بررسی تأثیر تناوب کاشت گندم – ذرت بر شکل های 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 شکل های معدنی و قابل جذب فسفر طرحی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک های 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، فسفات های 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 شکل های 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

آگاهی از شکل‌های شیمیایی فسفر معدنی در فهم شیمی فسفر خاک و همچنین در درک جنبه های 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 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

---

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

* دریافت: تیر ۱۳۹۰ و پذیرش: اردیبهشت ۱۳۹۱

[2] Samadi & Gilkes (1999)

[3] Sharpley et al. (1989)

[4] Olsen & Sommer (1982)

Archive of SID

www.SID.ir

نظر می‌رسد که اکسیدهای آهن و آلومینیوم در خاک‌های آهکی در تثبیت فسفر کمتر اهمیت داشته باشند به نقش فعال و موثر اکسیدهای آهن و آلومینیوم اشاره کرده اند. جداسازی شکل‌های فسفر بر پایه حلالیت کانیهای حاوی فسفات نظیر آپاتایت، واریسایت و استرینگایت در برخی عصاره‌گیرها استوار است (جیانگ و گو ،۱۹۸۹)[1] . صمدی و جیلکز (۱۹۹۸۷)[2] روش جیانگ وگو را برای خاکهای آهکی و دارای pH بالاتر از ۸ مورد استفاده قرار دادند و دریافتند که فراوانی شکل‌های فسفر معدنی در خاک‌های غیرزراعی که کود دریافت نکرده‌اند 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 فسفات‌های محبوس، فسفات‌های آهن و آلومینیومی هستند که در داخل اکسیدهای این فلزات قرار گرفته‌اند. سامریت و همکاران (۲۰۰۲)[3] گزارش کردند شکل‌های فسفر معدنی در خاک‌های آهکی به ترتیب فسفات کلسیم >> فسفات آلومینیوم ~ فسفات آهن> فسفر محلول در احیاء کننده می‌باشد.

یو و همکاران(۲۰۰۶)[4] و شعاعی و یست (۲۰۰۴)[5] گزارش کردند میزان فسفر پیوند شده توسط Ca و عصاره‌گیری شده با HCl ،۶۰-۴۵ درصد از کل فسفر را در خاک‌های قلیایی مورد مطالعه را شامل شد. آنان در مدل سازی شکل‌های فسفر خاک و نقش آن در جذب توسط گیاه و نقش کودهای شیمیایی بر روی شکل‌های فسفر مشخص کردند که هر جزء فسفر می‌تواند به طور مستقیم و یا از طریق تأثیر بر شکل‌های دیگر بر جذب فسفر توسط گیاه موثر باشد این محققان گزارش دادند فسفر معدنی عصاره‌گیری شده با $NaHCO_3$ و فسفر آلی و فسفر معدنی عصاره‌گیری شده با NaOH برای تعیین پویائی فسفر در خاک‌های مالی سل، ورتی سل، اولتی سل و اکسی سل مناسب می‌باشد. فسفر قابل استخراج به روش اولسن همبستگی معنی‌داری با مقدار فسفر افزوده شده به خاک دارد یانگ و همکاران (۲۰۰۶)[6] و اشمیت و همکاران (۱۹۹۷)[7] بین شکل‌های مختلف فسفر همبستگی‌های معنی‌داری مشاهده کردند که بیانگر وجود رابطه تعادلی بین این شکل‌ها بود، انجام رگرسیون چند متغیره گام به گام نشان داد که۹۰ درصد تغییرات فسفر عصاره‌گیری شده با روش اولسن در خاک‌های آهکی به شکل دی کلسیم فسفات مربوط می‌شود صمدی (۲۰۰۳)[8]، گو و همکاران (۲۰۰۰)[9] شکل‌های مختلف فسفر را با روش هدلی و همکاران تعیین و مشاهده کردند که شکل‌های مختلف فسفر قابلیت جذب متفاوتی برای گیاهان در خاک‌های مورد مطالعه داشتند و یانگ و جاکوبسن (۱۹۹۰)[10] همبستگی بسیار معنی‌داری بین فسفر قابل استخراج با رزین و فسفر قابل جذب مشاهده کردند.

جاوید و راول (۲۰۰۲)[11] 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 خاک‌های آهکی بود. در بررسی شکل‌های فسفر در سیستم‌های مختلف زراعی در خاک‌های اکسی سل در برزیل گزارش دادند که میزان فسفر کل در سیستم‌های بدون عملیات زراعی و با عملیات زراعی کم تفاوت معنی‌داری 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[12]) و ژنگ و همکاران (۲۰۰۴)[13] گزارش کردند که در بررسی شکل‌های فسفر در خاک‌هایی 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 خاک‌ها در نظر گرفته شود. آدپجو (۱۹۸۲)[14] گزارش کرد با گذشت زمان میزان فسفر اولسن خاک کاهش می‌یابد، سرعت کاهش فسفر اولسن در شرایط بدون کشت گیاه بیشتر از شرایط با کشت گیاه در تناوب می‌باشد که نشان دهنده تأثیر تناوب کشت در تثبیت فسفر قابل جذب خاک است. از طرف دیگر اسمیت و همکاران (۱۹۹۶)[15]

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)
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)

Archive of SID

www.SID.ir

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)[1] 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)[2] 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)[3] 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)[4] 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)[5] (۲۰۰۲)[5] گزارش کردند که فسفاتهای آهن می‌توانند به شکل قابل جذب گیاه تغییر شکل یابند. ساین و همکاران (۱۹۶۶)[6] 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 (۲۰۰)[7] 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 :

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 شاخص های موثر خاک در کارائی 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 فسفات های کلسیم، فسفات‌های آهن و آلومینیوم و فسفات 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 شاخص های 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)[8] 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)[9] اندازه‌گیری گردید.

نتایج

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

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)

Archive of SID

www.SID.ir

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 می‌شود.

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 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 شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر بدون کاشت گیاه را نشان می‌دهد

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثرات نوع خاک و زمان بر شکل‌های مختلف فسفر خاک در شرایط بدون کاشت گیاه و مصرف۵۰ میلی‌گرم برکیلوگرم فسفر همزمان با کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر همزمان با کاشت گندم را نشان می‌دهد.

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 می دهد.

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 گندم را نشان می‌دهد

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.

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

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

در جدول ۱۳- مقایسه میانگین اثر نوع خاک، کود فسفره و تناوب کاشت ذرت – گندم بر میزان فسفات آلومینیوم خاک مشخص می‌شود

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 می‌دهد..

بحث

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

همانگونه که در جدول۲ نتایج تجزیه واریانس اثر نوع خاک و تناوب کاشت ذرت – گندم بر فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن مشاهده می‌گردد. نوع خاک بر فسفر قابل جذب خاک در طول زمان تناوب در شرایط کاشت گیاه و مصرف تک مرحله‌ای و دو مرحله‌ای کود فسفره در سطح یک درصد و در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کاشت گیاه در سطح پنج درصد معنی‌دار 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 مرحله‌ای و دو مرحله کود فسفره، با و بدون کشت گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار می‌باشد. همچنین اثر متقابل خاک و زمان در شرایط مصرف تک مرحله‌ای کود فسفره و کشت گیاه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید.

در جدول ۳- مقایسه میانگین اثر زمان (تناوب کاشت ذرت–گندم) بر میزان فسفر اولسن خاک مشاهده می‌گردد. در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کشت گیاه ابتدا کاهش جزیی و سپس افزایش میزان فسفر اولسن خاک مشاهده می‌گردد، در صورتی که در شرایط کشت گیاه در تناوب ذرت – گندم ابتدا افزایش معنی‌دار تا پنج هفته پس از کشت گندم و سپس کاهش فسفر پس از برداشت گندم مشاهده می‌گردد 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 نمی‌گردد. ولی در پایان برداشت گندم علت کاهش فسفر اولسن مصرف این عنصر توسط گندم می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

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)[1] نیز بر این موضوع تأکید کرده است.

با توجه به جدول۴ 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)[2] 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 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، اکتا کلسیم 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 اکتا کلسیم 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، اکتا کلسیم 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 مصرف۵۰ میلی‌گرم برکیلوگرم 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، اکتا کلسیم فسفات و فسفات آلومینیوم در سطح یک درصد معنی‌دار است و اثر متقابل خاک و زمان بر اکتا کلسیم 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، اکتا کلسیم فسفات و فسفات آلومینیوم وآپاتیت در سطح یک درصد معنی‌دار است، اثر زمان بر دی‌کلسیم 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 دی‌کلسیم فسفات، اکتا کلسیم 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

1. Adepoju et al. (1982)
2. Yang et al. (2002)

Archive of SID

www.SID.ir

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، اکتا کلسیم 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 میلی گرم 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، اکتا کلسیم 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 مرحله ای 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)[1] 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 فسفره کاهش یافت، همچنین گو و همکاران نیز در سال (۲۰۰۰)[2] 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. بلیک و همکاران (۲۰۰۳)[3] نشان دادند که کشت گیاه بدون مصرف کود فسفره سبب کاهش فسفر به شکل دی کلسیم فسفات می‌گردد که نشان‌دهنده قابلیت جذب این شکل از فسفر توسط گیاه می‌باشد.

بر اساس 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 فسفری 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)[4] مشاهده کردند بر اثر کشت گیاه فسفر باقی مانده خاک به شکل اکتاکلسیم فسفات تبدیل می‌گردد و این شکل از فسفرمی‌تواند 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

1. Schmidt et al. (1996)

2. Guo et al. (2000)

3. Blake et al. (2003)

4. Olsen et al. (1983)

Archive of SID

www.SID.ir

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

چنگ و گو (۱۹۶۱)[1] 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. جدول۱۴ 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 ببرد.

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)[2] 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 آهکی مناطق خشک و نیمه خشک ناچیز می‌باشد تغییرات این شکل فسفر از اهمیت زیادی برخوردار نیست.

جدول۱۶- 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 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 آهک 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)[3] 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)[4] 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 خاک‌هائی که ذخیره فسفری بالایی دارند با کشت های متوالی می توان از این ذخیره بهره برد.

1. Chang, and Guo (1961)
2. Samrit et al. (2002)
3. Singh et al. (1966)
4. Zhang et al. (2004)

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی و شکل‌های معدنی خاک‌های 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
						$mg\ kg^{-1}$				
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
						$mgkg^{-1}$					
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

Ca_2-P دی کلسیم فسفات، Ca_8-P اکتا کلسیم فسفات، Al-P فسفات آلومینیوم، Fe-P فسفات آهن، O-P فسفر محبوس،Ca_{10}-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

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

زمان‌های مورد بررسی ۲، ۴ و۶ هفته پس از کاشت ذرت و ۵ و۱۰ هفته پس از کاشت گندم در گلدان‌های کشت شده می‌باشد.

P0a در شرایط بدون مصرف کود فسفره وکاشت گیاه در تناوب ذرت- گندم، P0b در شرایط بدون مصرف کود فسفره و بدون کاشت گیاه، P50a در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت ذرت در تناوب گندم، P50b در شرایط بدون گیاه و مصرف۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت ذرت، P50+25a در شرایط مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم، 50+25b در شرایط بدون گیاه و مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک همزمان با کاشت ذرت و ۲۵ میلی‌گرم 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}	۳۲ ^{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}	۳۲ ^{a}	۴۴ ^{bc}
T5	۷/۴ ^{b}	۱۱ ^{a}	۱۵ ^{c}	۷۷ ^{c}	۲۱ ^{b}	۳۴ ^{c}

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

تیمار	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	۱۲a	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

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

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

Ca_2-P دی کلسیم فسفات — Ca_8-P اکتا کلسیم فسفات

Al-P فسفات آلو منیوم — O-P فسفر محبوس

Fe-P فسفات آهن — Ca_{10}-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

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

منابع تغییر	df	Ca_2-P	Ca_8-P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca_{10}-P
تکرار	۲	۹۶ ns	۵/۸ ns	۰/۱۵ ns	۳/۴ ns	۱/۴ ns	۶۰ ns
اثر نوع خاک	۱	۳۰۵*	۶۱۹۸**	۱۸۷**	۳/۴ ns	۲ ns	۶۷۸۰۳۰**
اثر زمان	۲	۲۹۲۳**	۵۱۴۳**	۱۳۰**	۳/۳ ns	۴/۱ ns	۱۶۵ ns
اثر متقابل خاک و زمان	۲	۱۸۹ ns	۸۳۷**	۵/۳ ns	۳/۲ ns	۲ ns	۲۰۱۶**
اشتباه آزمایش	۱۰	۶۱	۸۸	۱۲	۱/۴	۱/۱	۱۶۰

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

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

* برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

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

منابع تغییر	df	Ca_2-P	Ca_8-P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca_{10}-P
تکرار	۲	۰/۱ ns	۴/۲ ns	۱/۴۰ ns	۱/۵ ns	۱/۲ ns	۸/۸ ns
اثر نوع خاک	۱	۱۸**	۳۰۲۶**	۱۲۲**	۰/۰۱ ns	۰/۰۱ ns	۷۱۰۱۳۴**
اثر زمان	۲	۴۰**	۱۰۱*	۶۱**	۳۶**	۲/۸ ns	۱۰۱۲**
اثر متقابل خاک و زمان	۲	۴/۴ **	۴۱۶**	۱۱ ns	۱/۲۰ ns	۰/۶۴ ns	۴۷۸**
اشتباه آزمایش	۱۰	۰/۱	۲۴	۵/۸	۲/۶	۱/۷	۹/۴

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

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

* برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

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

منابع تغییر	df	Ca_2-P	Ca_8-P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca_{10}-P
تکرار	۲	۲/۴ ns	۱۲۴ ns	۲/۵ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۱ ns	۲۶۷ ns
اثر نوع خاک	۱	۵/۶*	۵۴۳۹**	۸۹**	۲۱ ns	۱۵ ns	۶۴۵۲۴۸**
اثر زمان	۲	۱۴**	۲۰۴۲**	۱/۱ ns	۵۸**	۳۵*	۱۴۷۹ **
اثر متقابل خاک و زمان	۲	۲۹**	۱۳۷ ns	۲۲**	۱۶ ns	۱۰ns	۸۰۶ *
اشتباه آزمایش	۱۰	۰/۱	۲۴	۵/۸	۲/۶	۱/۷	۹/۴

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

برای شرح علائم به جدول ۵ مراجعه شود

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

منابع تغییر	df	Ca_2-P	Ca_8-P	Al-P	Fe-P	O-P	Ca_{10}-P
تکرار	۲	۸/۳ ns	۷۸ ns	۰/۶ ns	۰/۱۱ ns	۰/۸۷ ns	۴۹۱*
اثر نوع خاک	۱	۳۰*	۵۵۴۴**	۷۸**	۱۶ns	۹/۶ ns	۶۵۰۰۸۵**
اثر زمان	۲	۵۹**	۲۰۳۸ **	۰/۱ ns	۵۵**	۱۰ ns	۱۵۹۷**
اثر متقابل خاک و زمان	۲	۵۲ **	۱۵۳ ns	۲۸**	۱۷ ns	۶/۲ ns	۶۸۷ *
اشتباه آزمایش	۱۰	۳/۹	۱۰۹	۱/۲	۶/۸	۵/۳	۱۰۸

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

زمان های 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)

تیمار	$Ca_2P(P_0$-A) mg kg^{-1}	$Ca_2P(P_0$-B) mg kg^{-1}	$Ca_2P(P_{50}$-A) mg kg^{-1}	$Ca_2P(P_{50}$-B) mg kg^{-1}	$Ca_2P(P_{50+25}$-A) mg kg^{-1}	$Ca_2P(P_{50+25}$-B) mg kg^{-1}
S1T1	۵/۲ b	۵/۲ c	۵/۲ c	۵/۲ e	۵/۲ d	۵/۲ c
S1T2	۱/۹ e	۳/۷ d	۱۲ a	۵۳ a	۱۲ b	۵۴ a
S1T3	۲/۶ d	۴/۹ c	۱۱ a	۲۷ bc	۱۷ a	۳۶ b
S2T1	۹/۲ a	۹/۲ a	۹/۲ b	۹/۲ de	۹/۲ bc	۹/۲ c
S2T2	۲/۸ d	۴/۹ c	۸ b	۳۵ b	۷/۹ cd	۳۵ b
S2T3	۳/۷ c	۶/۸ b	۷/۹ b	۶۱ cd	۹/۷ bc	۶۴ b

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)

تیمار	$Ca_8P(P_0$-A) mg kg^{-1}	$Ca_8P(P_0$-B) mg kg^{-1}	$Ca_8P(P_{50}$-A) mg kg^{-1}	$Ca_8P(P_{50}$-B) mg kg^{-1}	$Ca_8P(P_{50+25}$-A) mg kg^{-1}	$Ca8P(P_{50+25}$-B) mg kg^{-1}
S1T1	۱۸۵ d	۱۸۵ d	۱۸۵ d	۱۸۵ d	۱۸۵ b	۱۸۵ c
S1T2	۲۴۷ b	۲۲۰ b	۲۴۷ b	۲۲۰ bc	۱۸۵ b	۹/۲ b
S1T3	۱۹۹ cd	۱۹۶ cd	۲۰۳ c	۱۹۱ d	۱۷۰ c	۱۷۳ d
S2T1	۲۱۲ c	۲۱۲ bc	۲۱۲ c	۲۱۲ c	۲۱۲ a	۲۱۲ a
S2T2	۲۶۷ a	۲۵۱ a	۲۶۷ a	۲۵۱ a	۱۹۷ b	۲۰۶ ab
S2T3	۲۶۳ ab	۲۴۳ a	۲۴۷ b	۲۳۷ ab	۱۹۶ b	۲۱۵ a

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 میلی گرم فسفر بر کیلوگرم خاک قبل از کاشت گندم

Archive of SID

www.SID.ir

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

تیمار	ALP(P_0-A) mg kg^{-1}	ALP(P_0-B) mg kg^{-1}	ALP(P_{50}-A) mg kg^{-1}	ALP(P_{50}-B) mg kg^{-1}	ALP(P_{50+25}-A) mg kg^{-1}	ALP(P_{50+25}-B) mg kg^{-1}
S1T1	۲۸ c	۲۸ c	۲۸ c	۲۸ c	۲۸ b	۲۸ b
S1T2	۳۸ ab	۲۸ c	۳۸ ab	۲۹ c	۳۳ ab	۲۹ b
S1T3	۳۰ c	۳۲ b	۳۴ b	۳۰ b	۲۹ b	۲۵ b
S2T1	۳۴ bc	۳۴ a	۲۴ b	۲۴ a	۲۴ a	۳۴ a
S2T2	۴۳ a	۳۵ a	۴۳ a	۳۵ a	۳۴ a	۲۶ a
S2T3	۳۹ ab	۳۱ b	۳۸ ab	۳۱ b	۳۱ ab	۲۸ b

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)

تیمار	FeP(P_0-A) mg kg^{-1}	FeP(P_0-B) mg kg^{-1}	FeP(P_{50}-A) mg kg^{-1}	Ca_2P(P_{50}-B) mg kg^{-1}	FeP(P_{50+25}-A) mg kg^{-1}	FeP(P_{50+25}-B) mg kg^{-1}
S1T1	۱۶ ab	۱۶ b	۱۶ a	۱۶ b	۱۶ a	۱۶ a
S1T2	۱۵ b	۱۶ b	۱۵ a	۱۶ b	۱۳ a	۱۳ abc
S1T3	۱۶ ab	۱۲ b	۱۳ a	۱۱ b	۱۴ a	۱۰ c
S2T1	۱۵ b	۱۵ b	۱۵ a	۱۵ b	۱۵ a	۱۵ ab
S2T2	۱۷ ab	۲۲ a	۱۷ a	۲۱ a	۱۴ a	۱۳ bc
S2T3	۱۸ a	۱۳ b	۱۶ a	۱۳ b	۱۵ a	۱۱ c

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)

تیمار	O-P(P_0-A) mg kg^{-1}	O-P (P_0-B) mg kg^{-1}	O-P (P_{50}-A) mg kg^{-1}	O-P (P_{50}-B) mg kg^{-1}	O-P (P_{50+25}-A) mg kg^{-1}	O-P (P_{50+25}-B) mg kg^{-1}
S1T1	۱۵/۲ a	۱۵ a	۱۵ a	۱۵ ab	۱۵ a	۱۵ a
S1T2	۱۷ a	۱۸ a	۱۷ a	۱۹ a	۱۴ a	۱۳ a
S1T3	۱۸ a	۱۸ a	۱۷ a	۱۶ ab	۱۳ a	۱۱ a
S2T1	۱۴ a	۱۴ a	۱۴ a	۱۴ b	۱۴ a	۱۴ a
S2T2	۱۶a	۱۵ a	۱۵ a	۱۷ab	۱۲ a	۱۴ a
S2T3	۱۷ a	۱۵ a	۱۵ a	۱۶ ab	۱۲ a	۱۲ a

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

Archive of SID

www.SID.ir

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

تیمار	$Ca_{10}P(P_0\text{-}A)$ mg kg^{-1}	$Ca_{10}P(P_0\text{-}B)$ mg kg^{-1}	$Ca_{10}P(P_{50}\text{-}A)$ mg kg^{-1}	$Ca_{10}P(P_{50}\text{- }B)$ mg kg^{-1}	$Ca_{10}P(P_{50+25}\text{-}A)$ mg kg^{-1}	$Ca_{10}P(P_{50+25}\text{-}B)$ mg kg^{-1}
S1T1	۲۹۲ cd	۲۹۳ cd	۲۹۳ cd	۲۹۳ c	۲۹۳ b	۲۹۳ c
S1T2	۲۸۰ d	۲۷۷ d	۲۸۰ d	۲۷۷ c	۲۶۳ b	۲۶۴ d
S1T3	۳۱۳ c	۳۰۶ c	۳۰۲ c	۲۹۸ c	۲۹۲ b	۲۹۳ c
S2T1	۶۹۷ a	۶۹۷ a	۶۹۷ a	۶۹۷ a	۶۹۷ a	۶۹۷ a
S2T2	۶۹۴ a	۶۵۱ b	۶۹۴ ab	۶۵۱ b	۶۶۷ a	۶۷۵ b
S2T3	۶۵۹ b	۶۶۹ b	۶۷۸ b	۶۵۷ b	۶۹۶ a	۶۷۰ b

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. Asuggested fractionation scheme of inorganic phosphorus in calcareous soils. Fertilizer Res. 20: 159-165.
9. Olsen, S.R. and Sommer, L.E. 1982. Phophorus. In Methods of soil Analysis: Chemical and microbiological Properties, part2. 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 relation ships 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.

Archive of SID

www.SID.ir

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 cirtus 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.

Archive of SID

www.SID.ir