

بررسی تأثیر تناوب کاشت گندم - ذرت بر شکل‌های معدنی و قابل جذب فسفر خاکهای آهکی

مهرزاد مستشاری (محصص)^{۱*}

استادیار پژوهش و رئیس مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین؛ mm_mohasses@yahoo.com

چکیده

به منظور تعیین تأثیر تناوب کاشت ذرت و گندم بر شکل‌های معدنی و قابل جذب فسفر طرحی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با فاکتورهای دو نوع خاک و سه سطح مصرف کود فسفره در شرایط با تناوب کشت ذرت و گندم و بدون کشت گیاه در سه تکرار اجرا گردید. سپس در یک دوره ۵ ماهه روند تغییرات فسفر قابل جذب و شکل‌های معدنی فسفر خاک تحت شرایط یاد شده تعیین گردید. نتایج نشان داد سطوح کود فسفره، نوع خاک، کشت گیاه ذرت و گندم و تناوب آنها بر فسفر قابل جذب خاک و شکل‌های معدنی فسفر خاک شامل فسفات‌های کلسیم، فسفات‌های آهن و آلومینیوم و فسفات محبوس شده در اکسیدهای آهن و آلومینیوم تأثیر معنی‌داری داشت به طوری که با مصرف سطوح بالای کود فسفره شکل‌های معدنی فسفر افزایش یافت ولی در شرایط مصرف متعادل کود تغییر شکل کود مصرفی به شکل‌های معدنی فسفر کاهش داشت و در شرایط تناوب کشت ذرت و گندم با مصرف کود فسفره در زمان کاشت ذرت نیاز کودی کشت گندم نیز بر طرف گردید.

واژه‌های کلیدی: شکل‌های معدنی فسفر، فسفر قابل جذب

مقدمه

است. فسفات‌های آهن- آلومینیوم علاوه بر میزان رس با گنجایش تبادل کاتیونی نیز رابطه مثبت و معنی‌داری نشان دادند (کاهش فراهمی فسفر در خاک تابع پیچیده‌ای از نوع و مقدار ترکیب‌های خاک بویژه، مقدار و واکنش پذیری رس‌های سیلیکاته، کربنات کلسیم، اکسیدهای آهن و آلومینیوم، زمان و مقدار فسفر افزوده شده است. شارپلی و همکاران (۱۹۸۹)^۳، اولسن و سامر (۱۹۸۲)^۴ گزارش کردند جذب فسفر در خاکهای آهکی تابعی از مقدار کربنات کلسیم در خاک است اگرچه به

آگاهی از شکل‌های شیمیایی فسفر معدنی در فهم شیمی فسفر خاک و همچنین در درک جنبه‌های پیدایش و حاصلخیزی خاک اهمیت دارد. صمدی و جیلکز (۱۹۹۹)^۲ گزارش کردند با توجه به حلالیت متفاوت شکل‌های مختلف فسفر، تعیین فراوانی و توزیع آنان ممکن است ما را با قابلیت‌های گیاهان در استفاده از فسفر خاک بیشتر آشنا کند. همچنین آنان گزارش دادند که بین فسفر آلی، فسفات‌های کلسیم و فسفات‌های آهن- آلومینیوم با درصد رس رابطه مثبت و معنی‌داری برقرار

^۱ نویسنده مسئول، آدرس: قزوین، بلوار شهید بهشتی، روبروی مجتمع هلال احمر- پلاک ۱۱۸- صندوق پستی: ۳۴۱۸۵-۶۱۸

* دریافت: تیر ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۱

^۲ Samadi & Gilkes (1999)

^۳ Sharpley et al. (1989)

^۴ Olsen & Sommer (1982)

(۱۹۹۷)^۷ بین شکل های مختلف فسفر همبستگی های معنی داری مشاهده کردند که بیانگر وجود رابطه تعادلی بین این شکل ها بود، انجام رگرسیون چند متغیره گام به گام نشان داد که ۹۰ درصد تغییرات فسفر عصاره گیری شده با روش اولسن در خاک های اهکی به شکل دی کلسیم فسفات مربوط می شود صمدی (۲۰۰۳)^۸، گو و همکاران (۲۰۰۰)^۹ شکل های مختلف فسفر را با روش هدلی و همکاران تعیین و مشاهده کردند که شکل های مختلف فسفر قابلیت جذب متفاوتی برای گیاهان در خاک های مورد مطالعه داشتند و یانگ و جاکوبسن (۱۹۹۰)^{۱۰} همبستگی بسیار معنی داری بین فسفر قابل استخراج با رزین و فسفر قابل جذب مشاهده کردند.

جاوید و راول (۲۰۰۲)^{۱۱} در مطالعه آنکوباسیون فسفر گزارش کردند که بعد از گذشت ۹۰ روز ۴۵ تا ۸۰ درصد از فسفر مصرفی به صورت غیر قابل جذب درآمده و قابل عصاره گیری به روش اولسن نبوده است، بیشترین مقدار فسفر غیر قابل جذب مربوط به خاک های اهکی بود. در بررسی شکل های فسفر در سیستم های مختلف زراعی در خاک های اکسی سل در برزیل گزارش دادند که میزان فسفر کل در سیستم های بدون عملیات زراعی و با عملیات زراعی کم تفاوت معنی داری ندارد و در عمق ریشه میزان آن کاهش یافته و میزان فسفر قابل جذب گیاه در شرایط بدون عملیات زراعی افزایش نشان داد. سلز و همکاران (۱۹۹۷)^{۱۲} و ژنگ و همکاران (۲۰۰۴)^{۱۳} گزارش کردند که در بررسی شکل های فسفر در خاک هایی که در طولانی مدت با افزایش و تخلیه فسفر مواجه بوده و تحت کشت ذرت قرار داشتند با تخلیه فسفر میزان فسفر کاهش یافت و طی کشت های متوالی میزان فسفر لبایل نیز کاهش یافته و تبدیل این شکل فسفر به فسفر قابل استفاده گیاه طی یک فرایند کند صورت گرفته و باید در مدیریت کوددهی خاک ها در نظر گرفته شود. آدپجو (۱۹۸۲)^{۱۴} گزارش کرد با گذشت زمان میزان فسفر اولسن خاک کاهش می یابد، سرعت کاهش فسفر اولسن در شرایط بدون کشت گیاه بیشتر از شرایط با کشت گیاه در تناوب می باشد که نشان دهنده تأثیر تناوب کشت در تثبیت فسفر قابل جذب خاک است. از طرف دیگر اسمیت و همکاران (۱۹۹۶)^{۱۵}

نظر می رسد که اکسیدهای آهن و آلومینیوم در خاک های اهکی در تثبیت فسفر کمتر اهمیت داشته باشند به نقش فعال و موثر اکسیدهای آهن و آلومینیوم اشاره کرده اند. جداسازی شکل های فسفر بر پایه حلالیت کانیهای حاوی فسفات نظیر آپاتایت، واریسایت و استرینگایت در برخی عصاره گیرها استوار است (جیانگ و گو، ۱۹۸۹)^۱. صمدی و جیلکز (۱۹۹۸۷)^۲ روش جیانگ و گو را برای خاکهای اهکی و دارای pH بالاتر از ۸ مورد استفاده قرار دادند و دریافتند که فراوانی شکل های فسفر معدنی در خاک های غیرزراعی که کود دریافت نکرده اند به صورت زیر می باشد:

اکتاکلسیم فسفات > آپاتایت = دی کلسیم فسفات >
فسفات آهن > فسفاتهای محبوس > فسفاتهای آلومینیوم
اما در خاکهای کود داده شده این فراوانی به صورت زیر تغییر کرد.

فسفات محبوس > فسفات آهن > آپاتایت > دی کلسیم فسفات > اکتاکلسیم فسفات > فسفاتهای آلومینیوم، منظور از فسفات های محبوس، فسفات های آهن و آلومینیومی هستند که در داخل اکسیدهای این فلزات قرار گرفته اند. سامریت و همکاران (۲۰۰۲)^۳ گزارش کردند شکل های فسفر معدنی در خاک های اهکی به ترتیب فسفات کلسیم << فسفات آلومینیوم ~ فسفات آهن >> فسفر محلول در احیاء کننده می باشد.

یو و همکاران (۲۰۰۶)^۴ و شعاعی و یست (۲۰۰۴)^۵ گزارش کردند میزان فسفر پیوند شده توسط Ca و عصاره گیری شده با HCl، ۴۵-۶۰ درصد از کل فسفر را در خاک های قلیایی مورد مطالعه را شامل شد. آنان در مدل سازی شکل های فسفر خاک و نقش آن در جذب توسط گیاه و نقش کودهای شیمیایی بر روی شکل های فسفر مشخص کردند که هر جزء فسفر می تواند به طور مستقیم و یا از طریق تأثیر بر شکل های دیگر بر جذب فسفر توسط گیاه موثر باشد این محققان گزارش دادند فسفر معدنی عصاره گیری شده با NaHCO₃ و فسفر آلی و فسفر معدنی عصاره گیری شده با NaOH برای تعیین پویائی فسفر در خاک های مالی سل، ورتی سل، اولتی سل و اکسی سل مناسب می باشد. فسفر قابل استخراج به روش اولسن همبستگی معنی داری با مقدار فسفر افزوده شده به خاک دارد یانگ و همکاران (۲۰۰۶)^۶ و اشمیت و همکاران

7. Schmidt et al. (1997)

8. Samadi (2003)

9. Guo et al. (2000)

10. Yang & Jacobsen (1990)

11. Javid & Rowell (2002)

12. Selles et al. (1997)

13. Zhang et al. (2004)

14. Adepoju et al. (1982)

15. Schmidt et al. (1996)

1. Jiang & Gu (1989)

2. Samadi & Gilkes (1998)

3. Samrit et al. (2002)

4. Yu et al (2006)

5. Shuai & Yost (2004)

6. Yang et al. (2006)

تعیین اثرات نوع خاک، سطوح مختلف مصرف کود فسفره و تناوب کشت ذرت و گندم بر شکل‌های معدنی و قابل جذب فسفر خاک

مواد و روش‌ها

به منظور تعیین شاخص‌های موثر خاک در کارایی جذب فسفر توسط گیاه ذرت و گندم اقدام به کاشت گیاه ذرت رقم SC704 در تناوب با گندم رقم پیش‌تاز در دو خاک انتخابی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به شرح زیر در شرایط گلخانه‌ای گردید:

ویژگی خاک‌های مورد مطالعه در (جدول ۱) آمده است.

فاکتور خاک در دو سطح (آهک بالا و پایین)، فاکتور کود فسفره از منبع KH_2PO_4 در سه سطح صفر، ۵۰ میلی‌گرم فسفر خالص بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، ۵۰ میلی‌گرم فسفر خالص بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت بعلاوه ۲۵ میلی‌گرم فسفر خالص بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم و فاکتور کشت در دو سطح کشت گیاه ذرت در تناوب با گندم و بدون کشت گیاه در سه تکرار در مجموع ۳۶ گلدان آزمایشی را شامل گردید. آبیاری به روش وزنی بر اساس رطوبت مزرعه‌ای (F.C) با آب مقطر انجام و شرایط کنترل شده گلخانه‌ای (از نظر نور، دما، رطوبت نسبی) در مدت ۶ هفته‌ای کشت ذرت و ده هفته کشت گندم تحت کنترل قرار گرفت، سپس روابط بین شکل‌های معدنی فسفر خاک شامل فسفات‌های کلسیم، فسفات‌های آهن و آلومینیوم و فسفات‌های محبوس شده در اکسیدهای آهن و آلومینیوم در ۶ هفته پس از کاشت ذرت و ده هفته پس از کاشت گندم بررسی گردید و موثرترین شاخص‌های خاک شامل کربنات کلسیم فعال و معادل و ذخیره فسفر خاک در جذب فسفر توسط گیاه، سهم شکل‌های مختلف فسفر معدنی در جذب فسفر توسط گیاه، فسفر خاک به روش اولسن (۱۹۸۲)^۸ در ۲، ۴ و ۶ هفته پس از کاشت ذرت و ۵ و ۱۰ هفته پس از کاشت گندم و روند آماری آن تعیین و مورد بررسی قرار گرفت. شکل‌های معدنی فسفر در خاک‌های انتخابی به روش جیانگ و گو (۱۹۸۹)^۹ اندازه‌گیری گردید.

نتایج

بررسی اثرات تناوب کاشت ذرت - گندم بر فسفر قابل جذب خاک

شکل‌های فسفر را در خاک‌های زیر کشت تعیین و مشاهده کردند که با افزودن مقادیر زیاد کود فسفره مقدار فسفر معدنی قابل استخراج با بی‌کربنات سدیم افزایش و در مقادیر کم کود فسفره کاهش یافت، همچنین گو و همکاران (۲۰۰۰)^۱ اثر کشت را بر شکل‌های فسفر معدنی بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که فسفر معدنی قابل استخراج با بیکربنات سدیم بر اثر جذب فسفر توسط گیاه به مقدار زیادی کاهش یافت. بلک و همکاران (۲۰۰۳)^۲ گزارش کردند که کشت گیاه بدون مصرف کود فسفره سبب کاهش فسفر به شکل دی کلسیم فسفات می‌گردد که نشان دهنده قابلیت جذب این شکل از فسفر توسط گیاه می‌باشد. همچنین اولسن و همکاران (۱۹۸۳)^۳ مشاهده کردند بر اثر کشت گیاه فسفر باقی مانده خاک به شکل اکتاکلسیم فسفات تبدیل می‌گردد و این شکل از فسفر می‌تواند به شکل قابل جذب برای گیاه تبدیل گردد و چنگ و جیو (۱۹۶۱)^۴ گزارش دادند که فسفر قابل جذب گیاه با فسفات‌های آلومینیوم همبستگی معنی‌داری دارد و این همبستگی در خاک‌هایی که فسفات‌های کلسیم غالب است، بیشتر می‌باشد همچنین سامریت و همکاران (۲۰۰۲)^۵ (۲۰۰۲)^۵ گزارش کردند که فسفات‌های آهن می‌توانند به شکل قابل جذب گیاه تغییر شکل یابند. ساین و همکاران (۱۹۶۶)^۶ در تغییر شکل‌های معدنی فسفر به شکل قابل جذب نیز مشخص نمودند که مصرف بی‌رویه کود فسفره سبب تثبیت فسفر به شکل آپاتیت می‌گردد. همچنین ژنگ (۲۰۰۰)^۷ گزارش کرد که کشت متوالی ذرت در شرایط با و بدون مصرف کود فسفره تأثیر معنی‌داری در فسفر قابل استخراج با اسیدکلریدریک را ندارد.

به این ترتیب تأثیر عوامل فیزیکی، شیمیایی، گیاهی و زیستی بر روی شکل‌های معدنی فسفر خاک به منظور بررسی راه‌های افزایش کارایی فسفر از اهمیت خاصی برخوردار بوده و با این دانش که درصد کمی از کودهای فسفره در تناوب‌های زراعی در کشت اول به مصرف می‌رسد و مابقی در خاک باقی می‌ماند، می‌توان روش‌هایی را به منظور تعیین اثر باقی مانده کودهای فسفری و افزایش قابلیت جذب آن در کشت‌های دوم بررسی نمود، با اجرای این تحقیق می‌توان به هدف‌های زیر دست یافت:

1. Guo et al. (2000)

2. Blake et al. (2003)

3. Olsen et al. (1983)

4. Chang & Juo (1961)

5. Samrit et al. (2002)

6. Singh et al. (1966)

7. Zhang et al. (2004)

8. Olsen (1982)

9. Jiang & Gu (1989)

در جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفات آلومینیوم خاک مشخص می شود
با عنایت به جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت- گندم بر میزان فسفر محبوس شده خاک شده است.

در جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم را بر میزان آپاتیت خاک را نشان می دهد..

بحث

بررسی اثرات تناوب کاشت ذرت - گندم بر فسفر قابل جذب خاک

همانگونه که در جدول ۲ نتایج تجزیه واریانس اثر نوع خاک و تناوب کاشت ذرت - گندم بر فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن مشاهده می گردد. نوع خاک بر فسفر قابل جذب خاک در طول زمان تناوب در شرایط کاشت گیاه و مصرف تک مرحله ای و دو مرحله ای کود فسفره در سطح یک درصد و در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کاشت گیاه در سطح پنج درصد معنی دار است، اثر زمان در طول تناوب یعنی دو، چهار و شش هفته پس از کاشت ذرت و پنج و ده هفته پس از کاشت گندم در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کاشت گیاه در سطح پنج درصد و در شرایط مصرف تک مرحله ای و دو مرحله کود فسفره، با و بدون کشت گیاه در سطح یک درصد معنی دار می باشد. همچنین اثر متقابل خاک و زمان در شرایط مصرف تک مرحله ای کود فسفره و کشت گیاه در سطح یک درصد معنی دار گردید.

در جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان (تناوب کاشت ذرت-گندم) بر میزان فسفر اولسن خاک مشاهده می گردد. در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کشت گیاه ابتدا کاهش جزئی و سپس افزایش میزان فسفر اولسن خاک مشاهده می گردد، در صورتی که در شرایط کشت گیاه در تناوب ذرت - گندم ابتدا افزایش معنی دار تا پنج هفته پس از کشت گندم و سپس کاهش فسفر پس از برداشت گندم مشاهده می گردد و نشان دهنده این موضوع است که کشت ذرت و گندم بدون مصرف کود فسفره سبب افزایش فسفر قابل جذب خاک شده به طوری که از ذخایر فسفر خاک، فسفر به شکل قابل جذب تبدیل گردیده است. در شرایط کشت گیاه تثبیت اولیه فسفر که در شرایط بدون کشت وجود دارد ملاحظه نمی گردد. ولی در پایان برداشت گندم علت کاهش فسفر اولسن مصرف این عنصر توسط گندم می باشد.

در جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و تناوب کاشت ذرت - گندم بر روی فسفر خاک به روش اولسن آمده است.

در جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفر خاک به روش اولسن آمده است.

با توجه به جدول ۴- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، تناوب کشت ذرت - گندم بر روی فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن مشاهده می شود.

بررسی اثرات تناوب کاشت ذرت - گندم بر شکل های مختلف فسفر خاک

در جدول ۵- تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان (تناوب کاشت ذرت - گندم) بر شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کشت گیاه مشخص شده است.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر بدون کاشت گیاه را نشان می دهد

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون کاشت گیاه و مصرف ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت ذرت و ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت گندم را نشان می دهد.

جدول ۸- نتایج واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون مصرف کود فسفره و تناوب کاشت ذرت و گندم را نشان می دهد.

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکلهای مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر و تناوب کاشت ذرت و گندم را نشان می دهد

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر روی شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت ذرت و ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت گندم در تناوب کاشت ذرت و گندم را نشان می دهد.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و زمان (تناوب کاشت ذرت - گندم) بر میزان دی کلسیم فسفات خاک را نشان می دهد.

بر اساس جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان اکتاکلسیم فسفات خاک، مشخص گردیده است.

فسفر خاک در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کشت گیاه مشخص می‌گردد اثر نوع خاک بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات و آپاتیت در سطح یک درصد و بر فسفات آلومینیوم در سطح پنج درصد معنی‌دار است و اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات در سطح یک درصد و اثر متقابل خاک و زمان بر دی کلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر بدون کاشت گیاه را نشان می‌دهد، اثر نوع خاک بر اکتاکلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار است، اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد و بر دی کلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار است، اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات و فسفات آلومینیوم در سطح یک درصد معنی‌دار است و اثر متقابل خاک و زمان بر اکتاکلسیم فسفات و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون کاشت گیاه و مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت گندم را نشان می‌دهد، اثر نوع خاک بر اکتاکلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد و بر دی کلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار است، اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات و فسفات آلومینیوم در سطح یک درصد معنی‌دار است و اثر متقابل خاک و زمان بر اکتاکلسیم فسفات و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۸- نتایج واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون مصرف کود فسفره و تناوب کاشت ذرت و گندم را نشان می‌دهد، اثر نوع خاک بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات و فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار است، اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم، فسفات آهن و آپاتیت در سطح یک درصد و بر اکتاکلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار است. اثر متقابل خاک و زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد.

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و تناوب کاشت ذرت و

در شرایط مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره در زمان کشت ذرت مشاهده می‌گردد با گذشت زمان میزان فسفر اولسن خاک در شرایط با و بدون کشت گیاه کاهش می‌یابد و با عنایت به کاهش فسفر قابل جذب خاک ملاحظه می‌گردد که میزان فسفر در زمان برداشت گندم نیز با میزان ۱۵/۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم، تأمین کننده نیاز تغذیه‌ای فسفر گندم می‌باشد.

در شرایط مصرف دومرحله‌ای کود فسفره در زمان کشت ذرت و گندم نیز مشاهده می‌شود با گذشت زمان میزان فسفر اولسن خاک کاهش می‌یابد ولی میزان فسفر قابل جذب خاک فراتر از نیاز گندم بوده و سرعت کاهش فسفر اولسن در شرایط بدون کشت گیاه بیشتر از شرایط با کشت گیاه در تناوب ذرت- گندم می‌باشد که نشان دهنده تأثیر تناوب کشت ذرت - گندم در تثبیت فسفر قابل جذب خاک است آدپوچو و همکاران (۱۹۸۲)^۱ نیز بر این موضوع تأکید کرده است.

با توجه به جدول ۴ مقایسه میانگین اثر نوع خاک، زمان (تناوب کشت ذرت - گندم) بر روی فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن مشاهده می‌گردد. نوع خاک اثر معنی‌داری در کاهش فسفر اولسن در طول زمان داشته و در شرایط کشت گیاه میزان فسفر قابل جذب خاک پس از تناوب کشت ذرت- گندم کمتر از شرایط بدون کشت گیاه می‌باشد که نشان دهنده مصرف فسفر توسط گیاه است. با مصرف دو مرحله‌ای کود فسفره میزان تثبیت فسفر بیشتر از تیمار مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره می‌باشد و نشان‌دهنده هدر رفت کود فسفره و هزینه‌های مربوطه می‌باشد.

در شرایط عدم مصرف کود فسفره در تیمار بدون کشت گیاه، ابتدا کاهش اولیه فسفر اولسن خاک و سپس افزایش ناچیز آن را داریم که به دلیل تأمین رطوبت کافی در خاک- های مورد مطالعه می‌باشد که این افزایش در خاک شماره ۲ با آهک کم و ذخیره فسفر بالا محسوس‌تر می‌باشد ولی در شرایط کاشت گیاه در دو خاک ابتدا افزایش فسفر و سپس کاهش آن را بدلیل مصرف گیاه شاهد هستیم. یانگ و همکاران (۲۰۰۲)^۲ گزارش دادند فسفر قابل استخراج به روش اولسن همبستگی معنی‌داری با مقدار فسفر افزوده شده به خاک دارد.

بررسی اثرات تناوب کاشت ذرت - گندم بر شکل‌های مختلف فسفر خاک

در جدول ۵- تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان (تناوب کاشت ذرت - گندم) بر شکل‌های مختلف

¹ Adepoju et al. (1982)

² Yang et al. (2002)

گندم را نشان می‌دهد، اثر نوع خاک بر اکتاکلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد و بر دی کلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار است. اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات، فسفات آهن و آپاتیت در سطح یک درصد و بر فسفر محبوس شده در سطح پنج درصد معنی‌دار می‌باشد، اثر متقابل خاک و زمان بر دی کلسیم فسفات و فسفات آلومینیوم در سطح یک درصد و بر آپاتیت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید.

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر روی شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت گندم در تناوب کاشت ذرت و گندم را نشان می‌دهد. اثر نوع خاک بر اکتاکلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد و بر دی کلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار است. اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات، فسفات آهن و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد و اثر متقابل خاک و زمان بر دی کلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم در سطح یک درصد و بر آپاتیت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و زمان (تناوب کاشت ذرت - گندم) بر میزان دی کلسیم فسفات خاک را نشان می‌دهد. در شرایط مصرف کود فسفره میزان دی کلسیم فسفات در طول زمان کاهش یافته که این کاهش در شرایط کاشت گیاه شدیدتر از شرایط بدون کاشت گیاه می‌باشد و نشان دهنده مصرف این شکل از فسفر توسط گیاه می‌باشد. در تیمار مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره و در شرایط بدون کاشت گیاه با مصرف کود افزایش چشمگیر میزان دی کلسیم فسفات خاک نسبت به شرایط تناوب کشت ذرت، گندم مشاهده می‌گردد و نشان دهنده کاهش میزان تثبیت فسفر و نقش گیاه در این رابطه است و در تیمار مصرف دو مرحله‌ای کود فسفره نیز میزان تثبیت در شرایط بدون کشت گیاه بسیار شدیدتر از شرایط کشت گیاه می‌باشد. از آنجایی که اولین شکل معدنی تشکیل شده فسفر در خاک پس از اعمال کود فسفره دی کلسیم فسفات می‌باشد پس به نقش مثبت گیاه در این رابطه می‌توان پی برد.

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان اکتاکلسیم فسفات خاک، مشخص می‌گردد که در شرایط عدم مصرف کود فسفره میزان اکتاکلسیم فسفات در خاک شماره ۱ با میزان کربنات کلسیم بالا و ذخیره فسفوری کمتر از خاک شماره ۲ کاهش معنی‌داری دارد و در شرایط بدون کاشت گیاه بیشتر به چشم می‌خورد. در تیمار مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره با مصرف کود فسفره در شرایط با و بدون کشت گیاه افزایش اکتاکلسیم فسفات، سپس کاهش معنی‌دار آن ملاحظه می‌گردد و در شرایط تناوب کاشت ذرت - گندم این تغییرات کندتر صورت گرفته است ضمناً در تیمار مصرف دو مرحله‌ای کود فسفره نیز همین شرایط حاکم می‌باشد.

اولسن و همکاران (۱۹۸۳)^۴ مشاهده کردند بر اثر کشت گیاه فسفر باقی مانده خاک به شکل اکتاکلسیم فسفات تبدیل می‌گردد و این شکل از فسفر می‌تواند به شکل قابل جذب برای گیاه تبدیل گردد.

با توجه به جدول ۱۳ مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفات آلومینیوم خاک مشخص می‌شود که در تیمار بدون مصرف کود فسفره در خاک شماره ۲ در شرایط کاشت گیاه، کاهش معنی‌دار فسفات آلومینیوم وجود داشته و نشان دهنده تأمین فسفر مورد نیاز گیاه از این شکل از فسفر در خاک می‌باشد، چنین کاهشی در شرایط بدون کاشت گیاه وجود ندارد. در تیمار مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره نیز در خاک شماره ۱ افزایش فسفات آلومینیوم در شرایط کاشت گیاه کمتر و با تأخیر بیشتری نسبت به شرایط بدون کاشت گیاه بوده و در خاک شماره ۲ کاهش معنی‌دار فسفات آلومینیوم نیز ملاحظه می‌گردد به طوری که در شرایط بدون کاشت گیاه تثبیت فسفر به این شکل کاملاً معنی‌دار است. این نتایج بیانگر نقش مهم گیاه و

اسمیت و همکاران (۱۹۹۶)^۱ شکل‌های فسفر را در خاک‌های زیر کشت تعیین و مشاهده کردند که با افزودن مقادیر زیاد کود فسفره مقدار فسفر معدنی قابل استخراج با بی کربنات سدیم افزایش و در مقادیر کم کود

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر روی شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت گندم در تناوب کاشت ذرت و گندم را نشان می‌دهد. اثر نوع خاک بر اکتاکلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم و آپاتیت در سطح یک درصد و بر دی کلسیم فسفات در سطح پنج درصد معنی‌دار است. اثر زمان بر دی کلسیم فسفات، اکتاکلسیم فسفات، فسفات آهن و آپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد و اثر متقابل خاک و زمان بر دی کلسیم فسفات، فسفات آلومینیوم در سطح یک درصد و بر آپاتیت در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید.

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و زمان (تناوب کاشت ذرت - گندم) بر میزان دی کلسیم فسفات خاک را نشان می‌دهد. در شرایط مصرف کود فسفره میزان دی کلسیم فسفات در طول زمان کاهش یافته که این کاهش در شرایط کاشت گیاه شدیدتر از شرایط بدون کاشت گیاه می‌باشد و نشان دهنده مصرف این شکل از فسفر توسط گیاه می‌باشد. در تیمار مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره و در شرایط بدون کاشت گیاه با مصرف کود افزایش چشمگیر میزان دی کلسیم فسفات خاک نسبت به شرایط تناوب کشت ذرت، گندم مشاهده می‌گردد و نشان دهنده کاهش میزان تثبیت فسفر و نقش گیاه در این رابطه است و در تیمار مصرف دو مرحله‌ای کود فسفره نیز میزان تثبیت در شرایط بدون کشت گیاه بسیار شدیدتر از شرایط کشت گیاه می‌باشد. از آنجایی که اولین شکل معدنی تشکیل شده فسفر در خاک پس از اعمال کود فسفره دی کلسیم فسفات می‌باشد پس به نقش مثبت گیاه در این رابطه می‌توان پی برد.

اسمیت و همکاران (۱۹۹۶)^۱ شکل‌های فسفر را در خاک‌های زیر کشت تعیین و مشاهده کردند که با افزودن مقادیر زیاد کود فسفره مقدار فسفر معدنی قابل استخراج با بی کربنات سدیم افزایش و در مقادیر کم کود

2. Guo et al. (2000)

3. Blake et al. (2003)

4. Olsen et al. (1983)

1. Schmidt et al. (1996)

کاشت گیاه وجود دارد و این کاهش در شرایط کاشت گیاه شدیدتر است ولی در خاک شماره ۱ کاهش معنی‌داری ملاحظه نمی‌گردد که شاید دلیل آن میزان اولیه بالای آپاتیت در خاک شماره ۲ و همچنین میزان آهن بالا در خاک شماره ۱ باشد. چنین شرایطی در تیمار مصرف دو مرحله‌ای کود فسفره نیز مشاهده می‌گردد. در این تیمار در شرایط بدون کاشت گیاه در خاک شماره ۱ به دلیل کربنات کلسیم بالا میزان افزایش تثبیت فسفر به شکل آپاتیت را داشته در صورتی که در خاک شماره ۲ به دلیل کربنات کلسیم پایین و میزان اولیه بالای آپاتیت خاک در طول زمان کاهش این شکل از فسفر را شاهد هستیم. سینک و همکاران (۱۹۶۶)^۳ در تغییر شکل‌های معدنی فسفر به شکل قابل جذب نیز مشخص نمودند که مصرف بی رویه کود فسفره سبب تثبیت فسفر به شکل آپاتیت می‌گردد. همچنین زنگ و همکاران (۲۰۰۴)^۴ گزارش دادند که کشت متوالی ذرت در شرایط با و بدون مصرف کود فسفره تأثیر معنی‌داری در فسفر قابل استخراج با اسیدکلریدریک را ندارد. آنها همچنین عنوان نمودند که تبدیل این شکل از فسفر به شکل قابل جذب گیاه طی یک پروسه کند صورت می‌گیرد.

در نهایت می‌توان گفت که تغییرات شکل‌های معدنی فسفر در شرایط با و بدون مصرف کود فسفره و تناوب کشت ذرت و گندم معنی‌دار بود. تناوب کشت ذرت-گندم میزان تثبیت فسفر به شکل‌های معدنی آن را کاهش داد در صورتی که در شرایط بدون کشت گیاه این فرایند ایجاد نگردید. در شرایط مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره در زمان کاشت ذرت نیاز غذایی گندم تأمین گردید و مصرف دو مرحله‌ای کود سبب افزایش مازاد بر نیاز فسفر خاک و تثبیت فسفر به شکل‌های معدنی آن در زمان کشت گندم گردید.

لذا پیشنهاد می‌گردد به منظور جلوگیری از اتلاف کود فسفره و تثبیت آن در خاک از مصرف بی رویه کود در کشتهای دوم خودداری نمود، ضمناً در خاک‌هایی که ذخیره فسفری بالایی دارند با کشت های متوالی می‌توان از این ذخیره بهره برد.

مصرف متعادل کود در جلوگیری از هدر رفت کودهای فسفره می‌باشد.

چنگ و گو (۱۹۶۱)^۱ گزارش دادند که فسفر قابل جذب گیاه با فسفات‌های آلومینیوم همبستگی معنی‌داری دارد و این همبستگی در خاک‌هایی که فسفات‌های کلسیم غالب است، بیشتر می‌باشد. جدول ۱۴ مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت-گندم بر میزان فسفات آهن خاک را نشان می‌دهد. فسفات آهن در شرایط بدون مصرف کود فسفره و کاشت گیاه کاهش معنی‌داری دارد در صورتی که در شرایط بدون کاشت گیاه این کاهش وجود ندارد و این موضوع نشان دهنده آنست که گیاه می‌تواند از این منبع از فسفر جهت تأمین نیاز خود بهره برد.

در تیمار مصرف تک مرحله‌ای و دومرحله‌ای کود فسفره و شرایط کاشت گیاه نیز ابتدا افزایش و سپس کاهش فسفات آهن خاک ملاحظه می‌گردد و در شرایط بدون کاشت گیاه و مصرف دومرحله‌ای کود فسفره میزان تثبیت فسفر به شکل فسفات آهن افزایش می‌یابد که این موضوع نیز می‌تواند دلیلی بر نقش مهم گندم در تناوب با ذرت بر کاهش تثبیت فسفر در خاک باشد، در این رابطه سامریت و همکاران (۲۰۰۲)^۲ گزارش دادند که فسفات‌های آهن می‌توانند به شکل قابل جذب گیاه تغییر شکل یابند.

با عنایت به جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت-گندم بر میزان فسفر محبوس شده خاک مشخص می‌گردد که تنها در تیمار مصرف تک مرحله‌ای و در شرایط کاشت گیاه ابتدا افزایش و سپس کاهش این شکل از فسفر ملاحظه می‌گردد و از نظر آماری تفاوت معنی‌دار بین دو خاک وجود دارد. با توجه به اینکه میزان فسفر محبوس شده در خاک‌های آهنکی مناطق خشک و نیمه خشک ناچیز می‌باشد تغییرات این شکل فسفر از اهمیت زیادی برخوردار نیست.

جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم را بر میزان آپاتیت خاک را نشان می‌دهد. در شرایط بدون مصرف کود و کاشت گیاه کاهش معنی‌دار این شکل از فسفر ملاحظه می‌گردد به طوری که در خاک شماره ۱ این کاهش در شرایط کاشت ذرت بیشتر بوده و در خاک شماره ۲ با کشت گندم در تناوب با ذرت کاهش آپاتیت خاک ادامه می‌یابد.

در شرایط مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره در خاک شماره ۲ کاهش آپاتیت خاک در شرایط با و بدون

³. Singh et al. (1966)

⁴. Zhang et al. (2004)

¹. Chang, and Guo (1961)

². Samrit et al. (2002)

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و شکل های معدنی خاک های مورد بررسی

شماره خاک	رس %	واکنش خاک	قابلیت هدایت الکتریکی $dS m^{-1}$	آهک فعال %	مواد خنثی شونده %	پتاسیم قابل جذب	روی قابل جذب	منگنز قابل جذب	مس قابل جذب	آهن قابل جذب
۱	۲۶	۸/۱	۱	۱۹	۳۵	۲۶۰	۰/۴۴	۱۵	۲/۲	۱۵
۲	۲۱	۷/۹	۰/۷۷	۳/۲۰	۷/۶	۳۶۳	۰/۱۸	۱۶	۲	۱۶

شماره خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی $cmolc.kg^{-1}$	SAR	Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca ₁₀ -P	فسفر کل	فسفر محلول	فسفر قابل جذب
۱	۲۲	۶/۲	۵/۲	۱۸۵	۲۸	۱۶	۱۵	۲۹۳	۷۹۰	۰/۴۷	۵/۱
۲	۳۱	۲/۱	۹/۲	۲۱۲	۳۴	۱۵	۱۴	۶۹۷	۱۰۱۸	۳/۴	۸/۸

Ca₂-P دی کلسیم فسفات، Ca₈-P اکتا کلسیم فسفات، Al-P فسفات آلومینیوم، Fe-P فسفات آهن، O-P فسفر محبوس، Ca₁₀-P آپاتیت

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و تناوب کاشت ذرت - گندم بر روی فسفر خاک به روش اولسن

منابع تغییر	df	P0a	P0b	P50a	P50b	P50+25a	P50+25b
تکرار	۲	۷۰**	۱۴ ^{ns}	۶/۵ ^{ns}	۲۲۷۱ ^{ns}	۷۶ ^{ns}	۳۳۰ ^{ns}
اثر نوع خاک	۱	۱۳ ^{ns}	۲۷*	۵۴۱**	۳۶۰۸	۳۶۸**	۱۵۵ ^{ns}
اثر زمان	۴	۱۴ ^{ns}	۱۸*	۴۸۳**	۹۳۴۹**	۲۶۲**	۶۷۷۷**
اثر متقابل خاک و زمان	۴	۴/۶ ^{ns}	۰/۸ ^{ns}	۱۳۶**	۲۸۷ ^{ns}	۲۱ ^{ns}	۴۴۶ ^{ns}
اشتباه آزمایش	۱۸	۸/۱	۴	۱۲	۱۵۵۱	۳۲	۸۳۱

ns, **, * معنی دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی دار نمی باشد

زمان های مورد بررسی ۲، ۴ و ۶ هفته پس از کاشت ذرت و ۵ و ۱۰ هفته پس از کاشت گندم در گلدان های کشت شده می باشد. P0a در شرایط بدون مصرف کود فسفره و کاشت گیاه در تناوب ذرت- گندم، P0b در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کاشت گیاه، P50a در شرایط مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت ذرت در تناوب گندم، P50b در شرایط بدون گیاه و مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت ذرت، P50+25a در شرایط مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت و ۲۵ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم، P50+25b در شرایط بدون گیاه و مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت ذرت و ۲۵ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت گندم

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفر خاک به روش اولسن (دانکن ۵ درصد)

تیمار	P0A	P0B	P50A	P50B	P50+25A	P50+25B
T1	۸/۵ ^{ab}	۸/۷ ^{ab}	۳۵ ^a	۴۷ ^a	۳۱/۱ ^a	۶۱ ^a
T2	۹/۲ ^{ab}	۸/۵ ^{ab}	۲۹ ^b	۲۸ ^{ab}	۳۳ ^a	۴۷ ^b
T3	۹/۵ ^{ab}	۶/۵ ^b	۱۸ ^c	۳۵ ^b	۱۸ ^b	۳۹ ^c
T4	۱۲ ^a	۹/۷ ^{ab}	۱۵ ^c	۳۴ ^{bc}	۳۳ ^a	۴۴ ^{bc}
T5	۷/۴ ^b	۱۱ ^a	۱۵ ^c	۷۷ ^c	۲۱ ^b	۳۴ ^c

T1, T2, T3, T4, T5 زمان های دو، چهار، شش هفته بعد از کاشت ذرت و پنج و ده هفته بعد از کاشت گندم

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P0, P50, P50+25 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت،

مصرف ۵۰ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک

قبل از کاشت گندم

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر نوع خاک و تناوب کاشت ذرت- گندم بر میزان فسفر خاک به روش اولسن (دانکن ۵ درصد)

تیما	P0A	P0B	P50A	P50B	P50+25A	P50+25B
S1T1	۶/۷ ^c	۷/۷ ^{abc}	۴۷ ^a	۵۲ ^a	۳۵ ^{ab}	۶۰ ^{ab}
S1T2	۶/۷ ^c	۸/۲ ^{abc}	۳۵ ^b	۴۳ ^{ab}	۳۸ ^a	۴۸ ^{ab}
S1T3	۸/۴ ^{abc}	۵/۵ ^c	۲۰ ^{cde}	۴۰ ^{bc}	۲۰ ^{cd}	۳۹ ^c
S1T4	۱۲ ^{ab}	۸/۷ ^{abc}	۱۶ ^e	۳۹ ^{bc}	۳۵ ^{ab}	۴۵ ^{bc}
S1T5	۷ ^c	۹/۸ ^{abc}	۱۷ ^{de}	۲۷ ^c	۲۳ ^{cd}	۳۶ ^c
S2T1	۱۰ ^{ab}	۹/۶ ^{abc}	۲۳ ^{cd}	۴۱ ^{ab}	۲۷ ^{bc}	۶۱ ^a
S2T2	۸/۸ ^{abc}	۸/۹ ^{abc}	۲۴ ^c	۳۳ ^{bc}	۲۶ ^{bcd}	۴۶ ^{bc}
S2T3	۱۱ ^{ab}	۷/۵ ^{bc}	۱۷ ^{de}	۷۹ ^{bc}	۱۶ ^d	۳۹ ^c
S2T4	۱۲ ^a	۱۰/۷ ^{ab}	۱۴ ^e	۲۸ ^c	۲۸ ^{abc}	۴۲ ^{bc}
S2T5	۷/۹ ^{abc}	۱۳ ^a	۱۴ ^e	۲۷ ^c	۱۸ ^{cd}	۳۷ ^c

S نوع خاک

T1, T2, T3, T4, T5 زمان‌های دو، چهار، شش هفته بعد از کاشت ذرت و پنج و ده هفته بعد از کاشت گندم

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P0, P50, P50+25 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم

فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کاشت گیاه

منابع تغییر	df	Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca ₁₀ -P
تکرار	۲	۰/۵۴ ^{ns}	۱۵۷ [*]	۱/۶ ^{ns}	۰/۴۸ ^{ns}	۰/۱۹ ^{ns}	۱۴۹ ^{ns}
اثر نوع خاک	۱	۲۸ ^{**}	۲۱۰۶ ^{**}	۵۰ [*]	۰/۶۱ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}	۷۳۳۳۴۱ ^{**}
اثر زمان	۲	۱۵ ^{**}	۳۵۱ ^{**}	۲۰ ^{ns}	۸/۶۵ ^{ns}	۵/۷ ^{ns}	۱۷۲۹/۴۳ ^{ns}
اثر متقابل خاک و زمان	۲	۲/۶ [*]	۱۱۳ ^{ns}	۱۰ ^{ns}	۱/۵۷ ^{ns}	۲/۵۳ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}
اشتباه آزمایش	۱۰	۰/۶۲	۴۸	۷/۱	۳/۱۴	۲/۸۳	۵۰۶

ns و ** معنی دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی دار نمی‌باشد

زمان‌های مورد بررسی قبل از کاشت و همزمان با برداشت ذرت و برداشت گندم در گلدان‌های کشت شده می‌باشد

Ca₂-P دی کلسیم فسفات Ca₈-P اکتا کلسیم فسفات

Al-P فسفات آلو منیوم O-P فسفر محبوس

Fe-P فسفات آهن Ca₁₀-P آپاتیت

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و بدون کاشت گیاه

منابع تغییر	df	Ca ₂ -P	Ca ₈ -P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca ₁₀ -P
تکرار	۲	۱۳۷ ^{ns}	۱۱ ^{ns}	۱ ^{ns}	۰/۳۸ ^{ns}	۱/۱ ^{ns}	۴۸ ^{ns}
اثر نوع خاک	۱	۲۰۲ ^{ns}	۴۲۰۴ ^{**}	۱۱۶ ^{**}	۷/۶ ^{ns}	۶/۷۳ ^{ns}	۷۱۴۰۱۲ ^{**}
اثر زمان	۲	۲۰۸۱ ^{**}	۵۱۵۳ ^{**}	۱۲۸ ^{**}	۲/۳ ^{ns}	۳/۲ ^{ns}	۱۱۵ ^{ns}
اثر متقابل خاک و زمان	۲	۱۸۴ ^{ns}	۲۳۵ ^{ns}	۱/۸ ^{ns}	۶ ^{ns}	۵/۵۴ ^{ns}	۵۶۳ [*]
اشتباه آزمایش	۱۰	۵۳	۹۱	۱۰/۶	۵/۲	۶/۱	۸۸

ns و ** معنی دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی دار نمی‌باشد

* برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

زمان‌های مورد بررسی قبل از کاشت و همزمان با برداشت ذرت و برداشت گندم در گلدان‌های کشت شده می‌باشد

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون گیاه و مصرف ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت ذرت و ۲۵ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت گندم

Ca ₁₀ -P	O-P	Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P	df	منابع تغییر
۶۰ ^{ns}	۱/۴ ^{ns}	۳/۴ ^{ns}	۰/۱۵ ^{ns}	۵/۸ ^{ns}	۹۶ ^{ns}	۲	تکرار
۶۷۸۰۳۰ ^{**}	۲ ^{ns}	۳/۴ ^{ns}	۱۸۷ ^{**}	۶۱۹۸ ^{**}	۳۰۵ [*]	۱	اثر نوع خاک
۱۶۵ ^{ns}	۴/۱ ^{ns}	۳/۳ ^{ns}	۱۳۰ ^{**}	۵۱۴۳ ^{**}	۲۹۲۳ ^{**}	۲	اثر زمان
۲۰۱۶ ^{**}	۲ ^{ns}	۳/۲ ^{ns}	۵/۳ ^{ns}	۸۳۷ ^{**}	۱۸۹ ^{ns}	۲	اثر متقابل خاک و زمان
۱۶۰	۱/۱	۱/۴	۱۲	۸۸	۶۱	۱۰	اشتباه آزمایش

ns و ** معنی دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی دار نمی باشد

زمان های مورد بررسی قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم می باشد

* برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

جدول ۸- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر روی شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون مصرف کود فسفوره و تناوب کاشت ذرت و گندم

Ca ₁₀ -P	O-P	Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P	df	منابع تغییر
۸/۸ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}	۱/۵ ^{ns}	۱/۴۰ ^{ns}	۴/۲ ^{ns}	۰/۱ ^{ns}	۲	تکرار
۷۱۰۱۳۳ ^{**}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۱۲۲ ^{**}	۳۰۲۶ ^{**}	۱۸ ^{**}	۱	اثر نوع خاک
۱۰۱۲ ^{**}	۲/۸ ^{ns}	۳۶ ^{**}	۶۱ ^{**}	۱۰۱ [*]	۴۰ ^{**}	۲	اثر زمان
۴۷۸ ^{**}	۰/۶۴ ^{ns}	۱/۲۰ ^{ns}	۱۱ ^{ns}	۴۱۶ ^{**}	۴/۴ ^{**}	۲	اثر متقابل خاک و زمان
۹/۴	۱/۷	۲/۶	۵/۸	۲۴	۰/۱	۱۰	اشتباه آزمایش

ns و ** معنی دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی دار نمی باشد

زمان های مورد بررسی قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم می باشد

* برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر روی شکل های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم فسفر و کاشت ذرت و گندم

Ca ₁₀ -P	O-P	Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P	df	منابع تغییر
۲۶۷ ^{ns}	۰/۰۱ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۲/۵ ^{ns}	۱۲۴ ^{ns}	۲/۴ ^{ns}	۲	تکرار
۶۴۵۲۴۸ ^{**}	۱۵ ^{ns}	۲۱ ^{ns}	۸۹ ^{**}	۵۴۳۹ ^{**}	۵/۶ [*]	۱	اثر نوع خاک
۱۴۷۹ ^{**}	۳۵ [*]	۵۸ ^{**}	۱/۱ ^{ns}	۲۰۴۲ ^{**}	۱۴ ^{**}	۲	اثر زمان
۸۰۶ [*]	۱۰ ^{ns}	۱۶ ^{ns}	۲۲ ^{**}	۱۳۷ ^{ns}	۲۹ ^{**}	۲	اثر متقابل خاک و زمان
۹/۴	۱/۷	۲/۶	۵/۸	۲۴	۰/۱	۱۰	اشتباه آزمایش

ns و ** معنی دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی دار نمی باشد

برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

زمان های مورد بررسی قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم می باشد

جدول ۱۰- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر قبل از کاشت گندم و تناوب کاشت ذرت و گندم

Ca ₁₀ -P	O-P	Fe-P	Al-P	Ca ₈ -P	Ca ₂ -P	df	منابع تغییر
۴۹۱*	۰/۸۷ ^{ns}	۰/۱۱ ^{ns}	۰/۶ ^{ns}	۷۸ ^{ns}	۸/۳ ^{ns}	۲	تکرار
۶۵۰۰۸۵**	۹/۶ ^{ns}	۱۶ ^{ns}	۷۸**	۵۵۴۴**	۳۰*	۱	اثر نوع خاک
۱۵۹۷**	۱۰ ^{ns}	۵۵**	۰/۱ ^{ns}	۲۰۳۸**	۵۹**	۲	اثر زمان
۶۸۷*	۶/۳ ^{ns}	۱۷ ^{ns}	۲۸**	۱۵۳ ^{ns}	۵۲**	۲	اثر متقابل خاک و زمان
۱۰۸	۵/۳	۶/۸	۱/۲	۱۰۹	۳/۹	۱۰	اشتباه آزمایش

*، ** و ns معنی‌دار در سطح ۵، ۱ درصد و معنی‌دار نمی‌باشد

زمان‌های مورد بررسی قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم می‌باشد

* برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

جدول ۱۱- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان دی کلسیم فسفات خاک (دانکن ۵ درصد)

Ca ₂ P(P ₅₀₊₂₅ -B)	Ca ₂ P(P ₅₀₊₂₅ -A)	Ca ₂ P(P ₅₀ -B)	Ca ₂ P(P ₅₀ -A)	Ca ₂ P(P ₀ -B)	Ca ₂ P(P ₀ -A)	تیمار
mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
۵/۲ ^c	۵/۲ ^d	۵/۲ ^e	۵/۲ ^c	۵/۲ ^c	۵/۲ ^b	S1T1
۵۴ ^a	۱۲ ^b	۵۳ ^a	۱۲ ^a	۳/۷ ^d	۱/۹ ^e	S1T2
۳۶ ^b	۱۷ ^a	۲۷ ^{bc}	۱۱ ^a	۴/۹ ^c	۲/۶ ^d	S1T3
۹/۲ ^c	۹/۲ ^{bc}	۹/۲ ^{de}	۹/۲ ^b	۹/۲ ^a	۹/۲ ^a	S2T1
۳۵ ^b	۷/۹ ^{cd}	۳۵ ^b	۸ ^b	۴/۹ ^c	۲/۸ ^d	S2T2
۶۴ ^b	۹/۷ ^{bc}	۶۱ ^{cd}	۷/۹ ^b	۶/۸ ^b	۳/۷ ^c	S2T3

نوع خاک S

زمان‌های قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم T3, T2, T1

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P0, P50, P50+25 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم

فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

جدول ۱۲- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان اکتاکلسیم فسفات خاک (دانکن ۵ درصد)

Ca ₈ P(P ₅₀₊₂₅ -B)	Ca ₈ P(P ₅₀₊₂₅ -A)	Ca ₈ P(P ₅₀ -B)	Ca ₈ P(P ₅₀ -A)	Ca ₈ P(P ₀ -B)	Ca ₈ P(P ₀ -A)	تیمار
mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	
۱۸۵ ^c	۱۸۵ ^b	۱۸۵ ^d	۱۸۵ ^d	۱۸۵ ^d	۱۸۵ ^d	S1T1
۹/۲ ^b	۱۸۵ ^b	۲۲۰ ^{bc}	۲۴۷ ^b	۲۲۰ ^b	۲۴۷ ^b	S1T2
۱۷۳ ^d	۱۷۰ ^c	۱۹۱ ^d	۲۰۳ ^c	۱۹۶ ^{cd}	۱۹۹ ^{cd}	S1T3
۲۱۲ ^a	۲۱۲ ^a	۲۱۲ ^c	۲۱۲ ^c	۲۱۲ ^{bc}	۲۱۲ ^c	S2T1
۲۰۶ ^{ab}	۱۹۷ ^b	۲۵۱ ^a	۲۶۷ ^a	۲۵۱ ^a	۲۶۷ ^a	S2T2
۲۱۵ ^a	۱۹۶ ^b	۲۳۷ ^{ab}	۲۴۷ ^b	۲۴۳ ^a	۲۶۳ ^{ab}	S2T3

نوع خاک S

زمان‌های قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم T3, T2, T1

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P0, P50, P50+25 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر

کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفات آلومینیوم خاک (دانکن ۵ درصد)

ALP(P ₅₀₊₂₅ -B) mg kg ⁻¹	ALP(P ₅₀₊₂₅ -A) mg kg ⁻¹	ALP(P ₅₀ -B) mg kg ⁻¹	ALP(P ₅₀ -A) mg kg ⁻¹	ALP(P ₀ -B) mg kg ⁻¹	ALP(P ₀ -A) mg kg ⁻¹	تیمار
۲۸ ^b	۲۸ ^b	۲۸ ^c	۲۸ ^c	۲۸ ^c	۲۸ ^c	S1T1
۲۹ ^b	۳۳ ^{ab}	۲۹ ^c	۳۸ ^{ab}	۲۸ ^c	۳۸ ^{ab}	S1T2
۲۵ ^b	۲۹ ^b	۳۰ ^b	۳۴ ^b	۳۳ ^b	۳۰ ^c	S1T3
۳۴ ^a	۲۴ ^a	۲۴ ^a	۲۴ ^b	۳۴ ^a	۳۴ ^{bc}	S2T1
۲۶ ^a	۳۴ ^a	۳۵ ^a	۴۳ ^a	۳۵ ^a	۴۳ ^a	S2T2
۲۸ ^b	۳۱ ^{ab}	۳۱ ^b	۳۸ ^{ab}	۳۱ ^b	۳۹ ^{ab}	S2T3

نوع خاک S

زمان‌های قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم T3 , T2 , T1

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P50+25 , P50 , P0 بدون مصرف کود فسفره ، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

جدول ۱۴- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفات آهن خاک (دانکن ۵ درصد)

FeP(P ₅₀₊₂₅ -B) mg kg ⁻¹	FeP(P ₅₀₊₂₅ -A) mg kg ⁻¹	Ca ₂ P(P ₅₀ -B) mg kg ⁻¹	FeP(P ₅₀ -A) mg kg ⁻¹	FeP(P ₀ -B) mg kg ⁻¹	FeP(P ₀ -A) mg kg ⁻¹	تیمار
۱۶ ^a	۱۶ ^a	۱۶ ^b	۱۶ ^a	۱۶ ^b	۱۶ ^{ab}	S1T1
۱۳ ^{abc}	۱۳ ^a	۱۶ ^b	۱۵ ^a	۱۶ ^b	۱۵ ^b	S1T2
۱۰ ^c	۱۴ ^a	۱۱ ^b	۱۳ ^a	۱۲ ^b	۱۶ ^{ab}	S1T3
۱۵ ^{ab}	۱۵ ^a	۱۵ ^b	۱۵ ^a	۱۵ ^b	۱۵ ^b	S2T1
۱۳ ^{bc}	۱۴ ^a	۲۱ ^a	۱۷ ^a	۲۲ ^a	۱۷ ^{ab}	S2T2
۱۱ ^c	۱۵ ^a	۱۳ ^b	۱۶ ^a	۱۳ ^b	۱۸ ^a	S2T3

نوع خاک S

زمان‌های قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم T3 , T2 , T1

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P50+25 , P50 , P0 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

جدول ۱۵- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان فسفر محبوس شده خاک (دانکن ۵ درصد)

O-P (P ₅₀₊₂₅ -B) mg kg ⁻¹	O-P (P ₅₀₊₂₅ -A) mg kg ⁻¹	O-P (P ₅₀ -B) mg kg ⁻¹	O-P (P ₅₀ -A) mg kg ⁻¹	O-P (P ₀ -B) mg kg ⁻¹	O-P (P ₀ -A) mg kg ⁻¹	تیمار
۱۵ ^a	۱۵ ^a	۱۵ ^{ab}	۱۵ ^a	۱۵ ^a	۱۵/۲ ^a	S1T1
۱۳ ^a	۱۴ ^a	۱۹ ^a	۱۷ ^a	۱۸ ^a	۱۷ ^a	S1T2
۱۱ ^a	۱۳ ^a	۱۶ ^{ab}	۱۷ ^a	۱۸ ^a	۱۸ ^a	S1T3
۱۴ ^a	۱۴ ^a	۱۴ ^b	۱۴ ^a	۱۴ ^a	۱۴ ^a	S2T1
۱۴ ^a	۱۲ ^a	۱۷ ^{ab}	۱۵ ^a	۱۵ ^a	۱۶ ^a	S2T2
۱۲ ^a	۱۲ ^a	۱۶ ^{ab}	۱۵ ^a	۱۵ ^a	۱۷ ^a	S2T3

نوع خاک S

زمان‌های قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم T3 , T2 , T1

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P50+25 , P50 , P0 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت - گندم بر میزان آباتیت خاک (دانکن ۵ درصد)

Ca ₁₀ P(P ₅₀₊₂₅ -B) mg kg ⁻¹	Ca ₁₀ P(P ₅₀₊₂₅ -A) mg kg ⁻¹	Ca ₁₀ P(P ₅₀ -B) mg kg ⁻¹	Ca ₁₀ P(P ₅₀ -A) mg kg ⁻¹	Ca ₁₀ P(P ₀ -B) mg kg ⁻¹	Ca ₁₀ P(P ₀ -A) mg kg ⁻¹	تیمار
۲۹۳ ^c	۲۹۳ ^b	۲۹۳ ^c	۲۹۳ ^{cd}	۲۹۳ ^{cd}	۲۹۲ ^{cd}	S1T1
۲۶۴ ^d	۲۶۳ ^b	۲۷۷ ^c	۲۸۰ ^d	۲۷۷ ^d	۲۸۰ ^d	S1T2
۲۹۳ ^c	۲۹۲ ^b	۲۹۸ ^c	۳۰۲ ^c	۳۰۶ ^c	۳۱۳ ^c	S1T3
۶۹۷ ^a	۶۹۷ ^a	۶۹۷ ^a	۶۹۷ ^a	۶۹۷ ^a	۶۹۷ ^a	S2T1
۶۷۵ ^b	۶۶۷ ^a	۶۵۱ ^b	۶۹۴ ^{ab}	۶۵۱ ^b	۶۹۴ ^a	S2T2
۶۷۰ ^b	۶۹۶ ^a	۶۵۷ ^b	۶۷۸ ^b	۶۶۹ ^b	۶۵۹ ^b	S2T3

نوع خاک S

زمان‌های قبل از کاشت، بعد از برداشت ذرت و بعد از برداشت گندم T3, T2, T1

A کشت تناوب ذرت - گندم B بدون کشت

P50+25, P50, P0 بدون مصرف کود فسفره، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت، مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر

کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت + مصرف ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

فهرست منابع:

1. Adepoju, A.Y. Pratte, P.F. and Matigod, S.V. 1982. Availability and extractability of phosphorus from soils having high residual phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 46: 583-588.
2. Barber, S. A, 1984. Soil nutrient bioavailability. Pp. 115-120. John Wiley, Pub. , New York.
3. Blake, L. Johnston, A.E. Poulton, P.R. and Goulding, K.W.T. 2003. Changes in soil phosphorus fractions following positive and negative phosphorus balances for long periods. *Plant Soil* 254:245-261.
4. Chang, S.C., and Juo, S.R. 1963. Available phosphorus in relation to forms of phosphorus in soil. *Soils Sci.* 95: 91-96.
5. Guo, F. Yost, R.S. Hue, N.V. Evensen, C.I. and Silva, J.A. 2000. Changes in phosphorus fractions in soils under intensive plant growth. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64: 1681-1689.
6. Hedley, M.J. Kirk, G.J.D. and Santos, M.B. 1994. Phosphorus efficiency and the forms of phosphorus utilized by upland rice cultivars. *Plant Soil* 158: 53-62.
7. Javid, S. and Rowell, D.L. 2002. A Laboratory study of the effect of time and temperature on the decline in Olsen P following phosphate addition to calcareous soils. *Soil Use Manag.* 18: 127-134.
8. Jiang, B. and Gu, Y. 1989. A suggested fractionation scheme of inorganic phosphorus in calcareous soils. *Fertilizer Res.* 20: 159-165.
9. Olsen, S.R. and Sommer, L.E. 1982. Phosphorus. In *Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological Properties*, part 2. 2nd Ed. Agron. Monogr. No. 9. A. Klute (ed). ASA and SSSA, Madison, WI, PP. 403-430.
10. Olsen, S.R., Watanabe, F.S. and Bowman, R.A. 1983. Evaluation of fertilizer phosphate residue by plant uptake and extractable phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 47:952-958.
11. Samadi, A. and Gilkes, R.J. 1998. Forms of phosphorus in virgin and fertilized calcareous soils of Western Australia. *Austral. J. Soil Res.* 36:585-601.
12. Samadi, A. and Gilkes, R.J. 1999. Phosphorus transformations and their relationships with calcareous soil properties of south Western Australia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69: 809-815.
13. Samadi, A. 2003. A study on distribution of forms of phosphorus in calcareous soils of Western Australia. *J. Agric. Sci. Technol.* 5: 39-49.

14. Samrit, P. Jongruk, C. Chairerk, S. and Nipon, T. 2002. Changes of some chemical properties, inorganic phosphate fraction and available P in some paddy soils in Thailand. 17th WCSS, 14-21 Aug., Bangkok, Thailand.
15. Schmidt, H.P. Buol, S.W. and Kamprath, J. 1996. Soil phosphorus dynamics during seventeen years of continuous cultivation: fractionation analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60: 1168-1172.
16. Schmidt, J.P. Buol, S.W. and Kamprath, J. 1997. Soil phosphorus dynamics during 17 years of continuous cultivation: A method to estimate long-term P availability *Geoderma* 78: 59-70.
17. Selles, F. Hochham, R.A. Denardin, J.E. Zentner, R.P. and Faganelli, A. 1997. Distribution of phosphorus fractions in a Brazilian oxisol under different tillage systems. 44: 23-44.
18. Sharpley, A.N. Singh, U. Uehara, G. and Kimble, J. 1989. Modeling soil and plant phosphorus dynamics in calcareous soils. And highly weathered soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53: 153-158.
19. Shuai, X., Yost, R.S. 2004. State-Space modeling to simplify soil phosphorus fractionation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 4. 1437-1442.
20. Singh, R.S. Martens, D.C. and Obenshain, S.S. 1966. Plant availability and form of residual phosphorus in Davidson clay loam. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 30:617-620.
21. Yang, J.E. Gones, C.A. Kim, H.J. and Jacobsen, J.S. 2002. Soil inorganic phosphorus fraction and Olsen-P in phosphorus responsive calcareous soils: Effects of fertilizer amount and incubation time. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 35:855-871.
22. Yang, J. and Jacobsen, J.S. 1990. Soil inorganic phosphorus fractions and their uptake relationships in calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 1666-1669.
23. Yu, S. He, Z.L. Stoffella, P.J. Calvert, D.V. Yang, X.E. and Banks, D.J. 2006. Surface run off phosphorus (p) loss in relation to phosphates activity and soil P fractions in Florida sandy soils under citrus production. *Soil Bio. and Biochem.* 38: 3. 619-628.
24. Zhang, T.Q. Machenzie, A.F. Laing, B.C. and Drury, C.F. 2004. Soil test phosphorus and phosphorus fractions with long-term phosphorus addition and depletion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 2: 519-529.