تأثیر مصرف توأم نیتروژن و فسفر بر جذب نیتروژن و فسفر و پتاسیم در گیاه برنج در شرایط غرقاب دائم و غیر غرقاب

ندا یزدانی مطلق[۱]، عادل ریحانی‌تبار[۲]*، نصرت‌اله نجفی[۳]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

۲. استادیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز

۳. دانشیار دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۱/۲۸ ـ تاریخ تصویب: ۱۳۹۲/۵/۹)

چکیده

برنج از محصولات استراتژیک در ایران است و کمبود آب مهم‌ترین تنش غیر زیستی محدودکنندهٔ عملکرد آن به‌شمار می‌رود. در این تحقیق تأثیر رقم برنج، رژیم رطوبتی، و سطوح نیتروژن و فسفر بر جذب نیتروژن و فسفر و پتاسیم به‌وسیلهٔ گیاه برنج در شرایط گلخانه‌ای بررسی شد. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. فاکتورها شامل دو رقم برنج (هاشمی و علی کاظمی)، دو سطح رطوبت (غرقاب دائم و اشباع متناوب)، سه سطح نیتروژن از منبع اوره (۰ و ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک)، و سه سطح فسفر از منبع منوکلسیم فسفات (۰ و ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) بودند. بعد از ۹۰ روز گیاهان برداشت شدند و غلظت و مقدار جذب نیتروژن و فسفر و پتاسیم در ریشه و بخش هوایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه، فاکتور انتقال نیتروژن، و مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی در رقم علی کاظمی به‌طور معناداری ($P<0.05$) بیشتر از هاشمی است و غلظت فسفر ریشه، فاکتور انتقال فسفر، و مقدار جذب فسفر ریشه در رقم هاشمی به‌طور معناداری بیشتر از علی کاظمی است. همچنین غلظت فسفر بخش هوایی و ریشه، غلظت پتاسیم بخش هوایی، مقدار جذب نیتروژن بخش هوایی، و مقدار جذب فسفر و پتاسیم بخش هوایی و ریشه در شرایط رطوبتی غرقاب دائم به‌طور معناداری بیشتر از اشباع متناوب بود. اثر متقابل نیتروژن و فسفر نیز بر غلظت نیتروژن و پتاسیم بخش هوایی و ریشه، غلظت فسفر ریشه، فاکتور انتقال نیتروژن و فسفر، مقدار جذب نیتروژن، فسفر، و پتاسیم بخش هوایی و ریشه معنادار بود.

کلیدواژگان: برنج، پتاسیم، غرقاب، غیرغرقاب، فسفر، نیتروژن.

مقدمه

برنج[۱] غذای اصلی نیمی از مردم جهان است. بیش از ۹۰ درصد برنج دنیا در آسیا تولید و مصرف می‌شود. در ایران نیز برنج از محصولات مهم زراعی به‌شمار می‌رود و عمدتاً در استان‌های گیلان، مازندران و گلستان و به‌صورت محدود در آذربایجان شرقی، اصفهان و چهارمحال و بختیاری در شرایط غرقاب کشت می‌شود (Gorbani *et al.*, 2005). کمبود آب برای تولید محصولات کشاورزی روزبه‌روز افزایش می‌یابد. بنابراین بهبود و افزایش بازده مصرف آب جهت حفظ امنیت غذایی در آینده ضروری به‌نظر می‌رسد؛ به‌خصوص در آسیا که میزان تولید برنج آن تا سال ۲۰۲۵ باید ۷۰ درصد از تولید فعلی بیشتر شود. نیتروژن مهم‌ترین عنصری است که گیاهان بدان نیاز دارند. نیتروژن در ساختمان مولکول کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک، برخی ویتامین‌ها و هورمون‌ها، و اجزای تشکیل‌دهندهٔ غشا و کوآنزیم‌ها شرکت می‌کند (Faraji and Fageria, 2001; Mirlohi, 1998). فسفر نیز از عناصر پرنیاز است که بعد از نیتروژن، مهم‌ترین نقش را در تولیدات کشاورزی دارد و برای بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی معطوف به متابولیسم کربوهیدرات‌ها، پروتئین‌ها، چربی‌ها، و انتقال انرژی در گیاه عنصری ضروری محسوب می‌شود (Najafi and Fageria, 2001; Mirniya and Mohamadiyan, 2005; Towfigh, 2006; Fageria (2001) گزارش داد تنش خشکی موجب کاهش تولید در واحد گیاهی و تعداد خوشه‌چه در خوشه و درصد پرشدگی دانه و وزن دانه‌ها می‌شود. او همچنین به این نتیجه رسید که کود نیتروژن عملکرد برنج را با بهبود مادهٔ خشک و شاخص برداشت افزایش می‌دهد. Patrick *et al* (1985) گزارش کردند در خاک‌های غرقاب در قشر نازک خاک سطحی، که اکسیژن به

* نویسنده مسئول: areyhani@tabrizu.ac.ir

1. *Oryza sativa* L.

Archive of SID

www.SID.ir

طریق پخشیدگی و به‌وسیله آب آبیاری به آن می‌رسد، شرایط اکساینده برقرار است؛ درحالی‌که بخش عمدهٔ خاک زیرین دارای شرایط کاهنده است. بر حسب درجه تمایل مواد به گرفتن الکترون در شرایط کاهشی خاک‌های غرقابی نیترات قبل از سایرین احیا می‌شود و تغذیهٔ نیتروژن گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. غرقابی‌شدن به‌علت افزایش انحلال فسفات‌های آهن و آلومینیوم و کلسیم باعث افزایش قابلیت استفادهٔ فسفر در خاک‌ها می‌شود. شکل‌های اصلی فسفر در خاک‌های اسیدی فسفات آهن است که با غرقاب‌شدن خاک آهن فرّیک موجود در فسفات آهن احیا می‌گردد و فسفر آزاد می‌شود و به محلول خاک وارد می‌گردد. تغیرات pH ناشی از غرقاب‌شدن خاک در بسیاری از خاک‌ها به رهاسازی فسفر کمک می‌کند (Patrick *et al.*, 1985; Najafi and Towfigh, 2006). Najafi and Towfigh (2006) گزارش دادند غرقاب‌کردن خاک‌های مورد مطالعه غلظت فسفر قابل جذب خاک‌ها را تا بیش از دو برابر افزایش می‌دهد. Ponnamperoma (1978) گزارش کرد فسفر محلول در آب پس از غرقاب‌کردن خاک افزایش می‌یابد. میان دلایل متعدد، احیای فسفات فرّیک به فرّو در افزایش قابلیت جذب فسفر خاک پس از غرقاب نقش عمده‌ای دارد (De Datta, 1981). بررسی‌های مختلف نشان داد پس از غرقاب‌کردن خاکْ پتاسیم محلول در آب افزایش می‌یابد (Hulin *et al.*, 2007). زیرا این عمل غلظت یون‌های Fe^{2+} و Mn^{2+} را بالا می‌برد و یون‌ها بر سر مکان‌های تبادلی با پتاسیم رقابت می‌کنند و پتاسیم تبادلی را به محلول آزاد می‌نمایند. Kumar and Rao (1992) گزارش کردند که با افزایش سطوح کود نیتروژن و فسفر به‌ترتیب تا ۲۶ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه در شرایط غیرغرقاب حاصل شد. آنان همچنین گزارش کردند غلظت و میزان جذب نیتروژن در دانه و کاه با افزایش سطح نیتروژن و فسفر افزایش می‌یابد. هنگامی که مقدار جذب کافی از نیتروژن در دسترس گیاه قرار داده شود، نیاز به سایر عناصر پرنیاز، مانند فسفر و پتاسیم، افزایش می‌یابد (Dobermaann and Fairhurst, 2000). Islam *et al* (2008) گزارش کردند با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب فسفر برنج افزایش می‌یابد؛ اما تأثیر مشابهی در مقدار جذب نیتروژن و پتاسیم ارقام مورد مطالعه مشاهده نمی‌شود. Gerorge *et al* (2001) گزارش کردند برای افزایش تولید برنج غیر غرقاب در آسیا لازم است، در کنار استفاده از رقم‌های اصلاح‌شده، کود فسفر هم مصرف گردد.

با توجه به آنچه آمد، هدف این پژوهش بررسی تأثیر توأم مصرف نیتروژن و فسفر بر غلظت و میزان جذب نیتروژن و فسفر و پتاسیم در شرایط غرقاب و غیرغرقاب در دو رقم برنج بومی (هاشمی و علی کاظمی) و بررسی اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر فاکتور انتقال این عناصر در دو رقم مذکور بود.

مواد و روش‌ها

مقدار کافی خاک مزرعه از منطقهٔ اسپیران، واقع در اطراف فرودگاه تبریز، با این هدف که میزان نیتروژن و فسفر قابل جذب آن کم است تا بتوان تأثیر مصرف توأم این دو عنصر را بهتر مطالعه کرد، نمونه‌برداری شد و پس از خشک‌کردن آن در هوا و مخلوط‌کردن کامل از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. بافت خاک به روش هیدرومتر چهار زمانه (Klute,1986)، pH و EC با نسبت یک‌به‌یک خاک و آب مقطر (Soil Conservation Service, 1992)، کربن آلی با روش والکلی بلک (Nelson and Sommers, 1982)، کربنات کلسیم معادل خاک (CCE) به روش خنثی‌سازی با اسید کلریدریک و تیتراسیون اسید باقی‌مانده با سود (Soil Conservation Service, 1992)، پتاسیم قابل جذب خاک به روش استات آمونیوم عصاره‌گیری، و پتاسیم استخراج‌شده با دستگاه فلیم فتومتر (Jones, 2001) اندازه‌گیری شد. مقدار فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن عصاره‌گیری شد (Olsen *et al.*,1954). همچنین اندازه‌گیری عناصر کم‌مصرف روی، آهن، منگنز، و مس قابل جذب در خاک مورد آزمایش به روش DTPA انجام گرفت و غلظت عناصر مذکور با استفاده از دستگاه جذب اتمی شیمادزو (AA 6300) تعیین شد (Lindsay and Norvell, 1978). برای انجام‌دادن این آزمایش از دو رقم بومی و غرقاب (هاشمی و علی کاظمی)، که از مؤسسهٔ تحقیقات برنج کشور تهیه شد، استفاده گردید. در این تحقیق از گلدان‌های پلاستیکی به قطر ۲۵ و ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر استفاده شد. مقدار ۳ کیلوگرم خاک در هر گلدان ریخته شد. نیتروژن از منبع اوره در سه سطح (۰، ۷۵، ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک) مصرف گردید. برای فسفر نیز از منبع منوکلسیم فسفات در سه سطح (۰، ۲۵، ۵۰ میلی‌گرم فسفر بر کیلوگرم خاک) استفاده شد. به‌منظور افزایش سطوح نیتروژن به خاکْ اوره در سه تقسیط (آماده‌سازی خاک، ماه اول رشد، ماه دوم رشد) به‌صورت محلول به خاک گلدان‌ها اضافه و خوب مخلوط گردید. همچنین به‌منظور افزایش سطوح فسفر به خاک، منوکلسیم فسفات به‌صورت محلول در آب به خاک گلدان‌ها در مرحلهٔ آماده‌سازی خاک اضافه شد. در مورد سایر عناصر فقط روی به میزان ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم به شکل سولفات روی مصرف شد. هر یک از نمونه‌ها در شرایط رطوبتی خود به مدت دو هفته نگه داشته شدند. سپس هشت عدد بذر در هر گلدان کشت گردید. به‌منظور استقرار گیاه به مدت یک هفته گلدان‌ها در حالت غرقاب نگه داشته شدند. بعد از یک هفته گیاهان به

Archive of SID

www.SID.ir

چهار عدد در هر گلدان تنک شدند و سطوح رطوبتی اعمال شد. دو سطح رطوبتی غرقاب دائم با ۳ سانتی‌متر ارتفاع آب روی خاک و اشباع متناوب انتخاب و برای تامین مقدار رطوبت اشباع متناوب، هر روزگلدانها به وسیله توزین آبیاری شدند. بعد از اتمام دورهٔ رشد رویشی برنج (۹۰ روز) گیاهان برداشت شدند. برنج‌ها ابتدا با آب مقطر شسته و سپس ریشه‌ها و اندام هوایی جدا شدند. اجزای گیاه در آون با دمای ۷۰ درجهٔ سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند. نمونه‌های گیاهی با دستگاه خردکن با تیغه‌های آلومینیومی پودر شدند. به‌منظور تعیین غلظت عناصر نیتروژن و فسفر و پتاسیم در نمونه‌های گیاهی از روش اکسایش تر استفاده شد (Waling *et al.*, 1989). مقدار جذب عنصر یا میزان جذب کل از حاصل‌ضرب غلظت عنصر در مادهٔ خشک بخش هوایی یا ریشه حاصل شد. در این آزمایش فاکتور انتقال از تقسیم غلظت عنصر در بخش هوایی به غلظت عنصر در ریشه محاسبه شد (Das and Maiti, 2007). آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل با چهار فاکتور در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار شامل دو رقم برنج به‌منزلهٔ فاکتور اول، دو سطح رطوبتی (غرقاب دائم و اشباع متناوب) به‌منزلهٔ فاکتور دوم، عنصر نیتروژن در سه سطح به‌منزلهٔ فاکتور سوم، و عنصر فسفر در سه سطح به‌منزلهٔ فاکتور چهارم انجام گرفت. رسم نمودارها با Excel و تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

یافته‌ها و بحث

برخی ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک مورد مطالعه در شرایط گلخانه‌ای در جدول ۱ می‌آید.

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

بافت	شن	رس	CCE	مادهٔ آلی	N	pH	EC	Na	K	P	Fe	Mn	Cu	Zn
	(٪)						(dSm^{-1})			($mg\ kg^{-1}$)				
لوم رسی	۳۸٫۵	۳۹	۱۵	۱٫۰۰	۰٫۰۲	۷٫۰۰	۰٫۴۷	۳۲۵	۵۵۶	۸٫۶۰	۴	۷	۲٫۲۰	۰٫۵۰

غلظت نیتروژن بخش هوایی

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد غلظت نیتروژن بخش هوایی در دو رقم هاشمی و علی کاظمی اختلاف معنادار نداشت (جدول ۲). غلظت کافی نیتروژن در گیاهان زراعی از گیاهی به گیاه دیگر متفاوت است و به احتمال بسیار به مرحلهٔ رشد و بخش مورد آنالیز گیاه، همچون ساقه یا پهنک برگ یا کل شاخساره، بستگی دارد (Fageria, 2009). معمولاً غلظت کافی نیتروژن در برنج آبی در بخش هوایی بسته به مرحلهٔ رشد از ۱۰ تا ۴۶ میلی‌گرم بر گرم گزارش شده است (Fageria, 2009). با توجه به اعداد گزارش‌شده مشاهده می‌شود متوسط غلظت نیتروژن در هر دو رقم مورد آزمایش در دامنهٔ حد کفایت قرار گرفته است (جدول ۳). در رژیم رطوبتی اشباع متناوب میزان غلظت نیتروژن بخش هوایی ۱۴٫۲۶ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی غرقاب دائم بود. با افزایش سطوح نیتروژن غلظت نیتروژن بخش هوایی مطابق انتظار افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۶۳٫۴ درصد و در سطح سوم ۱۴۱٫۸ درصد غلظت نیتروژن بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. اما در هر سطح نیتروژن مصرفی غلظت نیتروژن بخش هوایی در شرایط اشباع متناوب بیشتر از شرایط غرقاب دائم بود. احتمالاً در شرایط اشباع متناوب وقوع پدیدهٔ نیترات‌سازی باعث تولید نیترات و جذب آن می‌شود. همچنین هدررفت نیتروژن به شکل نیتراتزدایی در شرایط غرقاب دائم بیشتر از شرایط اشباع متناوب است. Mattow *et al* (1997) گزارش کردند که با افزایش سطوح نیتروژن غلظت نیتروژن در برگ گیاه برنج افزایش می‌یابد. Quang Thyen *et al* (2006) نیز نتیجهٔ مشابهی را مشاهده کردند.

در آزمایش حاضر با افزایش سطوح فسفر نیتروژن بخش هوایی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم فسفر ۱۱٫۲ درصد و در سطح سوم فسفر ۲۹٫۵ درصد غلظت نیتروژن بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. این یافته مشابه گزارش *et* Islam *al.* (2008) بود. شکل ۱ نشان می‌دهد با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد نیتروژن غلظت نیتروژن بخش هوایی افزایش می‌یابد. در سطح دوم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر غلظت نیتروژن بخش هوایی ابتدا بیشتر شد و سپس بدون تغییر باقی ماند. در این آزمایش با افزایش سطوح فسفر طول و حجم ریشه افزایش یافت (داده‌ها ارائه نشده است). بدین ترتیب حجم بیشتری از خاک در تماس با ریشه قرار گرفت. بنابراین انتظار می‌رود جذب بسیاری از عناصر، از جمله نیتروژن، افزایش یابد.

Archive of SID
www.SID.ir

غلظت نیتروژن ریشه

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد غلظت نیتروژن ریشه در رقم هاشمی ۳/۴ درصد بیشتر از رقم علی کاظمی است (جدول ۲). اثر اصلی رژیم رطوبتی نشان می‌دهد در رژیم رطوبتی اشباع متناوب غلظت نیتروژن ریشه ۱۰/۴ درصد بیشتر از غرقاب دائم است. با افزایش سطوح نیتروژن غلظت نیتروژن ریشه افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در سطح دوم نیتروژن ۱۰۳ درصد و در سطح سوم نیتروژن ۱۳۶/۹ درصد غلظت نیتروژن ریشه نسبت به تیمار شاهد بیشتر می‌شود. با افزایش سطوح فسفر غلظت نیتروژن ریشه‌ها افزایش یافت. شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در هر سه سطح نیتروژن ($mgNkg^{-1}$) (۱۵۰،۷۵،۰) غلظت ریشه‌ها افزایش یافت.

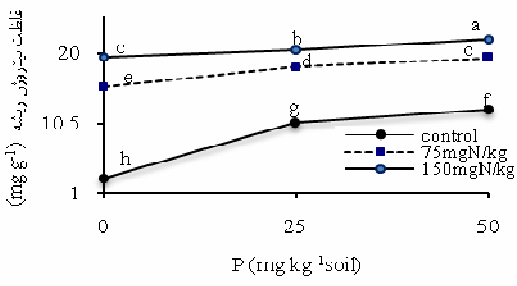
غلظت فسفر بخش هوایی

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد غلظت فسفر بخش هوایی در رقم هاشمی ۳/۴۹ درصد بیشتر از رقم علی کاظمی است (جدول ۲). غلظت فسفر هم در گیاهان بسته به مرحلهٔ رشد و اندام گیاه متفاوت است و عموماً با مسن شدن گیاه کاهش می‌یابد. غلظت کافی یا حد کفایت فسفر در برنج آبی ۷۵ روز پس از کشت در قسمت کل شاخساره از ۲/۵ تا ۴/۸ میلی‌گرم بر گرم و در مرحلهٔ برداشت در کل شاخساره از ۱/۶ تا ۲ میلی‌گرم بر گرم گزارش شده است (Fageria *et al.*, 1997b).

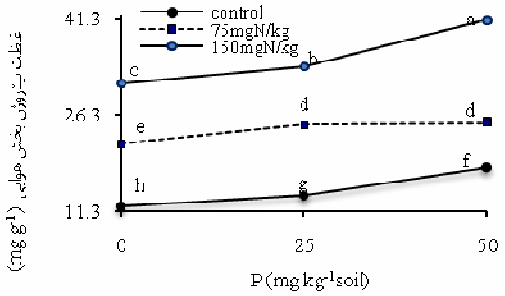
جدول ۲. مقایسهٔ میانگین‌های اثر اصلی رقم برنج، رژیم رطوبتی، نیتروژن، و فسفر بر غلظت نیتروژن و فسفر بخش هوایی و ریشه

اثر اصلی	سطوح	غلظت نیتروژن بخش هوایی	غلظت نیتروژن ریشه	غلظت فسفر بخش هوایی	غلظت فسفر ریشه
		($mg\ g^{-1}$)			
رقم	هاشمی	۲۴/۷۲a	۱۵/۸۹a	۱۱/۵۸a	۱۴/۷۳a
	علی کاظمی	۲۴/۵۶a	۱۵/۳۶b	۱۱/۱۹b	۱۳/۸۱b
رژیم رطوبتی	غرقاب	۲۳/۰۰b	۱۴/۷۶b	۱۱/۷۵a	۱۵/۳۰a
	اشباع متناوب	۲۶/۲۸a	۱۶/۴۸a	۱۱/۰۱b	۱۳/۲۵b
N ($mg\ kg^{-1}$)	۰	۱۴/۶۳c	۸/۶۸c	۹/۹۰c	۱۱/۷۸c
	۷۵	۲۳/۹۱b	۱۷/۶۲b	۱۱/۶۷b	۱۳/۵۳b
	۱۵۰	۳۵/۳۸a	۲۰/۵۶a	۱۲/۵۸a	۱۷/۵۱a
P ($mg\ kg^{-1}$)	۰	۲۱/۶۹c	۱۲/۶۵c	۹/۳۲c	۹/۷۹c
	۲۵	۲۴/۱۳b	۱۶/۳۵b	۱۰/۷۷b	۱۳/۷۶b
	۵۰	۲۸/۱۰a	۱۷/۸۶a	۱۴/۰۷a	۱۹/۲۷a

۱. در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنادار ندارند.



شکل ۱. اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر غلظت نیتروژن بخش هوایی



شکل ۲. اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر غلظت نیتروژن ریشه

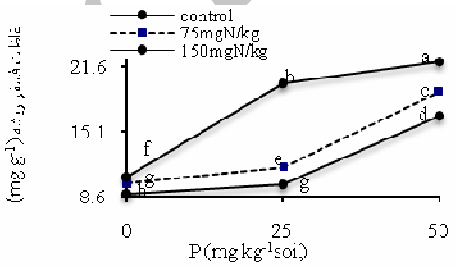
با توجه به غلظت‌های کافی مذکور غلظت فسفر بخش هوایی هر دو رقم مورد مطالعه بالاتر از حد کفایت است. بدیهی است در صورت تولید دانه انتظار می‌رود این غلظت کاهش یابد؛ زیرا جذب فسفر در دانه بیشتر از اندام هوایی است. در رژیم رطوبتی غرقاب دائم غلظت فسفر بخش هوایی ۶/۷ درصد بیشتر از غلظت فسفر در رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. دلیل این امر می‌تواند افزایش فسفر قابل جذب خاک پس از غرقاب باشد (Najafi and Towfigi, 2006). دلیل افزایش مذکور ممکن است کاهش pH و Eh پس از غرقاب باشد. از خاک مورد مطالعه در کار تحقیق دیگری گزارش شده است (Najafi *et al.*, 2013). با افزایش سطوح نیتروژن غلظت فسفر بخش هوایی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۱۷/۸ درصد و در سطح سوم ۲۷ درصد غلظت فسفر بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. این امر نشان‌دهندهٔ تأثیر غیر مستقیم نیتروژن از طریق بهبود اجزای عملکرد ریشه و کمک به جذب فسفر است. شکل ۳ نشان می‌دهد با افزایش سطوح فسفر در سه سطح نیتروژن غلظت فسفر بخش هوایی تا حدود ۱۶ میلی‌گرم بر گرم افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در هر سه سطح فسفر مصرفی غلظت فسفر بخش هوایی در سطح سوم بیشتر از سطح دوم و در سطح دوم بیشتر از تیمار شاهد است. Kumar and Rao (1992) گزارش کردند با افزایش سطوح نیتروژن و فسفر غلظت و جذب فسفر در دانهٔ برنج افزایش می‌یابد. Gerorge *et al* (2001) نیز نتیجهٔ مشابهی را گزارش کردند. این نتایج همچنین مطابق نتایج Quang Thyen *et al* (2006) و Islam *et al* (2008) در برنج بود.

Archive of SID

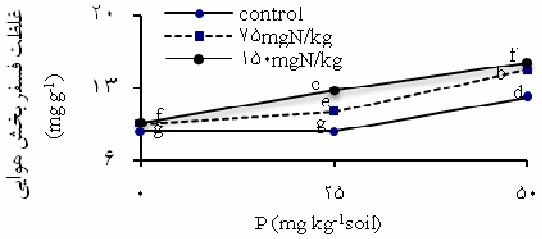
www.SID.ir

غلظت فسفر ریشه

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون دانکن نشان داد غلظت فسفر ریشه در رقم هاشمی ۶/۶ درصد بیشتر از رقم علی کاظمی است (جدول ۲). در رژیم رطوبتی غرقاب دائم نیز غلظت فسفر ریشه ۱۵/۴ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن غلظت فسفر ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم نیتروژن ۱۲/۹ درصد و در سطح سوم ۴۲/۳ درصد غلظت فسفر ریشه نسبت به تیمار شاهد بیشتر شد. مطابق انتظار با افزایش سطوح فسفر غلظت فسفر ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۴۲/۳ درصد و در سطح سوم ۹۶/۸ درصد غلظت فسفر بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد افزده شد. شکل ۴ نشان می‌دهد با افزایش سطوح فسفر از صفر به ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در سه تیمار نیتروژن غلظت فسفر ریشه افزایش می‌یابد.



شکل ۳. اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر غلظت فسفر بخش هوایی



شکل ۴. اثر متقابل فسفر و نیتروژن بر غلظت فسفر ریشه

غلظت پتاسیم بخش هوایی

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد غلظت پتاسیم بخش هوایی در رقم علی کاظمی ۸/۱ درصد بیشتر از رقم هاشمی است (جدول ۳). همانند سایر عناصر سن گیاه زراعی نقش مهمی در تجمع پتاسیم دارد. معمولاً در برنج بیشتر پتاسیم در اندام هوایی انباشته می‌شود و مقدار کمی به دانه منتقل می‌شود. در برنج در بخش کل شاخسارهٔ گیاه ۷۵ روز پس از کاشت حد کفایت پتاسیم ۱۵ تا ۴۰ میلی‌گرم بر گرم و در مرحلهٔ گل‌دهی ۱۲ تا ۳۰ میلی‌گرم بر گرم در منابع معرفی شده است (Fageria *et al.*, 1997b). با توجه به این اعداد و با توجه به میانگین غلظت پتاسیم در هر دو رقم مورد آزمایش غلظت پتاسیم در بخش هوایی در دامنهٔ کفایت قرار می‌گیرد. اگرچه در این آزمایش از کود پتاسیم استفاده نشد، با توجه به میزان پتاسیم قابل جذب خاک این نتایج دور از انتظار نبود.

غلظت پتاسیم ریشه

غلظت پتاسیم ریشه در رقم علی کاظمی ۱۸/۶ درصد بیشتر از رقم هاشمی بود (جدول ۳). در رژیم رطوبتی اشباع متناوب نیز غلظت پتاسیم ریشه ۱۰/۵ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی غرقاب دائم بود. اختلاف در جذب و مصرف عنصر غذایی همچون پتاسیم ممکن است به هندسهٔ بهتر ریشه، توانایی گیاهان در جذب کافی عناصر غذایی از غلظت‌های پایین‌تر، توانایی گیاهان در انحلال عنصر غذایی در محیط ریشه، و رابطهٔ تعادل منبع-مخزن مربوط باشد (Fageria *et al.*, 2006). با افزایش سطوح نیتروژن غلظت پتاسیم ریشه افزایش یافت. همچنین با افزایش سطوح فسفر پتاسیم ریشه بالا رفت.

فاکتور انتقال نیتروژن

در شرایط این آزمایش دو رقم مورد مطالعه، علی کاظمی و هاشمی، در فاکتور انتقال نیتروژن اختلاف معنادار نداشتند (جدول ۳). بین دو رژیم رطوبتی غرقاب دائم و اشباع متناوب نیز از نظر فاکتور انتقال نیتروژن اختلاف معنادار مشاهده نشد. با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال نیتروژن افزایش یافت. به‌طور کلی با مصرف نیتروژن نسبت به حالت عدم مصرف فاکتور انتقال افزایش نشان داد. با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال نیتروژن کاهش یافت. در توجیه این مورد می‌توان به تحرک نیتروژن در گیاه و نیاز بیشتر بخش هوایی به نیتروژن اشاره کرد. در همه آثار اصلی مقدار عددی فاکتور انتقال نیتروژن بزرگ‌تر از یک بود که نشان می‌دهد هر دو رقم مورد مطالعه نیتروژن را بیشتر به بخش هوایی خود منتقل کردند. غلظت بالاتر نیتروژن در اندام هوایی و فاکتور انتقال بالا از نظر زراعی مطلوب است؛ زیرا اگر غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی بیشتر باشد، با افزایش تقاضای گیاه برای این عنصر در طی فصل رشد نیتروژن به دانه انتقال می‌یابد و بدین وسیله عملکرد بهبود می‌یابد. آنچه در شرایط این آزمایش گلخانه‌ای و در یک خاک آهکی مشخص شد این است که هر دو رقم علی کاظمی و هاشمی در حالت عدم مصرف کود شیمیایی به‌طور نسبی مقدار جذب بیشتری از نیتروژن جذبی را به بخش هوایی منتقل می‌کنند. بدیهی است مقدار مطلق نیتروژن انتقال‌یافته می‌تواند برعکس باشد. مصرف فسفر در سطح شاهد نیتروژن باعث کاهش فاکتور انتقال نیتروژن شد. این نتیجه نشان می‌دهد احتمالاً در شرایط فقر خاک از لحاظ نیتروژن بومی، که شرایط

Archive of SID
www.SID.ir

حاکم بر اکثر خاک‌های کشور است، مصرف بی‌رویهٔ فسفر باعث کاهش فاکتور انتقال نیتروژن و در نتیجه کاهش انتقال نیتروژن به دانه و افت عملکرد خواهد شد.

فاکتور انتقال فسفر

فاکتور انتقال فسفر در رقم علی کاظمی ۳٫۶ درصد بیشتر از رقم هاشمی بود (جدول ۳) و این اختلاف اندک از نظر آماری معنادار است. در رژیم رطوبتی اشباع متناوب فاکتور انتقال فسفر ۷٫۴ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی غرقاب دائم بود. با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال فسفر ابتدا از ۰٫۸۷ به ۰٫۸۹ افزایش و سپس به ۰٫۷۵ کاهش یافت. با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال فسفر از ۰٫۹۶ به ۰٫۷۳ کاهش یافت. در این تحقیق با مصرف فسفر سرعت جذب فسفر و وزن خشک ریشه افزایش یافت (داده‌ها ارائه نشدند)؛ بنابراین اثر تغلیظ نمی‌تواند دلیل کاهش فاکتور انتقال در اثر مصرف فسفر باشد. پس با مصرف فسفر سرعت انتقال فسفر درون گیاه کم می‌شود. در آثار اصلی مقدار عددی فاکتور انتقال فسفر کوچک‌تر از یک بود که نشان می‌دهد هر دو رقم علی کاظمی و هاشمی فسفر را بیشتر در ریشهٔ خود ذخیره کرده‌اند. به‌طور کلی فاکتور انتقال فسفر در مقابل سطوح نیتروژن مصرفی در هر دو رژیم رطوبتی نوسانات کمی داشت؛ به‌طوری‌که بیشترین فاکتور انتقال فسفر برابر با ۰٫۹ و کمترین آن بابر با ۰٫۷ بود.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین‌های اثر اصلی رقم برنج، رژیم طوبتی، نیتروژن، و فسفر بر غلظت پتاسیم بخش هوایی و ریشه و فاکتور انتقال نیتروژن و فسفر و پتاسیم

اثر اصلی	سطوح	غلظت پتاسیم بخش هوایی	غلظت پتاسیم ریشه	فاکتور انتقال نیتروژن	فاکتور انتقال فسفر	فاکتور انتقال پتاسیم
		(mg g^{-1})				
رقم	هاشمی	۳۲٫۵۴b	۳٫۰۱b	۶۴٫۱۱a	۸۲٫۰b	۷۵٫۱a
	علی کاظمی	۳۵٫۱۹a	۳٫۵۷a	۵۸٫۱۰b	۸۵٫۰a	۸۱٫۱a
رژیم رطوبتی	غرقاب	۳۴٫۶۷a	۳٫۱۲b	۵۰٫۱۱a	۸۱٫۰b	۷۴٫۱a
	اشباع متناوب	۳۳٫۰۵b	۳٫۴۵a	۷۱٫۱۰b	۸۷٫۰a	۸۱٫۱a
N (mg kg^{-1})	۰	۳۱٫۷۸c	۳٫۶۴a	۰۷٫۹c	۸۷٫۰b	۲۶٫۲a
	۷۵	۳۴٫۸۸b	۳٫۵۸c	۴۴٫۱۰b	۸۹٫۰a	۳۶٫۱c
	۱۵۰	۳۴٫۹۲a	۲٫۶۳b	۸۱٫۱۳a	۷۵٫۰c	۷۱٫۱b
P (mg kg^{-1})	۰	۳۵٫۰۷a	۳٫۲۶b	۷۷٫۱۱a	۹۶٫۰a	۳۳٫۲a
	۲۵	۳۳٫۷۶b	۳٫۱۸c	۴۶٫۱۱b	۸۲٫۰b	۴۵٫۱c
	۵۰	۳۲٫۷۵c	۳٫۴۲a	۰۹٫۱۰c	۷۳٫۰c	۵۵٫۱b

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنادار ندارند.

فاکتور انتقال پتاسیم

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد فاکتور انتقال پتاسیم در رقم هاشمی ۱۰ درصد بیشتر از رقم علی کاظمی است (جدول ۳)؛ اما عموماً فاکتور انتقال پتاسیم بیشتر از نیتروژن و فسفر بود. شاید نیاز گیاه در بخش هوایی جهت انجام‌دادن فعالیت‌های آنزیمی، تنظیم روابط آبی، انجام فتوسنتز، و فرآیندهای انتقال دلیل این موضوع باشد. یافته‌های این پژوهش با گزارش بسیاری از محققان مطابقت دارد که در منابع متعدد به آن‌ها اشاره شده است (Fageri *et al.*, 1997b). این محققان گزارش کردند که بازچرخش کاه و کلش برنج حدود ۲۸ کیلوگرم پتاسیم به ازای هر تن کاه و کلش تولیدی است. در رژیم رطوبتی غرقاب دائم فاکتور انتقال پتاسیم ۷٫۳ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن فاکتور انتقال پتاسیم از ۹ به ۱۳٫۸ افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۱۵٫۱ درصد و در سطح سوم ۵۲٫۲ درصد فاکتور انتقال پتاسیم نسبت به شاهد نیتروژن افزایش یافت. با افزایش سطوح فسفر فاکتور انتقال پتاسیم کاهش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۲٫۷ درصد و در سطح سوم ۱۶٫۶ درصد فاکتور انتقال پتاسیم نسبت به شاهد کاسته شد. در آثار اصلی مقدار جذب عددی فاکتور انتقال پتاسیم بیشتر از یک بود که نشان می‌دهد هر دو رقم علی کاظمی و هاشمی پتاسیم را بیشتر در بخش هوایی خود ذخیره کرده‌اند.

مقدار جذب نیتروژن بخش هوایی

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد مقدار جذب نیتروژن بخش هوایی در علی کاظمی در شرایط این آزمایش ۶٫۳ درصد بیشتر از رقم هاشمی است (جدول ۴). در رژیم رطوبتی غرقاب دائم نیز مقدار جذب نیتروژن در بخش هوایی ۱۱٫۶ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار جذب نیتروژن در بخش هوایی مطابق انتظار افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۱۳۸٫۴ درصد و در سطح سوم ۲۹۹٫۵ درصد نسبت به شاهد نیتروژن بخش هوایی افزوده شد. مقدار جذب یا تجمع بیشتر نیتروژن در بخش هوایی گیاه زراعی مهم است؛ زیرا با عملکرد گیاه زراعی ارتباط مستقیم دارد. اگر غلظت نیتروژن اندام هوایی بیشتر باشد، با افزایش تقاضای گیاه برای این عنصر در طی فصل رشد نیتروژن به دانه انتقال می‌یابد و بدین وسیله عملکرد بهبود خواهد یافت (Fageria,2009). مقدار جذب نیتروژن در کاه و کلش برنج دیم از ۳۵ تا ۷۹ کیلوگرم بر هکتار و در برنج آبی از ۴۹ تا ۷۵ کیلوگرم بر هکتار گزارش شده است (Fageria,2009). Terman and Allen (1974) گزارش کردند با افزایش سطوح فسفر و نیتروژن جذب نیتروژن و فسفر

Archive of SID

www.SID.ir

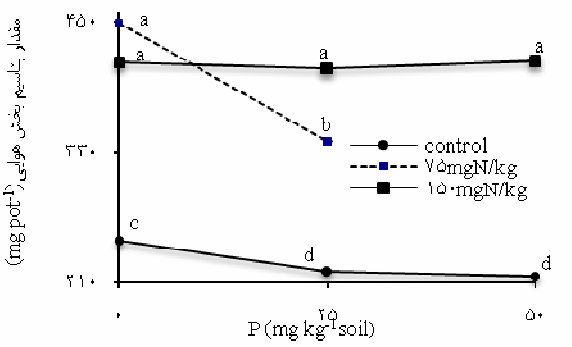
در برنج افزایش و جذب پتاسیم کاهش می‌یابد. با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب نیتروژن در بخش هوایی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۱۰/۶ درصد نسبت به شاهد نیتروژن بخش هوایی افزوده شد. این یافته با گزارش بسیاری از محققان مطابقت دارد که رابطهٔ سینرژیستی را بین نیتروژن و فسفر گزارش کرده‌اند؛ مثلاً Wilkinson *et al* (2000) گزارش کردند مصرف نیتروژن باعث افزایش جذب فسفر می‌شود و بالعکس. دلایل متعددی همچون افزایش در تعداد تارهای کشنده، تغییرات شیمیایی در ریزوسفر، و تغییرات فیزیولوژیکی تحریک‌شده با فسفر و نیتروژن در توجیه رابطهٔ سینرژیستی بین نیتروژن و فسفر ارائه شده است (Wilkinson *et al*., 2000). در شرایط این آزمایش بیشترین مقدار جذب نیتروژن بخش هوایی (میزان جذب) در رقم هاشمی در سطح سوم نیتروژن و سطح سوم فسفر در رژیم رطوبتی اشباع متناوب با مقدار جذب عددی ۵۳۵/۹ میلی‌گرم در گلدان مشاهده شد.

مقدار جذب نیتروژن ریشه

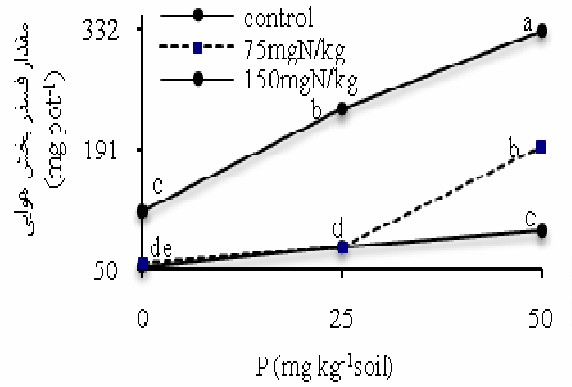
در شرایط این آزمایش بین دو رقم مورد مطالعه در مقدار جذب نیتروژن ریشه اختلاف معنادار وجود نداشت (جدول ۴). بین دو رژیم رطوبتی غرقاب دائم و اشباع متناوب نیز در مقدار جذب نیتروژن ریشه اختلاف معنادار مشاهده نشد. مطابق انتظار با افزایش سطوح نیتروژن مقدار جذب نیتروژن ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۱۳۴ درصد و در سطح سوم ۳۶۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب نیتروژن ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۳۴/۵ درصد و در سطح سوم ۸۶/۸ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت.

مقدار جذب فسفر بخش هوایی

بین دو رقم مورد آزمایش از نظر مقدار جذب فسفر بخش هوایی اختلاف معنادار مشاهده نشد (جدول ۴). در رژیم رطوبتی غرقاب مقدار جذب فسفر بخش هوایی ۲۴/۴ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار جذب فسفر بخش هوایی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۴۵/۵ درصد و در سطح سوم ۲۰۵/۲ درصد نسبت به تیمار شاهد افزوده شد. این برهمکنش مثبت شناخته‌شده ممکن است با بهبود رشد ریشه و بخش هوایی بر اثر مصرف نیتروژن باشد. با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب فسفر بخش هوایی مطابق انتظار افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۶۹/۱ درصد و در سطح سوم ۱۶۸/۴ درصد نسبت به تیمار شاهد افزوده شد. شکل ۵ نشان می‌دهد در تیمار شاهد و سطح سوم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب فسفر بخش هوایی افزایش یافت. در سطح سوم با افزایش سطوح فسفر مصرفی مقدار جذب فسفر بخش هوایی ابتدا ثابت ماند و سپس بالا رفت.



شکل ۵. اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر مقدار جذب فسفر بخش هوایی



شکل ۶. اثر متقابل نیتروژن و فسفر بر مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی

مقدار جذب فسفر ریشه

نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد بین دو رقم هاشمی و علی کاظمی در مقدار جذب فسفر ریشه اختلاف معنادار وجود ندارد (جدول ۴). در رژیم رطوبتی غرقاب دائم مقدار جذب فسفر ریشه ۳۵/۴ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. مطابق انتظار با افزایش سطوح نیتروژن مقدار جذب فسفر ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۷۱ درصد و در سطح سوم ۱۰۹ درصد نسبت به تیمار شاهد بالا رفت. مقدار جذب فسفر ریشه از حاصل‌ضرب مادهٔ خشک در غلظت فسفر حاصل شد و نظر به افزایش مادهٔ خشک ریشه در اثر مصرف نیتروژن این افزایش انتظار می‌رفت. با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب فسفر ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۲/۸ درصد و در سطح سوم ۳۸/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزوده شد. بیشترین مقدار جذب فسفر ریشه در شرایط این آزمایش در رقم هاشمی در سطح سوم نیتروژن و فسفر مصرفی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم حاصل شد.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی

در شرایط این آزمایش در رقم علی کاظمی مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی ۱۶/۴ درصد بیشتر از رقم هاشمی بود (جدول ۴). در شرایط این آزمایش و احتمالاً اکثر خاک‌های آهکی ایران، که از نظر پتاسیم قابل جذب در وضعیت مطلوبی قرار دارند، رقم علی کاظمی از نظر جذب پتاسیم قوی‌تر از هاشمی عمل کرد. اختلافات ارقام در جذب پتاسیم در تعدادی از گونه‌های زراعی گزارش شده است (Fageria *et al.*, 1997a and 2006). همچنین در رژیم رطوبتی غرقاب دائم مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی ۳۶/۴ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۶۳/۵ درصد و در سطح سوم ۸۰/۱ درصد مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد بالا رفت. ولی در هر سطح نیتروژن مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی در حالت غرقاب دائم به‌طور معنادار بیشتر از شرایط اشباع متناوب بود. برهمکنش مثبت نیتروژن با پتاسیم از قبل شناخته شده است. نیتروژن با افزایش رشد ریشه، به‌ویژه ریشه‌های فرعی، بر جذب پتاسیم می‌افزاید. با افزایش رطوبت انتقال پتاسیم از طریق پخشیدگی به سمت ریشه افزایش می‌یابد. همچنین در شرایط غرقاب آمونیوم می‌تواند بخشی از پتاسیم تبادلی را خارج کند و در اختیار گیاه قرار دهد. با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی کاهش یافت. بر اساس جدول ۴ با افزایش سطوح فسفر مصرفی غلظت پتاسیم بخش هوایی نسبت به تیمار شاهد کاهش یافته است.

شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش سطوح فسفر در تیمار شاهد و دوم نیتروژن مصرفی مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی ابتدا کاهش یافت؛ اما بین سطح دوم و سوم فسفر اختلاف معنادار مشاهده نشد. در سطح سوم نیتروژن با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی ثابت ماند. در این آزمایش بیشترین مقدار جذب پتاسیم در بخش هوایی در سطح دوم نیتروژن و سطح صفر فسفر مصرفی در رقم علی کاظمی در رژیم رطوبتی غرقاب دائم برابر با مقدار جذب عددی ۷۱۵/۶ میلی‌گرم در گلدان به‌دست آمد.

مقدار جذب پتاسیم ریشه

بین دو رقم هاشمی و علی کاظمی در مقدار جذب پتاسیم ریشه اختلاف معنی دار مشاهده نشد (جدول ۴). در رژیم رطوبتی غرقاب دائم مقدار جذب پتاسیم ریشه ۸/۷ درصد بیشتر از رژیم رطوبتی اشباع متناوب بود. در این آزمایش وزن خشک، طول، و حجم ریشه در رژیم رطوبتی غرقاب دائم بیشتر از اشباع متناوب بود که این موضوع می‌تواند دلیل جذب بیشتر پتاسیم در رژیم رطوبتی غرقاب دائم باشد. با افزایش سطوح نیتروژن مقدار جذب پتاسیم ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۲۲/۴ درصد و در سطح سوم ۵۰/۲ درصد مقدار جذب پتاسیم ریشه نسبت به شاهد افزوده شد که با توجه به اثر مثبت نیتروژن بر رشد ریشه‌ها قابل انتظار بود. با افزایش سطوح فسفر مقدار جذب پتاسیم ریشه افزایش یافت؛ به‌طوری‌که در سطح دوم ۱۱/۰ درصد و در سطح سوم ۴۶/۲ درصد مقدار جذب پتاسیم ریشه نسبت به شاهد بالا رفت.

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین‌های اثر اصلی رقم برنج، رژیم رطوبتی، نیتروژن، و فسفر بر مقدار جذب نیتروژن و فسفر و پتاسیم در بخش هوایی و ریشهٔ برنج

اثر اصلی	سطوح	مقدار جذب نیتروژن بخش هوایی	مقدار جذب نیتروژن ریشه	مقدار جذب فسفر بخش هوایی	مقدار جذب فسفر ریشه	مقدار جذب پتاسیم بخش هوایی	مقدار جذب پتاسیم ریشه
		(mg pot^{-1})					
رقم	هاشمی	۸۸/۲۴۹b	۲۴/۱۵۴a	۸۱/۱۴۴a	۵۵/۱۱۳a	۳۱۱/۷۵b	۲۶/۷۹a
	علی کاظمی	۶۱/۲۶۵a	۴۶/۱۴۸a	۳۰/۱۳۱a	۹۰/۱۱۵a	۳۶۳/۰۳a	۲۸/۹۴a
رژیم رطوبتی	غرقاب	۹/۲۷۱a	۰۰/۱۵۰a	۰۷/۱۵۳a	۰۲/۱۳۲a	۳۸۹/۰۳a	۲۹/۰۳a
	اشباع متناوب	۵۰/۲۴۳b	۷۰/۱۵۲a	۰۳/۱۲۳b	۴۴/۹۷b	۲۸۵/۷۶b	۲۶/۷۰b
N (mg kg^{-1})	۰	۷۸/۱۰۴c	۰۱/۵۶c	۲۰/۷۵c	۶۴/۷۱c	۲۲۸/۱۳c	۲۲/۴۳c
	۷۵	۸۴/۲۴۹b	۱۰/۱۳۵b	۴۵/۱۰۹b	۳۴/۱۲۲b	۳۷۳/۰۹b	۲۷/۴۶b
	۱۵۰	۶۱/۴۱۸a	۹۴/۲۶۲a	۵۱/۲۲۹a	۲۱/۱۵۰a	۴۱۰/۹۵a	۳۳/۷۱a
P (mg kg^{-1})	۰	۸۲/۲۶۴b	۷۴/۱۰۷c	۰۵/۷۷c	۷۴/۱۰۰c	۳۶۹/۹۸a	۲۳/۴۰c
	۲۵	۴۹/۲۳۳c	۰۰/۱۴۵b	۳۰/۱۳۰b	۶۶/۱۰۳b	۳۲۲/۳۱b	۲۵/۹۸b
	۵۰	۹۲/۲۹۲a	۳۲/۲۰۱a	۸۱/۲۰۶a	۷۹/۱۳۹a	۳۱۹/۸۸c	۳۴/۲۱a

۱. در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف لاتین مشترک با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنادار ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه‌گیری

این مطالعه نشان داد در یک خاک آهکی و فقیر از مادهٔ آلی مصرف نیتروژن از منبع اوره می‌تواند بر جذب و فاکتور انتقال نیتروژن و فسفر و پتاسیم اثر معنادار بگذارد و آن‌ها را بهبود ببخشد. نکته مهم تفاوت دو رقم بومی مورد مطالعه در نحوهٔ پاسخ به کود نیتروژن مصرفی بود که در اکثر شرایط رقم علی کاظمی پاسخ بهتری از خود نشان داد و متخصصان اصلاح نبات و کارشناسان تغذیه گیاه برنج باید به این موضوع توجه کنند. در مناطقی از استان آذربایجان شرقی، همچون میانه و خداآفرین و اطراف رودخانه ارس، یا در استان‌های مرکزی، همچون اصفهان و اطراف زاینده‌رود، یا در شهرکرد یا لرستان احتمالاً در شرایط مشابه این خاک برنج کاشته می‌شود و نتایج این تحقیق بعد از واسنجی در مزرعهٔ تحقیق می‌تواند مورد استفاده آنان واقع شود.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه نویسنده اول است. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تبریز تشکر می‌شود. از همهٔ داوران این مقاله نیز سپاسگزاریم.

REFERENCES

Das, M. and Maiti, S. K. (2007). Metal accumulation in five native plants growing on abandoned Cu-tailings ponds, *Applied Ecology and Environmental Resource* 5 (1): 27-35.

De Datta, S. K. (1981). *Principles and Practices of Rice Production*, IRRI, Los Banos, Philipines, 618 PP.

Dobermaann, A. and Fairhurst, T. (2000). *Rice Nutrient Disorders and Nutrient Management*, IRRI, Los Banos, The Philippines, Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute (IRRI), 11.

Fageria, N. K. (2001). Nutrient management for improving upland rice productivity and sustainability, *Communication In Soil Science and plant Analysis,* 32 (15): 2603-2629.

Fageria, N. K., Baligar, V. C., and Clark, R. B. (2006). *Physiology of Crop Production*, New York, The Haworth Press.

Fageria, N. K., Santos, A. B., and Baligar, V. C. (1997a). Phosphorus soil test calibration for lowland rice on an Inceptisol, *Agronomy Journal*, 89: 737-742.

Fageria, N. K., Baligar, V. C., and Jones, C. A. (1997b). *Growth and Mineral Nutrition of Field Crops*, 2nd edition, New York: Marcel Dekker.

Fageria, N. K. (2009). *The Use of Nutrients in Crop Plants*, CRC BY Press Taylor & Francis Group, LLC.

Faraji, A. and Mirlohi, A. (1998). Effect of splitting and rate of nitrogen application on yield and yield components of rice (*Oryza Sativa* L.) in Isfahan, *Isfahan University of Technology Journal*, 2 (3):25-34, (In Farsi).

Gerorge, T., Magbanua, R., Roder, W., Keer, K. V., Trebuil, G., and Reoma, V. (2001). Upland rice response to phosphorus fertilization in Asia, *Agronomy Journal*, 93: 1362-1370.

Gorbani, M., Pourfaried, A., Basir, M., and Amiri, S. (2005). The effects of salinity and variety on germination and growth of ten rice verities, Proceeding of the twelfth National conference of Rice, Mazandaran University, Babolsar, Iran, Volum 2, 93-104, (In Farsi.)

Hulin, H., You-Zhang, W., Xao-e, Y., Ying, F., and Chun-Yong, w. (2007). Effect of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentration in shoot and grain quality rice (*Oryza sativa* L.), *Rice Scinece*, 14 (4): 289-294.

Islam, M. A., Islam, M. R., and Sakker (2008). Effect of phosphorus on nutrient uptake of Japonica and India Rice, *Journal of Agriculture and Rural Development*, 6 (182), 7-12.

Jones, B. Jr. J. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*, CRC Press, USA.

Kumar and Rao, K. V. P. (1992). N and P requirement of upland rice Manipur, *Oryza* 29, 306-309.

Klute, A. (1986). Method of Soil Analysis,part 1-Physical and Mineralogical Methods. 2nd ed, ASA, SSSA, Madison, WI. USA.

Lindsay, W. L. and Norvell, W. A. (1978). Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper, Soil Science Society of American Journal, 42: 421-428.

Mattow, P. K., Pirezynski, G. M., Whitney, D. A., and Latmond, R. E.(1997). Long term effects of tillage and nitrogen source, rate and placement on grain sorghum production, *Journal of production Agriculture*,10: 141-146.

Mirnia, K. and Mohamadian, M. (2005). *Rice Nutrients Disorders and Management*, Mazandaran University publication. Mazandaran, Iran, (In Farsi).

Najafi, N. M., Abbasi, N., Aliasgharzad and Oustan, Sh. (2013). Effects of rice cultivation, submergence, sewage sludge and chemical fertilizers on soil solution pH, EC, potassium and sodium, *Water and Soil Science,* 23 (3) accepted, (In Farsi).

Najafi, N. and Towfigi, H. (2006). Effects of rhizosphere of rice plant on the inorganic phosphorous fractions in the paddy soils of north of Iran: 1-Native soil phosphorus fractions, *Iranian Journal of Agricultural Science,* 5 (5): 919-935, (In Farsi).

Nelson, D. W. and Sommers, L. E. (1982). Total carbon, organic carbon, and organic matter, 539-579, In: A. L. Page *et al.*. (eds), *Methods of Soil Analysis*, Part Π, 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.

Olsen, S. R., Cole, C. V., Watanabe, F. S., and Dean, L. A. (1954). *Estimation of available phosphorous in soil by extraction with sodium bicarbonate*, USDA. Cire. 939. U. S. Gov. Print office, Washington, DC.

Patrick, Jr. W. H., Mikkelsen, P., and Wells, B. R. (1985). Plant nutrient behavior in flooded soil. In: *Fertilizer Technology and Use* (3rd edition), 197-228, Soil Science Society of America, Madison, WI 53711, USA.

Archive of SID

www.SID.ir

Ponnamperoma, F. N. (1978). Electrochemical changes in submerged soils and the growth of rice, 421-441, In: *Soil and Rice*, IRRI. Iose Banos, Laguna, Philippines.

Quang Thyen, T., Phurg, C. V., and Tin, T. k. (2006). Influence of long term application of N, P, K fertilizer on major soil elements, *Omonrice*,14: 92-96.

Soil Conservation Service (1992). *Soil survey laboratory methods and procedures for collection soil sample*, USDA.SCS.Soil Surv.Washingtone, DC.

Terman and Allen S. E. (1974). *Rice response to nitrogen and phosphorus in Flooded and Nonflooded Soils*, Contribution from the Soil and Fertilizer Research Brauch, National Fertilizer Development center, TVA, Muscle shoals, 780-784.

Waling, I., Vark, W. V., Houba, V. J. G., and Van der lee, J. J. (1989). *Soil and Plant Analysis*, a series of syllabi, Part 7, Plant Analysis Procedures, Wageningen Agriculture University, Netherland.

Wilkinson, S. R., Grunes, D. L., and Sumner, M. E. (2000). Nutrient interaction in soil and plant nutrition, *In: Handbook of soil science*, Sumner, M.E., Ed., 89-112, Boca Raton, FL: CRC Press.

Archive of SID

www.SID.ir