نشریه علمی ـ پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، جلد یازدهم، شماره ۴(۴۴)، زمستان ۱۳۹۶، صفحه ۹۰۴-۸۸۹

اثر محصول قبلی و مقدار کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم شیرودی

ابوذر عباسیان[1*]، و هاشم امین‌پناه[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۰/۵ تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۳۰

چکیده

استفاده از تناوب زراعی مناسب می‌تواند راهکار مناسبی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش پایداری سیستم‌های کشت برنج باشد. بدین منظور، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی برنج تنکابن واقع در استان مازندران انجام شد. کشت قبلی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح (شبدر برسیم و آیش (شاهد)) و مقدار کود فسفره به عنوان عامل فرعی در پنج سطح (صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل) بودند. در مرحله رسیدگی دانه، عملکرد و اجزای عمکرد و همچنین غلظت فسفر دانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که عملکرد برنج در صورت کشت آن پس از شبدر (۷۵۶۶/۳ کیلوگرم در هکتار) به طور معنی‌داری ($p<۰/۰۵$) بیشتر از کشت پس از آیش (۶۴۶۵/۱ کیلوگرم در هکتار) بود. کشت شبدر برسیم قبل از برنج سبب افزایش معنی‌دار تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در خوشه گردید، در حالی که اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه نداشت. با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد شلتوک به‌طور معنی‌داری (۳۰/۴۹ درصد) افزایش یافت، اما مصرف بیشتر از ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر اثر معنی‌داری نداشت. همچنین، کاربرد کود فسفر به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش معنی‌دار تعداد خوشه در مترمربع (۲۰/۵ درصد)، تعداد دانه پر در خوشه (۱۲/۹۳ درصد)، زیست توده (۲۲/۰۵ درصد)، غلظت فسفر دانه (۱۴/۹۵ درصد) و مقدار فسفر جذب شده در دانه (۴۹/۲ درصد) نسبت به عدم مصرف کود فسفر شد. با توجه به نتایج این آزمایش، حداکثر عملکرد برنج با کشت شبدر برسیم قبل از برنج و مصرف ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد.

واژگان کلیدی: آیش، برنج، درصد فسفر دانه، شبدر برسیم، کود فسفره، عملکرد.

۱- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران.
* نگارنده‌ی مسئول Abouzar.abbasian@gmail.com

مقدمه

برنج دومین غله‌ای است که به‌طور وسیع در جهان کشت می‌شود و حداقل ۵۰ درصد جمعیت دنیا ۶۰ درصد انرژی مورد نیازشان را از برنج تأمین می‌کنند (Saadatnia *et al*., 2010). نزدیک به ۹۰ درصد سطح زیر کشت و تولید برنج به قاره آسیا اختصاص دارد. دانه‌های برنج در رژیم غذایی مردم ایران نیز اهمیت ویژه‌ای دارند. با رشد جمعیت و تغییر ذائقه مردم در گرایش به برنج، میزان مصرف آن همچنان در حال فزونی می‌باشد و با این روند احتمال دارد که در سال‌های آینده به‌عنوان منبع اصلی تأمین کالری مردم ایران مورد توجه قرار گیرد. با چنین نگاهی اهتمام به خودکفایی در تولید برنج طی سال‌های آینده و کاهش اتکای دولت به واردات این محصول از کشورهای دیگر در حفظ استقلال و امنیت غذایی کشور از اهمیت به‌سزایی برخوردار است که این امر در سایه تحقیقات، توسعه سطح زیر کشت و افزایش عملکرد در واحد سطح میسر خواهد بود (Ardestani *et al*., 2013).

تک‌کشتی برنج در درازمدت سبب کاهش حاصل‌خیزی خاک می‌شود که دلیل اصلی آن تخلیه عناصر غذایی از عمق مشخصی از خاک است (Aminpanah and Abbasian, 2016). تناوب شبدر برسیم (*Trifolium alexandrium*) با غلات دارای مزایای فراوانی از قبیل پایداری عملکرد و کاهش ریسک تولید، بهبود تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و کاهش نیاز کودی محصول بعدی، کاهش رقابت علف‌هرز و در نتیجه افزایش عملکرد محصول بعدی می‌باشد (Mohsenabadi *et al*., 2008). شرایط محیطی و اقلیمی مناطق کشت برنج در ایران به‌گونه‌ای است که امکان کشت شبدر برسیم بعد از برنج در اغلب شالیزارهای شمال کشور امکان‌پذیر است. در صورت کشت شبدر برسیم، می‌توان از علوفه ارزشمند آن در فصل زمستان و اوایل بهار بهره برد و همچنین می‌توان از آن به‌عنوان کود سبز در جهت افزایش حاصلخیزی خاک استفاده کرد (Mazaheri Laghab, 2008). فلاح و همکاران (Fallah *et al*., 2001) گزارش دادند برگرداندن شبدر برسیم به خاک در تناوب با برنج موجب تأمین ۵۰ تا ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن مورد نیاز گیاه برنج شد.

احمد و همکاران (Ahmad *et al*., 2001) گزارش کردند که عملکرد برنج با کشت آن پس از بقولات به‌میزان ۶۰۰ تا ۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشتر از عملکرد برنج در شرایط تک کشتی بود. مان و همکاران (Mann *et al*., 2000) گزارش کردند که با کشت سزبانیا (*Sesbania rostrata* L.) گیاهی از تیره‌ی بقولات- قبل از کاشت برنج، عملکرد برنج به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت. همچنین آنها گزارش کردند که استفاده تلفیقی از کود سبز سزبانیا و گوآر و کود نیتروژن و فسفر در یک سیستم تناوبی گندم-برنج به‌طور معنی‌داری عملکرد برنج و گندم را افزایش داد. به‌دلیل توانایی بقولات در تثبیت نیتروژن، میزان نیتروژن خاک افزایش می‌یابد که این امر به نوبه خود بر جذب سایر عناصر از خاک توسط گیاه تأثیر می‌گذارد. همچنین، علیزاده و همکاران (Alizadeh *et al*., 2008) نشان دادند که کود نیتروژن در میزان جذب عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، منگنز، روی، آهن و مس مؤثر است. نورقلی‌پور و همکاران (Nour Gholipour *et al*., 2008) اعلام کردند که افزایش جذب نیتروژن سبب افزایش جذب عناصر فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز می‌شود.

فسفر نیز یکی از مهم‌ترین عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان است که باعث افزایش رشد و قوی‌تر شدن ریشه‌ها، قوی و ضخیم شدن ساقه‌ها، پرحجم شدن دانه‌ها، افزایش میزان عملکرد و زودرسی محصول شده و در عمل تلقیح گل‌ها دخالت دارد (Iran Nejad and Shahbazian, 2002). هنگامی‌که ترکیبات محلول فسفر به خاک اضافه می‌شوند، به اشکال کم‌محلول یا غیرمحلول تبدیل می‌گردند و درنتیجه قابلیت استفاده آن توسط گیاه کاهش می‌یابد. غیرقابل استفاده شدن فسفر در خاک شامل دو فرآیند جذب سطحی و رسوب است. معمولاً اعتقاد بر این است که در غلظت‌های بالای فسفر، رسوب و در غلظت‌های پایین‌تر، این عنصر جذب سطحی انجام می‌گیرد (Mahmoud Soltani *et al*., 2011). گزارش شده که شبدر برسیم قادر است باقیمانده کودهای فسفری را که به زراعت قبلی داده شده است با کارآیی زیاد حل و جذب کرده و مورد استفاده خود و محصول بعدی قرار دهد. همچنین، نتایج تحقیقات در استرالیا نشان داده است که تثبیت نیتروژن به‌وسیله شبدر با مقدار سوپر فسفات مصرفی متناسب بوده است (Abdi *et al*., 2012).

مطالعات پیشین نشان می‌دهد که افزایش مصرف فسفر منجر به افزایش تثبیت زیستی نیتروژن به‌وسیله بقولات و در نهایت افزایش میزان نیتروژن خاک می‌گردد. در عین حال، افزایش میزان نیتروژن خاک منجر به افزایش جذب فسفر به‌وسیله گیاه می‌گردد (Wortmann *et al*., 2000). بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کشت شبدر برسیم و آیش قبل از کاشت برنج به همراه مصرف مقادیر مختلف کود فسفره بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم شیرودی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات برنج تنکابن واقع در استان مازندران به اجرا درآمد. طول جغرافیایی منطقه، ۵۰ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و فاصله آن با دریای خزر ۲۰۰ متر و ارتفاع آن ۲۱ متر پایین‌تر از سطح دریاهای آزاد می‌باشد. نمونه‌گیری از خاک مزرعه زمین اصلی در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در قطعهٔ آزمایشی مورد نظر انجام شد. در نهایت نمونه‌ها با هم مخلوط و یک نمونه مرکب تهیه شد که نتایج تجزیه خصوصیات شیمیایی و فیزیکی آن در جدول ۱ آمده است. بر اساس همین نتایج مقدار کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه تعیین شد. بافت خاک از نوع لومی-رسی بود.

این آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. کشت قبلی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح (شامل شبدر برسیم و آیش (شاهد)) و مقدار کود فسفره به‌عنوان عامل فرعی در پنج سطح (شامل بدون مصرف فسفر و مصرف فسفر به میزان ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار بود) بود. کود فسفره مورد استفاده، سوپر فسفات تریپل (حاوی ۴۶ درصد اکسید فسفر (P_2O_5)) و رقم مورد استفاده، رقم اصلاح شده شیرودی (حاصل تلاقی بین رقم خزر به‌عنوان والد مادری و رقم دیلمانی به‌عنوان والد پدری) و ابعاد هر کرت ۵×۵ متر بود. تمام کود سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و ۵۰ درصد کود شیمیایی مصرفی نیتروژن در زمان نشاکاری و ۵۰ درصد مابقی در زمان تشکیل اولین جوانه خوشه در غلاف به‌صورت سرک طبق شیوه مرسوم منطقه به خاک داده شد. بذور شبدر

در شهریورماه سال قبل بعد از برداشت برنج در مزرعه پاشیده شد. پس از دو چین برداشت شبدر برسیم، قبل از چین سوم، مصادف با اوایل فروردین ۱۳۹۳، شبدر برسیم به‌عنوان کود سبز و توسط تراکتور با خاک اختلاط یافت. نشاهای برنج در تاریخ پنجم خرداد به زمین اصلی منتقل و به تعداد سه گیاهچه در هر کپه با تراکم ۲۵×۲۵ سانتی‌متر نشاء گردیدند. علف‌های هرز مزرعه برنج به‌صورت دستی و در دو مرحله در تاریخ‌های ۲۹ خرداد و ۱۵ تیرماه ۱۳۹۳ وجین شدند.

در انتهای دوره رشد صفاتی مانند تعداد خوشه در مترمربع، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه به روش ارزیابی استاندارد موسسه تحقیقات بین‌المللی برنج (Anonymous, 1996) و با ۵ نمونه تصادفی از هر واحد آزمایشی، اندازه‌گیری و ثبت شد. عملکرد شلتوک در زمان رسیدن کامل از ۲/۵ مترمربع (۴۰ کپه) هر واحد آزمایشی پس از حذف حاشیه، برداشت و با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری زیست توده برنج پس از حذف حاشیه‌ها، تعداد ۱۰ کپه در هر کرت کف‌بر و پس از جداسازی دانه از کاه، هرکدام به‌طور جداگانه در درون پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند و سپس به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفته و با توزین آن عملکرد بیولوژیک تعیین شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به زیست‌توده برنج برحسب درصد محاسبه شد. پس از برداشت از هر پلات مقداری دانه جهت تعیین غلظت فسفر به آزمایشگاه ارسال و میزان فسفر آن به روش کالری‌متری تعیین شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SAS و مقایسات میانگین نیز با روش حداقل اختلافات معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای ترسیم و برازش شکل‌ها از نرم‌افزار SigmaPlot نسخه ۱۱ استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد شلتوک

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر کشت قبلی و مقدار کود فسفره در سطح یک درصد بر عملکرد شلتوک معنی‌دار بود، درحالی‌که اثرات متقابل بین آنها بر عملکرد شلتوک معنی‌دار نبود (جدول ۲). عملکرد شلتوک در صورت کاشت برنج بعد از شبدر برسیم (۷۵۶۶/۳ کیلوگرم در هکتار) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تک کشتی برنج (۶۴۶۵/۱ کیلوگرم در هکتار) بود؛ به‌عبارت دیگر، عملکرد برنج در صورت کاشت پس از شبدر برسیم به میزان حدود ۱۷/۰۳ درصد بیشتر از تک کشتی برنج بود (جدول ۳). برخی محققان گزارش کردند که کشت بقولات قبل از برنج منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد برنج می‌گردد (Ahmad *et al*., 2001; Lifang *et al*., 2001). افزایش عملکرد در این شرایط به افزایش دسترسی برنج به نیتروژن به‌دلیل توانایی بقولات در تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش فراهمی سایر عناصر غذایی مثل فسفر و پتاسیم، افزایش ماده آلی خاک و کاهش آلودگی مزرعه غلات به علف‌های هرز در صورت کاشت برنج بعد از شبدر برسیم نسبت داده می‌شود (Aminpanah and Abbasian, 2016). با استفاده از یک معادله درجه یک، رابطه بین میزان مصرف فسفر و عملکرد شلتوک به‌خوبی برازش شد (شکل ۱). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد شلتوک به طور معنی‌داری افزایشی یافت به‌طوری‌که از ۶۰۱۰/۷ به ۷۷۹۱/۳ کیلوگرم در هکتار رسید. افزایش مصرف فسفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تأثیر معنی‌داری بر عملکرد

شلتوک نداشت (شکل ۱). مصرف فسفر غیر از تأثیر در مراحل توسعه ریشه در مراحل زایشی و پرشدن دانه نیز بسیار مؤثر است. البته مصرف بیش‌ازحد فسفر نه‌تنها باعث افزایش محصول نمی‌گردد، بلکه به‌تدریج در خاک تثبیت می‌شود (Madani *et al*., 2010). افزایش عملکرد با مصرف مقدار ۷۵ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار حاکی از آن است که جهت تأمین نیاز غذایی گیاه برنج می‌بایست مقدار کافی و مناسب فسفر قابل جذب در محلول خاک موجود باشد تا ضمن تعادل با سایر عناصر غذایی گیاه بتواند به عملکرد مطلوبی دست یابد (Shahdi Kumleh and Kavossi, 2004). اثر مثبت فسفر بر افزایش عملکرد برنج توسط سایر محققان هم گزارش شده است (Shahdi Kumleh and Kavossi, 2004; Yazdani Motlag *et al*., 2014). اگرچه برخی از محققان نیز گزارش کردند که مقادیر کود فسفره بر عملکرد شلتوک برنج اثر معنی‌داری نداشته است (Salehi Far *et al*., 2011). به نظر می‌رسد که میزان فراهمی فسفر در خاک می‌تواند بر واکنش گیاهان زراعی به مصرف کود فسفره مؤثر باشد. نتایج سایر محققان نشان داده است در صورتی که میزان فسفر خاک کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک باشد، کاربرد کود فسفر تاثیر مطلوبی بر افزایش عملکرد گیاهان زراعی دارد (Li *et al*., 2011).

تعداد خوشه در مترمربع

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات کشت قبلی و مقدار فسفر تأثیر معنی‌داری بر تعداد خوشه در مترمربع در سطح احتمال یک درصد ($p<0.01$) داشته است. تعداد خوشه در مترمربع با تک‌کشتی برنج (۳۲۱/۱۳ خوشه) به‌طور معنی‌داری کمتر از تعداد خوشه در مترمربع با کشت برنج پس از شبدر برسیم (۳۵۵/۳۳ خوشه) حاصل شد (جدول ۳). بدین ترتیب، تعداد خوشه در مترمربع در صورت کشت برنج پس از شبدر برسیم در مقایسه با تک‌کشتی برنج ۱۰/۶۵ درصد بیشتر بود. به نظر می‌رسد افزایش تعداد خوشه در مترمربع در صورت کشت برنج پس از شبدر برسیم احتمالاً به‌دلیل قابل دسترس‌تر بودن نیتروژن بوده است که سبب افزایش میزان قدرت رشد رویشی گیاه شده است (Wortmann *et al*., 2000). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد خوشه در مترمربع روند افزایشی افزایشی داشت به‌طوری‌که از ۲۹۶/۸۳ به ۳۵۵/۱۷ خوشه در مترمربع رسید (شکل ۲). به‌کار بردن ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار نیز به‌نوبه خود تعداد خوشه بیشتری را نسبت به ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار تولید کرد که این اختلاف ناچیز و غیرمعنی‌دار بود که احتمالاً مربوط به کافی بودن میزان فسفر در خاک می‌باشد و به این دلیل میزان فسفر افزوده شده به زمین تأثیر معنی‌داری بر تعداد خوشه تولیدی نداشت. مطابق با نتایج این آزمایش، عالم و همکاران (Alam *et al*., 2009) و سحر و باربی (Sahar and Burbey, 2003) گزارش کردند که با افزایش مصرف کود فسفره تعداد پنجه بارور به‌طور معنی‌دار افزایش یافت. در مقابل، برخی از محققان نیز گزارش کردند که مقدار فسفر اثر معنی‌داری بر تعداد پنجه بارور نداشت (Salehi Far *et al*., 2011).

تعداد دانه پر در خوشه و درصد باروری خوشه

تعداد دانه پر در خوشه تحت تأثیر کشت قبلی و مقدار فسفر قرار گرفت، در حالی‌که اثر کشت قبلی و مقدار فسفر و اثر متقابل آنها بر

درصد باروری خوشه معنی‌دار نبود (جدول ۲). تعداد دانه پر در خوشه در صورت کاشت برنج پس از شبدر برسیم (۱۱۰/۵۷ دانه) به‌طور معنی‌داری بیشتر از تعداد دانه پر در خوشه در صورت کاشت برنج پس از آیش (۹۸/۹۹ دانه) بود. رابطه بین میزان مصرف فسفر و تعداد دانه پر با استفاده از یک معادله درجه یک به‌خوبی تبیین شد. با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تعداد دانه پر در خوشه روند افزایشی داشت به‌طوری‌که از ۹۳/۵۸ به ۱۱۷/۱۷ عدد در خوشه رسید (شکل ۳). کارآیی بهره‌وری جزیی فسفر برای تولید دانه در مراحل ابتدایی رشد نسبت به مراحل بعدی رشد بالاتر است زیرا فسفر برای پنجه‌زنی مورد نیاز بوده و از طرفی مجموع فسفر مورد نیاز نسبت به نیتروژن کمتر است، به‌علاوه اگر فسفر به اندازه کافی در مراحل ابتدایی رشد جذب شود، می‌تواند به‌راحتی به اندام‌های در حال رشد توزیع مجدد شود. نیاز برنج به فسفر در مراحل ابتدایی رشد ایجاب می‌کند که فسفر به صورت پایه برای برنج به کار برده شود (Yoshida, 1981). مطابق با نتایج این آزمایش، گبرکیدان و سیوم (Gebrekidan and Seyoum, 2006) گزارش کردند که کاربرد فسفر تعداد دانه پر در خوشه را افزایش و درنتیجه سبب بهبود عملکرد گردید. در مقابل، کاظمی پشت‌مساوی و همکاران (Kazemi Poshtmassari *et al*., 2007) گزارش کردند که اثر مقدار فسفر بر تعداد دانه پر در خوشه برنج معنی‌دار نیست.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه یکی از پایدارترین خصوصیات واریته‌ای به شمار می‌رود (Salehi Far *et al*., 2011). کلیه اثرات اصلی و متقابل بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود (جدول ۲). در نتیجه، اختلاف معنی‌داری در وزن هزار دانه برنج در بین تیمارهای کشت قبلی و مقدار فسفر مشاهده نشد. در بین اجزای عملکرد غلات، وزن هزار دانه بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی بوده و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی و تغذیه‌ای قرار می‌گیرد. گزارش شده است که در برنج، رشد دانه توسط پوسته دانه محدود می‌شود و در نتیجه در اغلب مناطق وزن هزار دانه برنج یکی از پایدارترین ویژگی‌های واریته‌ای به شمار می‌رود (Javadi and Aminpanah, 2016). صالحی‌فر و همکاران (Salehi Far *et al*., 2011) گزارش نمودند که به کار بردن ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار وزن هزار دانه بیشتری را تولید می‌کند هرچند که اختلاف آن با به‌کار بردن ۱۰۰ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار معنی‌دار نمی‌باشد.

زیست‌توده برنج و شاخص برداشت

زیست‌توده برنج تحت تأثیر کشت قبلی و مقدار فسفر به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد قرار گرفت. در مقابل، اثرات متقابل بین کشت قبلی و مقدار فسفر بر زیست‌توده برنج معنی‌دار نبود (جدول ۲). زیست‌توده برنج در نظام کشت شبدر برسیم- برنج به میزان ۷/۲۸ درصد بیشتر از مقدار آن در نظام کشت آیش- برنج بود (جدول ۳). با استفاده از یک معادله خطی، میزان زیست توده روند افزایشی داشت به‌طوری‌که با افزایش مقدار فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار منجر به افزایش معنی‌دار زیست‌توده برنج به میزان ۲۲/۰۵ درصد گردید، درحالی‌که مصرف بیشتر فسفر تاثیر معنی‌داری بر افزایش زیست‌توده برنج نداشت (شکل ۴).

کولومب و همکاران (Colomb *et al*., 2000) اظهار داشتند که با افزایش میزان مصرف فسفر رشد گیاه تحت تأثیر قرار گرفته، شاخص سطح

برگ و فتوسنتز گیاه افزایش یافته و در نهایت عملکرد افزایش می‌یابد. فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاه محسوب شده و کمبود این عنصر باعث اختلال در رشد و متابولیسم داخل گیاه می‌شود. لذا با توجه به سطوح استفاده از فسفر می‌توان نتیجه گرفت که افزایش این عنصر تا یک حد معین باعث افزایش عملکرد می‌شود ولی کاربرد بیش‌ازحد آن تأثیری بر عملکرد نخواهد داشت. نتایج مشابهی توسط سایر محققان (Eftekhari *et al*., 2009; Yazdani Motlagh *et al*., 2014) گزارش شده است، هر چند مدنی و همکاران (Madani *et al*., 2010) در کلزای پاییزه و شهدی کومله و کاوسی (Shahdi Kumleh and Kavossi, 2004) در برنج گزارش نمودند که کود فسفره تأثیری بر عملکرد بیولوژیک ندارد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اختلاف معنی‌داری در شاخص برداشت در بین کشت قبلی و مقدار فسفر مشاهده نشد (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد واکنش عملکرد شلتوک و زیست‌توده برنج نسبت به عوامل مورد بررسی در این آزمایش مشابه و یکسان بوده است. صالحی‌فر و همکاران (Salehi Far *et al*., 2011) و حسنوزمن و همکاران (Hasanuzzaman *et al*., 2012) گزارش کردند که اثر مقادیر کود فسفر بر شاخص برداشت برنج معنی‌دار نبود، درحالی‌که گبرکیدان و سیوم (Gebrekidan and Seyoum, 2006) اثر معنی‌دار مقدار فسفر بر شاخص برداشت برنج را گزارش کردند. هاولین و همکاران (Havlin *et al*., 2004) گزارش کردند که مصرف فسفر موجب افزایش ماده خشک بخش هوایی، دانه‌های پرشده و ویژگی‌های ریشه برنج شد. به دلیل ریخت‌شناسی متفاوت ریشه از قبیل طول کل ریشه، تراکم ریشه، طول و تراکم تارهای کشنده، ارقام مختلف برنج کارآیی متفاوتی در جذب فسفر نشان می‌دهند.

درصد فسفر دانه و میزان جذب فسفر در دانه

توانایی برنج در انتقال فسفر جذب شده از ریشه تابع قوانین فیزیولوژیکی منبع و مخزن است. اندازه‌گیری میزان فسفر دانه نشان داد مقدار مصـرف فسفر اثر معنی‌داری بر محتوای فسفر دانه‌های برنج داشت. کاربرد مقادیر مختلف کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل نسبت به عدم کاربرد این کود به جذب و تجمع بالاتر فسفر در گیاه کمک کرده است (جدول ۲). رابطه بین مقدار فسفر و درصد فسفر دانه برنج با استفاده از یک معادله درجه ۲ برازش شد (شکل ۵). با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۵۰ کیلوگرم در هکتار، غلظت فسفر دانه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، درحالی‌که مصرف بیشتر فسفر اثر معنی‌داری بر درصد فسفر دانه نداشت (شکل ۵). مشابه نتایج این آزمایش، یزدانی مطلق و همکاران (Yazdani Motlag *et al*., 2013)، توین و همکاران (Tuyen *et al*., 2006) و اسلام و همکاران (Islam *et al*., 2008) گزارش کردند که با افزایش سطوح فسفر، غلظت و جذب فسفر در دانه برنج افزایش می‌یابد. میزان فسفر جذب شده در دانه به‌طور معنی‌داری تحت کشت قبلی و مقدار فسفر قرار گرفت (جدول ۲). میزان فسفر جذب شده در دانه در صورت کشت برنج پس از شبدر برسیم حدود ۱۹/۵۴ درصد بیشتر از کشت برنج پس از آیش بود. رابطه خطی بین مقدار مصرف فسفر و میزان فسفر جذب شده در دانه نشان داد که با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفره، میزان فسفر جذب شده در دانه به‌ترتیب حدود ۶۰/۶۸ و ۲۲/۹ درصد بیشتر از مقدار آن در صورت عدم مصرف کود و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود بود (شکل ۶).

اسلام و همکاران (Islam *et al*., 2008) گزارش کردند با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب فسفر برنج افزایش می‌یابد. این نتایج همچنین مطابق با نتایج توین و همکاران (Tuyen *et al*., 2006) در برنج بود.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این مطالعه نشان می‌دهد که بررسی استراتژی‌های درحال توسعه برای مدیریت فسفر و همچنین کشت محصول دوم در مناطق برنج‌خیز کشور حایز اهمیت می‌باشد و مصرف کود فسفر و کشت شبدر برسیم تأثیر زیادی بر بهبود عملکرد برنج دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که نظام کشت شبدر برسیم – برنج نسبت به نظام کشت آیش – برنج سبب افزایش عملکرد شلتوک، تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در خوشه به ترتیب به‌میزان ۱۷/۰۳، ۱۰/۶۵ و ۱۱/۰۷ درصد گردید. همچنین، با افزایش مصرف فسفر از صفر به ۷۵ کیلوگرم در هکتار، عملکرد شلتوک (۳۰/۴۹ درصد)، تعداد خوشه در مترمربع (۲۰/۵ درصد)، تعداد دانه پر در خوشه (۱۲/۹۳ درصد)، زیست‌توده (۲۲/۰۵ درصد)، غلظت فسفر دانه (۱۴/۹۵ درصد) و مقدار فسفر جذب‌شده در دانه (۴۹/۲ درصد) افزایش یافت، در حالی که مصرف بیشتر فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) موجب افزایش غیرمعنی‌دار عملکرد شلتوک، تعداد خوشه در مترمربع و تعداد دانه در خوشه شد. با توجه به نتایج این آزمایش، مناسب‌ترین تیمار برای برنج (رقم شیرودی)؛ کشت شبدر برسیم قبل از برنج و مصرف ۷۵ کیلوگرم فسفر در هکتار می‌باشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکو-شیمیایی (۳۰-۰ سانتی‌متر) خاک محل انجام آزمایش

Table 1- Some soil physico-chemical characteristics (0-30 cm depth) at the research location

ماده آلی OC (%)	اسیدیته pH	شن Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	ظرفیت تبادل کاتیونی CEC (meq/ 100g)	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل جذب P ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب ($mg\ kg^{-1}$)
2.15	7.2	24	42	34	31	2.16	0.231	7.3	94.8

جدول ۲- میانگین مربعات اثر کشت قبلی و مقدار کود شیمیایی فسفر بر صفات اندازه‌گیری شده در برنج رقم شیرودی

Table 2- Mean squares for the effect of previous crop and phosphorous fertilizer rate on measured traits of Shiroudi cultivar

منابع تغییرات Source of Variation	df	میانگین مربعات				
		عملکرد شلتوک Paddy yield	تعداد خوشه در مترمربع Panicle number per m^2	تعداد دانه پر در خوشه filled grain number per panicle	باروری خوشه Panicle fertility	وزن هزار دانه Thousand grain weight
تکرار Repeat	2	172064.6	2165.73	1.10	14.17	0.59
کشت قبلی Previous crop C	1	9094810.8 **	8772.30**	1004.57*	29.01 ns	1.08 ns
خطای اصلی Error (a)	2	356616.3	375.60	127.40	27.49	0.15
مقدار فسفر P rate (P)	4	6731631.3**	5841.55**	*422.97	26.84 ns	1.10ns
C × P	4	27179.8 ns	497.22 ns	86.17 ns	23.60 ns	0.21 ns
تکرار ×فسفر Repeat × P	8	1005563.4	277.90	223.77	13.77	0.45
خطای فرعی Error (b)	8	510578.8	1454.27	53.32	29.36	0.43
ضریب تغییرات CV (%)		10.16	11.27	6.97	6.89	2.3

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد است.

ns, * and ** represent non-significant, significant at 5 and 1%probability level, respectively

ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

منابع تغییرات Source of Variation	df	میانگین مربعات			
		زیست‌توده Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	غلظت فسفر دانه Grain P Concentration	فسفر جذب‌شده در دانه Grain P Uptake
تکرار Repeat	2	980101.2	4.58	0.00030	2.73
کشت قبلی Previous crop C	1	6503500.8*	164.27*	0.00023ns	39.68**
خطای اصلی Error (a)	2	260402.8	11.40	0.00210	3.67
مقدار فسفر P rate (P)	4	13500091.1**	33.02 ns	0.00110*	43.19**
C × P	4	947300.9 ns	12.90 ns	0.00002 ns	0.36 ns
تکرار ×فسفر Repeat × P	8	830285.0	30.40	0.00030	4.41
خطای فرعی Error (b)	8	888859.5	30.98	0.00027	3.84
ضریب تغییرات CV (%)		7.11	10.56	7.76	15.16

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح پنج و یک درصد است.

ns, * and ** represent non-significant, significant at 5 and 1%probability level, respectively

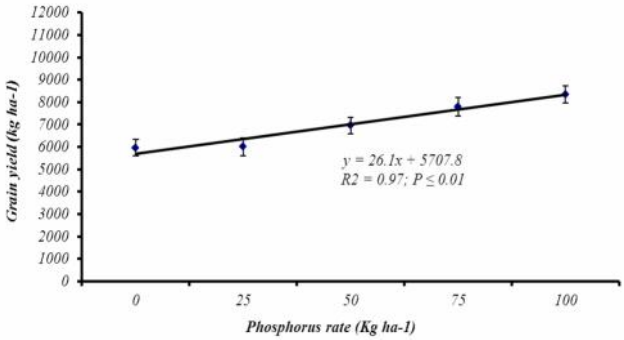
جدول ۳- مقایسه میانگین اثر کشت قبلی بر صفات اندازه‌گیری شده در برنج رقم شیرودی

Table 3- Mean comparison for the effect of previous crop on measured traits of Shiroudi cultivar

	عملکرد شلتوک Paddy yield (kg ha^{-1})	تعداد خوشه در مترمربع Panicle per number m^2	تعداد دانه پر در خوشه Grain number per panicle	زیست‌توده Biological Yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت Harvest index (%)	فسفر جذب‌شده در دانه Grain P Uptake (kg ha^{-1})
کشت قبلی (Previous crop)						
آیش *fallow*	6465.1	321.13	98.99	12795.2	50.34	11.77
کاشت شبدر Berseem clover)	7566.3	355.33	110.57	13726.4	55.02	14.07
LSD (0.05)	938.22	30.45	17.73	801.73	5.305	3.09

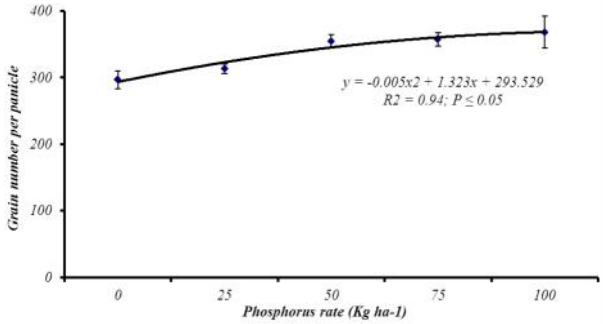
در هر ستون و برای هر جزء، حروف مشابه نمایانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشد.

Values followed by the same letter within the same columns do not differ significantly at p =5%



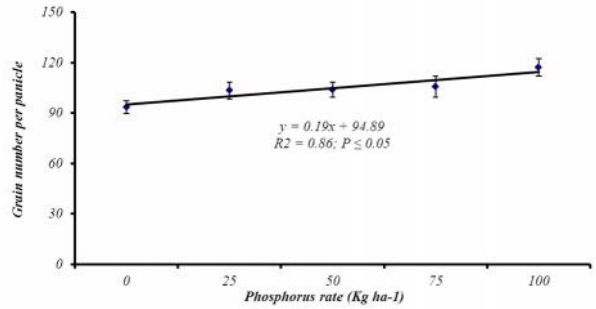
شکل ۱- اثر مقدار فسفر بر روند تغییرات عملکرد شلتوک

Figure 1- Effect of phosphorous fertilizer rate on paddy yield



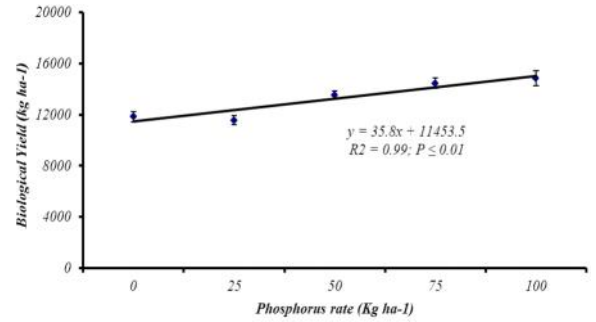
شکل ۲- اثر مقدار فسفر بر روند تغییرات تعداد خوشه در مترمربع

Figure 2- Effect of phosphorous fertilizer rate on Panicle number per m^2



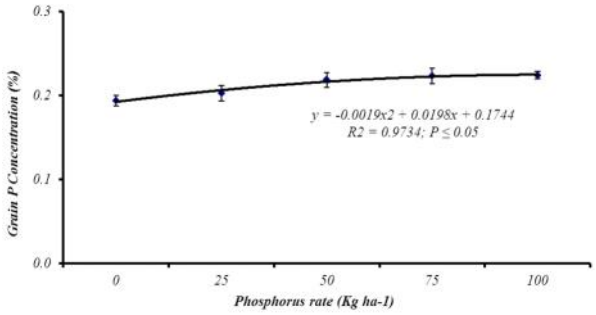
شکل ۳- اثر مقدار فسفر بر روند تغییرات تعداد دانه پر در خوشه

Figure 3- Effect of phosphorous fertilizer rate on Grain number per panicle



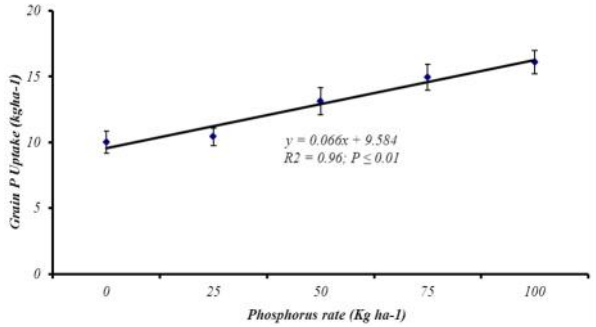
شکل ۴- اثر مقدار فسفر بر روند تغییرات زیست‌توده برنج

Figure 4- Effect of phosphorous fertilizer rate on Biological Yield



شکل ۵- اثر مقدار فسفر بر روند تغییرات درصد فسفر دانه

Figure 5- Effect of phosphorous fertilizer rate on Grain P Concentration



شکل ۶- اثر مقدار فسفر بر روند تغییرات میزان جذب فسفر در دانه

Figure 6- Effect of phosphorous fertilizer rate on Grain P Uptake

References منابع مورد استفاده

- Abdi, S., M. Tajbakhsh, B. Abdollahi Mandulakani, and M.H. Rasouli Sadaghiani. 2012. Effect of green manure on the soil organic matter and nitrogen. *Journals of agronomy Sciences*. 7: 41-52. (In Persian).
- Ahmad, T., F.Y. Hafeez, T. Mahmood, and K.A. Malik. 2001. Residual effect of nitrogen fixed by mungbean (*Vigna radiata*) and blackgram (*Vigna mungo*) on subsequent rice and wheat crops. *Australian Journal of Experimental Agriculture.* 41: 245–248.
- Alam, M.M., M. Hassanuzzaman, and K. Nahar. 2009. Tiller dynamics of three irrigated rice varieties under varying phosphorus levels. *American –Eurasian Journal of Agronomy*. 2(2): 89-94.
- Alizadeh, O., E. Majidi Heravan, and Gh. Nour Mohammadi. 2008. Effect of drought stress and soil nitrogen content on nutrient uptake in maize 704. *Journal of Research in Agricultural Science*. 4(1): 51-59. (In Persian).
- Aminpanah, H., and A. Abbasian. 2016. Effect of crop rotation, *Azotobacter chroococcum* inoculation and nitrogen rate on rice (*Oryza sativa* L.) paddy yield. *Electronic Journal of Crop Production*. 9(3): 211-230. (In Persian).
- Ardestani, M., M. Kazemnejad, and A. Amjadi. 2013. Analyzing of supportive approaches for rice in the Iran and world (with an emphasis on policy proposals). 15th National Rice Conference, Sari, Iran. 19 & 20 March 2013.
- Colomb, B., R. Kinivy, and P.H. Debaeke. 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field - grown maize. *Agronomy Journal*. 92(1): 428 – 435.
- Eftekhari, S.Gh., A.R. Fallah Nasrabad, Gh.A. Akbari, A. Mohaddesi, and I. Dadi. 2009. The effect of phosphate solubilizing bacteria and phosphate fertilizers on the growth of rice. *Soil Research (Soil and Water Sciences)*. 22(2): 229-238. (In Persian).
- Fallah, A., D. Mazaheri, and A. Gerami. 2001. Comparing of clover and nitrogen fertilizers in rice yield. 2th National Conference on Efficient Use of Fertilizers and Pesticides in Agriculture, Karaj, Iran. (In Persian).
- Gebrekidan, H., and M. Seyoum. 2006. Effects of mineral N and P fertilizers on yield and yield components of flooded lowland rice on vertisols of fogera plain, *Ethiopia. Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*. 107(2): 161–176.
- Hasanuzzaman, M., M.H. Ali, M.F. Karim, S.M. Masum, and J.A. Mahmud. 2012. Response of hybrid rice to different levels of nitrogen and phosphorus. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*. 3(12): 2522-2528
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 2004. Soil Fertility and Fertilizers: An introduction to nutrient management. Sixth Edition, Prentice Hall, New Jersey, USA.
- Iran Nejad, H., and N. Shahbazian. 2002. Cereals agronomy. Second edition, Karand Press. (In Persian).

- Anonymous. 1996. IRRI. Standard evaluation system for rice 4th edition Manila Philippines. 52 pp.
- Islam, M.A., M.R. Islam, and A.B.S. Sarker. 2008. Effect of phosphorus on nutrient uptake of japonica and indica rice. *Journal of Agriculture & Rural Development*. 6(1&2): 7-12.
- Javadi, M., and H. Aminpanah. 2016. Effect of *Azospirillum lipoferum* inoculation, previous crop, and usage nitrogen on rice (*Oryza sativa* L.) growth and yield. *Journal of Crop Ecophysiology*. 10(2): 311-326. (In Persian).
- Kazemi Poshtmassari, H., H. Pirdashti, M.A. Bahmanyar, and M. Nasiri. 2007. Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Pajouhesh & Sazandegi*. 75: 68-77. (In Persian).
- Li, S.X., Z.H. Wang, and B.A. Stewart. 2011 Differences of some leguminous and nonleguminous crops in utilization of soil phosphorus and responses to phosphate fertilizers. *Advances in Agronomy*. 110: 126- 249.
- Lifang, W.U., L.I. Hong, F.E.N.G. Huiyun, W.U. Lijun, and Y.U. Zengliang. 2001. Introduction of rice chitinase gene into wheat via low energy Ar+ beam implantation. *Chinese Science Bulletin*. 46(4): 318-322.
- Madani, H., Gh. Naderi Broujerdi, H. Aghajani, and A.R. Pazoki. 2010. Evaluating of chemical phosphate fertilizers and phosphor solubilizing bacteria on seed yield, biological yield and tissues relative phosphorus content in winter rapeseed (*Brasssica napus* L.). *Journal of Agronomy and Crop Breeding*. 6(4): 93-104. (In Persian).
- Mahmoud Soltani, Sh., N. Davatgar, M. Kavoosi, and F. Darighgoftar. 2011. Phosphorous fractionation of paddy fields and their relations with physical and chemical properties of soils (Case study: Some-e-Sara city, Guilan province). *Journal of Water and Soil Conservation*. 18(2): 159-176.
- Mann, R.A., M.S. Zia, and M. Salim. 2000. New dimensions in green manuring for sustaining the productivity of rice wheat system. Proc. Symp. Integrated Plant Nutrition Management (N. Ahmad and A. Hamid, eds) November 8-10, 1999, p-166-185. NFDC, Islamabad, Pakistan.
- Mazaheri Laghab, H. 2008. Familiarity with forage plants. Bouali Sina University Prees, pp. 161-169. (In Persian).
- Mohsenabadi, G.R., M.R. Jahansooz, M.R. Chaichi, H. Rahimian Mashadi, A.M. Liaghat, and G.R. Savaghebi. 2008. Evaluation of barley vetch intercrops at different nitrogen rates. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 10: 23-31. (In Persian).
- Nour Gholipour, F., Y. Bagheri, and M. Lotfolahi. 2008. The effect of different sources of nitrogen fertilizer on yield and quality of wheat. *Journal of Research in Agricultural Science*. 4(2): 120-129. (In Persian).
- Saadatnia, H., H. Riahi, and J. Fakhari. 2010. Using of isolated blue-green algae from a paddy in Guilan province as biofertilizer in rice plant. *Iranian Journal of Plant Biology*. 23(6): 816-824. (In Persian).

- Sahar, A., and N. Burbey. 2003. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium (NPK) compound dosages on the growth and yield of lowland rice. *Journal of Sitgma (Indonasia)*. 11(1): 26-29.
- Salehi Far, M., J. Asghari, S.H. Payman, H. Samizadeh, and H. Dorosti. 2011. Effects of planting distance, nitrogen and phosphorus fertilizers on yield and yield component of hybrid rice (Bahar 1). *Electronic Journal of Crop Physiology*. 4(2): 155-168. (In Persian).
- Shahdi Kumleh, A., and M. Kavossi. 2004. Evaluation of interaction of silica and phosphorous on the growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*. 35(3): 581-586. (In Persian).
- Tuyen, T.Q., C. Van Phung, and T.K. Tinh. 2006. Influence of long term application of N, P, K Fertilizer on major soil elements. *Omonrice*. 14: 92-96.
- Wortmann, C.S., B.D. McIntyre, and C.K. Kaizzi. 2000. Annual soil improving legumes: agronomic effectiveness, nutrient uptake, nitrogen fixation and water use. *Field Crops Research.* 68: 75-83.
- Yazdani Motlag, N., A. Reyhanitabar, and N. Najafi. 2013. Effects of combined application of nitrogen and phosphorus on their, and as well on potassium uptake by rice plant under flooded vs. non-flooded conditions. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. 44(2): 183-192. (In Persian).
- Yazdani Motlag, N., A. Reyhanitabar, N. Najafi, and A. Bandeh Hagh, A. 2014. Effects of combined application of nitrogen and phosphorus on the growth characteristics of rice plants under flooded and periodic saturation conditions. *Water and Soil Science*. 24(3): 145-160. (In Persian).
- Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. The International Rice Research Inistitute. Los Baños, Laguna, Philippines.

Effects of Previous Crop and Rate of Phosphorous Fertilizer Application on Yield and Yield Components of Rice (*Oryza sativa* L.) cv. Shiroudi

Abouzar Abbasian[1]*, and Hashem Aminpanah[2]

Received: December 2016 , Revised: 24 April 2017, Accepted: 19 February 2018

Abstract

Growing berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) prior to rice can be a good strategy for reduction of chemical fertilizer consumption and increasing the sustainability of the rice cropping systems. For this purpose, a field experiment was conducted by using a split-plot based on randomized complete block design (RCBD) with three replications, at the Rice Research Station of Tonekabon, Iran in 2014-2015. Growing berseem clover and use of fallow (control), were assigned to main plots, and amount of phosphorus fertilizer (without P and 25, 50, 75 and 100 $kg.ha^{-1}$ P) to the sub-plots. At crop maturity, seed yield, yield components and phosphorus content of seeds were evaluated. The results showed that seed yield of rice (7566.3 $kg.ha^{-1}$) after clover was significantly higher than after fallow (6465.1 $kg.ha^{-1}$) ($p<0.05$). Growing clover before rice significantly increased panicle number per m^2 and number of filled seeds per panicle, but it did not effect thousand seed weight, significantly. Increasing application of phosphorus, from 0 to 75 $kg.ha^{-1}$, increased seed yield significantly by (30.49 %), but higher phosphorus application (100 $kg.ha^{-1}$) did not seed yield significantly. While, panicle number per m^2 (20.5 %), filled seed number per panicle (12.93 %), biological yield (22.05 %), seed P content (14.95 %) and seed P uptake (49.2 %) were increased significantly with the application of P fertilizer as compared that of not using of phosphorus fertilizer. Based on the result of this experiment, the highest paddy yield could be obtained when rice planted after clover and use of 75 $kg.ha^{-1}$ of phosphorus fertilizer.

Key words: Fallow, Rice, Berseem clover, Phosphorus fertilizer, Yield, Grain P content.

1- Young Researchers and Elite Club, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.
2- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran.
* *Corresponding Author: Abouzar.abbasian@gmail.com*