



تأثیر کود شیمیایی و لجن فاضلاب بر جزءبندی فسفر در دو خاک آهکی

سمیرا قاسمی پیربلوطی^۱، علیرضا حسین پور^۲، شهرام کیانی^۳
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشگاه شهرکرد، ۲- استاد گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد، ۳- استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهرکرد

چکیده

برای بررسی تأثیر کود شیمیایی و لجن فاضلاب بر جزءبندی فسفر در دو خاک آهکی آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. این تحقیق شامل سه فاکتور لجن فاضلاب (۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم)، کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل (۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر) و نوع خاک (با بافت ریز و درشت) بود. نمونه‌های خاک به مدت پنج ماه در انکوباتور نگهداری شدند. پنج ماه پس از خوابانیدن جزءبندی فسفر معدنی با روش جیانگ و گو تعیین شد. نتایج پژوهش نشان داد که با افزودن کود شیمیایی فسفره و لجن فاضلاب، فسفر آلی و معدنی افزایش یافت. همچنین نشان داد که لجن فاضلاب می‌تواند منبع تجدید پذیر فسفر در کشاورزی پایدار باشد.

واژه‌های کلیدی: کود شیمیایی فسفره، لجن فاضلاب، جزءبندی فسفر.

مقدمه

فسفر از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه بوده و مهمترین عنصر در تولید محصول می باشد (ملکوتی و ریاضی همدانی، ۱۳۷۰). گیاهان فسفر را تنها به صورت یون‌های معدنی از محلول خاک جذب می کنند. به دلیل حلالیت بسیار کم ترکیبات حاوی فسفر در خاک و تمایل واکنش‌های تعادلی آن به سمت فاز جامد، میزان فسفر در هر لحظه در محلول خاک بسیار اندک است. همچنان که فسفر به وسیله گیاه جذب می شود، باید توسط منابع قابل دسترس در فاز محلول جایگزین گردد (هولفورد و همکاران، ۱۹۹۷). اگرچه استفاده از کودهای معدنی در ظاهر سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصل خیزی خاک به شمار می رود، ولی هزینه‌های زیادی صرف تهیه کودهای شیمیایی می شود که استفاده از آن‌ها، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک را به دنبال دارد. از این رو استفاده مناسب از کودهای آلی به همراه کاربرد بهینه کودهای شیمیایی نقش مهمی در حفظ باروری، ساختمان و فعالیت‌های حیاتی موجودات خاک ایفا می کند. در این بین لجن فاضلاب به دلیل ارزان بودن و قرار گرفتن عناصر آن در چرخه غذایی انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و همچنین مقدار ماده آلی به نسبت زیاد لجن می‌تواند اثر مطلوبی بر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشد و این به خصوص برای خاک‌های ایران که با کمبود مواد آلی مواجه هستند، دارای اهمیت می باشد (افیونی و همکاران، ۱۳۷۷). مطالعات جزءبندی فسفر برای به دست آوردن اطلاعات در مورد فراهمی، تحرک و رسوب فسفر خاک مفید هستند و روش جزءبندی ذخایر فسفر را که منابع گیرنده‌های فسفر قابل دسترس گیاه هستند را در طول کشت و کار تعیین می کند. روش‌های جزءبندی شیمیایی همچنین برای تشخیص شکل‌های مختلف و اثرات بالقوه محیطی فسفر در خاک‌هایی که پساب، لجن و کود دامی دریافت کردند استفاده می شوند (اختر و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین اختر و همکاران (۲۰۰۲) اظهار داشتند مصرف لجن فاضلاب، فسفر استخراج شده توسط نوارهای کاغذ پوشیده با اکسیدهای آهن را افزایش داد. آن‌ها افزایش قابلیت دسترسی فسفر را به اثر لجن فاضلاب بر معدنی شدن فسفر آلی و کمپلکس شدن آهن، آلومینیوم و کلسیم توسط لیگاند‌های آلی حاصل از تجزیه جزئی لجن فاضلاب نسبت دادند. حجازی مهریزی و همکاران (۱۳۹۲) نتیجه گرفتند که کاربرد لجن فاضلاب در خاک سبب افزایش شکل‌های فسفر معدنی و قابلیت دسترسی فسفر شده است. لی و همکاران (۲۰۱۲) نتیجه‌گیری کردند که کود دادن خاک با ترکیب منابع آلی و غیر آلی می‌تواند تثبیت فسفر را کاهش و تحرک آن را افزایش دهد. مالیک و همکاران (۲۰۱۲) در مشاهدات خود در افزودن منبع فسفر آلی و غیر آلی در خاک و اثر آن بر ذخایر فسفر و ریز جانداران بیان نمودند که با افزودن فسفر غیر آلی، فسفر معدنی لبایل عمدتاً به فسفر غیرلبایل تبدیل شده بود در حالی که با افزودن ماده آلی (کمپوست و باقیمانده ذرت) هم به صورت لبایل و هم غیرلبایل تبدیل شده بود که نتیجه گرفتند که منبع آلی به طور خاص با افزایش غلظت فسفر می‌تواند تشکیل شکل فسفر آلی در خاک را تحریک کند که این ممکن است در طولانی مدت به آهستگی، رها و آزادسازی منبع فسفر را برای گیاه و موجودات فراهم آورد. استفاده مجدد از ضایعات آلی مانند لجن فاضلاب، روش مناسبی برای بازگرداندن مواد آلی و برخی عناصر غذایی به خاک به شمار می‌رود. قبل از کاربرد ضایعات آلی تعیین احتمال جذب و انباشت فلزات سنگین در گیاهان و آلودگی زنجیره غذایی انسان و حیوان در نتیجه کاربرد این ترکیبات الزامی است. اگرچه مطالعاتی در زمینه تأثیر لجن فاضلاب بر خصوصیات خاک و جذب عناصر توسط گیاهان صورت گرفته است، اما مطالعه بر تأثیر کود شیمیایی و لجن فاضلاب بر جزءبندی فسفر در دو نوع خاک آهکی در سطح استان چهارمحال و بختیاری انجام نشده است.

مواد و روش‌ها تهیه و آماده سازی خاک

برای این آزمایش دو خاک آهکی با بافت ریز و درشت از استان چهارمحال و بختیاری و از عمق ۳۰-۰ سانتی متری جمع آوری گردید. پس از هوا خشک کردن نمونه‌ها را از الک ۲ میلی متری عبور داده و سپس ویژگی فیزیکی خاک مانند بافت خاک به روش هیدرومتری (گی و باوذر، ۱۹۸۶) تعیین شد. برخی خصوصیات شیمیایی خاک از قبیل قابلیت هدایت الکتریکی (رودز، ۱۹۹۶)، pH (توماس، ۱۹۹۶)، گنجایش تبادل کاتیونی (سامرز و میلر، ۱۹۹۶)، کربن آلی به روش اکسایش تر (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲)، کربنات کلسیم معادل با روش خنثی کردن کربنات کلسیم با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید اضافی با سود (لایپرت و اسپارکز، ۱۹۹۶)، فسفر کل با روش هضم با اسید نیتریک و اسید پرکلریدریک (سامرز و نلسون، ۱۹۷۲) و مقدار فسفر قابل استفاده پس از عصاره گیری با روش اولسن (اولسن و سامرز، ۱۹۸۲) با روش رنگ سنجی اندازه گیری شد (مورفی و رایلی، ۱۹۶۲).

تهیه و آماده سازی لجن فاضلاب

لجن مورد استفاده از تصفیه‌خانه‌ی فاضلاب شهرکرد تهیه شد. لجن هوا خشک شده و از الک ۱ میلیمتری عبور داده شد. قبل از شروع آزمایش برخی خصوصیات شیمیایی لجن فاضلاب اندازه گیری شد. این خصوصیات شامل قابلیت هدایت الکتریکی با نسبت ۱:۵ آب به لجن فاضلاب (رودز، ۱۹۹۶)، pH (توماس، ۱۹۹۶)، کربن آلی لجن فاضلاب به روش اکسایش تر (نلسون و سامرز، ۱۹۸۲)، فسفر کل با روش هضم با اسید نیتریک و اسید پرکلریدریک (سامرز و نلسون، ۱۹۷۲) و مقدار فسفر قابل استفاده پس از عصاره گیری با روش اولسن (اولسن و سامرز، ۱۹۸۲) با روش رنگ سنجی اندازه‌گیری شد (مورفی و رایلی، ۱۹۶۲).

مطالعه تأثیر لجن فاضلاب و کودشیمیایی بر جزءبندی فسفر

این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. این تحقیق شامل سه فاکتور: لجن فاضلاب (۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم)، کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل (۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر) و نوع خاک (با بافت ریز و درشت) بود. پس از اعمال تیمارها رطوبت خاک‌ها به ۲۰ درصد وزنی رسانده شد و خاک‌ها به مدت پنج ماه در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در انکوباتور نگهداری شدند. در این مدت با وزن کردن روزانه نمونه‌ها رطوبت خاک در ۲۰ درصد وزنی ثابت نگه داشته شدند. پنج ماه پس از خوابانیدن نمونه‌های خاک هوا خشک و جزءبندی فسفر معدنی با روش جیانگ و گو، (۱۹۸۹) تعیین گردید. همچنین فسفر کل از روش هضم با اسید نیتریک و اسید پرکلریدریک (سامرز و نلسون، ۱۹۷۲) و فسفر آلی به روش عصاره گیری با اسید سولفوریک اندازه‌گیری شد (کو، ۱۹۹۶).

نتایج و بحث

برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها و لجن فاضلاب مورد مطالعه در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک‌های مطالعه شده و لجن فاضلاب

پ-هاش	بافت	*قابلیت هدایت الکتریکی	گنجایش تبادل کاتیونی	ماده آلی	کربنات کلسیم معادل	فسفر قابل استفاده	فسفر کل
		dS.m ⁻¹	Cmolc.kg ⁻¹	%	%	mg.kg ⁻¹	mg.kg ⁻¹
۰۰/۸	رسی	۳۰/۰	۵۰/۲۱	۰۸/۱	۵۲/۴۳	۹۳/۱۶	۰۸/۶۴۱
۹۲/۷	شنی	۲۶/۰	۸۲/۷	۸۰/۰	۶۰/۲۴	۶۰/۴	۱۷/۹۵۳
۷۰/۶	-	۸۷/۳	-	۳۶/۲۰	-	۵۱/۲۸۷	۰۷/۵۱۳

در عصاره ۱ به ۲ خاک به آب*

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر اجزاء فسفر نشان داد که اثر نوع خاک بر اجزاء فسفر در سطح ۰۰/۱۰ درصد معنی دار شده است. این بدین معنی است که اختلاف بین خاک‌های مورد مطالعه به خاطر تفاوت در ویژگی فیزیکی و شیمیایی خاک‌ها می‌باشد. میانگین اثر تیمارها بر اجزاء فسفر در پایان انکوباسیون در جدول ۲ نشان داده شده است. مقدار شکل‌های مختلف فسفر در خاک ریز بافت به صورت فسفر آلی <باقیمانده> <اکتاکلسیم فسفات> <آپاتیت> <فسفر پیوند شده با آهن> <فسفر پیوند شده با آلومنیوم> <دی کلسیم فسفات> و مقدار شکل‌های مختلف فسفر در خاک درشت بافت به صورت فسفر آلی <باقیمانده> <اکتاکلسیم فسفات> <آپاتیت> <فسفر پیوند شده با آهن> <فسفر پیوند شده با آلومنیوم> <دی کلسیم فسفات> با کاربرد کود شیمیایی و آلی در خاک‌ها می‌باشد. نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد با افزودن کود شیمیایی و آلی اجزاء فسفر خاک‌ها در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت. علاوه بر این مقدار اجزاء فسفر از منبع آلی و شیمیایی بیشتر از منبع آلی و شیمیایی به تنهایی بود. تأثیر متفاوت ماده آلی



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

افزوده شده به خاک می تواند به دلیل تجزیه آن در طول زمان به وسیله ریزجانداران باشد. نتایج تحقیق حجازی مهریزی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی آثار تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب شهری بر شکل های معدنی فسفر در خاک نشان داد که با افزایش سطح و دفعات کوددهی مقدار دی کلسیم فسفات (Ca₂-P)،

جدول ۲. میانگین اثر تیمارها بر اجزاء فسفر در پایان انکوباسیون

میانگین	لجن فاضلاب (mg P.kg ⁻¹)			میانگین	لجن فاضلاب (mg P.kg ⁻¹)			کودشیمیایی (mg P.kg ⁻¹)
	۵۰	۲۵	۰		۵۰	۲۵	۰	
		درشت بافت		دی کلسیم فسفات		ریز بافت		
C۳۴/۱۶	c۴۰/۱۹	d۵۴/۱۶	f۰۸/۱۳	C۴۹/۲۴	c۰۷/۲۸	d۶۸/۲۴	f۷۳/۲۰	۰
۲۱/۱۸B	b۲۹/۲۱	c۱۹/۱۸	e۱۶/۱۵	B۶۳/۲۷	b۰۰/۳۲	c۳۲/۲۸	e۵۷/۲۲	۲۵
۳۵/۲۱A	a۴۷/۲۴	b۳۹/۲۱	d۲۲/۱۸	A۵۳/۳۱	a۹۶/۳۷	b۱۱/۳۲	d۵۲/۲۴	۵۰
	A۷۲/۲۱	B۷۰/۱۸	C۴۸/۱۵		A۶۷/۳۲	B۳۷/۲۸	C۶۰/۲۲	میانگین
				اکتاکلسیم فسفات				
C۴۰/۸۳	e۰۰/۸۶	g۲۷/۸۳	i۹۴/۸۰	C۸۶/۱۱۴	e۹۴/۱۱۷	g۰۸/۱۱	i۵۶/۱۱۱	۰
						۵		
۲۶/۸۵B	b۳۱/۸۸	d۳۵/۸۵	h۱۲/۸۲	B۰۹/۱۱۸	b	d۰۱/۱۱	h۰۴/۱۱	۲۵
					۲۲/۱۲۱	۹	۴	
A۹۳/۸۸	a۳۴/۹۲	c۵۲/۸۸	f۹۴/۸۵	A۲۰/۱۲۰	a	c۶۰/۱۲۰	f۰۰/۱۱۷	۵۰
	A۸۸/۸۸	B۷۱/۸۵	C۰۰/۸۳		۰۱/۱۲۳	A	C	میانگین
					۷۲/۱۲۰	B۲۲/۱۱	۲۰/۱۱۴	
						۸		
				فسفر پیوند شده با آلومینیوم				
C۶۳/۲۸	d۸۵/۳۱	f۷۴/۲۸	h۳۱/۲۵	C۱۸/۶۱	d۱۰/۶۵	f۰۷/۶۱	h۳۸/۵۷	۰
۵۶/۳۲B	b۲۰/۳۶	e۸۲/۳۲	f۶۸/۲۸	B۲۶/۶۳	b۵۷/۶۷	e۰۵/۶۳	g۱۵/۵۹	۲۵
۲۳/۳۵A	a۰۱/۳۹	c۴۴/۳۵	e۲۴/۳۱	A۶۲/۶۶	a۷۶/۷۰	c۶۳/۶۶	e۴۶/۶۲	۵۰
	A۶۸/۳۵	B۳۳/۳۲	C۴۱/۲۸		A۸۰/۶۷	B۵۸/۶۳	C۶۶/۵۹	میانگین
				فسفر پیوند شده با آهن				
C۱۰/۵۹	d۳۰/۶۲	f۰۳/۵۹	g۰۰/۵۶	C۳۹/۷۲	d۰۲/۷۶	f۰۷/۷۳	g۰۷/۷۱	۰
۵۱/۶۲B	b۳۴/۶۵	d۸۶/۶۲	f۳۶/۵۹	B۱۹/۷۶	b۴۴/۷۹	d۰۳/۷۶	f۱۰/۷۳	۲۵
۰۷/۶۴A	a۰۸/۶۶	c۴۰/۶۳	e۷۴/۶۲	A۲۴/۷۸	a۲۳/۸۱	c۰۵/۷۸	e۴۵/۷۵	۵۰
	A۵۷/۶۴	B۷۶/۶۱	C۳۶/۵۹		A۸۹/۷۸	B۷۱/۷۵	C۲۰/۷۳	میانگین

میانگین های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد اختلاف معنی داری - ندارند.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

اکتاکلسیم فسفات (Ca₈-P)، آپاتایت (Ca₁₀-P)، فسفات آلومینیوم (Al-P)، فسفات آهن (Fe-P) و فسفر قابل جذب خاک افزایش ولی مقدار فسفر محبوس شده (OC-P) کاهش یافت. آثار باقیمانده لجن فاضلاب در یک بار کوددهی سبب افزایش مقدار شکل‌های مختلف فسفر در مقایسه با تیمار شاهد گردید. همچنین نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر اجزاء فسفر نشان داد که اثر دو نوع کود شیمیایی و آلی بر اجزاء فسفر پیوند شده با آلومینیوم و فسفر آلی معنی‌دار نبود. این بدین معنی است که اختلاف بین تیمارهای آزمایشی در این اجزاء به علت تفاوت مقدار و نوع کود نمیباشد که علت آن می‌تواند کمپلکس شدن ترکیبات آلی با آهن و آلومینیوم از جذب فسفر روی اکسیدهای این عناصر ممانعت می‌کند. شوارتز و دائو (۲۰۰۵) پیشنهاد کردند که کلسیم موجود در کودهای آلی سبب کاهش حلالیت فسفر گردیده و سبب می‌شود که فسفات‌های کلسیم در خاک تجمع یابند.

ادامه جدول ۲. میانگین اثر تیمارها بر اجزاء فسفر در پایان

انکوباسیون

میانگین	لجن فاضلاب (mg P.kg ⁻¹)			میانگین	لجن فاضلاب (mg P.kg ⁻¹)			کودشیمیایی (mg P.kg ⁻¹)
	۵۰	۲۵	۰		۵۰	۲۵	۰	
	درشت بافت			آپاتایت	ریز بافت			
C ۹۷/۵۱۸	c ۴۷/۵۲۱	d ۰۰/۵۱۹	f ۴۶/۵۱۶	C ۴۷/۹۲	c ۸۶/۹۶	d ۰۴/۹۳	f ۵۰/۸۷	۰
B ۶۰/۵۲۱	b ۰۹/۵۲۴	c ۲۷/۵۲۱	e ۴۶/۵۱۹	۴۳/۹۴B	b ۰۷/۹۸	c ۰۰/۹۵	e ۲۳/۹۰	۲۵
A ۷۴/۵۲۳	a ۳۳/۵۲۶	b ۱۳/۵۲۳	d ۷۷/۵۲۱	۸۸/۹۶A	a ۱۵/۱۰	b ۲۹/۹۷	d ۱۹/۹۳	۵۰
	A	B ۱۳/۵۲۱	C ۲۳/۵۱۹		A ۳۶/۹۸	B ۱۰/۹۵	C ۳۱/۹۰	میانگین
	۹۶/۵۲۳			فسفر باقیمانده				
C ۶۰/۱۳۳	e ۱۰/۱۳۶	g ۸۴/۱۳۳	i ۸۸/۱۳۰	C ۳۳/۱۴	e	g	i	۰
				۸	۸۲/۱۵۱	۰۳/۱۴۸	۱۵/۱۴۵	
B ۰۷/۱۳۶	b ۰۵/۱۳۹	d ۰۲/۱۳۶	h ۱۶/۱۳۳	B	b	d	h	۲۵
				۳۸/۱۵۰	۰۳/۱۵۳	۴۹/۱۵۰	۶۲/۱۴۷	
A	a ۱۴/۱۴۲	c ۰۱/۱۳۹	f ۱۹/۱۳۶	A	c	f		۵۰
۱۱/۱۳۹				۲۸/۱۵۲	a ۳۹/۱۵	۲۱/۱۵۲	۲۳/۱۴۹	
	A	B ۲۸/۱۳۶	C ۴۰/۱۳۳		۵	B	C	میانگین
	۰۹/۱۳۹			A ۴۱/۱۵	۲۴/۱۵۰	۳۳/۱۴۷		
				۳				
				فسفر آلی				
C ۳۵/۱۲۸	d ۳۴/۱۳۲	f ۲۰/۱۲۸	h	C	d	f	h	۰
			۵۳/۱۲۴	۷۴/۱۵۰	۱۴/۱۵۵	۴۶/۱۵۰	۶۲/۱۴۶	
B ۵۶/۱۳۱	b ۶۳/۱۳۵	e ۹۳/۱۳۱	f ۱۴/۱۲۷	B	b	e	g	۲۵
				۰۲/۱۵۴	۱۲/۱۵۷	۰۱/۱۵۳	۹۳/۱۴۹	
A	a ۰۷/۱۳۹	c ۸۳/۱۳۵	e ۱۳/۱۳۱	A	a	c	e	۵۰
۳۴/۱۳۵				۰۷/۱۵۶	۹۹/۱۵۹	۰۹/۱۵۶	۱۲/۱۵۲	
		B ۹۸/۱۳۱	C ۶۰/۱۲۷		A	B	C	میانگین
	A ۶۸/۱۳۵				۷۵/۱۵۷	۵۱/۱۵۳	۵۵/۱۴۹	
				فسفر کل				
C ۸۹/۹۶۶	d ۰۵/۹۸۰	f ۴۵/۹۶۷	g ۱۹/۹۵۳	C ۹۱/۶۶	d	f	g	۰
				۱۹/۶۹۱	۱۹/۶۹۱	۴۹/۶۶۶	۶۳/۶۴۲	
B ۲۳/۹۹۲	b ۸۰/۱۰۰	d ۵۵/۹۹۱	f ۳۴/۹۸۱	B	e	f	g	۲۵
	۳			۶۲/۶۷۹	b ۶۱/۶۹	d ۰۹/۶۸	f ۱۶/۶۵	
					۳	۷	۸	



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

A				A			
۳۷/۱۰۱۶	a۱۴/۱۰۳	c۹۲/۱۰۱	e۰۷/۱۰۰	۵۵/۷۰۳	a۳۲/۷۱	c۹۲/۷۰	e۴۲/۶۹
	.	۵	۳		۵	۳	۱
		B۶۴/۹۹۱	C۲۰/۹۷۹				
	A۶۶/۱۰۰			A۰۳/۷۰	B۹۷/۶۸	C۰۷/۶۶	
	۴			.	۵	۴	

۵۰
میانگین

میانگین‌های با حروف مشابه در سطح ۵ درصد اختلاف -
معنی‌داری ندارند.

منابع

- افیونی، م. رضایی نژاد، ی. و خیامباشی، ب. ۱۳۷۷. اثر لجن فاضلاب بر عملکرد و جذب فلزات سنگین به وسیله کاهو و اسفناج. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی (شماره ۱)، صفحات ۱۹ تا ۳۰.
- حجازی مهریزی، م. شریعتمداری، ح و افیونی، م. ۱۳۹۲. اثرات تجمعی و باقیمانده لجن فاضلاب شهری بر شکل‌های معدنی فسفر و ارتباط آنها با قابلیت دسترسی فسفر در یک خاک آهکی. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، علوم آب و خاک، سال هفدهم (شماره ۶۴)، صفحات ۳۳ تا ۴۲.
- ملکوتی، م. ج. و ریاضی همدانی، س. ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصل‌خیزی خاک (تألیف تیسدل و نلسون)، چاپ اول، مرکز نشر دانشگاهی، تهران.
- Aktar M., McCallister D. L. and Eskridge K. M. ۲۰۰۲. Availability and fractionation of phosphorus in sewage sludge amended soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* ۳۳: ۲۰۵۷-۲۰۶۸.
- Gee G. W. and Bauder J. W. ۱۹۸۶. Particle size analysis. In: A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part ۱ (۲th Ed.). The American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, pp. ۳۸۳-۴۱۱.
- Holford I. C. R., Hird C and Lawrie R. ۱۹۹۷. Effect of animal effluents on the phosphorus sorption characteristic of soil. *Australian Journal of Soil Research* ۳۵: ۳۶۵-۳۷۴.
- Jiang B. F. and Gu Y. C. ۱۹۸۹. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soils. *Fertilizer Research*. ۲۰: ۱۵۹-۱۶۵.
- Kuo S. ۱۹۹۶. Phosphorus. In: D. L. Sparks (Ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part ۳, Chemical properties. Soil Science Society of America. Madison, WI, pp. ۸۶۹-۹۲۰.
- Li. X. Dong. C., Liu. Y., Shen. Q and Xu. Y. ۲۰۱۲. Interactive effects from combining inorganic and organic fertilisers on phosphorus availability. *Soil Research*. ۵۰: ۶۰۷-۶۱۵.
- Loeppert R. H. and Sparks D. L. ۱۹۹۶. Carbonate and Gypsum. In: D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part ۳: Chemical Properties. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, pp. ۴۳۷-۴۷۴.
- Malik M. A., Marschner P. and Khan K. S. ۲۰۱۲. Addition of organic and inorganic P sources to soil: effects on P pools and microorganisms. *Soil Biology & Biochemistry* ۴۹: ۱۰۶-۱۱۳.
- Murphy J. and Rilley H. P. ۱۹۶۲. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta* ۲۷: ۳۱-۳۶.
- Nelson D. W. and Sommers L. E. ۱۹۸۲. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Sparks, D. L. (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Soil Science Society of America. Madison, WI, pp. ۵۳۹-۵۷۹.
- Olsen S. R. and Sommers L. E. ۱۹۸۲. Phosphorus. In: Klute A. (Ed), *Methods of Soil Analysis*. Part ۱, chemical and biological properties. Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Rhodes J. D. ۱۹۹۶. Salinity: electrical conductivity and total dissolved solids. In: D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part ۳: Chemical Properties. Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, pp. ۴۱۷-۴۳۵.
- Schwartz, R. C. and T. H. Dao. ۲۰۰۵. Phosphorus extractability of soils amended with stockpiled and composted cattle manure. *J. Environ. Qual.* ۳۴: ۹۷۰
- Sumner M. E. and Miller W. P. ۱۹۹۶. Cation exchange capacity and exchange coefficient. In: D.L. Sparks (Ed.), *Methods of soil analysis*. Part ۳, chemical methods. SSSA, Madison, WI, pp. ۱۲۰۱-۱۲۰۳.
- Thomas G. W. ۱۹۹۶. Soil pH and soil acidity. In: D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis*. Part ۳: Chemical Properties. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin, pp. ۴۷۵-۴۸۳.



چهاردهمین کنگره علوم خاک ایران - شیمی حاصلخیزی و تغذیه گیاه

Abstract

To investigate the effect of inorganic fertilizers and sewage sludge on phosphorous fractionation in two calcareous soils a factorial experiment done in a completely randomized design with three replications. The study consisted of three factors: sewage sludge (0 , 25 and 50 mg P. kg^{-1}), triple superphosphate fertilizer (0 , 25 and 50 mg P. kg^{-1}) and soil (fine and coarse texture), respectively. Soil samples incubated at 25 °C for 6 months. After that inorganic P fractionated by Jiang and Gu method. The results showed that inorganic and organic P were increased by adding chemical P fertilizer and sewage sludge application. Also the results showed that sewage sludge is the source of P for sustainable agriculture.