی آن را تحت تأثیر قرار دهد حضور و فعالیت کرم‌های خاکی می‌باشد. این جانداران نقش مهمی در تبدیل عناصر غذایی به شکل‌های قابل دسترس گیاهان و ریزجانداران ایفا کرده و فرآیندهای متعدد میکروبیولوژیکی را تحریک می‌کنند (کیزیل کایا و همکاران، ۲۰۱۰). منبع تغذیه‌ای این جانداران می‌تواند از خاک، مواد آلی و ریزجانداران باشد بنابراین با گوارش خود باعث تجزیه ماده‌ی آلی شده و سرعت و شدت تجزیه‌ی آن را در خاک افزایش داده (ادواردز و بوهن، ۱۹۹۶) و سبب بهبود چرخه‌ی عناصر غذایی از طریق تسریع اختلاط بقایای گیاهی با خاک می‌گردند. مطالب عنوان شده، جایگاه و نقش مهم کرم خاکی را در اکوسیستم بیان کردند. این نقش ممکن است از مصرف لجن فاضلاب در خاک‌های کشاورزی تأثیر پذیرفته و در آن تغییر ایجاد کند. بر اساس نحوه‌ی مدیریت مصرف و خصوصیات شیمیایی این پسماند، احتمال اثر مثبت یا منفی بر این جاندار وجود دارد. بنابراین اهمیت مصرف صحیح لجن

فاضلاب بیش از پیش نمود پیدا می‌کند. در نتیجه در این پژوهش تلاش شد تا اثر مصرف لجن فاضلاب و کرم خاکی بر فراهمی و جزءبندی فسفر خاك بررسی شود.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق دو فاکتور شامل،(۱) لجن فاضلاب شهری شهرکرد (با لجن معادل ۵/۱ درصد وزنی (S۱) و بدون لجن (S۰)(به عنوان فاکتور اول و (۲) کرم خاکی (بدون کرم خاکی (NE)، با آیزنیا فتیدا (*Eiseniafoetida*) از گروه اکولوژیکی اپی‌ژئیک، با آللوبوفرا کالیژینوزا (*Allobophra caliginosa*) از گروه اکولوژیکی آنسیک، مخلوط دو گونه آیزنیا فتیدا و آللوبوفرا کالیژینوزا (E+A)) به عنوان فاکتور دوم بررسی شدند. جهت ارزیابی اثر تیمارهای اعمال شده بر قابلیت استفاده و جزءبندی فسفر آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد اجرا گردید. ۳۲ گلدان برای ۸ تیمار مختلف در نظر گرفته شد.

به منظور انجام این تحقیق از یک خاک آهکی از زمین‌های دانشگاه شهرکرد و از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر به میزان لازم خاک جمع‌آوری گردید. ابتدا گلدان‌هایی با قطر ۲۵ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر انتخاب گردید و برای ایجاد شرایط مناسب از نظر زهکشی و تبادل هوا و به منظور جلوگیری از خروج کرم‌ها، توری نازک برای مسدود کردن کف گلدان‌ها استفاده شد و تا ارتفاع ۲ سانتی‌متر سنگریزه ریخته شد. نمونه‌های لجن فاضلاب شهری از الک ۱ میلیمتری عبور داده شدند و معادل ۵/۱ درصد وزنی لجن فاضلاب شهری به گلدان‌های مورد نظر اضافه گردید. سپس گلدان‌های آزمایشی (با گنجایش ۹ کیلوگرم) با خاك‌های تیمار شده و تیمار نشده با لجن فاضلاب پر گردید. پس از اعمال تیمارها، خاک گلدان‌ها سه ماه برای رسیدن به تعادل نسبی آب داده شد. در مرحله بعد ۴ عدد بذر ذرت رقم سینگل گراس ۷۰۴ را در هر گلدان در عمق ۳ سانتی‌متر کاشته و در تمامی مراحل گلدان‌ها با آب معمولی آبیاری گردید. در دوره رشد سعی شد رطوبت خاک گلدان‌ها در حد ظرفیت زراعی نگهداری شود. کرم‌های خاکی تکثیر داده شده را ابتدا در آب مقطر شستشو داده تا خاک اضافی روی بدن آن‌ها به گلدان‌ها منتقل نشود. برای تخلیه غذای درون دستگاه گوارش کرم‌های خاکی، آن‌ها را به مدت ۲۴ ساعت درون سینی استریل به حالت نیمه شناور نگهداری کرده تا هر چه خاک در روده‌ها و دستگاه گوارش آن‌ها وجود دارد، تخلیه شود. سپس چهار تیمار کرم خاکی (بدون کرم خاکی(NE)، با آیزنیا فتیدا (EF) از گروه اکولوژیکی اپی‌ژئیک، با آللوبوفرا کالیژینوزا (AC) از گروه اکولوژیکی آنسیک، مخلوط آیزنیا فتیدا و آللوبوفرا کالیژینوزا (E+A)) به گلدان‌ها اضافه گردید. به هر گلدان ۴ عدد کرم خاکی (تراکم حدود ۲۴۰ عدد کرم خاکی در هر متر مربع خاک) بالغ با وزن تر حدود ۵/۰ گرم و طول حدود ۵-۶cm اضافه شد. جهت جلوگیری از خروج کرم‌های خاکی، سطح گلدان‌ها بهوسیله یک توری نازک پوشیده شد. پس از رویش بذرها در مرحله دو برگی شدن گیاه ذرت، ۲ گیاه را حذف کرده و ۲ گیاهچه دیگر تا پایان دوره رشد رویشی نگهداری شد. پس از برداشت بوته‌های ذرت، خاک گلدان‌ها کاملا مخلوط و سپس نمونه به مقدار لازم برای تعیین قابلیت استفاده فسفر برداشت و هوا خشک شدند.اثر تیمارها بر قابلیت استفاده فسفر در خاک با روش اولسن، بی‌کربنات آمونیوم - دی‌تی‌پی‌ای و کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار تعیین شد. و سایر پارامترهای خاکی و گیاهی اندازه‌گیری شده به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش تجزیه واریانس ارزیابی و مقایسه میانگینها با روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد (p<۰۵/۰) توسط نرم افزار SAS محاسبه گردید.

نتایج و بحث

جدول ۱-۱ نتایج تجزیه واریانس تأثیر لجن فاضلاب و کرم خاکی بر فسفر عصاره‌گیری شده با روش کلرید کلسیم ۰۱/۰ مولار، روش بی‌کربنات آمونیوم- دی‌تی‌پی‌ای و روش اولسن را نشان می‌دهد. با توجه به جدول مشاهده می‌شود که تأثیر لجن فاضلاب بر فسفر عصاره‌گیری شده در هر سه روش عصاره‌گیری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است. همچنین تأثیر کرم خاکی و برهمکنش بین کرم‌خاکی و لجن فاضلاب در دو روش کلرید کلسیم و روش بی‌کربنات آمونیوم - دی تی پی ای معنی‌دار نبود اما برای روش اولسن معنی‌دار بود.

جدول ۱-۱- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر فسفراستخراجی توسط سه روش عصاره‌گیری شیمیایی در خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		روش کلرید کلسیم	AB-DTPA روش	روش اولسن
لجن فاضلاب	۱	۱۱**	۵۸۹**	۵۷۵۴**
کرم خاکی	۳	۱۵/۰ n.s	۹۳/۰ n.s	۲۷۹**
کرم خاکی×لجن	۳	۱۲/۰ n.s	۰/۱ n.s	۲۳۵**
خطا	۲۴	۱۷/۰	۴/۱	۲۷۲
CV (%)	-	۱۲	۱۶	۱۴

P< غیر معنی‌دار؛ **: ۰۱/۰ :n.s

الف روش اولسن: با توجه به نتایج میانگین‌ها (جدول ۱-۲)، با اعمال تیمار لجن فاضلاب، فسفر عصاره‌گیری شده از ۸/۳ به ۳/۲۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم (معادل ۸۷ درصد) افزایش یافت. نتایج نشان داد که در خاک تیمار شده با لجن فاضلاب و دارای کرم آیزنیا فتیدا میزان فسفر عصاره‌گیری شده بیشترین (۵/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و خاک بدون لجن و کرم خاکی آیزنیا فتیدا کمترین میزان فسفر عصاره‌گیری شده (۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت. در بخش دارای لجن فاضلاب، بین سطوح کرم خاکی اختلاف

معنی‌داری وجود داشت. دامنه میانگین‌ها در بخش بدون لجن ۴- ۴/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در بخش دارای لجن ۵/۳۶- ۹/۱۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. در تیمار لجن فاضلاب کرم‌های خاکی آیزنیا فتیدا، آللوبوفرا کالیژینوزا و مخلوط هر دو کرم به ترتیب سبب افزایش ۵/۱۲۹، ۹/۱۱۶و ۱/۹۱ درصدی فسفر عصاره‌گیری شده شدند. به طور میانگین کرم‌های خاکی آیزنیا فتیدا، آللوبوفرا کالیژینوزا و مخلوط هر دو کرم به ترتیب سبب افزایش ۱/۱۰۶، ۹/۹۶ و ۴/۷۲ درصدی فسفر عصاره‌گیری شده نسبت به شاهد (تیمار بدون کرم) در هر بخش شدند. حضور کرم آیزنیا فتیدا در شرایط بعد از اعمال لجن افزایش بیشتر و معنی‌داری بر فسفر عصاره‌گیری شده به همراه داشت.کرم آللوبوفرا هم در هر دو شرایط با لجن و بدون لجن باعث افزایش فسفر عصاره‌گیری شده شد البته افزودن لجن فاضلاب در حضور گونه‌ی آیزنیا فتیدا اثر بیش‌تری بر افزایش میزان فسفر عصاره‌گیری شده داشته است. حضور هر دو گونه کرم خاکی در هر دو خاک تیمار شده با لجن و تیمار نشده با لجن، فسفر عصاره‌گیری شده را افزایش دادند که این صرفا" به خاطر فعالیت آیزنیا فتیدا است. مصرف لجن فاضلاب اثر کرم آیزنیا فتیدا را تحریک می‌کند. چون این کرم فقط از مواد آلی تغذیه می‌کند و لجن غذای آن را فراهم کرده و نقش آن بیشتر شده است ولی آللوبوفرا آندوژنیک بوده و بیشتر از مواد معدنی خاک استفاده می‌کند(ادواردز و بوهن، ۱۹۹۶).

جدول ۱-۲- میانگین فسفر عصاره‌گیری شده در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب و کرم‌های خاکی به روش اولسن (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)

تیمار کرم خاکی	تیمار لجن فاضلاب		
	بدون لجن	دارای لجن	میانگین
بدون کرم خاکی	۶/۳^{Ba} (۲/۰)	۹/۱۵^{Ac} (۵/۰)	۸/۹^{c} (۷/۶)
آیزنیا فتیدا	۴/۳^{Ba} (۳/۰)	۵/۳۶ ^{Aa} (۳/۲)	۲/۲۰ ^{a} (۹/۱۷)
آللوبوفرا کالیژینوزا	۰/۴^{Ba} (۴/۰)	۶/۳۴^{Aa}(۶/۰)	۳/۱۹ ^{a} (۸/۱۶)
مخلوطکرم	۵/۳^{Ba} (۱/۰)	۴/۳۰^{Ab} (۶/۱)	۹/۱۶^{b} (۸/۱۴)
میانگین	۸/۳^{B} (۳/۰)	۳/۲۹^{A} (۵۲/۸)	

.در هر ردیف میانگین‌های دارای حرفبزرگ مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح۵% ندارند
.در هر ستون میانگین‌های دارای حرف کوچک مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵% ندارند
.اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشد

ب- روش کلرید کلسیم: در روش کلرید کلسیم با اعمال لجن فاضلاب مقدار فسفر عصاره‌گیری شده از ۹/۲ به ۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (معادل ۳/۴۱ درصد) افزایش یافت (جدول ۱-۳). دامنه تغییرات در بخش بدون لجن، ۷/۲-۳/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با میانگین ۹/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در بخش دارای لجن، ۰/۴-۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با میانگین ۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. بیشترین فسفر عصاره‌گیری شده به روش کلرید کلسیم (۱/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در همه خاک‌های تیمار شده با لجن (به جزء تیمار دارای لجن و بدون کرم) و کمترین فسفر عصاره‌گیری شده به روش کلرید کلسیم (۷/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در خاک تیمار نشده با لجن به همراه مخلوط دو گونه کرم خاکی مشاهده شد. در شرایط بدون لجن فاضلاب کرم‌های خاکی آیزنیا فتیدا، آللوبوفرا کالیژینوزا به ترتیب سبب افزایش ۵/۳، ۸/۱۷ درصد و مخلوط هر دو کرم مقدار ۵/۳درصدی فسفر عصاره‌گیری شده را کاهش داد. در شرایط دارای لجن فاضلاب کرم‌های خاکی آیزنیا فتیدا، آللوبوفرا کالیژینوزا، مخلوط هر دو کرم سبب افزایش ۵/۲ درصدی مقدار فسفر عصاره‌گیری شده با روش کلرید کلسیم نسبت به شاهد (تیمار بدون کرم) در هر بخش شدند. در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب، بین خاک دارای کرم آیزنیا فتیدا، خاک دارای کرم آللوبوفرا کالیژینوزا و خاک دارای هر دو نوع کرم اختلاف معنی‌داری نبود و گونه کرم‌ها تأثیری بر افزایش فسفر عصاره‌گیری شده نداشت.

جدول ۱-۳- میانگین فسفر عصاره‌گیری شده در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب و کرم‌های خاکی با روش کلرید کلسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)

تیمار کرم خاکی	تیمار لجن فاضلاب		
	بدون لجن	دارای لجن	میانگین
بدون کرم خاکی	۸/۲^{Ba} (۱/۰)	۰/۴^{Aa} (۳/۰)	۴/۳^{a} (۷/۰)
آیزنیا فتیدا	۹/۲^{Ba} (۲/۰)	۱/۴^{Aa} (۲/۰)	۵/۳^{a} (۷/۰)
آللوبوفرا کالیژینوزا	۳/۳^{Ba} (۵/۰)	۱/۴^{Aa} (۷/۰)	۷/۳^{a} (۷/۰)
مخلوطکرم	۷/۲^{Ba} (۷/۰)	۱/۴^{Aa} (۲/۰)	۴/۳^{a} (۹/۰)
میانگین	۹/۲^{B} (۴/۰)	۱/۴^{A} (۴/۰)	

.در هر ردیف میانگین‌های دارای حرفبزرگ مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح۵% ندارند
.در هر ستون میانگین‌های دارای حرف کوچک مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵% ندارند
.اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشد

ج- روش بی‌کربنات آمونیوم - دیتیپیای :

در روش بی‌کربنات آمونیوم دیتیپیای با اعمال لجن فاضلاب مقدار فسفر عصاره‌گیری شده از ۱/۳ به ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (معادل ۲۸۷ درصد) افزایش یافت (جدول ۱-۴). دامنه تغییرات فسفر در شرایط بدون لجن، ۱/۳-۰/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با میانگین ۱/۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک و در شرایط دارای لجن، ۱۲-۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک با میانگین ۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک بود. بیشترین فسفر عصاره‌گیری شده با روش بی‌کربنات آمونیوم - دیتیپیای(۱۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در همه خاک‌های تیمارشده با لجن (به جزء تیمار دارای لجن و کرم آللوبوفرا کالیژینوزا) و کمترین فسفر عصاره‌گیری شده به روش بی‌کربنات آمونیوم (۰/ ۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) در خاک تیمار نشده با لجن به همراه کرم آیزنیا فتیدا مشاهده شد. در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب و تیمار نشده با لجن فاضلاب، بین خاک دارای کرم آیزنیا فتیدا، خاک دارای کرم آللوبوفرا و خاک دارای هر دو نوع کرم اختلاف معنی‌داری نبود و گونه کرم‌ها تأثیری بر افزایش فسفر عصاره‌گیری شده نداشت.

جدول ۱-۴- میانگین فسفر عصاره‌گیری شده در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب و کرم‌های خاکی به روش AB-DTPA (میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)

تیمار کرم خاکی	تیمار لجن فاضلاب		
	بدون لجن	دارای لجن	میانگین
بدون کرم خاکی	۱/۳^{Ba} (۲/۰)	۱۲^{Aa} (۷/۰)	۶/۷^{a} (۸/۴)
آیزنیا فتیدا	۰/۳^{Ba} (۱/۰)	۱۲^{Aa} (۷/۱)	۳/۷^{a} (۷/۴)
آللوبوفرا کالیژینوزا	۱/۳^{Ba} (۲/۰)	۱۱^{A} (۰/۲)	۹/۶^{a} (۳/۴)
مخلوطکرم	۱/۳^{Ba} (۲/۰)	۱۲^{Aa} (۰/۲)	۷/۷^{a} (۱/۵)
میانگین	۱/۳^{B} (۲/۰)	۱۲^{A} (۷/۲)	

.در هر ردیف میانگین‌های دارای حرفبزرگ مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح۵% ندارند
.در هر ستون میانگین‌های دارای حرف کوچک مشترک تفاوت معنی‌داری در سطح ۵% ندارند
.اعداد داخل پرانتز انحراف معیار می‌باشد

همان‌طور که در جدول ۱-۳ مشاهده می‌شود کلرید کلسیم رقیق فسفر کمتری نسبت به سایر روش‌های عصاره‌گیری از خاکهای مورد مطالعه استخراج کرده است. بعد از آن روش بیکربنات آمونیوم-دیتیپیای و در آخر روش اولسن بیشترین مقدار فسفر عصاره‌گیری شده را به خود اختصاص داده است.میزان تغییراتناشی از حضور کرم خاکیبهحضورلجنفاضلابستگیداشت. در هر سه روش میزان فسفر عصاره‌گیری شده با اضافه شدن لجن فاضلاب بیشتر شد. پژوهشگران پیشین نیز گزارش کردند که افزودن لجن فاضلاب به خاك، سبب افزایش میزان فسفر قابل جذب میشود (سوی و تامسون، ۲۰۰۰). مصرفلجنفاضلابشهریاثرتحریککنندگیکرمخاکیرابرویژگی‌هایمیکروبیولوژیکیوبیوشیمیاییخاککاهشدادکه این کاهش در حضور کرم خاکی آیزنیافتیدابهدلیلتغذیهازلجنفاضلابمحسوس‌تر بود. نتایج این مطالعه نشان داد مصرف لجن فاضلاب شهری وابستگی این جاندار را به ریزجانداران خاک کاهش می‌دهد. علاوه بر این، اثر متقابل این دوگونه‌ی کرم خاکیبا نیازهای متفاوت اکولوژیکی بر شاخص‌های زیستی خاک اغلبهم‌افزایاجمع‌پذیر (بدون اثرمتقابل) بود. همچنین تاثیر کرم خاکی بر فراهمی فسفر

تحت تاثیر ویژگیهای جذب این عنصر توسط خاك قرار میگیرد هر چه ظرفیت جذب فسفر توسط خاك بالاتر باشد اثـر کـرم خـاکی بـر فراهمی فسفر کمتر است (ادواردز و بوهن، ۱۹۹۶).

منابع

بهره‌مند م.ر. افیونی م. حاج‌عباسی م.ع. و رضایینژاد ی. ۱۳۸۱. اثر لجن فاضلاب بر برخی از ویژگیهای فیزیکی خـاک. مجله‌ی علـوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۶. صفحات ۱ تا ۸.

Abrams M.M. and Jarell W.M. ۱۹۹۲. Bioavailability index for phosphorus using ion exchange resin impregnated membranes. Soil Science Society of America Journal. ۵۶:۲۲۵-۲۵۲.

Acharya C.L. and Reddey D.D. ۲۰۰۰. Crop residue addition effects on myriad forms and sorption of phosphorus in vertisol. Bioresource Technology. ۸۰:۹۳-۹۹

Cross A.F. and Schlesinger H. ۱۹۹۵. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation: Application to the biogeochemical cycle of phosphorus in natural ecosystem. Geoderma. ۶۴:۱۸۳- ۱۹۶.

Edwards C.A. and Bohlen P.J. ۱۹۹۶. Biology and Ecology of Earthworms. ۳rd. Chapman and Hall. London.

Kizilkaya R. Karaca A. Turgay O.C. and Cetin S.C. ۲۰۱۰. Earthworm interactions with soil enzymes. In: A. Karaca (ed.) Soil Biology. Part ۲۴. Biology of earthworms. Department of Soil Science. Ankara University. pp.۱۴۱-۱۵۹.

Sui Y.B. and Thompson M.L. ۲۰۰۰. phosphorus sorption desorption and buffering capacity in a biosolids-amended mollisol. Soil Science Society of America Journal. ۶۴:۱۶۴-۱۶۹

Abstract

In this study is servey the effect of earthworms and sewage sludge on the availability P in calcareous soil was treated with sewage sludge. Treatments include sewage sludge (two levels without sewage sludge and sewage sludge ۱.۵% wt) as the first factor and earthworms (at four levels without earth worm, *Eisenia foetida*, *Allolobophra caliginosa* and mixed of both species) as the second factor that is ۴ × ۲ factorial in a completely) in corn cropping under the greenhouse condition for ۹۰ days. P in treated soils was extracted by Olsen, AB-DTPA and ۰.۰۱ M $Cacl_۲$ methods and the interaction between earthworms and sewage sludge in the calcium chloride method and the method of , AB-DTPAand ۰.۰۱ M $Cacl_۲$ not significant, but it was significant for Olsen method.