

تأثیر گوگرد بر جزء بندی شیمیایی فسفر در خاک آهکی تحت کشت گیاه سویا

مینا زمانی^۱، محمد حشمتی رفسنجان^۲

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان، ۲. استادیار، گروه علوم خاک دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

چکیده

در این پژوهش تأثیر گوگرد بر جزبندی شیمیایی فسفر خاک با کاربرد گوگرد در سطوح ۰، ۴۰۰، ۸۰۰، ۱۲۰۰ میلی گرم گوگرد بر کیلوگرم خاک در دو زمان پس از اولین آبیاری و پس از برداشت در یک طرح پژوهشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با کشت گیاه سویا، در یک دوره‌ی هفتاد روزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی‌دار فاکتور زمان بر تمام شکل‌های فسفر به جز فسفر پیوند یافته با اکسیدهای آهن (CBD-P) و همچنین نشان دهنده معنی‌داری فاکتور گوگرد و اثر متقابل زمان و گوگرد بر تمام شکل‌های فسفر به جز فسفر پیوند یافته با اکسیدهای آهن (CBD-P) و آپاتیت (Ca₁₀-P) می‌باشد که با گذشت زمان میزان دی‌کلسیم فسفات (Ca₂-P)، اکتاکلسیم فسفات (Ca₈-P) نسبت به زمان نمونه‌برداری اولیه در سطح یک درصد به صورت معنی‌دار کاهش و میزان فسفات‌های آلومینیوم (Al-P) و در فسفات‌های آهن (Fe-P) با گذشت زمان افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آپاتیت، اکتاکلسیم فسفات، جزبندی فسفر، دی‌کلسیم فسفات

مقدمه

بسیاری از خاک‌های ایران آهکی است و میزان کربنات کلسیم معادل در این خاک‌ها حتی تا بیش از ۶۵۰ گرم در کیلوگرم خاک نیز گزارش شده است از طرف دیگر کودهای فسفوری در سطح وسیعی در این خاک‌ها استفاده می‌شوند که به افزایش فسفر در خاک به صورت ترکیبات گوناگون فسفر می‌انجامد (Adhami et al., 2006). بزرگترین مسئله در خاک‌های آهکی در رابطه با فسفر، اینکه عنصری مهم در تغذیه گیاه و بسیار موثر در عملکرد کمی و کیفی محصول است، این است که قسمت اعظم کود فسفوری و فسفر موجود خاک به شکل نامحلول در آمده و تثبیت می‌شود (Olsen et al., 1983). بدیهی است که گیاه توسط غلظت‌های بالای دی‌اکسیدکربن در اطراف ریشه توانایی جذب مقداری از این فسفر ذخیره و تثبیت شده را دارد، ولی همواره ناکافی بودن آن را با علائمی نظیر کمبود محصول ظاهر می‌سازد و کشاورز ناچار به کود شیمیایی بیشتری متوسل می‌شود، هرچند به نتیجه مطلوب و مورد نظر نمی‌رسد چون این کودها که همگی فسفر محلول و قابل جذب دارند در بهترین شرایط خاک‌های آهکی هم بخش قابل توجهی از فسفر محلول خود را توسط مقدار زیاد یون‌های کلسیم فعال در محیط از دست می‌دهند و راندمان آن‌ها کاهش می‌یابد (سالاردینی، ۱۳۶۲). اساساً حلالیت فسفر در ارتباط با پهاش و اسیدیته خاک دستخوش تغییرات زیادی است در این خاک‌ها هرچه پهاش بالاتر باشد یون‌های کلسیم فعال فراوان‌تر و هجوم آن‌ها به آنیون فسفات بیشتر است و فسفات منو، دی و تری کلسیک تشکیل می‌شود که به ترتیب حلالیت آن‌ها و قابلیت جذبشان برای گیاه کمتر می‌شود (Lindsay and Moreno, 1960). اضافه نمودن گوگرد به خاک نیز یکی از روش‌های معمول تعدیل پهاش خاک‌های آهکی است. که در شرایط محیطی مناسب از نظر رطوبت، حرارت و حضور ماده آلی به وسیله گروه‌های میکروبی ویژه، اکسید شده و به اسید سولفوریک تبدیل می‌گردد (Mahler and Maples, 1987). طبیعی است که در این شرایط اگر پهاش در یک نقطه کاهش یابد جذب فسفر یا سایر عناصر غذایی در آن نقطه افزایش می‌یابد. قابلیت دسترسی فسفر برای گیاه به شکل‌های فسفر و مقدار فسفر در خاک بستگی دارد. واکنش کود فسفره در خاک‌های آهکی شامل واکنش‌هایی است که

فرآیندهای جذب و رسوب را در بر می گیرند. جذب می تواند فرآیند غالب در مقادیر کاربرد کم فسفر و رسوب فرآیند غالب در مقادیر زیاد کاربرد فسفر باشد. اطلاع از شکل های غالب فسفر ناشی از جذب و رسوب می تواند یک شاخص خوب از کارایی کود و پتانسیل آلودگی خاک های کود داده شده فراهم نماید (Delgado et al., 2000). آگاهی از شکل های فسفر می تواند برای پیش بینی مقدار فسفر قابل جذب و احتمال انتقال آن ها به آبها مورد استفاده قرار گیرد (Sui et al., 1999).

طی پنجاه سال گذشته محققین به منظور ارزیابی فسفر قابل استفاده گیاه در خاک روش های متعددی را پیشنهاد کرده و مواد گوناگونی از جمله اسیدها، بازها و نمک های مختلف را مورد آزمایش قرار داده اند و تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفته که نشانگر اهمیت انتخاب ترکیب مناسب جهت استخراج فسفر قابل استفاده از خاک است. جیانگ و گو (۱۹۸۹) روش جدیدی را برای عصاره گیری دنباله ای فسفر از خاک های آهکی پیشنهاد نمودند. براساس این روش فسفر معدنی در خاک به ۶ گروه اصلی دی کلسیم فسفات (Ca₂-P)، اکتاکلسیم فسفات (Ca₈-P)، آپاتیت (Ca₁₀-P)، آلومینیوم فسفات (Al-P)، فسفات آهن (Fe-P) و فسفر محبوس (OC-P) تقسیم می شود. آن ها این روش را برای خاک های آهکی دشت های لسی شمال چین با میزان آهک ۴/۲ و ۷/۱ درصد به کار بردند و متوجه شدند که مجموع سه بخش متمایز فسفات کلسیم (Ca₂-P, Ca₈-P, Ca₁₀-P) در این خاک ها تقریباً با فسفات کلسیمی که در روش چنگ و جکسون (۱۹۵۷) عصاره گیری می شود برابر است. شارپلی و اسمیت (۱۹۸۳) نشان دادند که در اثر کاربرد کودهای فسفاتی و کشت و کار، تمامی مقادیر فسفر معدنی افزایش و فسفر آلی در افق سطحی خاک (۰ تا ۳۰ سانتی متر) کاهش یافته است.

سویا یکی از مهم ترین گیاهان زراعی محسوب می شود. طبق تحقیقات انجام شده گوگرد گره زایی را در این گیاه افزایش داده و همچنین مقدار نیتروژن، فسفر و گوگرد جذب شده را نیز افزایش می دهد (Tabatabai, 1976) این احتمال وجود دارد که افزایش گوگرد و تأثیر آن بر افزایش گونه های هم زیست و غیرهم زیست میکروارگانیسم سبب تغییر در گونه بندی فسفر خاک و میزان انحلال فسفر در خاک شود.

مواد و روش ها

در این پژوهش، اثر گوگرد بر توزیع شکل های مختلف فسفر در خاک آهکی تحت کشت سویا بررسی گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، با دو فاکتور، زمان در دو سطح شامل نمونه برداری ابتدای کاشت و نمونه برداری پس از برداشت گیاه و گوگرد در سطوح ۰، ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم در ۴ تکرار انجام شد و ۱۰۰ گرم ماده آلی هنگام تهیه بستر برای افزایش فعالیت میکروبی و ازت از منبع اوره طی دوره رشد و برحسب نیاز گیاه به خاک گلدان ها افزوده شد. دوره رشد گیاه ۷۰ روز و آبیاری گلدان ها به صورت روزانه و براساس ظرفیت زراعی خاک انجام گردید. نمونه برداری از خاک در دو نوبت (ابتدای کاشت و پس از برداشت گیاه) انجام شد. برخی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی شامل میزان آهک خاک به روش تیترومتری، فسفر قابل استفاده (عصاره گیری به روش اولسن)، پتاسیم به روش فلیتومتروتری، pH نمونه خاک در سوسپانسیون ۲ به ۱، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع و بافت خاک به روش هیدرومتری قبل از کاشت تعیین گردید (جدول ۱).

شکل های مختلف فسفر در خاک مورد آزمایش با استفاده از عصاره گیری متوالی فسفر براساس روش جیانگ و گو (۱۹۸۹) شامل ۶ مرحله عصاره گیری تعیین شد. دی کلسیم فسفات با استفاده از بیکربنات سدیم ۰/۲۵ مولار در pH= ۷/۵، اکتاکلسیم فسفات توسط محلول ۰/۵ مولار استات آمونیوم با pH= ۴/۲، فسفر پیوند یافته با اکسیدهای آلومینیوم با محلول ۰/۵ نرمال آمونیوم فلوراید با pH= ۸/۲، فسفر پیوند یافته با اکسیدهای آهن با استفاده از مخلوط محلول ۰/۱ مولار سود و ۰/۱ مولار بیکربنات سدیم، فسفر محبوس در داخل اکسیدهای آهن با استفاده از محلول ۰/۳ مولار سیترات سدیم دهیدرات و پودر سدیم دیتیونات و محلول ۰/۵ مولار سود (CBD-P)، آپاتیت توسط محلول ۰/۲۵ مولار اسید سولفوریک استخراج گردید. میزان فسفر در عصاره های حاصله به روش مورفی و رایلی (۱۹۶۲) با دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد.

نتایج به دست آمده به وسیله نرم افزار آماری SPSS آنالیز شد و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون توکی و در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

جدول ۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه

پتاسیم قابل استفاده mg kg ⁻¹	فسفر قابل استفاده mg kg ⁻¹	آهک %	رس %	سیلت %	شن %	EC ds m ⁻¹	PH
۱۷۱	۴/۰۱	۱۵/۸۳	۶	۸	۸۶	۱/۴۰	۷/۷۰

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که فاکتور زمان اثر معنی‌داری در سطح یک درصد بر کلیه شکل‌های معدنی فسفر دارد و سطوح گوگرد در سطح یک درصد اثر معنی‌داری بر پارامترهای فوق به غیر از فسفر محبوس شده در اکسیدهای آهن و آپاتیت دارند، همچنین برهکنش دو فاکتور زمان و گوگرد بر پارامترهای دی‌کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات، فسفات‌های آلومینیوم و فسفات‌های آهن، اثر معنی‌داری در سطح یک درصد را نشان می‌دهد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس

میانگین مربعات						درجه آزادی	منابع تغییر
Ca ₁₀ -P	CBD-P	Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P		
۷۹۵/۰**	۰/۴ ^{ns}	۲۳/۲۵۵**	۴/۱**	۱۰۲/۸**	۶۳/۶**	۱	زمان
۳۲/۸ ^{ns}	۰/۹ ^{ns}	۲/۳۶۶**	۱۳/۹**	۳۴/۶**	۲۲/۳**	۳	سطح گوگرد
۳۲/۳ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}	۲/۳۸۴**	۹/۲**	۱۷/۰**	۵/۱**	۳	گوگرد*زمان
۱۱/۸	۰/۶	۰/۱۷۵	۰/۳	۱/۳	۱/۸	۲۴	خطا
						۳۱	کل

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌داری و معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪

Ca₂P: دی‌کلسیم فسفات؛ Ca₈P: اکتاکلسیم فسفات؛ Al-P: فسفات آلومینیوم؛ Fe-P: فسفات آهن؛ CBD-P: فسفر محبوس شده در اکسیدهای آهن؛ Ca₁₀-P: آپاتیت.

دی‌کلسیم فسفات (Ca₂P)

مقایسه میانگین‌ها نشان دهنده اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد بین سطوح مختلف گوگرد و دفعات نمونه برداری است (جدول ۳). مقایسه میانگین در سطح پنج درصد در زمان اولیه نمونه‌برداری بین سطح ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی‌گرم گوگرد در کیلوگرم خاک اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان می‌دهد و بیشترین اختلاف مربوط به سطح ۱۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌باشد اما در زمان نمونه برداری نهایی بین سطح شاهد با سطح ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اختلاف معنی‌داری وجود ندارد و تنها با سطح ۱۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد مشاهده گردید. صدیق و رابینسون (۲۰۰۴) افزایش دی‌کلسیم فسفات را در خاک‌های تیمار شده با لجن فاضلاب ذکر کرده‌اند. در زمان نمونه برداری نهایی نسبت به زمان اولیه روند کاهشی در میزان دی‌کلسیم فسفات در بین سطوح گوگرد مشاهده می‌شود که بیشترین میزان کاهش مربوط به سطح ۸۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم گوگرد می‌باشد. فسفر محلولی که از طریق گوگرد به خاک اضافه می‌شود در ابتدا به دی‌کلسیم فسفات و با گذشت زمان به سایر شکل‌های پایدارتر فسفر تبدیل می‌شود (Yaobing et al., 1999; Zhang et al., 2004). این احتمال وجود دارد که با افزایش سطوح گوگرد به میزان دی‌کلسیم فسفات افزوده و با گذر زمان از مقدار آن کاسته شود.

اکتاکلسیم فسفات (Ca₈P)

مقایسه میانگین در زمان نمونه برداری اولیه بین سطح شاهد با سایر سطوح گوگرد اختلاف معنی داری را نشان نمی دهد این در شرایطی است افزایش معنی داری بین سطح ۱۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم با سطوح ۸۰۰ میلی گرم در کیلوگرم مشاهده می شود. در زمان نمونه برداری نهایی کاهش معنی داری بین سطح شاهد و سطوح گوگرد مشاهده می گردد که بیشترین میزان کاهش اکتاکلسیم فسفات مربوط به سطح ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم می باشد. در زمان نمونه برداری نهایی نسبت به زمان نمونه برداری اولیه روند کاهشی در میزان اکتاکلسیم فسفات با افزایش سطح گوگرد مشاهده می شود که بیشترین میزان کاهش مربوط به سطح ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم گوگرد می باشد. این کاهش می تواند در اثر کاهش PH خاک و تبدیل اکتاکلسیم فسفات به دی کلسیم فسفات یا تبدیل به فرم پایدارتر فسفر مثل آپاتیت باشد

فسفات آلومینیوم (Al-P)

مقایسه میانگین در زمان نمونه برداری اولیه در سطح ۴۰۰ و ۸۰۰ میلی گرم در کیلوگرم کاهش معنی دار فسفات آلومینیوم نسبت به شاهد دیده می شود (جدول ۳) این در شرایطی است که در سطح ۱۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم افزایش نسبت به شاهد مشاهده می شود در زمان نمونه برداری نهایی بین سطح های ۴۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم اختلاف معنی داری وجود ندارد و این در صورتی است که سطوح ذکر شده کاهش معنی داری را نسبت به شاهد نشان می دهند. در زمان نمونه برداری نهایی با افزایش سطوح گوگرد کاهش معنی داری در میزان فسفات آلومینیوم نسبت به زمان اولیه نمونه برداری مشاهده شد، این در حالی است که تنها در سطح ۱۲۰۰ میزان فسفات آلومینیوم به طور معنی داری افزایش یافته است. نتایج سالک و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد که استفاده از کودهای آلی در مزارع برنج سبب افزایش فسفات آلومینیوم خاک شده است.

جدول ۳ - مقایسه میانگین شکل های مختلف فسفر در سطوح مختلف گوگرد و زمان

Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P	گوگرد mg kg ⁻¹	زمان
۱/۷ ^{cd}	۶/۹ ^b	۴۱/۷ ^{ab}	۱۶/۷ ^c	.	
۱/۳ ^d	۵/۲ ^c	۴۰/۴ ^{abc}	۱۷/۷ ^{bc}	۴۰۰	زمان اولیه
۱/۳ ^d	۵/۵ ^c	۳۹/۶ ^{bcd}	۲۰/۱ ^{ab}	۸۰۰	
۱/۷ ^{cd}	۹/۵ ^a	۴۲/۳ ^a	۲۲/۲ ^a	۱۲۰۰	
۳/۴ ^b	۹/۴ ^a	۴۱/۰ ^{abc}	۱۵/۶ ^c	.	
۴/۵ ^a	۶/۱ ^{bc}	۳۲/۹ ^e	۱۵/۹ ^c	۴۰۰	زمان نهایی
۲/۳ ^c	۷/۳ ^b	۳۷/۵ ^{cd}	۱۶/۲ ^c	۸۰۰	
۲/۲ ^c	۷/۳ ^b	۳۷/۳ ^d	۱۷/۷ ^{ab}	۱۲۰۰	

اعدادی که در هر ستون دارای حروف مشترک می باشند اختلاف معنی داری را با آزمون توکی در سطح ۵ درصد نشان نمی دهند

فسفات آهن (Fe-P)

در زمان اولیه نمونه برداری مقایسه میانگین در سطح پنج درصد بین سطوح مختلف گوگرد با شاهد اختلاف معنی داری را نشان نمی دهد (جدول ۳). در زمان نهایی در سطح ۴۰۰ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم افزایش معنی داری نسبت به شاهد مشاهده می شود این در صورتی است که در سطح ۸۰۰ و ۱۲۰۰ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم خاک کاهش معنی داری نسبت به شاهد مشاهده می گردد. در زمان نمونه برداری نهایی با افزایش سطوح مختلف گوگرد میزان فسفات آهن نسبت به زمان



اولیه افزایش می‌یابد حجازی و همکاران (۱۳۹۲) بیان کردند که خاک تیمار شده با لجن فاضلاب سبب افزایش فسفات‌های آهن گردیده است.

نتیجه‌گیری

نتایج مقایسه میانگین بین زمان اولیه و نهایی نمونه برداری در سطح پنج درصد با گذشت زمان در فسفات‌های دی‌کلسیم و اکتاکلسیم کاهش معنی داری را نشان می‌دهد مقایسه میانگین نشان دهنده افزایش فسفات آلومینیوم (Al-P) و فسفات‌های آهن (Fe-P) نسبت به زمان اولیه می‌باشد.

منابع

- حجازی، م.م.، شریعتمداری، ح. و افیونی، م. ۱۳۹۲. اثرات تجمعی و باقی مانده 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. جلد ۱۷. شماره ۶۰۴. ص ۳۳-۴۲.
- دهقان، ر.، شریعتمداری، ح. و خادمی، ح. ۱۳۸۶. شکل‌های فسفر در چهار ردیف ارضی از مناطق اصفهان و شهرکرد. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۲: ۴۳۶-۴۷۲.
- سالاردینی، ع. ۱۳۶۲. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران، تهران، ایران.
- Adhami E., Maftoun M., Ronaghi A., Karimian N., Yasrebi J. and Asad M.T. 2006. Inorganic phosphorus fractionation of highly calcareous soil of Iran, *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 37: 1877-1888.
- Chang S C. and Jackson M L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Science*, 84: 133-144.
- Delgado A., Ruiz J.R., Delcampillo M.C., Kassem S. and Andreu L. 2000. Calcium and iron-related phosphorus in calcareous and calcareous marsh soils: Sequential chemical fractionation and P-31 nuclear magnetic resonance study. *Journal Soil Science Plant Anal*, 31: 2483-2499.
- Jiang B.F. and Gu Y.C. 1989. A suggested fractionation scheme for inorganic phosphorus in calcareous soil. *Journal Fertilizer research*, 20: 150-156
- Lindsay W.L. and Moreno E.C. 1960. Phosphate equilibria soil. *Soil. Journal Soil Science Society of America*, 24: 177-182.
- Mahler R.J. and Maples R.L. 1987. Effect of sulfur addition on soil and the nutrition of wheat. *Journal Soil Science plant, Anal*: 635-637.
- Murphy J. and Riley J.P. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Journal Analytica Chimica Acta*, v. 27, p. 31-36, 1962.
- Olsen S.R. 1983. Evaluation of fertilizer phosphate Residual Soil Science Society of America Journal. 47:952-958. phosphorus in calcareous soils. *Journal Fertilizer Research*, 20:159-165.
- Saleque M.A., Naher U.A., Islam A., Pathan A.M.B.U., Hossain A.T.M.S. and Meisner C.A. 2004. Inorganic and organic phosphorus fertilizer effects on the phosphorus fractionation in wetland rice soils. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1635-1644.
- Siddque M.T. and Robinson J.S. 2004. Differences in phosphorus retention and release in soils amended with animal manure and sewage sludge. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1421-1428.
- Sui Y., Thompson M.L. and hang C.S. 1999. Fractionation of phosphorus in a mollisol amended with biosolids *Journal Soil Science Society of America*, 63: 1174-1180.
- Tabatabai M.A., 1986. Sulfur in agriculture. *American Society of Agronomy*.
- Vu D.T., Tang C. and Armstrong R.D. 2008. Changes and availability of P fractions following 65 years of P application to a calcareous soil in Mediterranean climate. *Plant and Soil*, 304: 21-33.
- Yaobing S.M., Thampson L. and Shang C. 1999. Fractionation of phosphorus in a mollisol amended with biosolids. *Soil Science Society of America Journal*, 63: 1174-1180.
- Zhang F., Kang S., Zhang J., Zhang R. and Li F. 2004. Nitrogen fertilization on uptake of soil inorganic phosphorus fractions in the wheat root zone. *Soil Science Society of America Journal*, 68: 1890-1895.



The effects of sulphur on chemical fractions of soil phosphorus in a calcareous soil under soybean cultivation

M. Zamani¹, M. Heshmati²

¹. Dept. of Soil Sci., Faculty of Agric., Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Iran.

². Assistant Prof., Dept., of Soil Science., Vali-e-Asr Univ. of Rafsanjan, Iran.

Abstract

The effect of sulphur application on chemical fractions of soil inorganic P was studied in a factorial experiment in randomized complete design with three replications. Studied factors were sulphur in four levels (0, 400, 800 and 1200 mgS/kg of soil) and incubation time in two levels (after the first irrigation and 70 days after sowing soybean seeds). The results of ANOVA showed the significant effects of time factors on all of the inorganic P forms except of P occluded in crystalline Fe oxides (CBD-P), also sulphur factors and their interaction on all of the inorganic P forms except of P occluded in crystalline Fe oxides (CBD-P) and apatite (Ca₁₀-P). According to the results, Ca₂-P and Ca₈-P forms were increased after 70 days under growing conditions while Al-P and Fe-P forms showed significant decrease at the 0.01 level.

Keywords :, Dycalcium phosphate, octacalcium phosphate, apatite, fractionation phosphorus