نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۵۰۲-۴۹۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 3, Fall. 2016, p. 494-502

اثرات خاک‌ورزی و مدیریت فسفر بر لایه‌بندی فسفر در سیستم تولید ذرت دانه‌ای

مجید روزبه[۱*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۳

چکیده

فسفر از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان زراعی است که در صورت عرضه بیش از حد می‌تواند محدودکننده رشد یا آلوده‌کننده محیط زیست باشد. از طرف دیگر عملیات خاک‌ورزی تأثیر مستقیمی بر رفتار و قابلیت جذب فسفر خاک دارد. بر این اساس طی آزمایشی تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و کود فسفره بر غلظت فسفر قابل‌استفاده در اعماق مختلف خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای موردبررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. روش‌های خاک‌ورزی به‌عنوان کرت اصلی در دو سطح مرسوم و کم‌خاک‌ورزی و مدیریت کود فسفره به‌عنوان کرت‌های فرعی شامل دو عامل مقادیر مختلف کود فسفره در سه سطح: ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد توصیه کودی و روش‌های کوددهی در سه سطح: پخش سطحی، جای‌گذاری عمقی و نواری به‌صورت فاکتوریل بود. نتایج آزمایش نشان‌داد، تهیه بستر با روش کم‌خاک‌ورزی موجب بیش‌ترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر-۱۵) خاک گردید و عملیات خاک‌ورزی به روش مرسوم با استفاده از گاوآهن‌برگردان‌دار، از نظر مقدار غلظت فسفر با ۷/۲درصد کاهش در رتبه دوم قرار گرفت. کمترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۷۵درصد توصیه کودی و بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در شرایطی حاصل شد که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۲۵درصد توصیه کودی مصرف گردید. تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه‌ای غیرمعنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد از روش کم‌خاک‌ورزی به‌دست آمد و تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه دوم قرار گرفت. میزان عملکرد ذرت دانه‌ای در واکنش به روش‌های مدیریت کود فسفر اختلاف معنی‌داری را نشان‌داد. کمترین مقدار عملکرد مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۱۲۵درصد توصیه کودی به‌دست آمد. استفاده از دستگاه کودکار بذرکار (روش نواری) موجب تولید بیش‌ترین مقدار عملکرد گردید و کاربرد کود به روش عمقی در رتبه دوم قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: تجمع فسفر، روش‌های خاک‌ورزی، عملکرد ذرت، مدیریت فسفر

مقدمه

فسفر از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان زراعی است که در صورت عرضه بیش از حد می‌تواند محدودکننده رشد یا آلوده‌کننده محیط زیست باشد. یافته‌های محققین نشان‌داده است که تأثیر خاک‌ورزی بر لایه‌بندی فسفر به بافت خاک، نوع سیستم خاک‌ورزی و گونه گیاه زراعی وابسته می‌باشد (Bauer *et al*., 2002; Lupwayi *et al*., 20066). از آنجایی‌که کاربرد روش‌های مختلف خاک‌ورزی (مرسوم و حفاظتی) منجر به الگوهای مختلف توزیع فسفر خاک می‌شود، بنابراین نیاز کودهای فسفری، فسفر قابل‌استفاده و متعاقباً واکنش محصول به آن ممکن است در روش‌های مختلف خاک‌ورزی متفاوت باشد (Grant and Baileym, 1994). Jones *et al*, 2007 در بررسی توزیع فسفر در لایه‌های خاک متأثر از روش‌های کوتاه و بلندمدت بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم گزارش کردند که تجمع فسفر در لایه ۲ تا شش سانتی‌متری تحت سیستم بی‌خاک‌ورزی بیشتر از مرسوم بود. به‌گفته Bravo *et al,* 2006) اختلاف در غلظت قسفر در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم می‌تواند به توزیع کود در عمق خاک به‌هم‌خورده توسط هر یک از سیستم‌ها نسبت داده شود. Schwab *et al*, 2006 در طی آزمایشی نشان‌دادند، قرارگیری زیر سطحی کود فسفر تحت روش‌های کم و بی‌خاک‌ورزی، موجب افزایش جذب فسفر و عملکرد محصول گردید، آن‌ها هم‌چنین گزارش کردند کاربرد کود فسفر به‌صورت پخش سطحی در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به تجمع فسفر قابل‌استفاده در لایه سطحی خاک (صفر-پنج سانتی‌متر) گردید. در بررسی روش‌های جاگذاری کود فسفره تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی Kimmel *et al*, 2001 نشان‌دادند که تلفات فسفر کل در روش جاگذاری کود به‌صورت نواری تحت روش بی‌خاک‌ورزی، به‌طور معنی‌داری کمتر از روش‌های خاک‌ورزی نواری و خاک‌ورز مرکب بود. Bahgar *et al*, 1998 در بررسی اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی و

۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: roozbeh.majid@gmail.com)

مقادیر فسفر بر عملکرد ذرت سیلوئی گزارش کردند که سطوح بالای فسفر مصرفی در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی) موجب بهبود رشد ریشه، ساقه و جذب عناصر غذایی گردید. سطوح بالای فسفر به‌طور معنی‌داری جذب کلیه عناصر به‌جز روی و مس را افزایش داد.

Afsahi and Moshtaghi, 2008 در آزمایش مقایسه ردیف‌کار–کودکار ذرت، با ردیف‌کار نیوماتیک در افزایش عملکرد محصول و کاهش مصرف کود فسفره گزارش کردند، عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در هنگام کاشت کود زیر بذر در ماشین بذرکار–کودکار در مقایسه با ماشین ردیف‌کار نیوماتیک افزایش ۲۵درصدی دارد. آن‌ها هم‌چنین اعلام کردند با کاهش ۲۵ الی ۵۰درصدی مصرف کود از حد توصیه شده، اختلاف معنی‌داری در عملکرد محصول حاصل نشد. Mallarino and Rueber, 2001 هم‌چنین در بررسی مدیریت کاربرد کودهای فسفر و پتاسیم در محصول ذرت و سویا (*Glycine max* L.) در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی گزارش کردند که مصرف کود پتاسیم و فسفر به‌صورت نواری و پخش‌کردن آن‌ها در هر دو سیستم خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشته است. Mengel *et al*, 1988 در بررسی اثرات روش‌های مختلف مصرف کود پتاسیم و فسفر در دو سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در تولید ذرت گزارش گردند که روش کاربرد کود قبل از کاشت (پخش‌کردن) در هر دو سیستم خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. Zibilske *et al*, 2002 در آزمایش تأثیر کاهش عملیات خاک‌ورزی بر قابلیت جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت نشان‌داد که عملکرد محصول و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک توسط گیاه تحت تأثیر نوع عملیات خاک‌ورزی قرار گرفت. در آزمایشات دیگری نتایج حاصل از جاگذاری ردیفی کودهای فسفره و پتاسه و مصرف بهینه نیتروژن بر عملکرد ذرت نشان‌داد که مصرف ردیفی کودهای فسفره و پتاس در خاک، بالاترین میزان محصول دانه را تولید کرد. کاهش این کودها به‌میزان ۲۵ و ۵۰درصد، تأثیر معنی‌داری بر میزان محصول و شاخص‌های رشدی گیاه نداشت (Yong *et al*., 2002). Mahmood and Mian, 1980 در ارزیابی ارتباط مقادیر مختلف فسفر و روش‌های مختلف مصرف آن بر رشد و جذب عناصر غذایی به‌وسیله ذرت گزارش کردند که استفاده از کود فسفر به‌صورت نواری در زیر بذر نسبت به روش پخش‌کردن در سطح خاک موجب افزایش عملکرد گردید.

بر این اساس هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی، مدیریت کود فسفر (شیوه‌های مختلف مصرف و مقادیر کود) و برهم‌کنش آن‌ها بر تجمع فسفر قابل‌جذب در پایان فصل رویش و عملکرد ذرت دانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها

این بررسی به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌مدت دو سال زراعی (۹۱–۸۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب واقع در ۲۵۰کیلومتری جنوب شرقی شیراز به عرض‌جغرافیایی ۲۸درجه در ۴۷دقیقه و طول جغرافیایی ۵۴درجه و ۱۷دقیقه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل روش‌های خاک‌ورزی به‌عنوان کرت اصلی در دو سطح خاک‌ورزی مرسوم (CT: گاوآهن برگردان‌دار + دیسک) و کم‌خاک‌ورزی (RT: کولتیواتور با تیغه دو سر نیزه‌ای) و کرت‌های فرعی شامل دو عامل مقادیر مختلف کود فسفره در سه سطح: ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد توصیه کودی (به‌ترتیب P_3وP_1 P_2) و روش‌های کوددهی در سه سطح: پخش سطحی، جای‌گذاری عمقی و روش نواری (به‌ترتیب M_2 ,M_1 و M_3) بود. در این آزمایش پخش سطحی از طریق پاشیدن کود در سطح خاک بعد از عملیات لولرزنی در روش مرسوم، و بعد از شخم توسط کولتیواتور در روش کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کودپاش سانتریفوژ اجرا شد. جای‌گذاری عمقی در هر دو سیستم خاک‌ورزی، به‌صورت پاشیدن کود در سطح خاک قبل از عملیات شخم و سپس مدفون کردن آن تا عمق شخم هر یک از ادوات (گاوآهن برگردان‌دار و کولتیواتور)، و در روش نواری به‌وسیله یک دستگاه کودکار–بذرکار انجام شد. قبل از شروع آزمایش تعداد یک نمونه مرکب از ۱۰نقطه در هر کرت از اعماق (صفر–۱۵) و (۳۰–۱۵) سانتی‌متر جهت تعیین بافت خاک, فسفر قابل‌جذب و توصیه کودی گرفته شد. مقادیر مختلف کود فسفره براساس نتایج حاصل از آزمون خاک و حد بحرانی فسفر (۱۶میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) محاسبه و تعیین شد. زمین موردنظر در تناوب با گندم و دارای بافت لوم بود. تیمارهای تهیه بستر بعد از کرت‌بندی زمین آزمایشی و پس از جمع‌آوری کاه و کلش‌های محصول قبلی اعمال شد. در قطعه زمین موردنظر ۵۴کرت تهیه گردید که ابعاد هر کرت ۲۰×۶مترمربع, فاصله هر کرت از کرت مجاور سه متر و فاصله تکرارها از یکدیگر هفت متر در نظر گرفته شد. عملیات کم‌خاک‌ورزی با استفاده از یک دستگاه کولتیواتور سه شاخه به‌فواصل ۷۵سانتی‌متر از یک‌دیگر (هر شاخه مجهز به چهار تیغه دو سر نیزه‌ای) و در عمق ۱۶–۱۴سانتی‌متر انجام گردید. بعد از انجام عملیات خاک‌ورزی، سطوح مختلف کود فسفره براساس تیمارهای مطرح شده در آزمایش و با توجه به حد بحرانی فسفر و نتایج آزمون خاک محاسبه گردید. کود فسفره از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود ازته از منبع اوره تأمین شد. اعمال روش‌های کوددهی و تأمین فسفر موردنیاز در تیمارهای مختلف, از طریق تنظیم کردن جعبه‌دنده دستگاه کودکار برای روش نواری و تنظیم کردن کودپاش سانتریفوژ، انجام شد. عملیات کاشت ذرت درکلیه تیمارها به‌وسیله یک دستگاه کودکار–بذرکار چهار واحدی با فاصله ردیف

۷۵سانتی‌متر و با موزع صفحه‌ای کنار ریز و شیاربازکن کفشکی به‌میزان بذر ۲۵کیلوگرم در هکتار (هیبرید سینگل‌کراس۷۰۴) اجرا شد. آبیاری کرت‌ها به‌صورت نشتی و به طریقه جوی و پشته‌ای صورت گرفت. جهت کنترل علف‌های‌هرز از سم ارادیکان و به‌میزان پنج لیتر در هکتار استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری تجمع فسفر قابل‌جذب در خاک، تعداد یک نمونه مرکب از ۱۰نقطه در هر کرت از اعماق (صفر–۱۵) و (۳۰–۱۵) سانتی‌متر بعد از عملیات برداشت محصول گرفته شد و مقدار آن با استفاده از روش السن (Olsen *et al*., 1954) در آزمایشگاه تعیین گردید. هم‌چنین عملکرد محصول با حذف ۲متر از ابتدا و انتهای هر کرت و برداشت چهار ردیف ذرت به‌وسیله یک دستگاه کمباین مجهز به هِد برداشت ذرت انجام گردید. تجزیه و تحلیل آماری با کمک نرم‌افزار آماری MSTAT- C انجام و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج‌درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجمع فسفر قابل‌جذب

تأثیر خاک‌ورزی بر تجمع فسفر قابل‌جذب در اعماق مختلف خاک

نتایج به‌دست آمده از اجرای آزمایش نشان‌داد که تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقدار غلظت فسفر در اعماق (صفر–۱۵) و (۳۰–۱۵) سانتی‌متر خاک غیر معنی‌دار بود. تهیه بستر با روش کم‌خاک‌ورزی موجب بیش‌ترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر–۱۵) خاک گردید و عملیات خاک‌ورزی به روش مرسوم با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار، از نظر مقدار غلظت فسفر با ۷/۲درصد کاهش در رتبه دوم قرار گرفت (جدول ۱). این نتایج با یافته‌های Schwab *et al*, 2006 مطابقت دارد که گزارش کرده بودند میزان تجمع فسفر در لایه سطحی خاک در سیستم‌های کم و بی‌خاک‌ورزی بیشتر از مرسوم بوده است.

نتایج هم‌چنین نشان‌داد در صورت انجام عملیات تهیه بستر به روش مرسوم مقدار غلظت فسفر قابل‌جذب در عمق (۳۰–۱۵) سانتی‌متری خاک بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه اول قرار گرفت. اختلاف در غلظت فسفر تحت دو سیستم مرسوم و کم‌خاک‌ورزی احتمالاً می‌تواند به عمق خاک به‌هم‌خورده، کود توزیع شده در عمق خاک‌ورزی نسبت داده شود.

تأثیر سطوح مختلف کود فسفره و روش‌های کوددهی بر غلظت فسفر قابل‌جذب خاک

میزان غلظت فسفر قابل‌جذب خاک در واکنش به کاربرد مقادیر مختلف کود فسفره از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل ۱). کمترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر–۱۵) سانتی‌متری خاک، مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۷۵درصد توصیه کودی و بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در شرایطی حاصل شد که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۲۵درصد توصیه کودی مصرف گردید.

نتایج هم‌چنین نشان‌داد میزان غلظت فسفر قابل‌جذب در عمق (۳۰–۱۵) سانتی‌متر در تیمارهای مختلف سطوح کودی اختلاف معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند هر چند که تیمار کاربرد کود فسفره براساس ۷۵درصد توصیه کودی، موجب کمترین میزان غلظت فسفر در عمق (۳۰–۱۵) سانتی‌متر خاک شده بود (جدول ۲).

هم‌چنین تأثیر روش‌های مختلف کوددهی برتجمع فسفر قابل‌جذب در اعماق مختلف خاک معنی‌دار بود. نتایج آشکار ساخت چنانچه کود فسفاته به‌صورت نواری توسط دستگاه کودکار–بذرکار مصرف شود میزان غلظت فسفر در اعماق (صفر–۱۵) و (۳۰–۱۵) سانتی‌متر خاک کمترین مقدار خواهد بود (جدول ۳) و در صورت مصرف کود قبل از عملیات کاشت و پخش آن در سطح خاک، میزان غلظت فسفر در اعماق مذکور به‌ترتیب، با ۱۱/۲ و ۱۶/۵درصد افزایش نسبت به روش نواری و عمقی در رتبه اول قرار گرفتند. اسکواب و همکاران (Schwab *et al*., 2006) نیز دریافتند که کاربرد فسفر به روش پخش سطحی منجر به تجمع فسفر در لایه سطحی شده است. در این رابطه نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (Kimmel *et al*., 2001; Afsahi and Moshtaghi, 2008).

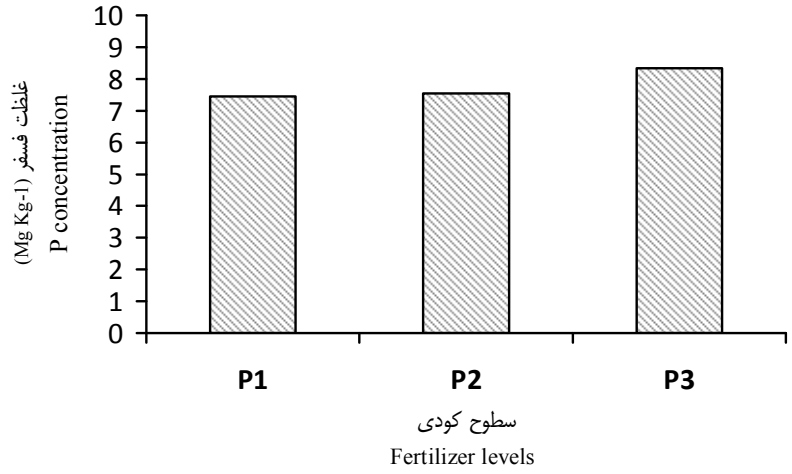
جدول ۱- غلظت فسفر (ppm) متأثر از روش‌های خاک‌ورزی در اعماق مختلف خاک

Table 1- Phosphorus concentration as affected by tillage methods in different soil depths

روش‌های خاک‌ورزی Tillage methods	عمق (۳۰-۱۵) Depth(15-30 Cm)	عمق (صفر-۱۵) Depth(0-15Cm)
مرسوم (Conventional)	7.42 [a]	7.48 [a]
کم‌خاک‌ورزی (Reduce till.)	7.14 [a]	8.07 [a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level



شکل ۱- تأثیر مقادیر مختلف کود بر تجمع فسفر قابل‌جذب خاک در عمق (صفر-۱۵)
Figure 1- Effect of fertilizer rates on Phosphorus concentration in 0-15 cm depth of soil

جدول ۲- غلظت فسفر متأثر از سطوح مختلف کودی در عمق (۳۰-۱۵) سانتی‌متر
Table 2- Phosphorus concentration as affected by different fertilizer levels in 15-30cm depth

سطوح کودی fertilizer levels (٪)	غلظت فسفر P concentration (mg kg^{-1} soli)
75	6.96 [a]
100	7.07 [a]
125	7.81 [a]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

جدول ۳- غلظت فسفر متأثر از روش‌های مختلف کوددهی
Table 3- Phosphorus concentration as affected by different fertilizer application methods

روش‌های کوددهی (Fertilizer application methods)	عمق (۳۰-۱۵) Depth(15-30 Cm)	عمق (صفر-۱۵) Depth(0-15Cm)
سطحی (Surface)	7.85 [a]	8.13 [a]
عمقی (Deep)	7.43 [ab]	7.97 [a]
نواری (Band)	6.55 [b]	7.22 [b]

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

برهم‌کنش روش‌های خاک‌ورزی، مقادیر مختلف کودفسفره و روش‌های کوددهی بر غلظت فسفر قابل‌جذب

برهم‌کنش سه‌گانه روش‌های خاک‌ورزی, مقادیر مختلف کود فسفره و شیوه‌های کوددهی بر میزان تجمع فسفر قابل‌جذب در اعماق مختلف خاک در جدول ۴ آورده شده است.

مقایسه میانگین‌ها از برهم‌کنش سه گانه تیمارها نشان‌داد در شرایطی که عملیات تهیه بستر به‌صورت کم‌خاک‌ورزی انجام پذیرد، بیش‌ترین میزان تجمع فسفر قابل‌جذب در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، به‌ترتیب متعلق به برهم‌کنش تیمارهای مقدار کود مصرفی ۱۲۵ و ۷۵درصد توصیه کودی با روش کوددهی پخش سطحی بوده است. مقدار غلظت فسفر از برهم‌کنش عملیات تهیه بستر به روش مرسوم توسط گاوآهن برگردان‌دار با مقدار کود

۱۲۵درصد توصیه کودی و مصرف به شیوه پخش سطحی، بدون داشتن اختلاف معنی‌داری با ۸/۷۱درصد کاهش در رتبه سوم قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ٤- مقایسه میانگین غلظت فسفر از برهم‌کنش روش‌های خاک‌ورزی، مقادیر کود و روش‌های کوددهی

Table 4- Tillage methods × fertilizer rates × application methods interaction effects on Phosphorus concentration

تیمارها Treatments				(غلظت فسفر) P concentration (mg kg^{-1} soli)	
خاک‌ورزی Tillage	مقادیرکود فسفره براساس توصیه کودی Fertilizer rates (%)	روش‌های کوددهی Application methods		عمق (صفر-۱۵) Depth(0-15Cm)	عمق (۳۰-۱۵) Depth(15-30 Cm)
مرسوم (Conventional)	75	سطحی	(Surface)	6.74 ^{cd}	8.36 ^{abc}
		عمقی	(Deep)	6.94 ^{cd}	7.61 ^{abc}
		نواری	(Band)	6.35 ^{d}	6.02 ^{C}
	100	سطحی	(Surface)	7.43 ^{bcd}	7.41 ^{abc}
		عمقی	(Deep)	8.64 ^{abc}	6.04 ^{c}
		نواری	(Band)	6.89 ^{cd}	6.97 ^{abc}
	125	سطحی	(Surface)	8.71 ^{abc}	8.98 ^{ab}
		عمقی	(Deep)	7.35 ^{bcd}	6.08 ^{c}
		نواری	(Band)	8.31 ^{abcd}	7.03 ^{abc}
کم‌خاک‌ورزی (Reduce till.)	75	سطحی	(Surface)	9.07 ^{ab}	8.03 ^{abc}
		عمقی	(Deep)	8.24 ^{abcd}	7.92 ^{abc}
		نواری	(Band)	7.37 ^{bcd}	6.47 ^{bc}
	100	سطحی	(Surface)	7.57 ^{abcd}	7.37 ^{abc}
		عمقی	(Deep)	8.08 ^{abcd}	7.45 ^{abc}
		نواری	(Band)	6.64 ^{cd}	6.49 ^{bc}
	125	سطحی	(Surface)	9.53 ^{a}	9.41 ^{a}
		عمقی	(Deep)	8.35 ^{abcd}	6.72 ^{abc}
		نواری	(Band)	7.78 ^{abcd}	6.74 ^{abc}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند

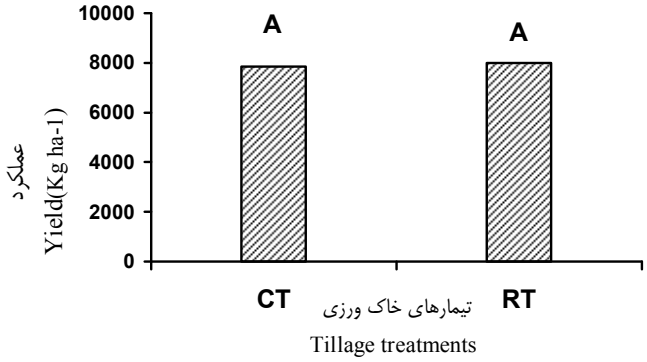
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

بالابودن تجمع فسفر ناشی از برهم‌کنش مدیریت کم‌خاک‌ورزی و کود فسفره، احتمالاً می‌تواند به کود زیادی توزیع‌شده و افزایش سطح تماس ذرات خاک با کود پخش شده نسبت داد. نتایج هم‌چنین نشان‌داد، از برهم‌کنش عملیات تهیه بستر به روش مرسوم و مقادیر کود مصرفی براساس ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵درصد توصیه کودی و شیوه مصرف کود به‌صورت نواری و عمقی، به‌ترتیب موجب کمترین مقدار غلظت فسفر قابل‌جذب در عمق (۳۰-۱۵) سانتی‌متر خاک گردید. هم‌چنین بررسی‌ها نشان‌داد، در صورت انجام عملیات به روش کم‌خاک‌ورزی، بیش‌ترین میزان غلظت فسفر قابل‌جذب در عمق (۳۰-۱۵) سانتی‌متری خاک، از برهم‌کنش مقدار کود مصرفی براساس ۱۲۵درصد توصیه کودی و مصرف کود به شیوه سطحی حاصل شد. با تغییر روش تهیه بستر از کم‌خاک‌ورزی به خاک‌ورزی مرسوم و با همان مقدار و با روش مصرف به شیوه سطحی، مقدار غلظت فسفر در عمق (۳۰-۱۵) سانتی‌متر خاک با ۴/۵۷درصد کاهش بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه دوم قرار گرفت. از مشاهده میانگین اثرات متقابل استنباط می‌شود که تفاوت ایجاد شده در غلظت فسفر قابل‌جذب ناشی از سطوح مختلف کودی، بیشتر از روش‌های کوددهی و خاک‌ورزی بوده است، این موضوع احتمالاً می‌توان به تحرک کمتر فسفر و هم‌چنین تجمع آن در در لایه سطحی متأثر از سطوح بالای کود فسفر مصرفی نسبت داد (جدول ۴).

عملکرد محصول

تأثیر خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه‌ای

نتایج به‌دست آمده از اجرای آزمایش نشان‌داد که تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت غیر معنی‌دار بود. استفاده از کولتیواتور با تیغه دو سر نیزه‌ای به‌عنوان روش کم‌خاک‌ورزی با به‌هم‌زدن کمتر خاک موجب بیش‌ترین مقدار عملکرد گردید. تیمار استفاده از گاوآهن برگردان‌دار در عملیات خاک‌ورزی اولیه بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه دوم قرار گرفت (شکل ۲).

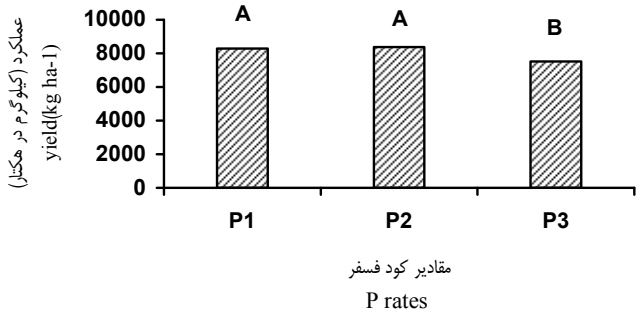


شکل ۲- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه‌ای
Figure 2- Effect of different tillage methods on corn yield

نتایج فوق با یافته‌های دیگر محققین مطابقت دارد که گزارش کرده بودند، بین عملکرد محصول در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (شخم با گاوآهن قلمی، فاروئر و دیسک) و خاک‌ورزی مرسوم (گاوآهن برگردان‌دار) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Bahgar *et al*., 1998; Roozbeh *et al*., 2002)

تأثیر مقادیر مختلف کود فسفره و روش‌های کوددهی بر عملکرد

میزان عملکرد ذرت دانه‌ای در واکنش به مقادیر مختلف کود فسفره از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان‌داد. کمترین مقدار عملکرد مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۱۲۵درصد توصیه کودی و بیش‌ترین میزان عملکرد در شرایطی حاصل گردید که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۰۰درصد توصیه کودی مصرف گردید (جدول ۲). کاهش عملکرد متأثر از افزایش مقدار کود مصرفی، احتمالاً می‌تواند به تجمع بیشتر غلظت فسفر در محلول خاک و هم‌چنین به‌هم خوردن توازن عناصر غذایی (کاهش جذب روی ناشی از غلظت زیاد فسفر) نسبت داد (Karimian and Yasrebi, 1995; Moraghan and Mascagni1991) . نتایج هم‌چنین آشکار ساخت کاربرد کود فسفره براساس ۷۵درصد توصیه کودی بدون داشتن اختلاف معنی‌داری با ۶/۷درصد کاهش نسبت به تیمار اول (۱۰۰درصد توصیه کودی) در رتبه دوم قرار گرفت، و افزایش کود مصرفی (P3) تأثیری بر بهبود محصول تولیدی نداشت (شکل ۳).



شکل۳- تأثیر مقادیر مختلف کود فسفره بر عملکرد ذرت دانه‌ای
Figure 3- Effect of different phosphorus rates on corn yield

جدول ۵-مقایسه میانگین عملکرد ذرت متأثر از روش‌های مختلف کوددهی

Table 5- Corn yield as affected by different P application methods

روش‌های کوددهی Application methods	عملکرد Yield (Kg ha^{-1})
سطحی (Surface)	7067 ^{c}
عمقی (Deep)	8047 ^{b}
نواری (Band)	8663 ^{a}

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

در ارتباط با کاهش مصرف کود فسفره، Afsahi and Mostashari, 2008) و دیگر محققین (Yang *et al*., 2002) در طی آزمایشی گزارش کردند، با کاهش سطوح کودی به‌میزان ۲۵ و ۵۰درصد کمتر از حد توصیه شده، اختلاف معنی‌داری در عملکرد ذرت دانه‌ای حاصل نشده است. نتایج نشان‌داد چنان‌چه کود سوپرفسفات‌تریپل به‌صورت نواری توسط دستگاه کودکار-بذرکار مصرف گردد، میزان عملکرد بیش‌ترین مقدار خواهد بود و در صورت مصرف کود قبل از عملیات شخم (روش عمقی)، میزان عملکرد با ۸/۰۳درصد کاهش نسبت به روش نواری، در رتبه دوم قرار خواهد گرفت (جدول ۵). افزایش عملکرد ناشی از کاربرد زیرسطحی طبق گزارشات Bahgar *et al*, 1998 احتمالاً می‌تواند به جذب بهتر فسفر و سایر عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داده شود. هم‌چنین کمترین مقدار عملکرد نیز مربوط به شرایطی بود که کود فسفات بعد از عملیات تسطیح و قبل از کاشت ذرت در سطح خاک پاشیده شده بود (جدول ۵).

سایر محققین نیز نتایج مشابهی در ارتباط با افزایش جذب فسفر و عملکرد محصول در نتیجه قرارگیری زیر سطحی کود فسفر گزارش کرده‌اند (Mahmood. and Mian, 1980; Schwab *et al*., 2006)

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق بیان کرد که تجمع فسفر قابل‌جذب در لایه سطحی (صفر-۱۵) تحت سیستم کم‌خاک‌ورزی دارای بیشترین مقدار بود. میزان تجمع فسفر قابل‌جذب خاک در واکنش به کاربرد مقادیر مختلف کود فسفره از نظر آماری معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در شرایطی حاصل شد که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۲۵درصد توصیه کودی مصرف گردید. بررسی برهم‌کنش‌ها نشان‌داد در شرایطی که عملیات تهیه بستر به‌صورت کم‌خاک‌ورزی انجام پذیرد، بیش‌ترین میزان تجمع فسفر قابل‌جذب در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، متعلق به برهم‌کنش تیمارهای مقدار کود مصرفی ۱۲۵ و ۷۵درصد توصیه کودی با روش کوددهی پخش سطحی بوده است. هم‌چنین از مقایسه میانگین عملکرد محصول مشخص شد که تفاوتی بین سیستم کم‌خاک‌ورزی (RT) و روش مرسوم (CT)، وجود نداشته است.

References

1. Afsahi, K. and Mostashari, M. 2008. Performance of seed placement of fertilizer planter and its comparison with pneumatic planter at optimization of phosphorus application in grain corn. Journal Agricultural Science Natural Research 1: 133-139.
2. Bahgar, V. C., Wright, R. J. and Smedley, M. D. 1998. Tillage and phosphorus effects on silage corn. Developments in Plant and Soil Science 82: 323-330.
3. Bauer, P. J., Fredrick, J. R. and Busscher, W. J. 2002. Tillage effect on nutrient stratification in narrow and wide row cropping systems. Soil and Tillage Research 66: 175-182.
4. Bramley, R. G.V. and Barrow, N. J. 1992. The reaction between phosphate and dry soil. The effect of time, tempreture and moisture status during incubation on the amount of plant available P. Journal Soil Science 43: 759-766.
5. Bravo, C., Torrent, J., Giraldez, J. V. and Ordonez, R. 2006. Long term effect of tillage on phosphorous forms and sorption in a vertisol of Southern Spain. Europan Journal Agronomy 25(3): 264-269.
6. Grant, CA. and Baileym, LD. 1994. The effect of tillage and KCI addition on pH, conductance, NO_3.N, P, K and Cl distribution in the soil profile. Canadian Journal Soil Science 74: 307-314.
7. Jones, C., Chen, C., Allison, E. and Neill, K. 2007. Tillage effects on phosphorus availability. Western Nutrient Management Conference. Salt Lake City, UT.
8. Karimian, N. and Yasrebi, J.1995. Pridiction of residual effects of zinc sulfate on growth and zink uptake of corn plants, using three zinc soil tests .Soil Plant Annual 26: 277-287.
9. Kimmell, R.J., Pierzynski, GM., and Barnes, PL. 2001. Effect of tillage and phosphorus placement on phosphorus runoff losses in a grain sorghum-soybean rotation. Soil Science Society American Journal 43: 1155-1158.
10. Lupwayi, N.Z., Clayton, GW. and Soon, YK. 2006. Soil nutrient stratification and uptake by wheat after seven

years of conventional and zero tillage in the Northern Grain belt of Canada. Canadian Journal Soil Science 86: 767-778.
11. Mahmood, Z. and Mian, MA. 1980. Interrelations of phosphorus rates and placement methods on the growth and nutrient uptake by corn. Pakistan Journal Science Research 32: 32-37.
12. Mallarino, A P. and Rueber, D. 2001. Phosphorus and potassium fertilization for corn and soybeans managed with no-till and chisel-plow tillage. Soil Science Society American Journal 70:702–707.
13. Mengel, D.B., Hawkins, SE. and Walker, P. 1988. Phosphorus and potassium placement for no till and spring plowed corn. Journal Fertilizer 5(1): 31-36.
14. Moraghan, J.T. and Mascagni, J.1991.Environmental and soil factors affecting micronutrients in agriculture. Soil Science Society of America.pp. 371- 425.
15. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
16. Roozbeh, M., Almasi, M. and Hemmat, A. 2002. Evaluation and comparison of energy requirements in different tillage methods for corn production. Journal Agricultural Science Natural Research 9(1): 117-128
17. Schwab, G.J., Whitney, D.A. and Sweeney, DW. 2006. Tillage and phosphorus management effects on cop production in soils with phosphorus stratification. Soil Science Society American Journal 98(3): 430-435.
18. Yang, J. E., Jones, J. J. and Jacobsen, J. S. 2002. Effects of fertilizer amount and incubation time. Soil Science Plant 33: 855-871.
19. Zibilske, L. M., Bradford, J. M. and Smart, J. R .2002. Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. Soil and Tillage Research 66: 153–163.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 3, Fall. 2016, p. 494-502

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۵۰۲-۴۹۴

Tillage and Phosphorus Management Effects on Stratification of Phosphorus in a Grain Corn Production System

M. Roozbeh[1*]

Received: 11-04-2015
Accepted: 14-07-2015

Introduction

Phosphorus (P) is an essential element in crop nutrition, which can be growth limiting or an environmental contaminant, if present in excess. On the other hand, tillage practices have a direct effect on behavior and availability of soil P. Since, application of different tillage methods lead to different patterns of soil phosphorus distribution, hence P fertilizer needs and P availability may be different in tillage systems. Researchers have found that the effects of tillage on P stratification depends on soil texture. Kimmel *et al*. (2000) reported that total P losses were significantly lower for NT than chisel-disk-field cultivator and ridge-till. Bahgar *et al*. (1998) showed that higher levels of P fertilizer improved shoot, root growth and the uptake of all nutrient elements in No till system. High levels of P also significantly enhanced the uptake of all nutrient elements except Zn and Cu.

Materials and Methods

This study was conducted in Darab Agricultural Research Station in Fars Province, located in the south-western region of Iran (28° 47'N , 57° 17 ' E ; 1120 m above sea level). The soil texture was loam. The experimental design was a randomized complete block with split factorial arranged in three replications. Tillage methods were main plots in two levels: conventional (CT) and reduce tillage (RT). Sub plots included phosphate fertilizer rates in three levels: 75%, 100% and 125% of recommended fertilizer (P1, P2 and P3, respectively) and P application methods in three levels: surface broadcast, banded starter and deep placed (M1, M2 and M3, respectively) in factorial technique. Corn hybrid 704 was planted using a four-row planter with 75 cm row spacing. Phosphorus concentration in the 0-15 and 15-30 cm soil layer and grain yield in the end of growth season were measured.

Results and Discussion

Different tillage systems had no significant effects on phosphorus concentration in the 0-30 cm soil layer. The results indicated that RT treatment had greater phosphorus accumulated in the surface soil (0-15 cm) and CT system reduced phosphorus concentration by 7.2%. The difference in the P concentration between the two tillage systems can be attributed over a greater depth under conventional tillage (25cm) than under reduce tillage. Different fertilizer levels had significant effects on phosphorus concentration. In P1 treatment, phosphorus concentration was significantly less than P3 treatment. The minimum and maximum accumulation of available P was observed for 75 and 125% of recommended fertilizer in the 0-15 cm soil layer, respectively. The results indicated that there was Non-significant difference between P1 and P2 treatments. Also different phosphorus application methods had significant effects on phosphorous concentration. P concentration in surface broadcast treatment increased by 11.2 and 16.5% as compared to banded and deep placed treatments. The different tillage methods× fertilizer levels× application methods interactions on phosphorus concentration were significant. The maximum phosphorus concentration were observed for RT× P3× M1 treatments in the 0-15cm soil layer and the minimum occurred for the RT× P2× M3 and CT× P2× M3, respectively. The CT× P3× M3 interaction had a greater impact in increase of phosphorus concentration. The results also revealed that different tillage systems had no significant effect on grain yield. The most of yield was observed for RT system, although there was no significant difference between CT and RT systems. Phosphorus management methods had significant effects on corn yield. The lowest yield was observed for P3 treatment. The M2 treatment led to maximum grain yield as compared with M3 treatment.

Conclusions

This study indicated that RT treatment had greater phosphorus accumulated in the surface soil (0-15 cm) and CT system reduced phosphorus concentration by 7.2%. It also found no difference in phosphorus concentration between tillage systems. Reduced tillage seedbed preparation method coupled with broadcast P application lead to an accumulation of available P in the surface 0-15 cm soil layer.

Keywords: Corn yield, Phosphorus accumulation, Phosphorus management, Tillage methods

1- Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran
(*- Corresponding Author Email: roozbeh.majid@gmail.com)